



HAL
open science

**Dépistage de l'insuffisance et de la carence en vitamine
D par le médecin généraliste chez les sportifs des
catégories haut niveau et espoir à l'Île de la Réunion et
recherche de facteurs associés**

Maidier Sallaberry-Rambaud

► **To cite this version:**

Maidier Sallaberry-Rambaud. Dépistage de l'insuffisance et de la carence en vitamine D par le médecin généraliste chez les sportifs des catégories haut niveau et espoir à l'Île de la Réunion et recherche de facteurs associés. Médecine humaine et pathologie. 2014. dumas-01060693

HAL Id: dumas-01060693

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01060693>

Submitted on 4 Sep 2014

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

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



Université Bordeaux 2
U.F.R. DES SCIENCES MEDICALES

Année 2014 N° 47

Thèse pour l'obtention du
DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement
Par SALLABERRY RAMBAUD Maider

Née le 4 juin 1987 à Bayonne

Le 22 mai 2014

DEPISTAGE DE L'INSUFFISANCE ET DE LA CARENCE EN VITAMINE
D PAR LE MEDECIN GENERALISTE CHEZ LES SPORTIFS DES
CATEGORIES HAUT NIVEAU ET ESPOIR A L'ÎLE DE LA REUNION ET
RECHERCHE DE FACTEURS ASSOCIES

Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Éric BOUQUILLARD

Jury

Monsieur le Professeur Hervé DOUARD

Président

Madame le Docteur Line RIQUEL, maître de conférences associé

Rapporteur

Monsieur le Professeur Gérard DUCOS

Monsieur le Docteur Philippe DESMARCHELIER, maître de conférences associé

Monsieur le Docteur Éric BOUQUILLARD

AVANT-PROPOS : Genèse du présent travail de thèse

En novembre 2011, dès mon premier jour en stage chez le praticien en médecine générale, je fis une constatation surprenante : la grande majorité des patients chez qui mon maître de stage avait demandé un dosage sérique de vitamine D, devant des troubles variés comme des douleurs ou des crampes, s'avéraient en fait déficitaires ou carencés. En particulier, ce déficit existait chez les sujets jeunes et sportifs. Quelle en était l'explication ?

A ce stade-là, aucune idée ! Bien sûr, j'avais déjà entendu parler de ce fléau en Métropole en hiver, chez les personnes âgées, les enfants... mais sous les tropiques, et chez des jeunes sportifs de surcroît, non, cela dépassait les notions de physiologie endocrinienne que je m'étais efforcée d'acquérir durant mes études.

De plus, nous étions en été austral, sous un soleil réunionnais particulièrement présent cette année-là... Etait-ce alors un problème de surprotection face au soleil ? De pigmentation cutanée ? D'horaires d'exposition ? Ou alors de normes, de techniques de dosage ? Pourquoi donc autant de déficits en vitamine D chez des sujets qui n'avaient aucune raison d'en avoir ? Au niveau clinique, quelles pourraient être les conséquences de la découverte, fortuite ou non, de cette anomalie ? Et chez les sportifs, y aurait-il des répercussions sur leur état de santé et leurs performances ?

Une foule d'interrogations s'amassaient dans mon esprit, sans réponse dans l'immédiat. Une brève revue de la littérature m'a suffi pour comprendre que cette question était encore bien floue y compris pour les spécialistes, faisant polémique dans la communauté scientifique.

Bien que sortant un peu des sentiers battus des thèses en soins primaires, j'ai donc choisi cette problématique comme sujet de thèse, de par son côté original et multidisciplinaire. De plus, la médecine du sport m'ayant toujours intéressée, ce serait l'occasion pour moi de m'y pencher un peu. Le but, modeste mais double, serait donc d'évaluer le statut vitaminique D d'un échantillon de sportifs locaux tout en analysant leurs caractéristiques et leur pratique sportive, et d'effectuer une mise au point à propos des dernières connaissances sur cette vitamine... qui n'en est même pas une !

En espérant que ce travail de recherche et de thèse puisse trouver intérêt à vos yeux !

Bonne lecture...

REMERCIEMENTS

Au professeur DOUARD, merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury, et de vous être intéressé à ce travail.

Au professeur DUCOS, merci de m'avoir fait l'honneur de faire partie de ce jury.

Au Docteur BOUQUILLARD, merci d'avoir accepté de diriger cette thèse, sur ce sujet qui nous a tous deux interpellés.

Aux médecins généralistes qui m'ont formée et avec qui j'ai aimé travailler :

Merci à Line (Dr RIQUEL), Philippe (Dr DESMARCHELIER) : Vous avez tous les deux acceptés de participer à l'aventure en faisant partie du jury... sans oublier bien sûr Jean-Marc (Dr FRANCO), le troisième membre de cette belle équipe de maîtres de stage : vos qualités humaines, vos compétences, votre envie de transmettre le savoir, vos différentes personnalités et la belle complicité entre vous m'a donné envie d'aimer la médecine générale encore plus que je l'aimais déjà !

A tous les médecins généralistes et du sport qui ont accepté de se prêter au jeu du recrutement : messieurs les docteurs LASCHET, DUCRET, MAILLARD, MARIMOUTOU, et LEMARCHAND. Merci pour votre aide précieuse sans laquelle cette thèse n'aurait pu aboutir faute de sportifs !

A Amélie BEAUGRAND-NICOLAS et à l'Unité de Soutien Méthodologique (USM) : un immense merci pour ta disponibilité, ton aide et tes conseils précieux dans l'analyse statistique.

Au CDITM du CHU de Saint-Pierre : merci de m'avoir fait parvenir les articles et thèses bien utiles pour mener à bien ce présent travail.

A l'URML (union régionale des médecins libéraux de la Réunion) : merci d'avoir fait confiance et d'avoir accepté de financer les dosages de vitamine D. Sans vous, point d'étude !

Et bien sûr, un grand merci aux amis et à ma famille...

Surtout à toi, Damien, mon époux et coach ! Mon soutien et ma motivation quand les difficultés se font sentir. Tu me fais relativiser quand il le faut. Et tu boostes mon moral chaque jour à prendre la vie comme elle vient ! Et tu as même fait l'effort de lire la thèse... si ça ce n'est pas de l'amour...

Et puis à toi aussi, Colin, « grand frère » : du fond du cœur merci pour tes compétences en informatique, ta bonne humeur et le temps colossal consacré à l'amélioration du recueil de données puis à la relecture ! Et Cristelle : toujours là pour un petit encouragement et une cession piscine quand la pression monte !

Et tous les autres amis qui m'ont soutenue : Aurélie, Rachel, Patrick, Gaby, Luigi, Karine, Marie-Claire, et tous les autres... (Il n'y a pas assez de place pour vous dire merci !)

A ma famille :

Ama (Maman) : tu serais bien venue à la Réunion, ne serait-ce que pour un jour, juste pour la soutenance ! Cela me touche beaucoup.

Aita (Papa), qui se demande si sa fille risque d'être « collée » à la thèse, et qui a peur qu'elle se fatigue à étudier encore : « tu as déjà beaucoup travaillé ! ».

Ma sœur et mon frère, Elisabeth et Silvain : il me tarde de vous voir ! Je vous aime énormément, et les kilomètres qui nous séparent n'altèrent cela en rien.

Amatxi (ma grand-mère) : c'est peut-être toi qui, sans le vouloir, m'a poussée à faire ce métier. Je pense encore à toi tous les jours, vingt ans après.

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS : Genèse du présent travail de thèse	2
REMERCIEMENTS	3
TABLE DES MATIERES.....	5
ABREVIATIONS	8
INTRODUCTION.....	9
MATERIEL ET METHODES	12
1. Schéma d'étude	12
2. Population.....	12
a. Critères d'inclusion	12
b. Critères de non-inclusion.....	13
3. Variables et outils de mesure principaux.....	13
a. Questionnaire.....	13
b. Dosages biologiques.....	14
c. Unité et seuils choisis définissant le statut en vitamine D.....	14
4. Analyse statistique.....	15
RESULTATS	16
1. Caractéristiques de la population étudiée	16
a. Description générale et taux de participation	16
b. Données anthropométriques	17
c. Phototype.....	17
d. Pratique sportive.....	18
e. Exposition solaire	20
f. Antécédents et consommation tabagique et alcoolique	21
g. Traitements	22
h. Symptôm	22
i. Caractéristiques du dosage de 25(OH)D2+3 et des autres résultats biologiques	23
2. Résultats principaux	25
a. Taux moyen de vitamine D	25

b.	Répartition des taux de vitamine D et prévalence	25
3.	Résultats secondaires : recherche des paramètres associés au taux de vitamine D	27
a.	Phototype.....	27
b.	Pratique sportive.....	28
c.	Exposition solaire	30
d.	Antécédents de fracture et d'entorse	32
e.	Symptômes	33
f.	Saisonnalité du prélèvement.....	34
g.	Technique de dosage de 25(OH)D	35
DISCUSSION		36
1.	Statut en vitamine D	36
2.	Facteurs associés	37
a.	Exposition solaire	37
b.	Pratique sportive, antécédents fracturaires et symptômes musculo-squelettiques	38
c.	Phototype.....	39
d.	Prélèvement de 25(OH)D	40
3.	Intérêts et limites de ce présent travail	40
4.	Perspectives	42
5.	Conclusion.....	43
BIBLIOGRAPHIE		44
ANNEXES		51
1.	Prévalence dans le monde de l'insuffisance en vitamine D, d'après le poster de Lim et al présenté en 2005.....	52
2.	Métabolisme de la vitamine D (d'après Holick et al).....	53
3.	Sources alimentaires de vitamine D	55
4.	Fonction musculaire des membres inférieurs selon deux tests (le temps de parcours et l'épreuve « assis-debout »), en fonction de la concentration en 25(OH)D (en ng/mL), après ajustement sur les facteurs confondants, d'après Bischoff-Ferrari et al.....	56
5.	Valeurs de référence définissant la carence, l'insuffisance, les taux recommandés et la toxicité de la vitamine D retrouvés dans la littérature internationale depuis 2005 (France exclue), d'après la HAS	57
6.	Valeurs de référence définissant la carence, l'insuffisance, les taux recommandés et la toxicité de la vitamine D retrouvés dans la littérature française, d'après la HAS	57

7.	Avis consultatif du CPP SOOM III	58
8.	Avis de la commission locale d'éthique du CHU de la Réunion	59
9.	Information et consentement éclairé	60
10.	Questionnaire.....	62
11.	Répartition des sportifs inclus dans l'étude (effectifs et pourcentages) en fonction de leur commune d'origine.....	66
12.	Ensoleillement annuel moyen sur l'île de la Réunion	67
13.	Statut en vitamine D de différentes populations d'athlètes, d'après plusieurs revues de la littérature internationale	68
SERMENT MEDICAL D'HIPPOCRATE		69
RESUME.....		71

ABREVIATIONS

25(OH)D : 25-hydroxy-vitamine D

1.25(OH)2D : 1.25-dihydroxy-vitamine D

25(OH)D2+3 : 25-hydroxy-vitamine D2 et D3

ATCD : Antécédents

CHU : Centre Hospitalo-Universitaire

CMIA : *Chemiluminescent Microparticule Imuno Assay*

CMSR : Centre Médico-Sportif Régional

CPP SOOM III : Comité de Protection des personnes Sud-Ouest et Outre-Mer III

DMO : Densité Minérale Osseuse

ECLIA : *Electro Chemi-Luminescent Immuno Assay*

ELISA : *Enzyme-Linked immune Sorbent Assay*

ENNS : Etude Nationale Nutrition Santé

GRIO : Groupe de recherche et d'information sur les ostéoporoses

HAS : Haute Autorité de Santé

IC95% : Intervalle de confiance à 95%

IOF : *International Osteoporosis Foundation*

IMC : Indice de Masse Corporelle

IOM : *Institute Of Medicine*

LEIA : *Latex Enzyme Immuno Assay*

ng/mL : nano grammes par millilitre

PLUM : *Polytomous Universal Model*

UVB : Ultra-Violets B

URML : Union Régionale des Médecins Libéraux

VDR : *Vitamin D Receptor*

INTRODUCTION

Un milliard de personnes sont concernées par l'insuffisance ou la carence en vitamine D dans le monde (1) (voir annexe 1). La forte prévalence de l'insuffisance en vitamine D est bien documentée dans la population générale en France (2), en Amérique du Nord et en Europe (3–6), mais aussi chez les adolescents (7,8) et jeunes adultes en bonne santé de ces pays (3,9). Plus surprenant encore, celle-ci également élevée sous des climats ensoleillés (Afrique, Moyen-Orient, Amérique du Sud, Asie du Sud, Hawaii), chez des sujets en bonne santé : population générale (1,3,5,10–12), enfants et adolescents (3,10,13–15), et jeunes adultes (3,10,11,16,17). De nombreux athlètes sont aussi concernés par ce fléau (18–22).

Pourtant, 80 à 100% de la vitamine D (23) est synthétisée par la peau suite à l'exposition aux rayons ultra-violet B (UVB) du soleil (1,24,25). La « vitamine » D est en fait une pro-hormone, qui intervient dans le métabolisme phosphocalcique et qui est régulée par celui-ci. Son récepteur, le *vitamin D receptor* (VDR), est aussi présent sur de nombreux autres tissus (cerveau, prostate, sein, colon, muscle, myocarde, vaisseaux, pancréas, cellules immunitaires...), suggérant ainsi le caractère ubiquitaire des effets de la vitamine D (voir annexe 2).

La synthèse de la vitamine D dépend de facteurs extrinsèques : durée d'exposition (1,19,25), horaires d'exposition (19,18,26,22,4), port de vêtements couvrants (24,27,28), utilisation de crème solaire (bien que cela soit controversé) (24,29), latitude (1,23,26,30,31), saison (23,31–33), et pollution atmosphérique (4,22,25). D'autres facteurs intrinsèques limitent la synthèse de vitamine D : âge avancé (23,34), important pourcentage de masse grasse (26), et forte pigmentation cutanée (22,35,36). Les sources de vitamine D alimentaires sont limitées (1,37), et ne suffisent pas à elles seules à couvrir les besoins (2,38,39)(voir annexe 3).

Actuellement, de nombreuses études tendent à prouver le lien potentiel entre hypovitaminose D et pathologies osseuses et extra-osseuses (événements cardio-vasculaires, pathologies musculaires, auto-immunes, diabète, cancers, pré-éclampsie...) dans la population générale, avec parfois des résultats contradictoires (37,40–47).

Au niveau osseux, il est actuellement établi qu'il existe une association entre hypovitaminose D et augmentation du risque fracturaire chez l'adulte, en particulier âgé (37,48–52). Des taux de vitamine D normaux sont corrélés à une densité minérale osseuse (DMO) satisfaisante chez les adultes jeunes et âgés (53,54), bien que les résultats soient hétérogènes (41). Cette relation existe également entre vitamine D et masse osseuse (55,56).

Au niveau musculaire, il a été constaté une relation entre insuffisance ou carence en vitamine D et baisse de la force et de la performance physique chez des sujets jeunes et âgés, sur des études observationnelles (55,57–61) (voir annexe 4), des essais (62,63) et des méta-analyses (37,42,64,65). Ainsi, la supplémentation en vitamine D pourrait améliorer la force et les performances musculaires. Cependant, le taux de vitamine D avant traitement et la posologie ne sont pas à ce jour clairement définis (37,42,47,64–66). Des concentrations sériques en 25-hydroxy-vitamine D (ou 25(OH)D, qui représente la forme circulante de vitamine D) insuffisantes sont aussi associées à un risque de chute plus important (59,67). La supplémentation en vitamine D diminuerait ce risque (59,62,68–70). Il existe un lien entre hypovitaminose D et douleurs musculaires diffuses (26,66,71), sans que l'on ait prouvé l'intérêt de la supplémentation dans ce contexte.

Récemment, il a été prouvé une relation entre taux en vitamine D inadéquats et survenue d'évènements cardio-vasculaires (72–77). Mais il n'a pas été démontré d'effet bénéfique significatif de l'apport de vitamine D en prévention de ce risque (37,40,45,78,79).

Etant en première ligne, le médecin généraliste est particulièrement concerné par le dépistage de l'insuffisance et de la carence en vitamine D en population générale, et par la prévention de pathologies qui pourraient être des conséquences cliniques importantes, par exemple dans le suivi des femmes enceintes (80). Mais un excès de prescription pour des indications non validées génère des dépenses importantes. Plus de huit millions de dosages de vitamine D ont été réalisés en France en 2012, dont 77% prescrits en médecine générale (37). En conséquence, suite au rapport de la haute autorité de santé (HAS) publié en octobre 2013, les indications de ce dosage, voire leur remboursement, se sont réduits fortement en France (37). Le dépistage de l'hypovitaminose D constitue donc, depuis sa découverte, un véritable enjeu de santé publique (3) et, depuis peu, un sérieux objet de débat dans notre pays.

En outre, il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus sur les valeurs définissant le statut en vitamine D, alimentant aussi la discussion sur cette vitamine bien au-delà de nos frontières (37,38,81–84). Pour les déterminer, certains experts se basent sur des critères biologiques : seuil d'absorption intestinale optimale de calcium, et seuil d'apparition d'une hyperparathyroïdie secondaire (38,66). D'autres préfèrent les critères épidémiologiques (37,39,81) et interventionnels (47,52,69,81), avec comme évènement d'intérêt la survenue de pathologies osseuses et musculaires.

Il en résulte une certaine hétérogénéité dans les recommandations, tant en France qu'à l'étranger (37–39,82,83,85). Les tableaux en annexe 5 et 6 illustrent bien ces disparités. Ainsi, pour certaines sociétés savantes, le taux recommandé en vitamine D est supérieur à 30 ng/mL (38,39,86,87), alors que pour d'autres, celui-ci est supérieur à 20 ng/mL (47,88). Pour couronner le tout, il n'existe pas à ce jour de méthode de référence pour le dosage de la 25(OH)D, ni de standard international, ce qui rend difficile la comparaison des techniques entre elles (37,39).

Devant toutes ces divergences, ayant des conséquences directes sur la prise en charge de ses patients, le médecin généraliste a de quoi être perplexe. Il doit pourtant décider, à la croisée des chemins entre données de la science et approche centrée sur l'individu et sa problématique.

Le sportif est un patient de médecine générale bien particulier. Du fait d'une activité physique intensive, l'athlète de haut niveau est exposé à un risque augmenté de fractures de stress ou de pathologies musculaires, ce qui peut compromettre sérieusement ses performances (89). Spécifiquement, des études récentes tendent à prouver que la vitamine D en quantité suffisante influence la performance sportive : via ses actions sur la santé osseuse, par diminution du risque et de l'incidence des fractures de fatigue (90,91). Elle aurait aussi un rôle dans la fonction musculaire du sportif (18,22,26,30,71,89,92), notamment dans la récupération après une blessure (93), même si quelques rares études ne mettent pas en évidence cette relation de manière significative (94,95). De plus, la variabilité saisonnière de la performance athlétique (avec un pic de performance en été), serait liée à la fluctuation saisonnière du taux de vitamine D et de l'exposition solaire (22,71,89). Le dépistage de l'insuffisance en vitamine D chez les sportifs revêt donc un intérêt certain, dans la prévention de certaines pathologies liées à l'activité physique, telles que les troubles musculo-squelettiques, et dans l'amélioration des performances (18,22,89).

A la Réunion, la prévalence de l'insuffisance et de la carence en vitamine D n'est pas connue, que ce soit dans la population générale ou chez les athlètes. Seul un travail de thèse s'y est intéressé

chez des sujets âgés hospitalisés (96). En outre, la Réunion est réputée pour être une île propice aux sports notamment d'extérieur. C'est aussi un vivier d'athlètes et d'espoirs dans diverses disciplines, que nous voyons en médecine générale dans le cadre de leur suivi, ou lors d'une pathologie intercurrente.

L'hypothèse est la suivante : les sportifs de haut niveau réunionnais, bien que vivant dans une région à fort ensoleillement, pourraient présenter eux aussi une insuffisance ou une carence en vitamine D, peut-être en relation avec un phototype plus foncé ou une « surprotection » face au soleil.

La question de recherche est la suivante : quelle est la prévalence de l'hypovitaminose D chez les sportifs de haut niveau et quel est l'intérêt de ce dépistage par le médecin généraliste sur cette population à la Réunion ?

L'objectif principal est d'évaluer le statut en vitamine D des sportifs de haut niveau et de catégorie espoirs vivant à la Réunion, et déterminer la prévalence de l'insuffisance modérée, de l'insuffisance importante et de la carence en vitamine D chez ces sujets.

Les objectifs secondaires consistent en la recherche des différents facteurs susceptibles d'intervenir sur le taux de vitamine D, par l'étude : du phototype, de la pratique sportive (type de discipline, d'intérieur ou d'extérieur, horaires et durée de l'entraînement), de l'exposition solaire (durée, fréquence, régions corporelles exposées, utilisation d'écran total), des antécédents (fracture et entorse), des symptômes musculo-squelettiques, du mois de prélèvement sanguin et de la technique de dosage de 25(OH)D utilisée.

MATERIEL ET METHODES

1. Schéma d'étude

Il s'agit d'une étude épidémiologique quantitative descriptive du statut en vitamine D, observationnelle, transversale, prospective, multicentrique, réalisée entre décembre 2012 et janvier 2014. Elle cherche à déterminer la prévalence de l'insuffisance et de la carence en vitamine D chez des sportifs hommes et femmes ayant au préalable une prise de sang prescrite dans le cadre réglementaire du sport de haut niveau.

L'étude a été soumise à l'avis consultatif du Comité de Protection des Personnes Sud-Ouest et Outre-Mer III (CPP SOOM III) le 5 novembre 2012 (voir annexe 7), ainsi qu'au comité d'éthique local du CHU de la Réunion (voir annexe 8). Le consentement éclairé des participants (ou de leur représentant légal si mineur) a été recueilli systématiquement lors de l'inclusion (voir annexe 9). Les sujets chez qui on a dépisté une hypovitaminose D ont été informés du résultat, soit par leur médecin traitant, soit par le médecin généraliste qui s'occupe de leur suivi médical dans le cadre du sport de haut niveau.

Le dosage de 25(OH)D₂₊₃ a été financé par l'Union Régionale des Médecin Libéraux (URML) de l'Océan Indien.

2. Population

a. Critères d'inclusion

Le recrutement a été réalisé par des médecins généralistes et du sport (au nombre de cinq, libéraux et hospitaliers), travaillant en lien avec le centre médico-sportif régional (CMSR) de la Réunion, et responsables du suivi médical des athlètes des catégories « espoir » et « haut niveau » réunionnais par ligue sportive. Ces derniers sont inscrits annuellement sur les listes du ministère chargé des Sports, selon le décret 2002-707 du 29 avril 2002 relatif au sport de haut niveau et doivent, à ce titre, se soumettre à un suivi médical obligatoire.

Tout sportif « espoir » ou « de haut niveau », consultant dans le cadre de sa visite médicale réglementaire, et ayant une prise de sang obligatoire à réaliser (selon les exigences du sport qu'il pratique), a rempli anonymement un questionnaire lors de son inclusion dans l'étude.

b. Critères de non-inclusion

N'ont pas été inclus les sportifs :

- Agés de moins de douze ans,
- Inscrits sur les listes ministérielles du sport espoir ou de haut niveau, mais n'ayant pas de prescription pour un bilan biologique réglementaire,
- Inscrits sur les listes ministérielles du sport espoir ou de haut niveau, mais n'ayant ni réalisé la prise de sang réglementaire, ni rendu le questionnaire,
- Prenant durant l'étude ou dans les six mois qui la précèdent une supplémentation par vitamine D, et/ou un traitement interférant dans le métabolisme de la vitamine D, à savoir : calcium, corticoïdes par voie générale, antiépileptiques, rifampicine, cholestyramine.

3. Variables et outils de mesure principaux

a. Questionnaire

Chaque sujet (ou son représentant légal si mineur) a eu à remplir un questionnaire de façon anonyme, consultable en annexe 10, portant sur :

- Ses caractéristiques : date de naissance, code postal, sexe, poids et taille ;
- Son phototype : entre I et VI, schéma explicatif à l'appui (voir annexe 10);
- Le sport pratiqué : type de sport, pratiqué en intérieur ou extérieur, durée, fréquence et horaires de l'entraînement ;
- Ses antécédents, avec recherche de pathologies pouvant interférer dans le métabolisme de la vitamine D (néphropathie, maladies digestives, inflammatoires...) et recherche de fractures.
- Ses traitements actuels et remontant jusqu'à six mois, avec recherche expresse de molécules pouvant interférer dans le métabolisme de la vitamine D (corticoïdes, rifampicine, antiépileptiques...), ainsi que la prise de compléments alimentaires de type polyvitamines, calcium et vitamine D ;
- L'exposition solaire : durée, fréquence et horaires d'exposition, cartographie des zones exposées, application d'un écran total ;
- L'existence de symptômes éventuels de déficit ou de carence en vitamine D, et ayant un impact dans la performance athlétique : douleurs osseuses, douleurs musculaire, crampes et fatigue.

Les données ont été recueillies pour la plupart sous forme de questionnaire écrit. Mais pour ceux dont le questionnaire n'a pu être récupéré, des relances téléphoniques, voire des passations de questionnaire par téléphone ont été effectuées, après accord du représentant légal si le sportif est mineur.

b. Dosages biologiques

La prescription du dosage de 25(OH)D₂₊₃ a été faite sur une feuille séparée, jointe à l'ordonnance du bilan biologique obligatoire, puis donnée au sportif ou à son représentant légal.

Les dosages biologiques de 25(OH)D₂₊₃ ont été réalisés dans des laboratoires d'analyse médicale, répartis sur l'ensemble du territoire réunionnais. Il s'agit de 30 laboratoires de ville, et de un laboratoire hospitalier (CHU Sud Réunion). Ces laboratoires ont utilisé une des trois techniques suivantes, sur les automates suivants :

- ECLIA (*electrochemiluminescent immunoassay*) sur automate C.e601 ROCHE,
- CMIA (*chemiluminescent microparticule immunoassay*) sur automate Architect ABBOTT,
- LEIA (*latex enzyme immunoassay*) sur automate Centaur SIEMENS.

Ces trois techniques sont des méthodes immunologiques compétitives (37). Les marqueurs sont soit des molécules fluorescentes (ECLIA, CMIA), soit des enzymes (LEIA).

Les dosages de 25(OH)D ont été effectués sur le même échantillon que l'analyse du bilan biologique sanguin réglementaire prescrit lors de la visite médicale. Ainsi, dans la mesure du possible ont été récupérés les bilans standards analysés dans le même temps que la 25(OH)D, auprès des médecins des ligues sportives. Cependant, selon le sport pratiqué, le contenu de la prescription de biologie obligatoire diffère.

Les prises de sang ont été réalisées sur une année, de janvier 2013 à janvier 2014. La saisonnalité étant un facteur de variabilité du taux de vitamine D, nous avons relevé les mois de prélèvement.

c. Unité et seuils choisis définissant le statut en vitamine D

L'unité de la concentration sérique en 25(OH)D utilisée dans cette étude est le nanogramme par millilitre (ng/mL). Les valeurs retenues pour définir le statut en vitamine D sont (en ng/mL) :

- Supérieur à 30 : normalité ;
- Entre 10 et 30 : insuffisance ; nous avons distingué : entre 20 et 30 : insuffisance modérée, et entre 10 et 20 : insuffisance importante ;
- Inférieur à 10 : carence.

4. Analyse statistique

Le recueil de données a été réalisé à l'aide du logiciel *EXCEL 2010*. L'anonymat des questionnaires a été respecté.

Nous avons utilisé le logiciel *IBM SPSS STATISTICS version 20* pour l'analyse statistique.

Nous avons réalisé :

- D'abord une analyse univariée, pour toutes les variables qualitatives nominales et ordinales ;
- Puis une analyse bivariée en utilisant le test du Khi-deux de Pearson. Nous avons reparti la variable quantitative continue du taux de vitamine D en trois classes définissant la concentration en 25(OH)D (en ng/mL) : [10-20], [20-30], et [>30]. Quand le test du Khi-deux ne s'appliquait pas (effectifs inférieur ou égaux à 5), nous avons utilisé le test d'association linéaire par linéaire disponible dans le logiciel SPSS ;
- Enfin, une analyse multivariée, en utilisant la régression logistique ordinale (procédure SPSS ou PLUM : *Polytomous Universal Model*), afin de limiter les biais. Les taux de vitamine D ont ici été répartis en deux classes : hypovitaminose D (pour un taux inférieur à 30 ng/mL) et taux normal, du fait des petits effectifs. En régression ordinale, l'estimation de corrélation du paramètre est un coefficient négatif quand les valeurs élevées de la variable à expliquer sont associées à une moindre survenue de l'évènement, et positif dans la situation contraire.

Dans toutes ces analyses, le seuil de significativité de p est fixé à 0.05.

RESULTATS

1. Caractéristiques de la population étudiée

a. Description générale et taux de participation

102 sportifs espoirs et de haut niveau, originaires de toute l'île de la Réunion (voir annexe 11), ont été recrutés de décembre 2012 à janvier 2014. Parmi ces 102 sujets, 74 (72.6%) ont rempli le questionnaire et réalisé le bilan biologique comportant la vitamine D, 23 (22.5%) n'ont rempli que le questionnaire, et 5 (4.9%) n'ont fait que le bilan biologique (voir figure 1.1, page suivante).

Parmi les 23 sportifs n'ayant rendu que le questionnaire : 12 (52.2%) n'ont pas fait leur bilan réglementaire obligatoire, 3 (13%) ont fait leur bilan réglementaire, mais pas le dosage de 25(OH)D, 3 (13%) ont été retirés de la liste des sportifs de haut niveau durant l'étude, et 5 (21.8%) n'ont pas pu être contactés. Les 5 sportifs ayant fait uniquement le bilan sanguin n'ont pas pu être contactés pour la passation de questionnaire.

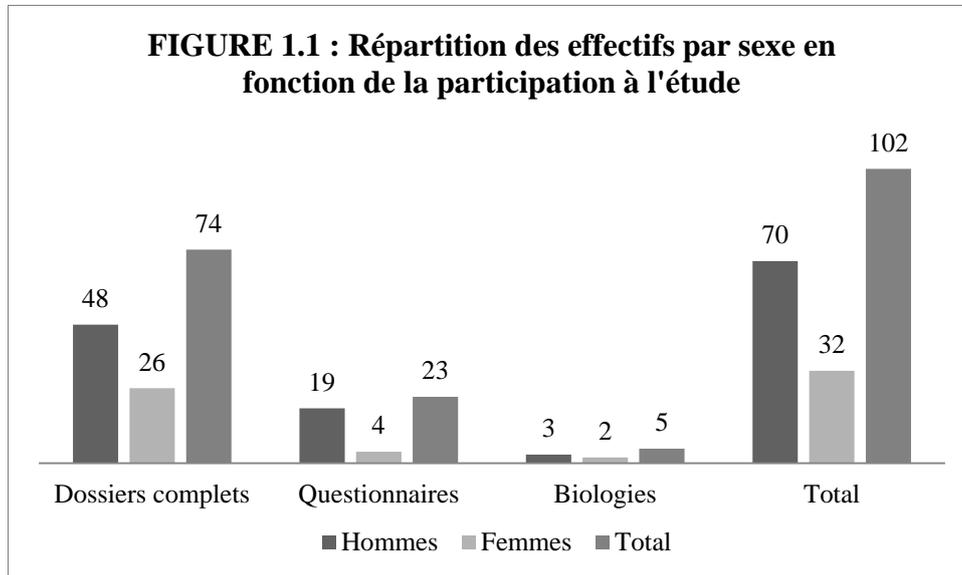
Sur l'ensemble des 97 questionnaires collectés, 83 (85.6%) ont été remplis sous forme papier, 14 (14.4%) ont été réalisés par téléphone. Le tableau 1.1 ci-dessous montre le taux de participation pour chaque item du questionnaire chez les 102 sportifs inclus.

TABLEAU 1.1 : Effectifs et pourcentage des répondants et non-répondants pour chaque item du questionnaire, chez les 102 sportifs inclus.

Items du questionnaire	Répondants		Non-répondants	
	Effectif	Pourcentage (%)	Effectif	Pourcentage (%)
IMC	89	87,2	13	12,8
Phototype	94	92,1	8	7,9
Type de sport	102	100,0	0	0,0
Lieu d'entraînement	97	95,1	5	4,9
Horaires d'entraînement	90	88,2	12	11,8
Durée de sport par jour	93	91,2	9	8,8
Fréquence de sport par semaine	95	93,1	7	6,9
Horaires d'exposition solaire	88	86,3	14	13,7
Durée d'exposition solaire par jour	93	91,2	9	8,8
Fréquence d'exposition solaire par semaine	91	89,2	11	10,8
Nombre de mois d'exposition solaire par an	82	80,4	20	19,6
Zones exposées	93	91,2	9	8,8
Utilisation d'écran total	96	94,1	6	5,9
ATCD et consommation tabagique et alcoolique	96	94,1	6	5,9
Traitements	96	94,1	6	5,9
Symptômes	90	88,2	12	11,8

b. Données anthropométriques

Sur les 102 sujets inclus dans l'étude, 70 (68.6%) sont des hommes, 32 (31.4%) sont des femmes (voir figure 1.1).



L'âge moyen au prélèvement est 15.4 ± 1.58 ans. L'âge moyen au recueil du questionnaire est 15.5 ± 1.57 ans. Le plus jeune sportif a 12.6 ans, le plus âgé 19.2 ans. L'IMC moyen est 21.4 ± 3.3 kg/m².

c. Phototype

Le tableau 1.2 ci-dessous reprend la répartition des sujets en fonction de leur phototype. 80 sportifs (85.1%) ont une couleur de peau mate à noire (phototypes 4 à 6).

TABEAU 1.2 : Répartition des sujets (effectifs et pourcentages) en fonction de leur phototype

Phototype	Effectif	Pourcentage (%)
1	1	1,1
2	1	1,1
3	12	12,7
4	42	44,7
5	29	30,8
6	9	9,6

d. Pratique sportive

▪ Disciplines sportives

Les 102 athlètes recrutés pratiquent 11 disciplines sportives différentes reconnues de haut niveau et présentes sur le sol réunionnais, comme récapitulé dans le tableau 1.3. Dans certaines disciplines sportives, à la Réunion, l'effectif des sujets inscrits sur les listes ministérielles du sport de haut niveau et espoir est faible.

TABLEAU 1.3 : Répartition des sujets (effectifs et pourcentages) selon le sport pratiqué et le sexe

<i>Sport</i>	<i>Sexe</i>		Total général	Pourcentage total (%)
	Masculin	Féminin		
Handball	28	23	51	50
Football	14	0	14	13,7
Judo	11	1	12	11,7
Basketball	6	2	8	7,8
Natation	2	4	6	5,9
Escalade	3	1	4	3,9
Squash	1	1	2	2
Karaté	2	0	2	2
Escrime	1	0	1	1
Volleyball	1	0	1	1
Cyclisme	1	0	1	1
Total général	70	32	102	100

▪ Lieux et horaires d'entraînement

Sur les 97 sujets ayant répondu, 55 (56.7%) pratiquent un sport d'intérieur, 22 (22.7%) un sport d'extérieur, et 20 (20.6%) s'entraînent indifféremment en intérieur et en extérieur (voir tableau 5).

Parmi ceux qui s'entraînent totalement ou en partie en extérieur, notons que 26 sportifs (61.9%) le font avant 10 heures ou après 16 heures (quand l'ensoleillement est le moins fort), 7 (16.7%) s'entraînent la nuit et début et à la fin de la journée, et 5 (11.9%) s'entraînent en pleine journée (voir tableau 1.4).

Ainsi, ramené à l'ensemble des sportifs, 26.8% d'entre eux sont exposés au soleil durant leur entraînement avant 10 heures ou après 16 heures, et seulement 5.1% sont exposés au soleil durant leur entraînement en pleine journée.

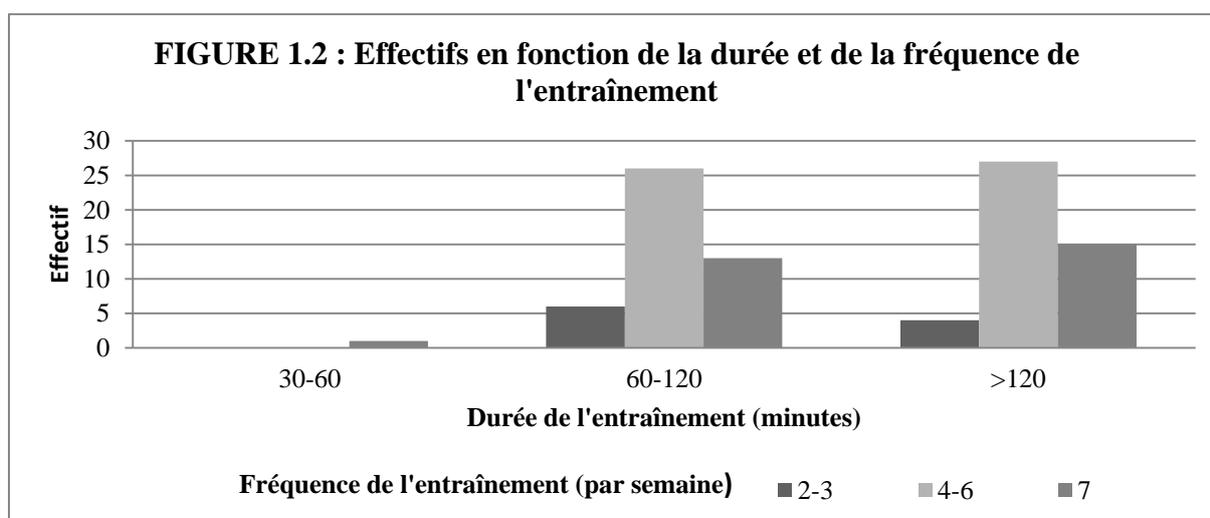
TABLEAU 1.4 : Effectifs selon les différents horaires d'entraînement en fonction du lieu de celui-ci

<i>Horaires d'entraînement</i>	<i>Lieu d'entraînement</i>			Effectif total	Pourcentage total valide (%)
	Intérieur	Extérieur	Les deux		
Avant 10h et/ou après 16h	36	14	12	62	68,9
10h-16h	3	3		6	6,7
Nuit	9	3	1	13	14,4
Avant 10h et /ou après 16h et nuit	2	1	2	5	5,6
A n'importe quel moment de la journée	2	1	1	4	4,4
Pas de réponse	3		4	7	
Effectif total	55	22	20	97	100

- Durée et fréquence de l'entraînement

1 sujet (1.1%) s'entraîne entre 30 et 60 minutes par jour, 46 s'entraînent (49.5%) entre 60 et 120 minutes et 46 (49.5%) s'entraînent plus de 120 minutes.

L'entraînement a lieu entre 2 et 3 fois par semaine pour 12 sujets (12.6%), entre 4 à 6 fois par semaine pour 53 sportifs (55.8%), et tous les jours pour 30 athlètes (31.6%) (Voir figure 1.2).



e. Exposition solaire

- Horaires, durée et fréquence de l'exposition solaire (voir tableau 1.5)

TABLEAU 1.5 : Effectifs et pourcentages des horaires d'exposition solaire, de la durée d'exposition par jour et par an, et de la fréquence d'exposition par semaine sur l'ensemble des répondants aux items

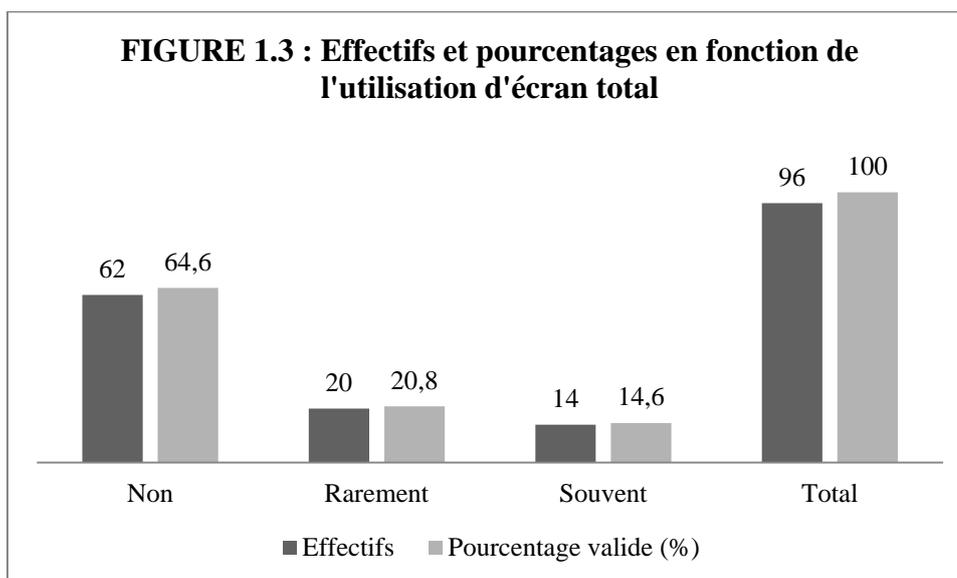
		<i>Effectifs</i>	<i>Pourcentage valide (%)</i>
Horaires d'exposition solaire	Avant 10h ou après 16h	28	31,8
	10h -16h	53	60,2
	N'importe quel moment de la journée	7	8,0
	Total	88	100,0
Durée d'exposition solaire par jour (minutes)	< 30	28	30,1
	30 à 60	36	38,7
	60 à 120	16	17,2
	>120	13	14,0
	Total	93	100,0
Fréquence d'exposition par semaine	0 à 1 fois	5	5,5
	1 à 2 fois	15	16,5
	3 à 4 fois	28	30,8
	5 à 7 fois	43	47,3
	Total	91	100,0
Nombre de mois d'exposition par an	< 3	8	9,8
	3 à 6	7	8,5
	6 à 9	25	30,5
	>9	42	51,2
	Total	82	100,0

- Zones corporelles exposées (voir tableau 1.6)

TABLEAU 1.6 : Effectifs et pourcentages des différentes zones corporelles exposées au soleil sur l'ensemble des 93 répondants à l'item

	<i>Effectifs</i>	<i>Pourcentage valide</i>
Crâne	53	57,0
Visage	87	93,5
Membres supérieurs	62	66,7
Membres inférieurs	51	54,8
Torse	14	15,1
Abdomen	13	14,0

- Utilisation d'écran total (voir figure 1.3)



- f. Antécédents et consommation tabagique et alcoolique (voir tableau 1.7)

TABLEAU 1.7 : Effectifs et pourcentages des antécédents et de la consommation tabagique et alcoolique sur l'ensemble des 96 répondants à l'item

	Effectif	Pourcentage valide (%)
Asthme	9	9,4
Allergie	5	5,2
Fracture	8	8,3
Entorse	4	4,2
Surdité	1	1,0
Maladie inflammatoire *	1	1,0
Tabac	1	1,0
Alcool	0	0,0

* L'étiologie de la maladie inflammatoire n'a pas été précisée

g. Traitements (voir tableau 1.8)

TABLEAU 1.8 : Effectifs et pourcentages des différents traitements sur l'ensemble des 96 répondants à l'item

	<i>Effectif</i>	<i>Pourcentage valide (%)</i>
Polyvitamines (ne contenant pas de vitamine D)	2	2,1
Corticoïdes inhalés	1	1,0
Montélukast	2	2,1
Anti-H2*	4	4,2
B2 mim CDA[†]	3	3,1

Aucun des sujets inclus n'est traité avec des molécules interférant avec le métabolisme de la vitamine D, à savoir : calcium, antiépileptiques, corticoïdes oraux, rifampicine, cholestyramine. Aucun sujet n'est supplémenté par vitamine D.

h. Symptômes (voir tableau 1.9)

TABLEAU 1.9 : Effectifs et pourcentages des différents symptômes sur l'ensemble des 90 répondants à l'item

<i>Symptômes</i>	<i>Effectif</i>	<i>Pourcentage valide (%)</i>
Fatigue	27	30,0
Douleurs musculaires	22	24,4
Crampes	13	14,4
Douleurs osseuses	3	3,3

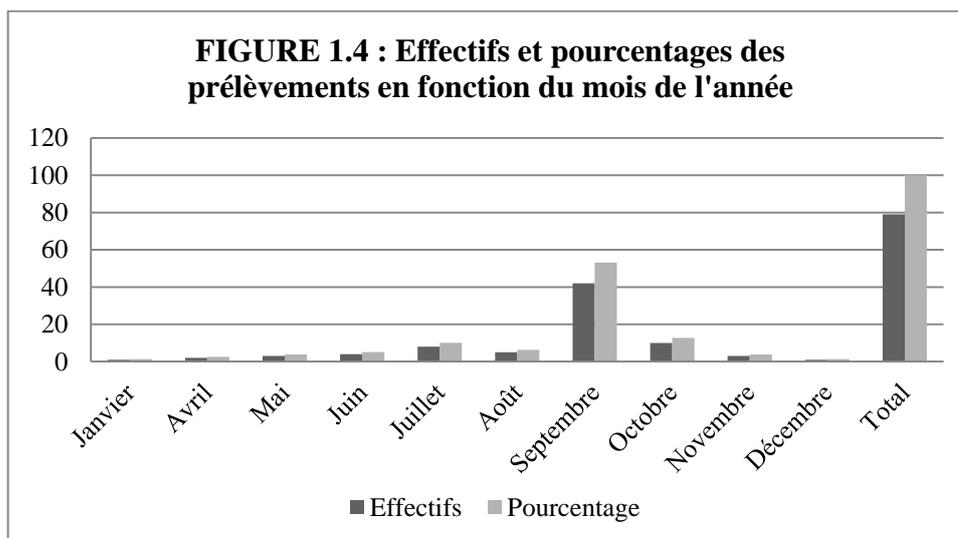
* Anti-H2 : anti-histaminiques H2

[†] B2 mim CDA : beta2 mimétiques de courte durée d'action

i. Caractéristiques du dosage de 25(OH)D2+3 et des autres résultats biologiques

▪ Saisonnalité du prélèvement

La figure 1.4 ci-dessous montre la répartition des 79 dosages de 25(OH)D sur l'année, de décembre 2012 à janvier 2014. 42 sujets (53.2%) ont réalisé leur bilan sanguin au mois de septembre.



▪ Techniques de dosage de 25(OH)D

Sur ces 79 dosages, le type de technique d'analyse de laboratoire a été mentionné 77 fois (dans 97.5% des cas). Elles sont récapitulées dans le tableau 1.10.

TABLEAU 1.10 : Effectifs et pourcentages des différentes techniques de dosage de 25(OH)D

	<i>Effectifs</i>	<i>Pourcentage valide (%)</i>
CMIA	39	50,6
ECLIA	30	39,0
LEIA	8	10,4
Total	77	100

- Autres résultats biologiques (voir tableau 1.11)

TABLEAU 1.11 : Effectifs, pourcentage des effectifs, valeurs minimales, maximales, moyennes et écart-types des résultats biologiques du bilan obligatoire

	<i>Effectif</i>	<i>Pourcentage valide (%)</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart type</i>
Hémoglobine (g/dL)	62	78,5	9,7	16,8	14,034	1,5504
Hématocrite (%)	61	77,2	31,5	50,7	43,036	3,9004
Ferritine (ng/mL)	25	31,6	3	153	45,56	38,0334
Calcium (mmol/L)	15	19,0	2,3	2,6	2,467	0,09
Créatinine (μmol/L)	14	17,7	51	83	66,307	8,7546

Excepté une sportive ayant une anémie ferriprive (hémoglobine à 9.7 g/dL, et hypoferritinémie à 3 ng/mL), l'ensemble des sujets inclus et dont on dispose des résultats des bilans obligatoires ont des paramètres biologiques dans la fourchette de la normalité.

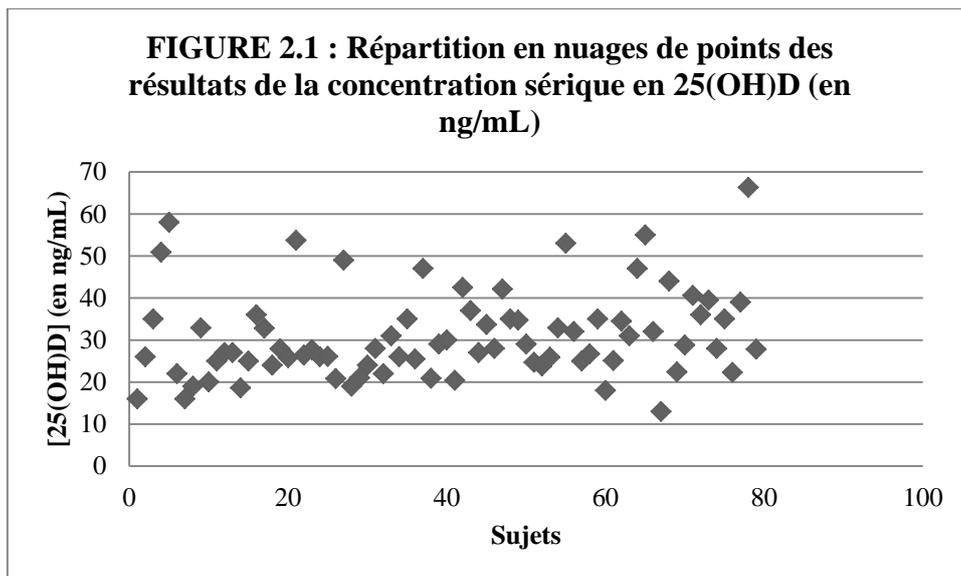
2. Résultats principaux

a. Taux moyen de vitamine D

Le taux plasmatique moyen de 25(OH)D₂₊₃ est de 30.97 ± 10.47 ng/mL (IC95% : [28.67-33.28]). La médiane est à 28 ng/mL. Le taux de vitamine D le plus bas est 13.0 ng/mL, et le plus élevé est 66.3 ng/mL.

b. Répartition des taux de vitamine D et prévalence

- En nuages de points (voir figure 2.1)



- Par classes de valeurs (voir tableau 2.1)

45 sportifs présentent un taux de vitamine D inférieur à 30 ng/mL. La prévalence de l'hypovitaminose D (taux inférieur à 30 ng/mL) est de 57.0% : la prévalence de l'insuffisance modérée est de 48.1%, celle de l'insuffisance importante est de 8.9%. Aucun sportif n'est carencé (voir tableau 2.1).

TABLEAU 2.1 : Statut en vitamine D (en ng/mL) : effectifs des taux de vitamine D et prévalence pour chaque catégorie

Statut en vitamine D (ng/mL)		Effectifs	Prévalence (%)	
Hypovitaminose D (<30)	<i>0-10 : carence</i>	0	0	
	<i>10-20 : insuffisance importante</i>	7	<u>8,9</u>	<u>57</u>
	<i>20-30 : insuffisance modérée</i>	38	<u>48,1</u>	
Normalité (>30)		34	43	43
Total		79	100	100

3. Résultats secondaires : recherche des paramètres associés au taux de vitamine D

a. Phototype

- En analyse bivariée

TABLEAU 3.a.1 : Analyse bivariée du phototype selon le taux de vitamine D (tableau de contingence et degré de significativité)

Phototype	Effectifs selon le taux de vitamine D (en ng/mL)			p-value
	10-20*	20-30†	>30‡	
1	0	1	0	0,78
2	0	0	1	
3	1	3	4	
4	4	18	10	
5	1	9	12	
6	1	5	3	

- En analyse multivariée

TABLEAU 3.a.2 : Analyse multivariée, ajustée sur l'âge, de la corrélation entre phototype et taux de vitamine D

Phototype	Estimation [§]	IC 95 %**		p-value
		Borne inférieure	Borne supérieure	
1	-19,002	-19,002	-19,002	. ^{††}
2	19,511	19,511	19,511	.
3	0,647	-1,38	2,674	0,531
4	-0,024	-1,651	1,603	0,977
5	0,866	-0,805	2,536	0,31
6	0a ^{††}	.a	.	.

Il n'existe pas de relation statistiquement significative entre le taux de vitamine D et le phototype, ni en analyse bi variée (p=0.780), ni en analyse multivariée après ajustement sur l'âge.

* 10-20 ng/mL : insuffisance importante

† 20-30 ng/mL : insuffisance modérée

‡ > 30 ng/mL : normalité

§ Estimation : coefficient de corrélation en régression ordinale

** IC 95% : intervalle de confiance à 95%

†† : Non calculable

‡‡ a : Paramètre configuré sur zéro (car redondant)

b. *Pratique sportive*

- En analyse bivariée

TABLEAU 3.b.1 : Analyse bivariée des paramètres de pratique sportive selon les taux de vitamine D (tableau de contingence et degré de significativité)

Paramètres de pratique sportive	Effectifs selon le taux de vitamine D (en ng/mL)			p-value	
	10-20	20-30	>30		
Sport	Handball	2	22	20	0,569
	Football	3	7	4	
	Judo	2	6	3	
	Escalade	0	1	1	
	Squash	0	1	1	
	Natation	0	0	5	
	Basketball	0	1	0	
Lieu d'entraînement	Intérieur	2	21	17	0,141
	Extérieur	3	5	10	
	Intérieur et extérieur	2	11	3	
Horaires d'entraînement	Avant 10h ou après 16h	4	24	24	0,685
	10-16h	1	2	0	
	Nuit	0	5	3	
	Avant 10h ou après 16h et nuit	1	2	2	
	Avant 10h ou après 16h et 10-16h	0	1	1	
Durée du sport par jour (minutes)	60 à 120	3	16	15	0,849
	> 120	3	19	15	

Il n'y a pas d'association statistiquement significative entre le taux de vitamine D et le sport pratiqué ($p=0.569$), le lieu d'entraînement ($p=0.141$), les horaires d'entraînement ($p=0.685$) et la durée de sport par jour ($p=0.849$).

- En analyse multivariée

TABLEAU 3.b.2 : Analyse multivariée, ajustée sur l'âge, de la corrélation entre paramètres de pratique sportive et taux de vitamine D

Paramètres de pratique sportive		Estimation	IC 95 %		P-value
			Borne inférieure	Borne supérieure	
Lieu d'entraînement	Intérieur	0,951	-1,115	3,017	0,367
	Extérieur	18,445	18,445	18,445	*
	Intérieur et extérieur	0a [†]	.a	.	.
Horaires d'entraînement	Avant 10h ou après 16h	1,488	-1,401	4,377	0,313
	10-16h	-15,814	-12552,97	12521,342	0,998
	Nuit	-0,199	-3,726	3,328	0,912
	Avant 10h ou après 16h et nuit	0a	.a	.	.
	Avant 10h ou après 16h et 10-16h	0a	.a	.	.
Durée du sport par jour	60 à 120 min/j	0,361	-0,972	1,694	0,595
	Plus de 120 min/j	0a	.a	.	.

Après ajustement sur l'âge, et en répartissant les taux de vitamine D en deux classes (taux normaux et insuffisants), on ne retrouve pas non plus de lien statistiquement significatif entre les différents paramètres de pratique sportive et le taux de vitamine D.

Concernant le type de sport pratiqué, il n'y a pas de lien entre ce dernier et le taux de vitamine D, le degré de significativité étant élevé, proche de 1.

* . : Non calculable

[†] a : paramètre configuré sur zéro (car redondant)

c. Exposition solaire

- En analyse bivariée

TABLEAU 3.c.1 : Analyse bivariée des paramètres d'exposition solaire selon le taux de vitamine D (tableau de contingence et degré de significativité)

Paramètres d'exposition solaire		Effectifs selon le taux de vitamine D (en ng/mL)			p-value
		10-20	20-30	>30	
Horaires d'exposition solaire	Avant 10h ou après 16h	3	10	13	0,592
	10-16h	4	17	14	
	A n'importe quel moment de la journée	0	5	2	
Durée d'exposition solaire par jour	< 30	1	11	6	0,28
	30 à 60	2	13	14	
	60 à 120	3	4	7	
	> 120	1	8	1	
Fréquence d'exposition par semaine	0 à 1 fois	0	2	3	0,602
	1 à 2 fois	0	8	3	
	3 à 4 fois	4	8	11	
	5 à 7 fois	2	18	12	
Nombre de mois d'exposition par an	< 3	0	3	3	0,514
	3 à 6	0	4	1	
	6 à 9	2	6	12	
	> 9	2	19	12	
Zones corporelles exposées	Crâne	6	18	19	0,671
	Visage	7	30	30	0,373
	Membres supérieurs	5	19	25	0,119
	Membres inférieurs	5	18	18	0,861
	Torse	0	3	7	0,052
	Abdomen	0	2	7	0,027
Ecran total	Non	4	25	15	0,404
	Rarement	1	8	9	
	Souvent	2	3	6	

Il existe une relation statistiquement significative entre le taux de vitamine D et l'exposition au soleil de l'abdomen ($p=0.027$), et une relation à la limite de la significativité entre le taux de vitamine D et l'exposition du torse ($p=0.052$).

Il n'y a pas de relation statistiquement significative entre le taux de vitamine D et les horaires d'exposition ($p=0.592$), la durée ($p=0.28$ et $p=0.514$) et la fréquence d'exposition ($p=0.602$), l'exposition du crâne ($p=0.671$), du visage ($p=0.373$), des membres supérieurs ($p=0.119$) et inférieurs ($p=0.861$), et l'utilisation d'écran total ($p=0.404$).

- En analyse multivariée

TABLEAU 3.c.2 : Analyse multivariée, ajustée sur l'âge, de la corrélation entre paramètres d'exposition solaire et taux de vitamine D

Paramètres d'exposition solaire		Estimation	IC 95 %		p-value
			Borne inférieure	Borne supérieure	
Horaires d'exposition solaire	Avant 10h ou après 16h	1,054	-0,965	3,073	0,306
	10-16h	0,219	-1,867	2,305	0,837
	A n'importe quel moment de la journée	0a*	.a	.	.†
Durée d'exposition solaire par jour	< 30	0,197	-2,433	2,827	0,883
	30 à 60	1,777	-0,59	4,143	0,141
	60 à 120	1,985	-0,661	4,631	0,141
	> 120	0a	.a	.	.
Fréquence d'exposition par semaine	0 à 1 fois	<u>18,861</u>	15,842	21,88	<u><0,0001</u>
	1 à 2 fois	-0,724	-2,727	1,279	0,479
	3 à 4 fois	-0,408	-1,94	1,125	0,602
	5 à 7 fois	0a	.a	.	.
Nombre de mois d'exposition par an	< 3	-17,009	-17,009	-17,009	.
	3 à 6	-0,113	-2,598	2,373	0,929
	6 à 9	0,941	-0,575	2,457	0,224
	> 9	0a	.a	.	.
Zones corporelles exposées	Crâne	0,41	-0,815	1,636	0,512
	Visage	-23,665	-23,665	-23,665	.
	Membres supérieurs	-1,416	-3,053	0,221	0,09
	Membres inférieurs	0,954	-0,447	2,356	0,182
	Torse	0,918	-1,67	3,507	0,487
	Abdomen	<u>-3,414</u>	-6,723	-0,106	<u>0,043</u>
Ecran total	Non	-0,184	-1,697	1,33	0,812
	Rarement	0,418	-1,263	2,099	0,626
	Souvent	0a	.a	.	.

* a : paramètre configuré sur zéro (car redondant)

† . : Non calculable

En analyse multivariée, après ajustement sur l'âge, on constate que l'association statistiquement significative entre le taux de vitamine D et l'exposition de l'abdomen au soleil persiste ($p=0.043$), avec une estimation de la corrélation à -3.414 . Cela signifie que l'exposition solaire abdominale est associée à une moindre survenue de l'hypovitaminose D.

Il apparaît dans cette analyse une relation statistiquement significative ($p<0.0001$) entre le taux de vitamine D et la faible fréquence d'exposition au soleil par semaine (0 à 1 fois), avec une corrélation importante (paramètre estimé à 18.861). Ainsi, il existe une relation forte entre faible fréquence d'exposition au soleil et survenue d'une hypovitaminose D.

d. *Antécédents de fracture et d'entorse*

- En analyse bivariée

TABLEAU 3.d.1 : Analyse bivariée des antécédents de fracture et d'entorse selon le taux de vitamine D (tableau de contingence et degré de significativité)

Antécédents	Effectifs selon le taux de vitamine D (en ng/mL)			p-value
	10-20	20-30	>30	
Fracture	0	1	4	0,08
Entorse	0	1	1	0,68

On retrouve une relation non significative, mais à la limite de la significativité statistique, entre taux de vitamine D et antécédent de fracture ($p=0.08$). Il n'y a pas de relation significative entre taux de vitamine D et antécédent d'entorse ($p=0.68$).

- En analyse multivariée

TABLEAU 3.d.2 : Analyse multivariée, ajustée sur l'âge, de la corrélation entre antécédents de fracture et d'entorse et taux de vitamine D

Antécédents	Estimation	IC 95 %		p-value
		Borne inférieure	Borne supérieure	
Fracture	-1,665	-3,964	0,633	0,156
Entorse	-0,665	-3,517	2,188	0,648

Après ajustement sur l'âge, il n'existe pas de relation statistiquement significative entre taux de vitamine D et antécédents de fracture ($p=0.156$) et d'entorse ($p=0.648$) présentés par les athlètes.

e. Symptômes

- En analyse bivariée

TABLEAU 3.e.1 : Analyse bivariée des symptômes musculo-squelettiques selon le taux de vitamine D (tableau de contingence et degré de significativité)

Symptômes	Effectifs selon le taux de vitamine D (en ng/mL)			p-value
	10-20	20-30	> 30	
Douleurs osseuses	0	1	0	0,593
Crampes	1	2	6	0,272
Douleurs musculaires	1	7	8	0,476
Fatigue	1	9	10	0,351

- En analyse multivariée

TABLEAU 3.e.2 : Analyse multivariée, ajustée sur l'âge, de la corrélation entre symptômes musculo-squelettiques et taux de vitamine D

Symptômes	Estimation	IC 95 %		p-value
		Borne inférieure	Borne supérieure	
Douleurs osseuses	15,499	15,499	15,499	*
Crampes	-0,598	-2,179	0,983	0,459
Douleurs musculaires	-0,279	-1,542	0,983	0,664
Fatigue	-0,28	-1,418	0,859	0,63

Dans les deux analyses, il n'y a pas de relation statistiquement significative entre le taux de vitamine D et les symptômes musculo-squelettiques présentés par les sportifs.

* : Non calculable

f. Saisonnalité du prélèvement

- En analyse bivariée

TABLEAU 3.f.1 : Analyse bivariée du mois du dosage de vitamine D selon son taux (tableau de contingence et degré de significativité)

Mois de prélèvement	Effectifs selon le taux de vitamine D (en ng/mL)			p-value
	10-20	20-30	>30	
Janvier	0	0	1	0,548
Avril	0	0	2	
Mai	0	2	1	
Juin	0	3	1	
Juillet	3	3	2	
Août	0	1	4	
Septembre	3	22	17	
Octobre	0	6	4	
Novembre	1	0	2	
Décembre	0	1	0	

Il n'y a pas de relation statistiquement significative entre le taux de vitamine D et le moment du prélèvement au cours de l'année (p=0.548).

- En analyse multivariée

TABLEAU 3.f.2 : Analyse multivariée, ajustée sur l'âge, de la corrélation entre le mois du dosage de vitamine D et son taux

Mois de prélèvement	Estimation	IC 95 %		p-value
		Borne inférieure	Borne supérieure	
Janvier	17,866	17,866	17,866	*
Avril	16,015	16,015	16,015	.
Mai	-4,308	-8,568	-0,048	0,047
Juin	-2,876	-6,673	0,921	0,138
Juillet	-1,233	-4,249	1,782	0,423
Août	-0,341	-3,959	3,277	0,853
Septembre	-2,368	-5,179	0,444	0,099
Octobre	-2,358	-5,473	0,757	0,138
Novembre	0a [†]	.a	.	.

* : Non calculable

[†] a : paramètre configuré sur zéro (car redondant)

Il y a un lien statistiquement significatif entre le prélèvement au mois de mai et le taux de vitamine D ($p=0.047$): le dosage au mois de mai est associé à une moindre survenue d'une hypovitaminose D, après ajustement sur l'âge (estimation de la corrélation à -4.308).

g. Technique de dosage de 25(OH)D

- En analyse bivariée

TABLEAU 3.g.1 : Analyse bivariée des techniques de dosage de 25(OH)D selon son taux (tableau de contingence et degré de significativité)

Technique de dosage de 25(OH)D	Effectifs selon le taux de vitamine D			p-value
	10-20	20-30	>30	
ECLIA	2	11	17	0,018
CMIA	1	24	14	
LEIA	3	3	2	

- En analyse multivariée

TABLEAU 3.g.2 : Analyse multivariée, ajustée sur l'âge, de la corrélation entre la technique de dosage de 25(OH)D et son taux

Technique de dosage de 25(OH)D	Estimation	IC 95 %		p-value
		Borne inférieure	Borne supérieure	
ECLIA	1,476	-0,375	3,326	0,118
CMIA	0,472	-1,336	2,281	0,609
LEIA	0a*	.a	.	†

En analyse bivariée, il existe une relation statistiquement significative entre le taux de vitamine D et le type de technique de laboratoire utilisée pour le dosage de 25(OH)D ($p=0.018$). Cette significativité disparaît après ajustement sur l'âge en analyse multivariée.

* a : paramètre configuré sur zéro (car redondant)

† . : Non calculable

DISCUSSION

1. Statut en vitamine D

L'objectif de cette étude était d'évaluer le statut en vitamine D des sportifs de haut niveau et espoirs vivant à la Réunion, et de rechercher les différents facteurs susceptibles d'intervenir sur le taux de vitamine D.

Nous avons observé une prévalence de l'insuffisance en vitamine D de 57%. L'insuffisance était modérée dans 48.1% des cas, et importante dans 8.9% des cas (voir tableau 2.1). Le taux de 25(OH)D moyen était de 30.97 ng/mL. Cela est étonnant, car les sujets remplissaient les conditions pour une synthèse cutanée optimale en vitamine D : il s'agissait d'individus jeunes, sportifs, en bonne santé, vivant sur une île fortement ensoleillée toute l'année (voir annexe 12), et s'exposant volontiers au soleil. Pourtant, certains éléments pouvaient nous faire envisager ce résultat.

Plus de la moitié des bilans ont été prélevés en septembre, à la fin de l'hiver austral, laissant suggérer un phénomène de saisonnalité qui pourrait expliquer des taux de vitamine D bas (voir figure 1.4).

A la Réunion, le travail de thèse récent d'Elhad Mohamadi sur le statut en vitamine D chez des sujets âgés hospitalisés sur notre île, a montré que 79.5% de la population présentait un taux en vitamine D inférieur à 30 ng/mL. Mais il s'agissait de sujets âgés et fragiles, bien différents de notre échantillon, dont le seul point commun était le lieu d'étude, la Réunion (96). Si ces chiffres pouvaient être attendus dans cette population, nos résultats chez des sportifs de haut niveau, jeunes (âge moyen 15.4 ans), étaient quant à eux surprenants. De nouvelles études sur la population générale réunionnaise pourraient être intéressantes afin de déterminer si oui ou non celle-ci est concernée par l'insuffisance et la carence en vitamine D.

D'autres études menées spécifiquement chez des sportifs de haut niveau ont trouvé une prévalence élevée de l'hypovitaminose D, dans des régions tempérées en été et en hiver (21,30,31,33,94,97–105), mais aussi dans des régions fortement ensoleillées (16,19,20). Le tableau en annexe 13 reprend les résultats des derniers travaux sur le statut en vitamine D chez des athlètes du monde entier dans diverses disciplines (voir annexe 13).

Au Qatar, Hamilton et al ont montré que 91% des 93 sportifs de diverses disciplines sportives d'intérieur et d'extérieur présentaient un taux de vitamine D inférieur à 20 ng/mL (19). En Israël, la prévalence de l'hypovitaminose D (taux inférieur à 30 ng/mL) était de 73%, et la moyenne du taux de vitamine D était de 25.3 ng/ml, chez les 98 athlètes et danseurs de l'étude de Constantini et al (20). A Hawaï, d'après Binkley et al, la moyenne du taux de vitamine D était de 31.6 ng/mL, et la prévalence de l'hypovitaminose D était estimée à 51%, dans une population de 93 sujets jeunes en bonne santé qui s'exposaient beaucoup au soleil (au moins 3 heures par jour, au moins 5 jours par semaine dans les 3 derniers mois) (16).

Ces chiffres sont très proches de ceux que nous avons trouvés. Ainsi, quels que soient son lieu de vie et son type d'entraînement (en intérieur ou en extérieur), on observe chez le sportif une insuffisance, voire une carence, en vitamine D.

2. Facteurs associés

a. Exposition solaire

Tout d'abord, nous avons constaté une relation statistiquement significative entre une faible fréquence d'exposition au soleil (entre zéro et une fois par semaine) et l'existence d'un taux de vitamine D inférieur à 30 ng/ml ($p < 0.0001$) (voir tableau 3.c.2).

Le rôle de l'exposition au soleil dans la synthèse cutanée de vitamine D est bien établi. En outre, le fait que la réduction (volontaire ou involontaire) de la fréquence d'exposition puisse jouer un rôle sur la survenue d'une insuffisance en vitamine D est intéressant à développer. Certains auteurs ont estimé qu'il est préférable de s'exposer peu et fréquemment, plutôt que longtemps et peu souvent, à la fois pour favoriser la synthèse de vitamine D, et pour limiter la survenue des cancers cutanés (1,24).

Pour Holick, l'exposition des bras et des jambes de 5 à 30 minutes, entre 10 et 15 heures, deux fois par semaine, suffirait à obtenir un taux de vitamine D adéquat (selon la saison, la latitude et la pigmentation de la peau) (1). Nos sportifs s'exposaient plus au soleil que ce qui était recommandé, et pourtant la prévalence de l'insuffisance en vitamine D dans notre étude était importante. Cela suggère l'intervention d'autres facteurs. En outre, les horaires d'exposition, ainsi que la durée d'exposition au soleil, par jour et par an, n'ont pas influencé le statut en vitamine D dans notre travail. Cela ne va pas dans le sens des conclusions de Holick. Cependant, Hamilton a trouvé des résultats similaires aux nôtres : il n'a pas constaté de lien statistiquement significatif entre la durée d'exposition solaire par jour et le taux de vitamine D (19).

Ensuite, notre étude a montré que l'exposition au soleil de l'abdomen était significativement associée à une moindre survenue de l'insuffisance en vitamine D ($p = 0.043$). L'exposition du torse était à la limite de la significativité ($p = 0.052$), celle-ci ayant disparu après ajustement sur les biais (voir tableaux 3.c.1 et 3.c.2). Cela suggère que l'exposition d'une grande surface cutanée serait corrélée à un taux de vitamine D satisfaisant. En effet, les sujets qui exposent leur abdomen exposent aussi en même temps bras et jambes, l'inverse n'étant pas forcément vrai.

Pourtant, dans deux travaux portant sur des populations comparables à la nôtre (jeunes sportifs vivant au soleil), cela n'a pas été retrouvé. Hamilton n'a pas trouvé de lien significatif entre l'importance de la surface corporelle exposée et le taux de vitamine D. Mais les items qui la décrivaient étaient bien différents des nôtres : complètement couvert, visage et mains découverts, plus que visage et mains découverts (19). De même, Binkley, grâce à son score composite intégrant la surface corporelle exposée et le nombre d'heures passées au soleil par semaine, n'a pas mis en évidence cette relation. Pourtant, contrairement aux sportifs de l'étude de Hamilton, ces derniers étaient très exposés (11,1 heures par semaine corps entier sans crème solaire) (16).

Enfin, nous n'avons pas noté de lien significatif entre utilisation d'écran total et taux de vitamine D (voir tableaux 3.c.1 et 3.c.2). Cependant, 64.6% de l'ensemble des sujets de notre étude n'en utilisaient jamais (voir figure 1.3). Linos et al ont montré que, chez 5920 individus en bonne santé, l'application d'écran total n'intervenait pas dans la survenue d'une hypovitaminose D, contrairement au port de vêtements couvrants (-2.2 ng/mL en moyenne par rapport à ceux qui n'étaient pas couverts, $p = 0.001$) (29). Cette dernière constatation va aussi dans le sens de nos conclusions.

L'ensemble de ces résultats devrait donc nous inciter à reconsidérer les habitudes d'exposition au soleil des réunionnais, afin de reformuler des recommandations à ce sujet. Actuellement, celles-ci

sont bien souvent hétérogènes et inadaptées au climat local (24). Cela aurait pour intérêt d'optimiser la synthèse cutanée en vitamine D pour chacun, tout en limitant le risque de survenue des cancers cutanés.

b. Pratique sportive, antécédents fracturaires et symptômes musculo-squelettiques

Concernant la pratique sportive, nous n'avons pas retrouvé de lien significatif entre vitamine D et différents ses différents paramètres, en particulier le type d'entraînement en intérieur ou en extérieur, et les horaires d'entraînement (voir tableaux 3.b.1 et 3.b.2). Cela était certainement dû dans notre étude à la forte exposition solaire dans les deux groupes (voir tableau 1.5), pas forcément en rapport avec la pratique sportive, qui est alors devenu un possible biais de confusion. De plus, dans notre travail, les sujets qui pratiquaient un sport d'extérieur en pleine journée étaient peu nombreux (voir tableau 1.4). En outre, peut-être que les sujets pratiquant un sport extérieur sous estimaient leur exposition solaire lors de leur entraînement.

Pourtant, l'hypothèse, voire l'existence de la relation entre insuffisance en vitamine D et entraînement en intérieur a déjà été avancée par plusieurs auteurs (18,21,22,26,30,33,71,89). Lovell a mis en évidence que, sur les 18 gymnastes de haut niveau de son étude (toutes s'entraînant intensivement en intérieur), 15 présentaient un taux de vitamine D inférieur à 30 ng/mL (83%). Mais aucune comparaison avec des sujets s'entraînant en extérieur n'a été faite (21). Halliday a trouvé des taux de vitamine D statistiquement différents entre les sportifs d'intérieur (39.3 ± 8.9 ng/mL) et ceux d'extérieur (53.1 ± 17.4 ng/mL) à la fin de l'été ($p=0.013$), mais pas lors des autres saisons (33).

Malgré leur jeune âge, nous avons observé que 8% des sujets inclus avaient déjà eu une fracture (voir tableau 1.7). Nous n'avons pas fait préciser aux sportifs les circonstances de survenue de celle-ci (durant leur pratique sportive ou non). La relation entre antécédent de fracture et taux de vitamine D était non significative ($p=0.08$) (voir tableau 3.d.1), mais l'effectif était petit, ce qui nous laisse présager d'une significativité plus importante sur une étude similaire de plus grande envergure.

De par son activité physique intensive, le sportif est plus exposé au risque de fracture, et un taux de vitamine D inadéquat pourrait favoriser leur survenue, ce qui est lourd de conséquence chez un athlète de haut niveau. Plusieurs études l'ont déjà prouvé. Chez des jeunes recrues militaires en Finlande, Ruohola et son équipe ont mis en évidence un risque augmenté de fracture de fatigue pour une concentration en 25(OH)D inférieure ou égale à 30 ng/mL, avec un odds ratio à 3,6 (90). Dans leur essai randomisé contrôlé, Lappe et al ont constaté une diminution de 21% de l'incidence des fractures de fatigue chez les recrues de la Navy de sexe féminin supplémentées avec du calcium et de la vitamine D, par rapport au groupe témoin ($p=0.02$). Mais le taux de vitamine D à l'inclusion n'avait pas été mesuré(91).

Dans notre travail, 57% de nos jeunes sportifs n'ont pas atteint le seuil de 30 ng/mL de 25(OH)D recommandé par Ruohola, et seraient donc à risque de fracture de fatigue. La supplémentation vitamino-calcique semblerait alors pertinente dans la réduction du risque de fracture chez les sujets sportifs et insuffisants en vitamine D. De nouveaux essais pourraient confirmer cette hypothèse.

Bien que n'ayant pas été utilisés dans notre étude, les paramètres mesurables de performance physique ont un intérêt certain chez les sportifs. Une étude française (qui a d'ailleurs fait l'objet d'une

thèse de médecine générale) n'a pas constaté de lien entre taux sanguin de vitamine D et performances sportives aérobies chez 20 sujets (95). Mais les effectifs étaient faibles et la puissance statistique faisait défaut. Dans une étude datant de 2014, on retrouve a contrario une association positive significative entre performance aérobie et vitamine D chez des jeunes sujets actifs (92). Dans leur essai randomisé contre placebo, Close et son équipe n'ont pas décrit d'effet significatif d'une supplémentation par vitamine D sur la hauteur de saut, la vitesse de course, la force musculaire des bras et des jambes, chez des athlètes universitaires (94).

Pourtant, il est actuellement démontré que la vitamine D en quantité suffisante joue un rôle positif sur la performance musculaire (37,42,59,62–65)(voir annexe 6), y compris chez le sujet jeune en bonne santé (55,58–61). Elle serait même associée à une meilleure récupération après une blessure musculaire (93). Mais aucune étude portant sur le lien entre masse musculaire et vitamine D n'a été retrouvée chez le sportif. Au vu de la forte prévalence de l'hypovitaminose D chez les sportifs sur de nombreuses études (voir annexe 13), on peut s'interroger sur l'existence d'une consommation ou d'une séquestration de la vitamine D dans le muscle. La place et la physiologie de la vitamine D dans la performance musculaire de l'athlète de haut niveau restent donc toujours à définir.

Nous n'avons pas retrouvé de relation significative entre symptômes musculo-squelettiques (douleurs osseuses et musculaires, crampes, sensation de fatigue) et concentration en 25(OH)D (voir tableaux 3.e.1 et 3.e.2). Il s'agissait ici de l'évaluation subjective de plaintes somatiques, qui ne reposait pas sur des tests mesurables, par exemple des tests de performance musculaire. Cet exercice d'évaluation des symptômes n'était pas aisé pour les sportifs de notre étude, du fait de leur jeune âge. De surcroît, l'activité sportive intensive pouvait aussi causer des douleurs musculo-squelettiques, indépendamment du taux de vitamine D. Cela rajoutait donc un biais de confusion.

De plus, les données recueillies sur l'implication potentielle de la vitamine D dans les douleurs musculo-squelettiques proviennent de populations hétérogènes et peu, voire pas du tout sportives (26,66,71). La comparaison avec les sujets de notre présente étude semble donc difficile. Une étude ayant pour objet l'impact du taux de vitamine D sur les symptômes pouvant limiter le sportif dans sa discipline, voire compromettre ses performances, paraît intéressante à mener.

Nous avons aussi cherché à déterminer s'il existait un lien entre antécédent d'entorse et statut en vitamine D, piste de réflexion nouvelle qui n'a pas été établie dans la littérature. Les trop faibles effectifs ne nous ont pas permis de conclure, d'autant plus qu'une partie de ceux qui avaient eu une entorse par le passé n'ont pas réalisé leur prise de sang lors de l'étude (voir tableau 3.d.1).

c. *Phototype*

Dans notre étude, le phototype ne jouait pas de rôle significatif dans la détermination du statut en vitamine D (voir tableau 3.a.1). Mais même si notre échantillon comportait un large panel de phototypes, les effectifs pour chacun d'entre eux étaient plutôt inégaux (voir tableau 1.2), ce qui rendait plus difficile l'interprétation des résultats. Cela va à l'encontre de ce qu'on aurait pu s'attendre.

Même s'il est couramment admis qu'un phototype foncé est corrélé à un risque accru de survenue d'une insuffisance en vitamine D (22,35,36), les travaux de Hamilton et de Binkley ne retrouvaient pas cette relation (16,19). Actuellement, celle-ci fait l'objet de nouvelles recherches sur diverses populations (106–108). Plus spécifiquement, de nouvelles études sur des échantillons plus

importants semblent nécessaires chez le sportif afin déterminer si oui ou non le phototype intervient dans le statut en vitamine D, indépendamment de son exposition au soleil.

d. Prélèvement de 25(OH)D

Nous avons remarqué que la réalisation du dosage de 25(OH)D en mai était associée à une moindre survenue d'une hypovitaminose D ($p=0.047$) (voir tableau 3.f.2). Sous nos latitudes, le mois de mai se situe après la fin de l'été austral, qui correspond à la période d'ensoleillement la plus forte. Il y aurait donc, même dans une région ensoleillée toute l'année, un phénomène de saisonnalité des taux de vitamine D.

Cela dit, de nombreux biais sont intervenus dans ce résultat. La répartition des dosages sur l'année était très disparate, avec plus de la moitié des bilans prélevés en septembre, à la fin de l'hiver austral (voir figure 1.4). L'exposition solaire en été austral est probablement supérieure à celle de l'hiver austral, et expliquerait peut-être les meilleurs taux de 25(OH)D à la fin de l'été. L'influence de la saison dans le statut en vitamine D sous les tropiques n'est pas actuellement clairement définie. Peut-être existe-t-elle, mais moins marquée que dans les régions tempérées (3). Ce paramètre serait intéressant à étudier, spécifiquement sous nos latitudes.

Enfin, nous avons retrouvé une relation statistiquement significative entre le type de technique de dosage de 25(OH)D et le taux de vitamine D ($p=0.018$), sans pouvoir déterminer du sens de cette corrélation, et de la technique possiblement en cause (voir tableau 3.g.1). Mais cette significativité disparaît après ajustement sur l'âge. Cela signifie qu'un même prélèvement pourrait donner des résultats différents, ce qui constituerait un biais de mesure majeur. Nous n'avons pas ajusté les résultats sur ce paramètre, n'anticipant pas ce résultat inattendu. En effet, toutes les techniques utilisées dans notre étude étaient immunologiques compétitives.

Dans l'étude de Sequera et al, il y avait une différence significative entre les techniques CMIA et ECLIA pour des taux inférieurs à 20 ng/mL (109). Il n'existe pas actuellement de standard international, mais de nouvelles techniques sont à l'étude afin d'uniformiser les résultats (39,110). Il serait donc utile d'évaluer la sensibilité et la spécificité de chaque technique de dosage, voire d'uniformiser les automates sur le territoire réunionnais, afin de limiter les biais de mesure, ce qui est actuellement en cours de réalisation.

3. Intérêts et limites de ce présent travail

Ce travail présente divers points d'intérêt.

Il s'agit de la première étude qui évalue la prévalence de l'insuffisance et de la carence en vitamine D dans une population jeune et en bonne santé en Outre-Mer. Contre toute attente, elle montre une forte prévalence de l'insuffisance en vitamine D, chez des sujets ayant une exposition solaire largement supérieure aux recommandations actuelles. De plus, celle-ci a été menée de façon prospective et s'est efforcée d'être systématique. Cela limite les biais de recrutement, et donne une description de la population étudiée plus précise et plus proche de la réalité.

En médecine générale, et particulièrement à la Réunion, nous voyons souvent parmi nos patients des athlètes assidus, avec leurs spécificités liées à leur pratique sportive, leurs croyances et leurs attentes en termes de santé, de prise en charge, et d'amélioration de leurs performances. Ce travail a pour intérêt de se pencher sur cette population, souvent mal connue, ou peu suivie car en bonne santé apparente. Il montre qu'eux aussi peuvent présenter des troubles infra-cliniques avec des conséquences possibles à court ou à moyen terme, ce qui peut modifier leur prise en charge en pratique courante, et leur avenir sportif.

La limite principale de cette étude prospective réside dans son manque de puissance statistique, secondaire aux faibles effectifs.

Nous n'avons collecté que 74 (72.6%) dossiers complets (questionnaires et biologiques) sur les 102 sportifs inclus, malgré de nombreuses relances, et malgré le fait que la non-réalisation de la prise de sang obligatoire les exposait à une radiation des listes du sport de haut niveau. Cela est peut-être dû au fait qu'ils se sentent en bonne santé, ou qu'ils ont un cursus scolaire et sportif chargé.

De plus, nous avons pris le parti de réaliser un questionnaire avec de nombreux paramètres à choix multiples (voir annexe 10), ce qui affine les résultats, mais limite la puissance statistique, car les échantillons deviennent encore plus petits. Notre choix de répartir les taux de vitamine D en trois classes (normalité, insuffisance importante et modérée) a eu les mêmes conséquences, mais nous semblait nécessaire. En effet, de nombreux experts et sociétés savantes débattent actuellement de la définition des valeurs de la normalité et de l'insuffisance en vitamine D et de leurs conséquences, tant en pratique courante qu'en santé publique(37–39,82–84,111) (voir annexes 5 et 6).

En conséquence, lors de l'analyse multivariée, avec ajustement sur les biais potentiels, nous avons réparti les taux de vitamine D en deux classes (normalité et hypovitaminose) au lieu de trois, toujours dans un souci de significativité statistique. Nous n'avons pas fait d'analyse multivariée avec ajustement sur le phototype et l'IMC, qui pourraient se constituer biais de confusion, pour la raison que la plupart des résultats obtenus lors de la première analyse (bivariée) n'étaient pas significatifs.

L'échantillon étudié remplit des critères d'inclusion bien précis, et les résultats ne sont pas forcément applicables à la population générale. Pour des raisons d'éthique et de faisabilité, nous ne pouvions pas réaliser prospectivement des prélèvements sanguins en population générale en bonne santé sans indication pertinente de bilan biologique comprenant la 25(OH)D, ce qui aurait constitué un biais de recrutement. De plus, le dosage de 25(OH)D était financé par un organisme indépendant, la caisse générale de sécurité sociale ne le prenant pas en charge dans ce cadre. Par contre, ces résultats semblent intéressants à extrapoler sur une population d'adolescents et de jeunes adultes en bonne santé d'une part, et sur une population de sportifs chevronnés d'autre part.

Nous avons volontairement préféré ne pas traiter des apports alimentaires en vitamine D, qui interviennent pour environ 5 à 10 % dans le taux sanguin de 25(OH)D. Tout d'abord, les apports alimentaires sont difficiles à évaluer par les jeunes eux-mêmes, ce qui expose à des biais d'information. Ensuite, nous avons choisi de nous concentrer sur les paramètres d'exposition solaire, de pratique sportive et le phototype, qui nous semblaient être les plus pertinents dans cette population et sous nos latitudes. Enfin, de nombreuses études montrent que les apports alimentaires en vitamine D sont insuffisants pour compenser la synthèse cutanée de vitamine D et atteindre un taux sanguin de 25(OH)D satisfaisant (1,2,38)(voir annexe 3).

4. Perspectives

Ce travail s'inscrit dans une actualité médicale riche. Alors que les indications de dosage de 25(OH)D se réduisent et que son remboursement est de plus en plus limité, nous nous interrogeons sur la pertinence de généraliser ce bilan biologique aux sportifs. Cela permettrait de dépister des hypovitaminoses D et éventuellement supplémenter en vitamine D les sportifs, en vue d'une prévention sur le risque fracturaire lié ou non au sport, et d'une possible amélioration des performances.

Cependant, la place de cette supplémentation chez le sportif n'est pas bien établie. Les résultats sont contradictoires. De nouvelles études et essais, sur de plus grand effectifs, semblent intéressants chez le sportif, afin de définir : le taux optimal de vitamine D dans la performance athlétique, le rôle de la supplémentation vitaminique dans l'amélioration des performances musculaires, la diminution de l'incidence des fractures et la récupération après une blessure, et la posologie éventuelle de celle-ci.

Toujours chez le sportif, les relations entre phototype et vitamine D d'une part, et entre symptômes musculo-squelettiques et vitamine D d'autre part, ne sont pas clairement identifiées, et pourraient faire l'objet de nouvelles études sur des échantillons plus importants.

En outre, de nombreux travaux se sont intéressés à la place de la vitamine D dans la fonction cardio-vasculaire chez les sujets âgés, ou en population générale, montrant une association entre taux faibles de vitamine D et survenue d'évènements cardio-vasculaires. Des travaux similaires (études observationnelles et interventionnelles) portant sur la relation entre taux de vitamine D et survenue d'évènements cardio-vasculaires (mort subite par exemple), pourraient être pertinents sur une population de sportifs.

Enfin, à la Réunion, une étude plus approfondie sur les habitudes d'exposition au soleil de la population générale, qui pourrait aboutir sur des recommandations spécifiques en termes d'indication (pour optimiser la synthèse cutanée de vitamine D) et de prévention (afin de limiter la survenue de cancers cutanés), paraît utile en pratique courante, notamment en médecine générale.

5. Conclusion

Chez les sportifs de haut niveau, jeunes et en bonne santé, vivant sur l'île de la Réunion, sous un climat tropical où le soleil est présent presque toute l'année, l'insuffisance en vitamine D est fréquente. 57% d'entre eux en sont atteints, et 8.9% ont un taux de vitamine D inférieur à 20 ng/mL.

Nous avons mis en évidence une relation statistiquement significative entre faible fréquence d'exposition au soleil et survenue d'une insuffisance en vitamine D, alors que le fait d'exposer des régions corporelles habituellement couvertes (abdomen, torse) serait corrélé à un taux en vitamine D satisfaisant.

Le dépistage d'une insuffisance ou d'une carence en vitamine D chez le sportif permet d'instaurer une supplémentation adéquate. Celle-ci pourrait diminuer l'incidence des fractures comme le suggère certaines études, peut-être avoir une influence sur les performances musculaires des sportifs, et plus généralement sur leur état de bonne santé. Cependant, à l'heure actuelle, nous n'avons pas de preuve formelle de son intérêt dans ce contexte. Cela reste encore à démontrer.

La place du dépistage de l'hypovitaminose D en médecine générale fait donc encore question, tant en prévention individuelle chez le sportif qu'en enjeu de santé publique. Elle nous pousse à nous interroger à nouveau sur les raisons qui ont conduit au déremboursement de ce dosage.

Même si ce présent travail s'est concentré sur des sujets jeunes en bonne santé, eux aussi pourraient présenter dans le futur certaines pathologies. De nombreuses études tendent à prouver le lien potentiel entre hypovitaminose D et pathologies diverses (osseuses, musculaires, cardio-vasculaires, diabète, cancers, maladies auto-immunes...). Les possibilités de recherche sur l'indication du dosage de la vitamine D et de la supplémentation en prévention de celles-ci sont immenses, et semblent plus que jamais d'actualité.

BIBLIOGRAPHIE

1. Holick MF. Vitamin D deficiency. *N Engl J Med.* 2007;357(3):266-81.
2. Vernay M, Sponga M, Salanave B, Oléko A, Deschamps V, Malon A, et al. Statut en vitamine D de la population adulte en France: l'Étude nationale nutrition santé (ENNS, 2006-2007) [Internet]. *BEH*; 2012 [cité 8 mai 2013]. Disponible sur: http://alimentationgrossesse.unblog.fr/files/2012/05/beh_16_17_2012.pdf
3. Mithal A, Wahl DA, Bonjour J-P, Burckhardt P, Dawson-Hughes B, Eisman JA, et al. Global vitamin D status and determinants of hypovitaminosis D. *Osteoporos Int.* 1 nov 2009;20(11):1807-1820.
4. Prentice A. Vitamin D deficiency: a global perspective. *Nutr Rev.* oct 2008;66(10 Suppl 2):S153-164.
5. Personne V, Partouche H, Souberbielle J-C. Insuffisance et déficit en vitamine D : épidémiologie, indications du dosage, prévention et traitement. *Presse Médicale.* oct 2013;42(10):1334-1342.
6. Looker AC, Pfeiffer CM, Lacher DA, Schleicher RL, Picciano MF, Yetley EA. Serum 25-hydroxyvitamin D status of the US population: 1988–1994 compared with 2000–2004. *Am J Clin Nutr.* 12 janv 2008;88(6):1519-1527.
7. Lapatsanis D, Moulas A, Cholevas V, Soukagos P, Papadopoulou ZL, Challa A. Vitamin D: a necessity for children and adolescents in Greece. *Calcif Tissue Int.* déc 2005;77(6):348-355.
8. Gordon CM, DePeter KC, Feldman HA, Grace E, Emans S. Prevalence of vitamin d deficiency among healthy adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 1 juin 2004;158(6):531-537.
9. Tangpricha V, Pearce EN, Chen TC, Holick MF. Vitamin D Insufficiency among Free-Living Healthy Young Adults. *Am J Med.* 1 juin 2002;112(8):659-662.
10. Bassil D, Rahme M, Hoteit M, Fuleihan GE-H. Hypovitaminosis D in the Middle East and North Africa: Prevalence, risk factors and impact on outcomes. *Dermatoendocrinol.* 1 avr 2013;5(2):274-298.
11. Malhotra N, Mithal A. Vitamin D status in Asia. [cité 10 déc 2013]; Disponible sur: http://www.iofbonehealth.com/sites/default/files/PDFs/Vitamin_D_Asia.pdf
12. Morales J. Vitamin D status in Latin America. [cité 12 déc 2013]; Disponible sur: http://www.osteofound.org/sites/default/files/PDFs/Vitamin_D_Latin_America.pdf
13. Bener A, Al-Ali M, Hoffmann GF. High prevalence of vitamin D deficiency in young children in a highly sunny humid country: a global health problem. *Minerva Pediatr.* févr 2009;61(1):15-22.
14. Peters BSE, dos Santos LC, Fisberg M, Wood RJ, Martini LA. Prevalence of vitamin D insufficiency in Brazilian adolescents. *Ann Nutr Metab.* 2009;54(1):15-21.
15. Puri S, Marwaha RK, Agarwal N, Tandon N, Agarwal R, Grewal K, et al. Vitamin D status of apparently healthy schoolgirls from two different socioeconomic strata in Delhi: relation to nutrition and lifestyle. *Br J Nutr.* avr 2008;99(4):876-882.
16. Binkley N, Novotny R, Krueger D, Kawahara T, Daida YG, Lensmeyer G, et al. Low Vitamin D Status despite Abundant Sun Exposure. *J Clin Endocrinol Metab.* 6 janv 2007;92(6):2130-2135.
17. Sedrani SH, Elidrissy AW, El Arabi KM. Sunlight and vitamin D status in normal Saudi subjects. *Am J Clin Nutr.* juill 1983;38(1):129-132.

18. Ogan D, Pritchett K. Vitamin D and the Athlete: Risks, Recommendations, and Benefits. *Nutrients*. 28 mai 2013;5(6):1856-1868.
19. Hamilton B, Grantham J, Racinais S, Chalabi H. Vitamin D deficiency is endemic in Middle Eastern sportsmen. *Public Health Nutr*. 2010;13(10):1528.
20. Constantini NW, Arieli R, Chodick G, Dubnov-Raz G. High prevalence of vitamin D insufficiency in athletes and dancers. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*. sept 2010;20(5):368-371.
21. Lovell G. Vitamin D status of females in an elite gymnastics program. *Clin J Sport Med*. 2008;18(2):159.
22. Cannell JJ, Hollis BW, Sorenson MB, Taft TN, Anderson JJ. Athletic performance and vitamin D. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(5):1102-10.
23. Holick MF, Chen TC. Vitamin D deficiency: a worldwide problem with health consequences. *Am J Clin Nutr*. avr 2008;87(4):1080S-6S.
24. Leccia M-T. [Skin, sun exposure and vitamin D: facts and controversies]. *Ann Dermatol Vénérologie*. mars 2013;140(3):176-182.
25. Webb AR. Who, what, where and when-influences on cutaneous vitamin D synthesis. *Prog Biophys Mol Biol*. sept 2006;92(1):17-25.
26. Larson-Meyer DE, Willis KS. Vitamin D and athletes. *Curr Sports Med Rep*. 2010;9(4):220-6.
27. Matsuoka LY, Wortsman J, Dannenberg MJ, Hollis BW, Lu Z, Holick MF. Clothing prevents ultraviolet-B radiation-dependent photosynthesis of vitamin D₃. *J Clin Endocrinol Metab*. oct 1992;75(4):1099-1103.
28. Belaid S, Martin A, Schott A-M, Laville M, Le Goaziou M-F. La carence en vitamine D chez la femme de 18 à 49 ans portant des vêtements couvrants, une réalité méconnue en médecine générale. *Presse Médicale*. févr 2008;37(2):201-206.
29. Linos E, Keiser E, Kanzler M, Sainani KL, Lee W, Vittinghoff E, et al. Sun protective behaviors and vitamin D levels in the US population: NHANES 2003–2006. *Cancer Causes Control*. 1 janv 2012;23(1):133-140.
30. Willis KS, Peterson NJ, Larson-Meyer DE. Should we be concerned about the vitamin D status of athletes? *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2008;18(2):204-24.
31. Lehtonen-Veromaa M, Möttönen T, Irjala K, Kärkkäinen M, Lamberg-Allardt C, Hakola P, et al. Vitamin D intake is low and hypovitaminosis D common in healthy 9-to 15-year-old Finnish girls. *Eur J Clin Nutr*. 1999;53(9):746-51.
32. Webb A r., Kift R, Durkin M t., O'Brien S j., Vail A, Berry J l., et al. The role of sunlight exposure in determining the vitamin D status of the U.K. white adult population. *Br J Dermatol*. 2010;163(5):1050-5.
33. Halliday TM, Peterson NJ, Thomas JJ, Kleppinger K, Hollis BW, Larson-Meyer DE. Vitamin D status relative to diet, lifestyle, injury, and illness in college athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(2):335-43.
34. Holick MF, Matsuoka LY, Wortsman J. Age, vitamin D, and solar ultraviolet. *Lancet*. 2(8671):1104-1105.
35. Willis CM, Laing EM, Hall DB, Hausman DB, Lewis RD. A prospective analysis of plasma 25-hydroxyvitamin D concentrations in white and black prepubertal females in the southeastern United States. *Am J Clin Nutr*. janv 2007;85(1):124-130.
36. Clemens TL, Adams JS, Henderson SL, Holick MF. Increased skin pigment reduces the capacity of skin to synthesise vitamin D₃. *Lancet*. 9 janv 1982;1(8263):74-76.

37. Haute Autorité de Santé. Utilité clinique du dosage de la vitamine D : rapport d'évaluation technologique [Internet]. 2013 [cité 1 nov 2013]. Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2013-10/utilite_clinique_du_dosage_de_la_vitamine_d_-_rapport_devaluation.pdf
38. Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, Gordon CM, Hanley DA, Heaney RP, et al. Evaluation, Treatment, and Prevention of Vitamin D Deficiency: an Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *J Clin Endocrinol Metab.* 7 janv 2011;96(7):1911-1930.
39. Benhamou C-L. La vitamine D chez l'adulte : recommandations du GRIO. *Presse Médicale.* juill 2011;40(7-8):673-682.
40. Bolland MJ, Grey A, Gamble GD, Reid IR. The effect of vitamin D supplementation on skeletal, vascular, or cancer outcomes: a trial sequential meta-analysis. *Lancet Diabetes Endocrinol* [Internet]. janv 2014 [cité 5 févr 2014]; Disponible sur: [http://www.thelancet.com/journals/landia/article/PIIS2213-8587\(13\)70212-2/abstract](http://www.thelancet.com/journals/landia/article/PIIS2213-8587(13)70212-2/abstract)
41. Reid IR, Bolland MJ, Grey A. Effects of vitamin D supplements on bone mineral density: a systematic review and meta-analysis. *Lancet.* 11 janv 2014;383(9912):146-155.
42. Beaudart C, Buckinx F, Rabenda V, Cavalier E, Petermans J, Reginster JY, et al. The effects of vitamin D on skeletal muscle strength: a meta-analysis of randomized controlled trials Charlotte Beaudart. *Eur J Public Health.* 10 janv 2013;23(suppl 1):ckt124.105.
43. Pludowski P, Holick MF, Pilz S, Wagner CL, Hollis BW, Grant WB, et al. Vitamin D effects on musculoskeletal health, immunity, autoimmunity, cardiovascular disease, cancer, fertility, pregnancy, dementia and mortality—A review of recent evidence. *Autoimmun Rev.* août 2013;12(10):976-989.
44. Schöttker B, Haug U, Schomburg L, Köhrle J, Perna L, Müller H, et al. Strong associations of 25-hydroxyvitamin D concentrations with all-cause, cardiovascular, cancer, and respiratory disease mortality in a large cohort study. *Am J Clin Nutr.* 1 avr 2013;97(4):782-793.
45. Rosen CJ, Adams JS, Bikle DD, Black DM, Demay MB, Manson JE, et al. The Nonskeletal Effects of Vitamin D: An Endocrine Society Scientific Statement. *Endocr Rev.* 6 janv 2012;33(3):456-492.
46. Rosen CJ. Clinical practice. Vitamin D insufficiency. *N Engl J Med.* 20 janv 2011;364(3):248-254.
47. Salle B, Duhamel J, Souberbielle J. Statut vitaminique, rôle extra osseux et besoins quotidiens en vitamine D. *Rapp Conclus Recomm Académie Natl Médecine* [Internet]. 2012 [cité 28 juill 2013];40. Disponible sur: http://destinationsante.com/wp-content/uploads/2012/10/rapport%20vitamine%20D2%20_2_.pdf
48. Bischoff-Ferrari HA, Willett WC, Wong JB, Giovannucci E, Dietrich T, Dawson-Hughes B. Fracture prevention with vitamin d supplementation: A meta-analysis of randomized controlled trials. *JAMA.* 11 mai 2005;293(18):2257-2264.
49. Bischoff-Ferrari HA, Willett WC, Wong JB, Stuck AE, Staehelin HB, Orav EJ, et al. Prevention of nonvertebral fractures with oral vitamin D and dose dependency: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Intern Med.* 23 mars 2009;169(6):551-561.
50. Tang BMP, Eslick GD, Nowson C, Smith C, Bensoussan A. Use of calcium or calcium in combination with vitamin D supplementation to prevent fractures and bone loss in people aged 50 years and older: a meta-analysis. *Lancet.* 25 août 2007;370(9588):657-666.
51. Avenell A, Gillespie WJ, Gillespie LD, O'Connell D. Vitamin D and vitamin D analogues for preventing fractures associated with involutional and post-menopausal osteoporosis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009;(2):CD000227.

52. Bischoff-Ferrari HA, Willett WC, Orav EJ, Oray EJ, Lips P, Meunier PJ, et al. A pooled analysis of vitamin D dose requirements for fracture prevention. *N Engl J Med.* 5 juill 2012;367(1):40-49.
53. Bischoff-Ferrari HA, Dietrich T, Orav EJ, Dawson-Hughes B. Positive association between 25-hydroxy vitamin D levels and bone mineral density: a population-based study of younger and older adults. *Am J Med.* 1 mai 2004;116(9):634-639.
54. Jackson RD, LaCroix AZ, Gass M, Wallace RB, Robbins J, Lewis CE, et al. Calcium plus vitamin D supplementation and the risk of fractures. *N Engl J Med.* 16 févr 2006;354(7):669-683.
55. Foo LH, Zhang Q, Zhu K, Ma G, Hu X, Greenfield H, et al. Low vitamin D status has an adverse influence on bone mass, bone turnover, and muscle strength in Chinese adolescent girls. *J Nutr.* mai 2009;139(5):1002-1007.
56. Rizzoli R, Bianchi ML, Garabédian M, McKay HA, Moreno LA. Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly. *Bone.* févr 2010;46(2):294-305.
57. Bischoff-Ferrari HA, Dietrich T, Orav EJ, Hu FB, Zhang Y, Karlson EW, et al. Higher 25-hydroxyvitamin D concentrations are associated with better lower-extremity function in both active and inactive persons aged ≥ 60 y. *Am J Clin Nutr.* sept 2004;80(3):752-758.
58. Ward KA, Das G, Berry JL, Roberts SA, Rawer R, Adams JE, et al. Vitamin D Status and Muscle Function in Post-Menarchal Adolescent Girls. *J Clin Endocrinol Metab.* 2 janv 2009;94(2):559-563.
59. Ceglia L. Vitamin D and Its Role in Skeletal Muscle. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* nov 2009;12(6):628-633.
60. Von Hurst PR, Conlon C, Foskett A. Vitamin D status predicts hand-grip strength in young adult women living in Auckland, New Zealand. *J Steroid Biochem Mol Biol.* juill 2013;136:330-332.
61. Grimaldi AS, Parker BA, Capizzi JA, Clarkson PM, Pescatello LS, White MC, et al. 25(OH) vitamin D is associated with greater muscle strength in healthy men and women. *Med Sci Sports Exerc.* janv 2013;45(1):157-162.
62. Pfeifer M, Begerow B, Minne HW, Suppan K, Fahrleitner-Pammer A, Dobnig H. Effects of a long-term vitamin D and calcium supplementation on falls and parameters of muscle function in community-dwelling older individuals. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* févr 2009;20(2):315-322.
63. Zhu K, Austin N, Devine A, Bruce D, Prince RL. A randomized controlled trial of the effects of vitamin D on muscle strength and mobility in older women with vitamin D insufficiency. *J Am Geriatr Soc.* nov 2010;58(11):2063-2068.
64. Stockton KA, Mengersen K, Paratz JD, Kandiah D, Bennell KL. Effect of vitamin D supplementation on muscle strength: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* mars 2011;22(3):859-871.
65. Muir SW, Montero-Odasso M. Effect of vitamin D supplementation on muscle strength, gait and balance in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc.* déc 2011;59(12):2291-2300.
66. Thomas T, Briot K. Effets osseux et musculaires de la vitamine D. *Presse Médicale.* oct 2013;42(10):1351-1357.
67. Snijder MB, van Schoor NM, Pluijm SMF, van Dam RM, Visser M, Lips P. Vitamin D status in relation to one-year risk of recurrent falling in older men and women. *J Clin Endocrinol Metab.* août 2006;91(8):2980-2985.

68. Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, Sherrington C, Gates S, Clemson LM, et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;9:CD007146.
69. Bischoff-Ferrari HA, Dawson-Hughes B, Staehelin HB, Orav JE, Stuck AE, Theiler R, et al. Fall prevention with supplemental and active forms of vitamin D: a meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ.* 1 oct 2009;339(oct01 1):b3692-b3692.
70. Bischoff-Ferrari HA, Dawson-Hughes B, Willett WC, Staehelin HB, Bazemore MG, Zee RY, et al. Effect of Vitamin D on falls: a meta-analysis. *JAMA J Am Med Assoc.* 28 avr 2004;291(16):1999-2006.
71. Bartoszewska M, Kamboj M, Patel DR. Vitamin D, muscle function, and exercise performance. *Pediatr Clin North Am.* juin 2010;57(3):849-861.
72. Pilz S, Tomaschitz A, März W, Drechsler C, Ritz E, Zittermann A, et al. Vitamin D, cardiovascular disease and mortality. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2011;75(5):575-84.
73. Anderson JL, May HT, Horne BD, Bair TL, Hall NL, Carlquist JF, et al. Relation of Vitamin D Deficiency to Cardiovascular Risk Factors, Disease Status, and Incident Events in a General Healthcare Population. *Am J Cardiol.* 1 oct 2010;106(7):963-968.
74. Wang L, Song Y, Manson JE, Pilz S, März W, Michaëlsson K, et al. Circulating 25-hydroxy-vitamin D and risk of cardiovascular disease: a meta-analysis of prospective studies. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes.* nov 2012;5(6):819-829.
75. Dror Y, Givon SM, Hoshen M, Feldhamer I, Balicer RD, Feldman BS. Vitamin D levels for preventing acute coronary syndrome and mortality: evidence of a nonlinear association. *J Clin Endocrinol Metab.* mai 2013;98(5):2160-2167.
76. Kunutsor SK, Apekey TA, Steur M. Vitamin D and risk of future hypertension: meta-analysis of 283,537 participants. *Eur J Epidemiol.* mars 2013;28(3):205-221.
77. Mitri J, Muraru MD, Pittas AG. Vitamin D and type 2 diabetes: a systematic review. *Eur J Clin Nutr.* sept 2011;65(9):1005-1015.
78. Cormier C, Courbebaisse M. Influence de la vitamine D sur le risque cardiovasculaire. *Presse Médicale.* oct 2013;42(10):1364-1370.
79. Kienreich K, Tomaschitz A, Verheyen N, Pieber T, Gaksch M, Grubler MR, et al. Vitamin D and Cardiovascular Disease. *Nutrients.* 31 juill 2013;5(8):3005-3021.
80. Marceau-Colpart E. La supplémentation en vitamine D dans le suivi des grossesses normales en médecine générale : intérêt et modalités [Internet]. Pierre et Marie Curie; 2013 [cité 26 mars 2014]. Disponible sur: http://www.cmge-upmc.org/IMG/pdf/colpart-these_.pdf
81. Revue Prescrire. « Insuffisance » en vitamine D chez les adultes. *Rev Prescrire.* 1 juin 2013;33(356):435-438.
82. Souberbielle J-C, Maruani G, Courbebaisse M. Vitamine D : métabolisme et évaluation des réserves. *Presse Médicale.* oct 2013;42(10):1343-1350.
83. Rosen CJ, Abrams SA, Aloia JF, Brannon PM, Clinton SK, Durazo-Arvizu RA, et al. IOM Committee Members Respond to Endocrine Society Vitamin D Guideline. *J Clin Endocrinol Metab.* 4 janv 2012;97(4):1146-1152.
84. Heaney RP, Holick MF. Why the IOM recommendations for vitamin D are deficient. *J Bone Miner Res.* 2011;26(3):455-7.

85. Health Quality Ontario. Clinical Utility of Vitamin D Testing. *Ont Health Technol Assess Ser.* 1 févr 2010;10(2):1-93.
86. Dawson-Hughes B, Mithal A, Bonjour J-P, Boonen S, Burckhardt P, Fuleihan GE-H, et al. IOF position statement: vitamin D recommendations for older adults. *Osteoporos Int.* 27 avr 2010;21(7):1151-1154.
87. Hanley DA, Cranney A, Jones G, Whiting SJ, Leslie WD, Cole DEC, et al. Vitamin D in adult health and disease: a review and guideline statement from Osteoporosis Canada. *Can Med Assoc J.* 9 juill 2010;182(12):E610-E618.
88. Diamond TH, Eisman JA, Mason RS, Nowson CA, Pasco JA, Sambrook PN, et al. Vitamin D and adult bone health in Australia and New Zealand: a position statement. *Med J Aust [Internet].* 2005 [cité 25 nov 2013];182(6). Disponible sur: <https://www.mja.com.au/journal/2005/182/6/vitamin-d-and-adult-bone-health-australia-and-new-zealand-position-statement>
89. Angeline ME, Gee AO, Shindle M, Warren RF, Rodeo SA. The Effects of Vitamin D Deficiency in Athletes. *Am J Sports Med.* 1 févr 2013;41(2):461-464.
90. Ruohola J-P, Laaksi I, Ylikomi T, Haataja R, Mattila VM, Sahi T, et al. Association between serum 25(OH)D concentrations and bone stress fractures in Finnish young men. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* sept 2006;21(9):1483-1488.
91. Lappe J, Cullen D, Haynatzki G, Recker R, Ahlf R, Thompson K. Calcium and vitamin D supplementation decreases incidence of stress fractures in female navy recruits. *J Bone Miner Res.* 2008;23(5):741-9.
92. Forney LA, Earnest CP, Henagan TM, Johnson LE, Castleberry TJ, Stewart LK. Vitamin d status, body composition, and fitness measures in college-aged students. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc.* mars 2014;28(3):814-824.
93. Barker T, Henriksen VT, Martins TB, Hill HR, Kjeldsberg CR, Schneider ED, et al. Higher serum 25-hydroxyvitamin D concentrations associate with a faster recovery of skeletal muscle strength after muscular injury. *Nutrients.* avr 2013;5(4):1253-1275.
94. Close GL, Leckey J, Patterson M, Bradley W, Owens DJ, Fraser WD, et al. The effects of vitamin D3 supplementation on serum total 25[OH]D concentration and physical performance: a randomised dose-response study. *Br J Sports Med.* 14 févr 2013;47(11):692-696.
95. Fage N, Deliac P, Germain P. Vitamin D serum level and sport performance: compared study between athletes and sedentaries (about 20 subjects). *Sci Sports.* 2010;25(4):201-203.
96. Mohamadi E. Etude du statut en vitamine D chez le sujet de plus de 65 ans hospitalisé en court séjour gériatrique à Saint-Denis de la Réunion et facteurs de risque associés. *Bordeaux 2;* 2013.
97. Close GL, Russell J, Cogley JN, Owens DJ, Wilson G, Gregson W, et al. Assessment of vitamin D concentration in non-supplemented professional athletes and healthy adults during the winter months in the UK: implications for skeletal muscle function. *J Sports Sci.* 2013;31(4):344-353.
98. Maïmoun L, Manetta J, Couret I, Dupuy AM, Mariano-Goulart D, Micallef JP, et al. The intensity level of physical exercise and the bone metabolism response. *Int J Sports Med.* févr 2006;27(2):105-111.
99. Larson-Meyer DE, Willis, Smith, Broughton. Vitamin D status and biomarkers of inflammation in runners. *Open Access J Sports Med.* avr 2012;35.
100. Storlie DM, Pritchett K, Pritchett R, Cashman L. 12-Week vitamin D supplementation trial does not significantly influence seasonal 25 (OH) D status in male collegiate athletes. *Int J Health Nutr.* 2011;2(2):8-13.

101. Bannert N, Starke I, Mohnike K, Fröhner G. [Parameters of mineral metabolism in children and adolescents in athletic training]. *Kinderärztl Prax.* mai 1991;59(5):153-156.
102. Ducher G, Kukuljan S, Hill B, Garnham AP, Nowson CA, Kimlin MG, et al. Vitamin D status and musculoskeletal health in adolescent male ballet dancers a pilot study. *J Dance Med Sci Off Publ Int Assoc Dance Med Sci.* sept 2011;15(3):99-107.
103. Morton JP, Iqbal Z, Drust B, Burgess D, Close GL, Brukner PD. Seasonal variation in vitamin D status in professional soccer players of the English Premier League. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appliquée Nutr Métabolisme.* août 2012;37(4):798-802.
104. Bescós García R, Rodríguez Guisado FA. Low levels of vitamin D in professional basketball players after wintertime: relationship with dietary intake of vitamin D and calcium. *Nutr Hosp.* oct 2011;26(5):945-951.
105. Wilson G, Fraser WD, Sharma A, Eubank M, Drust B, Morton JP, et al. Markers of bone health, renal function, liver function, anthropometry and perception of mood: a comparison between Flat and National Hunt Jockeys. *Int J Sports Med.* mai 2013;34(5):453-459.
106. Powe CE, Evans MK, Wenger J, Zonderman AB, Berg AH, Nalls M, et al. Vitamin D–Binding Protein and Vitamin D Status of Black Americans and White Americans. *N Engl J Med.* 2013;369(21):1991-2000.
107. Holick MF. Bioavailability of vitamin D and its metabolites in black and white adults. *N Engl J Med.* 21 nov 2013;369(21):2047-2048.
108. Freedman DM, Cahoon EK, Rajaraman P, Major JM, Doody MM, Alexander BH, et al. Sunlight and Other Determinants of Circulating 25-Hydroxyvitamin D Levels in Black and White Participants in a Nationwide US Study. *Am J Epidemiol.* 15 janv 2013;177(2):180-192.
109. Sequera A. 25 OH Vitamin D Testing by Three Methods: Do They Identify the Same Level of Deficiency or Sufficiency? *Endocr Rev* [Internet]. juin 2012 [cité 26 nov 2013];33. Disponible sur: http://edrv.endojournals.org/cgi/content/meeting_abstract/33/03_MeetingAbstracts/MON-377
110. Tai SS-C, Bedner M, Phinney KW. Development of a candidate reference measurement procedure for the determination of 25-hydroxyvitamin D3 and 25-hydroxyvitamin D2 in human serum using isotope-dilution liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Anal Chem.* 1 mars 2010;82(5):1942-1948.
111. Ross AC, Manson JE, Abrams SA, Aloia JF, Brannon PM, Clinton SK, et al. The 2011 Report on Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D from the Institute of Medicine: What Clinicians Need to Know. *J Clin Endocrinol Metab.* 1 janv 2011;96(1):53-58.
112. Institut de Veille Sanitaire I. Etude nationale nutrition santé ENNS 2006, situation nutritionnelle en France en 2006 selon les indicateurs d'objectif et les repères du Programme National Nutrition Santé (PNNS) [Internet]. 2007 déc. Disponible sur: http://www.invs.sante.fr/publications/2007/nutrition_enns/RAPP_INST_ENNS_Web.pdf

ANNEXES

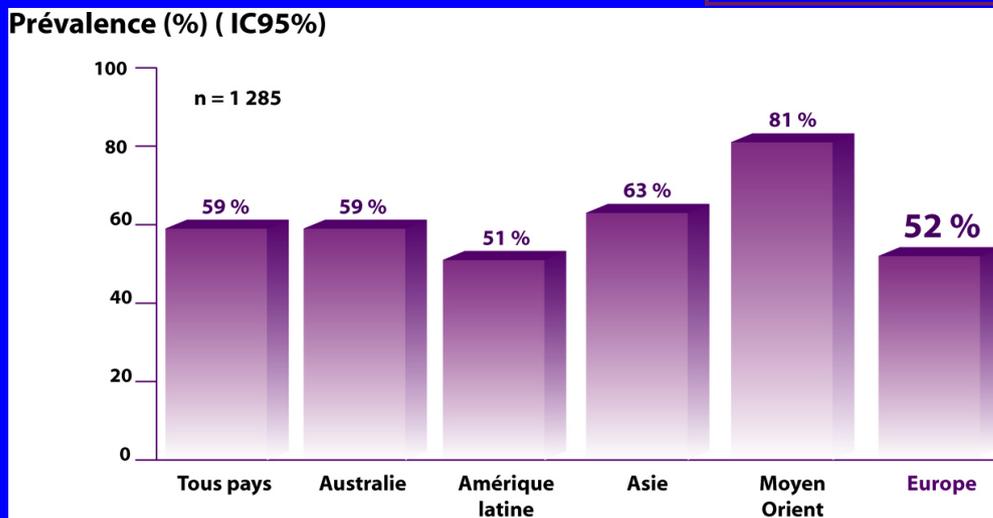
- 1) Prévalence dans le monde de l'insuffisance en vitamine D, d'après le poster de Lim et al présenté en 2005
- 2) Métabolisme de la vitamine D (d'après Holick et al)
- 3) Sources alimentaires de vitamine D
- 4) Fonction musculaire des membres inférieurs selon deux tests (le temps de parcours et l'épreuve « assis-debout »), en fonction de la concentration en 25(OH)D (ng/ml), après ajustement sur les facteurs confondants, d'après Bischoff-Ferrari et al
- 5) Valeurs de référence (ng/ml) définissant la carence, l'insuffisance, les taux recommandés et la toxicité de la vitamine D retrouvés dans la littérature internationale depuis 2005 (France exclue), d'après la HAS
- 6) Valeurs de référence (ng/ml) définissant la carence, l'insuffisance, les taux recommandés et la toxicité de la vitamine D retrouvés dans la littérature française, d'après la HAS
- 7) Avis consultatif du CPP SOOM III
- 8) Avis de la commission locale d'éthique du CHU de la Réunion
- 9) Information et consentement éclairé
- 10) Questionnaire
- 11) Répartition des sportifs inclus dans l'étude (effectifs et pourcentages) en fonction de leur commune d'origine
- 12) Ensoleillement annuel moyen sur l'île de la Réunion
- 13) Statut en vitamine D de différentes populations d'athlètes, d'après plusieurs revues de la littérature internationale

1. Prévalence dans le monde de l'insuffisance en vitamine D, d'après le poster de Lim et al présenté en 2005.

Insuffisance en vitamine D :
épidémiologie

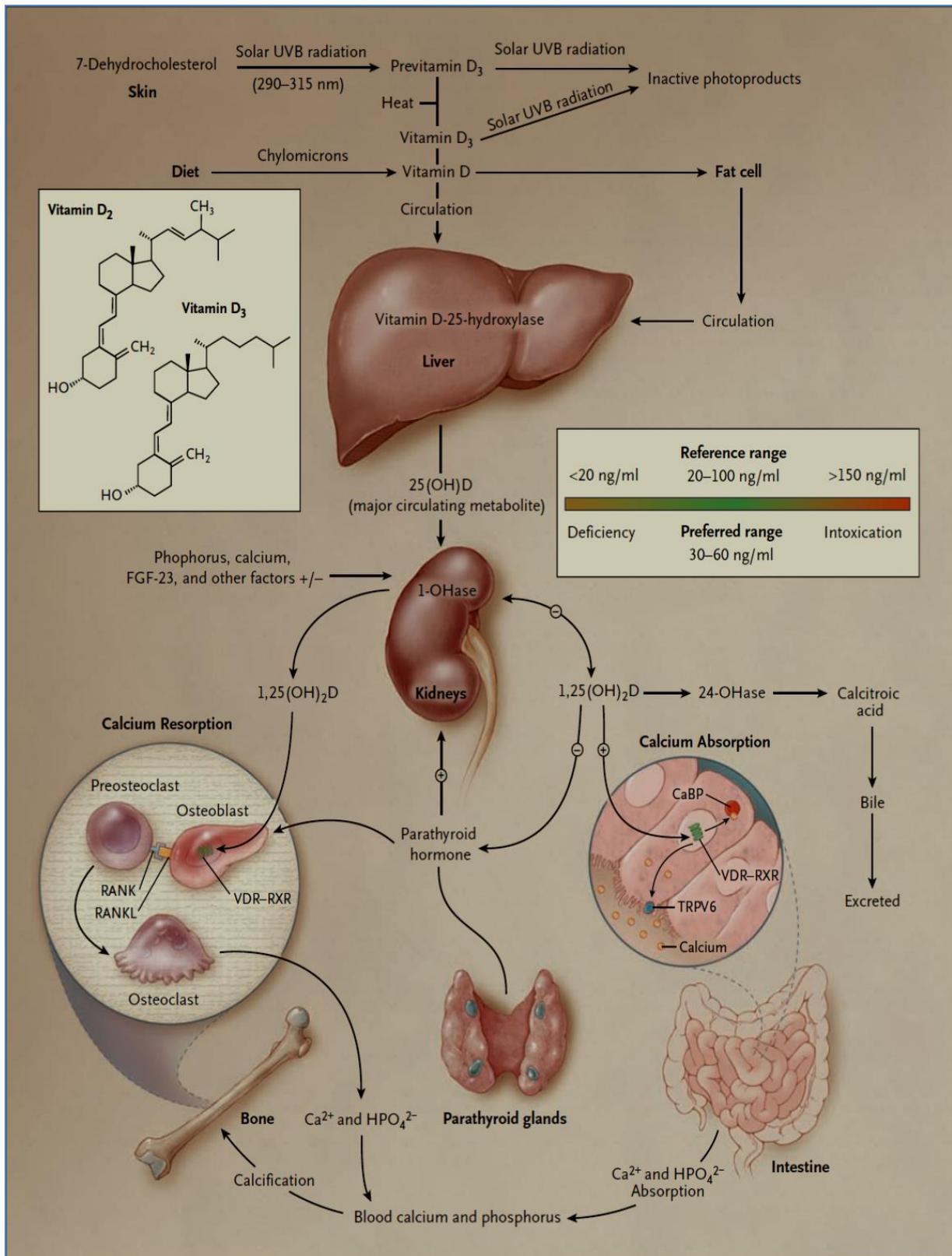
Prévalence dans le monde

Insuffisance en vitamine D :
25(OH)D3 < 30 ng/mL



Lim SK et al. Poster présenté à ISCD, Fev 16-19, 2005, Nouvelle Orléans, USA.

2. Métabolisme de la vitamine D (d'après Holick et al (1))



Sous l'action des UVB, le 7-déhydrocholestérol présent dans les membranes des kératinocytes est photo oxydé, puis transformé en vitamine D3 (cholécalférol) (1,24–26). Une irradiation excessive par les UVB ne cause pas d'intoxication à la vitamine D, puisque par autorégulation, la 1.25(OH)2D est transformée en un métabolite inactif, puis éliminée.

Dans le foie, la vitamine D est hydroxylée en 25-hydroxy-vitamine D (25(OH)D ou calcidiol), forme circulante représentant le statut en vitamine D d'un individu(1,82). Dans le rein, elle est de nouveau hydroxylée en 1.25-dihydroxy-vitamine D (1.25(OH)2D ou calcitriol), forme active, lors d'un étape très bien régulée par les hormones du métabolisme phospho-calcique. Cette hydroxylation est stimulée par la parathormone (PTH), l'hypophosphatémie et les carences en calcium, et inhibée par le *fibroblast growth factor 23* (FGF23), la 1.25(OH)2D elle-même. La 1.25(OH)2D maintient l'homéostasie phosphocalcique en agissant sur le rein (autorégulation et augmentation de la réabsorption de calcium), sur l'intestin (augmentation de l'absorption du calcium et du phosphore), sur l'os (activation des ostéoblastes via la PTH et maturation des ostéoclastes) et sur les parathyroïdes (diminution de la sécrétion de PTH) (1).

La 1.25(OH)2D est pléiotrope, agit en se liant au *vitamin D receptor* (VDR), ce qui régule l'expression de gènes et la synthèse protéique de nombreux tissus cibles (1,23,82). A la différence de l'hydroxylation rénale, cette hydroxylation tissulaire périphérique ne participe pas au métabolisme phosphocalcique et n'est pas régulée par lui. Elle est proportionnelle à la concentration en 25(OH)D dans le liquide extracellulaire, et produit de la 1.25(OH)2D qui agit localement de manière « intracrine ». La 1.25(OH)2D a aussi des effets rapides non transcriptionnels qui contrôlent le transport calcique et du chlore dans la cellule et régulent le taux de calcium intracellulaire (23,45,82).

La 1.25(OH)2D contrôle localement l'expression de gènes qui régulent la prolifération des cellules saines et cancéreuses, leur différenciation, l'apoptose et l'angiogenèse (1,23). La vitamine D joue un rôle important dans le métabolisme et la fonction du muscle squelettique. Elle participe à son homéostasie calcique, à la prolifération et à la différenciation des myoblastes, à la prévention de la dégénérescence grasseuse, à l'agrandissement des fibres de type 2, et protège contre la résistance à l'insuline. Elle permet une augmentation de la force, augmente le métabolisme respiratoire et le contenu en ATP des cellules musculaires, par des mécanismes génomiques et non-génomiques (59,71). Sur le système cardio-vasculaire, la vitamine D a un effet anti-hypertrophique sur le myocarde, a un rôle sur sa contractilité, régule l'activation du système rénine-angiotensine-aldostérone, et inhibe la sécrétion du peptide natriurétique (78). La 1.25(OH)2D est un puissant immunomodulateur. Elle stimule l'expression des gènes d'un large éventail de peptides anti-microbiens (AMP), qui sont d'importants régulateurs de l'immunité innée. Elle inhibe l'expression des cytokines inflammatoires telles que le TNF-alpha et l'interleukine 6, ainsi que la prolifération des lymphocytes T et des lymphocytes CD4. Elle régule aussi la sécrétion des anticorps par les lymphocytes B, favorise la différenciation des macrophages et bloque la différenciation des cellules dendritiques (1,99).

Ainsi, la vitamine D intervient dans de nombreux processus physiologiques. Cela laisse à supposer que l'insuffisance en vitamine D joue un rôle dans la physiopathologie des troubles phosphocalciques (rachitisme, ostéomalacie, ostéoporose, hyperparathyroïdie secondaire...) des affections musculaires (sarcopénie), cardio-vasculaires (infarctus du myocarde, accidents vasculaires cérébraux, hypertension artérielle, diabète...), des néoplasies (cancer colorectal), de certaines infections et maladies auto-immunes (sclérose en plaques, pré éclampsie, diabète de type un...), pour ne citer que celles-là.

3. Sources alimentaires de vitamine D (37)

Quantité de vitamine D en microgrammes (μg) pour 100 grammes d'aliment

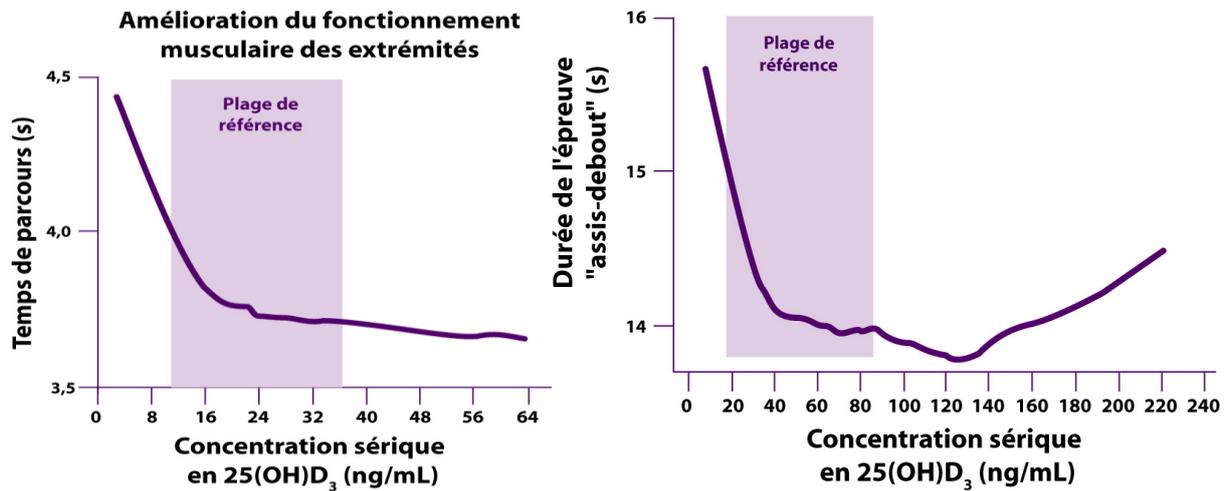
(1 μg = 40 UI)

- Huile de foie de morue : 200 μg = 8000 UI
- Saumon, hareng, anchois, pilchard : 12-20 μg = 480-800 UI
- Sardine, truite arc en ciel, maquereau, margarine : 8-12 μg = 320-480 UI
- Anguille, thon, huître, caviar, jaune d'œuf : 3-8 μg = 120-320 UI
- Truite des rivières, limande, œufs de lompe : 1,5-3 μg = 60-120 UI
- Rouget, foies de génisse et d'agneau, beurre, jambon, lard, pâtés, champignons : 0,6-1,5 μg = 24-60 UI.

La vitamine D d'origine alimentaire, minoritaire, provient de sources animales (vitamine D3 ou cholécalciférol) et végétales (vitamine D2 ou ergocalciférol).

Pour comparaison, d'après Holick (1), l'exposition au soleil des bras et des jambes durant cinq à dix minutes (selon l'heure de la journée, la saison, la latitude, et le phototype) permet la synthèse de 3000 UI de vitamine D3 environ.

4. **Fonction musculaire des membres inférieurs selon deux tests (le temps de parcours et l'épreuve « assis-debout »), en fonction de la concentration en 25(OH)D (en ng/mL), après ajustement sur les facteurs confondants, d'après Bischoff-Ferrari et al(57).**



Bischoff-Ferrari et al. Am J Clin Nutr 2004;80(3) :752-8

Selon les auteurs, pour obtenir une fonction musculaire optimale des extrémités, il faudrait atteindre une concentration sérique en 25(OH)D au minimum égale à 16 ng/mL, mais des concentrations supérieures à 37.6 ng/mL (limite supérieure de la plage de référence sur le schéma de gauche) semblent encore plus avantageuses sur le temps de l'épreuve « assis-debout ».

Cependant, des concentrations sériques au-delà de 130-140 ng/mL sont délétères pour les performances musculaires, comme le montre le schéma de droite.

5. Valeurs de référence (en ng/mL) définissant la carence, l'insuffisance, les taux recommandés et la toxicité de la vitamine D retrouvés dans la littérature internationale depuis 2005 (France exclue), d'après la HAS (37)

Définitions	Australie Nouvelle-Zélande (2005)	Belgique (2009)	IOF* (2010)	Canada (2010)	Endocrine Society (Etats-Unis, 2011)	IOM† (Etats-Unis, 2011)
Carence	(insuffisance sévère) <5	NR‡	NR	<10	<20	NR
Insuffisance	Modérée 5-10 Légère 10-20	<12	NR	10-30	21-29	NR
Taux recommandés	>20	>20	>30	30	30-100	>20
Toxicité	NR	NR	NR	>100	>100	50

Source : Utilité clinique du dosage de la vitamine D, rapport d'évaluation, HAS, octobre 2013

6. Valeurs de référence (en ng/mL) définissant la carence, l'insuffisance, les taux recommandés et la toxicité de la vitamine D retrouvés dans la littérature française, d'après la HAS (37)

Définitions	ENNS§ (2006) (112)	GRIO** (2011) (39)	Académie nationale de médecine (2012) (47)
Carence	<5	<10	<12
Insuffisance	Modérée 5-10 Légère 10-20	10-30	
Taux recommandés	NR	30-70	>20†† >30-32‡‡
Toxicité	NR	>150	>100

Source : Utilité clinique du dosage de la vitamine D, rapport d'évaluation, HAS, octobre 2013

* IOF : International Osteoporosis Foundation

† IOM : Institute Of Medecine

‡ NR : Non renseigné

§ ENNS : Etude Nationale Nutrition Santé

** GRIO : Groupe de Recherche et d'Information sur les Ostéoporoses

†† Si les apports calciques moyens sont de l'ordre de 1200 à 1500 mg/j

‡‡ Si les apports calciques moyens sont de l'ordre de 700 à 1000 mg/j

7. Avis consultatif du CPP SOOM III

COMITÉ DE PROTECTION DES PERSONNES
SUD-OUEST ET OUTRE MER III

Président : Professeur Emmanuel CUNY

Madame Maider SALLABERRY

Bordeaux, le 5 novembre 2012.

Réf. CPP : DC 2012/100
Vos réf. : demande d'avis consultatif

En date du 31 OCTOBRE 2012, conformément aux dispositions du Code de la Santé Publique, le CPP Sud-Ouest et Outre Mer III a examiné **la demande de conseil quant au cadre réglementaire** d'un projet de recherche intitulé :

"STATUT EN VITAMINE D DES SPORTIFS DE HAUT NIVEAU VIVANT A LA REUNION."

L'étude visant à évaluer le statut en vitamine D des sportifs de haut niveau vivant à la réunion et de déterminer la prévalence du déficit en vitamine D chez ces sportifs est observationnelle, hors du champ des dispositions régissant la recherche biomédicale et les soins courants.

Pour le Comité et le Président
Le Secrétaire général



Dr Roland-Igor GALPERINE

1/2

Service de Pharmacologie clinique – Groupe Hospitalier Pellegrin – Bât. 1A
Place Amélie Raba Léon – 33076 BORDEAUX CEDEX
TÉL/FAX : 33-(0)5.57.81.76.07 – E-mail : cpp.soom3@u-bordeaux2.fr

8. Avis de la commission locale d'éthique du CHU de la Réunion



Commission Locale d'Éthique Sous-commission Recherche Site CH Félix Guyon

St Denis, le 17/03/2014

Mme Maider SALLABERRY

Réf : R14002

Objet : demande d'avis consultatif

En date du 28 Février 2014, la sous-commission Recherche de la Commission Locale d'Éthique du CHU Félix Guyon a examiné la demande d'avis faite en date du 10 Février 2014 à propos du projet de recherche intitulé :

« **Statut en vitamine D des sportifs de haut niveau vivant à la Réunion** ».

Cette étude visant à évaluer le statut en vitamine D des sportifs de haut niveau vivant à la Réunion et à déterminer la prévalence de l'insuffisance et du déficit en vitamine D chez ces sportifs est une enquête observationnelle prospective avec utilisation de collections de sang faisant part du suivi habituel des sujets concernés.

Le protocole d'enquête comprend une information sur les objectifs et les modalités de l'étude ainsi que la recherche de la non opposition des sujets (par la signature d'un consentement éclairé), mais ne mentionne pas l'information systématique des sujets pour lesquels une carence en vitamine D aura été constatée sur le dosage de 25(OH)D2+3.

Le Comité donne un **avis favorable** du point de vue éthique à cette recherche à condition qu'il soit prévu une information des sujets pour lesquels il sera diagnostiqué une carence en vitamine D.

Nous attirons cependant votre attention sur le fait que cet avis éthique ne vous dédouane pas des obligations réglementaires applicables à la recherche dans le domaine de la santé.

Pour le Comité
Dr E. CHIRPAZ
Centre Hospitalier Universitaire de la Réunion
Dr Emmanuel CHIRPAZ
Professeur Hospitalier de Médecine
D.L.M.
Hôpital Félix Guyon - 97400 St-Denis Réunion

9. Information et consentement éclairé

Cher(e) sportif(ve),

Actuellement en dernière année d'internat en médecine générale, je réalise ma thèse sur le taux de vitamine D chez les sportifs de haut niveau réunionnais, en association avec le Dr Bouquillard (rhumatologue).

Pourquoi cette étude ?

En tant que sportif de haut niveau, vous êtes certainement sensibilisé à votre état de Santé et au rôle que celle-ci peut jouer sur vos performances.

Il est prouvé que la vitamine D (synthétisée principalement lors de l'exposition solaire, mais aussi en lien avec l'alimentation) a un rôle bénéfique sur la densité osseuse ainsi que sur la performance musculaire. Or, de nombreux déficits ont été constatés sur notre île pourtant ensoleillée. Surprenant, non ?

Sans doute voudriez-vous connaître votre statut en vitamine D, et donc savoir si vous êtes concernés ou pas par ce déficit, ce qui pourrait avoir des conséquences non négligeables.

Cela est possible avec l'étude que nous menons actuellement. Nous vous proposons un bref questionnaire à remplir sur place, nous permettant de connaître votre pratique sportive ainsi que quelques caractéristiques vous concernant (antécédents médicaux, poids, taille, exposition solaire, type de peau).

A l'issue de votre examen clinique, une prise de sang avec dosage de la vitamine D sera à réaliser.

Bien entendu, toute information personnelle vous concernant obtenue au cours de cette étude sera traitée de manière anonyme.

Vous avez accès à tous vos résultats sur simple demande.

Votre participation à cette étude est volontaire. Vous n'êtes donc en aucun cas obligé d'y prendre part. Si vous décidez d'y participer, vous devez signer le consentement ci-dessous pour confirmer votre accord.

Merci de votre participation

Cordialement,

Maidier SALLABERRY (interne en médecine générale)

Eric BOUQUILLARD (rhumatologue)

- Pour les personnes majeures :

Je, soussigné(e) confirme avoir reçu un exemplaire du document d'information et de consentement en rapport avec la présente étude.

Fait à Saint-Pierre, le ... / ... / ...

(signature)

- Pour les personnes mineures, le consentement parental est exigé :

Je, soussigné(e) détenteur de l'autorité parentale de l'enfant
....., confirme avoir reçu un exemplaire du document d'information et de consentement en rapport avec la présente étude.

Fait à Saint-Pierre, le ... / ... / ...

(signature)

10. Questionnaire

1) Caractéristiques du sportif

- Date de naissance : ... / ... / ...
- Code postal :
- Sexe : F / M
- Poids :
- Taille :

2) Phototype (voir le tableau ci-joint)

- I- peau très claire, taches de rousseur, cheveux blonds ou roux, yeux très clairs, ne bronze pas
- II- peau très claire, cheveux blonds ou châtain, taches de rousseur, yeux clairs, bronze difficilement
- III- peau claire, cheveux blonds ou châtain, bronze progressivement
- IV- peau mate, yeux foncés, cheveux châtain ou bruns, bronze bien
- V- peau foncée, yeux foncés, cheveux bruns foncés, bronze facilement
- VI- peau noire, cheveux noirs, yeux noirs

3) Sport pratiqué

- Quel est votre sport ? :
- Sport pratiqué : à l'intérieur à l'extérieur
- Horaires d'entraînement : entre 10 et 16h,
 avant 10h ou après 16h,
 nuit
- Durée :

° par jour : < 30 min/j, 30 - 60 min/j, 60 - 120 min/j, > 120 min/j

° par semaine : 1 fois /sem, 2 à 3 fois /sem, plus de 3 fois /sem, tous les jours

4) Antécédents (oui/non, si oui lequel) : OUI lequel ? : / NON

- Tabac : cigarettes / jour
- Alcool : verres / semaine
- Antécédent de fracture
- Maladie endocrinienne (thyroïde, diabète,...)
- Maladie inflammatoire
- Maladie cardiovasculaire
- Maladie de l'appareil digestif
- Maladie rénale
- Maladie pulmonaire
- Maladie neurologique
- Autre (préciser) :

5) Traitements actuels (jusqu'à il y a 6 mois) : OUI lequel : / NON

- Vitamine D
- Polyvitamines (ne contenant pas de la vitamine D)
- Calcium
- Anticonvulsivants (traitement de l'épilepsie)
- Glucocorticoïdes (Cortancyl, Solupred, Célestène...)
- Rifampicine (traitement de la tuberculose)
- Cholestyramine (Questran = traitement du cholestérol)

6) Exposition solaire

- Durée :

- ° Par jour : < 30 min, 30-60 min, 60-120 min, >120 min
- ° Par semaine : 0-1 / sem, 1-2 fois / sem, 3-4 fois / sem, 6-7 fois / sem
- ° Par an : <3 mois / an, 3-6 mois / an, 6-9 mois / an, >9 mois / an

- Zones exposées :

crâne visage membres supérieurs membres inférieurs torse ventre

- Horaires d'exposition : entre 10h du matin et 16h

<10h du matin et/ou >16h

- Ecran total : OUI NON

Si oui : souvent rarement

7) Signes éventuels de déficit en vitamine D : OUI NON

Douleurs osseuses

Crampes

Douleurs musculaires

Fatigue

Merci d'avoir répondu à ce questionnaire

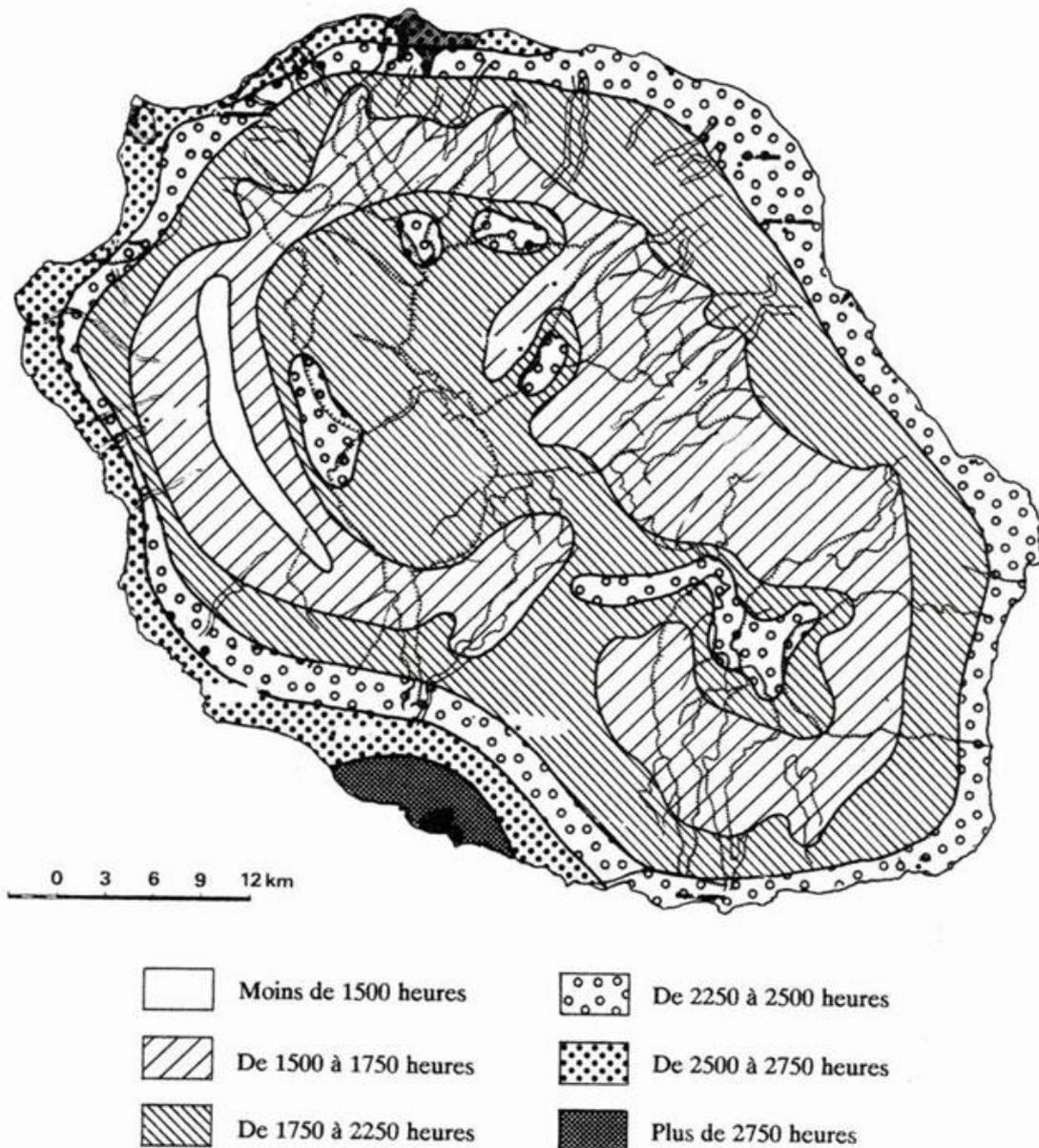
Les phototypes = types de peau

Phototypes	Types de cheveux	Types de peau	Tâches de rousseur	Coups de soleil	Bronzage
Type I 	Roux	Laiteux	+++	constants++	Aucun
Type II 	Blonds	Claire	++	constants+	Hâle léger
Type III 	Blonds à châtain	Claire à mate	+	fréquents	Hâle clair
Type IV 	Bruns	Mate	0	rares	foncé
Type V 	Bruns foncé	mate	0	exceptionnels	très foncé
Type VI 	Noirs	Noire	0	jamais	Noir

11. Répartition des sportifs inclus dans l'étude (effectifs et pourcentages) en fonction de leur commune d'origine

	<i>Effectif</i>	<i>Pourcentage (%)</i>
Saint-Denis	20	17,6
Saint-Pierre	13	12,8
Saint-Paul	10	9,8
Bras-Panon	1	1
Saint-Leu	3	3
Le Tampon	5	4,9
La Possession	3	2,9
Le Port	8	7,8
Saint-Louis	4	3,9
Etang-Salé	5	4,9
Salazie	2	2
Sainte-Marie	2	2
Saint-André	5	4,9
Sainte-Suzanne	4	3,9
Saint-Benoît	8	7,8
Saint-Joseph	8	7,9
Total	99	97,1
Non renseigné	3	2,9

12. Ensoleillement annuel moyen sur l'île de la Réunion



13. Statut en vitamine D de différentes populations d'athlètes, d'après plusieurs revues de la littérature internationale (18,26,71,94)

Auteur (référence bibliographique)	Type d'athlètes [effectif]	Pays	Saison	Lieu d'entraînement	Sexe	[25(OH)D]moy (ng/ml)*	Prévalence
Hamilton (19)	Divers sports [93]	Qatar	NC [†]	Int/Ext [‡]	M [§]	11	91% <20 **
Constantini (20)	Divers sports et danseurs [98]	Israël	Eté et hiver	Int/Ext	M/F	25.3	73% <30
Lovell (21)	Gymnastes [18]	Australie	Automne	Int	F	22.4	33% < 20 83% < 30
Halliday (33)	Athlètes d'université [41]	Etats-Unis	Automne	Int/Ext	M/F	49	2.4% < 20 12.2% < 32
Lehtonen-Veromaa (31)	Gymnastes [66] et coureurs [65]	Finlande	Hiver	Int/Ext	M/F	13.6	68% <15 13% <4
Close (97)	Jockeys, rugbymen, footballeurs [61]	Royaume-Uni	Hiver	Int/Ext	M	NC	62% <20
Close (94)	Rugbymen, footballeurs [30]	Royaume-Uni	Hiver	Int/Ext	M	NC	57% <20
Maïmoun (98)	Coureurs cyclistes [7]	France	Eté	Ext	M	32.5	NC
Willis (30)	Coureurs d'endurance [19]	Etats-Unis	Sur l'année	Ext	M/F	38.7	42% <32 0.5% < 20
Larson Meyer (99)	Coureurs d'endurance [19]	Etats-Unis	NC	Ext	M/F	NC	42% <32 11% <20
Storlie (100)	Divers sports [27]	Etats-Unis	Automne et hiver	Ext	M	51	25% <32
Bannert (101)	Gymnastes	Allemagne	NC	Int	M/F	20	37% <10
Ducher (102)	Danseurs de ballet [18]	Australie	Hiver	Int	M	20.2	67.7% <15 13.4% <8
Morton (103)	Footballeurs professionnels [20]	Royaume-Uni	Eté puis hiver	Ext	M	20.4	65% <20
Bescos-Garcia (104)	Joueurs de basketball [21]	Espagne	Printemps	Int	M	19	57% <20
Wilson (105)	Jockeys [36]	Royaume-Uni	NC	Ext	M	15	31% <20 37% <12

* [25(OH)D] moy : concentration plasmatique moyenne en 25(OH)D (en ng/mL)

[†] NC : non communiqué

[‡] Int : Intérieur, Ext : Extérieur, Int/Ext : Intérieur et extérieur

[§] M : Masculin, F : Féminin, M/F : Masculin et Féminin

** Taux en ng/mL

SERMENT MEDICAL D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer leurs consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses : que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque.

TITRE en anglais : SCREENING FOR VITAMIN D DEFICIENCY BY GENERAL PRACTITIONER IN ELITE ATHLETES ON REUNION ISLAND AND ASSOCIATED FACTORS RESEARCH

SUMMARY

INTRODUCTION: Vitamin D insufficiency is common, even in the tropics. It has been implicated in bone, muscle diseases and athletic performance. Our objective is to evaluate the prevalence of vitamin D insufficiency of elite athletes in Reunion Island, to identify associated factors, and to determine the interest of this screening currently disparaged in general medicine.

MATERIALS AND METHODS: From December 2012 to January 2014 were included prospectively Reunion athletes registered on ministerial lists of top-level sport, having an obligatory blood test. The assay of 25(OH)D was added. They filled out an anonymous questionnaire about their sports practice, sun exposure, phototype, symptoms and medical history. This was followed by a bivariate statistical analysis, then a multivariate one, adjusted on the age.

RESULTS: On 102 participants, 74 gave a blood sample and filled out the questionnaire. The mean serum 25(OH)D concentration was 30.97 ± 10.47 ng/mL (95% CI [28.67-33.28]). 57% had vitamin D levels below 30 ng/mL: 48.1% between 20 and 30 ng/mL, 8.9% between 10 and 20 ng/mL. We have shown a strong relationship between infrequent sun exposure and hypovitaminosis D (estimate: 18.86, 95% CI [15.84-21.88], $p < 0.0001$). Abdomen exposure was correlated with a lower occurrence of hypovitaminosis D (-3.41, 95% CI [-6.72, -0.11], $p = 0.043$), as well as the assay in May (-4.31; 95% CI [-8.57, -0.05], $p = 0.047$). We found a significant association between vitamin D levels and assay technique ($p = 0.018$), but not between this rate and sports practice, phototype, symptoms, and history.

CONCLUSION: In Reunion Island athletes, hypovitaminosis D is common. The interest of supplementation of athletes who were screened remains to be demonstrated. The role of this screening in general practice makes still question, both in individual prevention in athletes than in public health.

RESUME

INTRODUCTION : L'hypovitaminose D est fréquente, même sous les tropiques. Elle interviendrait entre autres dans des pathologies osseuses, musculaires et dans la performance sportive. Notre objectif est d'évaluer la prévalence de l'insuffisance en vitamine D des sportifs de haut niveau à la Réunion, de rechercher des facteurs associés, et de déterminer l'intérêt de ce dépistage actuellement décrit en médecine générale.

MATERIEL ET METHODES : De décembre 2012 à janvier 2014 ont été inclus prospectivement les athlètes réunionnais inscrits sur les listes ministérielles du sport de haut niveau, ayant un bilan sanguin obligatoire. Le dosage de 25(OH)D a été ajouté. Ils ont rempli un questionnaire anonyme sur leur pratique sportive, exposition solaire, phototype, symptômes et antécédents. A suivi une analyse statistique bivariée, puis multivariée ajustée sur l'âge.

RESULTATS : Sur 102 sujets, 74 ont fait le bilan et rempli le questionnaire. Le taux moyen de 25(OH)D était de 30.97 ± 10.47 ng/mL (IC95% [28.67-33.28]). 57% présentaient un taux de vitamine D inférieur à 30 ng/mL : 48.1% entre 20 et 30 ng/mL, 8.9% entre 10 et 20 ng/mL. Nous avons montré une relation forte entre exposition au soleil peu fréquente et hypovitaminose D (estimation : 18.86 ; IC95% [15.84-21.88] ; $p < 0.0001$). L'exposition de l'abdomen était corrélée à une moindre survenue de celle-ci (-3,41 ; IC95% [-6.72;-0.11] ; $p = 0.043$), ainsi que la réalisation du dosage en mai (-4.31 ; IC95% [-8.57;-0.05] ; $p = 0.047$). Nous avons constaté une association significative entre taux de vitamine D et technique de dosage ($p = 0.018$), mais pas entre ce taux et pratique sportive, phototype, symptômes, et antécédents.

CONCLUSION : Chez les sportifs réunionnais, l'hypovitaminose D est fréquente. L'intérêt de la supplémentation des sportifs qui ont été dépistés reste à démontrer. La place de ce dépistage en médecine générale fait encore question, tant en prévention individuelle chez les sportifs qu'en santé publique.

THESE pour l'obtention du DIPLÔME D'ETAT de DOCTEUR EN MEDECINE

MOTS-CLES : Vitamine D, dépistage, insuffisance, prévalence, sport de haut niveau, île de la Réunion, exposition solaire, phototype

UNIVERSITE BORDEAUX 2, U.F.R. des SCIENCES MEDICALES