

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira de Bejaïa

Faculté des sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Physico-chimique
Filière : Sciences Biologique
Option : Biochimie Fondamentale.



Réf

Mémoire de Fin de Cycle
En Vue de l'obtention du Diplôme

MASTER

Thème

*Evaluation de la supplémentation en Vitamine D sur la santé
des enfants.*

Présenté par :

OUAHRANI Ismahane & MOUSSAOUI Lydia

Soutenue le : 30 / 06 / 2024

Devant le jury composé de :

Mr GHIDOUCHE Abderezak	MCA	Président
Mme BEDJOU Fatiha	Pr	Examinatrice
Mme BAHLOUL- CHERAFT Nassima	MCB	Promotrice
Mme MAGHERBI-AHMANE Hassina	Pr	Co-Promotrice
Mr. MOUALEK Fares	Dr	Co-Promoteur
Mme KARA-KENDI Salima	MCB	Invitée

Année Universitaire : 2023/2024

Remerciement

- Tout d'abord, nous remercions dieu le tout-puissant pour nous avoir accordé la santé, la volonté et la force nécessaires pour entreprendre et terminer ce mémoire.

- Effectivement, ce mémoire n'aurait pas atteint une telle richesse et n'aurait pas pu le jour sans l'aide et l'encadrement précieux de notre chère promotrice Dr BAHLOUL-CHERAFT Nassima. Nous lui exprimons notre profonde gratitude pour la qualité exceptionnelle de son encadrement, sa patience, sa rigueur et sa disponibilité tout au long de notre préparation.

- Notre remerciement s'adresse également à notre Co-encadrant, Dr KARA-KENDI Salima, pour sa précieuse contribution à notre mémoire. Sa collaboration, son soutien et ces conseils ont grandement enrichi notre travail.

- Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers le Pr MAGHERBI- AHMANE Hassina pour son aide et son encouragement constants pour continuer et aller plus loin.

- Nous tenons à remercier sincèrement, Dr. MOUALEK Fares et toute son équipe de laboratoire, pour leur soutien et leurs efforts exceptionnels dans la préparation de notre mémoire de fin de cycle. Votre dévouement et engagement ont été inestimables pour nous. Merci infiniment pour votre accueil chaleureux et tout ce que vous avez fait pour nous.

- Nous tenons à exprimer notre gratitude au service de pédiatrie de l'hôpital Targa Ouzemmour, Bejaia pour nous avoir accueillis lors de notre stage. Nous souhaitons également remercier l'organisme CHU de Bejaia pour nous avoir donné l'opportunité de réaliser notre stage au sein du service de pédiatrie.

- Nous remercions l'ensemble des membres de jury pour avoir accepté de juger ce travail.

- Nous tenons à remercier chaleureusement le binôme ARAB Thanina et AOUCHENNI Katia pour leur soutien tout au long de notre expérience.

- Nous ne pouvons pas terminer ces remerciements sans exprimer notre profonde gratitude envers nos chers parents. Leur présence à nos côtés, leur patience et leur soutien inconditionnel. Sans eux, ne serions pas là où nous sommes aujourd'hui

« La réussite est l'accumulation d'échecs, d'erreurs, de faux départs, de confusion et la volonté de continuer malgré tous »



Dédicaces

-A l'aide d'Allah, j'ai pu accomplir cette tâche et c'est avec un cœur rempli d'amour et de fierté que je la dédie aux personnes qui me sont les plus chères.

❖ **A mes chers parents**

- Quoi que je fasse ou que je dise, je ne pourrai jamais exprimer suffisamment ma gratitude envers vous. Votre affection, bienveillance, et soutien ont toujours été ma source de courage et de conseils pour surmonter les obstacles qui se présentent à moi. Que Dieu vous accorde santé et longue vie.

❖ **A mon très cher binôme LYDIA**

- Il est difficile de trouver les mots justes pour décrire ta douceur, ta gentillesse et ton respect, ainsi que pour exprimer ma gratitude de t'avoir soutenu tout au long de ce travail.
- C'était un immense plaisir de te connaître et de te considérer comme une sœur, une amie, un binôme. Les moments merveilleux que nous avons partagés resteront à jamais gravés dans ma mémoire.

❖ **A tous les membres de ma famille**

- Une source d'espoir et de motivation a été partagée avec un ami particulier, pouvoir soutenue, m'aider et consacrer du temps pour moi, était un geste important et gravé dans ma mémoire, kheniche hakim.

❖ **Mes dédicaces s'adressent aussi**

- A mes chères sœurs pour leur soutien et encouragement.
- Je tiens à exprimer toute ma gratitude à ma merveilleuse copine Zahwa pour son amour et son soutien inconditionnel. Merci d'être toujours là pour moi.
- Ainsi qu'à tous les membres de ma famille qui m'ont soutenue.
- A mes chers amis qui m'ont toujours écoutée et encouragée pendant toute cette période.
- A vous chers lecteurs, je vous adresse mes sincères respects et mes meilleures salutations. Que Dieu vous accorde santé, courage et bonheur inchallah.

ISMAHANE



Dédicaces

- Guidé par ma grâce d'Allah, j'ai réussi à réaliser ce travail, et je le dédie avec tout amour et ma fierté à ceux qui me sont les plus précieux.

❖ **A mes chers parents**

- Aucun hommage ne saurait égaler l'amour constant dont ils m'entourent. Que ces mots expriment ma gratitude la plus profonde et mon affection sincère envers leur soutien inébranlable tout au long de mes études, leur encouragement à atteindre mes objectifs, et leur accompagnement dans les défis de la vie.

A ma mère, mon père, que Dieu vous accorde santé et longue vie.

❖ **A mon cher binôme ISMAHANE**

- Ta patience, ton soutien moral et ta compréhension ont été d'une valeur inestimable pour moi pendant les moments les plus stressants. Je suis reconnaissante d'avoir pu te connaître, et malgré les hauts et les bas que nous avons traversés, nous avons réussi à surmonter les obstacles ensemble. Ta présence a été un soutien précieux, et les souvenirs que nous avons partagés resteront à jamais gravés dans ma mémoire. Je suis fière de notre travail accompli.

❖ **Mes dédicaces s'adressent aussi**

- Je tiens à exprimer ma gratitude envers mes chers frères Younes et Sofian et ma sœur Lyna pour leur soutien et encouragements. Leur présence et leur soutien inconditionnel ont été d'une importance capitale pour moi.
- Ainsi qu'à tous les membres de ma famille qui m'ont toujours soutenu.
- A mes chers amis Anya, Sara qui m'ont toujours écouté et encouragé pendant toute cette période.
- A tout ce qui s'est installé dans mon cœur a été vraiment spécial.

LYDIA



Sommaire

Sommaire

Sommaire

Liste des Abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Synthèse bibliographique 2

I.1 Généralités sur la vitamine D 2

I.1.1 Origine et source de vitamine D 2

I.2 Métabolisme de la vitamine D 3

I.2.1 Activation de la vitamine D 3

I.2.2 Régulation du métabolisme de la vitamine D 6

I.3 Fonction et mécanisme d'action de la vitamine D 8

I.3.1 Mécanisme d'action 8

I.4 Rôle de la vitamine D 10

I.4.1 Rôle classique (Homéostasie phosphocalcique et métabolisme osseux) 10

I.4.2 Rôle non classique 11

I.5 Carence en vitamine D 11

I.5.1 Facteurs de risques de la carence en vitamine D 11

I.6 Supplémentation en vitamine D 12

I.6.1 Supplémentation en vitamine D en Algérie chez les nourrissons 12

I.6.2 Toxicité 12

I.7 Vitamine D et les maladies aiguës 13

Chapitre II : Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes 14

II.1 Matériel 14

II.1.1 Population étudiée 14

II.1.2. Matériel non biologique 15

II.2 Méthodes 16

II.2.1 Réalisation et déroulement de l'étude 16

II.2.2 Données biologiques 17

II.2.3 Dosage de vitamine D 17

II.2.4 Analyse et traitement statistique des données 19

II.3 Limite de l'étude	19
------------------------------	----

Chapitre III : Résultats et discussion

III. Résultats et Discussion	21
III.1 Résultats de l'étude descriptive des paramètres des patients.....	21
III.1.1 Répartition des enfants selon l'âge	21
III.1.2 Répartition des enfants selon les variables anthropométriques	22
III.1.3 Répartition des enfants selon le sexe	24
III.1.4 Répartition selon le type d'allaitement	25
III.1.5 Répartition selon la richesse du régime alimentaire en vitamine D	26
III.1.6 Répartition des enfants selon la fréquence de pratique d'activité physique	27
III.1.7 Répartition des enfants selon l'exposition au soleil	28
III.1.8 Répartition des enfants selon le motif de consultation	29
III.1.9 Répartition des taux de la vitamine D des enfants.....	30
III.2 Résultats de l'étude des corrélations des paramètres des patients	31
III.2.1 Taux de la vitamine D en fonction de l'âge.....	31
III.2.2 Taux de la vitamine D en fonction d'indice de masse corporelle (IMC)	32
III.2.3 Taux de la vitamine D en fonction du sexe	33
III.2.4 Taux de la vitamine D en fonction des symptômes de carence	34
III.2.5 Taux de la vitamine D en fonction de l'âge de diversification	35
III.2.6 Taux de la vitamine D en fonction de type d'allaitement.....	36
III.2.7 Taux de la vitamine D en fonction de régime alimentaire.....	37
III.2.8 Taux de la vitamine D en fonction de la pratique de l'activité physique	39
III.2.9 Taux de la vitamine D en fonction de la durée d'exposition au soleil	40
III.3 Recommandations.....	41
IV Conclusion et perspective.....	43
Références bibliographique	44

Annexes

Résumé

Liste des Abréviations

1,25(OH)2D	1,25-Dihydroxyvitamine D
25(OH)D3	25-Hydroxyvitamine D3
AC	Adénylate Cyclase
CAMP	Cyclique Adenosine Monophosphate
CYP27A1	Cytochrome P450 27A1
CYP27B1	Cytochrome P450 27B1
CYP2R1	Cytochrome P450 2R1
DBP	Vitamin D-Binding Protein
ERK-MAPK 1/2	Extracellular Signal-Regulated Kinase-Mitogen-Activated Protein Kinase 1/2
GPCR	Récepteur Couplé à la Protéine G
HNF4α	Facteur Nucléaire Hépatique 4 Alpha
IL-4	Interleukin-4
IMC	Indice De Masse Corporelle
MAP Kinases	Mitogen-Activated Protein Kinases
MEK 1/2	Mitogen-Activated Protein Kinase 1/2
NPT2b	Phosphate Transporteur De Type 2b
NS	Niveaux Supérieurs Sans Dangers
OH	Hydroxyle
PI3k	Phosphoinositide 3-Kinase
PKA	Protéine Kinase A
PKC	Protéine Kinase C
PLCγ	Phospholipase C gamma
PPARα et γ	Récepteurs Activés Par Les Proliférateurs De Peroxysomes Alpha Et Gamma
PTH	Parathormone
PXR	Récepteur X De La Pregnane (Pregnane X Receptor)
RAF	Rapidly Accelerated Fibrosarcoma
RANKL	Ligand Du Récepteur Activant Le Facteur Nucléaire Kappa B

RAS	R at S acrome
RNA POL II	A cide R ibonucléique P olymérase II
RXR	R écepteur X R étinoïque (R etinoic X R eceptor)
SHP	R écepteur N ucléaire Des H épatocytes 1
TGFb1	T ransforming G rowth F actor B eta 1
TRPV6	R écepteur P otentiels V anilloïdes 6
UI	U nité I nternationale
UVB	U ltra- V iolet B
VDR	V itamine D R écepteur
VDRE	E lément de R éponse de la V itamine D

Liste des figures

Figure 1 : Structure chimiques des vitamines D2 et D3.....	2
Figure 2 : Synthèse et source de vitamine D.....	3
Figure 3: Métabolisme de la vitamine D.....	4
Figure 4 : Etapes de la formation du vitamine 1,25(OH) D3.....	5
Figure 5: Activation de la vitamine D au niveau du foie et les reins.....	6
Figure 6 : Régulation du métabolisme de la vitamine D3 par les hormones, les minéraux et les récepteurs nucléaires.....	8
Figure 7 : Gène du VDR avec la mise en évidence des polymorphismes étudiés.....	9
Figure 8 : Action génomique et action non génomique de la vitamine D.....	10
Figure 9: Rôle de la Vitamine D dans les infections et l'immunité.....	13
Figure 10 : Automate MAGLUMI 2000	15
Figure 11 : Réactifs MAGLUMI spécifique à la vitamine D	16
Figure 12 : Répartition des enfants selon l'âge.....	21
Figure 13 : Répartition des enfants selon le poids.....	22
Figure 14: Répartition des enfants selon la taille.....	23
Figure 15 : Répartition des enfants selon l'indice de masse corporelle.....	23
Figure 16 : Répartition des enfants selon le sexe.....	25
Figure 17 : Répartition des enfants selon le type d'allaitement.....	26
Figure 18 : Répartition des enfants selon le régime alimentaire en vitamine D.....	27
Figure 19: Répartition des enfants selon la fréquence d'activité physique.....	28
Figure 20 : Répartition des enfants selon l'exposition solaire.....	29
Figure 21 : Répartitions des enfants selon le motif de consultation.....	29
Figure 22 : Répartition des enfants selon le taux de la vitamine D.....	30
Figure 23: Répartition graphique des taux de la vitamine D en fonction de l'âge	31
Figure 24 : Représentation graphique des taux de la vitamine D selon l'indice de masse corporelle.....	32
Figure 25 : Représentation graphique des taux de la vitamine D en fonction du sexe.....	33
Figure 26 : Représentation des taux de la vitamine D en fonction des Symptômes de carence en vitamine D.....	34
Figure 27 : Représentation graphique des taux de la vitamine D en fonction de l'âge de diversification.....	36

Figure 28 : Représentation des taux de la vitamine D en fonction de type d'allaitement.....	37
Figure 29 : Représentation des taux de la vitamine D en fonction de régime alimentaire en vitamine D.....	38
Figure 30: Représentation des taux de la vitamine D en fonction de l'activité physique	39
Figure 31 : Représentation des taux de la vitamine D en fonction de la durée d'exposition au soleil.....	41

Liste des tableaux

Tableau I: Distribution des variables anthropométriques de la population étudiée.... 24



Introduction générale

Introduction générale

La vitamine D, connue depuis l'Antiquité pour son rôle antirachitique, a suscité un intérêt accru ces vingt dernières années. Son étude approfondie a révélé que, bien plus qu'une simple vitamine, elle fonctionne comme une hormone stéroïdienne essentielle (**Schlienger et Monnier, 2019**).

La présence des récepteurs de la vitamine D (VDR) dans de nombreux tissus indique l'implication de cette vitamine D dans divers processus physiologiques. Elle est également essentielle pour le métabolisme cellulaire ou elle régule de nombreuses réactions biochimiques et participe à la synthèse de diverses molécules essentielles telles que les enzymes. Cette fonction est indispensable pour maintenir l'homéostasie cellulaire et la santé de l'organisme. Cette vitamine est une molécule liposoluble important pour l'organisme, présente sous deux formes principales : la vitamine D2 d'origine végétal et la vitamine D3 d'origine animal. Elle est obtenue par l'alimentation et synthétisée par la peau sous l'influence des rayons ultraviolets (**Bouillon et al., 1995 ; Holick et al., 2007 ; Foray, 2012**). Malgré cette diversité de sources, les carences et insuffisances en vitamine D sont fréquentes dans le monde entier, touchant toutes les tranches d'âge et les niveaux de vitamine D dépendent fortement des conditions environnementales et des habitudes de vie (**Mithal.A et al., 2009**).

Pour faire face à ces carences et insuffisances en vitamine D, des questions subsistent sur les stratégies de la supplémentation notamment pour les enfants, sur les doses nécessaires pour atteindre des niveaux optimaux de vitamine D (**Souberbielle et al., 2008**).

C'est dans ce contexte que notre étude s'inscrit, elle vise à évaluer si les deux doses de supplémentation en vitamine D, administrées à 1 et à 6 mois, sont efficaces pour prévenir la carence en vitamine D chez des enfants de plus de 12 mois à Bejaïa. Nous examinons l'impact de quelques variables telles que l'âge, le poids, l'exposition au soleil et le statut nutritionnel sur la réponse à la supplémentation. Nous analysons également comment cette supplémentation influence sur la santé générale des enfants. Cette recherche fournira des données importantes pour améliorer la gestion de la santé infantile dans cette région.



Synthèse bibliographique

I. Synthèse bibliographique

I.1 Généralités sur la vitamine D

I.1.1 Origine et source de vitamine D

La vitamine D, ou calciférol, est une molécule liposoluble essentielle pour le corps humain ; unique par sa double origine, elle se présente sous deux formes principales : la vitamine D2 (ergocalciférol) produite par les végétaux, et la vitamine D3 (cholécalférol) produite principalement par les animaux, elle provient également de l'apport alimentaire (**Figure1**) et de la synthèse cutanée à partir du 7-déhydrocholestérol sous l'effet des rayons ultraviolets, ces deux molécules se différencient légèrement par leur structure chimique par la présence d'un groupe méthyle et d'une double liaison (**Bouillon et al., 1995 ; Holick et al., 2007 ; Foray, 2012**)

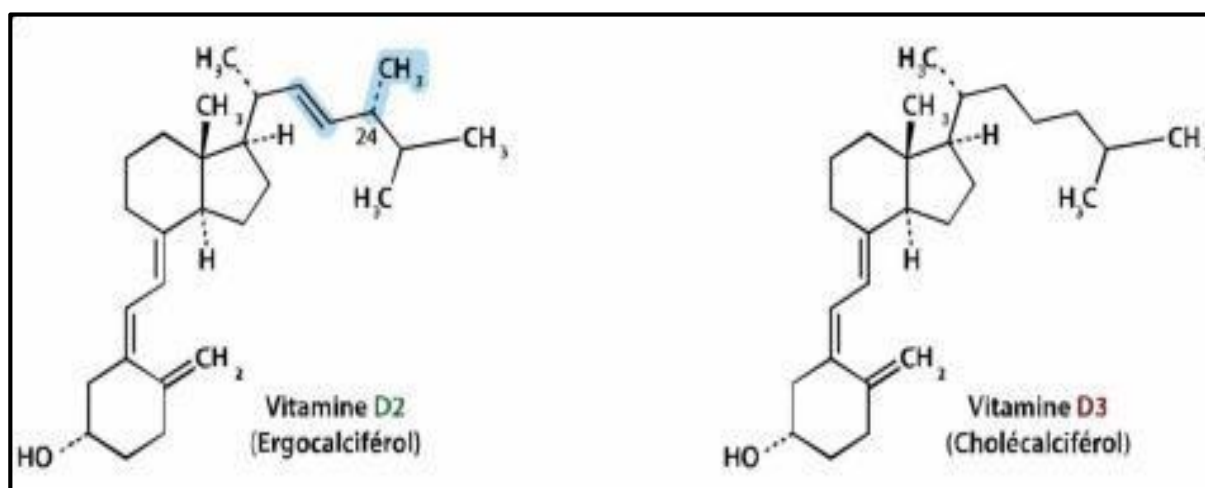


Figure 1 : Structures chimiques des vitamines D2 et D3 (**Héraud, 2016**).

✓ Source alimentaire

Malgré la disponibilité des sources alimentaires riches en vitamine D3, leurs apports sont insuffisants en vitamine D (**Vieux et al., 2016**).

De plus, un élément souvent négligé dans les calculs d'apports vitaminiques est la contribution de la 25-hydroxyvitamine D, naturellement présente dans de nombreux aliments (**Ovesen et al., 2003 ; Schmid et Walther, 2013**). Son absorption semble même plus efficace que celle de la vitamine D, mais sa contribution réelle aux taux plasmatiques de vitamine D chez l'homme nécessite encore des études approfondies pour être pleinement évaluée (**Foray, 2012**).

✓ **Exposition solaire cutanée**

La vitamine D3 est synthétisée dans la peau sous l'effet des rayons UVB (**Figure 2**). Environ 90 % de la vitamine D provient de cette synthèse cutanée, mais Plusieurs facteurs influencent ce processus. Les rayons UVB peuvent être bloqués par les nuages et la pollution, surtout en zones urbaines. De plus, l'angle d'incidence des rayons UVB, la latitude et la saison affectent la production de vitamine D3 (**Vatant, 2011**).

Cette production varie également selon le type de peau, les peaux moins pigmentées étant généralement plus productives. Ainsi, les personnes à la peau plus foncée peuvent être plus sujettes aux carences en vitamine D dans les régions moins ensoleillées. En outre, le vieillissement diminue la synthèse cutanée de vitamine D3 car la quantité de 7-déhydrocholestérol stockée dans la peau diminue avec l'âge (**Vatant, 2011**).

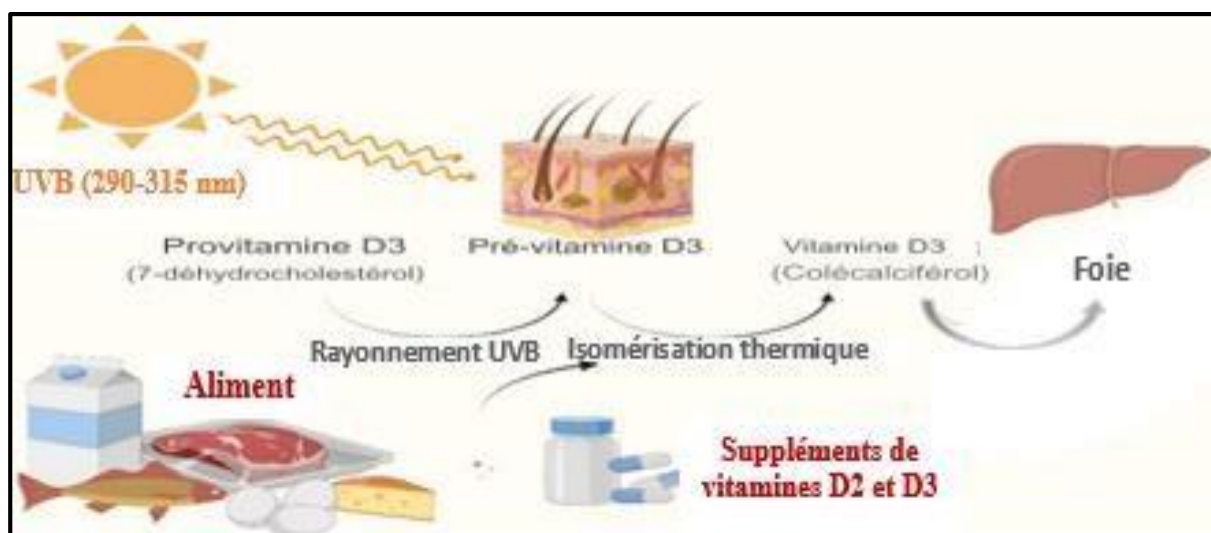


Figure 2 : Synthèse et source de vitamine D (**Angelis et al., 2017**).

I.2 Métabolisme de la vitamine D

I.2.1 Activation de la vitamine D

Le processus d'activation de la vitamine D est complexe, il commence par son métabolisme dans le foie jusqu'à son activation dans les reins (**Keane et al., 2018**).

✓ **Hydroxylation hépatique**

Lorsque la vitamine D2 ou D3 atteint le foie, elle est modifiée en 25-hydroxyvitamine D3 ou 25(OH)D3 par une enzyme appelée 25-hydroxylase (CYP2R1). Cette transformation conduit à la formation de calcidiol, une forme de stockage. D'autres enzymes, comme la CYP27A1, peuvent également catalyser cette réaction (**Figure 3**). La 25(OH)D3 est principalement stockée dans les tissus adipeux et musculaires, avec une demi-vie plasmatique de deux à trois semaines. (Nykjaer et al., 1999).

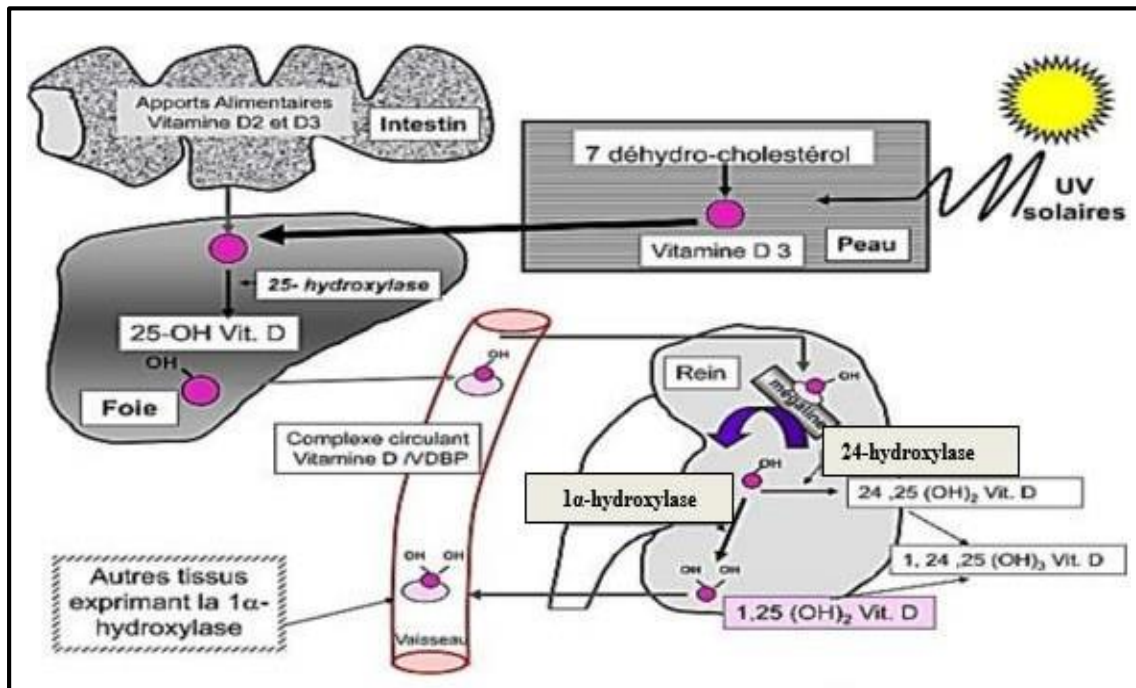


Figure 3 : Métabolisme de la vitamine D (Jean et al., 2009).

✓ **Hydroxylation rénale**

La 25(OH)D3 est acheminée vers le rein en association avec la protéine plasmatique DBP (D-Binding Protéine). À ce niveau, le complexe 25(OH)D3/DBP est capté par les cellules rénales du tube contourné proximal grâce à un processus d'endocytose orchestré par la mégaline. C'est ainsi que la 25(OH)D3 pénètre dans les reins pour subir la prochaine étape de son activation biologique (**Figure 3**) (Nykjaer et al., 1999).

Dans le tubule proximal, la 25(OH)D3 subit un hydroxylation en position C-1 par la 25(OH)D1-alpha hydroxylase (CYP27b1) mitochondriale, formant ainsi la 1,25-dihydroxyvitamine D ou 1,25(OH)2D, également appelée calcitriol (**Figure 4**). Cette dernière est la forme biologiquement active de la vitamine D, avec une demi-vie plasmatique plus courte d'environ quatre heures (Lambert et al., 1982).

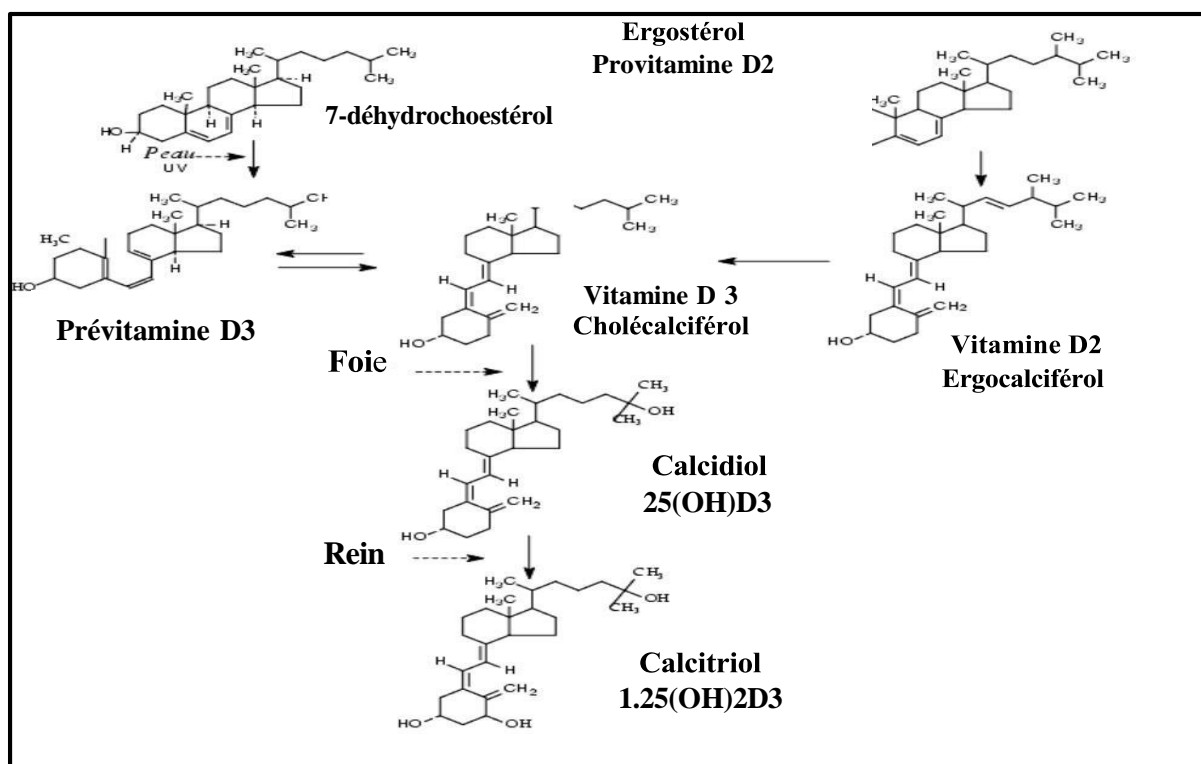


Figure 4 : Etapes de la formation du vitamine 1,25(OH)₂ D₃ (Vatant, 2011).

Bien que le rein soit le principal site de production de calcitriol circulant, d'autres tissus comme les monocytes, la peau, le placenta, les os, les parathyroïdes, le pancréas, les ganglions lymphatiques, les poumons et les glandes surrénales expriment également l'enzyme responsable de sa production. Une fois activée, la vitamine D₃ diffuse dans l'organisme et agit sur ses cibles principales, notamment l'intestin, les os, les reins et les parathyroïdes (Landrier, 2014).

✓ **Stockage**

Le stockage de la vitamine D se produit principalement dans les muscles, les tissus adipeux et le foie. Cette vitamine D est absorbée par ces tissus, où elle est stockée sous forme de 25-hydroxyvitamine D₃ (calcidiol). Ce processus de stockage est caractérisé par un renouvellement lent, ce qui signifie qu'une seule dose importante peut prévenir une carence pendant une période allant jusqu'à deux à trois mois. Ainsi, le corps peut maintenir des réserves de vitamine D pour une utilisation ultérieure, ce qui est particulièrement important en cas d'exposition réduite à la lumière du soleil ou d'apport alimentaire insuffisant (Vatant, 2011)

✓ **Dégradation et élimination**

La concentration de vitamine D active dans le sang est influencée par son processus de catabolisme. Le calcitriol, stimule l'expression de la CYP24A1, ce qui contribue à sa propre dégradation. (Tissandié et al., 2006).

En effet, l'enzyme CYP24A1 joue un rôle clé en catalysant la transformation de la 1,25-dihydroxyvitamine D₃ en 1,24,25-trihydroxyvitamine D₃, marquant ainsi le début de la voie de dégradation de la vitamine D qui mène à la formation d'acide calcitroïque inactif (Tissandié et al., 2006).

la CYP24A1 est présente dans quasi-totalité des tissus, elle permet de réguler les concentrations locales de vitamine D active. , Cette enzyme peut également catalyser une hydroxylation en position C-23, produisant ainsi de la 1-alpha,25(OH)₂ D-26,23-lactone (figure 5) (Tissandié et al., 2006).

Ainsi, la vitamine D et ses métabolites sont éliminés par voie fécale. Ce processus représente un mécanisme important dans le contrôle des niveaux de vitamine D dans l'organisme (Tissandié et al., 2006).

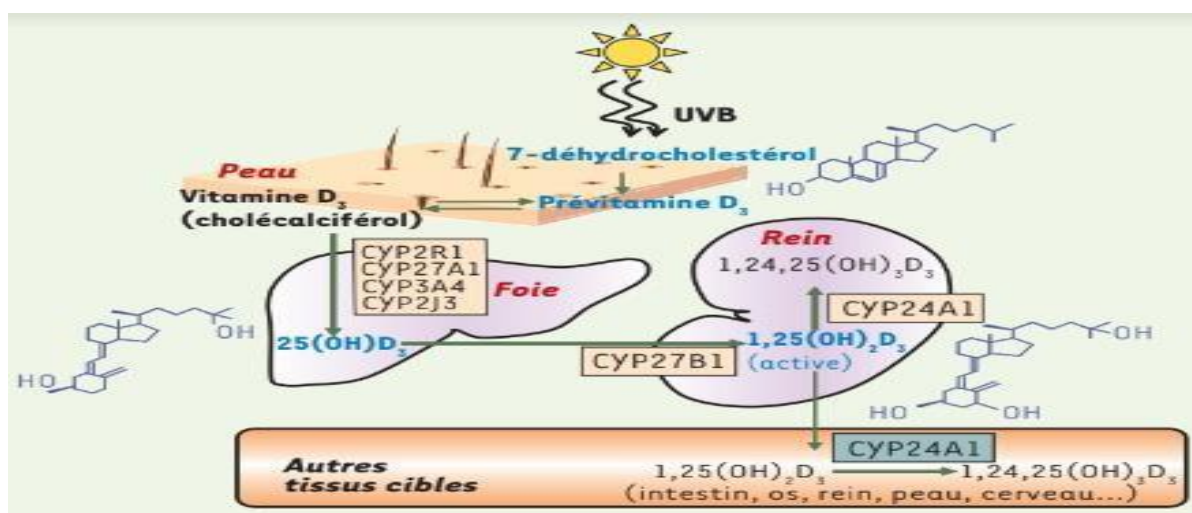


Figure 5 : Activation de la vitamine D au niveau du foie et les reins (Tissandié et al., 2006).

I.2.2 Régulation du métabolisme de la vitamine D

La régulation du métabolisme de la vitamine D₃ est principalement orchestrée par les enzymes impliquées dans sa production (CYP27A1 et CYP27B1) et son dégradation (CYP24A1). Cette régulation est étroitement surveillée par des hormones telles que la parathormone (PTH), qui module leur activité en réponse aux variations de l'équilibre calcique, ainsi que par des molécules lipidiques agissant de manière autocrine ou paracrine via l'activation de récepteurs nucléaires spécifiques (Armbrecht et al., 2003; Eloranta et Kullak-Ublick, 2005)

✓ Régulation de la synthèse

La concentration de 25(OH)D₃ dans la circulation sanguine dépend de la quantité de vitamine D synthétisée ou consommée (Eloranta et Kullak-Ublick, 2005).

Au niveau hépatique, l'enzyme CYP27A1, impliquée dans sa synthèse, est régulée par divers récepteurs nucléaires, notamment les récepteurs activés par les proliférateurs de peroxyosomes Alpha et Gamma (PPAR α et γ), le facteur nucléaire hépatique 4 Alpha (HNF4 α) et le récepteur nucléaire des hépatocytes 1 (SHP) (Eloranta et Kullak-Ublick, 2005). Dans le rein, la CYP27B1, responsable de la conversion en 1,25(OH) $_2$ D $_3$, est étroitement régulée par la PTH qui exerce un contrôle positif sur cette enzyme en cas d'hypocalcémie, tandis qu'une hypercalcémie, hypophosphatémie ou une augmentation de 1,25(OH) $_2$ D $_3$ inhibent sa libération (Tissandié et al., 2006).

PTH augmente l'activité du promoteur de la CYP27B1 en stimulant la phosphorylation du facteur de transcription CREB (cAMP-dependent response element binding protein). (Armbrecht et al., 2003)

D'autres facteurs tels que la calcitonine interviennent également dans la régulation de la CYP27B1 (Hewison et al., 2000).

✓ Régulation du catabolisme

La dégradation de la vitamine D $_3$, notamment dans les reins, est régulée par l'enzyme CYP24A1. Les niveaux de phosphates et l'action de la parathormone (PTH) influencent son activité de manière opposée à celle de CYP27B1, qui produit l'hormone active de la vitamine D (figure 5) (Gao et autres. 2004). De plus, le récepteur classique de la vitamine D $_3$, appelé VDR (vitamin D receptor), joue un rôle central dans la régulation de l'expression du gène CYP24A1. Lorsque la vitamine D active (1,25(OH) $_2$ D $_3$) se lie à VDR et à RXR (retinoic X receptor), cela stimule la transcription du gène CYP24A1. Par ailleurs, VDR peut inhiber directement l'expression de CYP27B1 dans les reins, régulant ainsi à la fois la synthèse et le catabolisme de la vitamine D active (Murayama et al., 2004). Un autre récepteur nucléaire, le PXR (pregnane X receptor), régule également l'expression de CYP24A1. Certains médicaments, tels que les antiépileptiques ou les corticostéroïdes, (qui activent le PXR), peuvent entraîner une carence en vitamine D (Figure 6). Dans de tels cas, un apport supplémentaire en vitamine D peut être nécessaire, surtout lorsqu'ils sont pris à long terme (Pascussi et al., 2005).

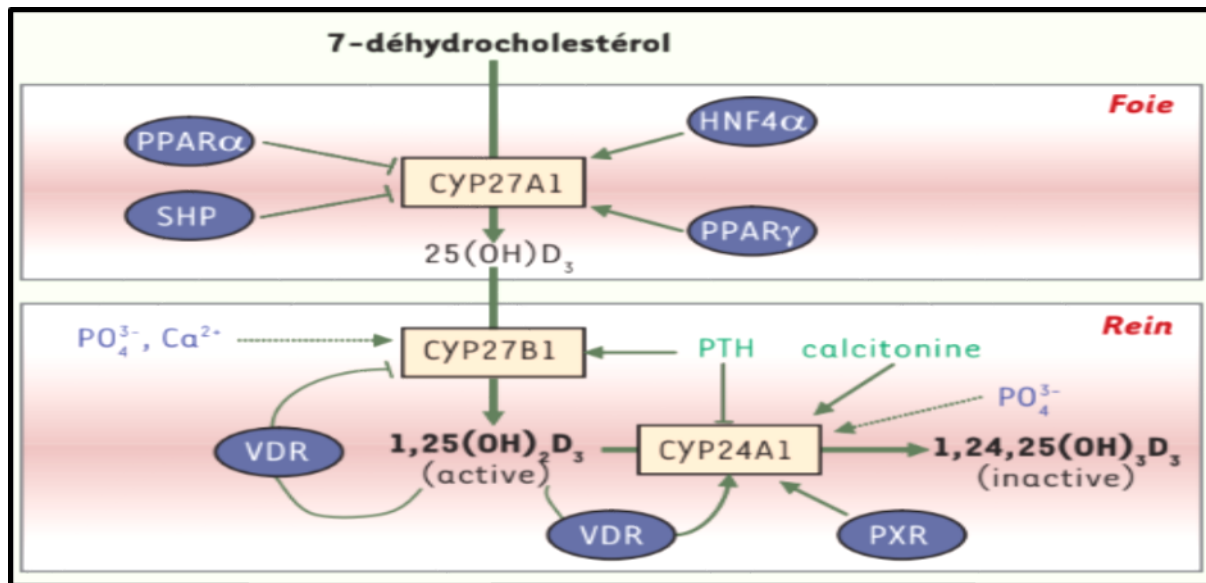


Figure 6 : Régulation du métabolisme de la vitamine D3 par les hormones, les minéraux et les récepteurs nucléaires (Tissandié et al., 2006).

I.3 Fonction et mécanisme d'action de la vitamine D

I.3.1 Mécanisme d'action

✓ Action génomique

Le calcitriol traverse la membrane cellulaire en se liant au récepteur VDR spécifique. Ce complexe VDR-calcitriol se combine avec le récepteur X aux rétinoïdes pour former un hétérodimère (Figure 8) (Vatant, 2011).

Ensuite, ce dernier pénètre dans le noyau cellulaire où il se fixe sur des séquences promotrices d'ADN appelées VDRE, régulant ainsi la transcription des gènes cibles. Ce processus génomique est facilité par l'action conjointe de co-répresseurs et de co-activateurs, entraînant ainsi l'activation du gène de CYP24A1 (Vatant 2011).

▪ Polymorphismes du VDR

le récepteur VDR appartient à une vaste famille de récepteurs nucléaires, il est répandu dans de multiples tissus humains, y compris les kératinocytes, les fibroblastes, les cellules de Langerhans, les monocytes, les cardiomyocytes, les cellules bêta du pancréas, les cellules endothéliales, les neurones, les cellules coliques, ainsi que les lymphocytes T de la peau normale et les cellules du système immunitaire cutané (Vatant. 2011).

Le gène du récepteur de la vitamine D (VDR) est situé sur le chromosome 12q13 et comprend 6 régions promoteurs (1a à 1f) ainsi que 8 exons (numérotés de 2 à 9). Les variations génétiques, ou polymorphismes, dans le VDR sont des facteurs clés de la diversité individuelle dans la réponse biologique à la vitamine D (**Figure 6**) (Moon *et al.*, 2005).

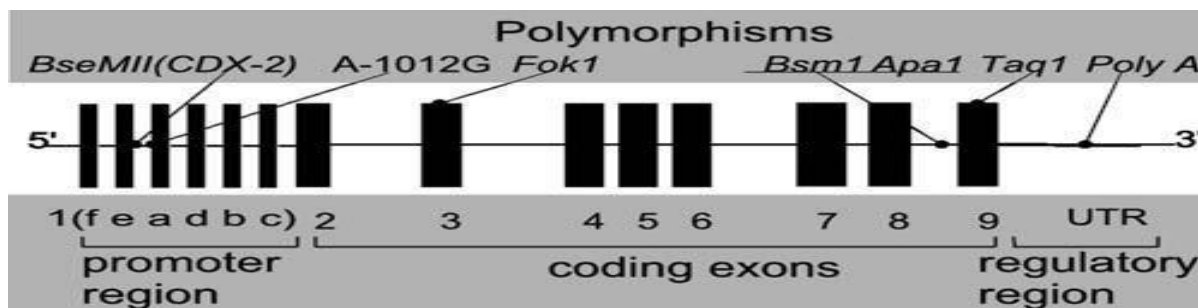


Figure 7 : Gène du VDR avec la mise en évidence des polymorphismes étudiés

(Moon *et al.*, 2005).

Des polymorphismes comme Bsm1, Fok1, le site PolyA et Apa1 peuvent influencer la prédisposition individuelle aux différentes affections telles que le mélanome malin (Hutchinson *et al.*, 1999). Ces variations génétiques peuvent affecter la prédisposition aux maladies en modifiant la fonction du récepteur de la vitamine D et en impactant la régulation des gènes cibles (Vatant, 2011).

✓ Action non génomique

L'action non génomique de la vitamine D détermine une modulation médiée par le VDR de toute une série de voies de transduction de signaux intracellulaires ; (Angelis *et al.*, 2017).

L'action non génomique de la vitamine D active ultimement la cascade de la Kinase activée par les mitogènes, Kinase régulée par les signaux extracellulaires 1 et 2 (MAPK-ERK 1 et 2) par le biais de plusieurs effecteurs intermédiaires, qui deviennent activés lors de la liaison de la vitamine D au VDR. Le VDR activé stimule l'entrée de calcium, qui, à son tour, active des voies intracellulaires activées par le calcium (protéine kinase C (PKC)). De plus, la vitamine D peut activer les récepteurs couplés aux protéines G (GPCR), qui à leur tour, stimulent plusieurs voies en aval, notamment la phosphatidylinositol 3-kinase (PI3K), l'adénylate cyclase (AC), la phospholipase C gamma (PLC γ). Chacune de ces voies peut converger par différents signaux sur l'activation de ERK-MAPK 1/2, via une intercommunication avec la voie classique génomique du VDR pour moduler l'expression génique (**Figure 8**) (Angelis *et al.*, 2017).

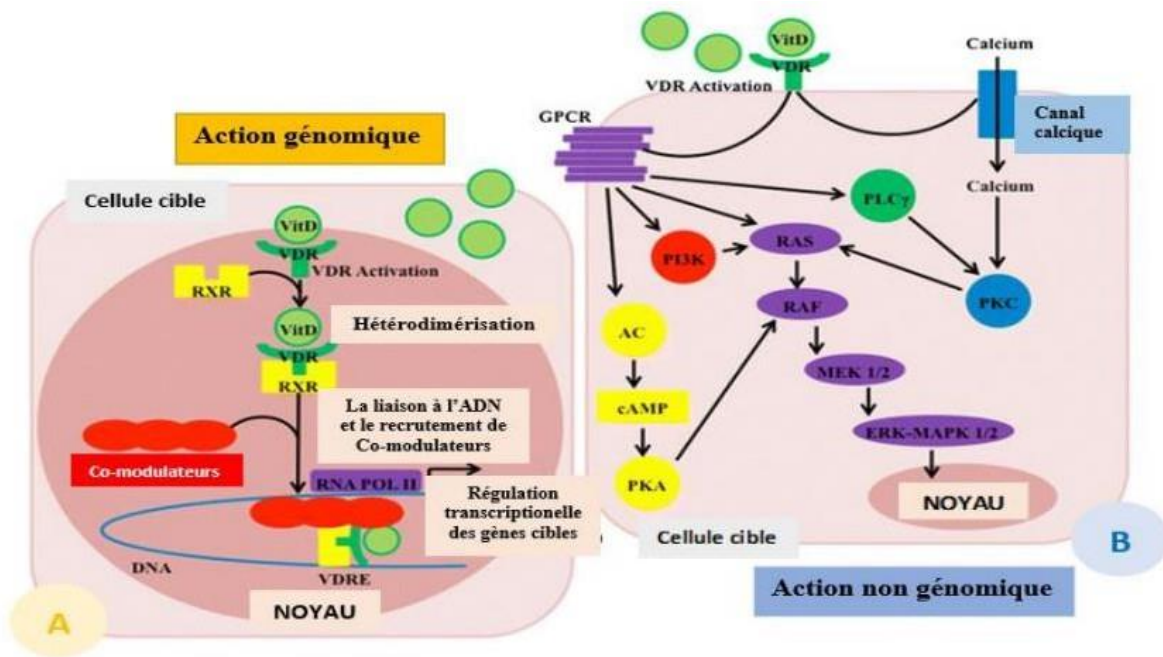


Figure 8 : Action génomique et action non génomique de la vitamine D (Angelis et al., 2017).

I.4 Rôle de la vitamine D

I.4.1 Rôle classique (Homéostasie phosphocalcique et métabolisme osseux)

La principale fonction de la 1,25(OH)₂D (calcitriol) est de maintenir l'équilibre phosphocalcique en favorisant l'absorption intestinale du calcium et du phosphore. À l'intérieur des cellules intestinales, elle stimule la production de protéines telles que TRPV6 (Récepteur Potentiels Vanilloïdes 6), qui forme un canal calcique à la surface des cellules pour permettre le passage du calcium, de la calbindine 9K, qui transporte le calcium à l'intérieur de la cellule, et de la protéine NPT2b (Phosphate Transporteur De Type 2b), pour faciliter l'entrée du phosphate (Hoenderop et al., 2005). Ce processus est particulièrement actif lorsque les apports en calcium ou en phosphate sont faibles, ou dans des situations physiologiques ou pathologiques spécifiques, telles que la croissance, la grossesse, ou certaines maladies (les granulomatoses ou l'hyperparathyroïdie), où la concentration de 1,25(OH)₂D est élevée (Basha et al., 2000).

De plus, l'insuffisance en vitamine D peut aussi augmenter la concentration de PTH, qui stimule le remodelage osseux et contribue à l'ostéoporose chez les personnes âgées. Par ailleurs, la 1,25(OH)₂D stimule la production de RANKL (Ligand Du Récepteur Activant Le Facteur Nucléaire Kappa B) dans les ostéoblastes, favorisant ainsi la résorption osseuse, tandis qu'elle régule négativement la sécrétion de PTH par les glandes parathyroïdes en cas d'hyperparathyroïdie (Cavalier et Souberbielle, 2009).

I.4.2 Rôle non classique

Les recherches explorent les effets « non classiques » de la vitamine D, allant au-delà de son rôle traditionnel dans la santé osseuse (Souberbielle, 2014).

En effet, la vitamine D joue un rôle important dans la régulation du système immunitaire. Elle semble inhiber l'immunité acquise tout en stimulant l'immunité innée. La 1,25(OH)₂D réduit la multiplication des lymphocytes et la production de certaines cytokines (Ismailova et White, 2022), ce qui peut atténuer ou prévenir diverses maladies auto-immunes, telles que la sclérose en plaques, la polyarthrite rhumatoïde (Cantorna et al., 1996). Ces effets semblent être liés à la stimulation de la synthèse de certaines protéines immunorégulatrices et nécessitent la présence de calcium (Deluca et Cantorna, 2001).

Par ailleurs, la vitamine D favorise la synthèse de protéines antimicrobiennes dans les macrophages et les monocytes, renforçant ainsi l'immunité contre les agents infectieux (Figure 9) (Deluca et Cantorna, 2001).

I.5 Carence en vitamine D

Les carences en vitamine D chez les enfants peuvent causer un retard de croissance osseuse et augmenter le risque de rachitisme, tout en affaiblissant leur système immunitaire et pouvant entraîner des troubles osseux et dentaires. Il est donc essentiel d'assurer un apport suffisant en vitamine D dès le plus jeune âge pour prévenir ces complications (Taupin et John, 2011).

I.5.1 Facteurs de risques de la carence en vitamine D

Les facteurs de risque de carence en vitamine D incluent également des habitudes alimentaires pauvres en vitamine D, telles que l'absence de consommation de produits enrichis ou de compléments alimentaires. L'utilisation systématique de crèmes solaires avec un indice SPF élevé, les mesures de protection solaire comme le port de manches longues ou l'évitement de l'exposition au soleil, et un faible niveau d'activité physique sont d'autres facteurs de risque. De plus, les enfants vivant dans des conditions socio-économiques défavorables sont également plus susceptibles de présenter une carence en vitamine D (Taupin et John, 2011).

I.6 Supplémentation en vitamine D

La vitamine D est essentielle au développement optimal d'un enfant. Cependant, sa peau fragile ne peut être exposée au soleil. Il est donc primordial de prévoir une supplémentation adaptée en vitamine D, tout en veillant à éviter un excès qui pourrait être nocif (**Lemieux, 2023**).

I.6.1 Supplémentation en vitamine D en Algérie chez les nourrissons

En Algérie, la supplémentation en vitamine D est intégrée dans le calendrier vaccinal pour assurer une santé optimale des nourrissons en prévenant le rachitisme. Selon le programme national Algérien de lutte contre les carences nutritionnelles, chaque bébé reçoit une dose de charge de 200 000 UI de vitamine D3 (cholécalférol) dès l'âge d'un mois, administrée directement dans la bouche pour une absorption optimale. Cette pratique est ensuite répétée à l'âge de six mois (<https://dzdoc.com/sante/conseils-doc/calendrier-vaccinal-en-algerie/>) consulté 20/06/2024 à 20.08.

Cette stratégie, recommandée par l'instruction ministérielle N°841 du 21.12.1998, vise à renforcer l'immunité des nourrissons dès les premiers mois de vie. En plus de contribuer au bien-être des enfants, chaque prise de vitamine D doit être enregistrée dans le carnet de santé de l'enfant et vérifiée lors de chaque consultation médicale pour assurer son efficacité continue dans la prévention du rachitisme (<https://dzdoc.com/sante/conseils-doc/calendrier-vaccinal-en-algerie/>) consulté 20/06/2024 à 20.08.

I.6.2 Toxicité

L'intoxication à la vitamine D est rare mais peut survenir avec l'utilisation de doses élevées de vitamine D synthétique (**Everett, 2008**). Les symptômes incluent les malaise, les nausées, les vomissements, la fatigue, l'insuffisance rénale...etc. (**Heaney, 2008**).

Chez les nouveau-nés, les signes d'intoxication surviennent généralement avec des doses dépassant 50 µg soit 2000 UI, entraînant un bombement douloureux des fontanelles. Chez les enfants plus âgés, cela se traduit souvent par une perte d'appétit, une soif intense, de la diarrhée et une augmentation de la production d'urine (**Holick, 2018**). Les adultes et les enfants plus âgés peuvent tolérer des doses plus élevées en raison de la capacité de fixation de la protéine de liaison de la vitamine D, avec un seuil d'hypercalcémie à environ 50 000 UI par jour (**Vieth, 1994**).

I.7 Vitamine D et les maladies aiguës

Les maladies aiguës sont caractérisées par des symptômes intenses et soudains, elles sont souvent déclenchées par des infections ou des traumatismes, entraînent parfois des complications graves si elles ne sont pas traitées rapidement et efficacement (De Guia, 1996). Une carence en vitamine D est associée à plusieurs affections (Anderes, 2015). En effet, des niveaux insuffisants de vitamine D peuvent augmenter le risque d'infections des voies respiratoires supérieures (Cannell et al., 2006). Des études suggèrent que la supplémentation en vitamine D peut réduire la fréquence de ces infections, en modulant les voies inflammatoires et favorisant une réponse immunitaire équilibrée (Figure 8). Par conséquent, une compréhension approfondie de ces interactions est essentielle pour optimiser l'utilisation thérapeutique de la vitamine D dans la prévention et le traitement de diverses maladies (Ismailova et White, 2022).

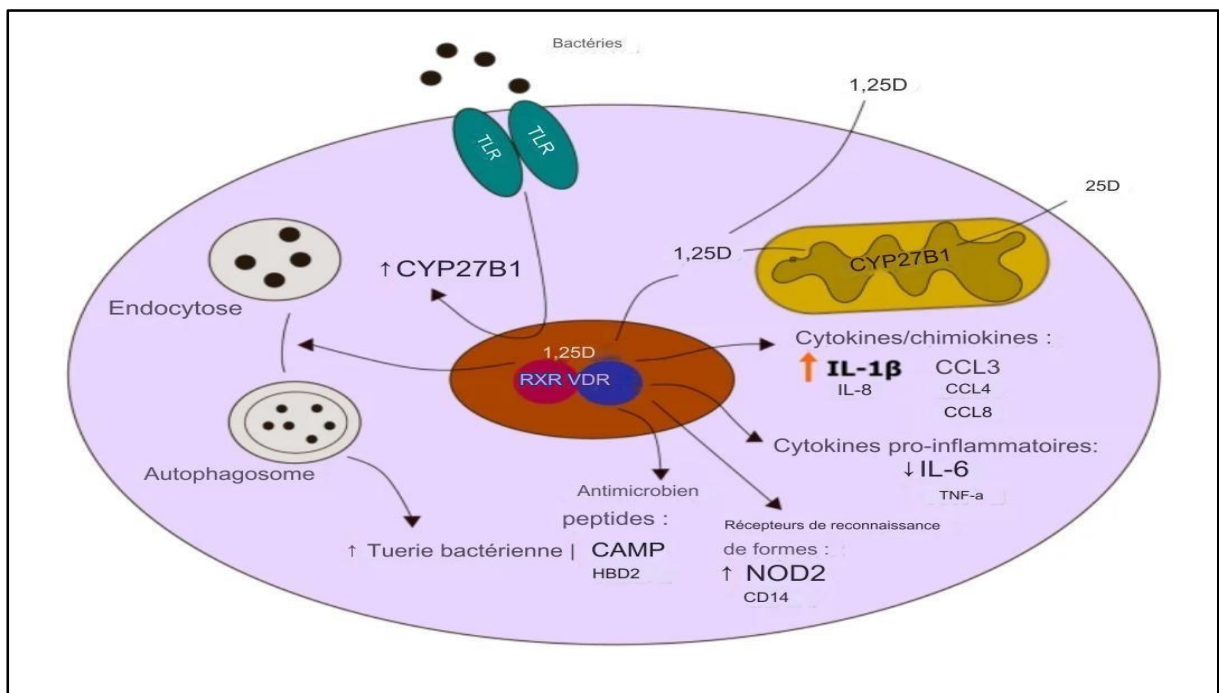


Figure 9 : Rôle de la Vitamine D dans les infections et l'immunité (Ismailova et White, 2022).



Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

Dans cette section, nous détaillerons notre étude, notamment la population ciblée, le lieu de réalisation de l'étude en question, sa durée, la perception et l'intérêt suscités, ainsi que les objectifs. Nous aborderons également les principaux thèmes des questions posées dans notre fiche d'information (Annexe I). De plus, nous décrirons les différentes étapes de déroulement de l'étude, en mettant en lumière les méthodes de dosage de vitamine D, de collecte et d'analyse des données. Enfin, nous concluons en présentant les limites de notre étude.

➤ Objectif primaire de l'étude

Notre objectif principal est de déterminer si la supplémentation en vitamine D à deux doses, administrées à un mois et à six mois, chez des enfants âgés de plus de 12 mois en Algérie (Bejaia), est efficace pour prévenir la carence en vitamine D et ses conséquences potentielles dans cette population spécifique. Cette présente étude vise à évaluer si cette approche de supplémentation permet d'atteindre et de maintenir des niveaux optimaux de vitamine D.

➤ Objectifs secondaires de l'étude

- Étudier l'impact de l'âge, du poids, de l'exposition au soleil, du statut nutritionnel et d'autres variables démographiques et environnementales spécifiques à la population sur la réponse à la supplémentation en vitamine D.

II.1 Matériel

II.1.1 Population étudiée

Nous avons étudié une population de 30 enfants qui ont consulté pour des maladies aiguës au service pédiatrie du CHU Targa Ouzemmour de Béjaïa.

✓ Critères d'inclusions et d'exclusions des patients à l'étude

a) Critères d'inclusion

1. Enfants âgés de plus de 12 mois.
2. Enfants ayant reçu deux doses de vitamine D avant l'âge de 12 mois (une dose à 1 mois et une dose à 6 mois de 200 000 UI).
3. État de santé général jugé stable et sans maladie chronique significative.
4. Consentement verbale parentale éclairé obtenu pour la participation à l'étude.
5. Les enfants participants sont ceux qui viennent au service pour des consultations ou sont hospitalisés.

6. Disponibilité pour les visites régulières de suivi, selon le protocole de l'étude.
7. Les enfants résident à Bejaia.

b) Critères d'exclusions

1. Enfants âgés de moins de 12 mois.
2. Enfants atteints de maladies chroniques.
3. Enfants non résidant de manière permanente à Bejaia.
4. Absence de consentement verbale parental éclairé obtenu pour la participation à l'étude.

II.1.2. Matériel non biologique

✓ Appareils et équipements

- Tubes secs.
- Centrifugeuse.
- Automate de marque MAGLUMI 2000.

***Description de l'automate (MAGLUMI 2000)**

Le MAGLUMI 2000 est un automate de pointe pour l'analyse hormonale, utilisant la technologie de chimiluminescence pour une sensibilité et une précision exceptionnelles. Sa capacité à gérer de nombreux échantillons simultanément et à fournir des résultats rapides en a fait un outil essentiel pour les laboratoires (**Figure 10**)

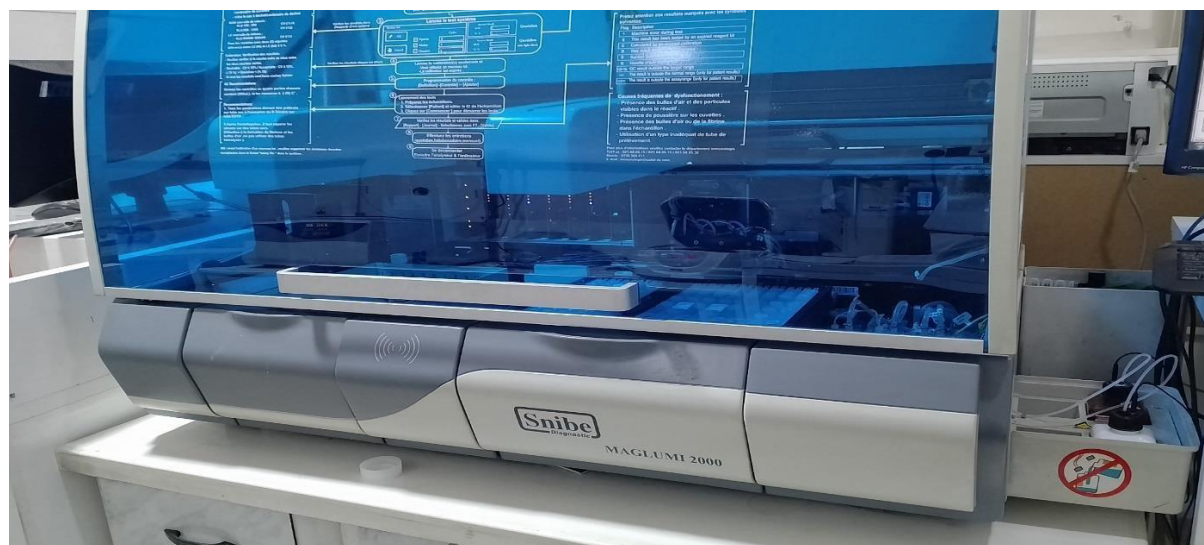


Figure 10 : Automate MAGLUMI 2000 (Originale).

✓ **Produits et réactifs**

Le réactif du dosage de la vitamine D contient t plusieurs constituants à savoir :

- 2,5 mL Microbilles magnétique.
- 3 mL Etalon bas.
- 3 mL Etalon haut.
- 6,5 mL Réactif de déplacement.
- 12,5 mL Marquage a l'ABEI.

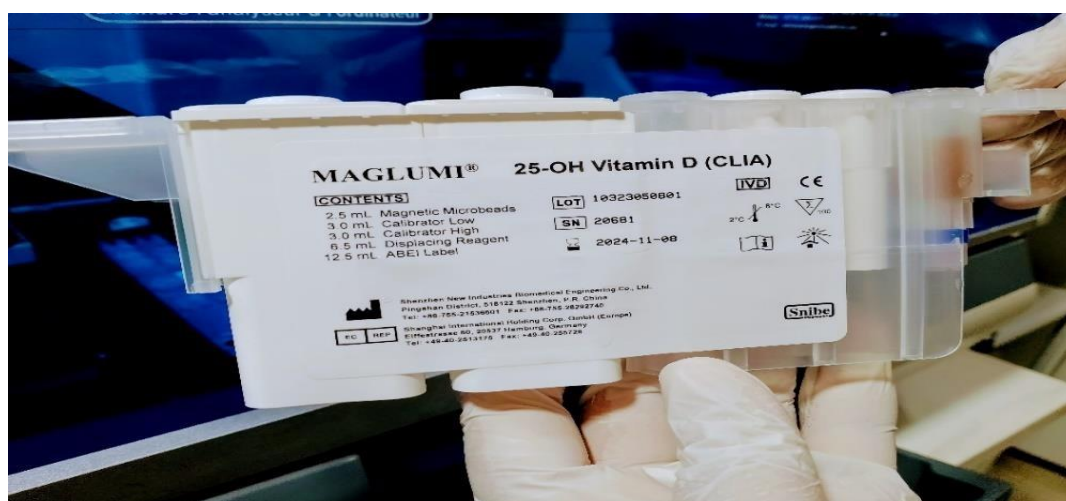


Figure 11 : Réactifs MAGLUMI spécifique à la vitamine D (Originale).

II.2 Méthodes

II.2.1 Réalisation et déroulement de l'étude

Dans le cadre de notre étude, un formulaire comprenant 33 questions quantitatives et qualitatives a été utilisé, (**Annexe I**). Les données ont été collectées auprès des parents de patients, lors des consultations et d'hospitalisation au niveau du service des urgences de pédiatrie du CHU Targa Ouzemmour de Bejaïa. Les consultations et les prélèvements des échantillons sanguins ont été réalisés directement dans le service de pédiatrie du CHU Targa Ouzemmour de Bejaia et le dosage de la vitamine D a été effectué au niveau du laboratoire d'analyses de Dr. MOUALEK.

L'étude s'est déroulée sur une période de deux mois et demi, du 20 février au 31 mai 2024. Toutes les informations recueillies ont été traitées de manière confidentielle et leur anonymat a été préservé de manière rigoureuse.

II.2.2 Données biologiques

✓ Prélèvement sanguin

Le prélèvement sanguin veineux, réalisé principalement en milieu médical au niveau du pli du coude. Les échantillons de sang recueillis dans des tubes secs ont été immédiatement acheminés au laboratoire d'analyse de Dr. MOUALEK.

✓ Centrifugation du sang et récupération de sérum

Après mélange des échantillons de sang recueillis dans des tubes secs, mélangés et centrifugés. la centrifugation a été réalisée à raison de 3000 tours/min pendant 10 minutes et le sérum a été récupéré dans des tubes secs.

II.2.3 Dosage de vitamine D

✓ Principe

Le test de la 25-OH-vitamine D est une immunoanalyse par chimiluminescence (CLIA) à deux incubations permettant la détermination quantitative du total de 25-OH-vitamine D dans le sérum humain. Lors de la première incubation, la 25-OH-vitamine D est dissociée de sa protéine de liaison par le réactif de déplacement et se lie à l'anticorps anti-25-OH-vitamine D sur les microparticules magnétiques, formant un complexe anticorps-antigène. Après une deuxième incubation, des antigènes 25-OH-vitamine D marqués à l'ABEI sont ajoutés. Le reste de la matière non liée est éliminé lors d'un cycle de lavage. Ensuite, les réactifs de démarrage 1 et 2 sont ajoutés pour initier la réaction de chimiluminescence flash. La réaction de chimiluminescence est mesurée en unités relatives de lumière (RLU), lesquelles sont inversement proportionnelles à la concentration de 25-OH-vitamine D présente dans l'échantillon. (**Cinquanta et al., 2017**).

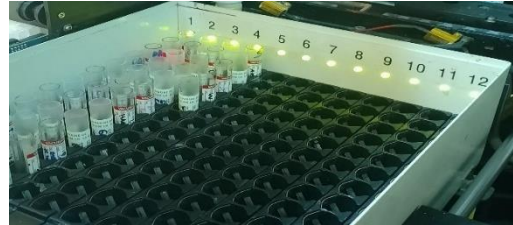
✓ Mode Opérateur

Le mode opératoire pour le dosage de la 25-hydroxyvitamine D (25-OH D) avec l'automate MAGLUMI 2000 est résumé dans les étapes suivantes :

Préparation du réactif spécifique à la vitamine dans l'automate.



Mise en mode calibrage de l'automate 30 minutes avant le début des tests.



Introduction des échantillons dans l'automate.



Lancement de l'automate pour débuter le test



Le deuxième bras aspire (100ul) l'échantillon et l'introduit dans la cuvette, suivi également d'une étape d'autolavage dans la station du lavage



Le premier bras aspire différentes concentrations du réactif et l'introduit dans la cuvette réactionnelle, suivie d'une étape d'autolavage dans la station du lavage.



Incubation des cuvettes (10 min) suivie d'une deuxième incubation (10min) suivie par leurs passages dans la chambre de mesure pour mesurer l'intensité de la lumière émise (450nm).



Affichage des résultats sur l'écran lié à l'automate.

Normes de la vitamine D :

Les résultats obtenus du dosage de la vitamine D ont été accompagnés par ces normes (Souberbielle et *al.*, 2008) :

- Carence : concentration sérique ≤ 10 ng/ml.
- Insuffisance : concentration sérique <30 ng/ml.
- Valeur normale : concentration sérique comprise entre 30-100ng/ml.
- Valeur toxique : concentration sérique >100 ng/ml.

II.2.4 Analyse et traitement statistique des données

Nous avons effectué une analyse statistique des données à l'aide du logiciel SPSS, qui offre de nombreuses fonctionnalités pour organiser et synthétiser des données statistiques, notamment celles provenant des enquêtes. Afin de répondre aux différents objectifs de l'étude, nous avons mené des études quantitatives et qualitatives, univariées et bivariées.

Pour tester la significativité des corrélations entre les variables, nous avons utilisé différents tests :

- Le test de corrélation de Pearson pour vérifier la liaison linéaire entre deux variables quantitatives.
- Le test d'indépendance du Khi-deux pour vérifier la corrélation entre deux variables qualitatives.

Le seuil de significativité (p-value) a été fixé à **0,05** pour tous les tests statistiques. Les corrélations et les différences entre les moyennes sont considérées significatives si **p < 0,05**.

Les résultats sont présentés sous forme de tableaux statistiques (fréquence, moyenne, écart-type, valeur minimale, etc.) et de graphes de distribution.

II.3 Limite de l'étude

L'étude présente plusieurs limites importantes qui doivent être prises en compte lors de l'interprétation des résultats. Tout d'abord, la taille de l'échantillon est relativement petite, limitant la généralisation des conclusions à une population plus large.

De plus la difficulté d'obtenir le consentement parental est parmi les limites de cette étude, ainsi le déroulement de l'étude dans deux lieux différents : les consultations en pédiatrie du CHU Targa Ouzemmour et les dosages réalisés au laboratoire Moualek, nécessitant des déplacements. Par ailleurs, le grand nombre de patients fréquentant le service de pédiatrie pour les consultations entraîne une surcharge du service, limitant ainsi le temps disponible pour faire le questionnaire aux parents et obtenir leur consentement éclairé.

Enfin, la durée de l'étude, très courte, a constitué une limite significative, restreignant la profondeur et l'ampleur de l'analyse ainsi que la possibilité de suivre les participants sur une période plus longue pour observer les variations temporelles des niveaux de vitamine D et leurs impacts éventuels.



Résultats et Discussion

III. Résultats et Discussion

Nous avons examiné 30 cas d'enfants ayant consulté pour des maladies aiguës au CHU Targa Ouzemmour de Bejaïa. Ces patients avaient tous reçu deux doses de supplémentation en vitamine D, conformément aux directives nationales de prévention du rachitisme, administrées à l'âge de 1 mois et 6 mois. Cette présente étude vise à évaluer l'efficacité du protocole de supplémentation en vitamine D et à examiner d'autres facteurs pouvant influencer les niveaux de vitamine D chez les enfants.

III.1 Résultats de l'étude descriptive des paramètres des patients

III.1.1 Répartition des enfants selon l'âge

Les résultats présentés dans la **Figure 12** illustrent la répartition des enfants selon l'âge. L'analyse statistique montre une différence hautement significative ($P=0.001$) entre les différentes tranches d'âge de notre population. L'âge moyen de notre population est de $8,28 \pm 3,32$ ans. Les âges s'étendent de 1 à 16 ans. Par ailleurs, la tranche d'âge la plus fréquente est celle de [5 – 12] ans, représentant 73,33% des enfants. Cela peut s'expliquer par la prévalence des consultations pédiatriques pour ce groupe d'âge au CHU Targa Ouzemmour.

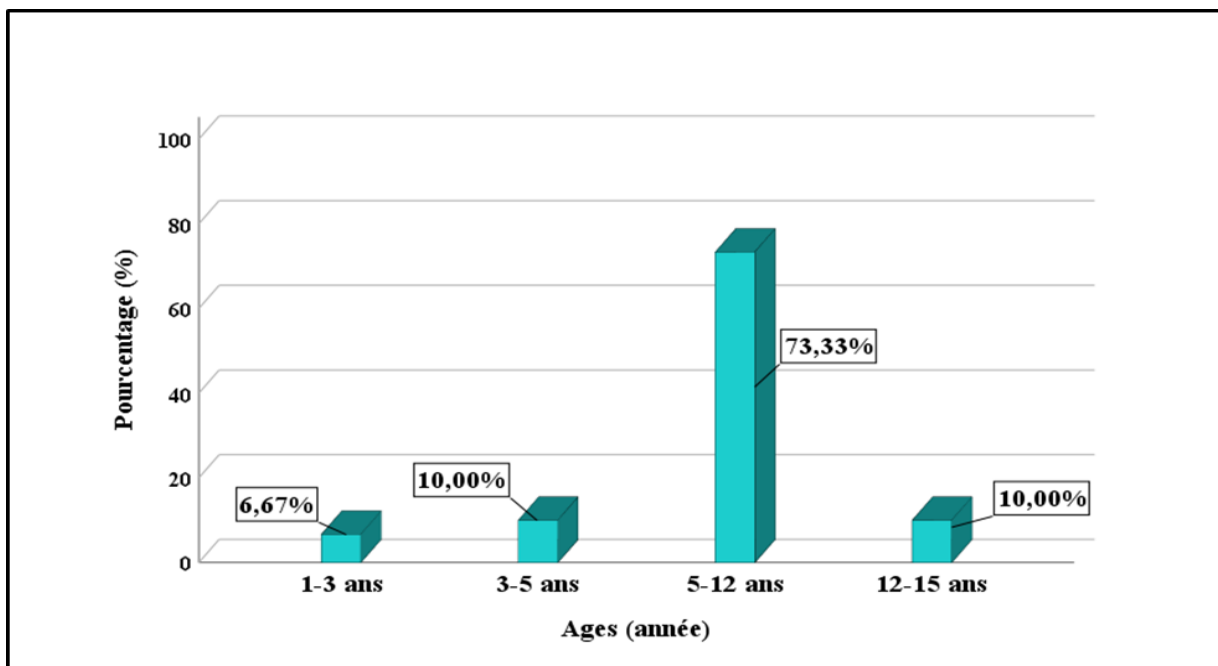


Figure 12 : Répartition des enfants selon l'âge.

III.1.2 Répartition des enfants selon les variables anthropométriques

✓ Répartitions des enfants selon le poids

La représentation graphique (**Figure 13**) présente la distribution des individus selon leur poids, La catégorie majoritaire, comprenant les individus pesant (<30 kg), regroupe 19 individus (63,3%) de la population totale(**P=0.05**). La deuxième catégorie (30-60 kg), représentant la minorité, compte 10 individus (33,3%) de la population. De plus, la moyenne du poids des individus est de $27,8 \pm 9,8$ kg. Cette distribution pourrait indiquer une prévalence notable de poids plus faible dans notre population étudiée. Il est également important de noter qu'il y a 1 valeurs manquante (3,3%) des données, ce qui peut légèrement influencer l'interprétation des résultats.

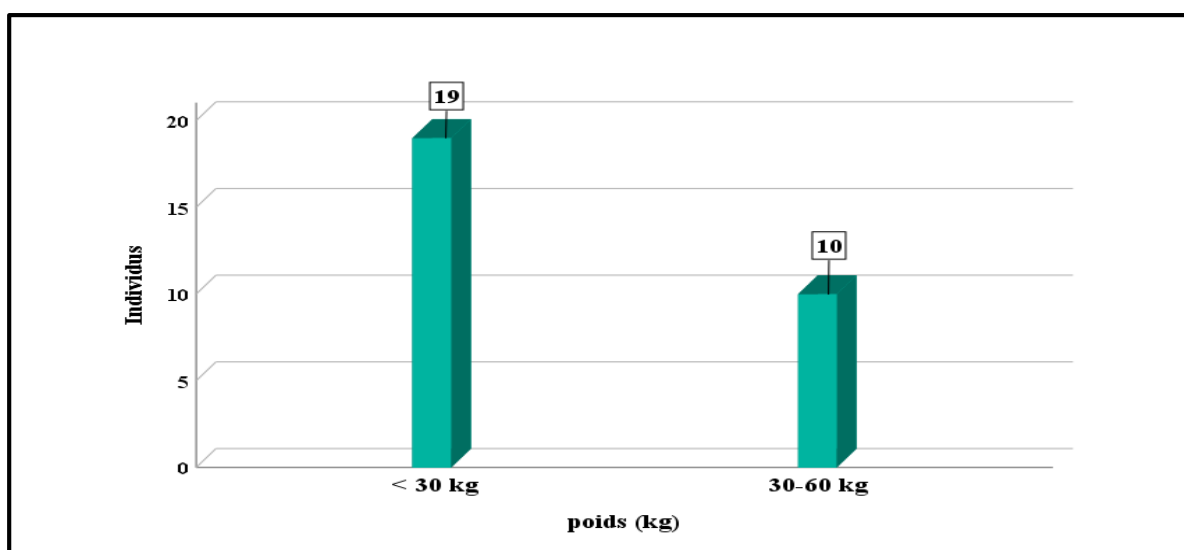


Figure 13 : répartition des enfants selon le poids.

✓ Répartition des enfants selon la taille

L'analyse statistique de la répartition de la taille au sein de notre population (**Figure 14**), révèle que la différence n'est pas significative (**p = 0,197**). Cela implique que la taille des enfants de notre population ne présente pas de disparité statistiquement notable. Le premier groupe, mesurant entre [1 mètre et 1,30] mètre 53.3% de la population (16 individus), tandis que le second groupe, mesurant entre [1,30 mètre et 1,50] mètre, 33.3% (10 individus). La moyenne des tailles est de $1,29 \pm 0,14$ mètre. Cependant, avec 4 valeurs manquantes représentant 13.3% des données, la fiabilité des résultats est compromise et nécessite une interprétation prudente.

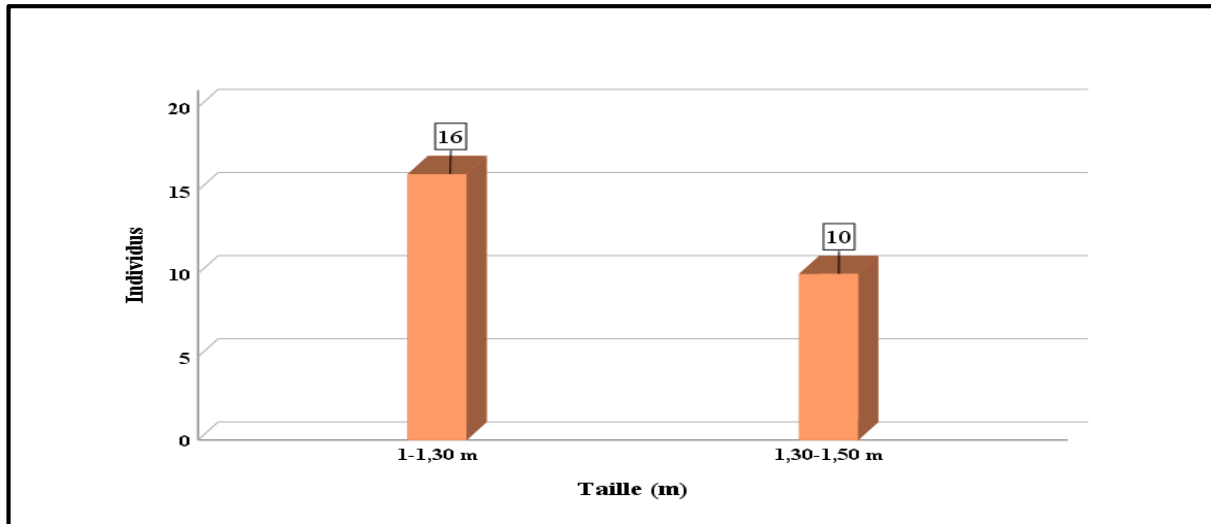


Figure 14 : Répartition des enfants selon la taille (n=30).

✓ Répartition des enfants selon l'indice de masse corporelle

Ce graphe présente la répartition des individus en fonction de leur indice de masse corporelle (IMC), (Figure 15). Sur les 13 individus évalués, 1 individu (3,3%) se trouve en insuffisance pondérale (3ème à 10ème centile), tandis que 24 individus (80%) ont un poids normal (10ème à 90ème centile) ($p=0.003$). La moyenne de l'IMC est de $16,09 \pm 3,53$ qui indique une variabilité modérée autour de cette moyenne. Toutefois, il y a 5 valeurs manquantes, représentant 16.7% des données, ce qui pourrait biaiser les résultats et nécessite une prudence dans l'interprétation.

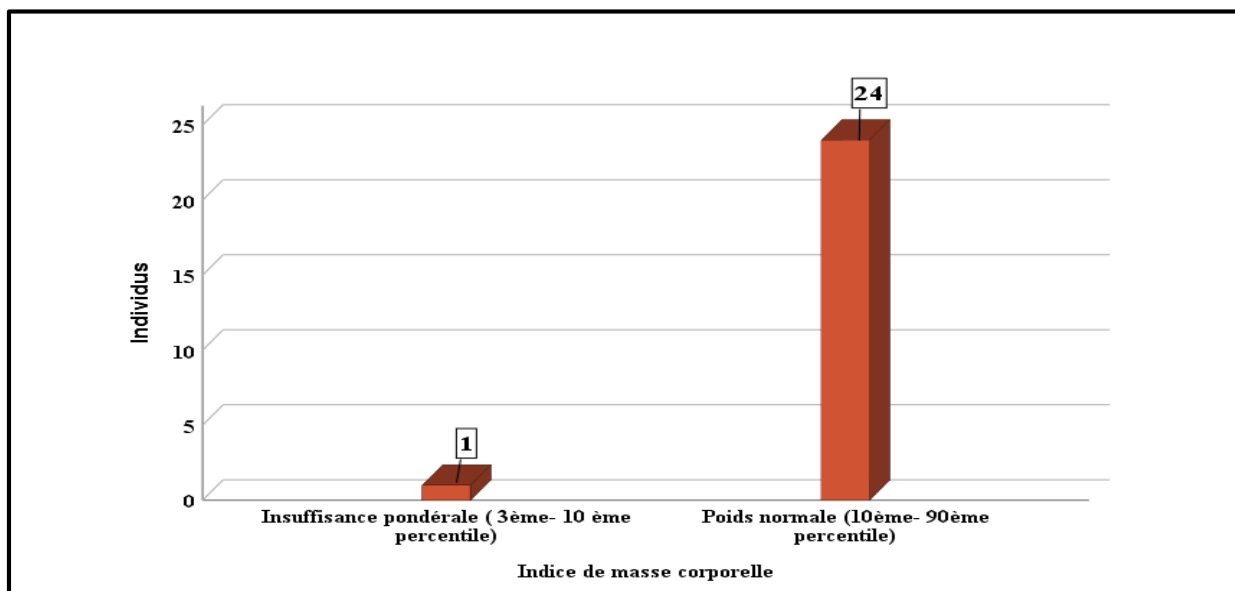


Figure 15 : Répartition des enfants selon l'indice de masse corporelle.

Le surpoids et l'obésité sont définis comme une accumulation anormale ou excessive de graisse corporelle qui peut nuire à la santé. Ces conditions sont estimées par l'indice de masse corporelle (IMC), calculé en divisant le poids (en kilogrammes) par la taille (en mètres) au carré. Ce dernier est couramment utilisé pour évaluer la corpulence, mais il doit être considéré comme une indication approximative car il ne reflète pas nécessairement la même masse grasseuse chez tous les individus. Des facteurs comme la masse musculaire, l'ossature et la répartition des graisses peuvent influencer la pertinence de l'IMC comme indicateur de la santé (Foray, 2011)

Dans notre étude, nous avons utilisé les catégories basées sur les percentiles de l'IMC spécifiques à l'âge et au sexe, comme proposé par **Kromeyer-Hauschild et ses collaborateurs, (2008)**. Ces catégories nous permettent de mieux comprendre la répartition de la corpulence au sein de notre population (**Tableau I**).

Tableau I : Distribution des variables anthropométriques de la population étudiée.

- **3ème – 10ème percentile** : Insuffisance pondérale
- **10ème – 90ème percentile** : Poids normal (**Kromeyer-Hauschild et al., 2001**).

Variables		Pourcentage (%)	Moyenne	Ecartypes
Poids (kg)	<30	63,3%	27,8	9,8
	30-60	30%		
Taille (mètre)	1-1,30	53,3%	1,29	0,14
	1,30-1,50	33,3%		
IMC (kg/mètre ²)	Insuffisance (3ème à 10ème percentile)	3,3%	16,09	3,53
	Poids normal (10ème à 90ème percentile)	80%		

III.1.3 Répartition des enfants selon le sexe

L'analyse statistique de la répartition du sexe des patients (**Figure 16**), révèle une absence de différence significative (**p = 0,715**). Cette valeur indique qu'il n'y a pas de différence notable entre le nombre d'enfants de sexe masculin et féminin dans notre population.

Il est à noter que 16 enfants sont de sexe féminin (53,33 %) et 14 sont de sexe masculin (46,67 %). Le ratio H/F est calculé à 0,88. L'existence ou l'absence de cette disparité dépend du genre des enfants interrogés.

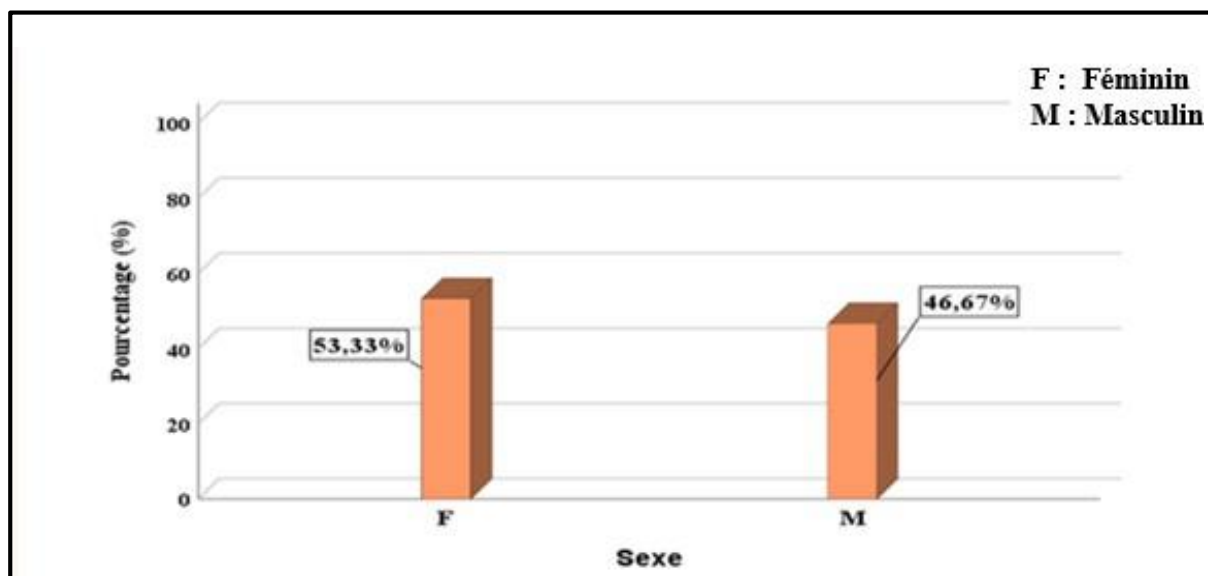


Figure 16 : Répartition des enfants selon le sexe.

III.1.4 Répartition selon le type d'allaitement

L'analyse des modalités d'allaitement des enfants, (Figure 17) montre qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative ($p = 0,27$). Cela signifie que les variations observées dans les pratiques d'allaitement des patients ne sont pas suffisamment marquées pour être considérées comme significatives dans cette étude.

Sur la base de nos données, nous constatons que 36,67% (11 enfants) sont exclusivement nourris au lait artificiel, tandis que 20% (6 enfants) bénéficient d'un allaitement maternel exclusif. Par ailleurs, 43,33% (13 enfants) sont nourris selon une pratique d'allaitement mixte, combinant à la fois l'allaitement maternel et l'alimentation artificielle.

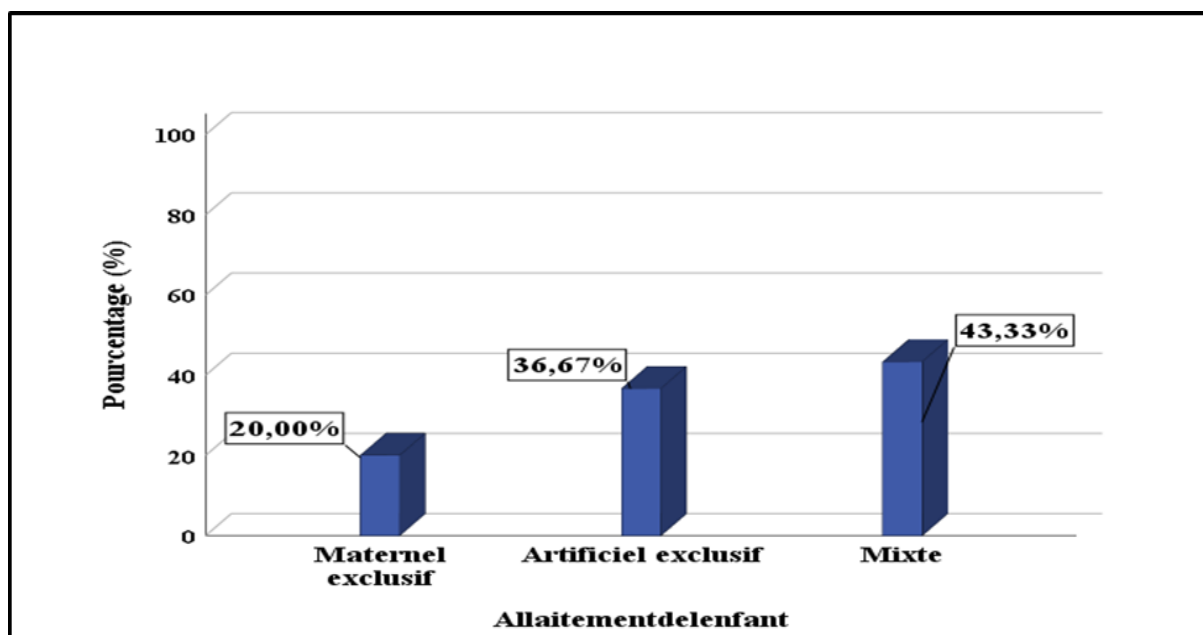


Figure 17 : Répartition des enfants selon le type d'allaitement.

Des études soulignent l'importance de l'allaitement maternel exclusif, cependant, il peut entraîner un risque accru de carence en vitamine D chez les nourrissons. En revanche, l'allaitement mixte, combinant le lait maternel avec du lait artificiel enrichi en vitamine D, offre un compromis en assurant un apport adéquat en vitamine D tout en préservant les avantages de l'allaitement maternel. Par ailleurs, la supplémentation maternelle en vitamine D représente une autre stratégie pour garantir des niveaux optimaux de cette vitamine chez les nourrissons exclusivement allaités, offrant ainsi une alternative pratique pour maintenir un statut nutritionnel optimal (Ben Slama et al., 2010).

III.1.5 Répartition selon la richesse du régime alimentaire en vitamine D

Nous avons mené une enquête auprès de 30 enfants pour évaluer leur régime alimentaire. Cette enquête comprenait un questionnaire détaillé portant sur la consommation de divers aliments riches, modérés et faibles en vitamine D (Annexe I).

Les résultats de la Figure 18 offrent une représentation de la distribution des apports nutritionnels dans notre population. Sur la base de notre analyse, nous constatons que seulement 2 enfants (6,67%) suivent un régime alimentaire faible en vitamine D, et 7 enfants (23,33%) sont classés comme ayant un régime moyen riche en vitamine D. En revanche, la majorité des enfants (21 enfants) soit 70% affichent un régime alimentaire riche en vitamine D ($p=0.000$).

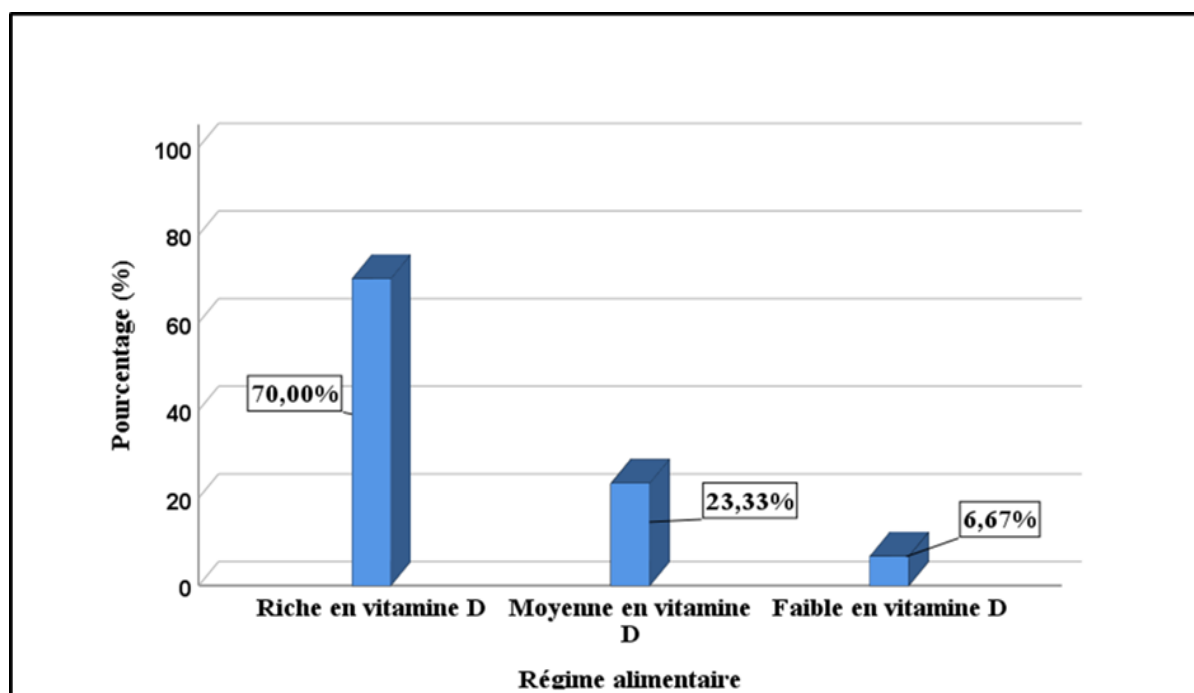


Figure 18 : Répartition des enfants selon le régime alimentaire en vitamine D.

Il est admis qu'un régime alimentaire riche en vitamine D joue un rôle essentiel dans le bien-être des enfants, car cette vitamine est importante pour leur croissance normale. De ce fait, encourager une alimentation variée et équilibrée qui inclut cette source de vitamine D est donc fondamental pour promouvoir le bien-être et la défense immunitaire des enfants (Schmid et Walther., 2013 ; Vieux et *al.*, 2016).

III.1.6 Répartition des enfants selon la fréquence de pratique d'activité physique

Le diagramme présenté dans la Figure 19 expose la distribution des enfants en fonction de la fréquence de leur activité physique. Nos résultats révèlent que seuls 23,33% des enfants maintiennent une pratique régulière de l'activité physique, tandis que la majorité, soit 76,67 %, ne s'y adonne pas de façon constante ($p=0.006$). Cette répartition met en évidence une prévalence significative de la sédentarité parmi les enfants de notre étude.

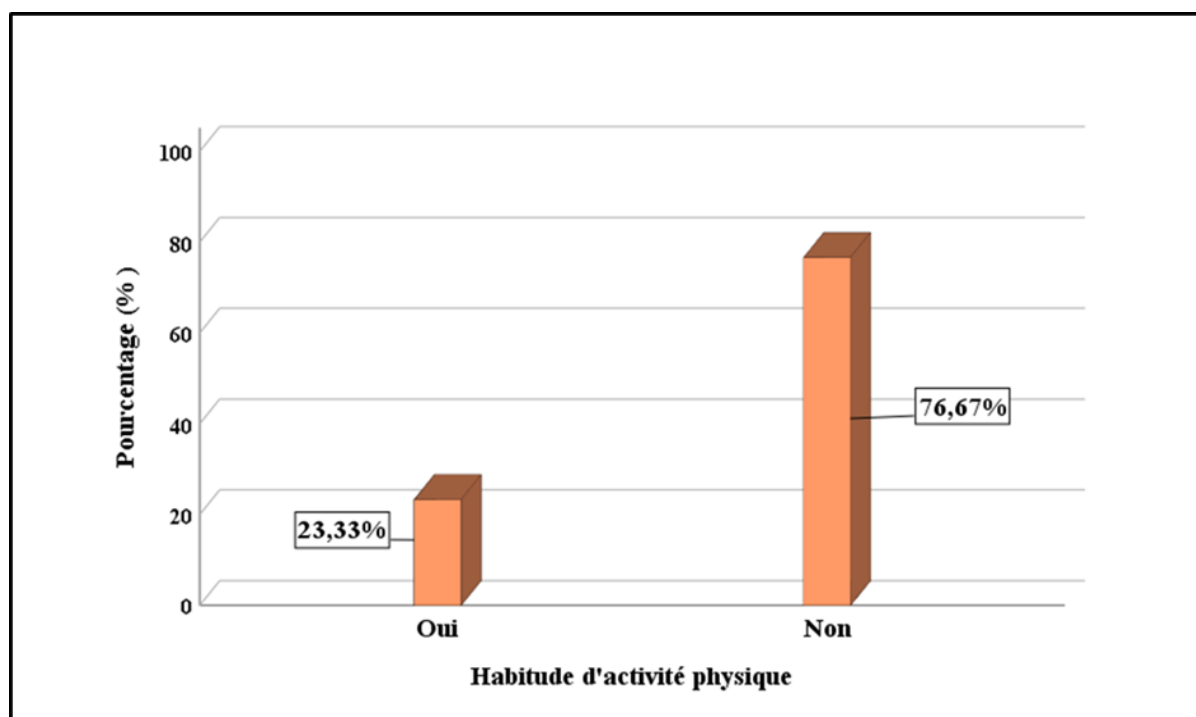


Figure 19 : Répartition des enfants selon la fréquence d'activité physique.

Il est connu que l'activité physique, en plein air, est essentielle pour maintenir des niveaux optimaux de vitamine D chez les enfants, et cela en augmentant le temps d'exposition au soleil et permet à la peau de synthétiser naturellement la vitamine D (Mithal et al., 2009 ; Lafleur et al., 2016).

III.1.7 Répartition des enfants selon l'exposition au soleil

L'analyse de la fréquence d'exposition au soleil, ne révèle pas de différence statistiquement significative ($p=0.715$) Dans la variation des niveaux d'exposition solaire. Cependant, l'analyse du graphe représentant la répartition des enfants selon leur exposition solaire, (Figure 20), révèle une observation de 53,33 % des enfants bénéficiant d'une exposition solaire quotidienne inférieure à 15 minutes, tandis que 46,67 % d'entre eux passent entre 15 et 30 minutes par jour sous les rayons du soleil.

Comme cité dans la section précédente, il est intéressant de savoir que l'exposition au soleil joue un rôle essentiel dans le maintien des niveaux de vitamine D, comme le recommandent les professionnels de la santé. En effet, les rayons UVB du soleil activent la synthèse cutanée de la vitamine D3, indispensable à la santé osseuse et immunitaire (Bikle, 2014)

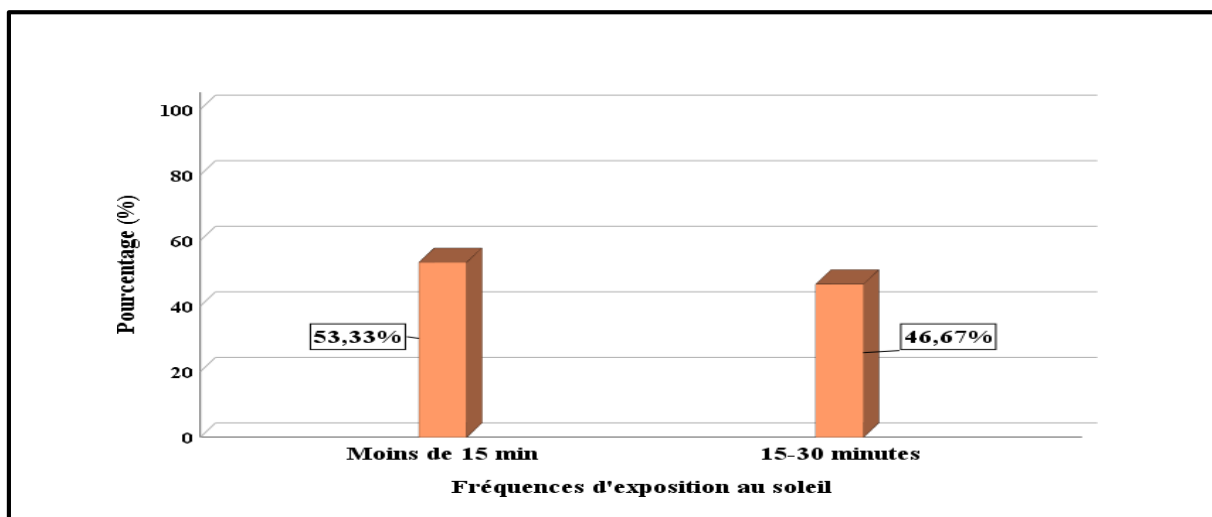


Figure 20 : Répartition des enfants selon l'exposition solaire.

Une récente étude de **Yazarlou et ses collaborateurs (2024)** a rapporté que les expositions courtes, deux fois par semaine, suffisent pour assurer la synthèse de la vitamine D (**Yazarlou et al., 2024**). Toutefois, il convient de noter que divers facteurs environnementaux et individuels, tels que les nuages, la pollution et le type de peau, peuvent influencer ce processus. Par conséquent, une compréhension approfondie de ces facteurs est importante pour garantir une exposition solaire adéquate et maintenir des niveaux optimaux de vitamine D, ce qui contribue à préserver la santé de l'enfant (**Vatant., 2011**).

III.1.8 Répartition des enfants selon le motif de consultation

L'évaluation statistique de la répartition du motif de consultation, comme illustré dans la **Figure 21**, ne révèle pas de différence significative ($p = 0,13$).

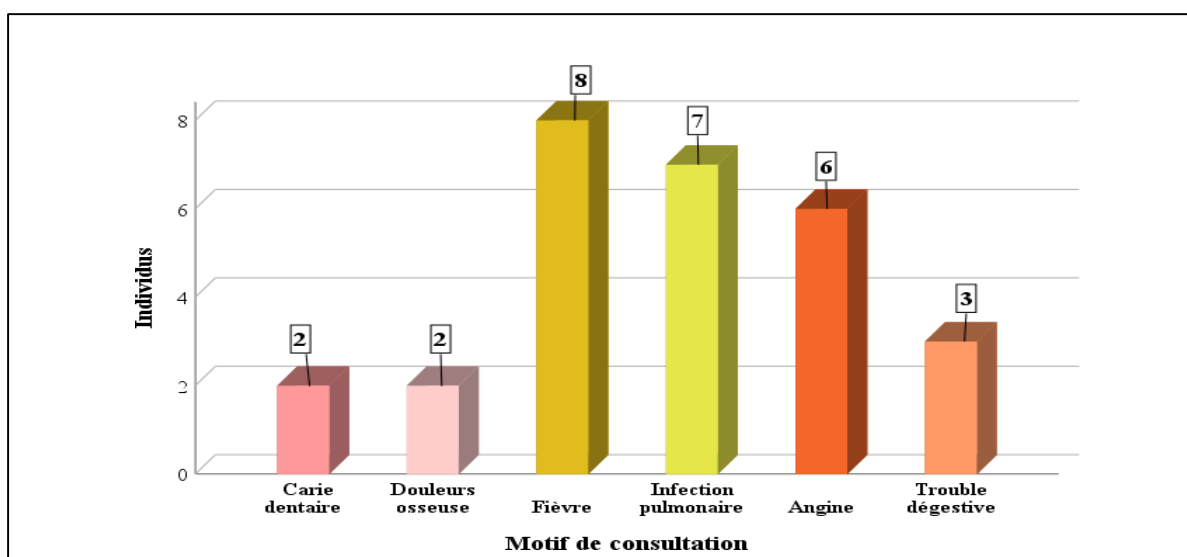


Figure 21 : Répartition des enfants selon le motif de consultation.

Le graphe met en évidence la fréquence relative de chaque motif, permettant ainsi une visualisation claire des principales raisons pour lesquelles les enfants ont été consultés. Dans notre population, la fièvre représente 28,57% motifs de consultation, ce qui en fait la préoccupation principale des parents ou des soignants. En revanche, les motifs de caries dentaires et de douleurs osseuses présentent des prévalences, chacun représentant 7,14% des consultations.

III.1.9 Répartition des taux de la vitamine D des enfants

La **Figure 22** présente la répartition des enfants selon leurs taux de vitamine D. Le taux moyen de vitamine D dans notre population est de $31,23 \pm 9,73$ ng/mL, variant de 10 à 100 ng/mL. Nous constatons que 14 des enfants (46,67%) affichent les taux les plus fréquents de vitamine D (la normale dans [30-100] ng/mL) ($p=0.023$). 4 enfants (13,33%) présentent des taux de vitamine D dans [10-20] ng/mL. D. Par ailleurs 12 enfants (40%) ont des niveaux de vitamine D situés dans [20 et 30] ng/mL.

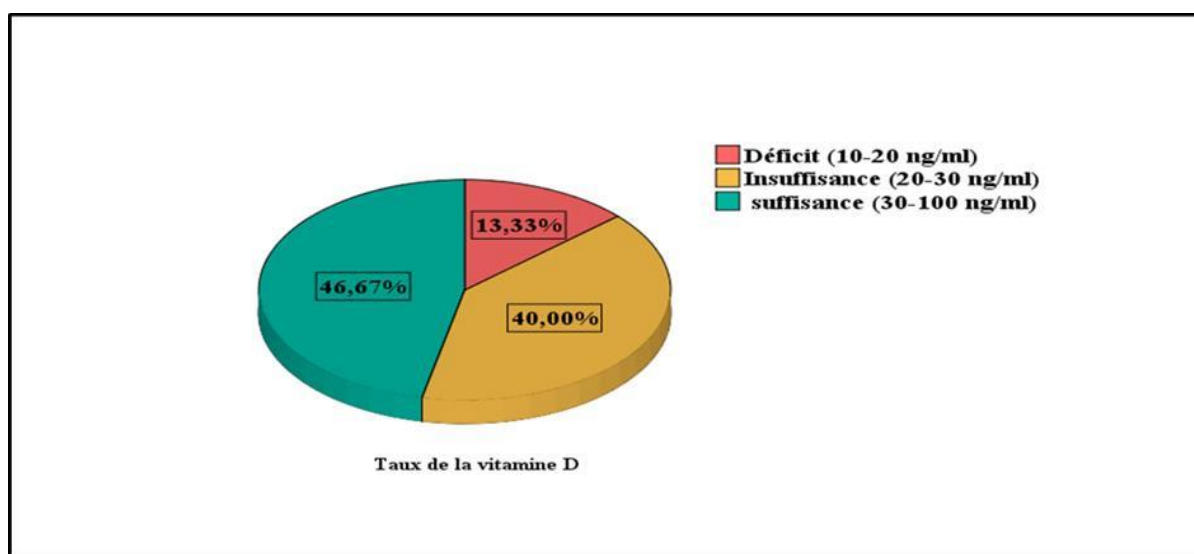


Figure 22 : Répartition des enfants selon le taux de la vitamine D (n=30).

Selon **Souberbielle et al., 2008** la carence en vitamine D est définie par une concentration sérique de 25OHD inférieure à 10 ng/mL, le déficit entre [10 - 20] ng/mL, et l'insuffisance entre [20 - 30] ng/mL. Une concentration supérieure à 30 ng/mL est recommandée afin d'assurer les effets bénéfiques de cette vitamine. En effet, La vitamine D favorise l'absorption du calcium et du phosphore, qui sont essentiels pour la formation et le maintien de la solidité des os et des dents. Elle réduit le risque de rachitisme chez les enfants et prévient les infections en modulant le système immunitaire (**Souberbielle et al., 2008**).

III.2 Résultats de l'étude des corrélations des paramètres des patients

III.2.1 Taux de la vitamine D en fonction de l'âge

Les résultats de notre étude révèlent qu'il n'existe pas de corrélation statistiquement significative entre l'âge des enfants et leurs taux de vitamine D, ($p=0,490$).

La répartition des patients selon le taux de vitamine D et la tranche d'âge. La **Figure 23** met en évidence une variabilité chez les enfants de 5 à 12 ans. Dans ce groupe, 40 % des enfants affichent des taux de [30-100] ng/ml, 23,33 % des taux de [20-30] ng/ml, et 10 % des taux de [10-20] ng/ml. Les autres groupes d'âge montrent une distribution plus homogène des concentrations de vitamine D. Ces observations confirment l'absence de lien significatif entre l'âge et les niveaux de vitamine D dans notre population.

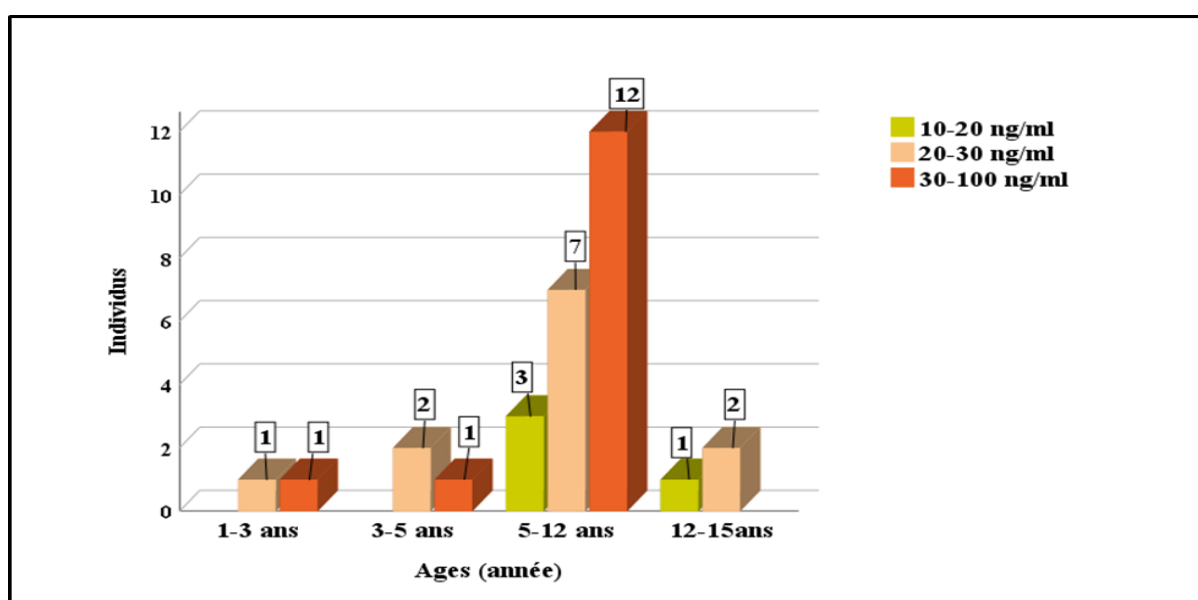


Figure 23 : Représentation graphique des taux de la vitamine D et de l'âge.

Notre étude n'a pas révélé de corrélation statistiquement significative entre l'âge des enfants et leurs niveaux de vitamine D. Cependant, des études antérieures, telles que celles menées par **Mansbach et al., (2009)** aux États-Unis, et **Absoud et al., (2011)** en Angleterre, ont rapporté une corrélation inverse significative entre l'âge et les niveaux de vitamine D. Ces divergences peuvent être attribuées à divers facteurs tels que les différences d'exposition solaire, les habitudes alimentaires et les activités physiques en plein air.

Nos résultats mettent en lumière l'importance de prendre en compte les facteurs environnementaux et comportementaux lorsqu'on évalue les niveaux de vitamine D chez les enfants (**Maclaughlin et Holick, 1985**).

En outre, les variations métaboliques liées à l'âge peuvent aussi influencer la synthèse et l'absorption de la vitamine D, soulignant la complexité de cette relation (Maclaughlin et Holick, 1985).

III.2.2 Taux de la vitamine D en fonction d'indice de masse corporelle (IMC)

L'analyse statistique indique qu'il n'y a pas d'association significative entre le niveau de vitamine D et l'indice de masse corporelle (IMC) dans notre population ($p=0,5$). Les résultats de l'étude, illustrés par la **Figure 24**, montrent une répartition des niveaux de vitamine D (25(OH)D) en fonction de l'IMC, des individus dans la majorité ayant un poids normal (10ème à 90ème percentile) présentent des niveaux plus élevés de vitamine D comparés à ceux ayant une insuffisance pondérale (3ème à 10ème percentile). Bien que visuellement, les individus avec un poids normal semblent avoir des niveaux plus élevés de vitamine D que ceux en insuffisance pondérale, cette absence de corrélation peut s'expliquer par la taille limitée de la population

Ces observations concordent avec les résultats de **Reinehr et al. (2007)**, qui ont démontré que les enfants obèses ont des concentrations de 25(OH)D significativement plus faibles que ceux non obèses. Cette constatation est corroborée par une enquête nationale Allemande faite en 1998, qui a également mis en évidence une association entre un IMC élevé et des concentrations faibles de 25(OH)D (**Wortsman et al., 2018**).

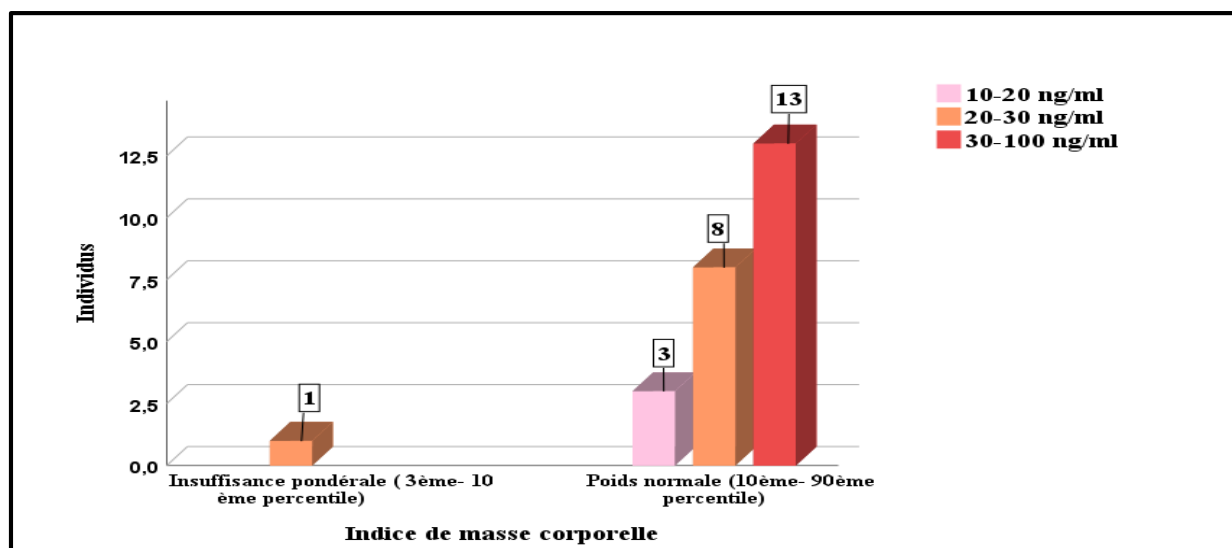


Figure 24 : Représentation graphique des taux de la vitamine D selon l'indice de masse corporelle.

De plus, une étude au Royaume-Uni sur des enfants a rapporté une prévalence élevée de carence en vitamine D chez les enfants avec un IMC élevé (**Hintzpeter et al., 2008**)

ce qui a été attribué à une absorption et une métabolisation altérées de la vitamine D en raison de l'excès de tissu adipeux (Hintzpeter et al., 2008).

Cependant, il est important de noter que notre étude présente une forte proportion de données manquantes (16,7%), ce qui nécessite de la prudence dans l'interprétation des résultats. Ces lacunes soulignent l'importance de futures recherches pour confirmer ces conclusions et mieux comprendre l'impact de l'IMC sur les niveaux de vitamine D.

III.2.3 Taux de la vitamine D en fonction du sexe

La corrélation entre le sexe et les niveaux de vitamine D n'est pas statistiquement significative ($p=0,086$). Cependant, la représentation graphique (Figure 25) indique que chez les filles, 26,67% se situent dans la catégorie [20-30] ng/ml, marquant ainsi la valeur maximale dans cette population. En comparaison, chez les garçons, 30% se retrouvent dans la catégorie [30-100] ng/ml, représentant la valeur maximale pour ce groupe.

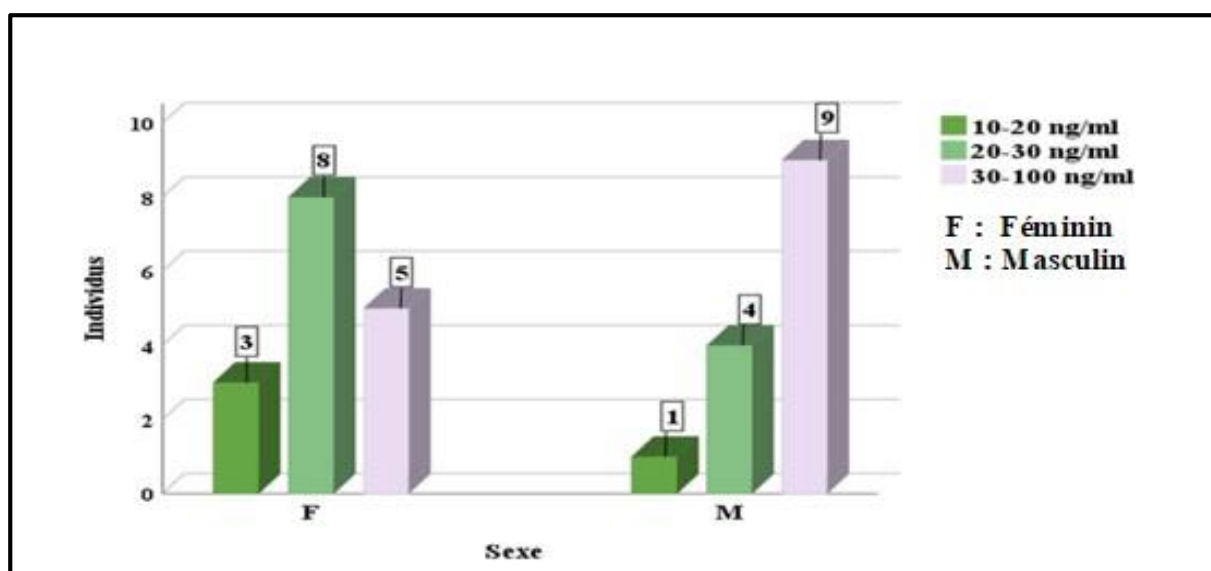


Figure 25 : Représentation graphique des taux de la vitamine D en fonction du sexe.

Nos résultats sont en accord avec plusieurs études antérieures, à savoir celles de Rockell et al., (2005) ; Weng et al., (2007) et Kumar et al., (2009), qui ont également observé des niveaux de vitamine D plus faibles chez les filles par rapport aux garçons.

Cependant, certaines recherches, telles que celles de Pazaitou-Panayiotou et al., (2012) et Mansour et Alhadidi., (2012), montrent une corrélation significative entre le sexe et les taux de vitamine D, suggérant l'implication de des facteurs biologiques, physiologiques et hormonaux (Wierzbicka et Oczkowicz., 2022) sous-jacents (la masse osseuse et adipeuse), qui pourraient influencer ces différences. Ces divergences soulignent la complexité de la relation entre le sexe et les niveaux de vitamine D (Wierzbicka et Oczkowicz., 2022).

III.2.4 Taux de la vitamine D en fonction des symptômes de carence

Les résultats montrent une absence de dépendance ($p=0,117$), ce qui indique qu'il n'y a pas de relation clairement établie entre les niveaux de vitamine D et les symptômes de carence dans cette étude.

En analysant la répartition des individus selon leurs niveaux de vitamine D et la présence de symptômes de carence (**Figure 26**), on observe une distribution relativement uniforme des sujets présentant des symptômes de carence dans les plages de [20-30] ng/ml et [30-100] ng/ml, chacune représentant 23,33 %. En contraste, les individus sans symptômes de carence affichent des proportions de 23,33 % dans la plage de [30-100] ng/ml.

Les résultats de notre étude indiquent l'absence d'une corrélation statistiquement significative entre les symptômes de carence et les niveaux de vitamine D dans notre population étudiée. Cependant, d'autres études ont fourni des résultats contrastants.

L'étude menée par **Martineau et al., (2017)** montre que les niveaux faibles de vitamine D sont associés à un risque accru de symptômes de carence, et que la supplémentation en vitamine D peut jouer un rôle protecteur contre les infections des voies respiratoires. De même, les études de **Vidailhet (2012)** et **Esposito et Lelii (2015)** ont également trouvé que la vitamine D module le système immunitaire et réduit les réponses inflammatoires excessives, ce qui pourrait expliquer pourquoi une carence en vitamine D exacerbe les infections respiratoires.

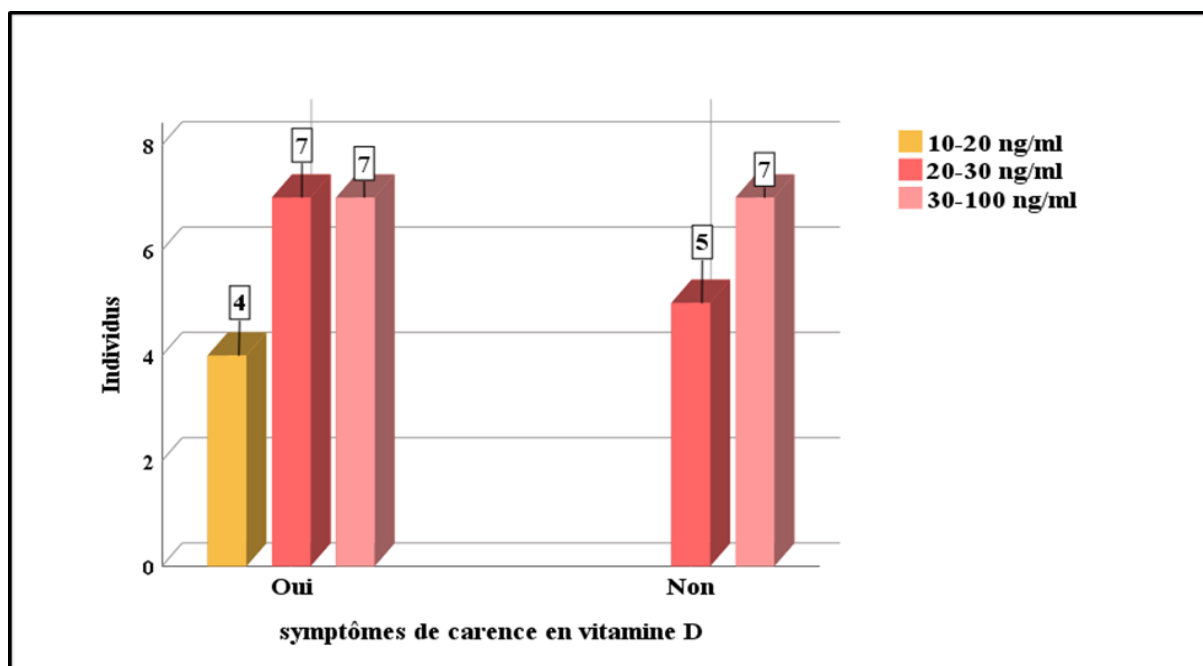


Figure 26 : Représentation des taux de la vitamine D en fonction des symptômes de carence en vitamine D.

Ces différences de résultats peuvent être attribuées à des variations dans la méthodologie, la taille de l'échantillon ou les contextes environnementaux et démographiques spécifiques. Ainsi, bien que nos résultats ne concordent pas directement avec ces études, ils soulignent l'importance de considérer divers facteurs et de réaliser des analyses plus approfondies pour comprendre pleinement la relation entre la vitamine D et les symptômes de carence

III.2.5 Taux de la vitamine D en fonction de l'âge de diversification

L'analyse statistique révèle une corrélation non significative entre l'âge de diversification alimentaire et le niveau de vitamine D ($p = 0,616$).

D'après le graphe de la répartition (**Figure 27**), les enfants diversifiés à 6 mois affichent les taux les plus élevés de cette vitamine, avec 33,33 % ayant un taux de [30-100] ng/ml et 26,67 % ayant un taux de [20-30] ng/mL.

Cette observation concorde avec les études de **D'Auria et al., (2020)** ; **Yunitasari et al., (2022)** ; **Harrison et al., (2023)**, qui ont souligné l'importance de la diversité alimentaire à partir de l'âge de 6 mois, pour améliorer les valeurs nutritionnelles et les niveaux de vitamine D.

Cependant, certaines études présentent des points de divergence, en effet, une étude Algérienne **Laadjel et Taleb (2020)** a montré que les enfants diversifiés avant 6 mois ont un risque accru de malnutrition et de carences en vitamine D, suggérant qu'une diversification trop précoce peut être mauvaise. Par ailleurs, les études de **Theurich et al., (2020)** en Allemagne et de **Lutter et al., (2021)** à Genève insistent sur l'importance d'intégrer des aliments riches en vitamine D pour prévenir les carences, mais ne mettent pas en évidence une forte association avec l'âge spécifique de diversification.

Ces divergences soulignent la complexité des facteurs influençant les niveaux de vitamine D chez les enfants. Elles indiquent que, si l'âge de diversification alimentaire joue un rôle, d'autres facteurs comme la qualité et la diversité des aliments introduits sont également cruciaux.

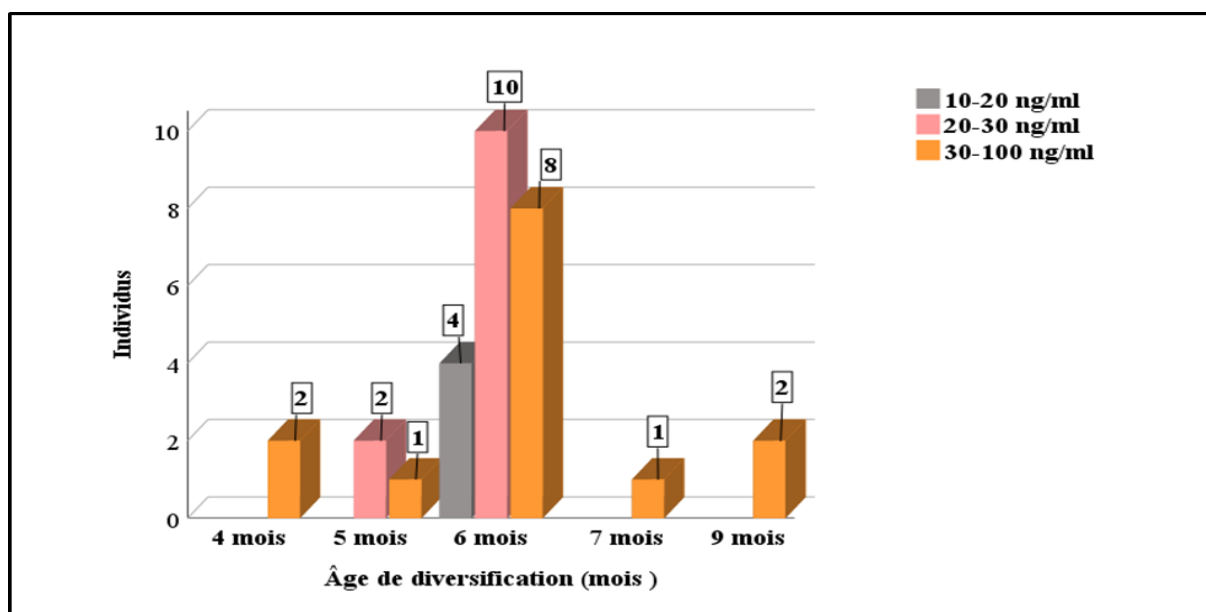


Figure 27 : Représentation graphique des taux de la vitamine D en fonction de l'âge de diversification.

III.2.6 Taux de la vitamine D en fonction de type d'allaitement

L'analyse statistique révèle une corrélation non significative entre le type d'allaitement et les niveaux de vitamine D ($p = 0,222$), c'est-à-dire qu'il n'y a probablement pas de relation évidente entre ces deux paramètres pour les patients de notre étude.

Le diagramme montre la distribution des taux de vitamine D par type d'allaitement (Figure 28). On peut voir que les enfants nourris de manière mixte ont le pourcentage de 20 % la classe [20-30] ng/ml, et 23,33 % pour la classe [30-100] ng/ml D'autre part, les nourris artificiellement exclusifs ont également un pourcentage élevé dans la catégorie de [30-100] ng/ml, qui est de 16,67 %, contre les enfants allaités exclusivement au lait maternel qui ont des pourcentages bas dans la même catégorie, à 6,67 %.

Dans notre étude, bien que les enfants nourris de manière mixte montrent des taux de vitamine D légèrement plus élevés, les différences observées ne sont pas suffisamment prononcées pour établir une conclusion définitive.

Nos résultats ne concordent pas avec ceux de Heaney et al., (2003) et Salle, (2012), qui ont rapporté que l'allaitement maternel exclusif comporte un risque accru de carence en vitamine D, justifiant ainsi la nécessité de supplémentation. Par ailleurs, les études menées par Ben Slama et al., (2010) et Monge-Montero et al., (2020) ont démontré que les formules enrichies en vitamine D et l'allaitement mixte peuvent améliorer le statut en vitamine D des nourrissons. Ben Slama et al., (2010) et Monge-Montero et al., (2020).

Cependant, notre étude corrobore partiellement les recommandations de l'Académie Américaine de Pédiatrie, qui soulignent non seulement la nécessité de supplémenter les nourrissons allaités, mais également l'importance d'assurer une supplémentation adéquate pour les mères, particulièrement dans des contextes où l'exposition solaire est limitée et les pratiques alimentaires sont suboptimales (Webb, 2006).

Ces données suggèrent que l'allaitement mixte pourrait être plus efficace pour maintenir des niveaux optimaux de vitamine D chez les nourrissons comparés à l'allaitement exclusif, qu'il soit maternel ou artificiel. Cela souligne l'importance d'une approche flexible et individualisée pour l'alimentation des nourrissons afin d'assurer un apport suffisant en vitamine D.

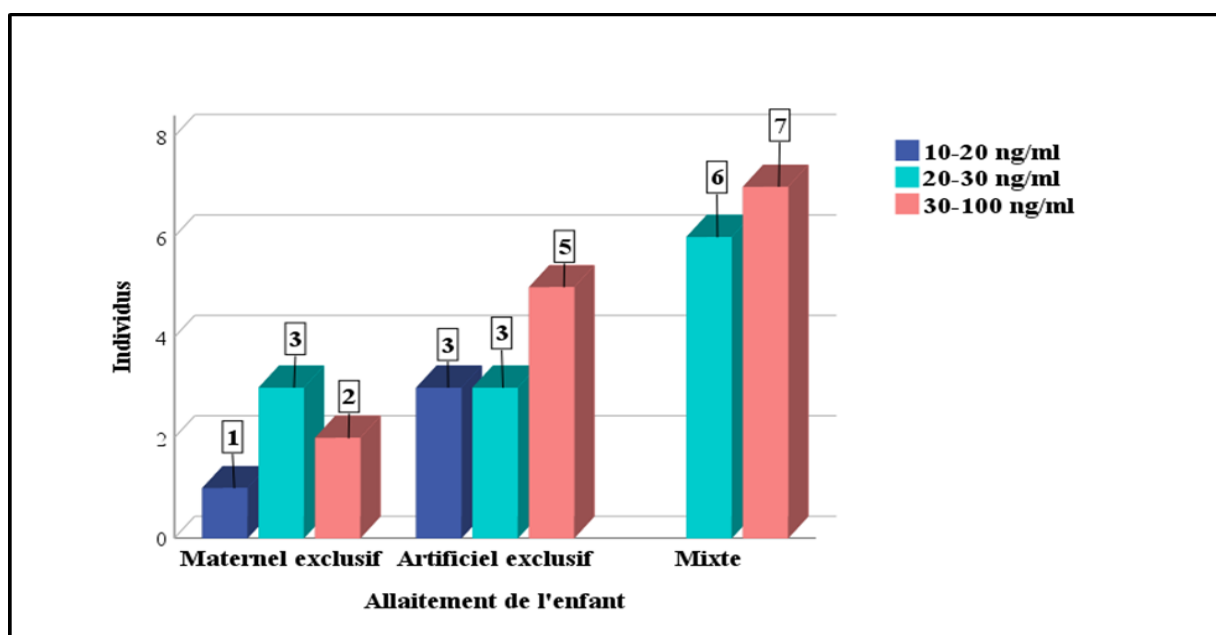


Figure 28 : Représentation des taux de la vitamine D en fonction de type d'allaitement.

III.2.7 Taux de la vitamine D en fonction de régime alimentaire

Il est important de souligner que le résultat de l'analyse statistique n'indique pas une association significative entre le taux de la vitamine D et le régime alimentaire ($p=0,899$).

Il est évident que le groupe ayant un régime riche en vitamine D montre les pourcentages les plus élevés, avec 33,33 % des individus ayant un taux de [30-100] ng/ml. En revanche, les régimes faibles et moyens en vitamine D affichent des pourcentages plus faibles dans ces catégories de concentration (Figure 29).

Malgré que notre analyse statistique n'ait pas révélé de relation significative entre les différents régimes alimentaires et les niveaux de vitamine D, des tendances intrigantes émergent.

Notamment, le groupe suivant un régime riche en vitamine D affiche les taux les plus élevés de cette vitamine.

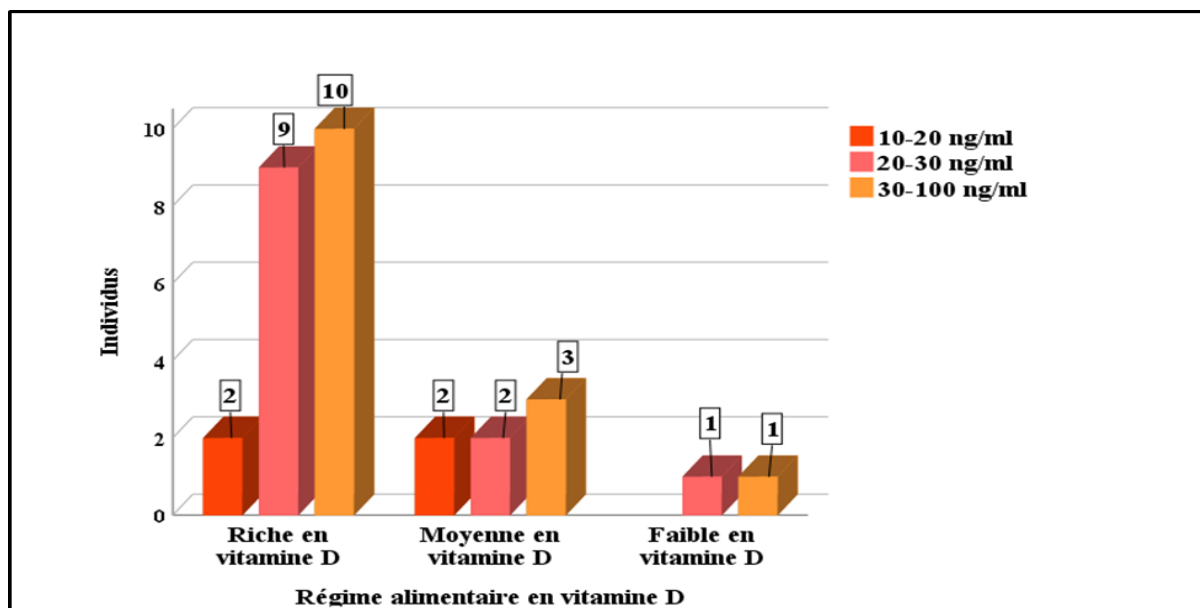


Figure 29 : Représentation graphique des taux de la vitamine D en fonction de régime alimentaire en vitamine D.

Cette observation concorde avec les travaux de **Serra-Majem et al., (2006)** en Espagne et de ceux de **Black et al., (2013)** en Irlande, qui ont démontré des niveaux de vitamine D plus bas chez les enfants ayant des apports alimentaires souvent insuffisants en cette vitamine. Par ailleurs, les recherches menées par **Weng et al., (2007)** aux États-Unis ont établi un lien entre des apports alimentaires inadéquats et des niveaux suboptimaux de vitamine D chez les enfants. D'autre part, en France, une étude de **Vieux et al., (2016)** a également révélé des apports moyens en vitamine D en dessous des recommandations nutritionnelles.

En effet, ce résultat de notre étude met en lumière la complexité des facteurs influençant les niveaux de vitamine D, notamment les variations individuelles dans l'absorption et l'assimilation des nutriments, ainsi que les différences dans les habitudes alimentaires. Par exemple, la consommation d'aliments naturellement riches en vitamine D, comme les poissons gras, ou fortifiés, comme certains produits laitiers, peut jouer un rôle important dans le maintien de niveaux adéquats de cette vitamine. Ces éléments soulignent l'importance de promouvoir une alimentation équilibrée et diversifiée pour améliorer les apports en vitamine D dans la population.

III.2.8 Taux de la vitamine D en fonction de la pratique de l'activité physique

La valeur $p=0,041$ indique que la liaison observée est statistiquement significative, signifiant que la pratique de l'activité physique influence de manière notable les niveaux de vitamine D chez les enfants de cette population étudiée. En effet, en observant le graphique illustré dans la **Figure 30**, on constate que les enfants inactifs présentent une proportion plus élevée de taux de vitamine D compris entre [30-100] ng/ml, tandis que ceux qui sont actifs ont une proportion plus importante dans la fourchette de [20-30] ng/ml.

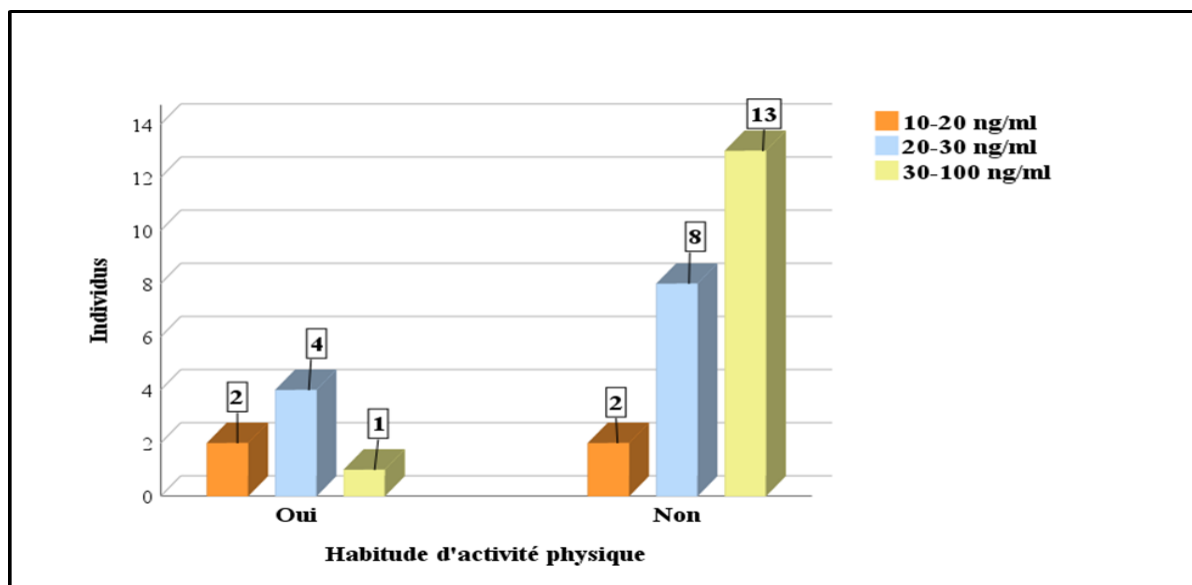


Figure 30 : Représentation des taux de la vitamine D en fonction de l'activité physique.

En effet, nos résultats semblent en accord avec l'étude NHANES III, qui suggèrent que l'activité physique est liée à des niveaux plus élevés de vitamine D en raison d'une exposition accrue au soleil (Wolpowitz et Gilcrest, 2006). Cependant, Des études montrent que les niveaux de vitamine D varient selon l'exposition solaire et les saisons, soulignant l'importance des activités en plein air et de la supplémentation pour prévenir les déficits, notamment en hiver ou lors d'entraînements en intérieur ou nocturnes (Wyon et al., 2014 ; Lafleur et al., 2016 ; Hamilton et al., 2014).

Il est important de souligner que le contexte de notre étude peut différer de celui des recherches antérieures. En effet, les parents des enfants de notre étude n'ont pas précisé le type de sport pratiqué, ce qui peut influencer la précision de nos résultats car chaque sport peut impliquer des niveaux différents d'exposition au soleil et des intensités variables d'activité physique.

III.2.9 Taux de la vitamine D en fonction de la durée d'exposition au soleil

L'analyse statistique révèle une liaison significative entre le taux de vitamine D et la durée d'exposition au soleil ($p=0,038$). La représentation graphique des taux de vitamine D en fonction de la durée d'exposition au soleil (**Figure 31**) montre que pour une exposition de moins de 15 minutes, la majorité des individus (30%) présentent des taux de vitamine D de [20-30] ng/ml. En revanche, pour une exposition de [15-30] minutes, la majorité des individus (33,33%) atteignent des niveaux de vitamine D de [30-100] ng/ml. Ces données suggèrent que des durées d'exposition plus longues sont associées à des niveaux de vitamine D plus élevés.

Nos résultats sont corroborés par d'autres recherches, **Mansour et al., (2012) et Puri et al., (2008)**, ont rapporté la présence d'une corrélation positive entre la durée d'exposition solaire et les niveaux de vitamine D sérique. Cependant, des études, comme celle menée au Qatar (**Bener, 2009**), mettent en évidence les défis associés à une exposition solaire insuffisante malgré un ensoleillement important, soulignant ainsi l'impact des facteurs environnementaux et géographiques et du mode de vie.

Les variations des concentrations de vitamine D observées chez la population étudiée, malgré une période théoriquement propice à sa synthèse cutanée (mars à mai), soulignent les effets de la latitude locale, ainsi que de la pollution urbaine et du mode de vie sur l'efficacité de cette synthèse. (**Scarlett, 2003**).

Une étude estivale a montré des niveaux de vitamine D plus élevés, réduisant ainsi le besoin de supplémentation, notamment chez les enfants vivant en milieu rural ou en altitude, où l'ensoleillement est plus intense. Ces constatations mettent en évidence la nécessité de considérer ces facteurs dans l'élaboration de recommandations en matière d'exposition solaire et de supplémentation en vitamine D, conformément aux directives de la Société Européenne d'Endocrinologie Pédiatrique, qui recommandent une exposition solaire régulière pour maintenir des niveaux suffisants de vitamine D (**Bikle, 2014**).

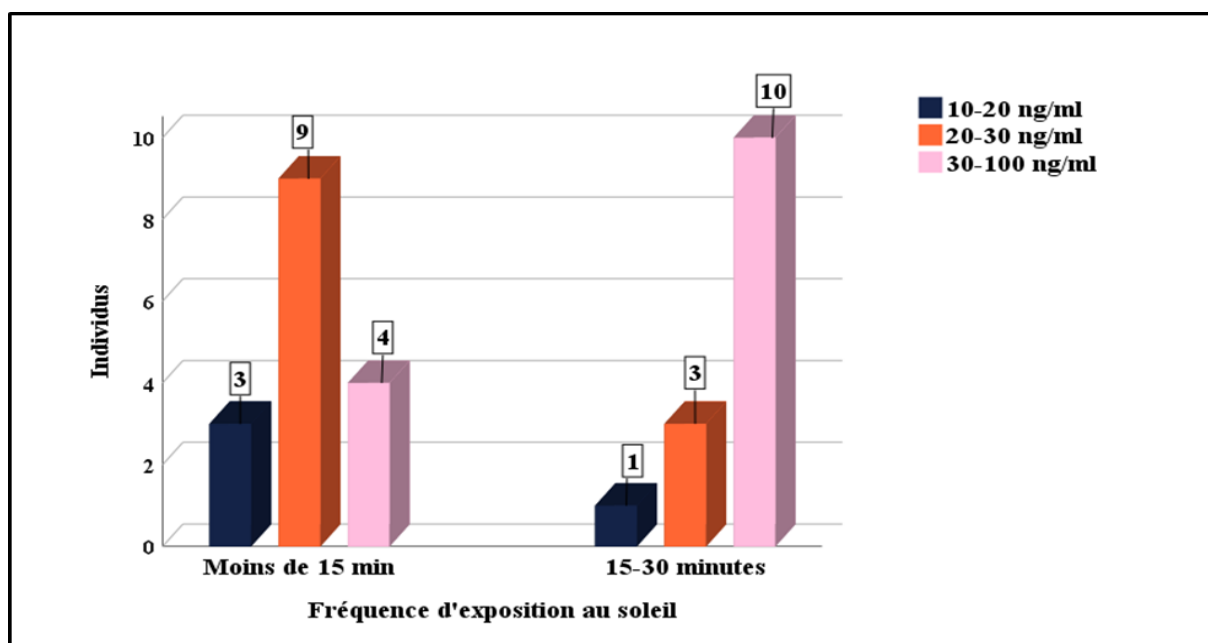


Figure 31 : Représentation graphique des taux de la vitamine D en fonction de la durée d'exposition au soleil.

III.3 Recommandations

En raison du manque de données épidémiologiques sur les taux de vitamine D chez la population pédiatrique algérienne (Menzer et Bachtarzi, 2024) et de la prévalence élevée de l'hypovitaminose D observée dans notre étude menée à Bejaia, il est essentiel de mener des recherches approfondies à travers le pays. L'Algérie, vaste territoire aux climats variés, nécessite des études spécifiques pour chaque wilaya afin de mieux appréhender les différences régionales en matière de statut vitaminique D, en fonction de l'âge et du sexe. Ces recherches permettront de formuler des recommandations adaptées et de réviser la politique de supplémentation en vitamine D.

Les recommandations de dosage de vitamine D pour les enfants sont les suivantes : pour les enfants de 0 à 12 mois, 400 UI (10 ug) par jour ; pour les enfants de 1 à 18 ans, 600 UI (15 ug) par jour. Ces doses visent à assurer des concentrations sériques adéquates de 25-hydroxyvitamine D pour soutenir la santé osseuse et globale des enfants (Salle, 2012).

Cependant, encourager l'activité physique en plein air et prendre en compte certains facteurs de risque, comme l'obésité chez les enfants et le port du voile chez les filles, sont des mesures nécessaires. Une supplémentation systématique pour ces groupes à risque s'avère indispensable.

Par ailleurs, l'hypovitaminose D, souvent non diagnostiquée pendant une longue période, doit être suspectée face à des symptômes non spécifiques tels que l'asthénie, les douleurs diffuses (souvent qualifiées de "douleurs de croissance"), et les fractures suite à des traumatismes minimes. Enrichir certains aliments, notamment les produits laitiers, en vitamine D pourrait également être bénéfique.

Enfin, il est important de surveiller les dosages de vitamine D, surtout chez les enfants ayant suivi l'ancien calendrier vaccinal. Pour éviter tout risque de toxicité, il est recommandé de ne pas prendre de vitamine D sans prescription médicale ni dosage préalable.



Conclusion et perspectives

IV Conclusion et perspectives

L'objectif de cette étude était l'évaluation d'efficacité de la supplémentation en vitamine D administrée à un mois et à six mois pour prévenir la carence en vitamine D chez des enfants de plus de 12 mois à Bejaïa. Les principaux résultats de notre recherche indiquent que la majorité des enfants présentent des niveaux de vitamine D insuffisants, ce qui incite la projection d'hypothèse de recherche sur cette approche de supplémentation. Par conséquent, nous avons lié ces résultats à d'autres facteurs pouvant influencer les taux plasmatiques de vitamine D chez la population étudiée.

En premier lieu, bien que la majorité des enfants s'exposent au soleil, les niveaux insuffisants de vitamine D notés peuvent être attribués à des facteurs environnementaux et personnels limitant l'exposition au soleil. En second lieu, aucune corrélation significative n'a été trouvée entre l'âge des enfants et le taux de vitamine D. En troisième lieu, les enfants moins actifs présentent des niveaux plus élevés de vitamine D comparés aux enfants actifs. En outre, l'âge de diversification alimentaire ne semble pas avoir d'impact significatif sur les niveaux de vitamine D, même si la diversité alimentaire est généralement bénéfique à long terme. Enfin, aucune relation claire n'a été établie entre les niveaux de vitamine D et la présence de symptômes de carence, bien que la vitamine D soit connue pour jouer un rôle protecteur contre les infections des voies respiratoires.

Les résultats obtenus dans cette présente étude sont préliminaires, il serait pertinent de poursuivre cette étude en réalisant un dosage, après 6 mois, de vitamine D de notre population ; d'explorer l'impact de la supplémentation en vitamine D sur une période plus longue et avec une population plus large. De plus, il serait intéressant de mener des études comparatives sur l'efficacité de l'ancien calendrier vaccinal et le nouveau système de supplémentation (**Annexe III**) qui comprennent des doses supplémentaires plus que le supplément de 1 mois et 6 mois dans le but d'améliorer la santé globale des populations pédiatriques.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

- **Absoud, Michael, Carole Cummins, Ming J. Lim, Evangeline Wassmer, et Nick Shaw.** 2011. « Prevalence and Predictors of Vitamin D Insufficiency in Children: A Great Britain Population Based Study » éd. Conrad P. Earnest. PLoS ONE 6(7): e22179. doi:10.1371/journal.pone.0022179.
- **Armbrecht, H J, T L Hodam, et M A Boltz.** 2003. « Hormonal Regulation of 25-Hydroxyvitamin D3-1 α -Hydroxylase and 24-Hydroxylase Gene Transcription in Opossum Kidney Cells ». Archives of Biochemistry and Biophysics.

B

- **Basha, Bassem, D.Sudhaker Rao, Zei-Hui Han, et A.Michael Parfitt.** 2000. « Osteomalacia Due to Vitamin D Depletion: A Neglected Consequence of Intestinal Malabsorption ». The American Journal of Medicine 108(4): 296-300. doi:10.1016/S0002-9343(99)00460-X.
- **Ben Slama, F., I. Ayari, F. Ouzini, O. Belhadj, et N. Achour.** 2010. « Exclusive breastfeeding and mixed feeding: knowledge, attitudes and practices of primiparous mothers ». Eastern Mediterranean Health Journal 16(06): 630-35. doi:10.26719/2010.16.6.630.
- **Bikle, Daniel D.** 2014. « Vitamin D Metabolism, Mechanism of Action, and Clinical Applications ». Chemistry & Biology 21(3): 319-29. doi:10.1016/j.chembiol.2013.12.016.
- **Bischoff-Ferrari, Heike A., Walter C. Willett, John B. Wong, Edward Giovannucci, Thomas Dietrich, et Bess Dawson-Hughes.** 2005. « Fracture Prevention With Vitamin D Supplementation: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials ». JAMA 293(18): 2257. doi:10.1001/jama.293.18.2257.
- **Black, Robert E, Cesar G Victora, Susan P Walker, Zulfiqar A Bhutta, Parul Christian, Mercedes De Onis, Majid Ezzati, et al.** 2013. « Maternal and Child Undernutrition and Overweight in Low-Income and Middle-Income Countries ». The Lancet 382(9890): 427-51. doi:10.1016/S0140-6736(13)60937-X.

C

- **Cannell, J. J., R. Vieth, J. C. Umhau, M. F. Holick, W. B. Grant, S. Madronich, C. F. Garland, et E. Giovannucci.** 2006. « Epidemic Influenza and Vitamin D ». Epidemiology and Infection 134(6): 1129-40. doi:10.1017/S0950268806007175.

- **Cavalier, E., et J.-C. Souberbielle.** 2009. « La vitamine D : effets « classiques », « non classiques » et évaluation du statut du patient ». *Médecine Nucléaire* 33(1): 7-16. doi:10.1016/j.mednuc.2008.10.001.
- **Cinquanta, Luigi, Desré Ethel Fontana, et Nicola Bizzaro.** 2017. « Chemiluminescent Immunoassay Technology: What Does It Change in Autoantibody Detection? » *Autoimmunity Highlights* 8(1): 9. doi:10.1007/s13317-017-0097-2.

D

- **D'Auria, Enza, Barbara Borsani, Erica Pendezza, Alessandra Bosetti, Laura Paradiso, Gian Vincenzo Zuccotti, et Elvira Verduci.** 2020. « Complementary Feeding: Pitfalls for Health Outcomes ». *Int. J. Environ. Res. Public Health*.
- **De Angelis, Cristina, Mariano Galdiero, Claudia Pivonello, Francesco Garifalos, Davide Menafra, Federica Cariati, Ciro Salzano, et al.** 2017. « The Role of Vitamin D in Male Fertility: A Focus on the Testis ». *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders* 18(3): 285-305. doi:10.1007/s11154-017-9425-0.
- **De Guia, Teresita S.** 1996. « Acute Respiratory Distress Syndrome: Diagnosis and Management ». *Respirology* 1(1): 23-30. doi:10.1111/j.1440-1843.1996.tb00007.x.
- **Deluca, Hector F., et Margherita T. Cantorna.** 2001. « Vitamin D: Its Role and Uses in Immunology 1 ». *The FASEB Journal* 15(14): 2579-85. doi:10.1096/fj.01-0433rev.
- **DZDOC.** « CALENDRIER VACCINAL EN ALGÉRIE », [en ligne], [<https://dzdoc.com/sante/conseils-doc/calendrier-vaccinal-en-algerie/>], (consulté le 20/06/2024 à 20.08).

E

- **Eloranta, Jyrki J., et Gerd A. Kullak-Ublick.** 2005. « Coordinate Transcriptional Regulation of Bile Acid Homeostasis and Drug Metabolism ». *Archives of Biochemistry and Biophysics* 433(2): 397-412. doi:10.1016/j.abb.2004.09.019.
- **Esposito, Susanna, et Mara Lelii.** 2015. « Vitamin D and Respiratory Tract Infections in Childhood ». *BMC Infectious Diseases* 15(1): 487. doi:10.1186/s12879-015-1196-1.
- **Everett, Phyllis C.** 2008. « The Prevalence of Vitamin D Deficiency and Insufficiency in a Hematology-Oncology Clinic ». *Clinical Journal of Oncology Nursing* 12(1): 33-35. doi:10.1188/08.CJON.33-35.

G

• **Gao, X-H, P P Dwivedi, J L Omdahl, H A Morris, et B K May.** 2004. « Calcitonin Stimulates Expression of the Rat 25-Hydroxyvitamin D3-24-Hydroxylase (CYP24) Promoter in HEK-293 Cells Expressing Calcitonin Receptor: Identification of Signaling Pathways ». *Journal of Molecular Endocrinology*.

H

• **Hamilton, Bruce, Rod Whiteley, Abdulaziz Farooq, et Hakim Chalabi.** 2014. « Vitamin D Concentration in 342 Professional Football Players and Association with Lower Limb Isokinetic Function ». *Journal of Science and Medicine in Sport* 17(1): 139-43. doi:10.1016/j.jsams.2013.03.006.

• **Harrison, Leila, Zahra Padhani, Rehana Salam, Christina Oh, Komal Rahim, Maria Maqsood, Anna Ali, et al.** 2023. « Dietary Strategies for Complementary Feeding between 6 and 24 Months of Age: The Evidence ». *Nutrients* 15(13): 3041. doi:10.3390/nu15133041.

• **Heaney, Robert P.** 2008. « Vitamin D: Criteria for Safety and Efficacy: Nutrition Reviews©, Vol. 66, No. S2 ». *Nutrition Reviews* 66: S178-81. doi:10.1111/j.1753-4887.2008.00102.x.

• **Hewison, M, D Zehnder, R Bland, et P M Stewart.** 2000. « 1-Hydroxylase and the Action of Vitamin D ». *Journal of Molecular Endocrinology*.

• **Héraud, Catherine.** 2016. « La vitamine D vue à travers le prisme du Marmandais ».

• **Hoenderop, Joost G. J., Bernd Nilius, et René J. M. Bindels.** 2005. « Calcium Absorption Across Epithelia ». *Physiological Reviews* 85(1): 373-422. doi:10.1152/physrev.00003.2004.

• **Holick, Michael F, Tai C Chen, Zhiren Lu, et Edward Sauter.** 2007. « Vitamin D and Skin Physiology: A D-Lightful Story ».

• **Holick, Michael F.** 2018. « The Influence of Vitamin D on Bone Health Across the Life Cycle ». *VITAMIN D*.

• **Hutchinson, Peter E, Joy E Osborne, John T Lear, Andrew G Smith, P William Bowers, Paul N Morris, Peter W Jones, et al.** 1999. « Vitamin D Receptor Polymorphisms Are Associated with Altered Prognosis in Patients with Malignant Melanoma ».

I

• **Ismailova, Aiten, et John H. White.** 2022. « Vitamin D, Infections and Immunity ». *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders* 23(2): 265-77. doi:10.1007/s11154-021-09679-5.

K

- **Keane, Jeremy, Harendran Elangovan, Rebecca Stokes, et Jenny Gunton.** 2018. « Vitamin D and the Liver—Correlation or Cause? » *Nutrients* 10(4): 496. doi:10.3390/nu10040496.
- **Kumar, Juhi, Paul Muntner, Frederick J. Kaskel, Susan M. Hailpern, et Michal L. Melamed.** 2009. « Prevalence and Associations of 25-Hydroxyvitamin D Deficiency in US Children: NHANES 2001–2004 ». *Pediatrics* 124(3): e362-70. doi:10.1542/peds.2009-0051.

L

- **Laadjel, Rania, et Salima Taleb.** 2020. « Facteurs associés à l'âge d'initiation de la diversification alimentaire chez des enfants âgés de 6 à 60 mois dans l'est algérien : corrélation à l'état nutritionnel ». *Nutrition Clinique et Métabolisme* 34(3): 238-47. doi:10.1016/j.nupar.2020.03.004.
- **Lafleur, M., J.-M. Serra, S. Nguyen, F. Depiesse, et P. Edouard.** 2016. « Vitamine D et Sports ». *Journal de Traumatologie du Sport* 33(2): 110-13. doi:10.1016/j.jts.2015.12.006.
- **Lambert, P W, P H Stern, R C Avioli, N C Brackett, R T Turner, A Greene, I Y Fu, et N H Bell.** 1982. « Evidence for Extrarenal Production of 1 Alpha ,25-Dihydroxyvitamin D in Man. » *Journal of Clinical Investigation* 69(3): 722-25. doi:10.1172/JCI110501.
- **Landrier, Jean-François.** 2014. « Vitamine D : sources, métabolisme et mécanismes d'action ». *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 49(6): 245-51. doi:10.1016/j.cnd.2014.07.008.
- **Lemieux, Danièle.** 2023. « Suppléments de vitamine D chez le nourrisson ».
- **Lutter, Chessa K, Laurence Grummer-Strawn, et Lisa Rogers.** 2021. « Complementary Feeding of Infants and Young Children 6 to 23 Months of Age ». *Nutrition Reviews* 79(8): 825-46. doi:10.1093/nutrit/nuaa143.

M

- **Mansbach, Jonathan M., Adit A. Ginde, et Carlos A. Camargo.** 2009. « Serum 25-Hydroxyvitamin D Levels Among US Children Aged 1 to 11 Years: Do Children Need More Vitamin D? » *Pediatrics* 124(5): 1404-10. doi:10.1542/peds.2008-2041.
- **Mansour, MahaM. H. K., et KhaledM Alhadidi.** 2012. « Vitamin D Deficiency in Children Living in Jeddah, Saudi Arabia ». *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism* 16(2): 263. doi:10.4103/2230-8210.93746.

- **Martineau, Adrian R, David A Jolliffe, Richard L Hooper, Lauren Greenberg, John F Aloia, Peter Bergman, Gal Dubnov-Raz, et al.** 2017. « Vitamin D Supplementation to Prevent Acute Respiratory Tract Infections: Systematic Review and Meta-Analysis of Individual Participant Data ». *BMJ*: i6583. doi:10.1136/bmj.i6583.
- **Monge-Montero, Carmen, Liandr  F Van Der Merwe, Katerina Papadimitropoulou, Carlo Agostoni, et Paola Vitaglione.** 2020. « Mixed Milk Feeding: A Systematic Review and Meta-Analysis of Its Prevalence and Drivers ». *Nutrition Reviews* 78(11): 914-27. doi:10.1093/nutrit/nuaa016.
- **Moon, Samuel J., Anthony A. Fryer, et Richard C. Strange.** 2005. « Ultraviolet Radiation, Vitamin D and Risk of Prostate Cancer and Other Diseases ». *Photochemistry and Photobiology* 81(6): 1252-60. doi:10.1562/2005-01-20-IR-421.
- **Munger, Kassandra L, Lynn I Levin, Bruce W Hollis, Noel S Howard, et Alberto Ascherio.** 2006. « Serum 25-Hydroxyvitamin D Levels and Risk of Multiple Sclerosis ».
- **Murayama, Akiko, Mi-sun Kim, Junn Yanagisawa, Ken-ichi Takeyama, et Shigeaki Kato.** 2004. « Transrepression by a Liganded Nuclear Receptor via a bHLH Activator through Co-Regulator Switching ». *The EMBO Journal* 23(7): 1598-1608. doi:10.1038/sj.emboj.7600157.

N

- **Nykjaer, Anders, Duska Dragun, Diego Walther, Henrik Vorum, Christian Jacobsen, Joachim Herz, Flemming Melsen, Erik Ilsoe Christensen, et Thomas E Willnow.** 1999. « An Endocytic Pathway Essential for Renal Uptake and Activation of the Steroid 25-(OH) Vitamin D3 ». *Cell* 96(4): 507-15. doi:10.1016/S0092-8674(00)80655-8.
- **NESTLE NUTRIPRO.** « Calculez l'IMC de l'enfant », [en ligne], [<https://www.nutripro.nestle.fr/outil/calcul-imc-enfant-adolescent>], (consulté le 20/06/2024   8 heure).

P

- **Pascussi, Jean Marc, Agnes Robert, Minh Nguyen, Odile Walrant-Debray, Michèle Garabedian, Pascal Martin, Thierry Pineau, et al.** 2005. « Possible Involvement of Pregnane X Receptor–Enhanced CYP24 Expression in Drug-Induced Osteomalacia ». *Journal of Clinical Investigation* 115(1): 177-86. doi:10.1172/JCI21867.
- **Pazaitou-Panayiotou, K., P. Papapetrou, A. Chrisoulidou, S. Konstantinidou, E. Doumala, E. Georgiou, V. Panagiotou, et al.** 2012. « Height, Whole Body Surface Area,

Gender, Working Outdoors, and Sunbathing in Previous Summer Are Important Determinants of Serum 25-Hydroxyvitamin D Levels ». *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes* 120(01): 14-22. doi:10.1055/s-0031-1285912.

• **Puri, Seema, Raman K. Marwaha, Neha Agarwal, Nikhil Tandon, Rashmi Agarwal, Khushi Grewal, D. H. K. Reddy, et Satveer Singh.** 2008. « Vitamin D Status of Apparently Healthy Schoolgirls from Two Different Socioeconomic Strata in Delhi: Relation to Nutrition and Lifestyle ». *British Journal of Nutrition* 99(4): 876-82. doi:10.1017/S0007114507831758.

R

• **Reinehr, Thomas, Gideon de Sousa, Ute Alexy, M Kersting, et Werner Andler.** 2007. « Vitamin D Status and Parathyroid Hormone in Obese Children before and after Weight Loss ». *EUROPEAN JOURNAL OF ENDOCRINOLOGY*.

• **Rockell, Jennifer E., Timothy J. Green, C. Murray Skeaff, Susan J. Whiting, Rachael W. Taylor, Sheila M. Williams, Winsome R. Parnell, et al.** 2005. « Season and Ethnicity Are Determinants of Serum 25-Hydroxyvitamin D Concentrations in New Zealand Children Aged 5–14 y ». *The Journal of Nutrition* 135(11): 2602-8. doi:10.1093/jn/135.11.2602.

S

• **Salle, Bernard.** 2012. « Statut vitaminique, rôle extra osseux et besoins quotidiens en vitamine D ». *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine* 196(4 5): 1011 15. doi:10.1016/S0001-4079(19)31761-3.

• **Scarlett, William L.** « Ultraviolet Radiation: Sun Exposure, Tanning Beds, and Vitamin D Levels. What You Need to Know and How to Decrease the Risk of Skin Cancer ».

• **Serra-Majem, Lluís, Lourdes Ribas-Barba, Carmen Pérez-Rodrigo, et Javier Aranceta Bartrina.** 2006. « Nutrient Adequacy in Spanish Children and Adolescents ». *British Journal of Nutrition* 96(S1): S49-57. doi:10.1079/BJN20061701.

• **Souberbielle, J.-C., D. Prié, M. Courbebaisse, G. Friedlander, P. Houillier, G. Maruani, E. Cavalier, et C. Cormier.** 2008. « Actualité sur les effets de la vitamine D et l'évaluation du statut vitaminique D ». *Annales d'Endocrinologie* 69(6): 501-10. doi:10.1016/j.ando.2008.07.010.

T

- **Taheri, Zahra, Mahin Ghafari, Abdollah Hajivandi, et Masoud Amiri.** 2014. « Vitamin D Deficiency in Children and Adolescents; an International Challenge ». *Journal of Parathyroid Disease* 2(1).
- **Theurich, Melissa A, Veit Grote, et Berthold Koletzko.** 2020. « Complementary Feeding and Long-Term Health Implications ». *Nutrition Reviews* 78(Supplement_2): 6-12. doi:10.1093/nutrit/nuaa059.
- **Tissandié, Emilie, Yann Guéguen, Jean-Marc A.Lobaccaro, Jocelyne Aigueperse, et Maâmar Souidi.** 2006. « Vitamine D : Métabolisme, régulation et maladies associées ». *médecine/sciences* 22(12): 1095-1100. doi:10.1051/medsci/200622121095.

Y

- **Vatant, Aimée.** 2011. « La vitamine D : ses propriétés et son utilisation en médecine humaine».
- **Vidailhet, M., E. Mallet, A. Bocquet, J.-L. Bresson, A. Briend, J.-P. Chouraqui, D. Darmaun, et al.** 2012. « Vitamin D: Still a Topical Matter in Children and Adolescents. A Position Paper by the Committee on Nutrition of the French Society of Paediatrics ». *Archives de Pédiatrie* 19(3): 316 28. doi:10.1016/j.arcped.2011.12.015.
- **Vieth, R.** 1994. « Simple Method for Determining Specific Binding Capacity of Vitamin D-Binding Protein and Its Use to Calculate the Concentration of “Free” 1,25-Dihydroxyvitamin D ». *Clinical Chemistry* 40(3): 435 41. doi:10.1093/clinchem/40.3.435.
- **Vieux, Florent, Matthieu Maillot, Florence Constant, et Adam Drewnowski.** 2016. « Water and Beverage Consumption among Children Aged 4–13 Years in France: Analyses of INCA 2 (Étude Individuelle Nationale Des Consommations Alimentaires 2006–2007) Data ». *Public Health Nutrition* 19(13): 2305 14. doi:10.1017/S1368980015003614.

W

- **Webb, Ann R.** 2006. « Who, What, Where and When—Influences on Cutaneous Vitamin D Synthesis ». *Progress in Biophysics and Molecular Biology*.
- **Weng, Francis L, Justine Shults, Mary B Leonard, Virginia A Stallings, et Babette S Zemel.** 2007. « Risk Factors for Low Serum 25-Hydroxyvitamin D Concentrations in Otherwise Healthy Children and Adolescents ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 86(1): 150-58. doi:10.1093/ajcn/86.1.150.

- **Wierzbicka, Alicja, et Maria Oczkowicz.** 2022. « Sex Differences in Vitamin D Metabolism, Serum Levels and Action ». *British Journal of Nutrition* 128(11): 2115-30. doi:10.1017/S0007114522000149.
- **Wolpowitz, Deon, et Barbara A Gilchrest.** 2006. « The Vitamin D Questions: How Much Do You Need and How Should You Get It? » *J AM ACAD DERMATOL* 54(2).
- **Wyon, Matthew A.** 2014. « The Influence of Winter Vitamin D Supplementation on Muscle Function and Injury Occurrence in Elite Ballet Dancers: A Controlled Study ». *Journal of Science and Medicine in Sport*.

Y

- **Yazarlou, Fatemeh, Fatemeh Alizadeh, Leonard Lipovich, Roberta Giordo, et Soudeh Ghafouri-Fard.** 2024. « Tracing Vitamins on the Long Non-Coding Lane of the Transcriptome: Vitamin Regulation of LncRNAs ». *Genes & Nutrition* 19(1): 5. doi:10.1186/s12263-024-00739-4.



Annexes

Annexe I



Questionnaire



Formulaire destiné pour l'évaluation de la

supplémentation en vitamine D chez des enfants au niveau du service pédiatrie du CHU Targa ouzemmour Bejaia.

Nom /Prénom de patient :

Code de prélèvement :

Contacte d'urgence :

Non motionné

1. Prévenance (Wilaya) :

Non mentionné

2. Sexe de l'enfant :

Masculin

Féminin

3. Motif de consultation :

4. Date :

Lieu :

5. Date de naissance :

6. Poids de l'enfant (kg) :

Non mentionné

7. Taille de l'enfant (mètre) :

Non mentionné

8. Antécédents médicaux de l'enfant :

Oui

Non

Si **Oui** : Maladie (s)

Traitement actuel :

9. a/ Age de diversification de l'enfant :

Non mentionné

9.b/Quels sont ces aliments :

Non mentionné

10. Régime alimentaire de l'enfant :

Poissons

Sardines en conserve

Œufs

Fromage

Foie de poulet

Lait

Champignons

Yaourt

11. Type d'Allaitement de l'enfant :

Allaitement maternel exclusif

La durée :

Allaitement artificiel

La durée :

La date d'introduction :

Allaitement mixte (maternel + alimentation)

Allaitement mixte (maternel +artificiel)

Allaitement mixte (maternel + artificiel) + alimentation

Autres (Précisez) :

12. Quels sont les aliments que votre enfant ne mange pas :

Légumes :

Fruits :

Viandes :

Autres (Précisez) :

13. L'enfant a reçu toutes les doses de supplémentation en vitamine D

a / 1 mois

Oui

Non

Si **Oui** : la dose :

b / de 6 mois

Oui

Non

Si **Oui** : la dose :

c / Modalité de prise de la dose de supplémentation en vitamine D :

Biberon

Cuillère

Ampoule

Autres (Prenez) :

14. **a/** Supplémentation en vitamine D en dehors en dehors du programme vaccinal :

Oui

Non

Si Oui : Dose :

Fréquence :

Forme :

14.b/ Avez-vous remarqué une amélioration en qualité de vie de votre enfant après prise de supplémentation en vitamine D ?

- Oui
- Non
- Autres (Précisez) :

14. c/ Effets secondaires constatés à la supplémentation en vitamine D :

- Constipation
- Nausées
- Perte d'appétit
- Irritabilité
- Autres (Précisez)

15. Habitude d'activité physique (Sport) :

- Oui
- Non

16. Exposition au soleil :

- Moins de 15 minutes par jour
- 15-30 minutes par jour
- Autres (Précisez) :

17. est-ce que cette enfant a fait déjà un dosage en vitamine D :

- Oui
- Non
- Si **Oui** : quelles sont les résultats :

18. L'enfant a-t-il des antécédents médicaux familiaux de carence en vitamine D :

- Oui
- Non
- Si **Oui** : précisez :
- Père

- Mère
- Sœur
- Frère
- Grand- père paternel
- Grand- mère paternelle
- Grand-père maternel
- Grand-mère maternelle
- Aucun
- Autres (précisez) :

19. Votre enfant a-t-il eu une fracture ou présente une diminution de densité osseuse ?

- Oui
- Non
- Autres (Précisez) :

20. L'enfant présente-t-il des épisodes allergiques ?

- Oui
- Non
- Autres (Précisez) :

Par apport à quoi cette allergie ?.....

21. Fréquences des visites médicales :

22. Symptômes potentiels de carence en vitamine D :

- Fatigue
- Douleurs osseuses
- Faiblesse musculaire
- Difficulté à se concentrer
- Autres :

23. L'enfant présente-t-il des signes de rachitisme :

Oui

Non

Si **Oui** précisez :

Déformations osseuses

Retard de la marche

Fractures faciles

Dentition primaire retardé

Autres.....

24. L'enfant présente-t-il des signes de retard de croissance ?

Oui

Non

Si **Oui** précisez :

Croissance lente

Petite taille

Poids insuffisant

Autres.....

25. L'enfant présente-t-il des signes Hypocalcémie ?

Oui

Non

Si **Oui** précisez :

Crampes musculaires

Convulsions

Irritabilité

Autres.....

26. l'enfant présente-t-il des signes d'asthme ?

Oui

Non

Si **Oui** précisez :

Essoufflement

Toux persistantes

Utilisation d'un bronchodilatateur

Autres.....

27. L'enfant présente-t-il des signes de bronchiolite ?

Oui

Non

Si **Oui** précisez :

Respiration rapide

Respiration sifflante

Toux sèche

Fatigue

Fièvre

Autres.....

28. L'enfant présente-t-il des signes de pneumonie ?

Oui

Non

Si **Oui** précisez :

Fièvre élevée

Toux productive

Douleurs thoraciques

Vomissement

Autres.....

29. L'enfant présente-t-il des signes trouble urinaire ?

Oui

Non

Si **Oui** précisez :

Douleurs en urinant

Envie fréquente d'uriner

Brûlures en urinant

Besoins urgent d'uriner

Autres

30. L'enfant présente-t-il des signes de Trouble de croissance ?

Oui

Non

Si **Oui** précisez :

Petite taille par rapport à l'âge

Fragilité osseuse

Faible gain en poids

Epuisement physique

Autres.....

31. L'enfant présente-t-il des signes de Trouble digestive ?

Oui

Non

Si **Oui** précisez :

Diarrhée

Nausées et vomissements

Douleurs abdominales

Autres.....

32. Résultats de dosage de la vitamine D :

Taux de vitamine D :

Unité :

33. Méthode de dosage :

Réalisé par :

- Encadrant : Dr BAHLOUL-CHERAFT Nassima.
- Co-encadrant : Dr KARA KENDI Salima.
Pr MAGHERBI-AHMANE Hassina.
- Etudiantes : MOUSSAOUI Lydia.
OUAHRANI Ismahane.

Annexe II

L'IMC des enfants et des adolescents est calculé à l'aide d'un stimulateur disponible sur le site <https://www.nutripro.nestle.fr/outil/calcul-imc-enfant-adolescent> (consulté le **20/06/2024 à 8 heure**). Ce calcul intègre le poids en Kg, la taille en mètre, l'âge en années et le sexe. Les percentiles d'IMC utilisés sont basés sur les propositions de Kromeyer-Hauschild (**Kromeyer-Hauschild et al., 2001**).

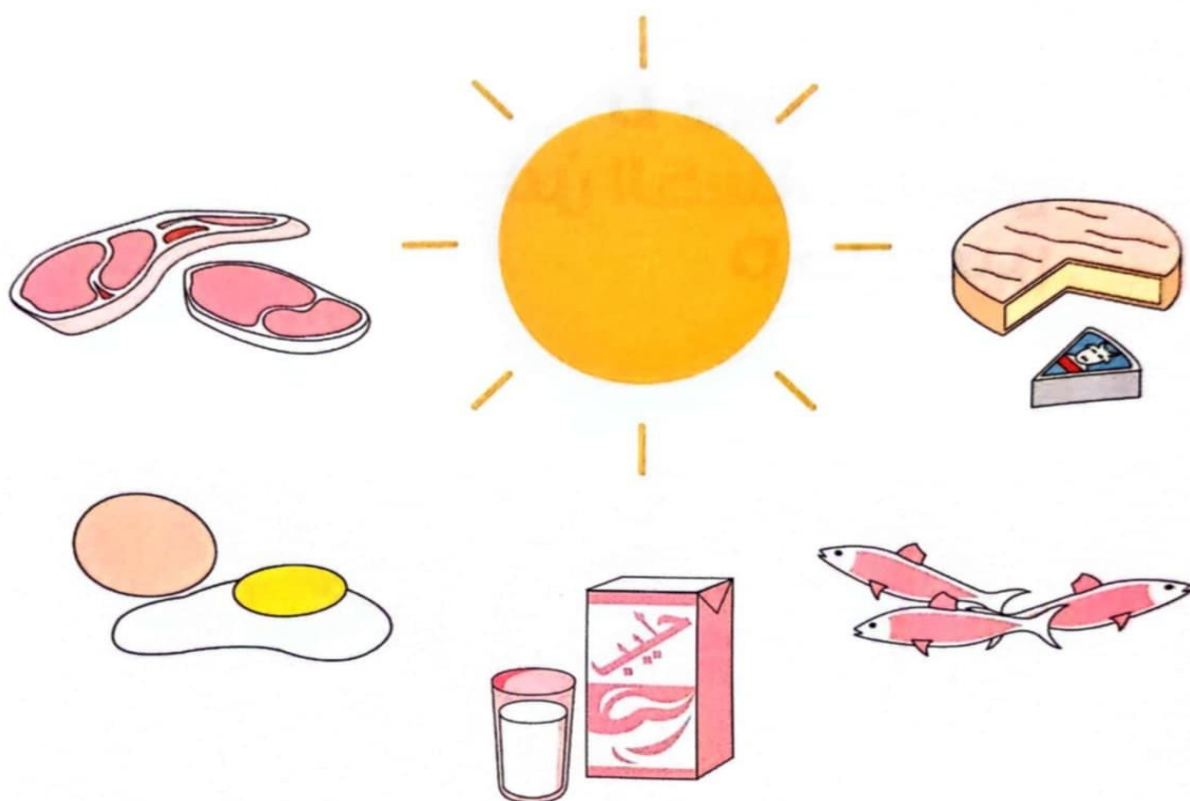
<3 ^{ème} percentile	Très insuffisance pondérale
3 ^{ème} au 10 ^{ème} percentile	Insuffisance pondérale
10 ^{ème} -90 ^{ème} percentile	Poids normal
90 ^{ème} au 97 ^{ème} percentile	Surpoids
>97 ^{ème} percentile	Obésité

Annexe III

Le système Algérien actuel de supplémentation en vitamine D dans le cadre de la prévention de rachitisme et de l'insuffisance en vitamine D en pédiatrie.

**PRÉVENTION DU RACHITISME ET DE
L'INSUFFISANCE EN VITAMINE D**

الوقاية من الكساح
ونقص فيتامين د



Exposer régulièrement au soleil, les bras et les jambes de votre enfant pendant 15 minutes par jour, trois fois par semaine

قم بتعرض ذراعيك وساقك طفلك لأشعة الشمس لمدة 15 دقيقة في اليوم بصفة منتظمة، ثلاث مرات في الأسبوع

Veiller à assurer à votre enfant une alimentation riche en vitamine D: produits laitiers, œufs, abats, poissons gras (sardines, thon)

احرص على أن يتناول طفلك أطعمة غنية بالفيتامين د: الحليب ومشتقاته، البيض، الأحشاء، الأسماك الدهنية (السردين، التونة)



**1 Ampoule de vitamine D3 orale
à 100.000 UI a chaque prise**

1 أمبولة فيتامين د3 ذات 100000 وحدة عن طريق الفم في كل مرة

Âge السن	Dose et forme الجرعة والطريقة	Date التاريخ	Signature et cachet الإمضاء والختم
1 mois 1 شهر			
6 mois 6 أشهر			
12 mois 12 شهراً			
18 mois 18 شهراً			

A partir de l'âge de 2 ans, il est recommandé d'administrer une ampoule de vit D de 100.000 UI à votre enfant au début de chaque hiver et ceci jusqu'à l'adolescence.

بعد عامه الثاني، يُنصح بإعطاء طفلك قارورة فيتامين د 100.000 وحدة في بداية كل فصل شتاء إلى غاية بلوغ سن المراهقة.



Les compléments alimentaires contenant de la vitamine D ne doivent pas être utilisés, ils exposent à un risque de surdosage

لا ينبغي استخدام المكملات الغذائية التي تحتوي على فيتامين د، فهي تُعرض لخطر الجرعة الزائدة.

Votre enfant recevra la vitamine D dans le centre de santé ou chez le médecin traitant.

ستعطى لطفلك في المركز الصحي أو عند طبيبه جرعات من الفيتامين د في الشهر 1، 6، 12 و18 (الزيارات الطبية المنتظمة).

Il est recommandé de poursuivre la supplémentation chez certains enfants à risque d'hypovitaminose D (malabsorption digestive, enfants sous traitement anticonvulsivant, corticothérapie au long cours...) selon les recommandations de votre médecin traitant.

يوصى بمواصلة تناول جرعات من الفيتامين د عند بعض الأطفال المعرضين لخطر الإصابة بنقص فيتامين د (سوء امتصاص الجهاز الهضمي، الأطفال الخاضعون للعلاج بمضادات الاختلاج، والعلاج بالكورتيكوستيرويد طويل الأمد، وغيرها) وفقاً لتوصيات الطبيب المعالج.

Résumé

La carence en vitamine D est un problème de santé publique croissant chez les enfants. Cette étude évalue l'efficacité des deux doses de supplémentation en vitamine D administré à l'âge de 1 mois et 6 mois chez des enfants de la wilaya de Bejaia (Algérie). Une étude transversale, utilisant un questionnaire et un dosage de la 25OHD, a montré que 60% des enfants ont des niveaux insuffisants de vitamine D. Les principaux facteurs de risque identifiés sont le mode d'exposition au soleil et une alimentation pauvre en vitamine D. L'innovation de cette étude nous oriente vers des recommandations spécifiques comprennent la mise en place de programmes de sensibilisation des parents sur l'importance de la vitamine D et la nécessité de dosages réguliers de cette vitamine chez les enfants. En outre, des mesures publiques devraient être adoptées pour enrichir les aliments en vitamine D afin de prévenir les carences.

Mots clés : Vitamine D, enfants, doses, supplément, 25OHD, facteurs.

Summary

Vitamin D deficiency is an increasing public health issue among children. This study evaluates the effectiveness of two doses of vitamin D supplementation administered at ages 1 month and 6 months among children in the wilaya of Bejaia, Algeria. A cross-sectional study using a questionnaire and 25OHD measurement showed that 60% of children have insufficient vitamin D levels. Key risk factors identified include sun exposure patterns and a diet lacking in vitamin D. The innovation of this study guides us toward specific recommendations, including the implementation of programs to raise parents' awareness of the importance of vitamin D and the need for regular vitamin D testing in children. Furthermore, public measures should be adopted to fortify foods with vitamin D to prevent deficiencies.

Keywords : Vitamin D, children, doses, supplementation, 25OHD, factors.

ملخص

نقص فيتامين د هو مشكلة صحية عامة متزايدة بين الأطفال. تقوم هذه الدراسة بتقييم فعالية جرعتين من تكملة فيتامين د التي يتم إعطاؤها في سن الشهر الأول والسادس لدى الأطفال في ولاية بجاية، الجزائر. أظهرت دراسة مستعرضة باستخدام استبيان وقياس 25OHD أن 60% من الأطفال لديهم مستويات غير كافية من فيتامين د. تم التعرف على العوامل الرئيسية المرتبطة بالمخاطر مثل أنماط التعرض لأشعة الشمس والنظام الغذائي الذي يفتقر إلى فيتامين د. توجهننا ابتكار هذه الدراسة نحو توصيات محددة تشمل تنفيذ برامج لزيادة وعي الآباء بأهمية فيتامين د والحاجة إلى فحوصات دورية لمستويات فيتامين د لدى الأطفال. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي اتخاذ تدابير عامة لتدعيم الأطعمة بفيتامين د لمنع حالات النقص.

الكلمات الرئيسية: فيتامين د، أطفال، جرعات، تكملة، عوامل