

# COUVERTURE DES BESOINS EN VITAMINE D CHEZ LES PERSONNES VÉGÉTALISANT LEUR ALIMENTATION

**POSITION  
DE L'ONAV**



# Organisation

L'Observatoire national des alimentations végétales (Onav) met en œuvre une expertise scientifique et médicale transparente et indépendante. Les membres de son conseil scientifique, ainsi que les collaborateurs et collaboratrices, apportent, dans leurs propres domaines de compétence, une contribution technique aux expertises.

L'Onav a pour missions d'étudier, promouvoir, coordonner et informer sur les enjeux de la végétalisation de l'alimentation et ses impacts en termes de santé publique. Son champ d'expertise inclut toutes les personnes engagées dans une démarche de végétalisation de leur alimentation, mais aussi les professionnels de santé qui les accompagnent et les politiques publiques qui ont trait à l'alimentation.

Ses activités relèvent d'une mission d'intérêt général. Ses positions et notes sont disponibles sur son site internet [www.onav.fr](http://www.onav.fr).

## Groupe de travail

Les membres du groupe de travail sur ce document sont nommés à titre personnel et ne représentent pas leur organisme d'appartenance. Ils sont membres du conseil scientifique de l'Onav et ne déclarent aucun lien d'intérêt financier avec l'industrie pharmaceutique ou agroalimentaire.

### **Responsable**

Sébastien Demange, *médecin spécialiste en médecine générale*

### **Membres**

Virginie Bach, *diététicienne nutritionniste*

Fabien Badariotti, *docteur en biochimie et biologie cellulaire*

Loïc Blanchet-Mazuel, *médecin spécialiste en médecine générale*

Nadège Blot, *médecin spécialiste en médecine générale*

Marie-Gabrielle Domizi, *diététicienne nutritionniste*

Hervé Dréau, *médecin spécialiste en médecine générale, spécialiste en santé publique*

Léa Lebrun, *diététicienne nutritionniste, psychologue*

Paco Maginot, *médecin spécialiste en médecine générale*

Caroline Roth, *médecin spécialiste en médecine générale*

# Table des matières

1. Contexte .....	4
1.1 Présentation générale de la vitamine D .....	4
1.2 Synthèse de la vitamine D .....	4
1.3 Régulation .....	5
1.4 Stockage .....	5
1.5 Circulation .....	6
1.6 Cible .....	6
1.7 Actions de la vitamine D .....	7
1.7.1 Au niveau de l'homéostasie phosphocalcique .....	7
1.7.2 Au niveau musculo-squelettique.....	8
1.7.3 Au niveau extraosseux .....	9
1.8 Les besoins en vitamine D.....	10
1.9 Signes de carence.....	12
1.10 Quand doser la vitamine D dans le sang ? .....	12
1.11 Prévalence de la carence .....	13
2. Les sources de vitamine D .....	15
2.1 Sources alimentaires .....	15
2.1.1 Nutriments aidant l'absorption ou l'action de la vitamine D.....	15
2.2 L'exposition solaire .....	16
2.3 Les facteurs modifiant la synthèse de vitamine D .....	21
2.3.1 Phototype.....	21
2.3.2 Vitres.....	21
2.3.3 Nuages et pollution .....	21
2.3.4 Messages de prévention quant à l'exposition au soleil .....	21
2.3.5 Médicaments.....	22
2.3.6 Âge .....	22
2.3.7 Mode de vie .....	22
2.3.8 Surpoids-Obésité .....	23
2.3.9 La saison .....	23
2.3.10 L'altitude et la réverbération .....	24
2.3.11 L'alimentation.....	24
2.4 Quelle supplémentation choisir ? .....	25
2.5 Limite supérieure de sécurité (LSS) .....	27

3. Les recommandations de supplémentation des sociétés savantes françaises .....	27
3.1 Avis des sociétés françaises de pédiatrie .....	28
3.2 Groupe de recherche et d'information sur les ostéoporoses (Souberbielle, 2019) .....	29
3.3 Le Haut Conseil à la Santé publique (HCSP).....	30
4. Synthèse de l'Onav .....	31
Références .....	32

La nécessité et les conditions d'une supplémentation en vitamine D sont deux questions récurrentes. En effet, de nombreux bienfaits lui sont attribués. Une large partie de la population française a un déficit en vitamine D. Son apport est très dépendant de notre mode de vie. Nous la synthétisons principalement en nous exposant au soleil. Ses apports alimentaires sont principalement issus de produits animaux.

La diminution de leur consommation influe-t-elle sur la nécessité de se supplémenter en vitamine D ? Cela modifie-t-il le dosage de la supplémentation en vitamine D si celle-ci est envisagée ? Comment choisir une supplémentation en vitamine D qui ne dépend pas de produits animaux ? C'est à ces questions que nous allons essayer de répondre. Mais d'abord la vitamine D, c'est quoi ? Quels sont ses rôles ? Quels sont nos besoins ? Commençons par présenter cette vitamine un peu spéciale.

## 1. Contexte

### 1.1 Présentation générale de la vitamine D

La vitamine D, appelée aussi le calciférol, a un statut particulier parmi les vitamines. Elle est considérée comme telle de par sa structure et l'efficacité de l'huile de foie de morue, qui en est riche, à guérir le rachitisme (Mallet, 2014). Elle présente cependant quelques spécificités. En effet, elle est la seule dont l'origine principale n'est pas alimentaire. Ensuite, son mode d'action est celui d'une hormone (synthèse par un organe, passage dans le sang et actions biologiques sur des effecteurs à distance) (Pike, 2017). Malgré une identification comme perturbateur endocrinien, c'est son caractère indispensable qui a poussé l'Anses à déconseiller un affichage spécifique sur les aliments en contenant<sup>1</sup>. La vitamine D appartient au groupe des vitamines liposolubles. Elle intervient principalement dans l'homéostasie du calcium et du phosphore. Il existe plusieurs vitamines D, dont 2 principales : l'ergocalciférol (D2) et le cholécalciférol (D3). L'ergocalciférol se retrouve dans les levures (champignon Ascomycète) et les champignons Basidiomycètes (regroupant la majorité des champignons nommés comme tels dans le langage courant avec par exemple, le champignon de Paris ou le cèpe) quand le cholécalciférol est principalement d'origine animale, mais aussi produit par certains lichens.

### 1.2 Synthèse de la vitamine D

L'organisme synthétise au niveau cutané un précurseur de la vitamine D, appelé le 7-déshydrocholestérol (par une réaction d'estérification du cholestérol). Sous l'effet de certains rayons ultraviolets B (UVB) ayant une longueur d'onde comprise entre 290 et 315 nm, le 7-déshydrocholestérol est modifié en cholécalciférol. L'alimentation quant à elle apporte 2 précurseurs, le cholécalciférol et l'ergocalciférol. Ces provitamines D (calciférol) subissent ensuite 2 hydroxylations. La première est hépatique, l'action d'un enzyme, la 25-hydroxylase,

---

<sup>1</sup> Anses, Vitamine D : pas d'affichage PE pour les produits alimentaires, 27/10/2022

permet la synthèse de 25(OH)-vitamine D (25-hydroxy-vitamine D ou calcidiol), la seconde est rénale et aboutit à la forme active : 1 $\alpha$ ,25-dihydroxycholecalciférol (1,25(OH)<sub>2</sub>D ou 1,25-dihydroxyvitamine D ou calcitriol) (Fig 1 ; Fig 2). Elle a alors une fonction endocrine. En dehors des reins, la seconde hydroxylation peut avoir lieu directement dans les organes où la forme active exercera son activité. Cette modalité de synthèse se fait davantage dans certaines conditions, comme la grossesse, l'insuffisance rénale chronique, la sarcoïdose, la tuberculose, la granulomatose ou encore la polyarthrite rhumatoïde. Dans ce cas, le calcitriol exerce alors une activité autocrine ou paracrine (parallèlement à son activité endocrine ordinaire) (Dusso, 2005 ; Vojinovic, 2015).

### 1.3 Régulation

Il existe plusieurs régulations (Jenkinson, 2019 ; Makris, 2020) :

- **Hépatique** : il y a peu de régulation de l'activité de la 25-hydroxylase et notamment peu ou pas de rétrocontrôle. Elle semble dépendre de la concentration de son substrat le calciférol.
- **Rénale** : plus importante et sensible que la précédente. Une autre enzyme peut hydroxyler une 3e fois la vitamine D pour la rendre cette fois inactive. Ce système de régulation est dépendant des teneurs en PTH, calcium, phosphore et du facteur de croissance des fibroblastes 23 (FGF23) (Dusso, 2005).
- **Extrarénale** : la production extrarénale de 1,25(OH)<sub>2</sub>D (calcitriol) dépend de la concentration locale en 25(OH)D (calcidiol), ainsi que de la présence d'autres facteurs tels que cytokines ou facteurs de croissance. Des facteurs locaux interviennent également dans la régulation de l'hydroxylation de la 25(OH)D dans les kératinocytes (Olmos-Ortiz, 2015).

### 1.4 Stockage

La production de vitamine D dans l'épiderme et son ingestion ne sont pas constantes. Elle peut être mise en réserve dans l'organisme afin de couvrir les besoins lorsque les apports diminuent. La vitamine D est principalement stockée dans les cellules adipeuses (Heaney, 2009), mais également dans les cellules musculaires (Abboud, 2013). Cela correspond aux besoins d'un peu moins d'un mois.

Tableau 1. Principaux sites de stockage de la vitamine D (d'après Heaney et al. 2009)

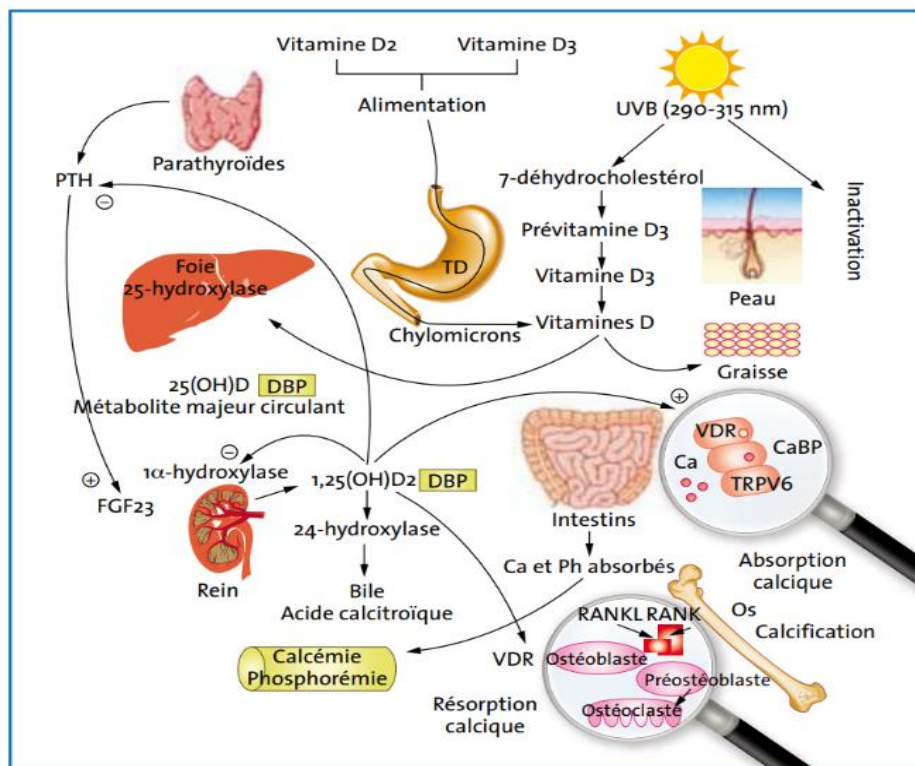
	Vitamine D (UI)	25(OH)D (UI)	Total (UI)
<b>Tissu adipeux</b>	6960	1763	8723
<b>Muscle</b>	1527	1055	2581
<b>Sérum</b>	271	1559	1830
<b>Autre</b>	571	578	1149
<b>Foie</b>	168	214	382
<b>Total</b>	9496	5169	14665

## 1.5 Circulation

Dans le sang, elle est liée à une protéine porteuse appelée VDP (vitamin D binding protein). Elle est transportée jusqu'au foie où elle subit sa première hydroxylation, elle est convertie en 25-hydroxy-vitamine D (calcidiol). C'est ce métabolite qui est dosé en pratique courante et qui est la référence pour statuer sur le taux de vitamine D dans l'organisme.

## 1.6 Cible

La vitamine D est une vitamine liposoluble. Cette particularité lui confère la possibilité de traverser la membrane cytoplasmique des cellules pour venir s'associer à un récepteur nucléaire. Par son action, elle régule une centaine de gènes.



**FIG. 1:** Synthèse et métabolisme de la vitamine D. UVB: rayons ultraviolets B; PTH: parathormone; TD: tube digestif; DBP: *D-binding protein*; VDR: récepteur vitaminique D; FGF: *fibroblast growth factor*; Ca: calcium; Ph: phosphore; CaBP: *calcium-binding protein*.

Illustration de Mallet, 2013

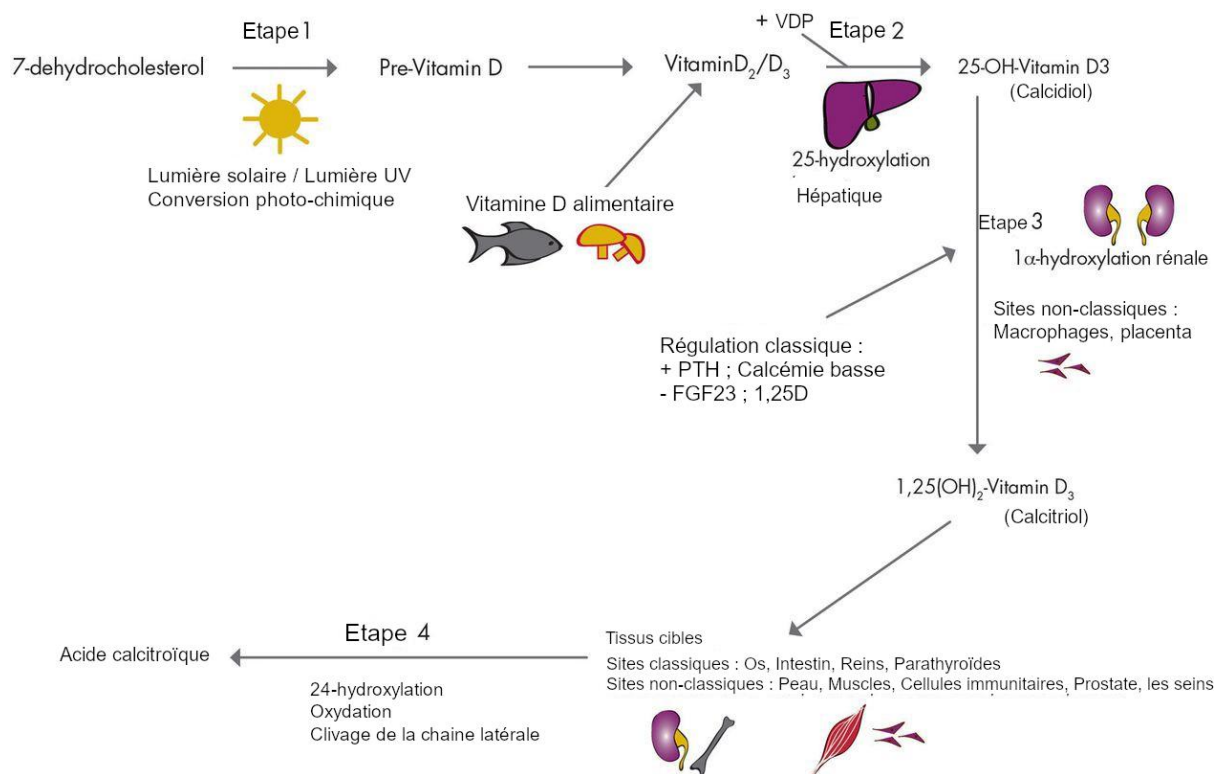


Figure 2. Résumé des voies métaboliques de la vitamine D (d'après Girgis, 2012)

### Unités

**Les doses de vitamine D sont couramment exprimées en unité internationale (UI) :**

- 1 UI = 0,025 µg ; 1 µg = 40 UI.

**La concentration sanguine de vitamine D devrait être exprimée en UI (mol/L), cependant elle est encore souvent exprimée en ng/mL**

- 1 nmol/L = 0,4 ng/mL ; 1 ng/mL = 2,5 nmol/L.

## 1.7 Actions de la vitamine D

Le rôle historiquement établi de la vitamine D se porte sur la minéralisation osseuse et le maintien de l'homéostasie phosphocalcique. Elle a également un rôle sur l'homéostasie osseuse. Concernant les autres actions de la vitamine D sur la prévalence de différentes pathologies, les résultats des études sont hétérogènes.

### 1.7.1 Au niveau de l'homéostasie phosphocalcique

Le calcitriol a été identifié au XXe siècle, l'huile de foie de morue ayant fait ses preuves contre le rachitisme depuis le XIXe siècle (Mallet, 2014). La forme hormonale active de la vitamine D assure ces effets dits « classiques » en intervenant au niveau de l'intestin (augmentation de l'absorption du calcium de 20 % et des phosphates inorganiques de 60 %) (Bacchetta, 2010), des reins (réabsorption de calcium et des ions phosphates,) et des glandes parathyroïdes (le calcitriol inhibe la synthèse de PTH), ainsi qu'en agissant directement sur l'os (favorise la formation de la matrice extracellulaire osseuse, et à sa minéralisation). Le



rachitisme est reconnu de longue date pour être provoqué par un déficit en vitamine D, les mesures de supplémentation du nourrisson ont pratiquement permis d'éradiquer cette pathologie au niveau mondial (Holick, 2006).

### 1.7.2 Au niveau musculo-squelettique

La vitamine D participe à l'homéostasie osseuse (avec les parathormones, les hormones sexuelles et des cytokines). Elle participe à la formation de l'os en stimulant la formation de la matrice extracellulaire et sa minéralisation. Elle participe également à la résorption de l'os quand la calcémie diminue (Kim, 2006). La combinaison de vitamine D et de calcium, selon les apports journaliers recommandés, réduirait le risque de fractures (Yim, 2019 ; Kong, 2022) et également de chutes (Ling, 2021), mais principalement chez les patients qui présentent une carence en vitamine D. Mais d'autres études n'ont pas retrouvé que les suppléments de vitamine D réduisaient les chutes chez les personnes âgées (Appel, 2021). Devant l'augmentation du risque de chute lors de supplémentation en vitamine D avec des de 300 000 UI, ou plus, celles-ci devraient être évitées (Smith, 2007 ; Sanders, 2010). Il ne semble pas non plus y avoir un bénéfice à une supplémentation systématique en vitamine D pour la population âgée, celle-ci ne diminuant pas leur risque d'avoir une fracture<sup>2</sup>. Une étude menée contre placebo par la Collaboration Cochrane sur la supplémentation en vitamine D, en calcium, ou en vitamine D+calcium, se conclut ainsi : "Nos résultats ne soutiennent pas l'utilisation isolée ou combinée d'une supplémentation en calcium et en vitamine D chez les femmes pré-ménopausées en bonne santé en tant qu'intervention de santé publique pour améliorer la densité minérale osseuse (DMO) totale dans la hanche ou la colonne lombaire. Il est donc peu probable qu'elle ait un bénéfice pour la prévention des fractures (vertébrales et non-vertébrales). Les données probantes trouvées suggèrent qu'il n'est pas nécessaire de mener de futures études dans la population générale des femmes pré-ménopausées ; cependant, des études axées sur les populations ayant une prédisposition aux maladies liées au métabolisme osseux, ou ayant une faible masse osseuse ou une ostéoporose diagnostiquée par la DMO seraient utiles." (Mendès-Sanchez, 2023). Une synthèse de la Collaboration Cochrane retrouve qu'une supplémentation en vitamine D aide à prévenir et traiter le rachitisme chez les enfants, réduit le risque de fracture chez les personnes âgées ostéoporotiques et diminue le risque de chute des personnes âgées en institution (Walton, 2023).

D'autres actions, notamment sur la peau et les muscles, ont été retrouvées. Des cas de faiblesse musculaire profonde et de modifications de la morphologie musculaire d'adultes présentant une carence en vitamine D sont décrits depuis longtemps (Walrand, 2014 ; Girgis, 2013).

Beaucoup d'études observationnelles ont retrouvé des associations entre la vitamine D et différentes pathologies. Cependant ces effets n'ont pas pu être confirmés par les études interventionnelles réalisées et la causalité n'a pas pu être établie. Il existe probablement des facteurs confondants non mis en lumière actuellement. L'organisme de référence états-

---

<sup>2</sup> National Institutes of Health (NIH), [Vitamin D, Fact Sheet for Health Professionals](#)

uniens, le Office of Dietary Supplements (ODS), part du National Institutes of Health (NIH), fait le point sur les différentes études et le lien entre santé et supplémentation en vitamine D<sup>3</sup>.

### 1.7.3 Au niveau extraosseux

L'agence américaine conclut qu'aucune relation ne peut être établie entre la vitamine D et des pathologies non osseuses. Elle a particulièrement étudié certaines pathologies sur lesquelles des études observationnelles montrent un intérêt potentiel de la vitamine D. Ainsi, une supplémentation en vitamine D n'affecte pas la puissance, la force ou la masse maigre des membres inférieurs. Elle n'est pas en mesure d'évaluer si le bénéfice l'emporte sur les risques pour prévenir le cancer. En effet, certains cancers semblent être prévenus quand la prévalence d'autres cancers semble augmenter. Même pour les personnes avec un faible statut vitaminique, la supplémentation en vitamine D ne semble pas réduire le risque cardiovasculaire. Il n'y a pas de preuve non plus que la vitamine D soit efficace dans le traitement de la dépression. Il existe également une incertitude de son efficacité dans la prévention et la prise en charge des symptômes de la sclérose en plaques. Dans le diabète de type II, là encore, la supplémentation en vitamine D peine à montrer un intérêt. Et enfin, elle ne semble pas non plus favoriser la perte de poids.

Récemment des revues narratives de la littérature indiquent qu'une supplémentation en vitamine D a peut-être un effet positif sur les infections respiratoires aiguës, la mortalité par cancer, l'incidence du diabète de type II et des maladies auto-immunes. Cependant les résultats sont très hétérogènes, avec dans certaines études un effet neutre, voire négatif. Le bénéfice semble plus probable en cas de carence, chez les sujets non obèses et avec une supplémentation quotidienne ou hebdomadaire ([Rebelos, 2023](#) ; [Bouillon, 2023](#)). La question n'est toujours pas résolue concernant la liaison entre une carence en vitamine D et le risque de fibrillation auriculaire ([Graczyk, 2023](#)).

Concernant la santé mentale, les études sont aussi hétérogènes. Une récente revue parapluie des méta-analyses interventionnelles et observationnelles a retrouvé des avantages potentiels de la supplémentation en vitamine D dans la réduction des symptômes de la dépression et une relation inverse entre des taux sériques plus élevés de vitamine D et la dépression globale ([Musazadeh, 2023](#)). La supplémentation en vitamine D dans les études utilisant une dose > 5 000 UI/jour et une durée d'intervention ≤ 20 semaines a montré de meilleurs effets sur la réduction des symptômes de la dépression. De plus, un risque plus élevé de dépression a été démontré chez les participants âgés de ≤ 50 ans présentant des taux sériques de vitamine D plus faibles. Cependant les doses de vitamine D semblent importantes et certains facteurs de confusion rendent l'interprétation délicate. Là encore, la correction de la carence semble plus efficace qu'un apport de vitamine D à une personne hors carence. D'autres études depuis montrent également des résultats hétérogènes en fonction notamment de l'âge ([Almuqbil, 2023](#) ; [Mo, 2023](#) ; [Park, 2023](#) ; [Vyas, 2023](#)). La Fédération mondiale des sociétés de psychiatrie biologique (WFSBP) et le Réseau canadien sur les troubles de l'humeur et de l'anxiété (CANMAT) ont convoqué un groupe de travail international

---

<sup>3</sup> National Institutes of Health (NIH), [Vitamin D, Fact Sheet for Health Professionals, Vitamin D and Health](#)

impliquant 31 universitaires, cliniciens et cliniciennes de premier plan de 15 pays, entre 2019 et 2021. Ce groupe de travail est arrivé à la conclusion que la vitamine D à des doses comprises entre 1500 UI et 4000 UI par jour est faiblement recommandée en tant qu'adjuvant ou en monothérapie dans le traitement de la dépression majeure (Grade A). Ce groupe composé d'experts et d'expertes indique que la supplémentation est sans doute plus profitable en hiver et que des doses quotidiennes ou hebdomadaires plus petites peuvent être plus appropriées qu'une dose "méga-bolus" singulière (c.-à-d. 50 000 UI). Le groupe de travail note également le risque faible à supplémenter ([Sarris, 2022](#)).

La pratique d'une activité physique en extérieur apparaît comme un facteur confondant des actions de la vitamine D. Des études sont en cours pour essayer de faire la part des choses entre les effets attribuables à la vitamine D et ceux attribuables à l'activité physique ([Corr, 2023](#)).

## 1.8 Les besoins en vitamine D

Il n'est pas facile d'établir les besoins en vitamine D. Des résultats assez variables peuvent apparaître en fonction de l'effet attendu et du mode de détection de cette vitamine. Essayons de faire le point sur cette question.

Définir la concentration sanguine recommandée en vitamine D n'est pas sans difficulté. Le dosage de la vitamine D est facile à mettre en œuvre, mais fait face à quelques limites, notamment un problème de standardisation. Il n'y a pas de référence ou de standard international, et les résultats diffèrent selon les méthodes employées. Il est difficile dans ces conditions de comparer le statut vitaminique D des populations puisque selon la méthode utilisée, la concentration en 25(OH)D (calcidiol) calculée n'est pas la même. Une personne peut être diagnostiquée en insuffisance lorsque son statut vitaminique D est mesuré selon une méthode, alors qu'elle ne le sera pas en employant une autre. Des variations entre laboratoires utilisant la même technique ont aussi été rapportées. Les automates ne sont par exemple pas calibrés de la même façon, et par conséquent le résultat sur un même échantillon n'est pas le même ([Carter, 2009](#)). Si la méthode standard établissant les seuils minimal et maximal du dosage sanguin était appliquée, la concentration sérique en 25(OH)D devrait s'étendre de 25 à 137,5 nmol/L. Devant l'importance de cet intervalle et sachant que de nombreux facteurs peuvent influencer ces dosages, une autre méthode est préconisée : l'identification des valeurs évitant des pathologies. La limite inférieure pour éviter une augmentation de la concentration sérique de parathormone est de 75 nmol/L. L'absorption optimale du calcium est retrouvée pour des concentrations comprises entre 30 et 80 nmol/L et le rachitisme/ostéomalacie est évité avec une concentration supérieure à 12,5 nmol/L. La détermination de la valeur minimale en vitamine D reste incertaine et sujette à beaucoup de discussions ([Cavalier, 2009](#)).

Une revue de la littérature publiée en 2006, résumant des études ayant évalué les concentrations de 25(OH)D en relation avec la densité minérale osseuse, la fonction des membres inférieures, la santé dentaire, le risque de chutes, de fractures et de cancers colorectaux, a permis d'établir un statut vitaminique D optimal ([Bischoff-Ferrari, 2006](#)). En effet, l'étude des concentrations moyennes atteintes dans ces études d'intervention a mis en

évidence que les concentrations les plus avantageuses en 25(OH)D commençaient à 75 nmol/L et l'étaient particulièrement entre 90 et 100 nmol/L.

De nombreux·ses expert·es considèrent que le statut en vitamine D est insuffisant en dessous de 75 nmol/L, alors que d'autres comme l'Institute of Medicine aux États-Unis estiment qu'une concentration en 25(OH)D de 50 nmol/L est acceptable (Ross, 2011).

Si des valeurs de référence optimales n'ont pas encore été déterminées à l'heure actuelle, la plupart des expert·es s'accordent sur la valeur seuil en dessous de laquelle une personne est considérée comme présentant une carence en vitamine D. En effet, ce seuil correspond à une concentration de 25(OH)D en dessous de laquelle on observe des conséquences pathologiques. Le rôle principal de la vitamine D est de participer à l'absorption intestinale du calcium. Lorsqu'elle devient insuffisante dans l'organisme, l'absorption du calcium provenant de l'alimentation s'effondre, ce qui conduit à de graves conséquences sur la minéralisation osseuse : un rachitisme chez l'enfant, et une ostéomalacie chez l'adulte (Holick, 2006). Ces pathologies apparaissent lorsque la concentration en 25(OH)D est inférieure à 25 nmol/L (HAS, 2013), ce qui en fait pour la plupart des expert·es, la concentration seuil sous laquelle on considère qu'un individu présente une carence en vitamine D (Souberbielle, 2012).

Il n'existe pas de valeurs de références pour décrire le statut vitaminique D, on parle plutôt de valeurs souhaitables. La carence en vitamine D est clairement définie : elle est associée à une concentration en 25(OH)D inférieure à 25 nmol/L. En revanche, aucun consensus n'a été établi à l'échelle mondiale pour définir un statut en vitamine D optimal. On peut estimer qu'une insuffisance en vitamine D correspond à une concentration en 25(OH)D inférieure à 50 nmol/L en population générale, mais qu'il est recommandé de la maintenir au-dessus de 75 nmol/L, surtout pour les sujets les plus vulnérables, notamment les personnes âgées chez qui le risque de chute est plus élevé. Enfin, bien que cette valeur soit éloignée de celle à laquelle peut apparaître une intoxication, il n'est pas souhaitable d'atteindre des concentrations supérieures à 150 nmol/L, les risques relatifs à des pathologies vasculaires par exemple semblant augmenter au-delà d'un certain niveau de 25(OH)D sériques (Souberbielle, 2014).

La concentration sanguine idéale en vitamine D comporte beaucoup de zones d'ombres, mais certaines valeurs semblent faire consensus :

- < 25 nmol/L = carence sévère, avec risque de signes osseux
- < 50 nmol/L = insuffisance, peut être à risque sur le plan extraosseux
- 50 – 75 nmol/L = zone grise, sans bénéfice probable d'une supplémentation
- > 75 nmol/L = pas de carence
- > 150 nmol/L = risque d'effets secondaires

Afin de maintenir un taux sanguin correct, l'Anses<sup>4</sup> a établi les besoins en vitamine D à :

- 400 UI jusqu'à 1 an
- 600 UI ensuite (y compris pour les adultes, les personnes enceintes et allaitantes ainsi que les personnes âgées).

<sup>4</sup> Anses, Les références nutritionnelles en vitamines et minéraux, 23/04/2021

## 1.9 Signes de carence

Compte tenu de l'impact sur la formation de l'os, une carence en vitamine D se manifestera par un rachitisme chez les enfants (incapacité du tissu osseux à se minéraliser correctement, entraînant des os mous et des déformations du squelette) et une ostéomalacie chez les adultes (l'os existant est incomplètement ou défectueusement minéralisé au cours du processus de remodelage, entraînant une fragilité des os). L'ostéomalacie est associée à des douleurs osseuses généralisées ou localisées (douleur à la pression du sternum ou de la crête tibiale). Classiquement, ces douleurs sont symétriques, débutent dans la région lombaire puis s'étendent au bassin et aux cuisses. On observe également des douleurs costales. Ces situations de carence, chez les enfants ou les adultes, peuvent conduire à des convulsions secondaires à l'hypocalcémie, des spasmes tétaniques et des malformations dentaires (Elder, 2014 ; Munns, 2016 ; Uday, 2017).

Une carence peut également aboutir à une faiblesse musculaire proximale (Romeu Montenegro, 2019) et peut engendrer une démarche avec des mouvements de bascule latérale. La marche peut être ralentie et le passage de la position assise à la position debout est ralenti.

## 1.10 Quand doser la vitamine D dans le sang ?

En janvier 2013 la HAS a fait une note de cadrage sur l'utilité du dosage de la vitamine D<sup>5</sup>. Dans ce document, on retrouve notamment les prévalences de déficit et de carence en vitamine D dans la population française. D'après l'Étude nationale nutrition santé (ENNS - 2006-2007) : 79 % des hommes et 81 % des femmes avaient une concentration sérique en 25(OH)D inférieure à 75 nmol/L (seuil optimal). Pour 36 % des hommes et 49 % des femmes, elle était inférieure à 50 nmol/L (déficit modéré) et inférieure à 25 nmol/L (déficit sévère) pour 4 % des hommes et 6 % des femmes.

Cette note indique les risques connus d'une carence en vitamine D (risques osseux) ainsi que les nombreux risques où une association a été retrouvée (sans lien de causalité établi à ce jour). Le groupe de travail n'a pas pu définir de valeurs cibles permettant l'amélioration de signes cliniques dans la majorité des cas, comme dans les cancers colorectaux, les allergies, le diabète de type II, les maladies auto-immunes ou encore l'hypertension artérielle. Il n'y a que dans le risque de chutes qu'une valeur seuil de 60 nmol/L semble être protectrice. Le dosage sérique de la 25(OH)D avant la supplémentation ne semble pas nécessaire pour diminuer le risque de chute chez les personnes âgées. Il apparaît en effet moins coûteux (sans risque également) de supplémenter tout le monde que de rechercher une carence par une prise de sang pour la corriger. Ainsi, il y a peu de situations cliniques où l'utilité de l'évaluation du statut vitaminique D a été démontrée.

Cette note pointe également l'augmentation importante des prescriptions pour un dosage sanguin de vitamine D et les coûts que cela engendre pour l'assurance maladie (13 millions d'euros en 2007 ; 97,2 millions d'euros en 2011). Ainsi, le coût du dosage sanguin de la vitamine D dépasse celui d'une supplémentation qui semble présenter peu de risque.

---

<sup>5</sup> HAS, Utilité clinique du dosage de la vitamine D, janvier 2013

En octobre 2013<sup>6</sup>, la HAS indique dans quelles conditions ce dosage sera remboursé. Même concernant la minéralisation osseuse dans la population saine, les données concernant l'efficacité d'une supplémentation en vitamine D sont de faible qualité. Ainsi le dosage n'est indiqué que dans les situations à risque :

- lors d'une démarche diagnostique visant à confirmer ou infirmer un rachitisme (suspicion de rachitisme) ;
- lors d'une démarche diagnostique visant à confirmer ou infirmer une ostéomalacie (suspicion d'ostéomalacie) ;
- au cours d'un suivi ambulatoire de l'adulte transplanté rénal au-delà de trois mois après transplantation ;
- avant et après une chirurgie bariatrique ;
- lors de l'évaluation et de la prise en charge des personnes âgées sujettes aux chutes répétées ;
- pour respecter les résumés des caractéristiques du produit des médicaments préconisant la réalisation du dosage de vitamine D.

En dehors de ces situations, une supplémentation peut être envisagée sans recourir à un dosage sanguin.

Devant cette forte restriction du dosage de la vitamine D, plusieurs experts ont proposé d'élargir un peu les indications du dosage en vitamine D ([Souberbielle, 2017](#)). Ainsi le Groupe de recherche et d'information sur les ostéoporoses (GRIO) s'étonne que la suspicion d'ostéoporose ne figure pas dans la liste des situations où le dosage en vitamine D est remboursé. La HAS reconnaît la chirurgie bariatrique comme un facteur perturbant l'absorption de vitamine D, mais ne fait pas état des autres pathologies qui peuvent également perturber son absorption comme les Maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (MICI). La vitamine D peut aussi être importante dans l'évaluation du bilan phosphocalcique.

## 1.11 Prévalence de la carence

Au niveau mondial, on estime qu'un milliard de personnes auraient un déficit en vitamine D (< 50 nmol/L). Dans les pays occidentaux, plus de 40 % de la population de plus de 50 ans présenterait un déficit ([Holick, 2007](#)). En Europe, une étude a montré que 80 % des personnes âgées de plus de 70 ans avaient des taux de 25(OH)D en dessous de 75 nmol/L ([Van der Wielen, 1995](#)).

Force est de constater que sans dosage sanguin de la vitamine D (non remboursé), prescrire de la vitamine D de manière généralisée revient à supplémenter une large population qui n'en a pas besoin. Cependant, supplémenter personne revient à ne pas combler le déficit de près d'un tiers de la population. En effet, d'après l'Étude nationale nutrition santé (ENNS), réalisée en 2006-2007, 80,1 % des adultes en France hexagonale ont une concentration en vitamine D inférieure à 75 nmol/L, 42,5 % < 50 nmol/L et 4,8 % < 25 nmol/L<sup>7</sup>. Selon l'étude Esteban

---

<sup>6</sup> HAS, [Utilité clinique du dosage de la vitamine D](#), janvier 2013

<sup>7</sup> Santé publique France, [Statut en vitamine D de la population adulte en France : l'Étude nationale nutrition santé \(ENNS, 2006-2007\)](#), 24 avril 2012, mis à jour le 6 septembre 2019

2014-2016<sup>8</sup>, 6,5 % de la population générale adulte en France aurait une carence en vitamine D (< 25 nmol/L) et 28 % auraient un déficit modéré (< 50 nmol/L).

---

<sup>8</sup> Santé publique France, Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban 2014-2016). Volet Nutrition. Chapitre Dosages biologiques : vitamines et minéraux, 6 décembre 2019, mis à jour le 23 août 2021

## 2. Les sources de vitamine D

### 2.1 Sources alimentaires

L'absorption de la vitamine D repose à la fois sur un phénomène passif et sur des transporteurs (identiques pour la D2 et pour la D3) qui permettent d'améliorer son absorption (Reboul, 2011 ; Silva, 2018) pour atteindre 80 % d'efficacité (Thompson, 1966). La référence nutritionnelle pour la population (RNP<sup>9</sup>) de la vitamine D a été fixée par l'Anses chez les adultes à 600 UI/j.

Dans la population française, les principaux vecteurs de vitamine D sont les poissons et les produits laitiers (à noter que, depuis 2001 (arrêté du 11/10/2001, J.O. 19/10/2001), l'enrichissement volontaire en Vitamine D est autorisé dans le lait et les produits laitiers<sup>10</sup>) qui apportent respectivement 19 et 25 % des apports en vitamine D chez les adultes, 12 et 40 % chez les enfants de 11 à 17 ans. Pour les enfants de moins de 10 ans, ce sont les produits laitiers qui apportent 63 % de la vitamine D<sup>11</sup>.

Cependant ces apports sont relativement faibles. Selon l'étude Inca 3<sup>12</sup>, les apports moyens en vitamine D par l'alimentation dans la population française sont de :

- 208 UI/jour pour les enfants de 1 à 3 ans ;
- 104 UI/jour pour les enfants de 4 à 10 ans ;
- 116 UI/jour chez les enfants de 11 à 17 ans ;
- 122 UI/jour chez les adultes de 18-79 ans.

Ainsi on considère que la majorité de la vitamine D doit être apportée soit par une exposition solaire (avec quelques contraintes que l'on détaillera ensuite) ou par une supplémentation. L'apport alimentaire apparaît anecdotique dans la population française.

#### 2.1.1 Nutriments aidant l'absorption ou l'action de la vitamine D

##### **Magnésium**

Des apports corrects en magnésium semblent nécessaires pour une bonne activation de la vitamine D. Le magnésium agit comme co-facteur des enzymes d'hydroxylation de la vitamine D ainsi que d'activateur de la protéine de transport (Uwitonze, 2018 ; Reddy, 2019). Une étude randomisée et contrôlée, mais avec un faible effectif, a montré une amélioration des taux de vitamine D après complémentation en magnésium chez une population de femmes ménopausées (Vázquez-Lorente, 2020). Le magnésium pourrait à la fois jouer un rôle

---

<sup>9</sup> La RNP est l'apport qui couvre en théorie le besoin de presque toute la population considérée (97,5 % dans la plupart des cas)

<sup>10</sup> Légifrance, [Arrêté du 11 octobre 2001 relatif à l'emploi de vitamine D dans le lait et les produits laitiers frais \(yaourts et laits fermentés, fromages frais\) de consommation courante](#)

<sup>11</sup> Anses, [Vitamine D : pourquoi et comment assurer un apport suffisant ?](#), 02/03/2022

<sup>12</sup> Anses, [INCA 3 : Evolution des habitudes et modes de consommation, de nouveaux enjeux en matière de sécurité sanitaire et de nutrition](#), 12/07/2017



d'activation de la vitamine D en cas de carence, et un rôle d'inhibiteur quand le taux est optimal (Dai, 2018).

## Repas lipidiques

Une étude sur un nombre réduit de personnes (50) a montré que la prise de vitamine D pendant un repas riche en lipides pouvait améliorer son absorption de 32 % (Dawson-Hughes, 2015). Cela apparaît cohérent avec ce que l'on sait sur les vitamines liposolubles.

## 2.2 L'exposition solaire

Sous l'action des rayons ultraviolets B (UVB) fournis par l'ensoleillement, le 7-déhydrocholestérol est transformé en prévitamine D3. C'est une réaction réversible, dont l'énergie nécessaire est fournie par des UVB arrivant à la surface de la peau avec une longueur d'onde comprise entre 290 et 315 nm. Leur action provoque l'ouverture du cycle B du 7-DHC par rupture de la liaison 9-10, suivie de la rotation à 180° du cycle A. Environ deux heures plus tard, sous l'effet non plus des rayonnements ultraviolets, mais sous celui de la chaleur, la prévitamine D3 est isomérisée en vitamine D3 (Holick, 1994). Il se peut que l'exposition solaire soit prolongée et excessive. La prévitamine D3 ainsi que la vitamine D3 de l'épiderme peuvent alors être dégradées en métabolites inactifs. Ces transformations sont réversibles. Il s'agit d'un rétrocontrôle négatif de l'endosynthèse de vitamine D, visant à maîtriser son taux dans l'organisme.

En France hexagonale, c'est à dire aux latitudes 40-50°N, l'intensité des UVB est suffisante seulement des mois d'avril à octobre, alors qu'à Los Angeles, dont la latitude est de 34°N, la production cutanée de cholécalciférol peut être suffisante toute l'année<sup>51</sup>. La saison a aussi un impact sur l'endosynthèse de la vitamine D, puisque les périodes d'ensoleillement d'une journée varient en fonction de celle-ci. L'altitude, ainsi que la surface sur laquelle les rayons se reflètent, sont également des facteurs non négligeables. Suivant l'heure de la journée, l'angle des rayons lumineux percutant la surface de la Terre varie. Lorsque le soleil est au zénith, cet angle se rapproche d'un angle droit, le rayonnement est alors plus court et il perd moins d'énergie. Puis la latitude augmente et plus la période permettant la synthèse de vitamine D se réduit. En France, la synthèse endogène de vitamine D ne peut avoir lieu que lorsque le soleil est au zénith (Vernay, 2012).

Les données (tableau 2) sont tirées d'une étude ayant estimé la production de 1000 UI de vitamine D à partir de l'exposition au soleil au fil des saisons à deux latitudes américaines (Terushkin, 2010). L'équipe de recherche a estimé le temps nécessaire d'exposition d'un quart de la surface corporelle (visage, cou, mains, bras) à Miami (latitude 25,78°N).

Tableau 2. Estimation de la durée d'exposition (en minutes) nécessaire pour produire l'équivalent de 1000 UI de vitamine D en fonction du phototype (échelle de Fitzpatrick) et selon la période et l'heure de l'année à Miami (latitude 25,78°N). Le X représentant l'absence de synthèse de vitamine D. Cette estimation est faite en supposant qu'un quart de la surface corporelle (visage, cou, mains, bras) est exposée.

Mois	Janvier			Avril			Juillet			Octobre		
	9h	12h	15h	9h	12h	15h	9h	12h	15h	9h	12h	15h
<b>Phototype<sup>13</sup></b>	9h	12h	15h	9h	12h	15h	9h	12h	15h	9h	12h	15h
<b>I</b>	45	10	32	28	5	5	23	4	4	41	7	9
<b>III</b>	59	15	59	38	7	8	31	6	7	53	10	14
<b>V</b>	89	29	X	59	13	15	51	12	13	79	18	28

Dans le tableau suivant, l'équipe de recherche a estimé le temps nécessaire d'exposition d'un quart de la surface corporelle (visage, cou, mains, bras) à Boston dont la latitude de 42,36°N correspond à une latitude un peu au sud de Perpignan ou Bastia (42,69°N) et un peu au nord d'Ajaccio (41,92°N).

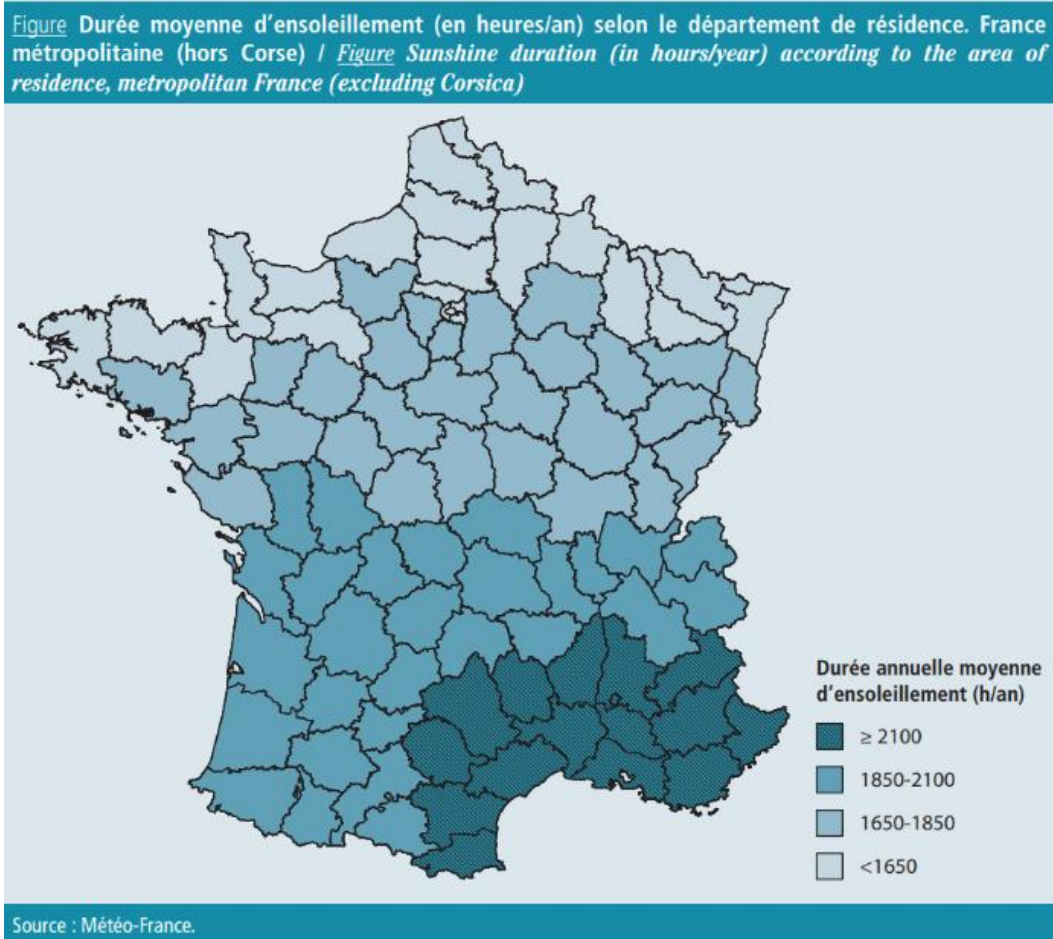
Tableau 3. Estimation de la durée d'exposition (en minutes) nécessaire pour produire l'équivalent de 1000 UI de vitamine D en fonction du phototype (échelle de Fitzpatrick) et selon la période et l'heure de l'année à Boston (latitude 42,36°N). Le X représentant l'absence de synthèse de vitamine D. Cette estimation est faite en supposant qu'un quart de la surface corporelle (visage, cou, mains, bras) est exposée.

Mois	Janvier			Avril			Juillet			Octobre		
	9h	12h	15h	9h	12h	15h	9h	12h	15h	9h	12h	15h
<b>Phototype</b>	9h	12h	15h	9h	12h	15h	9h	12h	15h	9h	12h	15h
<b>I</b>	89	40	X	20	6	9	13	4	6	49	13	39
<b>III</b>	113	62	X	29	9	14	19	7	9	64	19	81
<b>V</b>	173	X	X	50	17	29	34	13	18	98	38	X

Les différences entre ces deux villes situées à des latitudes de 16,91° d'écart montrent surtout une différence plus marquée sur les mois d'hiver. Ces valeurs sont "en condition idéale" : sans

<sup>13</sup> Phototype I réaction au soleil : ne bronze pas, attrape systématiquement des coups de soleil. Type : teint très clair, taches de rousseur, cheveux blonds ou roux. Phototype II réaction au soleil : bronze difficilement, attrape souvent des coups de soleil. Type : teint très clair, cheveux blonds ou châtain, des taches de rousseur apparaissent au soleil, yeux clairs. Phototype III réaction au soleil : a parfois des coups de soleil, bronze progressivement. Type : teint clair, cheveux blonds ou châtain. Phototype IV réaction au soleil : attrape peu de coups de soleil, bronze rapidement. Type : teint mate, cheveux châtain, bruns ou noirs, yeux foncés. Phototype V réaction au soleil : a rarement des coups de soleil, bronze rapidement. Type : teint foncé, yeux foncés, cheveux foncés. Phototype VI réaction au soleil : peau foncée, n'a jamais de coups de soleil. Type : peau noire, cheveux noirs (source Wikipédia).

rien qui interfère avec les UVB. L'étude conclut que les effets de l'exposition au soleil sont bien connus et qu'il est préférable d'avoir recours à une supplémentation. On voit donc que même dans les villes les plus au sud de la France continentale, il apparaît déjà difficile de voir satisfait ses apports en vitamine D entre octobre et avril. Une température moyenne de 14° rendant également peu probable d'avoir une exposition prolongée d'une telle surface corporelle. Il est de fait improbable pour la population française habitant très largement plus au nord de cette zone, avec des températures moyennes encore plus faibles, d'y arriver.



Durée annuelle d'ensoleillement en France (hors corse et DOM-TOM) (Vernay, 2012)

Une étude réalisée en Suisse a relevé l'irradiance solaire dans quatre stations situées à des latitudes comprises entre 46.2 et 46.8° N (En France hexagonale cela correspond à une ligne reliant Chalon-sur-Saône et la Roche sur Yon) et une altitude comprise entre 366 et 3582 m. L'étude a porté sur le temps d'exposition nécessaire pour synthétiser 1 000 UI de vitamine D en considérant également le temps d'exposition produisant un érythème dans une population avec un phototype II et III. Au printemps et en été, avec 22 % de la peau découverte, 1000 UI de vitamine D sont synthétisées en 10-15 min alors que le risque d'érythème apparaît pour des expositions entre 9 et 46 min. En automne et en hiver, cette synthèse n'apparaît pas possible. En considérant 9 % de la peau exposé, il faut compter 6.5 heures d'exposition et l'érythème apparaît entre 2h30 et 4h selon l'altitude. Des durées d'expositions courtes sur de grandes zones cutanées sont plus favorables pour augmenter la production de vitamine D (en plus de la saison) (Religi, 2019). Le tableau 3 reprend les

données de l'Office fédéral de la santé publique suisse avec la durée d'exposition pour obtenir 600 UI de vitamine D mis en parallèle avec le risque de développer un érythème<sup>14</sup>.

L'exposition aux UVB ne fait craindre aucun risque de toxicité par surdosage de vitamine D, car lors d'une exposition trop longue au soleil l'excès est inactivé ([Calberg, 2020](#)).

Parmi les facteurs de risque d'avoir une carence sévère en vitamine D, l'étude des données issues de l'ENNS retrouve : habiter dans une zone avec moins de 1850 h d'ensoleillement par an (au nord d'une ligne passant par Mâcon et La Rochelle), faible activité physique, tabagisme, l'abstinence en alcool. De plus, de nombreux facteurs viennent perturber la synthèse de vitamine D à la suite d'une exposition solaire.

De façon approximative, on peut considérer comme suffisante une exposition au soleil selon les critères suivants : exposition des jambes et des bras (avec protection solaire sur le visage), durant 5 à 30 minutes, deux fois par semaine entre dix et quinze heures ([Holick, 2011](#)). La vitamine D produite par la peau a une demi-vie deux fois plus longue environ que la vitamine D ingérée ([Haddad, 1993](#)). Le rapport « risque/bénéfice » entre le risque d'une exposition au soleil sans protection solaire et le temps nécessaire pour une synthèse de vitamine D n'est pas encore clairement déterminé ([Vernay, 2012](#) ; [Reichrath, 2020](#)), ce qui peut renforcer l'argument pour une supplémentation. Toutefois, la plupart des expert·es considèrent la recommandation de s'exposer quotidiennement, en moyenne 5 à 30 minutes, les bras et les jambes, comme raisonnablement sûre. La fourchette «5-30 » minutes est large, car la durée d'exposition pour avoir un impact dépend du phototype, de la latitude, de la saison et de l'âge.

---

<sup>14</sup> Office fédéral de la santé publique OFSP, Vitamine D et rayonnement solaire, 9 juin 2021

Tableau 3. Durée d'exposition au soleil le matin dès 9 heures (heure d'été : 10h00), en milieu de journée dès 12h30 (heure d'été : 13h30) et l'après-midi dès 15 heures (heure d'été : 16h00), pour produire 600 UI de vitamine D (debout, visage, mains et bras exposés au soleil) avec la durée combinée d'exposition au soleil à partir de laquelle des érythèmes solaires peuvent apparaître, en position debout, sur les parties exposées du corps.

Mois		Phototype I-II			Phototype II-III			Phototype III-V		
		Matin	Midi	AM	Matin	Midi	AM	Matin	Midi	AM
Décembre, Janvier	600 UI Vit D	>4h	1h30 - 2h30	n/a	>5h	2 - 7h	n/a	>7h	n/a	n/a
	Érythème									
Février, Novembre	600 UI Vit D	2h30 - 3h30	<b>30 min - 1h30</b>	2 - 3h	<b>3 - 5h</b>	<b>45 min - 2h30</b>	n/a	4 - 8h	<b>1h30 - 5 h</b>	n/a
	Érythème	50 min - 2h	<b>20 min - 1h</b>	30 min - 2h	<b>1h20 - 4h</b>	<b>30 min - 2h</b>	1 - 4h	2 - 4h	<b>30 min - 1h30</b>	<b>50 min - 2h</b>
Mars, Octobre	600 UI Vit D	<b>1 - 2 h</b>	<b>15 - 30 min</b>	<b>30 min - 3h</b>	<b>1h30 - 2h30</b>	<b>30 - 45 min</b>	<b>45 min - 2h30</b>	2 - 4h	<b>45 min - 1h30</b>	n/a
	Érythème	<b>50 min - 2h</b>	<b>20 min - 1h</b>	<b>30 min - 2h</b>	<b>1h20 - 4h</b>	<b>30 min - 2h</b>	1 - 4h	2 - 4h	<b>30 min - 1h30</b>	<b>50 min - 2h</b>
Avril, septembre	600 UI Vit D	<b>30 - 45 min</b>	10 min	<b>15 - 30 min</b>	<b>45 - 60 min</b>	10 - 20 min	<b>20 min - 1h</b>	1 - 2h	<b>20 min - 1h</b>	<b>45 min - 3h30</b>
	Érythème	<b>30 min - 1h</b>	15 - 30 min	<b>20 - 50 min</b>	<b>45 min - 2h</b>	20 - 45 min	<b>30 min - 1h30</b>	<b>1h20 - 3h</b>	<b>30 min - 1h30</b>	<b>50 min - 2h</b>
Mai, août	600 UI Vit D	<b>15 - 30 min</b>	5 - 10 min	10 - 15 min	<b>20 - 45 min</b>	10 - 15 min	15 - 30 min	<b>45 min - 1h30</b>	<b>20 - 30 min</b>	<b>30 min - 1h</b>
	Érythème	<b>20 - 45 min</b>	10 - 20 min	15 - 30 min	<b>35 min - 1h15</b>	15 - 30 min	25 - 50	1 - 2h	<b>25 min - 1h</b>	<b>40 min - 1h30</b>
Juin, juillet	600 UI Vit D	15 - 20 min	5 - 10 min	10 - 15 min	20 - 30 min	10 - 15 min	15 - 20 min	<b>40 min - 1h15</b>	<b>20 - 30 min</b>	<b>30 min - 1h</b>
	Érythème	20 - 45 min	10 - 20 min	15 - 30 min	35 min - 1h15	15 - 30 min	25 - 50 min	1 - 2h	<b>25 min - 1h</b>	<b>40 min - 1h30</b>

n/a : La dose reçue est trop faible pour produire 600 UI ; en gras la durée pour développer un érythème peut être plus courte que la synthèse de 600 UI de vitamine D.

## 2.3 Les facteurs modifiant la synthèse de vitamine D

### 2.3.1 Phototype

Comme on l'a vu avec le tableau plus haut, le phototype est un facteur majeur dans la production cutanée de vitamine D. En effet, la présence de mélanine en plus grande quantité dans la peau noire apporte une protection contre les méfaits du soleil. Cependant, cela entraîne également une diminution de la production de vitamine D. Les peaux foncées produisent jusqu'à six fois moins de vitamine D que les peaux claires pour une même exposition (mais les peaux claires sont plus à risque de faire un cancer cutané) (Matsoka, 1995 ; Meunier, 2008). L'existence d'un facteur génétique et d'une différence dans la synthèse de VDP ont été évoqués, mais cela ne se retrouve pas dans les études plus récentes qui utilisent une méthode plus précise de mesure (Hollis, 2014).

Cependant, un phototype foncé est un facteur protecteur d'une carence en vitamine B9. Le 5 méthyltetrahydrofolate, forme active de la vitamine B9, est en effet sensible à la photodégradation. Ainsi les personnes avec des apports déjà limités en vitamine B9 sont à risque d'être en carence en été (Valencia-Vera, 2014). C'est également un facteur protecteur contre le développement d'un cancer cutané. Ainsi les personnes avec une peau plus riche en eumélanines peuvent davantage s'exposer au soleil (Jablonski, 2000 ; Jablonski, 2017).

### 2.3.2 Vitres

Le rayonnement UVB ne pénètre pas le verre, de sorte que l'exposition au soleil à l'intérieur, à travers une fenêtre, ne produit pas de vitamine D (Hossein-nezhad, 2013). Par contre, les vitres ne filtrent pas les UVA responsables du vieillissement de la peau.

### 2.3.3 Nuages et pollution

La pollution, comme une couverture nuageuse importante, absorbe les UVB. L'ozone et les particules en suspension dans l'atmosphère sont les polluants les plus associés à un déficit en vitamine D (Hoseinzadeh, 2018). Ainsi la synthèse de vitamine D peut être fortement diminuée dans ces deux situations. Pour les personnes habitant en ville, cela peut poser un réel problème (Landrier, 2014 ; Souberbielle, 2014b).

### 2.3.4 Messages de prévention quant à l'exposition au soleil

Il est probable que les recommandations de santé publique de diminuer l'exposition au soleil soient aussi responsables d'une diminution de la synthèse cutanée de vitamine D. En effet, l'exposition au soleil a été responsable en 2015, chez les personnes âgées de 30 ans et plus, de plus de 10 000 nouveaux cas de mélanomes soit 3,0 % de tous les cancers<sup>15</sup> et également

---

<sup>15</sup> Centre international de Recherche sur le Cancer, Institut national du cancer, Les cancers attribuables au mode de vie et à l'environnement en France métropolitaine, 2018

de carcinome. Sur ces constats le HCSP a édité des recommandations pour limiter l'exposition solaire selon l'indice UV comprenant notamment le port de vêtements couvrants, limiter l'exposition aux heures où le rayonnement est le plus intense et l'utilisation de crème solaire<sup>16</sup>. L'OMS a développé une application, SunSmart Global UV, "pour vous protéger des dangers du soleil et promouvoir la santé publique"<sup>17</sup>.

L'application de crème solaire est recommandée par l'OMS toutes les deux heures en cas d'exposition solaire. Cependant le rôle de la crème solaire est précisément d'absorber les UV, dont les UVB, et peut donc diminuer la synthèse de vitamine D (Meunier, 2008). Cependant, on peut remarquer que l'application souvent incomplète de crème solaire, ainsi qu'une forte exposition au soleil, permet tout de même une synthèse de vitamine D. Les données soutiennent l'utilisation de crèmes solaires pour prévenir les effets indésirables des rayons UV, sans compromettre la synthèse de la vitamine D (Wulf, 2020). Les crèmes solaires protègent des cancers cutanés non mélanocytaires<sup>18</sup>.

### 2.3.5 Médicaments

La prise de certains médicaments augmente les réactions de photosensibilisation. Soit par phototoxicité, situation la plus fréquente, immédiate et circonscrite aux zones exposées au soleil. Soit par photoallergie, beaucoup plus rare, qui survient de manière retardée (5 à 21 jours) et dont la réaction cutanée concerne également les zones non exposées au soleil. Plus de 300 substances actives de médicaments sont recensées (certains antibiotiques, neuroleptiques, anti-inflammatoires non stéroïdiens, anxiolytiques, etc.)<sup>19</sup>.

### 2.3.6 Âge

Avec l'âge, la synthèse cutanée de vitamine D diminue. Il y a une diminution de la mobilité et donc une moindre exposition au soleil. De plus, la 7-DHC diminue progressivement avec le temps. Par rapport à une personne de 20 ans, la production de vitamine D diminue d'environ 25 % chez une personne de 40 ans et d'environ 50 % chez une personne de 70 ans pour une même exposition (Godar, 2011). Enfin, la dénutrition, plus fréquente chez les personnes âgées, conduit également à une diminution de la synthèse en vitamine D (de Jongh, 2017).

### 2.3.7 Mode de vie

Le tabagisme, le port de vêtements couvrants, l'absence de pratique sportive en extérieur, l'absence totale de consommation d'alcool sont autant de facteurs corrélés à un risque de carence en vitamine D (Vernay, 2012). Concernant la consommation d'alcool, il est important de noter que cela est probablement dû à une moindre exposition solaire (pour raison culturelle et culturelle : port de vêtement couvrant, moins d'expositions en terrasse, etc.). Cependant le

---

<sup>16</sup> Haut Conseil de la santé publique, [Avis relatif aux recommandations sanitaires associées aux index UV](#), 2 mai 2019

<sup>17</sup> Organisation mondiale de la santé, [SunSmart Global UV : une nouvelle application pour vous protéger des dangers du soleil et promouvoir la santé publique](#), 21 juin 2022

<sup>18</sup> Haut Conseil de la santé publique, [Avis complémentaire relatif aux recommandations sanitaires associées aux index UV](#), 29 mai 2020

<sup>19</sup> Vidal, [Médicaments et soleil : quelques rappels pour éviter de passer au rouge](#), 20 juin 2023

bénéfice/risque va clairement vers une diminution, voire une abstention, de la consommation d'alcool<sup>20</sup>.

### 2.3.8 Surpoids-Obésité

La prévalence de déficit en vitamine D est plus importante chez les personnes en surpoids (+ 24 %) et chez les personnes obèses (+ 35 %) par rapport à une personne avec un IMC < 25 kg/m<sup>2</sup> (Bilezikian, 2021). Le mécanisme sous-jacent n'est pas entièrement élucidé. Une séquestration de la vitamine D dans les tissus graisseux a d'abord été envisagée, mais il y a surtout un effet de dilution (Heaney, 2009).

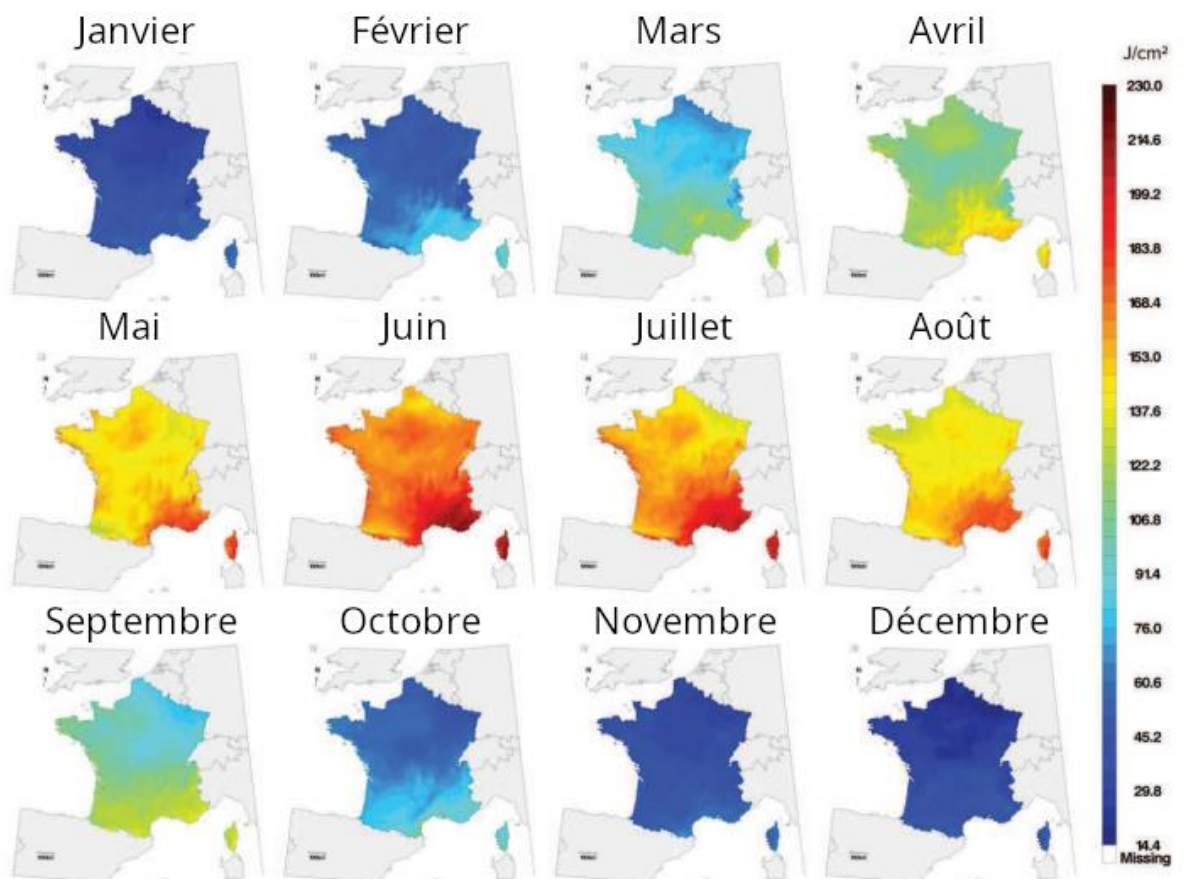
### 2.3.9 La saison

Si on peut espérer synthétiser un peu de vitamine D en hiver, cela concerne une minorité de la population française continentale. En effet, plus la latitude augmente plus l'inclinaison de la terre en hiver est forte, les UVB doivent parcourir plus de trajets dans l'atmosphère : ils sont absorbés. On considère qu'en pratique la synthèse cutanée en vitamine D n'est pas possible de novembre à avril en France continentale (Holick, 2011b ; Souberbielle, 2014b). L'automne est moins propice que le printemps pour produire de la vitamine D grâce à l'exposition solaire : le temps nécessaire pour sa synthèse suffisante étant très proche de celui pour développer un érythème, Religi, 2019).

---

<sup>20</sup> Organisation mondiale de la santé, Aucun niveau de consommation d'alcool n'est sans danger pour notre santé, 4 janvier 2023





France, 1998-2002, UVTot, Absolute scale  
 Projection: albers (parallèle 1=40 parallèle 2=56)

Data source: SoDa, Eurosun project

Fig 1. Moyenne mensuelle de l'irradiation UV total journalière en France sur la période 1998-2002

### 2.3.10 L'altitude et la réverbération

Une étude chez des skieurs autrichiens a montré que l'altitude combinée à la réverbération de la neige a permis une augmentation de vitamine D de 8,6 nmol/L alors que seulement 6 % de la peau était exposée (Peterson, 2014). Rappelons cependant que la très large majorité de la population française ne part pas en vacances et encore moins au ski. De plus, l'effet de l'altitude est davantage perceptible en été qu'en hiver (Religi, 2019).

### 2.3.11 L'alimentation

Les principaux apports alimentaires proviennent du poisson et du lait. Ainsi une alimentation qui exclut ces aliments voit possiblement ses apports diminués. Différentes études se sont penchées sur la concentration sanguine en vitamine D (malheureusement aucune sur la population française).

Une revue systématique (Neufingerl, 2021), parue en 2021, retrouve que les personnes végétaliennes ont une concentration sanguine en vitamine D inférieure aux personnes qui ne le sont pas. En moyenne, celle-ci est inférieure à 10,75 nmol/L dans les études excluant l'utilisation de compléments alimentaires sans pour autant qu'elles soient en insuffisance.

Cependant d'autres études ont montré une plus forte prévalence d'un déficit en vitamine D dans les populations végétaliennes étudiées. Dans la grande majorité des études, l'écart n'est pas significatif entre les végétaliens et les végétariens.

Les données issues de la biobanque en Grande-Bretagne retrouvent une différence moyenne de 10 nmol/L entre les végétariens et les non-végétariens (Tong, 2021).

En 2016 une étude s'est intéressée à la concentration en vitamine D en fonction de l'alimentation des Finnois (Elorriine, 2021). Là encore les végétaliens sont 24 % à être sous les 50 nmol/L de vitamine D contre 6 % pour les non végétariens. Une des raisons évoquées est une moindre supplémentation chez les végétaliens.

En 2021, une étude s'est intéressée à la concentration sanguine en vitamine D des enfants (Sutter, 2021). L'absence de données disponibles oriente à considérer ce que l'on observe chez les adultes. Là encore l'absence, ou l'insuffisance, de supplémentation est évoquée.

## 2.4 Quelle supplémentation choisir ?

Actuellement, en France on préconise l'administration de vitamine D3 de manière quotidienne ou faiblement espacée, ce qui a l'avantage de maintenir un taux de vitamine le plus constant possible et d'éviter les fluctuations sériques. En effet, on sait aujourd'hui que plus on élève la concentration sérique de 25(OH)D rapidement, plus celle-ci baisse rapidement et un intervalle de 3 mois entre des prises de 100 000 ou 200 000 UI de vitamine D3, associé à des fluctuations larges de la concentration de 25(OH)D, est potentiellement trop long (Souberbielle, 2019).

La supplémentation en une dose de vitamine D3 pour 30 jours, et en 1/30ème de cette dose par jour pendant la même période conduit au même résultat. De plus, les concentrations en 25(OH)D n'augmentent pas proportionnellement à la dose absorbée : une dose de 200 000 UI augmente de façon plus importante les réserves de vitamine D, qui n'est toutefois pas le double d'une dose de 100 000 UI. On a également observé chez un groupe de patientes qu'une administration unique dans l'année de 500 000 UI ne protégeait pas efficacement du risque de chute et de fracture. Ainsi, le choix d'une administration quotidienne ou par doses espacées aura la même efficacité, il dépend donc principalement de l'adhérence du patient pour le traitement. Si ce choix se porte vers le traitement par intermittence, il est recommandé d'administrer des doses qui ne soient pas trop fortes, et faiblement espacées (Souberbielle, 2013).

De nombreuses spécialités à base de vitamine D sont disponibles en France. Ils contiennent de la vitamine D2 obtenue par irradiation d'ergostérol d'ergot de seigle, ou (et en majorité) de la vitamine D3 synthétisée par irradiation du 7-DHC de la lanoline qui est issue de la graisse obtenue après purification et raffinage de la laine (Mistretta, 2008).

La forme non hydroxylée de la vitamine D est la plus couramment utilisée : ergocalciférol ou cholécalférol. Lorsque les doses à administrer sont journalières, on peut utiliser indifféremment les deux. Une étude a été menée en 2007 aux États-Unis, incluant des

individus âgés de 18 à 84 ans, de différentes origines ethniques et couleurs de peau. Ils ont reçu tous les jours pendant 11 semaines soit une dose de placebo, soit 1000 UI de vitamine D2, soit 1000 UI de vitamine D3, soit un mélange de 500 UI de vitamine D2 et 500 UI de vitamine D3. Au terme de ces 11 semaines, le statut vitaminique du groupe ayant reçu le placebo n'a pas changé. En revanche, une augmentation identique du taux de 25(OH)D a été observée dans les trois autres groupes. Il a donc été conclu que la vitamine D2 et la vitamine D3, quand elles sont administrées quotidiennement, améliorent à long terme et de façon similaire le statut vitaminique D (Holick, 2008). Cependant d'autres études ont montré que la vitamine D2 pouvait être moins efficace que la vitamine D3 notamment si prise sous forme de levures irradiées pour enrichir du pain (pas de différence entre la prise sous forme de compléments (Itkonen, 2016). En prise espacées la vitamine D3 apparaît plus efficace (Oliveri, 2015). Cependant l'impact de cette différence au niveau de l'action biologique reste indéterminé. Malgré une différence de taux en vitamine D, la concentration en PTH ne présente pas de différence significative entre une supplémentation par vitamine D2 et vitamine D3 (Logan, 2013).

La situation est différente lorsque l'on supplémente un individu en vitamine D par des doses mensuelles ou trimestrielles : la vitamine D3 qui a une affinité plus élevée pour la VDP se révèle être plus efficace, comme en témoigne une étude américaine de 2003. Deux groupes d'individus ont reçu une seule dose de 50 000 UI de vitamine D2 ou de vitamine D3, puis on a mesuré le taux de 25(OH)D dans leur sang régulièrement pendant les 28 jours qui ont suivi. Le statut en 25(OH)D de ces groupes a augmenté de la même manière pendant les 3 premiers jours. Il a ensuite diminué chez les individus ayant reçu de la vitamine D2, alors qu'il a augmenté jusqu'au 14<sup>e</sup> jour chez ceux ayant reçu une dose de vitamine D3. Au bout des 28 jours, le taux de 25(OH)D était le même qu'avant la supplémentation dans le groupe supplémenté par vitamine D2, alors qu'il est resté plus élevé qu'au départ dans le groupe supplémenté par vitamine D3 (Armas, 2004). Il est donc recommandé d'utiliser de préférence du cholécalciférol lorsque la supplémentation orale en vitamine D se fait par doses espacées.

Il serait également possible de calculer la dose annuelle nécessaire et la répartir sur l'année de façon trimestrielle, hebdomadaire ou journalière, ces trois modes d'administration obtiennent des taux sanguins identiques (Ish-Shalom, 2008). Cependant, comme constatés dans d'autres études, une dose trop importante en vitamine D a des effets délétères. Il y a également la compliance qui va définir le mode d'administration (une dose quotidienne peut être trop contraignante).

Certaines personnes peuvent souhaiter ne pas recourir à une vitamine D3 d'origine animale. La seule vitamine D d'origine végétale pharmaceutique (qui est remboursée par la Sécurité sociale) est la Sterogyl 2 000 000 UI/100 ml en solution buvable soit 400 UI par goutte. Elle contient de l'alcool en excipient à raison de 14 mg/goutte soit 28 mg, il faut 10g d'alcool pour faire une unité internationale d'alcool, autant dire que la dose d'alcool contenu dans cette solution de vitamine D est anecdotique. A noter qu'il existe également des ampoules de 600 000 UI, mais pour les raisons évoquées plus haut il n'est pas souhaitable d'ingérer une dose aussi importante de vitamine D.

Si l'on dispose du taux sanguin de vitamine D, on peut déterminer la supplémentation à donner. En effet, le taux sanguin augmente de 2,5 nmol/L toutes les 100 UI de vitamine D prises quotidiennement (Minisola, 2019). Par exemple pour un taux sanguin de 50 nmol/L

qu'on voudrait passer à 75 nmol/L : cela correspond à une supplémentation quotidienne de 1000 UI. Le taux sanguin se stabilise en 6 à 8 mois. Cette correspondance n'est valable que pour les adultes avec un IMC inférieur à 25 kg/m<sup>2</sup>.

## 2.5 Limite supérieure de sécurité (LSS)

L'Anses a établi une limite supérieure de sécurité à 1000 UI/j avant 1 an, 2000 UI/j jusqu'à 10 ans inclus puis 4000 UI/jour pour les enfants de plus de 10 ans et les adultes<sup>21</sup>. L'Agence recommande de privilégier les médicaments aux compléments alimentaires pour éviter les surdosages<sup>22</sup>. Le surdosage en vitamine D expose à avoir une hypercalcémie avec des conséquences pouvant être dramatiques notamment chez les enfants<sup>23</sup>.

Il n'existe, a priori, pas de toxicité à la vitamine D produite par l'exposition au soleil. En effet, il y a un mécanisme de régulation qui empêche une synthèse trop importante en vitamine D (Tuckey, 2019).

Au niveau sanguin, certain-es expert-es fixent la limite supérieure à 150 nmol/L. Elle correspond à la concentration maximale en 25(OH)D dans le sang à laquelle les effets de la vitamine D sont encore optimaux, sans être néfastes à l'organisme (Souberbielle, 2012).

L'European Food Safety Authority (EFSA - Autorité européenne de sécurité des aliments) a fixé en 2023 la limite de consommation à 2000 UI/j pour les enfants de 1 à 10 ans et 4000 UI/j pour les adultes, les femmes enceintes et allaitantes et les adolescents de 11 à 17 ans. A noter que l'EFSA établit l'équivalence en vitamine D d'une forme encore peu usitée : le calcidiol monohydrate dont 1 UI est égal à 100 UI de vitamine D<sub>3</sub><sup>24</sup>.

La seule possibilité de dépasser la LSS, hors pathologie, c'est par une supplémentation trop importante<sup>15;18</sup>.

## 3. Les recommandations de supplémentation des sociétés savantes françaises

Ce sont principalement les âges extrêmes de la vie qui sont concernés par la supplémentation en vitamine du fait de son action sur l'ossification.

---

<sup>21</sup> Anses, Les références nutritionnelles en vitamines et minéraux, mars 2021

<sup>22</sup> Anses, Vitamine D : privilégier les médicaments pour éviter le surdosage chez les nourrissons, 22/03/2023

<sup>23</sup> Anses, Vitamine D : pourquoi et comment assurer un apport suffisant ?, 02/03/2022

<sup>24</sup> EFSA, Scientific opinion on the tolerable upper intake level for vitamin D, including the derivation of a conversion factor for calcidiol monohydrate, 8 août 2023

### 3.1 Avis des sociétés françaises de pédiatrie

En 2022, les sociétés savantes françaises de pédiatrie ont revu les recommandations concernant la supplémentation en vitamine D des enfants (Bacchetta, 2022). Conformément aux recommandations, il n'est pas souhaitable de réaliser un dosage de vitamine D dans la population pédiatrique en absence de signes de rachitisme. Les recommandations de supplémentation sont de 400 UI (cible recommandée) de vitamine D (D2 ou D3) par jour pour les enfants de 0 à 18 ans sans facteur de risque, sans dépasser 800 UI par jour. En cas de non-observance, il est possible de prescrire soit une supplémentation trimestrielle à 50 000 UI soit une prescription en automne et en hiver de 80 000 ou 100 000 UI. Les sociétés savantes préconisent d'utiliser uniquement des formes pharmaceutiques. Pour les enfants avec une diminution de disponibilité de la vitamine D (obésité, peau foncée, absence d'exposition cutanée au soleil) ou une diminution d'apport (alimentation végétalienne), les recommandations de supplémentation sont de 800 UI par jour sans dépasser 1600 UI par jour. En cas de non-observance, il est possible de prescrire une supplémentation (vitamine D3) avec soit 50 000 UI toutes les 6 semaines, soit 80 000 à 100 000 UI tous les trimestres.

Les doses quotidiennes sont à privilégier en cas d'antécédents familiaux d'intoxication à la vitamine D, hypercalcémie, hypercalciurie, calculs rénaux et/ou néphrocalcinose.

Les sociétés savantes françaises de pédiatrie considèrent comme à risque accru de développer un rachitisme et une carence en vitamine D les enfants et adolescents présentant les affections suivantes : malabsorption, maldigestion, maladie rénale chronique, syndrome néphrotique, cholestase, insuffisance hépatique, mucoviscidose, fragilité osseuse secondaire, maladies inflammatoires chroniques, anorexie mentale, maladies de la peau, médicaments anticonvulsivants ou corticostéroïdes à long terme.

Par ailleurs, il convient également de faire attention à des apports calciques satisfaisants.

Les sociétés savantes rappellent que "Chez les enfants en bonne santé, la réplétion de vitamine D ne modifie pas la densité osseuse, la fonction cardiaque et vasculaire, la défense immunitaire et les infections, les niveaux d'IGF1, la force musculaire et les performances physiques".

Quelques éléments de réflexions :

Pour appuyer l'intérêt d'une hausse de la supplémentation en vitamine D pour les enfants végétaliens, les auteurs et autrices s'appuient principalement sur des études portant sur une population d'enfants macrobiotiques. Or cette alimentation peut difficilement nous renseigner sur les enfants véganes. Il y a notamment une recherche d'une alimentation naturelle qui est présente chez les macrobiotiques et qui peut éloigner des produits enrichis en vitamine D.

Les études sur la population française nous indiquent que les apports alimentaires en vitamine D sont les suivants :

- 208 UI/jour pour les enfants de 1 à 3 ans

- 104 UI/jour pour les enfants de 4 à 10 ans
- 116 UI/jour pour les enfants de 11 à 17 ans

Même si l'apport était nul pour les enfants végétaliens, conseiller une augmentation de 400 à 1200 UI supplémentaires par rapport à un enfant non végétalien apparaît quelque peu démesuré. Les études (non faites sur la population française) mesurant la concentration sanguine en vitamine D des personnes végétaliennes et des non végétaliennes indiquent un écart de 10 nmol/L environ ce qui correspond à un écart d'apport avoisinant les 400 UI par jour. Ces études pointent que le facteur de risque de carence en vitamine D des enfants végétaliens n'est pas l'alimentation, mais l'absence de supplémentation.

Ces données n'indiquent pas forcément une nécessité d'augmenter les doses de la supplémentation chez les enfants végétaliens, mais une attention particulière doit être donnée à la supplémentation en vitamine D chez ces enfants. Un principe de précaution nous invite tout de même à viser plutôt la fourchette haute des recommandations : soit 800UI/j jusqu'à 18 ans.

### 3.2 Groupe de recherche et d'information sur les ostéoporoses (Souberbielle, 2019)

La formation osseuse étant dépendante de la vitamine D, les chercheurs et chercheuses sur l'ostéoporose se sont rapidement intéressés à la recherche d'une supplémentation adéquate. Le groupe de recherche estime qu'au vu des données actuelles, il est préférable de donner des petites doses régulièrement plutôt que de grandes doses espacées. Malheureusement, il y a en France un manque de disponibilité de médicaments qui seraient adaptés à une supplémentation quotidienne (1000-1500 UI). Pour une meilleure observance, le GRIO conseille une forme mensuelle de 50 000 UI.

Le GRIO propose un protocole en fonction de la situation. Pour les patient-es chuteurs et/ou ostéoporotiques chez qui on vise plutôt une concentration  $> 75$  nmol/L.

- Si  $25(\text{OH})\text{D} < 50$  nmol/L : 50 000 UI par semaine pendant 8 semaines
- Si  $50 < 25(\text{OH})\text{D} < 75$  nmol/L : 50 000 UI par semaine pendant 4 semaines

Cette période de « recharge » rapide pourrait ensuite être suivie par un traitement au long cours par 50 000 UI/mois dont on vérifiera l'efficacité au bout de 3 à 6 mois par un dosage de la 25OHD et un réajustement éventuel de la posologie.

Dans l'éventualité d'une disponibilité future de formes pharmaceutiques de vitamine D adaptées à une administration journalière (par exemple, des comprimés ou capsules molles contenant 1 000 à 1 500 UI de vitamine D<sub>3</sub>), il serait possible, chez les patients observant, et en fonction de la concentration initiale de 25(OH)D, de prescrire 3000 à 5000 UI/j pendant environ 3 mois chez ceux ayant une concentration  $< 50$  nmol/L suivies par un traitement au

long cours par 1 000 à 3 000 UI/j avec réajustement de la posologie en fonction d'un dosage de contrôle.

### 3.3 Le Haut Conseil à la Santé publique (HCSP)

Le 21 juin 2021, le HCSP a publié un avis relatif à des besoins de la population en vitamine D<sup>25</sup>.

Nous pouvons noter que le HCSP ne considère pas les apports alimentaires comme significatifs concernant la satisfaction des besoins en vitamine D. Le HCSP rappelle la prévalence en France de carence en vitamine D : 6,5 % de la population en 2015.

Les populations à risques sont : les personnes en situation de précarité, les personnes obèses, les personnes ne s'exposant pas au soleil, les personnes vivant en institution ou portant des vêtements très couvrants, les personnes à peau très pigmentée vivant sous des latitudes élevées, les personnes atteintes de pathologies risquant d'être aggravées par une insuffisance en vitamine D (patients ostéoporotiques ou à fort risque ostéoporotique) ou entraînant des besoins accrus en vitamine D (pathologies endocriniennes, défauts d'absorption, insuffisance rénale, etc.).

Le HCSP recommande : d'assurer une exposition solaire modérée, mais suffisante et compatible avec les messages de prévention des cancers cutanés, de consommer des aliments riches en vitamine D en cohérence avec les recommandations nutritionnelles, d'éviter l'autoprescription de compléments alimentaires riches en vitamine D.

Le HCSP indique que les mesures d'enrichissement des produits laitiers en France ne suffisent pas à apporter la vitamine D nécessaire. D'autres produits pourraient être enrichis pour un bénéfice à la population comme les œufs (par l'alimentation des poules), les champignons, le pain, la viande, les poissons ou les huiles.

Enfin le HCSP rappelle que l'intérêt d'un traitement ou d'une supplémentation en vitamine D n'est pas établi.

Nous avons réalisé une synthèse de cet avis disponible ici : <https://onav.fr/avis-du-hcsp-relatif-a-la-couverture-des-besoins-de-la-population-en-vitamine-d/>

---

<sup>25</sup> HCSP, Avis relatif à la couverture des besoins de la population générale en vitamine D et en fer, 21/06/2022

## 4. Synthèse de l'Onav

- L'alimentation est anecdotique dans son apport en vitamine D même si, de fait, les apports diminuent avec une diminution des apports en poisson, en produits laitiers et en œufs.
- Les produits laitiers peuvent être enrichis en vitamine D. Il serait bénéfique que d'autres produits le soient également.
- Il est préconisé d'avoir une activité physique extérieure quand cela est possible (pour ses effets bénéfiques au-delà de la vitamine D) avec une application régulière de crème solaire.
- La balance bénéfice-risque entre une exposition au soleil répété et prolongé et une complémentation en vitamine D doit être considérée.
- Le dosage sanguin hors situation particulière n'est pas remboursé.
- La forte prévalence d'un déficit en vitamine D dans la population, même chez des personnes en bonne santé, associée à des difficultés de standardisation du dosage et à l'absence d'efficacité de la vitamine D dans des études randomisées contrôlées, limitent le caractère indispensable d'une supplémentation en vitamine D chez l'adulte en bonne santé, en dehors d'un principe de précaution ou de situations particulières.
- La supplémentation en vitamine D semble pertinente dans les situations où la carence est probable (habiter en zone peu ensoleillée, pas d'activité en extérieur, tabagisme, port de vêtement couvrant, peau noire). Ne pas oublier également l'existence d'un syndrome dépressif.
- L'intérêt d'une supplémentation apparaît plus défini pour les nouveau-nés, les enfants pendant la croissance et les personnes enceintes et allaitantes.
- La supplémentation en vitamine D doit se discuter avec un·e professionnel·le de santé.
- Il faut éviter l'utilisation de multiples compléments contenant de la vitamine D au risque d'un surdosage. Bien lire les compositions des compléments multivitaminés. Dans la mesure du possible, privilégiez les formules médicamenteuses.
- Cette supplémentation peut s'effectuer à travers des compléments dont la fréquence de la prise peut être plus ou moins espacée.
- Le dosage de la supplémentation est identique, quelle que soit l'alimentation.
- Ainsi en situation physiologique, nos recommandations pour les personnes qui ont végétalisé leur alimentation sont :
  - Pour les enfants : 800 UI / jour
  - Pour les personnes enceintes et allaitantes : 800 UI / j
  - Pour les adultes (en cas d'apport solaire nul) : 800 UI/j
  - Pour les personnes âgées : 1200 UI / j
- S'il existe une carence avérée en vitamine D, un protocole de supplémentation quotidienne peut être proposé à 4000 UI/j. Il convient de faire un contrôle à 2 mois pour décider d'une poursuite à cette dose ou d'un retour à une supplémentation hors carence.
- La seule vitamine D d'origine végétale qui est remboursée par la Sécurité sociale est la Sterogyl (D2) 2 000 000 UI/100 ml en solution buvable en gouttes, contenant 400 UI par goutte.
- **Il s'agit d'une base que plusieurs facteurs peuvent faire évoluer et qui est à discuter avec votre médecin.**



## Références

Abboud M, Puglisi DA, Davies BN, Rybchyn M, Whitehead NP, Brock KE, Cole L, Gordon-Thomson C, Fraser DR, Mason RS. Evidence for a specific uptake and retention mechanism for 25-hydroxyvitamin D (25OHD) in skeletal muscle cells. *Endocrinology*. 2013 Sep;154(9):3022-30. doi: 10.1210/en.2012-2245. Epub 2013 Jul 3. PMID: 23825120.

Almuqbil M, Almadani ME, Albraiki SA, Alamri AM, Alshehri A, Alghamdi A, Alshehri S, Asdaq SMB. Impact of Vitamin D Deficiency on Mental Health in University Students: A Cross-Sectional Study. *Healthcare (Basel)*. 2023 Jul 23;11(14):2097. doi: 10.3390/healthcare11142097. PMID: 37510537; PMCID: PMC10379599.

Appel LJ, Michos ED, Mitchell CM, et al: The effects of four doses of vitamin D supplements on falls in older adults: a response-adaptive, randomized clinical trial. *Ann Intern Med* 174:145-156, 2021. doi:10.7326/M20-3812

Armas, L. a G., Hollis, B. W., & Heaney, R. P. Vitamin D2 is much less effective than vitamin D3 in humans. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2004, 89 (11), pp. 5387-5391.

Bacchetta J et al. Vitamin D revisited : a cornerstone of health?. *Arch Pediatr* 2010: 17 (12); 1687–95.

Bacchetta J., Edouard T., Laverny G. et al., Vitamin D and calcium intakes in general pediatric populations: A French expert consensus paper, *Archives de pediatrie* (2022), <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2022.02.008>

Bilezikian JP, Formenti AM, Adler RA, Binkley N, Bouillon R, Lazaretti-Castro M, et al. Vitamin D: Dosing, levels, form, and route of administration: Does one approach fit all? *Rev Endocr Metab Disord*. déc 2021;22(4):1201-18.

Bischoff-ferrari, H., Giovannucci, E., Willett, W. C., Dietrich, T., & Dawson-hughes, B. Estimation of optimal serum concentrations of 25-hydroxyvitamin D for multiple health outcomes. *The American journal of clinical nutrition*, 2006, 84, pp. 18-28.

Bouillon R, LeBoff MS, Neale RE. Health Effects of Vitamin D supplementation: Lessons Learned from Randomized Controlled Trials and Mendelian Randomization Studies. *J Bone Miner Res*. 2023 Jul 22. doi: 10.1002/jbmr.4888. Epub ahead of print. PMID: 37483080.

Carlberg C, Muñoz A. An Update on Vitamin D Signaling and Cancer. *Semin Cancer Biol* 2020;S1044-579X20:30114-0

Carter, G. D. 25-Hydroxyvitamin D assays: The quest for accuracy. *Clinical Chemistry*, 2009, 55 (7), pp. 1300-1302.

Cavalier, E., & Souberbielle, J. C. La vitamine D : effets « classiques », « non classiques » et évaluation du statut du patient. *Medecine Nucleaire*, 2009, 33, pp. 7-16.

Corr G. P., , Badawi M. A, Vu H. S., Frame, A. L. Outdoor Physical Activity as a Confounder for Vitamin D Status: A Scoping Review Protocol medRxiv 2023.01.30.23285088; doi: <https://doi.org/10.1101/2023.01.30.23285088>

Dai Q, Zhu X, Manson JE, Song Y, Li X, Franke AA, Costello RB, Rosanoff A, Nian H, Fan L, Murff H, Ness RM, Seidner DL, Yu C, Shrubsole MJ. Magnesium status and supplementation influence vitamin D status and metabolism: results from a randomized trial. *Am J Clin Nutr*. 2018 Dec 1;108(6):1249-1258. doi: 10.1093/ajcn/nqy274. PMID: 30541089; PMCID: PMC6693398

Dawson-Hughes B, Harris SS, Lichtenstein AH, Dolnikowski G, Palermo NJ, Rasmussen H. Dietary fat increases vitamin D-3 absorption. *J Acad Nutr Diet*. 2015 Feb;115(2):225-230. doi: 10.1016/j.jand.2014.09.014. Epub 2014 Nov 17. PMID: 25441954.

de Jongh RT, van Schoor NM, Lips P. Changes in vitamin D endocrinology during aging in adults. *Mol Cell Endocrinol*. 15 sept 2017;453:144-50.

Dusso AS, Brown AJ, Slatopolsky E. Vitamin D. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2005 Jul;289(1):F8-28. doi: 10.1152/ajprenal.00336.2004. PMID: 15951480.

Elder CJ, Bishop NJ. Rickets. *Lancet* 2014;383:1665-76

Elorinne AL, Alfthan G, Erlund I, Kivimäki H, Paju A, Salminen I, Turpeinen U, Voutilainen S, Laakso J. Food and Nutrient Intake and Nutritional Status of Finnish Vegans and Non-Vegetarians. *PLoS One*. 2016 Feb 3;11(2):e0148235. doi: 10.1371/journal.pone.0148235. Erratum in: *PLoS One*. 2016;11(3):e0151296. PMID: 26840251; PMCID: PMC4739591

Girgis CM, Clifton-Bligh RJ, Hamrick MW, Holick MF, Gunton JE. The roles of vitamin D in skeletal muscle: form, function, and metabolism. *Endocr Rev*. 2013 Feb;34(1):33-83. doi: 10.1210/er.2012-1012. Epub 2012 Nov 20. PMID: 23169676.

Graczyk S, Grzeczka A, Paśławska U, Kordowitzki P. The Possible Influence of Vitamin D Levels on the Development of Atrial Fibrillation-An Update. *Nutrients*. 2023 Jun 12;15(12):2725. doi: 10.3390/nu15122725. PMID: 37375629; PMCID: PMC10302036.

Haddad JG, Matsuoka LY, Hollis BW, Hu YZ, Wortsman J. Human plasma transport of vitamin D after its endogenous synthesis. *J Clin Invest* 1993;91: 2552-5.

HAS (Haute Autorité de Santé). (2013). Rapport d'évaluation technologique - Utilité clinique du dosage de la vitamine D, disponible sur : [http://www.hassante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2013-10/utilite\\_clinique\\_du\\_dosage\\_de\\_la\\_vitamine\\_d\\_-\\_rapport\\_devaluation.pdf](http://www.hassante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2013-10/utilite_clinique_du_dosage_de_la_vitamine_d_-_rapport_devaluation.pdf) (page consultée le 22/09/2015).

Heaney RP, Horst RL, Cullen DM, Armas LA. Vitamin D3 distribution and status in the body. *J Am Coll Nutr*. 2009 Jun;28(3):252-6. doi: 10.1080/07315724.2009.10719779. PMID: 20150598.

Holick, M. F. Vitamin D - new horizons for the 21 st century. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1994, 60, pp. 619-630

Holick, M. F. Resurrection of vitamin D and rickets. *The Journal of Clinical Investigation*, 2006, 116 (8), pp. 2062-2072.

Holick MF. Vitamin D deficiency. *N Engl J Med* 2007;357:266-81.

Holick MF, Biancuzzo RM, Chen TC, Klein EK, Young A, Bibuld D, et al. Vitamin D2 is as effective as vitamin D3 in maintaining circulating concentrations of 25-hydroxyvitamin D. *J Clin Endocrinol Metab* 2008;93:677-81.

Holick MF. Vitamin D deficiency entire monograph – BMJ point of care powered by Epocrates. *BMJ Point Of Care* 2011:1-19.

Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, et al. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline [published correction appears in *J Clin Endocrinol Metab*. 2011 Dec;96(12):3908]. *J Clin Endocrinol Metab*. 2011b;96(7):1911-1930. doi:10.1210/jc.2011-0385

Holick MF. Ultraviolet B Radiation: The Vitamin D Connection. *Adv Exp Med Biol*. 2017;996:137-54

Hollis, B.W.; Bikle, D.D. Vitamin D-binding protein and vitamin D in blacks and whites. *N. Engl. J. Med*. 2014, 370, 879–880

Hoseinzadeh E, Taha P, Wei C, Godini H, Ashraf GM, Taghavi M, Miri M. The impact of air pollutants, UV exposure and geographic location on vitamin D deficiency. *Food Chem Toxicol*. 2018 Mar;113:241-254. doi: 10.1016/j.fct.2018.01.052. Epub 2018 Feb 1. PMID: 29409825.

Hosseini-nezhad A, Holick MF. Vitamin D for health: a global perspective. *Mayo Clin Proc*. 2013 Jul;88(7):720-55. doi: 10.1016/j.mayocp.2013.05.011. Epub 2013 Jun 18. PMID: 23790560; PMCID: PMC3761874.

Ish-Shalom S, Segal E, Salganik T, et al. Comparison of daily, weekly, and monthly vitamin D3 in ethanol dosing protocols for two months in elderly hip fracture patients. *J Clin Endocrinol Metab* 2008;93:3430-5.

Itkonen, S.T. *et al.* (2016) 'Effects of vitamin D 2 -fortified bread v . supplementation with vitamin D 2 or D 3 on serum 25-hydroxyvitamin D metabolites: an 8-week randomised-controlled trial in young adult Finnish women', *British Journal of Nutrition*, 115(7), pp. 1232–1239.

Jablonski NG, Chaplin G. The evolution of human skin coloration. *J Hum Evol*. 2000 Jul;39(1):57-106. doi: 10.1006/jhev.2000.0403. PMID: 10896812

Jablonski NG, Chaplin G. The colours of humanity: the evolution of pigmentation in the human lineage. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2017 Jul 5;372(1724):20160349. doi: 10.1098/rstb.2016.0349. PMID: 28533464; PMCID: PMC5444068.

Jenkinson C. The vitamin D metabolome: An update on analysis and function. *Cell Biochem Funct*. août 2019;37(6):408-23.

Kim S, Yamazaki M, Zella LA, Shevde NK, Pike JW. Activation of receptor activator of NF-kappaB ligand gene expression by 1,25-dihydroxyvitamin D3 is mediated through multiple long-range enhancers. *Mol Cell Biol*. 2006 Sep;26(17):6469-86. doi: 10.1128/MCB.00353-06. PMID: 16914732; PMCID: PMC1592822.

Kong SH, Jang HN, Kim JH, et al: Effect of vitamin D supplementation on risk of fractures and falls according to dosage and interval: a meta-analysis. *Endocrinol Metab* 37:344-358, 2022. doi:10.3803/EnM.2021.1374

Landrier, J. F. Vitamine D : sources, métabolisme et mécanismes d'action. OCL, 2014, 21 (3), 7 p.

Ling Y, Xu F, Xia X, et al: Vitamin D supplementation reduces the risk of fall in the vitamin D deficient elderly: an updated meta-analysis. *Clin Nutr* 40:5531-5537, 2021. doi:10.1016/j.clnu.2021.09.031

Logan, V.F. *et al.* (2013) 'Long-term vitamin D 3 supplementation is more effective than vitamin D 2 in maintaining serum 25-hydroxyvitamin D status over the winter months', *British Journal of Nutrition*, 109(6), pp. 1082–1088

Makris K, Sempos C, Cavalier E. The measurement of vitamin D metabolites: part I- metabolism of vitamin D and the measurement of 25-hydroxyvitamin D. *Horm Athens Greece*. juin 2020;19(2):81-96.

Mallet E. The return of vitamin D *Médecine thérapeutique / Pédiatrie*. 1 oct 2013 ;16(4):293-9.

Mallet, E. Vitamine D. *Journal de pédiatrie et de puériculture*, 2014, 27, pp. 29-38

Matsoka LY, Wortsman J, Chen TC, et al. Compensation for the interracial variance in the cutaneous synthesis of vitamin D. *JLab Clin Med*1995;126: 452–457

Méndez-Sánchez L, Clark P, Winzenberg TM, Tugwell P, Correa-Burrows P, Costello R. Calcium and vitamin D for increasing bone mineral density in premenopausal women. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2023, Issue 1. Art. No.: CD012664. DOI: 10.1002/14651858.CD012664.pub2. Accessed 25 July 2023.

Meunier, L. Expositions solaires et vitamine D. *Annales de Dermatologie et de Venereologie*, 2008, 135, pp. 549-550.

Minisola S, Pepe J, Donato P, Vigna E, Occhiuto M, Ferrone F, et al. Replenishment of vitamin D status: theoretical and practical considerations. *Horm Athens Greece*. mars 2019;18(1):3-5.

Mistretta, V. I., Delanaye, P., Chapelle, J. P., Souberbielle, J. C., & Cavalier., E. Vitamine D2 ou vitamine D3 ? *Revue de Medecine Interne*, 2008, 29, pp. 815-820.

Mo H, Zhang J, Huo C, Zhang M, Xiao J, Peng J, Wang G, Wang C, Li Y. The association of vitamin D deficiency, age and depression in US adults: a cross-sectional analysis. *BMC Psychiatry*. 2023 Jul 24;23(1):534. doi: 10.1186/s12888-023-04685-0. PMID: 37488550; PMCID: PMC10367360.

Munns CF, Shaw N, Kiely M, Specker BL, Thacher TD, Ozono K, et al. Global consensus recommendations on prevention and management of nutritional rickets. *J Clin Endocrinol Metab* 2016;101:394-415

Musazadeh V, Keramati M, Ghalichi F, Kavyani Z, Ghoreishi Z, Alras KA, Albadawi N, Salem A, Albadawi MI, Salem R, Abu-Zaid A, Zarezadeh M, Mekary RA. Vitamin D protects against depression: Evidence from an umbrella meta-analysis on interventional and observational meta-analyses. *Pharmacol Res.* 2023 Jan;187:106605. doi: 10.1016/j.phrs.2022.106605. Epub 2022 Dec 9. PMID: 36509315.

Neufingerl N, Eilander A. Nutrient Intake and Status in Adults Consuming Plant-Based Diets Compared to Meat-Eaters: A Systematic Review. *Nutrients.* 2021 Dec 23;14(1):29. doi: 10.3390/nu14010029. PMID: 35010904; PMCID: PMC8746448.

Oliveri, B. *et al.* (2015) 'Vitamin D3 seems more appropriate than D2 to sustain adequate levels of 25OHD: a pharmacokinetic approach', *European Journal of Clinical Nutrition*, 69(6), pp. 697–702.

Olmos-Ortiz, A., Avila, E., Durand-Carbajal, M., & Díaz, L. Regulation of Calcitriol Biosynthesis and Activity : Focus on Gestational Vitamin D Deficiency and Adverse Pregnancy Outcomes. *Nutrients*, 2015, 7, pp. 443-480

Park Y, Ah YM, Yu YM. Vitamin D supplementation for depression in older adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Nutr.* 2023 Jun 21;10:1169436. doi: 10.3389/fnut.2023.1169436. PMID: 37415914; PMCID: PMC10320579.

Petersen B. *et al.*, Sun and Ski Holidays Improve Vitamin D Status, but Are Associated with High Levels of DNA Damage, *Journal of Investigative Dermatology*, Volume 134, Issue 11, 2014, Pages 2806-2813, ISSN 0022-202X, <https://doi.org/10.1038/jid.2014.223>.

Pike JW, Christakos S. Biology and Mechanisms of Action of the Vitamin D Hormone. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2017 Dec;46(4):815-843. doi: 10.1016/j.ecl.2017.07.001. Epub 2017 Sep 29. PMID: 29080638; PMCID: PMC5762112.

Rebelos E, Tentolouris N, Jude E. The Role of Vitamin D in Health and Disease: A Narrative Review on the Mechanisms Linking Vitamin D with Disease and the Effects of Supplementation. *Drugs.* 2023 Jun;83(8):665-685. doi: 10.1007/s40265-023-01875-8. Epub 2023 May 6. PMID: 37148471; PMCID: PMC10163584.

Reboul, E., Goncalves, A., Comera, C., Bott, R., Nowicki, M., Landrier, J. F., Borel, P. Vitamin D intestinal absorption is not a simple passive diffusion: Evidences for involvement of cholesterol transporters. *Molecular Nutrition and Food Research*, 2011, 55, pp. 691-702

Reddy P, Edwards LR. Magnesium Supplementation in Vitamin D Deficiency. *Am J Ther.* 2019 Jan/Feb;26(1):e124-e132. doi: 10.1097/MJT.0000000000000538. PMID: 28471760.

Reichrath J, éditeur. Sunlight, vitamin D and skin cancer. Third edition. Cham, Switzerland: Springer; 2020. 428 p. (Advances in experimental medicine and biology).

Religi, A., Backes, C., Chatelan, A. *et al.* Estimation of exposure durations for vitamin D production and sunburn risk in Switzerland. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 29, 742–752 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41370-019-0137-2>

Romeu Montenegro K, Carlessi R, Cruzat V, Newsholme P. Effects of vitamin D on primary human skeletal muscle cell proliferation, differentiation, protein synthesis and bioenergetics. *J Steroid Biochem Mol Biol.* oct 2019;193:105423.

Ross, C., Manson, J. E., Abrams, S., Aloia, J. F., Brannon, P. M., Clinton, S. K., Shapses, S. The 2011 Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D: What Dietetics Practitioners Need to Know. *Journal of the American Dietetic Association*, 2011, 111 (1), pp. 524-527.

Sanders KM, Stuart AL, Williamson EJ, *et al.* Annual high-dose oral vitamin D and falls and fractures in older women : A randomized controlled trial. *JAMA* 2010;303:1815-22.

Sarris J, Ravindran A, Yatham LN, Marx W, Rucklidge JJ, McIntyre RS, Akhondzadeh S, Benedetti F, Caneo C, Cramer H, Cribb L, de Manincor M, Dean O, Deslandes AC, Freeman MP, Gangadhar B, Harvey BH, Kasper S, Lake J, Lopresti A, Lu L, Metri NJ, Mischoulon D, Ng CH, Nishi D, Rahimi R, Seedat S, Sinclair J, Su KP, Zhang ZJ, Berk M. Clinician guidelines for the treatment of psychiatric disorders with nutraceuticals and phytochemicals: The World Federation of Societies of Biological Psychiatry (WFSBP) and Canadian Network for Mood and Anxiety Treatments (CANMAT) Taskforce. *World J Biol Psychiatry.* 2022 Jul;23(6):424-455. doi: 10.1080/15622975.2021.2013041. Epub 2022 Mar 21. PMID: 35311615.

Silva MC, Furlanetto TW. Intestinal absorption of vitamin D: a systematic review. *Nutr Rev.* 2018 Jan 1;76(1):60-76. doi: 10.1093/nutrit/nux034. PMID: 29025082

Smith H, Anderson F, Raphael H, *et al.* Effect of annual intramuscular vitamin D on fracture risk in elderly men and women – a population-based, randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Rheumatology (Oxford)* 2007;46:1852-7.

Souberbielle, J. C. Les dosages des hormones calciotropes: PTH, métabolites de la vitamine D, FGF 23. *Revue du Rhumatisme*, 2012, 79, pp. 221-226.

Souberbielle, J. C., Maruani, G., & Courbebaisse, M. Vitamine D : métabolisme et évaluation des réserves. *La Presse Médicale*, 2013, 42, pp. 1343-1350

Souberbielle, J. C. Épidémiologie du déficit en vitamine D. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 2014, 49, pp. 252-259

Souberbielle JC. [Metabolism and effects of vitamin D. Definition of vitamin D deficiency]. *Biol Aujourd'hui.* 2014b;208(1):55-68.

Souberbielle JC, Deschenes G, Fouque D, Groussin L, Guggenbuhl P, Jean G, *et al.* [Recommendations for the measurement of blood 25-OH vitamin D]. *Ann Biol Clin (Paris).* févr 2016;74(1):7-19

Souberbielle J-C *et al.*, La supplémentation en vitamine D en France chez les patients ostéoporotiques ou à risque d'ostéoporose : données récentes et nouvelles pratiques, *Revue*

du Rhumatisme, Volume 86, Issue 5, 2019, Pages 448-452, ISSN 1169-8330, <https://doi.org/10.1016/j.rhum.2019.02.014>.

Sutter DO, Bender N. Nutrient status and growth in vegan children. *Nutr Res.* 2021 Jul;91:13-25. doi: 10.1016/j.nutres.2021.04.005. Epub 2021 May 18. PMID: 34130207

Terushkin V, Bender A, Psaty EL, Engelsen O, Wang SQ, Halpern AC. Estimated equivalency of vitamin D production from natural sun exposure versus oral vitamin D supplementation across seasons at two US latitudes. *J Am Acad Dermatol.* 2010 Jun;62(6):929.e1-9. doi: 10.1016/j.jaad.2009.07.028. Epub 2010 Apr 3. PMID: 20363523.

Thompson, G. R., Lewis, B., & Booth, C. C. Absorption of vitamin D<sub>3</sub>-<sup>3</sup>H in control subjects and patients with intestinal malabsorption. *Journal of Clinical Investigation*, 1966, 45 (1), pp. 94-102

Tong TYN, Perez-Cornago A, Bradbury KE, Key TJ. Biomarker Concentrations in White and British Indian Vegetarians and Nonvegetarians in the UK Biobank. *J Nutr.* 2021 Oct 1;151(10):3168-3179. doi: 10.1093/jn/nxab192. PMID: 34132352; PMCID: PMC8485916

Tuckey RC, Cheng CYS, Slominski AT. The serum vitamin D metabolome: What we know and what is still to discover. *J Steroid Biochem Mol Biol.* févr 2019;186:4-21

Uday S, Hogler W. Nutritional rickets and osteomalacia in the twenty-first century: Revised concepts, public health, and prevention strategies. *Curr Osteoporos Rep* 2017;15:293-302.

Uwitonze AM, Razzaque MS. Role of Magnesium in Vitamin D Activation and Function. *J Am Osteopath Assoc.* 2018 Mar 1;118(3):181-189. doi: 10.7556/jaoa.2018.037. PMID: 29480918.

Valencia-Vera E, Aguilera J, Cobos A, Bernabó JL, Pérez-Valero V, Herrera-Ceballos E. Association between seasonal serum folate levels and ultraviolet radiation. *J Photochem Photobiol B.* 2019 Jan;190:66-71. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2018.10.012. Epub 2018 Nov 14. PMID: 30502586.

Van Der Wielen RP, Löwik MR, van Den Berg H, et al. Serum vitamin D concentrations among elderly people in Europe. *Lancet* 1995;346:207-10.

Vázquez-Lorente H, Herrera-Quintana L, Molina-López J, Gamarra-Morales Y, López-González B, Miralles-Adell C, Planells E. Response of Vitamin D after Magnesium Intervention in a Postmenopausal Population from the Province of Granada, Spain. *Nutrients.* 2020 Jul 30;12(8):2283. doi: 10.3390/nu12082283. PMID: 32751522; PMCID: PMC7468838.

Vernay, M., Sponga, M., Salanave, B., Oleko, A., Deschamps, V., & Castetbon, K. Statut en vitamine D de la population adulte en France : l'Etude nationale nutrition santé (ENNS, 2006-2007). *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, 2012, 16-17, pp. 189-194

Vojinovic J, Cimaz R. Vitamin D—update for the pediatric rheumatologists. *Pediatr Rheumatol Online J.* 29 mai 2015;13:18.

Vyas CM, Mischoulon D, Chang G, Cook NR, Weinberg A, Copeland T, Kang JH, Bubes V, FriedenberG G, LeBoff MS, Lee IM, Buring JE, Manson JE, Reynolds CF, Okereke OI. Effects

of Vitamin D3 and Marine Omega-3 Fatty Acids Supplementation on Indicated and Selective Prevention of Depression in Older Adults: Results From the Clinical Center Sub-Cohort of the VITamin D and OmegA-3 TriaL (VITAL). *J Clin Psychiatry*. 2023 Jun 26;84(4):22m14629. doi: 10.4088/JCP.22m14629. PMID: 37378490; PMCID: PMC10328718.

Walton R. Vitamin D supplements for better health – what’s the evidence? Evidently Cochrane blog, 20 July 2023. <https://www.evidentlycochrane.net/vitamin-d-the-evidence/>

Walrand, S. Les effets musculaires de la vitamine D : application à la perte musculaire liée à l’âge. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 2014, 49, pp. 273-278.

Wulf Hans Christian and Philipsen Peter Aleshede. Improving Photoprotection and Implications for 25(OH)D Formation. *Anticancer Research* January 2020, 40 (1) 511-518; DOI: <https://doi.org/10.21873/anticanres.13979>

Yao P, Bennett D, Mafham M, et al: Vitamin D and calcium for the prevention of fracture: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw Open* 2(12):e1917789, 2019. doi:10.1001/jamanetworkopen.2019.17789