



Faculté Des Science De La Nature Et De La Vie

Département Sciences alimentaires

Laboratoire de Recherche Sciences, Technologies Alimentaires et Développement
Durable

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master en

Spécialité : **Nutrition et Diététique Humaine**

Filière : **Sciences Alimentaires**

Domaine : **Sciences de la Nature et de la Vie**

Thème :

**Prévalence de la carence en magnésium et sa relation avec le bilan
phosphocalcique et le remodelage osseux (Wilaya de Blida).**

Présenté par : DJEMOUAI Kawther

Devant le jury composé de :

OUSSADOU Larbi	MAA	U. Blida 1	Président
Hamzi Wahiba	MCA	U. Blida 1	Examinatrice
DJERDJAR Louiza	MAB	U. Blida 1	Promotrice

Promotion 2022-2023

Remerciements

Le grand remerciement à notre dieu créateur qui nous a aidé en nous donnant la force et le courage durant ce travail.

*Je tiens également à exprimer mon respect aux membres du jury. Je souhaite spécialement montrer toute ma gratitude à ma très chère promotrice **Dr DJERDJAR Louiza**. Sans elle ce mémoire n'aurait jamais pu voir la lumière de ce jour et que tout cela ne serait jamais possible. J'ai pu bénéficier de votre encadrement et apprécier vos qualités scientifiques et humaines.*

*J'adresse mes remerciements à **Dr OUSSADOU Larbi**, notre chef d'option de la spécialité « Nutrition et diététique humaine », pour l'honneur qu'il me fait en présidant ce jury de mémoire. Je tiens à présenter toute ma gratitude, ma reconnaissance, mes respects et ma grande estime à vous monsieur.*

*Ma gratitude va également à celle qui m'a fait l'honneur de juger ce travail, **Dr Hamzi Wahiba**, pour consacrer une partie de son temps précieux pour l'analyse de ce mémoire et apporter son regard critique. Veuillez accepter, Madame, l'assurance de mon estime et mon profond respect.*

Mes remerciements vont également à tous mes enseignants et professeurs et à toute l'équipe pédagogique qui était présente tout au long de mon parcours universitaire.

Merci

Dédicaces

Je dédie ce travail à ma famille, mes enseignants, mes amis et à tous ceux qui m'ont apporté du soutien de près ou de loin,

Aujourd'hui, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance envers vous tous. Votre soutien inébranlable, vos conseils précieux et votre présence constante ont été des éléments essentiels de ma réussite dans ce projet de fin d'études. Vos encouragements ont dissipé mes doutes et votre confiance m'a poussé à donner le meilleur de moi-même. Je suis fier d'avoir pu compter sur vous à chaque étape de ce parcours. Cette réussite est autant la vôtre que la mienne. Merci pour votre soutien indéfectible et votre amour inconditionnel. Je vous en serai éternellement reconnaissante.

Résumé :

Afin d'estimer la prévalence de la carence en Magnésium (Mg) et analyser sa relation avec le bilan phosphocalcique et certains paramètres du remodelage osseux, une étude observationnelle, descriptive, transversale, prospective, multicentrique a été menée près de 91 sujets adultes appartenant à la wilaya de Blida. Un dosage du Mg, calcium (Ca), phosphate sérique(P) a été effectué pour l'ensemble de la population étudiée, seuls 70 patients ont bénéficié d'un dosage des phosphatases alcalines (PAL).

Notre population comportait 57 femmes et de 34 hommes, une prédominance féminine statistiquement significative est notée ($P= 0,016$). L'âge moyen des sujets est de $42,43 \pm 13,30$ ans.

La prévalence de la carence en Mg dans notre population est de 14,29%, tous les sujets ayant présenté une carence en Mg appartenaient au sexe féminin. Une corrélation négative hautement significative a été retrouvée entre la concentration sérique en Mg et l'âge des sujets (R de Spearman = -0,43 ; $P= 0,000$). Cependant, aucune corrélation significative n'a été notée entre la concentration du magnésium et l'IMC des participants ($R=0,152$; $P= 0,15$). La majorité des sujets inclus présentent une calcémie normale ($n=82$, soit 90,11%), 11 sujets avaient une hypophosphorémie soit 12,08% de la population étudiée, une concentration anormalement élevée de la PAL a été observée chez 8 sujets soit 8,79%. Une corrélation négative fortement significative a été notée entre la calcémie et la concentration sérique en Mg des sujets ($R= -0,28$; $P= 0,006$). En revanche, une corrélation positive hautement significative a été retrouvée entre le magnésium sérique et la phosphatémie ($R= 0,43$; $P= 0,000$). Enfin, une forte corrélation négative hautement significative est observée entre la PAL sérique et la magnésémie ($R= -0,778$; $P=0,000$).

Une attention plus particulière doit être portée à l'évaluation du statut en magnésium en pratique clinique et son rôle dans la prévention et le traitement des troubles osseux, tout bilan de routine doit comporter une prescription du dosage du Mg.

Mots clés : Magnésium, Carence, bilan phosphocalcique, phosphatase alcaline, Prévalence, Blida.

Abstract:

An observational, descriptive, cross-sectional, prospective, multicenter study was conducted on nearly 91 adult subjects from the wilaya of Blida in order to estimate the prevalence of magnesium (Mg) deficiency and analyze its relationship with phosphocalcic balance and specific parameters of bone remodeling. Only 70 individuals benefited from an alkaline phosphatase (PAL) assay, although the whole population under study had Mg, calcium (Ca), and serum phosphate (P) assayed.

34 males and 57 women made up our population, with the female majority being statistically significant ($P = 0.016$). The subjects' average age is $42,43 \pm 13,30$ years.

The prevalence of Mg deficiency in our population is 14.29%, and all subjects with Mg deficiency were female. A highly significant negative correlation was found between serum Mg concentration and subject age (Spearman's $R = -0.43$; $P = 0.000$). However, no significant correlation was found between magnesium concentration and participants' BMI ($R=0.152$; $P= 0.15$). The majority of subjects included had normal blood calcium levels ($n=82$, 90.11%), 11 subjects had hypophosphatemia (12.08%), an abnormally high PAL concentration was observed in 8 subjects (8.79%). A highly significant negative correlation was noted between subjects' serum calcium and serum Mg concentration ($R= -0.28$; $P= 0.006$). In contrast, a highly significant positive correlation was found between serum magnesium and phosphatemia ($R= 0.43$; $P= 0.000$). Finally, a highly significant negative correlation was observed between serum PAL and magnesemia ($R= -0.778$; $P=0.000$).

Special attention must be devoted to the evaluation of magnesium status in clinical practice and its function in the prevention and treatment of bone illnesses. Any regular check-up must include a prescription for the dosage of Mg.

Keywords : Magnesium, Deficiency, phosphocalcic balance, alkaline phosphatase, Prevalence, Blida.

المخلص

لتقدير انتشار نقص المغنيسيوم وتحليل علاقته بتوازن الفوسفوكالسيوم وبعض مؤشرات إعادة بناء العظام، تم إجراء دراسة مراقبة وصفية وعرضية على مستوى العديد من مراكز التحاليل على حوالي 91 شخصًا بالغًا ينتمون إلى ولاية البلدة. تم تنفيذ تحليل لمستويات المغنيسيوم والكالسيوم وفوسفات على دم جميع المشاركين في الدراسة، ولكن تم فحص إنزيم الفسفاتاز القلوي فقط لـ 70 مريضًا. تتألف مجموعتنا من 57 امرأة و 34 رجلاً، نلاحظ وجود غالبية نسائية ذات دلالة إحصائية ($P=0,016$). يبلغ متوسط عمر المشاركين $42.43 \pm$ 13.30 عامًا.

تبلغ نسبة انتشار نقص المغنيسيوم في مجتمعنا 14.29٪، وجميع المشاركين الذين يعانون منه كانوا من الإناث. تم اكتشاف ارتباط سلبي قوي وذو دلالة إحصائية بين تركيز المغنيسيوم في الدم وعمر المشاركين (معامل رتبة سبيرمان = -0,43؛ $P=0,000$). ومع ذلك، لم يتم اكتشاف أي ارتباط معنوي بين تركيز المغنيسيوم ومؤشر كتلة الجسم للمشاركين ($R=0,152$ ؛ $P=0,15$). غالبية المشاركين (82 شخصًا أو 90,11٪) يظهرون مستويات طبيعية لكالسيوم الدم، وكان هناك 11 شخصًا (12,08٪ من سكان الدراسة) يعانون من نقص في فوسفات الدم، وكان هناك 8 أشخاص (8,79٪) يظهرون مستويات مرتفعة غير طبيعية.

يجب أن يتم التركيز بشكل خاص على تقييم حالة المغنيسيوم في الممارسة السريرية وفهم دوره في الوقاية والعلاج من الاضطرابات العظمية. يجب أن يتضمن أي فحص روتيني في المستشفى أو العيادة الطبية وصفة طبية لفحص تركيز المغنيسيوم في الجسم. فهم أهمية المغنيسيوم في الحفاظ على صحة العظام يمكن أن يساعد في تحسين التشخيص والعلاج وتقديم الرعاية الصحية الأمثل للمرضى الذين يعانون من مشاكل العظام.

الكلمات المفتاحية: المغنيسيوم، النقص، توازن الفوسفوكالسيوم، إنزيم الفسفاتاز القلوي، الانتشار، البلدة.

Sommaire

Introduction générale.....	11
I- Synthèse bibliographique	
Chapitre 1 :	14
Magnésium : généralités et aspects physiologiques	14
Chapitre 2 :	22
Métabolisme phosphocalcique et métabolisme osseux	22
Calcium	22
Phosphore	23
Métabolisme phosphocalcique	24
Métabolisme osseux et remodelage	25
II Matériel et méthodes	
Type et cadre de l'étude	31
Considérations éthiques	31
Population incluse	31
Critères d'exclusion	31
Échantillonnage.....	32
Outils de collecte de données	32
Prélèvements sanguins et traitements des échantillons	32
Dosages biologiques	33
Dosage du Mg sérique	33
Dosage du calcium	33
Dosage du phosphore	34
Dosage de la phosphatase alcaline	35
Analyses statistiques	36
III- Résultats et interprétations	
Caractéristiques de la population	39
Caractéristiques démographiques	39
Caractéristiques anthropométriques (Indice de masse corporelle : IMC).....	41

Répartition selon l'activité physique	42
Répartition selon le tabagisme	42
Statut physiologique chez les femmes	42
Répartition selon la prise de traitements médicamenteux	42
Répartition selon les pathologies	43
Répartition selon les données alimentaires	44
Symptomatologie	44
Statut en magnésium	45
Bilan phosphocalcique	48
Concentration de la phosphatase alcaline (PAL)	50
Relations entre la magnésémie, bilan phosphocalcique et PAL	
IV- Discussion générale.....	
V- Conclusion, recommandations et perspectives	
VI- Références bibliographiques.....	

Liste des tableaux

Tableau I : Sources alimentaires du magnésium.....	
Tableau II : ANC en magnésium pour la population française.....	
Tableau III : Répartition des sujets inclus selon l'activité physique.....	
Tableau IV : Répartition de la population selon le tabagisme.....	42
Tableau V : Répartition selon les pathologies.....	43
Tableau VI : Répartition (en effectif) des sujets selon la consommation des aliments contenant le Mg	44
Tableau VII: Manifestations cliniques selon les déclarations des patients.....	44
Tableau VIII: Comparaison de la concentration moyenne du Mg entre les deux sexes.....	46
Tableau IX: Résultats de l'analyse descriptive du bilan phosphocalcique.....	49
Tableau X : Corrélation de Spearman entre le bilan phosphocalcique et la PAL.....	53

Liste des figures :

Figure 01: Homéostasie du Mg dans l'organisme.....	
Figure 02: Différentes fonctions biologiques du Mg.....	
Figure 03: Principaux acteurs du remodelage osseux.....	
Figure 04: Vision intégrative du métabolisme phosphocalcique.....	29
Figure 05: Diagramme d'inclusion expliquant le déroulement de notre étude.....	37
Figure 06: Distribution des sujets inclus selon le sexe.....	39
Figure 07: Distribution des sujets selon la catégorie d'âge.....	40
Figure 08: Répartition de la population selon l'IMC.....	41
Figure 09: Répartition des sujets selon la prise de traitements.....	43
Figure 10: Répartition des sujets selon le statut en Mg.....	45
Figure 11: Statut en magnésium et sexe des sujets.....	46
Figure 12: Relation entre le Mg sérique et l'âge des sujets.....	47
Figure 13: Relation entre la concentration en magnésium et l'IMC des patients.....	48
Figure 14: Répartition des sujets selon la calcémie.....	49
Figure 15: Répartition des sujets selon le statut en Mg et la calcémie.....	50
Figure 16: Relation entre le Mg et la calcémie.....	51
Figure 17: Relation entre le Mg sérique et la phosphorémie.....	52
Figure 18: Relation entre la PAL et le magnésium sérique.....	53

Liste des abréviations :

Mg: Magnésium

ANC: Apports nutritionnels conseillés

IPP: inhibiteurs de la pompe à protons

Ca: Calcium

P: Phosphore

PI: Phosphore inorganique

ATP: Adenosine triphosphate

ADN: Acide désoxyribonucléique

ARN: Acide ribonucléique

OPG: Ostéoprotégérine

PAL: phosphatases alcalines

DMO: Densité minérale osseuse

OHP: Hydroxyproline

TRAP: phosphatase acide tartrate-résistante

BSP: La bone sialoprotein

Vit. D: Vitamine D

PTH: la parathormone

FGF23: le facteur de croissance des fibroblastes 23

EGTA: éthylène glycol tétraacétique acide

IMC: Indice de masse corporelle

Introduction générale :

Les minéraux jouent un rôle important dans le bon fonctionnement et l'homéostasie de l'organisme. Parmi eux, le magnésium (Mg), est considéré comme "le cation oublié" en médecine et en pratique clinique (**Bouhadjar et al., 2022 ; Módolo et Barros, 2021 ; Mathew et Panonnummal, 2021**).

Le magnésium est le second cation intracellulaire après le potassium. Il joue un rôle central dans plusieurs fonctions cellulaires comme la synthèse des acides nucléiques, le métabolisme énergétique et protéique, la neurotransmission, la contraction musculaire, c'est un cofacteur de plus de 600 systèmes enzymatiques (**Shahsavani et al., 2021**).

Certaines études estiment que 48 à 60 % des adultes dans le monde n'atteignent pas l'apport alimentaire moyen recommandé en magnésium (**Orlova et al.,2021**). Les apports en magnésium semblent avoir diminué au cours du vingtième siècle, probablement en raison de l'augmentation de la consommation d'aliments industrialisés riches en calories mais dont la densité en micronutriments est faible (**Fardellone,2015**).

À l'instar des autres pays du monde, les transitions nutritionnelles et épidémiologiques ont affecté le mode de vie des Algériens, principalement au niveau de leur état nutritionnel, de leur comportement alimentaire et de leur état de santé, ces transitions sont à l'origine de plusieurs carences nutritionnelles (**Bencharif et al.,2020**).

En effet, la carence en magnésium (Mg²⁺) est probablement le déséquilibre électrolytique le plus sous-estimé et sous-diagnostiqué dans le monde même dans les pays occidentaux (**Barbagallo et al.,2022**).

Dans le corps humain, le Mg se trouve principalement dans les os, d'où son rôle important dans la croissance et la régénération osseuse (**Pelczyńska et al.,2022 ; Zhang et al.,2019**).

Plusieurs études récentes ont rapporté une association entre la carence en Mg et la survenue de l'ostéoporose (**Su et al.,2023 ; He et al.,2021**) et d'autres pathologies issues d'une mauvaise minéralisation osseuse (**Hori et al.,2021 ; Belluci et al.,2020**) sans apporter des explications suffisantes sur les mécanismes par lesquels le Mg agit sur les différents paramètres du métabolisme phosphocalcique et le remodelage osseux.

En Algérie, rares sont les études qui se sont intéressées à la prévalence de la carence en Mg, son implication sur la santé osseuse a été également négligée.

Notre travail vise à estimer la prévalence de la carence en Mg et analyser la relation entre ce minéral et le bilan phosphocalcique et certains paramètres du remodelage osseux.

I- Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Magnésium : généralités et aspects physiologiques

1- Présentation du magnésium et place au sein des minéraux :

Le magnésium, souvent indiqué par le symbole « Mg^{2+} » est un minéral ayant un rôle essentiel au sein de l'organisme. Il s'agit d'un métal alcalino terreux et d'un cation divalent. Le magnésium de numéro atomique 12 possède une masse molaire atomique de 24,3 g/mol (**Fiorentini et al.,2021**).

Il représente le quatrième cation le plus important de l'organisme après le calcium, le potassium et le sodium ainsi que le second cation intracellulaire le plus abondant après le potassium (**Kursov et al.,2021**) ; (**Faheemuddin et Abdul,2019**).

2- Homéostasie et répartition dans l'organisme :

Le corps humain, à l'âge adulte, contient environ 25 g de magnésium dont environ 50 à 60 % sont localisés dans les os et 25 % dans les muscles. Le magnésium extracellulaire ne représente que 1 % du magnésium corporel (**Hasenböhler et al.,2022**).

L'homéostasie du magnésium est régulée au niveau de trois organes cibles : les intestins, les os et les reins (**Schlingmann et Konrad,2020**) sous le contrôle de plusieurs hormones principalement le calcitriol, la parathormone (PTH) et les œstrogènes (**Al Alawi et al.,2018**).

L'apport moyen de magnésium par l'alimentation est de 12 à 15 mmol (300 à 350 mg) par jour, dont 24 à 75 % sont absorbés en fonction des besoins de l'organisme (**Vargas-Poussou et Hureau.,2020**).

En effet, le Mg est absorbé principalement dans l'intestin grêle et en moindre proportion dans le côlon (**Vargas-Poussou et Hureau.,2020**).

Au cours de la filtration glomérulaire, 80 % du magnésium plasmatique est ultrafiltré dans le glomérule, 95 % est réabsorbé et 5 % excrété dans l'urine (**Módolo et Barros,2021**).

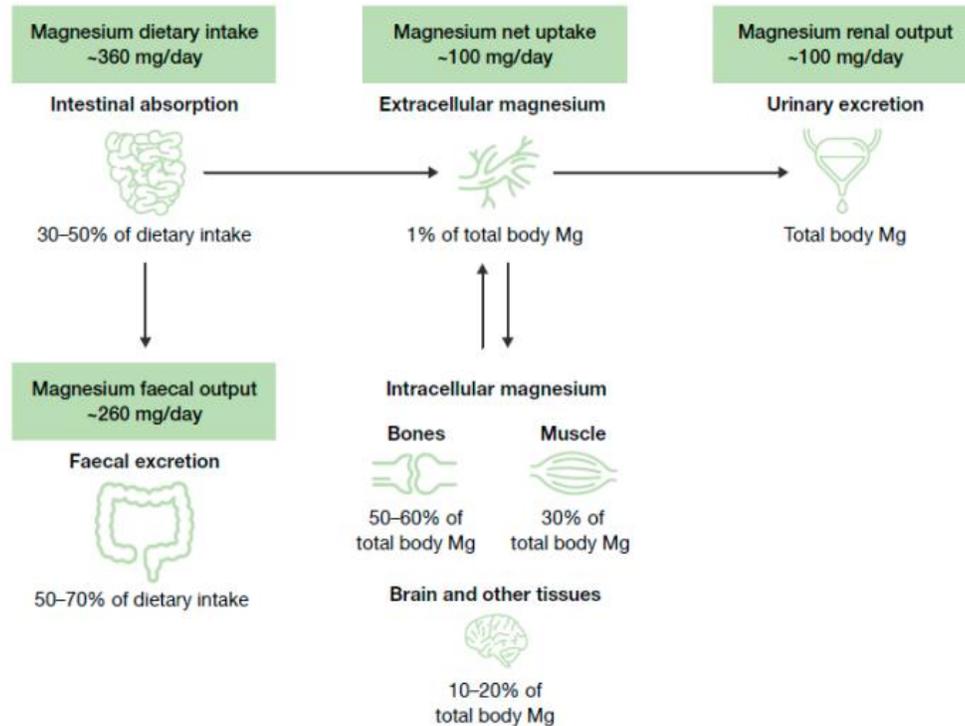


Figure 1 : Homéostasie du Mg dans l'organisme (Pickering et al.,2020).

3- Rôles biologiques :

Le magnésium est impliqué dans presque tous les processus métaboliques et biochimiques majeurs. Il agit comme cofacteur dans des centaines de réactions enzymatiques (Reddy et al.,2018).

Ses principales fonctions comprenant la synthèse des protéines et des acides nucléiques, la régulation des voies métaboliques, la transmission neuronale, la fonction neuromusculaire et la régulation du rythme cardiaque (Vargas-Poussou et Hureaux.,2020) ; De plus, le magnésium est un bloqueur naturel des canaux calciques, est impliqué dans le maintien de l'équilibre électrolytique (DiNicolantonio et al.,2018).

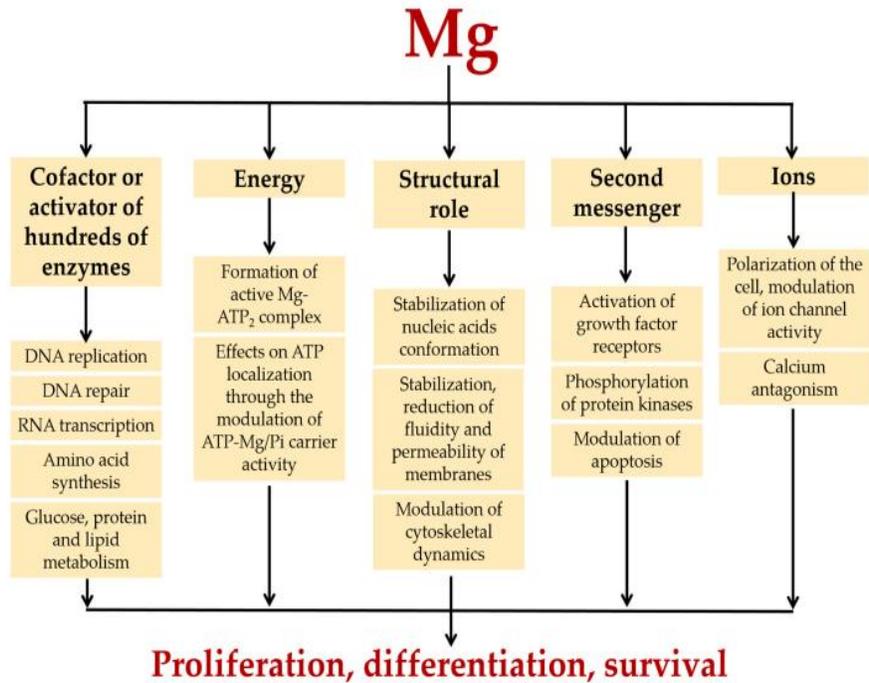


Figure2 : Différentes fonctions biologiques du Mg (Maier et al.,2021).

4- Sources alimentaires :

Les noix, les légumineuses, les céréales complètes et les fruits ont la teneur en magnésium la plus élevée de tous les aliments. Les produits à base de café ou de cacao peuvent également contenir des quantités importantes de magnésium, tandis que le poisson, la viande et le lait en contiennent une quantité intermédiaire (Fiorentini et al.,2021).

L'eau potable, en particulier l'eau plus dure, peut également être riche en sels de magnésium (Costello et al.,2016).

De nombreux facteurs peuvent affecter la biodisponibilité du magnésium : Une alimentation riche en sodium, en calcium et en protéines et la consommation de caféine et d'alcool (Pickering et al.,2020).

Tableau I : Sources alimentaires du magnésium (Apfelbaum et al.,2009).

Aliments	Quantité (mg /100g)
Cacao	410
Soja	310
Amandes	254
Arachides	170
Haricots blancs	170
Noix, noisettes	140
Flocon d'avoine	130
Maïs	120
Pain complet	90
Lentilles	90
Figue fraîche	72
Chocolat	70
Date sèche	68
Pain blanc	50
Epinards	50
Avocats	41
Banane	35
Riz	30
Persil	30
Pâtes	30
Pommes de terre	30
Artichaut	30
Betteraves	23
Viandes	20 à 50
Poissons	20 à 30
Lait	Traces
Œufs	Traces

5- Apports nutritionnels conseillés (ANC):

Au fil du temps, les agences de santé publique ont examiné et établi des recommandations pour l'apport alimentaire en magnésium. Les besoins en magnésium sont évalués à 6 mg/kg par jour ; ils sont augmentés dans certaines situations physiologiques comme la grossesse, l'allaitement, l'adolescence, en cas d'activité sportive ou de prise de contraceptifs oraux ou pathologiques (Nielsen,2019).

Tableau II : ANC en magnésium pour la population française (Fardellone,2015).

Catégories de population	ANC en calcium (en mg/jour)	ANC en magnésium (en mg/jour)
Enfants 1-3 ans	500	80
Enfants 4-6 ans	700	130
Enfants 7-9 ans	900	200
Enfants 10-12 ans	1 200	280
Adolescents 13-19 ans	1 200	410
Adolescentes 13-19 ans	1 200	370
Hommes adultes	900	420
Femmes adultes	900	360
Hommes > 65 ans	1 200	420
Femmes > 55 ans	1 200	360
Personnes âgées > 75 ans	1 200	400

6- Evaluation du statut en Mg :

Comme le magnésium est un cation intracellulaire, et qu'une très faible proportion du magnésium corporel (< 1 %) est circulante, la magnésémie n'est pas un bon reflet du statut en magnésium enzymatiques (Reddy et al.,2018). Un taux de magnésium sérique normal ne signifie pas nécessairement une teneur adéquate en magnésium total dans l'organisme (Al Alawi et al.,2018).

Un dosage du magnésium tissulaire (érythrocytaire ou globulaire voire sur les cellules périphériques mononuclées) ou le test de charge en magnésium sont de meilleurs indicateurs d'une éventuelle carence en magnésium. Mais dans la pratique habituelle ces examens ne sont réalisés

que pour confirmer une déplétion corporelle probable alors que la magnésémie est normale ou subnormale, dans un contexte clinique favorisant **(Reddy et al.,2018)**.

7- Hypomagnésémie :

7.1 Définition :

Les valeurs normales en Mg étant considérées comme comprises entre 0,7 et 1,0 mmol/L **(Al Alawi et al.,2018)**. L'hypomagnésémie est cliniquement définie lorsque les concentrations sériques chutent en dessous de 0,7 mmol/L. En termes d'hypomagnésémie, on distingue l'hypomagnésémie modérée (<0,7 mmol/L) de l'hypomagnésémie sévère (< 0,4 mmol / l) **(Reddy et al.,2018)**.

7.2. Epidémiologie :

La carence en magnésium est un phénomène largement répandu. Les données épidémiologiques concernant la prévalence de la carence en magnésium sont peu nombreuses. Les chiffres réels se situent probablement bien au-delà des données officielles **(DiNicolantonio et al., 2018)**.

Selon une revue ayant rapporté les résultats de certains travaux évaluant le statut en Mg dans différentes régions géographiques, la prévalence globale de l'hypomagnésémie s'échelonnait de 1,7 % à 36 % **(Hruby et McKeown,2016)**.

Dans les pays développés, des données plus récentes indiquent qu'environ 10 à 30 % de la population présente un déficit subclinique en magnésium basé sur des niveaux de magnésium sérique <0,80 mmol/ **(DiNicolantonio et al., 2018)**. Près de la moitié de la population aux États-Unis présente un certain degré de carence en magnésium **(Tian et al.,2022)**.

7.3. Etiologies :

Les carences en magnésium peuvent avoir différentes causes, allant de l'alimentation insuffisante à des problèmes d'absorption, en passant par une perte excessive de magnésium et des besoins accrus **(Fiorentini et al.,2021)**.

- Apport alimentaire insuffisant :

L'une des causes les plus courantes de carence en magnésium est un apport alimentaire insuffisant. De nombreux aliments riches en magnésium (légumes à feuilles vertes, les noix, les graines, certains poissons) sont souvent exclus de l'alimentation moderne, ce qui peut entraîner une carence (**Gropper et al.,2013**).

- Problèmes d'absorption :

Des conditions telles que les maladies inflammatoires de l'intestin (comme la maladie de Crohn et la colite ulcéreuse) et la maladie cœliaque peuvent endommager la muqueuse intestinale, réduisant ainsi l'absorption du magnésium (**Al Alawi et al.,2018**). Le diabète type 2 constitue également une cause pathologique de carence en Mg (**Radmanesh et al.,2023**).

- Perte excessive de magnésium :

Certaines conditions médicales et l'utilisation de certains traitements peuvent entraîner une perte excessive de magnésium par les reins ou les intestins comme le cas des diurétiques utilisés pour traiter l'hypertension et d'autres troubles et les inhibiteurs de la pompe à protons (IPP) (**Gröber,2019**).

8- Conséquences de la carence en Mg et manifestations cliniques :

En pratique clinique, l'hypomagnésémie est rarement symptomatique, les premiers signes de carence en magnésium comprennent la faiblesse, la perte d'appétit, la fatigue, les nausées et les vomissements (**Lerma et Topf.,2018**). Les carences en magnésium peuvent avoir de nombreuses conséquences sur la santé et peuvent affecter divers systèmes et processus.

8.1. Troubles neurologiques :

Des études récentes ont associé la carence en Mg à de nombreux troubles neurologiques, tels que le vasospasme cérébral, la maladie d'Alzheimer, l'accident vasculaire cérébral et la migraine (**Wenwen et al.,2019**).

8.2. Troubles musculaires :

Une carence en magnésium peut entraîner des symptômes tels que des crampes musculaires, des tremblements, des contractions musculaires involontaires, une faiblesse musculaire et des

problèmes de coordination. Dans les cas graves, une carence prolongée en Mg peut même conduire à des convulsions et à des spasmes musculaires généralisés (**Lerma et Topf.,2018**).

8.3.Troubles cardiovasculaires :

Une carence en magnésium peut augmenter le risque de troubles cardiovasculaires tels que l'hypertension artérielle, l'athérosclérose, l'arythmie cardiaque et les maladies coronariennes (**Tangvoraphonkchai et Davenport,2018 ; Rosique-Esteban et al.,2018**).

8.4. Troubles métaboliques :

Une carence en magnésium peut affecter la régulation de la glycémie et la sensibilité à l'insuline, augmentant ainsi le risque de diabète de type 2 (**Barbagallo et al.,2022**). De plus, des niveaux insuffisants de magnésium ont été associés à des taux de cholestérol et de triglycérides élevés (**Găman et al.,2021**).

8.5.Troubles osseux :

Il a été observé que les os des animaux déficients en magnésium sont fragiles et cassants, que des microfractures des trabécules peuvent être détectées et que les propriétés mécaniques sont gravement altérées (**Fiorentini et al.,2021**). Les études observationnelles rapportent une association entre la carence en Mg et l'ostéoporose (**He et al.,2021**).

Chapitre 2 : Métabolisme phospho-calcique et métabolisme osseux

1- Calcium :

1.1. Présentation du minéral :

Après le fer, la silice, l'oxygène et l'aluminium, le calcium est le cinquième élément en abondance dans la biosphère. Son rôle dans l'organisme humain est si riche de fonctions que sa concentration cellulaire est quatre à cinq fois moindre que dans les fluides extracellulaires C'est le minéral le plus abondant dans l'organisme, environ 99 % du Ca de l'organisme se trouve dans les os et les dents, stocké sous forme d'hydroxyapatite (Ciosek et al.2021). L'organisme ne peut pas le synthétiser, il est apporté exclusivement par l'alimentation (Shkembi et Huppertz,2022).

1.2.Sources alimentaires et biodisponibilité :

Le calcium alimentaire se trouve dans une variété d'aliments d'origine animale et végétale. Les produits laitiers tels que le lait, le fromage et le yogourt sont des sources riches en calcium. De plus, certains légumes à feuilles vertes comme le brocoli et le chou frisé, ainsi que les fruits à coque, les graines de sésame et les poissons en conserve avec les arêtes (comme les sardines) contiennent également du calcium (Bourassa et al.,2022).

L'absorption du calcium alimentaire par le corps peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment la biodisponibilité du calcium dans les aliments et l'interaction avec d'autres nutriments. Par exemple, la présence de vitamine D facilite l'absorption du calcium dans l'intestin, tandis que certaines substances, comme les phytates et les oxalates, peuvent inhiber son absorption (Shkembi et Huppertz,2022 ; Bourassa et al.,2022).

1.3. Rôles biologiques :

Le calcium alimentaire joue un rôle crucial dans notre corps, en particulier pour la santé osseuse.

- Minéralisation osseuse :

Le calcium alimentaire est nécessaire pour le développement et la croissance osseuse chez les enfants et les adolescents, ainsi que pour maintenir la densité osseuse chez les adultes. Il aide à renforcer les os et à prévenir les troubles liés à l'ostéoporose (Voulgaridou et al.,2023).

- D'autres rôles :

Outre sa fonction structurelle, le calcium est impliqué dans une multitude de fonctions vitales :

- Rôle dans la fécondation et fertilité (**Harchegani et al.,2019**) ;
- Rôle dans la contraction du muscle cardiaque et des muscles squelettiques (**Shkempi et Huppertz,2022**) ;
- Participe dans la transmission nerveuse et la libération de neurotransmetteurs (**Dolphin et Lee,2020**) ;
- Il est impliqué dans la régulation de la pression sanguine, la coagulation sanguine (**Shkempi et Huppertz,2022**).

2- Phosphore :

2.1. Présentation et sources alimentaires :

L'organisme contient environ 550 g de phosphore (pour un poids moyen de 70 kg) qui existe sous 2 formes dans l'organisme (**Wadsworth et Siddiqui,2016**).

- Phosphore organique non actif directement (phospholipides, phosphoprotéines).
- Phosphore inorganique (Pi) sous forme de phosphate, c'est la fraction active biologiquement.

La répartition des phosphates est identique à celle du calcium avec une localisation préférentielle dans le tissu osseux (85 %, sous forme de cristaux d'hydroxyapatite) et une fraction de 14 % dans le secteur intracellulaire, essentielle car constituant des protéines, phospholipides, ATP et acides nucléiques. Seul 1 % se trouve dans le secteur extracellulaire (**Serna, J., & Bergwitz,2020**).

Le phosphore est un minéral ubiquitaire, présent dans de nombreuses sources alimentaires, les principales sources étant les aliments riches en protéines et les céréales. Le lait et ses produits dérivés sont les sources les plus riches en phosphate dans l'alimentation, la viande, le poisson, la volaille, les œufs, les arachides constituent également une source intéressante en phosphore (**Serna, J., & Bergwitz,2020**).

2.2. Rôles biologiques :

Le phosphore joue un rôle essentiel dans le corps humain en raison de ses diverses fonctions biologiques :

- Formation et maintien des os et des dents : Le phosphore est un composant majeur de l'hydroxyapatite, la substance minérale qui confère la résistance et la rigidité aux os et aux dents (**Kellar et al.,2023**).
- Métabolisme énergétique : Le phosphore est un élément essentiel de l'adénosine triphosphate (ATP), et donc il est impliqué dans les processus métaboliques qui nécessitent de l'énergie, tels que la contraction musculaire, la synthèse des protéines et le transport actif des substances à travers les membranes cellulaires (**Sun et al.,2020**).
- Fonction cellulaire : Il est nécessaire à la structure et à la fonction des membranes cellulaires. Il est un composant clé des phospholipides, qui constituent la bicouche lipidique des membranes et sont essentiels pour la communication cellulaire et le transport des molécules à travers les membranes (**Serna, J., & Bergwitz,2020**).
- Stockage de l'information génétique : C'est un constituant des acides nucléiques (ADN et ARN), qui contiennent des groupes phosphate dans leur structure (**Serna, J., & Bergwitz,2020**).
- Régulation du pH : Les phosphates jouent un rôle important dans le maintien de l'équilibre acido-basique dans le corps. Ils agissent comme des tampons, aidant à réguler le pH des fluides corporels et à maintenir un environnement interne stable (**Ciosek et al.2021**).

3.Métabolisme phosphocalcique :

3.1. Définition :

Le métabolisme phosphocalcique est un processus complexe qui régule les niveaux de phosphore et de calcium dans le corps humain. Cette régulation est essentielle pour maintenir l'homéostasie et assurer le bon fonctionnement de nombreuses fonctions biologiques assurées par ces deux minéraux (**Rosen,2020**).

4.Métabolisme osseux et remodelage :

4.1. Rappel sur le remodelage osseux :

Le tissu osseux est un tissu biologique complexe, dynamique, en perpétuel renouvellement tout au long de la vie (**David et Boinet,2019**).

Il assure des fonctions locomotrices, structurelles et métaboliques. L'intégrité du squelette est activement maintenue tout au long de la vie par des processus de croissance osseuse, de formation osseuse et de résorption osseuse (**Mallorie et Shine,2022**).

Il persiste physiologiquement chez l'adulte une activité cellulaire intense, où l'os « vieux » est détruit pour être remplacé par une quantité équivalente d'os « jeune ». C'est le remodelage osseux, phénomène nécessaire à la bonne trophicité de l'os (**David et Boinet,2019**).

4.2. Cellules impliquées dans le remodelage osseux :

Le remodelage osseux résulte de l'équilibre entre l'activité de deux grands types cellulaires :

- **Ostéoclaste** : L'ostéoclaste est une cellule multi-nucléée, issue de la lignée monocyte-macrophage, spécialisée dans la destruction osseuse (résorption). Il possède à sa surface des récepteurs au système RANK-ligand (Receptor activator of NF- κ B ligand) (**Marsot et al.,2018**).
- **Ostéoblaste** : L'ostéoblaste est une cellule issue des cellules mésenchymateuses, qui ont pour rôle la formation de la matrice osseuse et la régulation de l'activité de l'ostéoclaste grâce au système RANK-ligand notamment (**Marsot et al.,2018**).

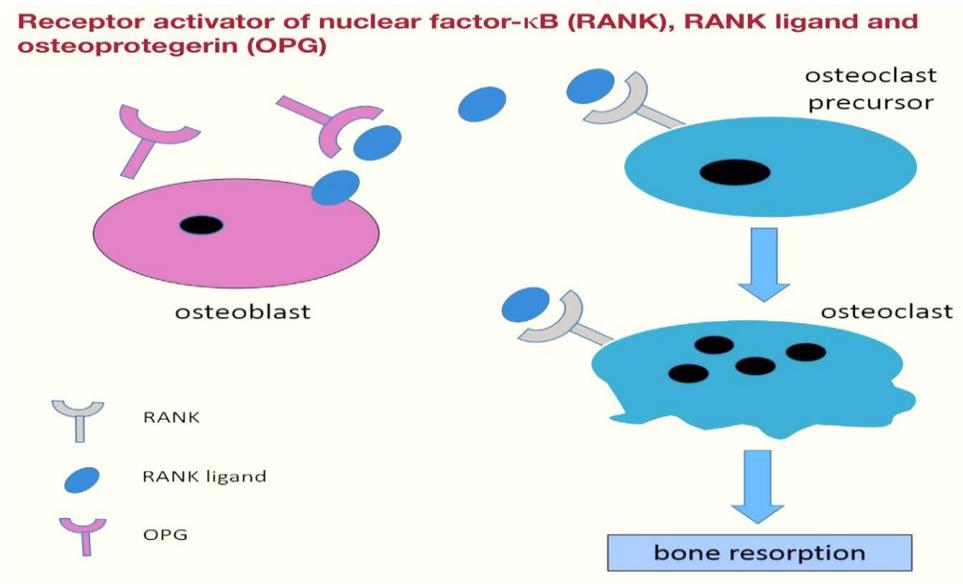


Figure 3 : Principaux acteurs du remodelage osseux (Walsh,2018).

Il existe deux principaux acteurs régulent le remodelage osseux :

- **Le RANKL** : (Receptor activator of NF- κ B ligand), qui en se liant à son récepteur RANK présent à la surface des ostéoclastes et de leurs précurseurs, stimule la différenciation de ces précurseurs et l'activité des ostéoclastes matures (Mallorie et Shine,2022).
- **L'ostéoprotégérine (OPG)** : Synthétisée par les ostéoblastes, c'est un récepteur soluble qui bloque l'action de RANKL. L'équilibre entre la production de RANKL et d'OPG par les ostéoblastes est un élément déterminant dans la régulation du remodelage osseux (Mallorie et Shine,2022).

4.3. Marqueurs du remodelage osseux :

Les marqueurs urinaires et sanguins du remodelage osseux sont habituellement classés selon le processus métabolique qu'ils sont censés refléter. Ainsi, on distingue les marqueurs de la formation osseuse et les marqueurs de résorption (Konukoglu,2019).

4.3.1. Marqueurs de la formation osseuse :

- **L'ostéocalcine** : c'est une petite protéine non collagénique synthétisée par les ostéoblastes matures (Konukoglu,2019).
- **Les phosphatases alcalines (PAL)** : regroupent une famille de protéines fixées par un groupement carboxy-terminalglycane-phosphatidyl-inositol sur les surfaces des cellules

membranaires extracellulaires, il existe deux sources principales de phosphatases alcalines sériques élevées : le foie et l'os. La PAL est un marqueur spécifique de la formation osseuse, en absence de pathologie des voies biliaires et les pathologies hépatiques (**Rowe et al.,2018**).

- Peptides du procollagène : son taux n'est que faiblement corrélé à la densité minérale osseuse (DMO) au rachis et son manque de sensibilité rend ce dosage décevant dans l'ostéoporose (**Konukoglu,2019**).

4.3.2. Marqueurs de la résorption osseuse :

Ils sont nombreux les marqueurs de la résorption osseuse parmi lesquels on cite quelques-uns :

- Hydroxyproline (OHP): dérivée de l'hydroxylation post-traductionnelle de la proline, utilisée comme reflet de la dégradation du collagène osseux(**Rowe et al.,2018**).
- Phosphatase acide tartrate-résistante (TRAP) : La phosphatase acide tartrate-résistante (TRAP) est une enzyme lysosomiale qui a été identifiée dans la bordure en brosse des ostéoclastes (**Brown et al.,2022**).
- La bone sialoprotein (BSP): est une glycoprotéine phosphorylée acide, non collagéniques de l'os, La BSP est importante pour l'adhésion à la matrice cellulaire et joue également un rôle activateur pour les ostéoclastes (**Brown et al.,2022**).

5- Régulation du métabolisme phosphocalcique et du métabolisme osseux :

Leur régulation est sous la dépendance d'un système hormonal composé de 4 hormones :la parathormone (PTH), la vitamine D (Vit.D), le facteur de croissance des fibroblastes 23 (FGF23) et à moindre degré par la calcitonine. L'intestin, l'os et le rein sont les trois sites de régulation de ce métabolisme (**Sun et al.,2020 ; Shaker et Deftos,2018**).

5.1. Régulation par la parathormone (PTH) :

La parathormone (PTH) est sécrétée par les glandes parathyroïdes, situées à l'arrière de la glande thyroïde ,elle est hypercalcémiant et hypophosphatémiant .Lorsque les niveaux de calcium dans le sang diminuent, les glandes parathyroïdes libèrent de la PTH. La calcémie est son principal

facteur de régulation par l'intermédiaire d'un récepteur sensible au calcium (calcium-sensor) **(Shaker et Deftos,2018)**.

Une élévation de la PTH stimule, augmente d'une part le taux circulant de 1,25-(OH)₂ vitamine D et augmente la réabsorption tubulaire du calcium et diminue celle des phosphates d'une autre part. La PTH stimule directement la production de FGF23 (facteur phosphaturique) par les ostéoblastes matures et les ostéocytes **(Christakos et al.,2019)**. Au niveau du métabolisme osseux, elle stimule la résorption osseuse par les ostéoclastes **(Rowe et al.,2018)**.

5.2. Régulation par la vitamine D :

Il s'agit en réalité d'une hormone hypercalcémianté provenant essentiellement de la photosynthèse cutanée (rayons UVB) à partir d'un dérivé du cholestérol La vitamine D2 (ergocalciférol) ou D3 (cholécalficérol) est activée par un double hydroxylation hépatique (sur le carbone 25) et rénale (sur C1 par une 1-alpha-hydroxylase) pour former un composé physiologiquement actif, le calcitriol ou 1,25-dihydroxy-cholécalficérol. C'est de l'étape d'hydroxylation rénale que dépend l'activité de la vitamine **(Christakos et al.,2019)**.

Elle favorise l'absorption alimentaire du calcium et du phosphore, stimule l'action des ostéoblastes à faible dose et stimule celle des ostéoclastes, favorise la réabsorption tubulaire du calcium à forte dose et exerce un effet de rétrocontrôle sur la PTH inhibant la synthèse de cette hormone hypercalcémianté et phosphaturianté **(Bacchetta,2019 ; Emkey et Epstein,2018)**.

5.3. Régulation par le facteur de croissance des fibroblastes 23 (FGF23) :

Le FGF23 libéré par les ostéoblastes, inhibe la réabsorption tubulaire rénale de phosphate et inhibe aussi la synthèse et la sécrétion de la PTH **(Emkey et Epstein,2018)**.

5.4. Régulation par la calcitonine :

La calcitonine est une hormone hypocalcémianté et hypophosphatémianté produite par les cellules C de la glande thyroïde **(Rowe et al.,2018)**. Elle agit en opposition à la PTH, en diminuant les niveaux de calcium dans le sang. La calcitonine inhibe la résorption osseuse par les ostéoclastes, favorise l'absorption de calcium par les os et diminue l'absorption intestinale de calcium **(Konukoglu,2019)**.

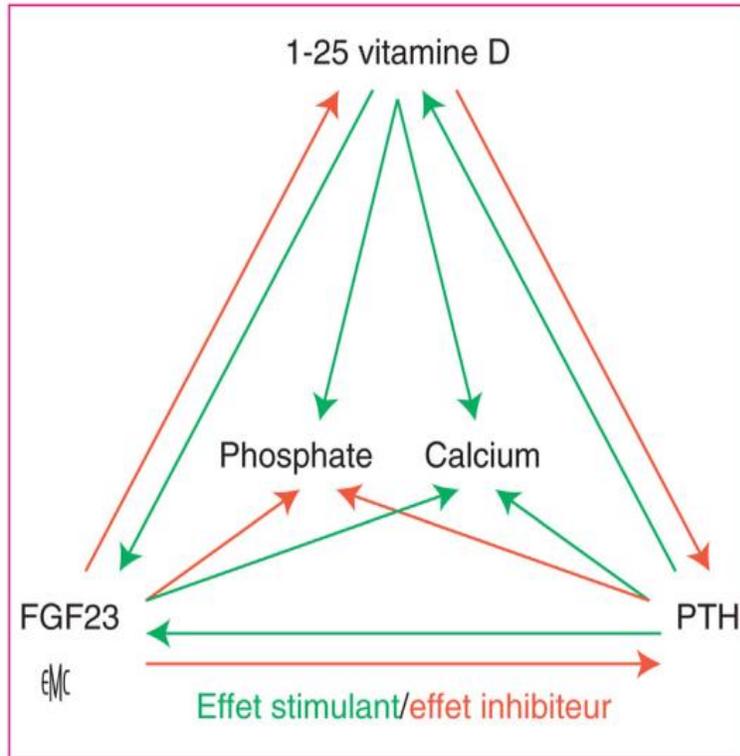


Figure 4 : Vision intégrative du métabolisme phosphocalcique (**Bacchetta,2019**).

D'autres hormones participent également à la régulation phosphocalcique comme l'hormone de croissance (favorise l'absorption intestinale et l'excrétion urinaire du calcium.), les hormones thyroïdiennes (diminuent l'absorption intestinale, augmentent l'élimination calcique urinaire), les œstrogènes (favorisent la synthèse de la vitamine D3 et donc l'absorption calcique) et les glucocorticoïdes (inhibent la synthèse de la protéine de transport du calcium au niveau de l'intestin) (**Konukoglu,2019 ; Emkey et Epstein,2018**).

II MATERIEL ET METHODES

1- Type et cadre de l'étude :

L'étude entreprise est de type observationnelle, descriptive, transversale, prospective et multicentrique qui s'est déroulée entre le 1 mars 2023 jusqu'au 6 mai 2023 au niveau de 3 laboratoires d'analyses médicales situés dans la région de Blida.

A noter que les études transversales se caractérisent par des investigations de courte durée, et permettent l'évaluation de la fréquence d'une exposition ou d'une pathologie ou la distribution d'un paramètre de santé.

2- Considérations éthiques :

Afin de nous conformer aux normes internationales d'éthique, les objectifs et les modalités de l'étude ont été clairement expliqués aux responsables des laboratoires concernés par notre étude et aux sujets qui ont signé un formulaire de consentement pour la participation à une recherche biomédicale.

La conduite de la recherche décrite dans le présent travail est en accord avec la déclaration d'Helsinki de l'Association Médicale concernant les expérimentations sur les patients ou sujets, Le présent travail ne contient aucune donnée personnelle pouvant identifier le patient ou le sujet.

3- Population incluse :

La population étudiée concerne les sujets adultes hommes et femmes, ayant consulté les laboratoires d'analyses médicales dans les quels notre stage a eu lieu pour réaliser un bilan sanguin de routine ou selon leur pathologie suite à une demande de leur médecin consultant. Le bilan sanguin doit comporter au minimum une prescription d'un dosage de magnésium, de calcium et du phosphore.

4- Critères d'exclusion :

Ils sont exclus de cette étude :

- Les sujets refusant la participation ;
- Les sujets ayant une prescription de calcium et de phosphore sans Mg ;
- Les sujets ayant une prescription de dosage de Mg sans prescription de dosage de calcium ou du phosphore ;

- Les sujets moins de 18 ans sont également exclus.

5- Echantillonnage :

Le recrutement initial comportait 101 patients, 10 sujets ont été exclus, pour les différentes raisons citées précédemment, nous avons donc retenu 91 participants pour le présent travail.

La méthode d'échantillonnage utilisée dans notre travail est l'échantillonnage par commodité, c'est une technique d'échantillonnage non probabiliste où les sujets sont choisis en raison de leur accessibilité et de la proximité du chercheur ou de l'enquêteur.

Notre étude s'est effectuée sur une population comprenant 91 sujets adultes (l'âge minimum est de 18 ans) dont 57 sont des femmes et 34 sont des hommes.

Les variables étudiées sont la concentration sérique en Mg, en calcium, en phosphate et en phosphatase alcaline. Pour des raisons dues à la disponibilité des réactifs, 70 sujets seulement ont bénéficié d'un dosage des PAL.

6- Outils de collecte de données :

La collecte de données est faite à l'aide d'un questionnaire qui permet d'identifier la population étudiée selon les caractéristiques démographiques, anthropométriques et certaines pratiques liées au mode de vie, le questionnaire permet également de répartir les sujets selon les facteurs de risque pouvant induire une carence en Mg comme les habitudes alimentaires, certains facteurs pathologiques et médicamenteux.

7- Prélèvements sanguins et traitements des échantillons :

Le sang est prélevé la matinée à jeun ou non (tout dépend du patient) dans des tubes secs, il est immédiatement centrifugé à 4000 tours par minute. Mais, il est important de noter que les PAL ne sont pas dosés dans les 24 heures qui suivent la ponction sanguine, les sérums seront répartis en fractions aliquotes puis congelés à - 20° C, dans ces conditions de conservation, les paramètres biochimiques contenus dans le sérum humain restent stable pour une durée de 8 mois au minimum.

8- Dosages biologiques :

8.1. Dosage du Mg sérique :

Principe :

Le dosage du magnésium est un test colorimétrique selon une méthode standardisée. Le dosage du Mg a été réalisé sur les systèmes (Mindray BA-88A). Le Mg forme un complexe coloré avec la calmagite en milieu alcalin. La présence d'éthylène glycol tétraacétique acide (EGTA) rend la réaction spécifique. L'intensité de la coloration produite est proportionnelle à la concentration en magnésium, la lecture se fait à une longueur d'onde comprise entre 505 et 600 nm.

Valeurs de référence :

Les valeurs normales du magnésium sanguin se situent entre 16 et 25 mg /L.

A noter que le dosage des paramètres biochimiques : Calcium (Ca), Phosphore (P) ont été réalisés par la méthode de spectrophotométrie, en utilisant le semi automate CYAN-START

8.2. Dosage du calcium :

Principe :

Le Calcium en présence du réactif, Arsenazo III (Acide 1,8-dihydroxy-3,6- disulpho-2,7-naphtalène-bis (azo)-dibenzene arsonique), au pH neutre, produit un complexe coloré bleu, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration du Calcium.

Mode opératoire :

Le sérum a été utilisé pour réaliser ce dosage et les réactifs sont prêts à l'emploi (Cypress Calcium arsenazo III HB0030).

- Utiliser la longueur d'onde 620 nm ;
- Ajuster le zéro de l'instrument avec de l'eau distillée ;
- Pipeter dans la cuvette du Blanc 1 mL du réactif ;
- Pipeter dans la cuvette du Standard 1 mL du réactif et 10 µL du Standard ;
- Pipeter dans la cuvette de l'échantillon 1 mL du réactif et 10 µL du plasma de l'échantillon ;
- Mélanger et incuber 2 minutes à 37°C ;
- Mesurer l'absorbance de l'échantillon et du standard versus le blanc ;
- La concentration du calcium (mg/dL) peut être calculée comme suit :

$$\text{Ca (mg/dL)} = \frac{\text{Abs Echantillon}}{\text{Abs Standard}} * 10$$

Le semi-automate affiche directement la concentration en mg/dL.

Valeurs de référence :

Sérum ou plasma : 81-104 mg/L.

8.3. Dosage du phosphore :

Principe :

Dans un milieu acide, le Phosphore inorganique (Pi) forme avec le molybdate d'ammonium un complexe de phosphomolybdate, coloré en jaune. L'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration du phosphore inorganique de l'échantillon.

Mode opératoire :

Le sérum a été utilisé pour réaliser ce dosage et les réactifs sont prêts à l'emploi (Cypress Phosphore HB014).

- Utiliser la longueur d'onde 340 nm ;
- Ajuster le zéro de l'instrument avec de l'eau distillée ;
- Pipeter dans la cuvette du Blanc 1 mL du réactif ;
- Pipeter dans la cuvette du Standard 1 mL du réactif et 10 µL du Standard ;
- Pipeter dans la cuvette de l'échantillon 1 mL du réactif et 10 µL du plasma de l'échantillon ;
- Mélanger et incuber 5 minutes à 37°C ; o Mesurer l'absorbance de l'échantillon et du standard versus le blanc ;
- La concentration du phosphore (mg/dL) peut être calculée comme suit :

$$P \text{ (mg/dL)} = \frac{\text{Abs Echantillon} - \text{Abs Blanc}}{\text{Abs Standard} - \text{Abs Blanc}} * 5$$

Valeurs de référence :

Les valeurs de référence pour les concentrations sériques (plasmatiques) en phosphore sont les suivantes :

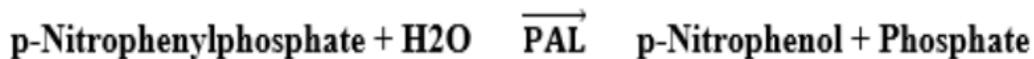
0 à 16 ans : 40-70 mg/L ; 16 à 100 ans : 25-45 mg/L

8.4. Dosage de la phosphatase alcaline :

Le dosage de la PAL a été réalisé sur les systèmes (Roche/Hitachi cobas c 311).

Principe :

Il s'agit d'un test colorimétrique selon une méthode standardisée. En présence d'ions magnésium et zinc, le p-nitrophényl phosphate est scindé par les Phosphatases alcalines en phosphate et p-nitrophénol selon la réaction suivante :



La quantité de p-nitrophénol libéré est proportionnelle à l'activité de la phosphatase alcaline. Elle est déterminée en mesurant l'augmentation de l'absorbance.

Mode opératoire :

- Choisir la longueur d'onde 405nm ;
- La température est constante de 37°C ;
- Ajuster le zéro de l'instrument avec de l'eau distillée ;
- Pipeter dans le tube de l'échantillon 1,2 mL du réactif préparé et 20 µL du plasma de l'échantillon
- Mixer et incuber pendant 1 minute ; o Lire la concentration de la phosphatase alcaline de l'échantillon.

Valeurs de référence :

Les valeurs normales en PAL se situent entre 38 et 125 UI/L.

9- Analyses statistiques :

L'analyse des différentes données collectées a été réalisée à l'aide du logiciel « SPSS 21.0 ». Nous avons considéré un seuil de significativité de 5% pour toutes les analyses effectuées.

9.1. Analyse descriptive :

Les caractéristiques des sujets ont été décrites en termes d'effectif et de pourcentage pour les variables quantitatives et de moyenne, écart-type, de valeur minimale et maximale pour les données quantitatives.

9.2. Analyse inférentielle

La normalité, la distribution gaussienne ou la distribution en cloche tient une place centrale en statistique. Il s'agit d'une condition indispensable pour la réalisation des tests dits paramétriques. Dans les études cliniques comme c'est le cas pour d'autres études, choisir entre les tests paramétriques et non paramétriques fait toujours appel à vérifier la distribution des données afin de trancher si les conditions des tests sont valides ou non.

L'analyse des distributions dans notre étude a été effectuée en suivant les deux approches : l'approche graphique et les tests de normalité. Dans notre cas, le test de normalité appliqué est celui de Kolmogorov-Smirnov au lieu de Shapiro-Wilk car la taille de l'échantillon était supérieure à 30.

Certaines données qualitatives ont été comparées en utilisant le test de Khi 2. La comparaison des valeurs moyennes de certaines variables quantitatives entre les deux sexes a été effectuée en utilisant seulement le test de Mann-Whitney car la distribution était significativement différente de la distribution normale ($p < 0,05$).

Pour étudier les corrélations entre les différents paramètres biologiques mesurés, nous avons utilisé le test de coefficient de Spearman à la place du test de Pearson car la distribution était également significativement différente de la distribution normale ($p < 0,05$).

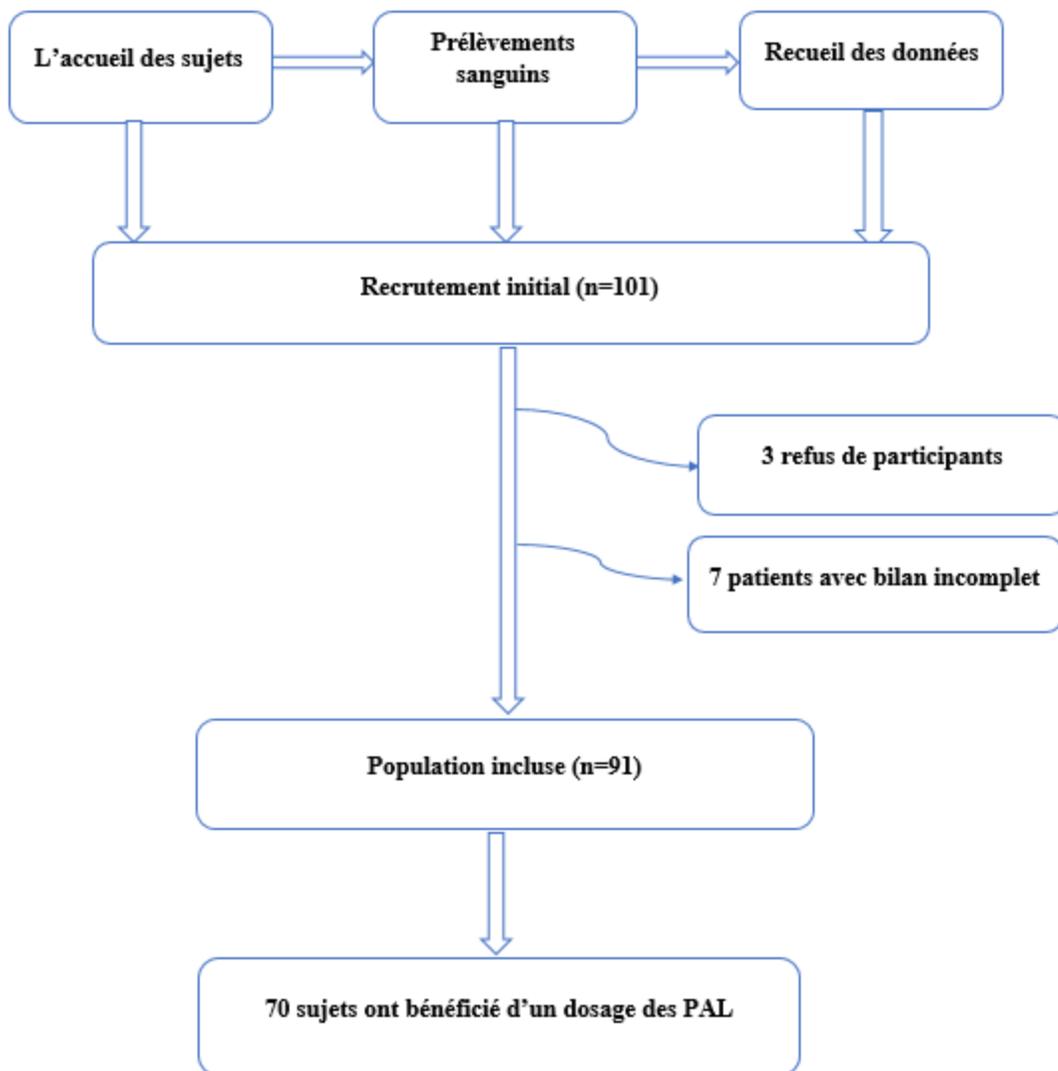


Figure 5 : Diagramme d'inclusion expliquant le déroulement de notre étude.

III – RESULTATS ET INTERPRETATIONS

1- Caractéristiques de la population :

1.1 Caractéristiques démographiques :

- Sexe :

Notre population est constituée de 57 femmes et de 34 hommes, une prédominance féminine statistiquement significative est notée ($P= 0,016$). Le sexe ratio (hommes/femmes) est de 1,67.

La distribution de la population enquêtée selon le sexe est représentée dans la figure ci-dessous.

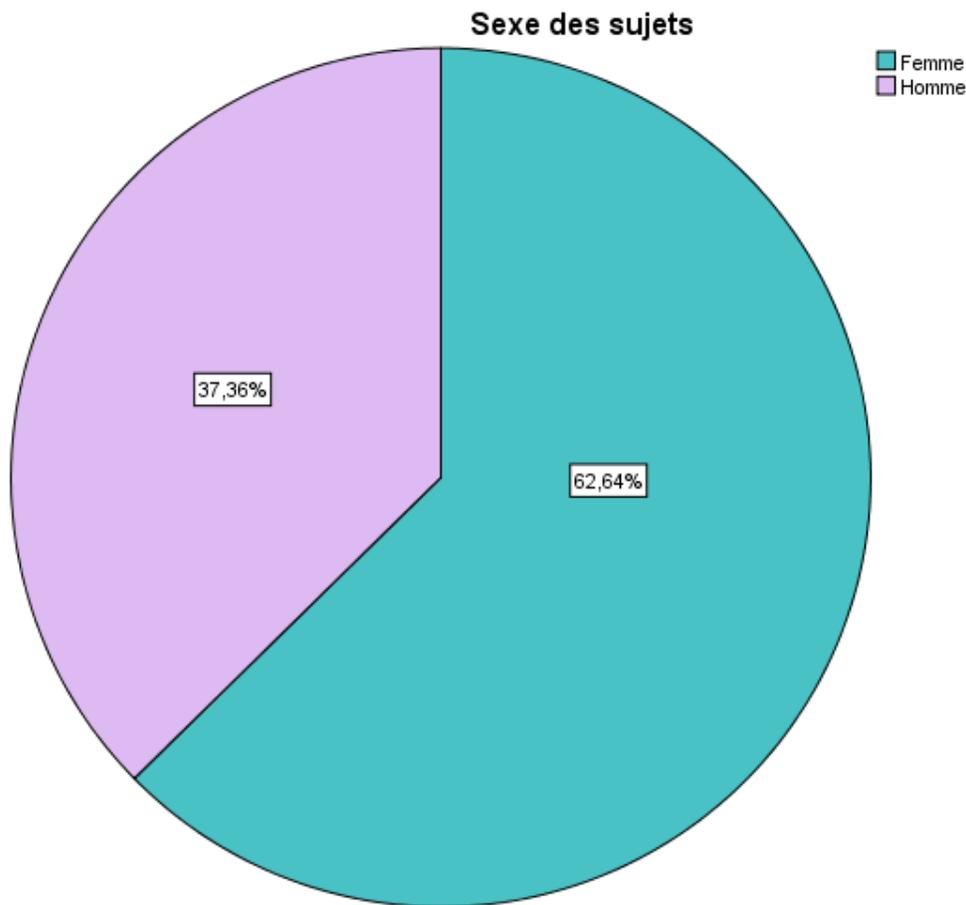


Figure 6 : Distribution des sujets inclus selon le sexe.

- Âge :

L'âge moyen de notre échantillon est de $42,43 \pm 13,30$ ans avec des valeurs extrêmes de 18 ans et 68 ans.

Cinq catégories d'âge sont distinguées :

- Première catégorie [18 – 30 ans] ;
- Deuxième catégorie] 30 – 40 ans] ;
- Troisième catégorie] 40- 50 ans] ;
- Quatrième catégorie] 50- -60 ans] ;
- >60 ans.

La tranche d'âge la plus représentée est celle entre 18 et 30 ans ($P=0,013$) suivi par la catégorie d'âge entre]40- 50 ans].

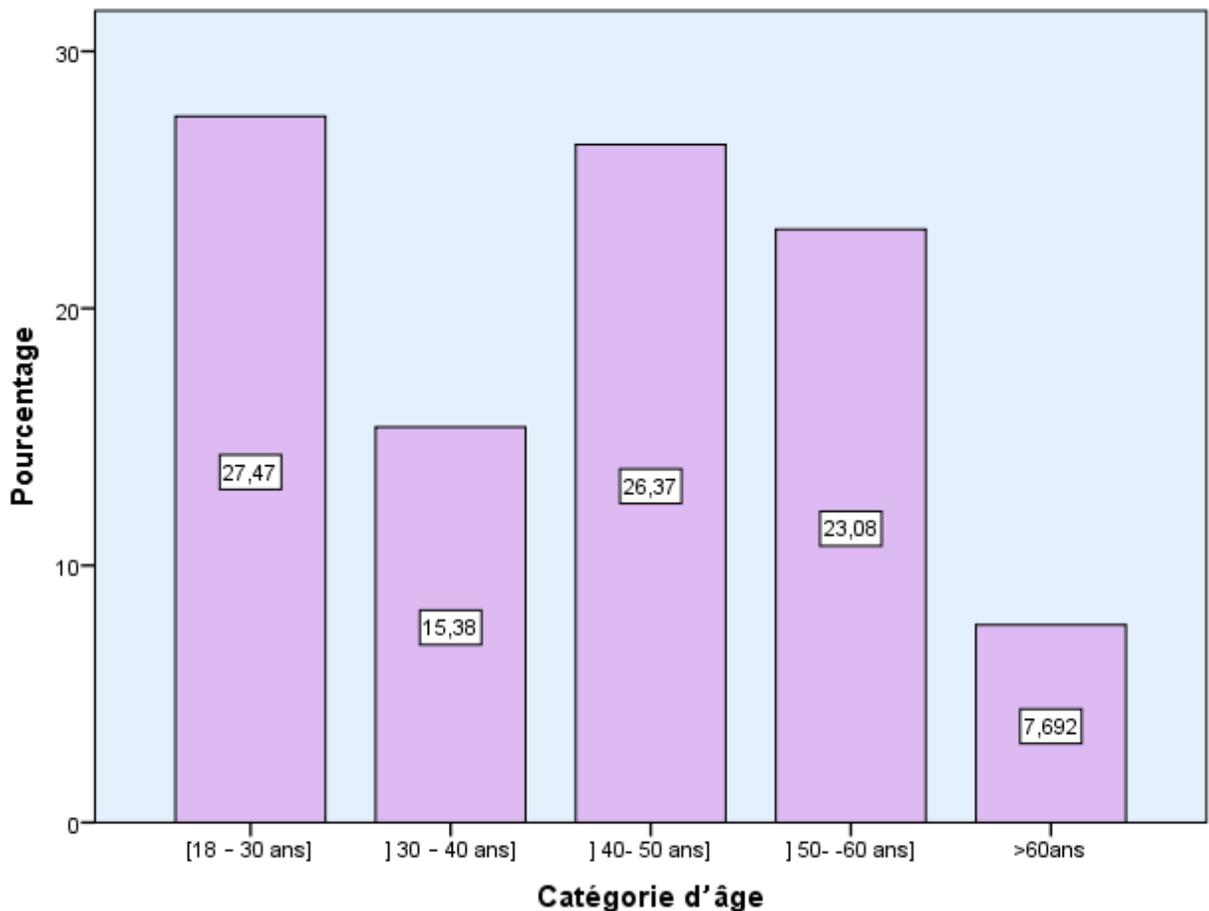


Figure 7 : Distribution des sujets selon la catégorie d'âge.

1.2. Caractéristiques anthropométriques (Indice de masse corporelle : IMC) :

La moitié de la population incluse présente une surcharge pondérale ($n=46$, soit 50,54%) alors que 45 participants ont une corpulence normale.

- L'IMC moyen est de $25,09 \pm 4,69 \text{ Kg/ m}^2$;
- La valeur minimale de l'IMC est de $18,36 \text{ Kg/ m}^2$;
- La valeur maximale = $37,04 \text{ Kg/ m}^2$

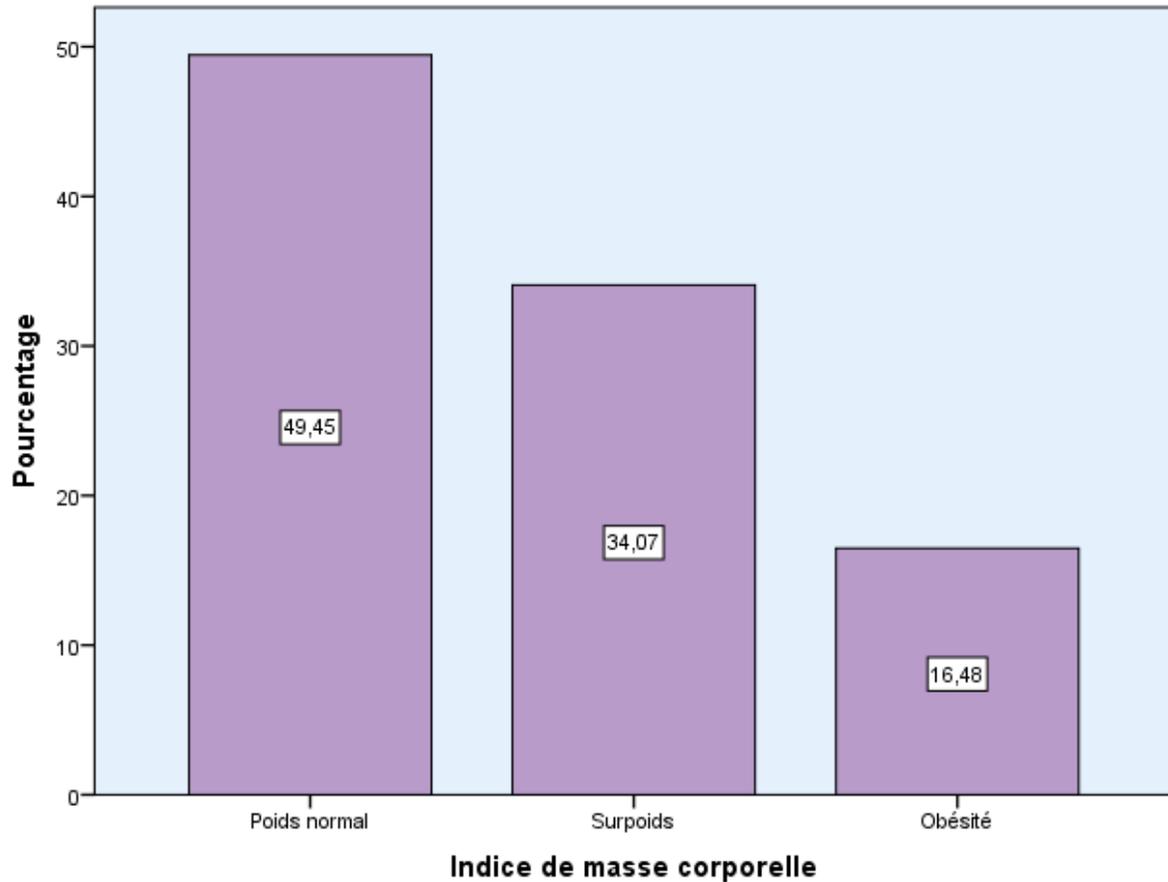


Figure 8 : Répartition de la population selon l'IMC.

1.3. Répartition selon l'activité physique :

La majorité des sujets inclus dans notre étude sont sédentaires ($n= 77$, soit 84,61%). Cependant, 12 patients ont rapporté la pratique d'une activité physique moyenne avec 30 minutes de marche par jour.

Tableau III : Répartition des sujets inclus selon l'activité physique.

	Effectif (n)	Pourcentage (%)
Sédentaire	77	84,61
Activité moyenne	12	13,18
Activité intense	2	2,19

1.4. Répartition selon le tabagisme :

Tableau IV : Répartition de la population selon le tabagisme.

	Effectif (n)	Pourcentage (%)
Fumeurs	5	5,49
Non-fumeurs	86	94,5

1.5. Statut physiologique chez les femmes :

Parmi les 57 femmes incluses, 3 femmes sont enceintes et une seule femme est allaitante.

1.6 Répartition selon la prise de traitements médicamenteux :

La majorité des sujets inclus ne prenaient aucun traitement médicamenteux (n=73, soit 80,22%), 5 participants étaient sous traitement de type diurétique ou laxatif ,12 participants prenaient des traitements de nature différente.

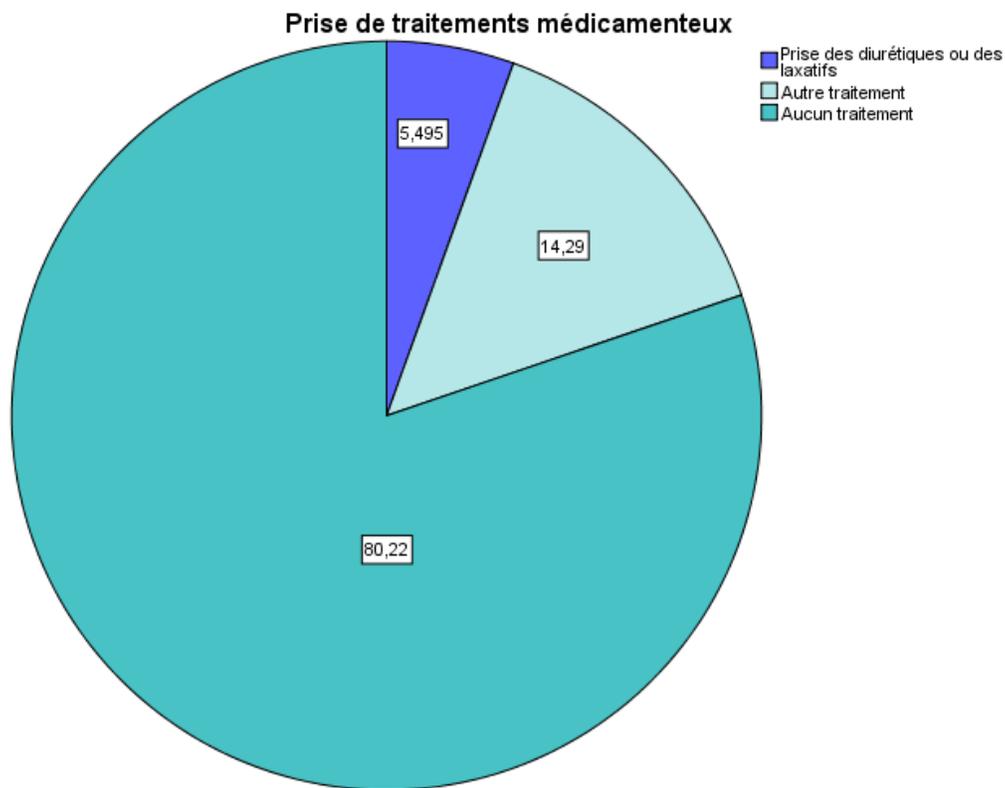


Figure 9 : Répartition des sujets selon la prise de traitements.

1.7. Répartition selon les pathologies :

Parmi l'ensemble de la population ayant fait l'objet de cette étude, 14 sujets présentent une maladie pouvant interférer avec le métabolisme du Mg, parmi lesquels 7 patients présentent un diabète de type 2.

Tableau V: Répartition des sujets selon les pathologies.

	Effectif (n)	Pourcentage (%)
Pathologies de malabsorption	1	1,09
Diabète type 2	7	7,69
Maladies rénales chroniques	2	2,19
Maladies diarrhéiques	0	0
L'hyperparathyroïdie	2	2,19
L'hyperthyroïdie	2	2,19

1.8. Répartition selon les données alimentaires :

Le tableau ci-dessous représente la répartition de la population selon la consommation des aliments contenant le Mg, on constate que la majorité des sujets ont rapporté une consommation occasionnelle des aliments contenant des quantités élevées en magnésium comme le cacao (n=71), les oléagineux (n=83), les bananes (n=77). Cependant, la majorité des participants consommaient souvent les légumes comme la pomme de terre, les betteraves et les artichauts et des légumineuses. Une consommation occasionnelle des eaux minérales est rapportée chez 72 sujets.

Tableau VI : Répartition (en effectif) des sujets selon la consommation des aliments contenant le Mg.

	Souvent	Occasionnellement	Jamais
Cacao ou chocolat	18	71	2
Céréales et dérivés	88	3	0
Légumineuses	76	15	0
Oléagineux	8	83	0
Figues	9	77	5
Avocat	3	3	85
Bananes	12	77	2
Epinards / persil	68	22	1
Légumes (pomme de terre, betterave, artichaut)	79	10	2
Poissons	6	84	1
Viandes	18	73	0
Eaux minérales	19	72	0

2.Symptomatologie :

L'asthénie (ou la fatigue) est la principale manifestation clinique rapportée par nos sujets (97,8%) suivie par la sensation de stress et d'anxiété (74,72%) et les crampes musculaires (65,93%).

Tableau VII : Manifestations cliniques selon les déclarations des patients.

	Effectif (n)	Pourcentage (%)
Stress, Anxiété, irritabilité	68	74,72
Crampes musculaires	60	65,93
Fatigue	89	97,8
Vertiges, nausées	12	13,18
Maux de tête	18	19,78
Difficultés de concentration	31	34,06

3. Statut en magnésium:

Parmi les sujets inclus, 78 participants présentent une concentration sérique normale en Mg comprise entre 16 et 25 mg/l alors que, 13 patients souffrent d'une carence en Mg.

La prévalence de la carence en Mg dans notre population est donc de 14,29%.

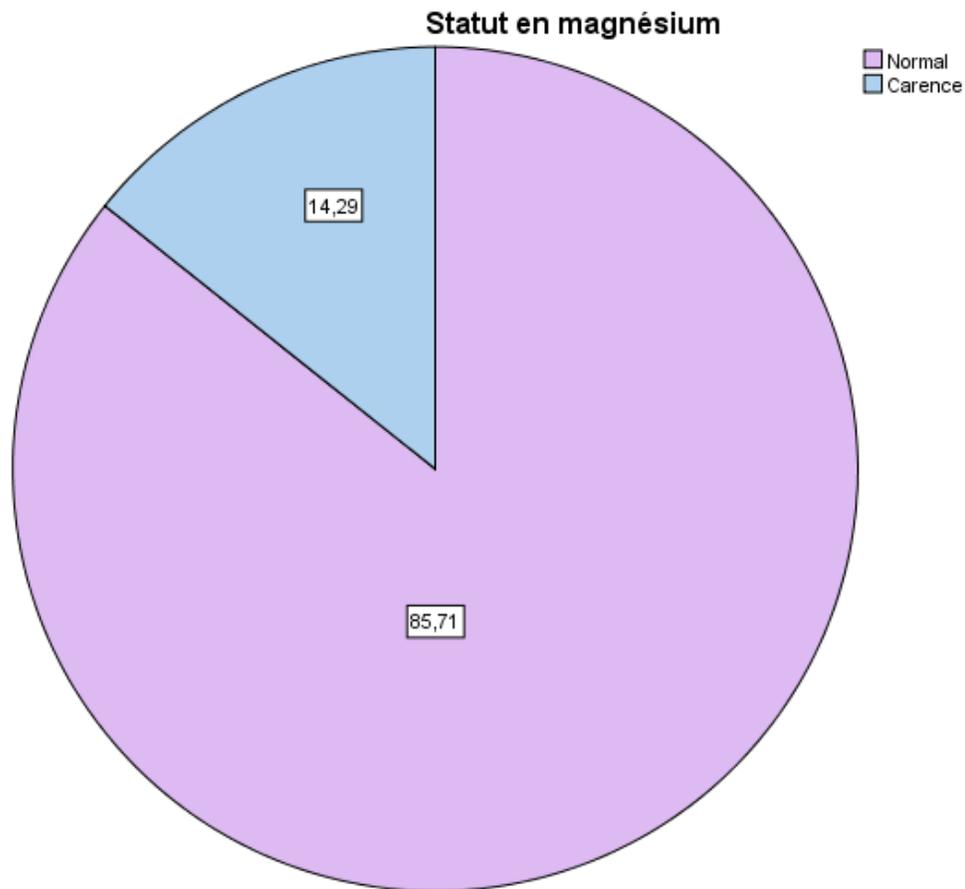


Figure 10 : Répartition des sujets selon le statut en Mg.

A noter que tous les sujets ayant présenté une carence en Mg appartiennent au sexe féminin comme le montre la figure n°11.

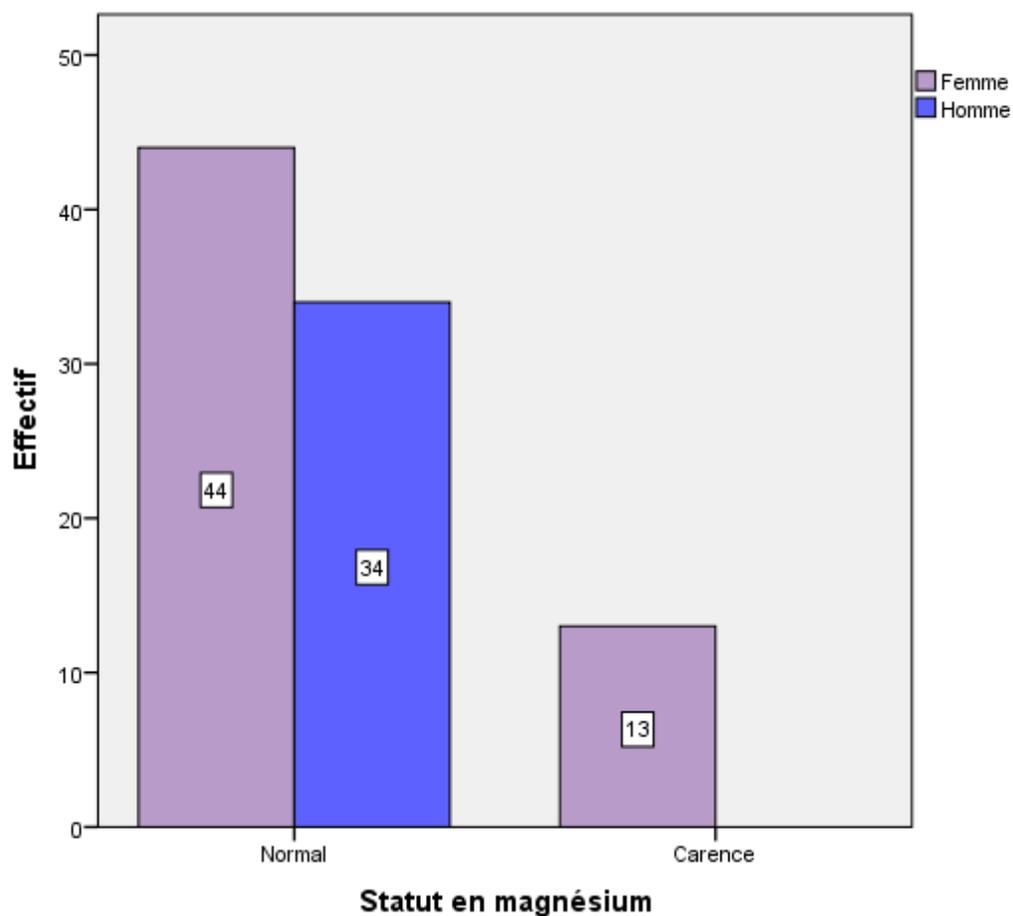


Figure 11 : Statut en magnésium et sexe des sujets.

La concentration sérique moyenne en magnésium était significativement élevée chez les hommes en appliquant le test de Mann-Whitney comme le montre le tableau en dessous.

Tableau VIII : Comparaison de la concentration moyenne du Mg entre les deux sexes.

	Moy. \pm E.T (mg/l)	P value
Femmes (n=57)	17,16 \pm 2,04	0,000 (DS)
Hommes (n=34)	19,22 \pm 1,88	

DS : différence significative en utilisant le test non paramétrique de Mann-Whitney.

Une corrélation négative hautement significative a été retrouvée entre la concentration sérique en Mg et l'âge des sujets (R de Spearman = -0,43 ; P= 0,000).

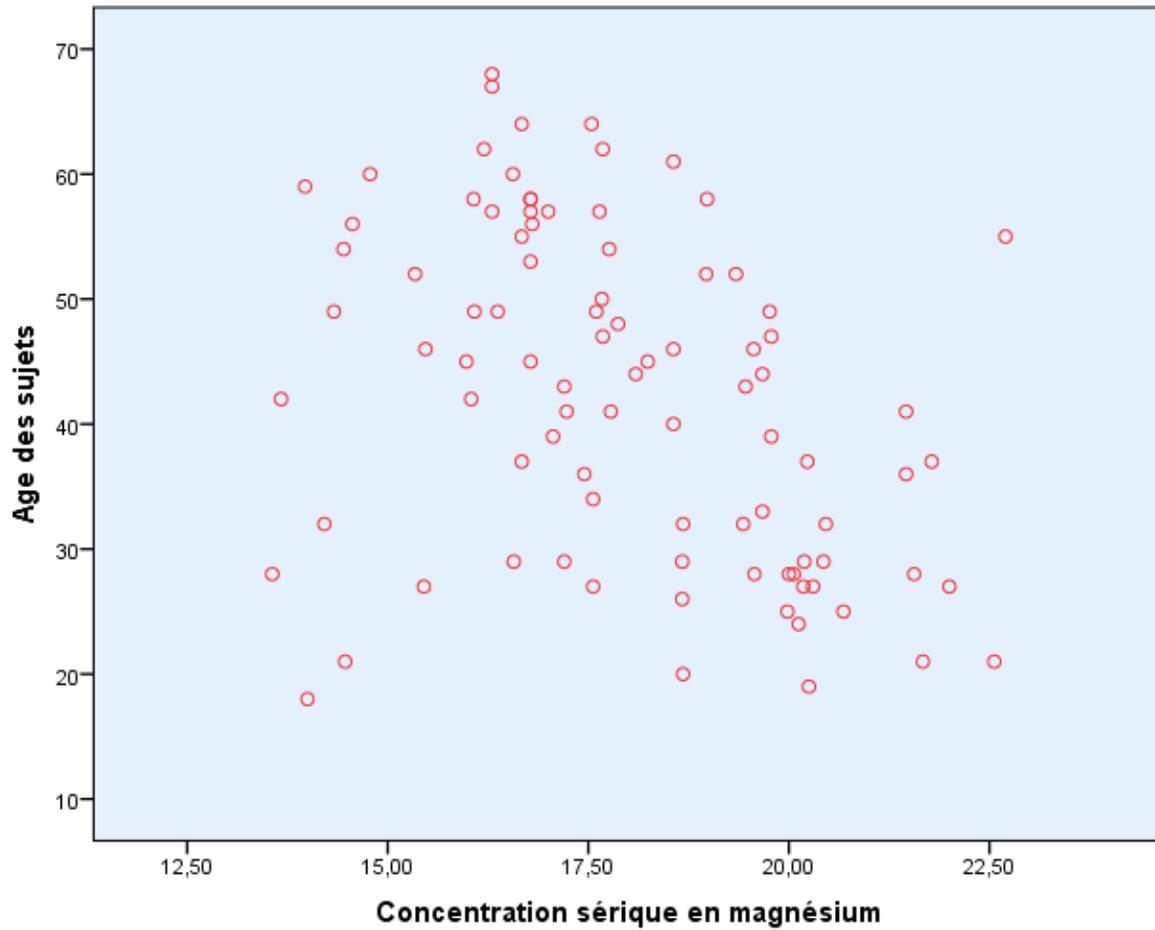


Figure 12 : Relation entre le Mg sérique et l'âge des sujets.

Aucune corrélation significative n'a été notée entre la concentration du magnésium et l'IMC des participants ($R=0,152$; $P= 0,15$).

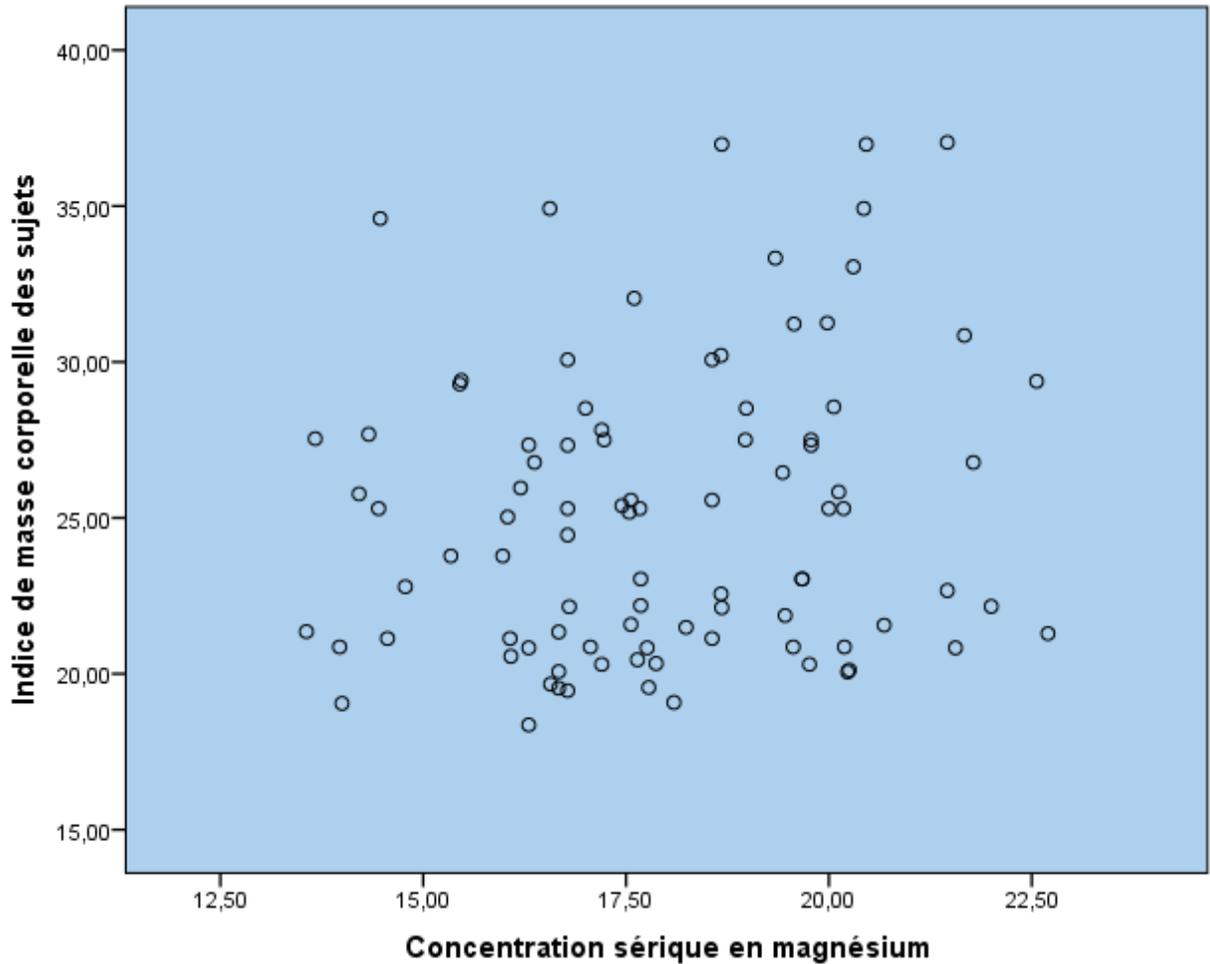


Figure 13 : Relation entre la concentration en magnésium et l'IMC des patients.

4.Bilan phosphocalcique :

La majorité des sujets inclus présentent une calcémie normale (n=82, soit 90,11%) avec une concentration qui se situe entre 81 et 104 mg/l. Cependant, l'hypocalcémie est présente chez 6 patients seulement et l'hypercalcémie est présente chez 3 participants.

Parmi l'ensemble des participants ,11 sujets avaient une hypophosphorémie avec une concentration sérique inférieure à 25mg/l soit 12,08% de la population étudiée.

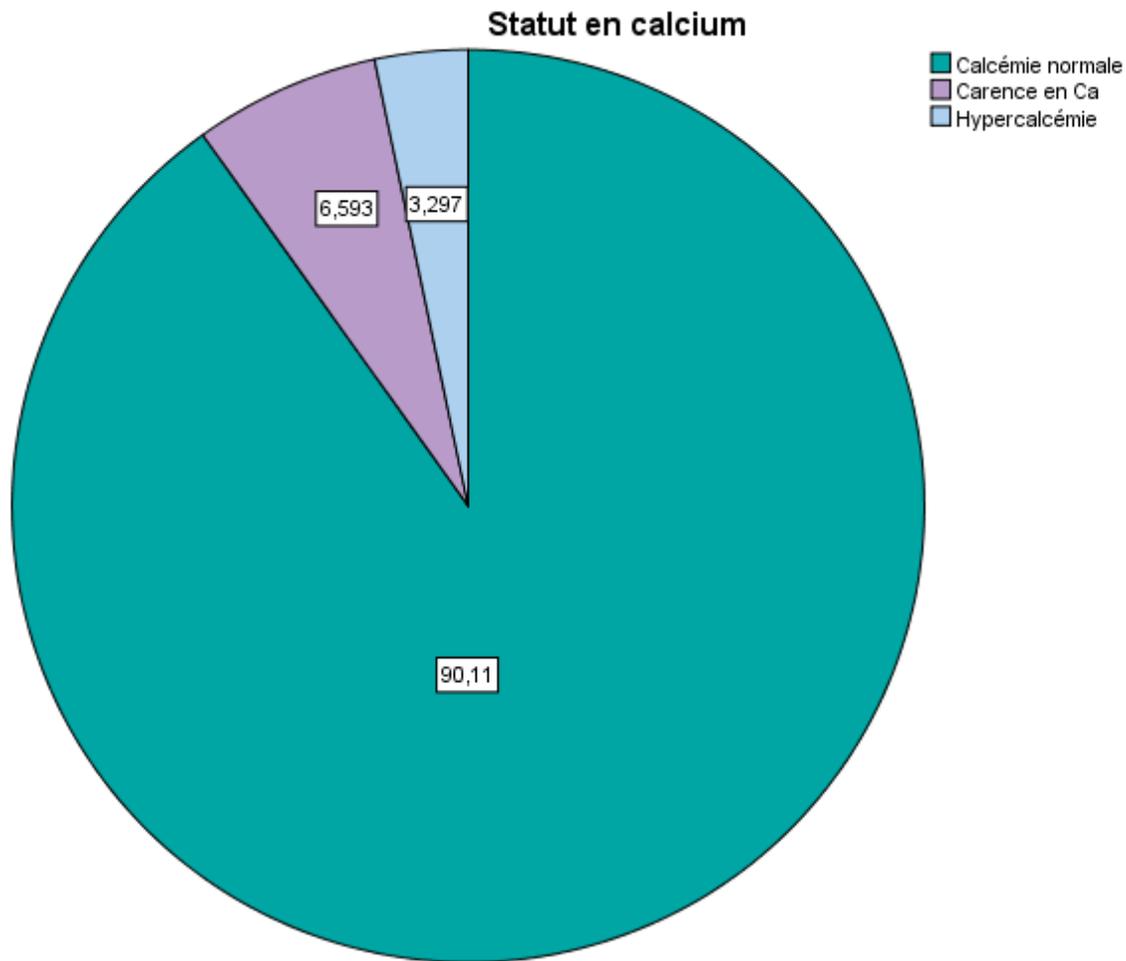


Figure 14 : Répartition des sujets selon la calcémie.

La concentration moyenne du calcium de notre population est de $90,57 \pm 7,22$ mg/l et celle du phosphate est de $29,91 \pm 4,29$ mg/l. La comparaison de la concentration sérique de ces deux paramètres entre les deux sexes ne montre aucune différence significative avec une P value = 0,112 pour la calcémie et une P=0,109 pour la phosphorémie.

Tableau IX : Résultats de l'analyse descriptive du bilan phosphocalcique.

	Moy. \pm E.T (mg/l)	Minimum	Maximum
Calcémie	$90,57 \pm 7,22$	77	108
Phosphorémie	$29,91 \pm 4,29$	22	43

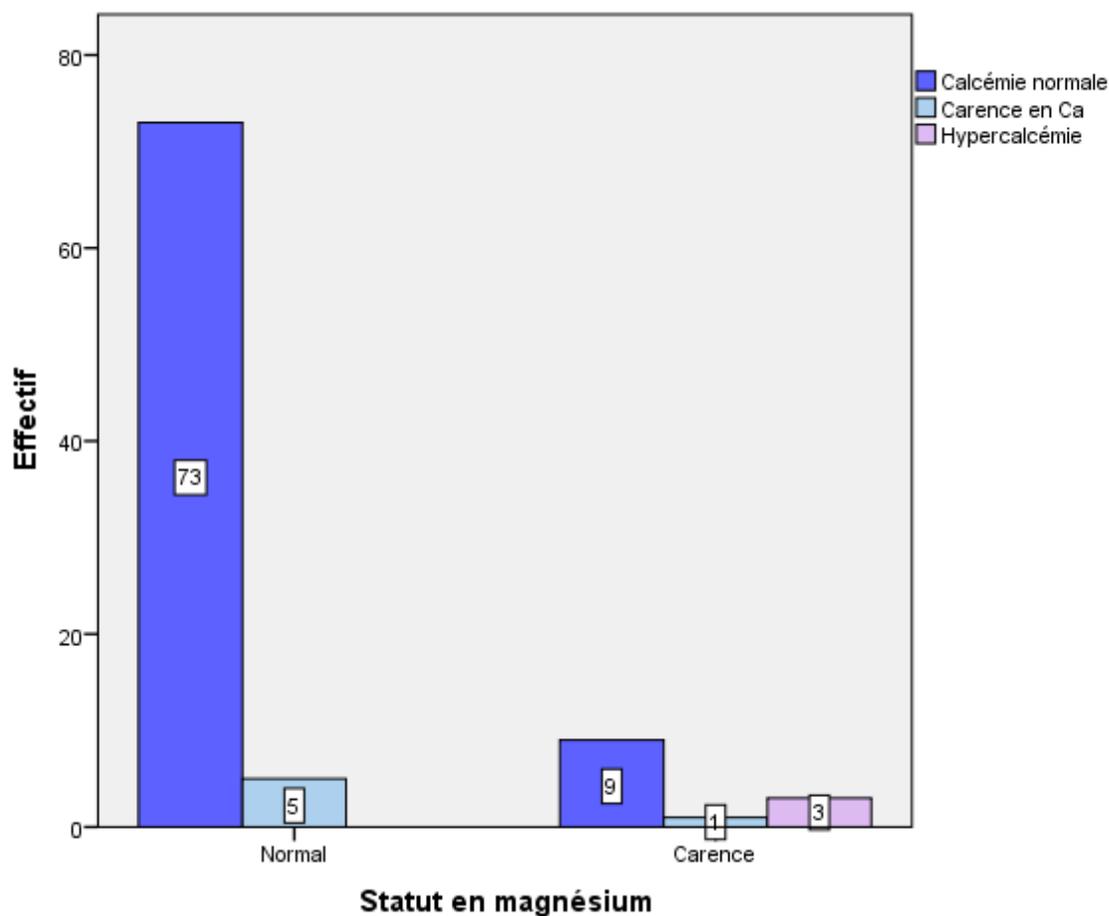


Figure 15 : Répartition des sujets selon le statut en Mg et la calcémie.

Selon la figure n° 15 on constate que tous les sujets ayant montré une hypercalcémie avaient une carence en Mg, parmi les 13 sujets présentant une carence en Mg, un seul patient seulement avait une carence en Mg.

5. Concentration de la phosphatase alcaline (PAL) :

La concentration moyenne de la phosphatase alcaline de notre échantillon est de $69,90 \pm 27,47$ UI/L avec des valeurs extrêmes de 34 et de 140 UI/L.

Une concentration anormalement élevée de la PAL a été observée chez 8 sujets soit 8,79% de l'ensemble de la population incluse.

6. Relations entre la magnésémie, bilan phosphocalcique et PAL :

Une corrélation négative fortement significative a été notée entre la calcémie et la concentration sérique en Mg des sujets en utilisant le coefficient de Spearman ($R = -0,28$; $P = 0,006$).

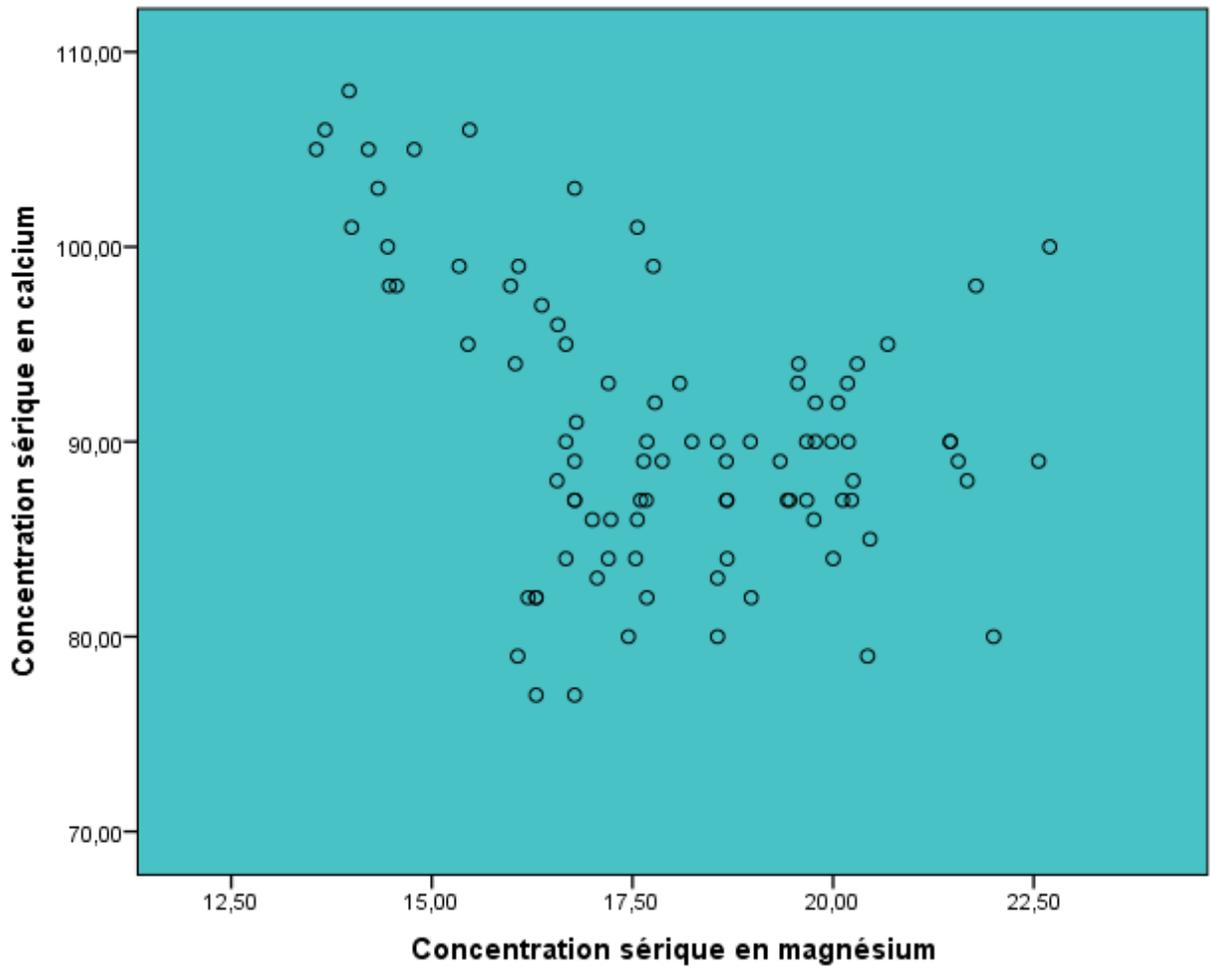


Figure 16 : Relation entre le Mg et la calcémie.

Une corrélation positive hautement significative a été retrouvée entre le magnésium sérique et la phosphatémie ($R = 0,43$; $P = 0,000$) comme le montre la figure n° 17.

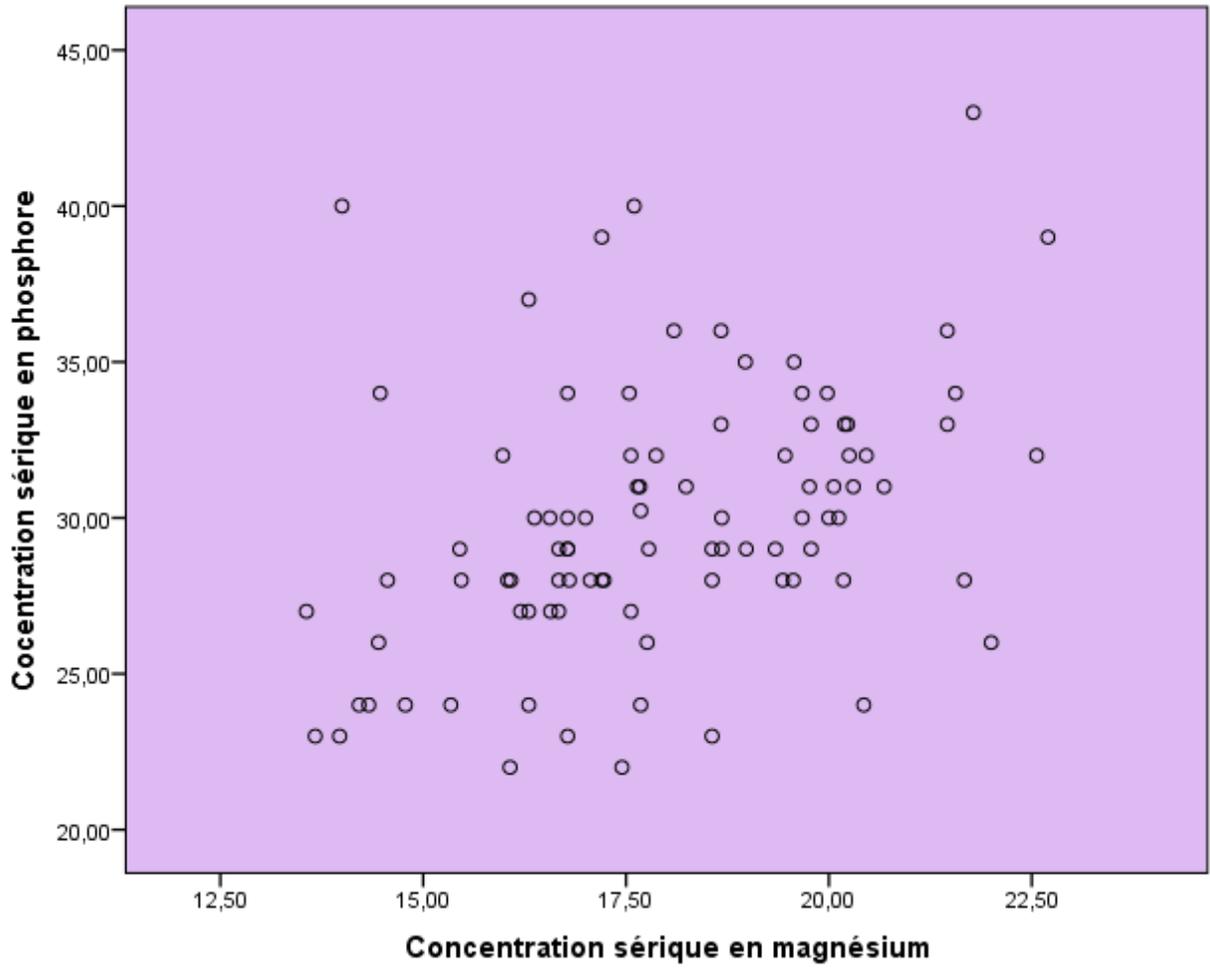


Figure 17 : Relation entre le Mg sérique et la phosphorémie.

Une forte corrélation négative hautement significative est observée entre la PAL sérique et la magnésémie ($R = -0,778$; $P = 0,000$).

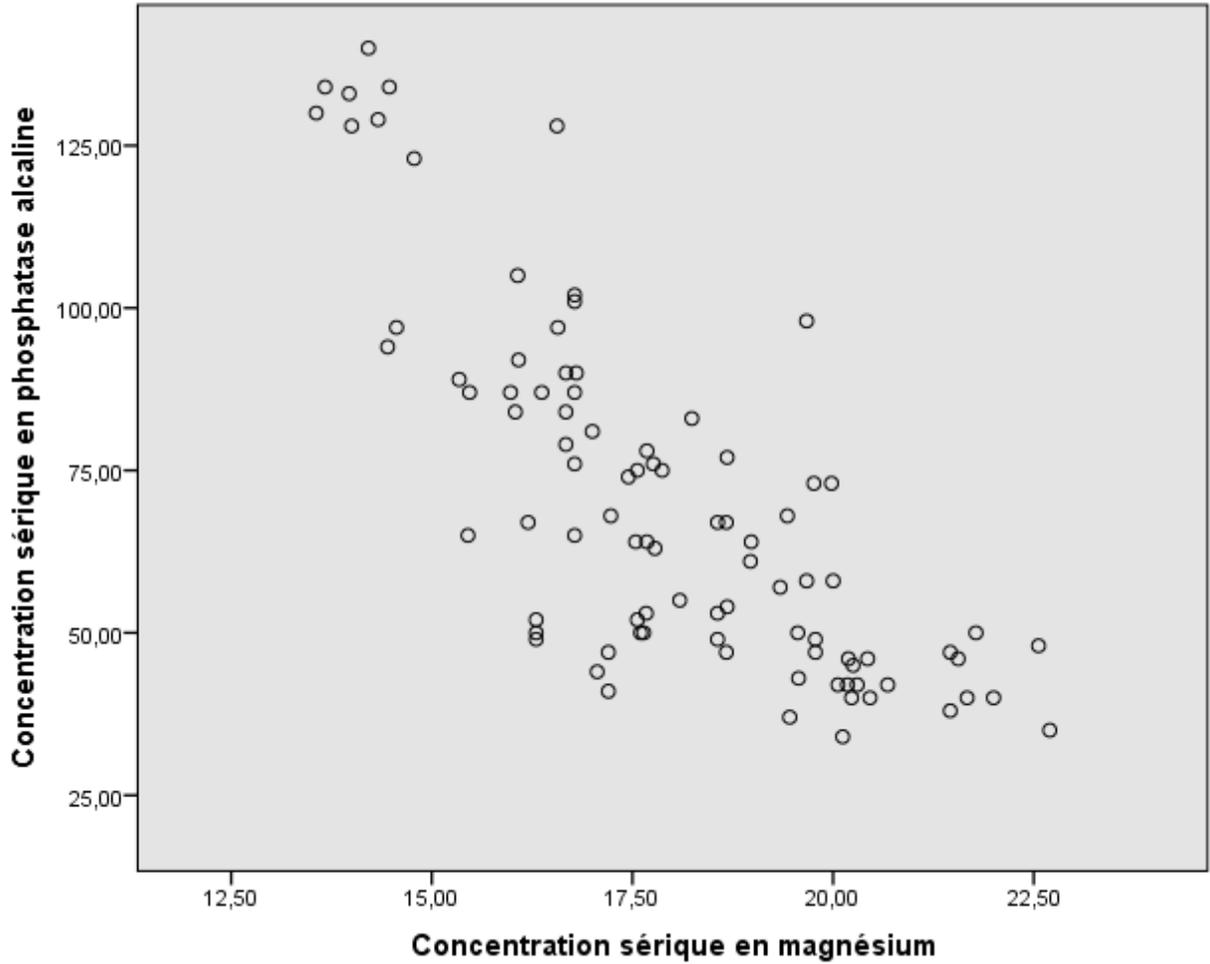


Figure 18 : Relation entre la PAL et le magnésium sérique.

Une corrélation positive très significative a été constatée entre la PAL et la calcémie. En revanche, une corrélation négative très significative est notée entre la phosphorémie et la PAL.

Tableau X: Corrélation de Spearman entre le bilan phosphocalcique et la PAL.

	R de Spearman	P value
PAL /P	-0,36	0,000
PAL/ Ca	0,38	0,000

IV- Discussion Générale

IV- Discussion Générale:

1- Biais, limites et difficultés de l'étude :

Les études observationnelles peuvent comporter des sources d'erreurs, aléatoires ou systématiques, susceptibles de biaiser les résultats obtenus ou de limiter la validité de l'enquête conduite. Ces biais sont de différentes natures et peuvent intervenir lors de la sélection des sujets de l'étude, au moment de leur classement pour l'exposition ou la maladie, ou être liés au phénomène de confusion par un tiers facteur dans l'évaluation de la relation entre l'exposition et la maladie (**Merrer,2022**). Comme toute étude épidémiologique, la nôtre comportait des limites qu'on peut résumer dans les points suivants :

- Taille de l'échantillon relativement faible (n=91), car la prescription du dosage du magnésium n'est pas souvent recommandée en pratique clinique notamment en Algérie ;
- Bilan incomplet de certains patients : Parmi les 91 sujets inclus ,70 participants ont bénéficié d'un dosage des PAL ;
- Le calcium mesuré reflète imparfaitement la fraction libre active, car toute baisse de l'albuminémie entraîne une fausse hypocalcémie alors que la fraction libre reste à un taux physiologique, la calcémie corrigée n'a pas été calculée dans notre cas car le dosage de l'albumine n'a pas eu lieu ;
- Peu nombreuses, sont les études ayant étudié la prévalence de la carence en Mg notamment dans les pays du Maghreb, ce qui a rendu difficile la comparaison de nos résultats avec les données de la littérature ;
- Biais lié aux fausses déclarations des sujets qui affectent la qualité de l'enquête autrement l'enquête dépend des répondants.

2- Statut en Magnésium :

Notre étude effectuée dans la Wilaya de Blida a enregistré une prévalence d'hypomagnésémie de 14,29%, cette prévalence est inférieure à celle retrouvée dans la même région en 2019 dans une étude transversale portant sur 112 sujets jeunes en bonne santé apparente étudiant la relation entre le statut en vitamine D et la magnésémie (**Djerdjar et al.,2020**),elle est également inférieure à celle retrouvée dans la ville de Constantine dans le cadre d'une enquête alimentaire par questionnaire complétée par « un rappel des 24 heures » qui a été réalisée sur un groupe à risque constitué de 214 femmes enceintes, la prévalence de la carence en magnésium chez les femmes du

premier trimestre, du deuxième trimestre et du troisième trimestre était de 26.5%, 33.3%, 11.9%, respectivement (**Bencharif et al.,2020**).

Nous avons également comparé la prévalence de la carence en magnésium retrouvée dans notre étude avec certaines prévalences rapportées par le peu d'études existantes sur le sujet dans les pays du voisinage comme le Maroc et la Tunisie. Nous rapportons ci-dessous les résultats de certains travaux réalisés dans ces régions :

En Tunisie une étude transversale et descriptive à l'Institut national de nutrition et de technologie alimentaire de Tunis, incluant tous les patients adultes en consultation externe (≥ 18 ans) avec un diagnostic de diabète type 2 du 1er septembre 2018 au 31 août 2019 a révélé que 12,9 % des patients présentaient une carence en magnésium plasmatique (**Zahra et al.2021**).

Au Maroc, une étude prospective descriptive incluant 103 patients atteints de diabète sucré de type 2 (Octobre 2019 - Janvier 2020) dont 56 (54,4 %) hommes et 47 (45,6 %) femmes avec un âge 59 ± 9 ans a retrouvé une prévalence d'hypomagnésémie qui se rapproche à la nôtre avec un taux d'atteinte de 14,56 % (**Quiddi et al.,2021**).

Il est important de souligner que le magnésium sérique est un faible indicateur du magnésium intracellulaire. Les patients présentant des valeurs normales peuvent très bien avoir une carence en magnésium, de même qu'une hypomagnésémie peut s'accompagner d'une quantité normale de magnésium dans l'organisme (**Peter, 2021**).

Les techniques colorimétriques, utilisées en pratique clinique, pour le dosage du Mg posent un problème de fiabilité des résultats à l'échelle mondiale. Malgré tout, la mesure du taux sanguin de magnésium est restée la méthode standard pour déterminer rapidement le statut du magnésium (**Petert, 2021**).

Dans notre étude, tous les sujets ayant présenté une carence en Mg sont des femmes. Dans les données de la littérature on trouve que la carence en magnésium est plus fréquente chez les femmes que chez les hommes (**Costello et al.,2016 ; Workinger et al.,2018**) ce qui peut s'expliquer en partie par le fait que les œstrogènes stimulent l'absorption intestinale du Mg et son utilisation par les tissus et que, par conséquent, les rythmes hormonaux chez les femmes peuvent affecter et moduler le statut en magnésium (**Orlova et al.,2021**), les femmes en préménopause ou en postménopause constituent un groupe de risque de carence en Mg en raison de la chute des

hormones ostéogènes (**Zhang et al.,2021**). La grossesse est aussi associée à une augmentation des besoins en Mg et donc constitue une période à risque de carence en ce minéral chez le sexe féminin (**Orlova et al.,2021 ; Pickering et al.,2020**).

Dans le présent travail, une corrélation négative hautement significative a été retrouvée entre la concentration sérique en Mg et l'âge des sujets.

Il est bien établi que l'âge est un facteur prédictif de carence en Mg (**Pickering et al.,2020**). Des chercheurs ont démontré qu'après 60-65 ans, le taux de magnésium diminue, en particulier à l'intérieur de nos cellules, plusieurs explications ont été fournies (**Denans ;2018**) :

- Une absorption intestinale moins performante chez le sujet âgé
- Une diminution de la masse osseuse (or, plus de 60 % du magnésium se trouve dans les os) ;
- Altération de la fonction rénale au fil du temps ce qui entraîne une élimination plus importante de magnésium dans les urines Des changements hormonaux liés au vieillissement pouvant avoir un impact négatif sur le magnésium
- Enfin, les personnes âgées sont davantage concernées par des pathologies qui augmentent le déficit en magnésium (diabète de type 2, maladies intestinales...), et ont tendance à prendre plus de médicaments pouvant provoquer une perte conséquente de magnésium (**Denans ;2018**).

Contrairement aux données de littérature qui rapportent une association négative entre l'IMC et le statut en magnésium (**Al-Hetty et al.,2022 ; Castellanos-Gutiérrez et al.,2018 ; Ul Hassan et al.,2017**), les résultats de notre travail ne montrent aucune corrélation significative entre la concentration du magnésium et l'IMC des participants.

En effet, un statut faible en magnésium est associé à un risque d'obésité (**Al Shammaa et al.,2023**), dans une étude longitudinale de 30 ans portant sur 5115 adultes américains, après ajustement des facteurs de confusion potentiels, l'apport alimentaire en magnésium est inversement associé à l'incidence de l'obésité (**Lu et al.,2020**).

Plusieurs mécanismes peuvent expliquer l'association entre le magnésium et l'adiposité corporelle :

Tout d'abord, le magnésium a des effets antioxydants, réduisant ainsi les niveaux de stress oxydatif et d'inflammation (**Liu et Dudley, 2020**). Il est bien connu que l'inflammation augmente le risque d'obésité. Deuxièmement, une revue systématique suggère que le statut nutritionnel en magnésium est associé à la dépression (**Al Shammaa et al.,2023**). Des études ont montré que la dépression augmente le risque d'obésité (**Blasco et al.,2020**). Enfin, le magnésium est lié à la durée et à la qualité du sommeil. Un sommeil de courte durée et de mauvaise qualité augmente le risque d'obésité (**Anam et al.,2022**).

Dans notre étude, les principales sources alimentaires du Mg des sujets sont les légumes suivis par les légumineuses de même pour un échantillon d'adultes américains, où les principales sources de magnésium étaient les légumes (13 %) mais suivi par lait enrichi (7 %) et les viandes (7 %) (**Ford et Mokdad,2003**). Alors que, les adultes français en 2016 tiraient plus de 21 % de leur magnésium des boissons chaudes dont le café, 9 % du pain et 6 % des légumes (**ANSES,2017**).

Dans un échantillon d'adultes polonais, les besoins alimentaires en magnésium étaient principalement maintenus par la consommation de produits céréaliers (11,8 à 15,3 %) (**Winiarska-Mieczan et al.,2020**) et le lait et ses dérivés (10,9 %) (**Górska-Warsewicz et al.,2019**) et enfin une étude portant sur le régime alimentaire italien a révélé que les céréales (27 %) sont la principale source de magnésium chez les adultes italiens (**Levy et al.,2020**).

3- Relation entre la magnésémie, le bilan phosphocalcique et le remodelage osseux :

Une corrélation négative fortement significative a été notée entre la calcémie et la concentration sérique en Mg des sujets, même constatation retrouvée dans une étude rétrospective réalisée sur 307 patients souffrant d'hyperparathyroïdie hospitalisés au niveau d'un hôpital situé dans la ville de Changsha en Chine, de janvier 2010 à août 2020 (**Na et al.2021**). Cependant, une corrélation positive a été observée entre la phosphatémie et le Mg.

En effet, le Mg entretient une relation complexe avec les paramètres du bilan phosphocalcique. Le métabolisme du calcium et du phosphore est dû à une interaction complexe entre le calcium, le phosphore, le magnésium, la vitamine D et la parathormone (PTH). Des anomalies dans l'un de ces éléments peuvent entraîner des troubles du calcium et du phosphore (**Sawyer, et Gleason,2023**).

Il est admis dans la littérature que le magnésium agit souvent comme un antagoniste naturel du calcium ayant un impact sur sa réabsorption et sa distribution (**Módolo et Barros,2021 ; Andretta et al.,2020**). De même un apport alimentaire élevé en Ca peut induire une diminution des niveaux du Mg (**DiNicolantonio et al.,2018**). Il a été rapporté également qu'un apport alimentaire élevé en Mg diminue la biodisponibilité du phosphore au niveau intestinal (**Serna, J., & Bergwitz,2020**). De plus, le magnésium stimule la calcitonine qui a une action hypocalcémiante et hypophosphatémiante. La calcitonine réduit de manière importante le renouvellement osseux dans les situations caractérisées par une augmentation du taux de résorption osseuse. L'effet hypocalcémiant de la calcitonine est dû à la fois à une diminution du flux de calcium allant de l'os vers le liquide extracellulaire et à l'inhibition de la réabsorption tubulaire rénale du calcium (**Hsiao et al.2020 ; Shaker et Defetos,2018**).

D'un autre côté, il a été récemment démontré que le magnésium joue un rôle important dans le métabolisme de la vitamine D, c'est un cofacteur essentiel pour la synthèse de la vitamine D et son activation, sans magnésium la vitamine D ne peut pas se transformer en sa forme biologiquement active (hormonale) par cette action le Mg augmente l'absorption intestinale du calcium et du phosphore ainsi que leur réabsorption rénale (**Kisters et al.,2019 ; Razzaque,2018 ; Erem et al.,2019**).

Enfin, le magnésium entretient des relations complexes avec la parathormone qui joue un rôle primordial dans la régulation du métabolisme phosphocalcique et le métabolisme osseux, l'effet considérable du magnésium sur le taux de la parathormone est désormais avéré. Cette dépendance s'apparente à une forme de cloche : aucune parathormone n'est plus distribuée en cas d'un très faible taux de magnésium, tout comme en présence d'un taux de magnésium particulièrement élevé (**Na et al.2021**).

La carence en magnésium provoque une inhibition de la sécrétion de PTH et de son action osseuse, responsable d'une hypocalcémie, aboutissant au tableau d'hypoparathyroïdie (**Billet et al.,2016**). Le magnésium semble atténuer les effets négatifs de l'hypercalcémie comme le rapporte certaines études (**Pelczyńska et al.,2022**).

Le magnésium est l'un des cofacteurs de la phosphatase alcaline. La quantité de magnésium contenue dans les aliments affecte l'activité de la PAL (**Kasuma,2015**). Dans notre étude, Une forte corrélation négative hautement significative est observée entre la PAL sérique et la

magnésémie. Nos résultats concordent avec ceux rapportés par Kasuma en 2015 en Indonésie sur un échantillon de 60 sujets ($R=0,907$) de même pour une autre étude transversale menée au niveau dans du département de biochimie de l'Institut des sciences médicales de Bhubaneswar (Inde), l'âge des sujets se situent entre 20 et 50 ans (**Ray et al.,2017**).

En effet, l'augmentation des phosphatases alcalines en absence de pathologie hépatique reflète l'augmentation de la résorption osseuse et un défaut de minéralisation osseuse, elle peut également refléter une carence en vitamine D et une hyperparathyroïdie et donc une destruction osseuse accélérée (**Rajab,2022**).

Le magnésium joue un rôle important dans le métabolisme osseux et le maintien de la densité osseuse, un taux insuffisant de cet électrolyte est associé à un risque accru de survenue de différentes pathologies osseuses comme le soulignent plusieurs auteurs (**Hori et al.2021 ; Belluci et al.2020**).

Enfin, Un apport élevé en magnésium est associé à une densité minérale osseuse plus importante au niveau de la hanche et du col du fémur (**Belluci, et al.,2020**) ainsi une supplémentation en Mg s'avère bénéfique pour prévenir les fractures notamment chez les femmes ménopausées (**Rondanelli et al.,2021**).

V- Conclusion, recommendations et perspectives

Conclusion, recommandations et perspectives :

Le magnésium a longtemps occupé une place de « cation oublié » dans la médecine, en l'absence de connaissances solides autour de sa physiologie et de ses potentielles utilisations thérapeutiques. Il jouit toutefois d'un regain d'intérêt ces dernières années, avec une augmentation du nombre de publications s'intéressant à son rôle dans de nombreux domaines : prévention des crampes musculaires, implication sur certains facteurs de risque cardiovasculaires, neuroprotection ou autres. Mais peu d'études ont mis en évidence l'importance du magnésium dans le maintien de l'équilibre phosphocalcique et dans la régulation du métabolisme osseux.

Dans notre étude, la prévalence de la carence en magnésium était de 14,29% dans la population étudiée. Le bilan phosphocalcique était étroitement lié à la concentration sérique de magnésium. Des corrélations significatives ont été observées entre la magnésémie et la calcémie, la phosphatémie et la phosphatase alcaline. Une concentration sérique élevée de phosphatase alcaline peut être observée en cas de carence en magnésium.

Face aux bouleversements des habitudes de la population que ce soient le stress ou l'alimentation, un déficit en magnésium est de plus en plus évident. Une remise en question de l'alimentation est primordiale. Il est donc essentiel de maintenir un équilibre adéquat en magnésium pour assurer un fonctionnement optimal de l'organisme. Une alimentation équilibrée et diversifiée, associée à une surveillance régulière du statut en magnésium, peut contribuer à prévenir les carences en magnésium et à maintenir une bonne santé globale.

Une attention plus particulière doit être portée à l'évaluation du statut en magnésium en pratique clinique et son rôle dans la prévention et le traitement des troubles osseux, tout bilan de routine doit comporter une prescription du dosage du Mg.

D'autres travaux portant sur la prévalence de la carence en Mg doivent être entrepris afin de déterminer les niveaux d'atteinte dans la population algérienne. Des études supplémentaires sont également nécessaires pour approfondir notre compréhension des mécanismes sous-jacents de la relation entre la carence en magnésium, le bilan phosphocalcique et la santé générale.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

1. **Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de L'alimentation de L'environnement et du Travail (ANSES). 2017.** TANSES-CIQUAL French Food Composition Table, Version 2017; ANSES: Maisons-Alfort, France, 2017
2. **Ahmed, F., & Mohammed, A. (2019).** Magnesium: the forgotten electrolyte—a review on hypomagnesemia. *Medical Sciences*, 7(4), 56.
3. **Al Alawi, A. M., Majoni, S. W., & Falhammar, H. (2018).** Magnesium and human health: perspectives and research directions. *International journal of endocrinology*, 2018.
4. **Al-Hetty, H. R. A. A., Rajab, W. J., Al-Kubaisi, F., & Ali, A. Y. (2022).** Evaluation of serum magnesium in obesity and overweight and normal weight. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(132), 255-262.
5. **Al Shammaa, A., Al-Thani, A., Al-Kaabi, M., Al-Saeed, K., Alanazi, M., & Shi, Z. (2023).** Serum Magnesium is Inversely Associated with Body Composition and Metabolic Syndrome. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, 95-104.
6. **Anam, M. R., Akter, S., Hossain, F., Bonny, S. Q., Akter, J., Zhang, C., & Mian, M. A. B. (2022).** Association of sleep duration and sleep quality with overweight/obesity among adolescents of Bangladesh: a multilevel analysis. *BMC Public Health*, 22(1), 374.
7. **Andretta, A., Schieferdecker, M. E. M., Petterle, R. R., Paiva, E. D. S., & Boguszewski, C. L. (2020).** Relations between serum magnesium and calcium levels and body composition and metabolic parameters in women with fibromyalgia. *Advances in Rheumatology*, 60.
8. **Apfelbaum, M., Romon, M., & Dubus, M. (2009).** *Diététique et nutrition* (Vol. 1, p. 516). Elsevier-Masson.
9. **Bacchetta, J. (2019).** Vitamine D en pédiatrie. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, 32(6), 310-321.
10. **Barbagallo, M., Veronese, N., & Dominguez, L. J. (2022).** Magnesium in type 2 diabetes mellitus, obesity, and metabolic syndrome. *Nutrients*, 14(3), 714.
11. **Bellucci, M. M., de Molon, R. S., Rossa Jr, C., Tetradis, S., Giro, G., Cerri, P. S., & Orrico, S. R. P. (2020).** Severe magnesium deficiency compromises systemic bone mineral

density and aggravates inflammatory bone resorption. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 77, 108301.

12. **Bencharif, M., Sersar, I., Touati-Mecheri, D., Agli, A., & Oulamara, H. (2020).** An update of the nutritional situation in eastern Algeria. *The North African Journal of Food and Nutrition Research*, 4(9), S54-S62.
13. **Billet, S., Gilet, P., Kattan, N., Beaudoin, M. A., Denizot, J., Meillet, L., & Borot, S. (2016, September).** Hypoparathyroïdie induite par l'hypomagnésémie : à propos de deux observations. In *Annales d'Endocrinologie* (Vol. 77, No. 4, p. 439). Elsevier Masson.
14. **Blasco, B. V., García-Jiménez, J., Bodoano, I., & Gutiérrez-Rojas, L. (2020).** Obesity and depression: Its prevalence and influence as a prognostic factor: A systematic review. *Psychiatry investigation*, 17(8), 715.
15. **Bouhadjar, M., Gheouali, R. M., & Djerdjar, L. (2022).** Magnesium: a cation still forgotten in clinical practice!. *Journal de la faculté de médecine d'Oran*, 6(2), 825-826.
16. **Bourassa, M. W., Abrams, S. A., Belizán, J. M., Boy, E., Cormick, G., Quijano, C. D., & Weaver, C. M. (2022).** Interventions to improve calcium intake through foods in populations with low intake. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1511(1), 40-58.
17. **Brown, J. P., Don-Wauchope, A., Douville, P., Albert, C., & Vasikaran, S. D. (2022).** Current use of bone turnover markers in the management of osteoporosis. *Clinical Biochemistry*.
18. **Castellanos-Gutiérrez, A., Sánchez-Pimienta, T. G., Carriquiry, A., da Costa, T. H., & Ariza, A. C. (2018).** Higher dietary magnesium intake is associated with lower body mass index, waist circumference and serum glucose in Mexican adults. *Nutrition journal*, 17(1), 1-8.
19. **Christakos, S., Li, S., De La Cruz, J., & Bikle, D. D. (2019).** New developments in our understanding of vitamin D metabolism, action and treatment. *Metabolism*, 98, 112-120.
20. **Ciosek, Ż., Kot, K., Kosik-Bogacka, D., Łanocha-Arendarczyk, N., & Rotter, I. (2021).** The effects of calcium, magnesium, phosphorus, fluoride, and lead on bone tissue. *Biomolecules*, 11(4), 506.

21. Costello, R. B., Elin, R. J., Rosanoff, A., Wallace, T. C., Guerrero-Romero, F., Hruby, A. & Van Horn, L. V. (2016). Perspective: the case for an evidence-based reference interval for serum magnesium: the time has come. *Advances in Nutrition*, 7(6), 977-993.
22. David, C., & Boinet, T. (2019). L'ostéoporose, une maladie silencieuse. *Actualités Pharmaceutiques*, 58(585), 12-16.
23. Denans, A. L. (2018). *Soignez-vous avec le magnésium*. Thierry Souccar.
24. DiNicolantonio, J. J., O'Keefe, J. H., & Wilson, W. (2018). Subclinical magnesium deficiency: a principal driver of cardiovascular disease and a public health crisis. *Open heart*, 5(1), e000668.
25. Dolphin, A. C., & Lee, A. (2020). Presynaptic calcium channels: specialized control of synaptic neurotransmitter release. *Nature Reviews Neuroscience*, 21(4), 213-229.
26. Emkey, G. R., & Epstein, S. (2018). Drug and Hormone Effects on Vitamin D Metabolism. In *Vitamin D* (pp. 331-374). Academic Press.
27. Erem, S., Atfi, A., & Razzaque, M. S. (2019). Anabolic effects of vitamin D and magnesium in aging bone. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 193, 105400.
28. Fardellone, P. (2015). Calcium, magnésium et eaux minérales naturelles. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 50, S22-S29.
29. Faheemuddin, A & Abdul, M.. Magnesium: the forgotten electrolyte—a review on hypomagnesemia. *Medical Sciences*, 2019, vol. 7, no 4, p. 56.
30. Fiorentini, D., Cappadone, C., Farruggia, G., & Prata, C. (2021). Magnesium: biochemistry, nutrition, detection, and social impact of diseases linked to its deficiency. *Nutrients*, 13(4), 1136.
31. Ford, E. S., & Mokdad, A. H. (2003). Dietary magnesium intake in a national sample of US adults. *The Journal of nutrition*, 133(9), 2879-2882.

32. Găman, M. A., Dobrică, E. C., Cozma, M. A., Antonie, N. I., Stănescu, A. M. A., Găman, A. M., & Diaconu, C. C. (2021). Crosstalk of magnesium and serum lipids in dyslipidemia and associated disorders: a systematic review. *Nutrients*, 13(5), 1411.
33. Górska-Warsewicz, H., Rejman, K., Laskowski, W., & Czeczotko, M. (2019). Milk and dairy products and their nutritional contribution to the average polish diet. *Nutrients*, 11(8), 1771.
34. Gropper, S. S., Smith, J. L., & Groff, J. L. (2013). Advanced nutrition and human metabolism 6th ed. USA: Wardsworth Cengage Learning.
35. Gröber, U. (2019). Magnesium and drugs. *International journal of molecular sciences*, 20(9), 2094.
36. Harchegani, A. B., Irandoost, A., Mirnamniha, M., Rahmani, H., Tahmasbpour, E., & Shahriary, A. (2019). Possible mechanisms for the effects of calcium deficiency on male infertility. *International journal of fertility & sterility*, 12(4), 267.
37. Hasenböhler, A., Denes, L., Blanstier, N., Dehove, H., Hamouche, N., Beer, S., & Illner-Delepine, A. K. (2022). Development of an innovative online dietary assessment tool for france: Adaptation of myfood24. *Nutrients*, 14(13), 2681.
38. He, B., Xia, L., Zhao, J., Yin, L., Zhang, M., Quan, Z., ... & Huang, W. (2021). Causal effect of serum magnesium on osteoporosis and cardiometabolic diseases. *Frontiers in Nutrition*, 8, 738000.
39. Hori, M., Yasuda, K., Takahashi, H., Yamazaki, C., Morozumi, K., & Maruyama, S. (2021). Impact of serum magnesium and bone mineral density on systemic fractures in chronic hemodialysis patients. *PloS one*, 16(5), e0251912.
40. Hruby, A., & McKeown, N. M. (2016). Magnesium Deficiency: What Is Our Status?. *Nutrition Today*, 51(3), 121-128.
41. Hsiao, C. Y., Chen, T. H., Chu, T. H., Ting, Y. N., Tsai, P. J., & Shyu, J. F. (2020). Calcitonin induces bone formation by increasing expression of Wnt10b in osteoclasts in ovariectomy-induced osteoporotic rats. *Frontiers in Endocrinology*, 11, 613.

42. **Kasuma, N. (2015).** Correlation between magnesium and alkaline phosphatase from gingival crevicular fluid on periodontal diseases. *Dent. J*, 48, 130-134.
43. **Kateb, M. E., & Topf, J. M. (2019).** *Disorders of magnesium metabolism. Nephrology Secrets*, 539–548.
44. **Kellar, K., Pandillapalli, N. R., & Moreira, A. G. (2023).** Calcium and Phosphorus: All You Need to Know but Were Afraid to Ask. *Clinics in Perinatology*.
45. **Kisters, K., Groeber, U., & Gremmler, B. (2019).** Magnesium, vitamin D in hypertension. *Journal of Hypertension*, 37, e230.
46. **Konukoglu, D. (2019).** Bone markers. *Int J Med Biochem*, 2(2), 65-78.
47. **Kursoy, S. V., Nikonov, V. V., Biletskyi, O. V., Fedets, O. I., & Homenko, V. O. (2021).** Physiology of magnesium metabolism and the use of magnesium in intensive care (literature review with the results of own observations, part 1). *EMERGENCY MEDICINE*, 17(5), 56-67.
48. **Lerma, E. V., Sparks, M. A., & Topf, J. (2018).** *Nephrology Secrets E-Book*. Elsevier Health Sciences.
49. **Levy, J., Miranda, A. A. M., Teixeira, J. A., Carli, E. D., Benseñor, I. J. M., Lotufo, P. A., & Marchioni, D. M. L. (2020).** Magnesium intake in a Longitudinal Study of Adult Health: associated factors and the main food sources. *Ciência & Saúde Coletiva*, 25, 2541-2550.
50. **Liu, M., & Dudley Jr, S. C. (2020).** Magnesium, oxidative stress, inflammation, and cardiovascular disease. *Antioxidants*, 9(10), 907.
51. **Lu, L., Chen, C., Yang, K., Zhu, J., Xun, P., Shikany, J. M., & He, K. (2020).** Magnesium intake is inversely associated with risk of obesity in a 30-year prospective follow-up study among American young adults. *European journal of nutrition*, 59, 3745-3753.
52. **Maier, J. A., Castiglioni, S., Locatelli, L., Zocchi, M., & Mazur, A. (2021, July).** Magnesium and inflammation: Advances and perspectives. In *Seminars in Cell & Developmental Biology* (Vol. 115, pp. 37-44). Academic Press.

- 53. Mallorie, A., & Shine, B. (2022).** Normal bone physiology, remodelling and its hormonal regulation. *Surgery (Oxford)*.
- 54. Marsot, C., Chanson, P., & Borson-Chazot, F. (2018, September).** Os et métabolisme. In *Annales d'Endocrinologie* (Vol. 79, pp. S40-S47). Elsevier Masson.
- 55. Mathew, A. A., & Panonnummal, R. (2021).** ‘Magnesium’-the master cation-as a drug—possibilities and evidences. *Biometals*, 34(5), 955-986.
- 56. Medicine. 26th edition.** Philadelphia, PA: Elsevier; Chapter 266, Disorders of Calcium and Phosphorus Homeostasis.
- 57. Merrer, J. (2022).** Les sources d’erreurs et de variabilité dans les études épidémiologiques. *Sages-Femmes*.
- 58. Módolo, N. S. P., & Barros, G. A. M. D. (2021).** Magnesium: the underestimated ion. *Brazilian Journal of Anesthesiology*, 71, 477-479.
- 59. Na, D., Tao, G., Shu-Ying, L., Qin-Yi, W., Xiao-Li, Q., Yong-Fang, L., ... & Yan-Yi, Y. (2021).** Association between hypomagnesemia and severity of primary hyperparathyroidism: a retrospective study. *BMC Endocrine Disorders*, 21, 1-8.
- 60. Nielsen, F. H. (2019).** The problematic use of dietary reference intakes to assess magnesium status and clinical importance. *Biological trace element research*, 188(1), 52-59.
- 61. Orlova, S., Dikke, G., Pickering, G., Yaltseva, N., Konchits, S., Starostin, K., & Bevez, A. (2021).** Risk factors and comorbidities associated with magnesium deficiency in pregnant women and women with hormone-related conditions: analysis of a large real-world dataset. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 21, 1-9.
- 62. Pelczyńska, M., Moszak, M., & Bogdański, P. (2022).** The role of magnesium in the pathogenesis of metabolic disorders. *Nutrients*, 14(9), 1714.
- 63. Peter, B. (2021).** Hypocalcémie, hypomagnésémie et hypophosphatémie. *FORUM MÉDICAL SUISSE* 2021;21(3–4):55–59

- 64. Pickering, G., Mazur, A., Trousselard, M., Bienkowski, P., Yaltsewa, N., Amessou, M., & Pouteau, E. (2020).** Magnesium status and stress: the vicious circle concept revisited. *Nutrients*, *12*(12), 3672.
- 65. Quidi, W., Tarmidi, M., & Mansouri, A. (2021).** Magnesium status in a population of type 2 diabetes mellitus in Morocco. *Endocrinol Metab Int J*, *9*(1), 20-23.
- 66. Radmanesh, A., Choromzade, S., Akade, E., Bahadoram, M., & Kaydani, G. A. (2023).** Magnesium deficiency as a contributing factor to type 2 diabetes: a review of the literature. *J Ren Endocrinol*, *9*, e25086.
- 67. Rajab, H. A. (2022).** The Effect of Vitamin D Level on Parathyroid Hormone and Alkaline Phosphatase. *Diagnostics*, *12*(11), 2828.
- 68. Ray, C. S., Singh, B., Jena, I., Behera, S., & Ray, S. (2017).** Low alkaline phosphatase (ALP) in adult population an indicator of zinc (Zn) and magnesium (Mg) deficiency. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, *5*(3), 347-352.
- 69. Razzaque, M. (2018).** "Magnesium: Are We Consuming Enough?" *Nutrients* *10*(12): 1863.
- 70. Reddy, S. T., Soman, S. S., & Yee, J. (2018).** Magnesium Balance and Measurement. *Advances in chronic kidney disease*, *25*(3), 224-229.
- 71. Rondanelli, M., Faliva, M. A., Tartara, A., Gasparri, C., Perna, S., Infantino, V., ... & Peroni, G. (2021).** An update on magnesium and bone health. *Biometals*, *34*(4), 715-736.
- 72. Rosen CJ. 2020.** Disorders of Mineral Metabolism. In: Goldman L, Schafer AI, eds. Goldman-Cecil Shaker, J. L., & Deftos, L. (2018). Calcium and phosphate homeostasis. *Endotext [Internet]*.
- 73. Rosique-Esteban, N., Guasch-Ferré, M., Hernández-Alonso, P., & Salas-Salvadó, J. (2018).** Dietary magnesium and cardiovascular disease: a review with emphasis in epidemiological studies. *Nutrients*, *10*(2), 168.
- 74. Rowe, P., Koller, A., & Sharma, S. (2018).** Physiology, bone remodeling.
- 75. Sawyer, T., & Gleason, C. A. (Eds.). (2023).** *Avery's Diseases of the Newborn-E-Book*. Elsevier Health Sciences. Chapter 83, Disorders of Calcium and Phosphorus Metabolism.

- 76. Schlingmann, K. P., & Konrad, M. (2020).** Magnesium homeostasis. In *Principles of Bone Biology* (pp. 509-525). Academic Press.
- 77. Serna, J., & Bergwitz, C. (2020).** Importance of dietary phosphorus for bone metabolism and healthy aging. *Nutrients*, *12*(10), 3001.
- 78. Shahsavani, Z., Asadi, A., Shamshirgardi, E., & Akbarzadeh, M. (2021).** Vitamin D, Magnesium and Their Interactions: A Review. *International Journal of Nutrition Sciences*, *6*(3), 113-118.
- 79. Shaker, J. L., & Deftos, L. (2018).** Calcium and phosphate homeostasis. *Endotext [Internet]*.
- 80. Shkemi, B., & Huppertz, T. (2022).** Calcium absorption from food products: food matrix effects. *Nutrients*, *14*(1), 180.
- 81. Su, Y., Cappock, M., Dobres, S., Kucine, A. J., Waltzer, W. C., & Zhu, D. (2023).** Supplemental mineral ions for bone regeneration and osteoporosis treatment. *Engineered Regeneration*.
- 82. Sun, M., Wu, X., Yu, Y., Wang, L., Xie, D., Zhang, Z., ... & Li, F. (2020).** Disorders of calcium and phosphorus metabolism and the proteomics/metabolomics-based research. *Frontiers in cell and developmental biology*, *8*, 576110.
- 83. Tangvoraphonkchai, K., & Davenport, A. (2018).** Magnesium and cardiovascular disease. *Advances in chronic kidney disease*, *25*(3), 251-260.
- 84. Tian, J., Tang, L., Liu, X., Li, Y., Chen, J., Huang, W., & Liu, M. (2022).** Populations in low-magnesium areas were associated with higher risk of infection in COVID-19's early transmission: a nationwide retrospective cohort study in the United States. *Nutrients*, *14*(4), 909.
- 85. Ul Hassan, S. A., Ahmed, I., Nasrullah, A., Haq, S., Ghazanfar, H., Sheikh, A. B., ... & Khan, A. (2017).** Comparison of serum magnesium levels in overweight and obese children and normal weight children. *Cureus*, *9*(8).

- 86. Voulgaridou, G., Papadopoulou, S. K., Detopoulou, P., Tsoumana, D., Giaginis, C., Kondyli, F. S., ... & Pritsa, A. (2023).** Vitamin D and calcium in osteoporosis, and the role of bone turnover markers: A narrative review of recent data from RCTs. *Diseases*, *11*(1), 29.
- 87. Wadsworth, R. L., & Siddiqui, S. (2016).** Phosphate homeostasis in critical care. *BJA Education*, *16*(9), 305-309.
- 88. Walsh, J. S. (2018).** Normal bone physiology, remodeling and its hormonal regulation. *Surgery (Oxford)*, *33*(1), 1-6.
- 89. Wenwen, X. U. E., Jing, Y. O. U., Yingchao, S. U., & Qinglu, W. A. N. G. (2019).** The effect of magnesium deficiency on neurological disorders: a narrative review article. *Iranian journal of public health*, *48*(3), 379.
- 90. Winiarska-Mieczan, A., Zaricka, E., Kwiecień, M., Kwiatkowska, K., Baranowska-Wójcik, E., & Danek-Majewska, A. (2020).** Can cereal products be an essential source of Ca, Mg and K in the deficient diets of poles?. *Biological trace element research*, *195*, 317-322.
- 91. Workinger, J. L., Doyle, R. P., & Bortz, J. (2018).** Challenges in the diagnosis of magnesium status. *Nutrients* *10* (9): E1202.
- 92. Zahra, H., Berriche, O., Mizouri, R., Boukhatia, F., Khiari, M., Gamoudi, A., ... & Jamoussi, H. (2021).** Plasmatic Magnesium Deficiency in 101 Outpatients Living with Type 2 Diabetes Mellitus. *Clinics and practice*, *11*(4), 791-800.
- 93. Zhang, J., Mai, C. L., Xiong, Y., Lin, Z. J., Jie, Y. T., Mai, J. Z., ... & Liu, X. G. (2021).** The causal role of magnesium deficiency in the neuroinflammation, pain hypersensitivity and memory/emotional deficits in ovariectomized and aged female mice. *Journal of Inflammation Research*, *14*, 6633.
- 94. Zhang, J., Tang, L., Qi, H., Zhao, Q., Liu, Y., & Zhang, Y. (2019).** Dual function of magnesium in bone biomineralization. *Advanced Healthcare Materials*, *8*(21), 1901030.

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire utilisé pour le recueil des données dans notre étude

Questionnaire utilisé pour l'étude portant intitulée : Prévalence de la carence en magnésium et sa relation avec le bilan phosphocalcique et le remodelage osseux (Wilaya de Blida).

Date: / / 2023

Nom	Prénom	Sexe	Age	Taille	Poids	IMC

Activité physique:

- Sédentaire ou très faible
- Moyenne
- Intense

Contexte pathologique :

- Pathologies de malabsorption • Oui • Non
- Diabète type 2 • Oui • Non
- Maladies rénales chroniques • Oui • Non
- Maladies diarrhéiques • Oui • Non
- Maladies endocriniennes :
- L'hyperparathyroïdie • Oui • Non
- L'hyperthyroïdie • Oui • Non

Contexte médicamenteux :

- La prise des diurétiques ou des laxatifs • Oui • Non

Statut physiologique chez les femmes :

- Grossesse • Oui • Non
- Allaitement • Oui • Non

Stress : • faible • moyen • fort

Tabagisme : • Oui • Non

Donnés alimentaires :

Consommation des aliments contenant le Mg

Aliments riches en Mg :

Cacao	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Soja	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Les oléagineux	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Haricots blancs, lentilles	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Flocon d'avoine, Maïs	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Pain complet, pain blanc	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Chocolat	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Figues fraîches	• souvent	• occasionnellement	• jamais

Aliments contenant des teneurs moyennes en Mg :

Epinards	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Bananes	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Avocats	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Riz, Pâtes	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Pomme de terre	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Artichaut	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Persil	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Betteraves	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Poissons	• souvent	• occasionnellement	• jamais
Viandes	• souvent	• occasionnellement	• jamais

Consommation de l'eau minérale

• Souvent • occasionnellement • jamais

Symptomatologie

- Stress
- Fatigue
- Crampes musculaires

- Anxiété, irritabilité
- Vertiges, nausées
- Maux de tête
- Difficultés de concentration

Dosages biologiques

Magnesium	Calcium	Phosphore	PAL

Annexe 2 : Formulaire de consentement pour la participation à une recherche biomédicale.
 Intitulé de la recherche : Prévalence de la carence en magnésium et sa relation avec le bilan phosphocalcique et le remodelage osseux (Wilaya de Blida).

Je soussigné(e)

Accepte de participer à l'étude portant sur la prévalence de la carence en magnésium et sa relation avec le bilan phosphocalcique et le remodelage osseux (Wilaya de Blida).

Les objectifs et modalités de l'étude m'ont été clairement expliqués par les responsables de l'étude. J'accepte que les documents de mon dossier médical qui se rapportent à l'étude puissent être accessibles aux responsables de l'étude. A l'exception de ces personnes, qui traiteront les informations dans le plus strict respect du secret médical, mon anonymat sera préservé.

J'ai bien compris que ma participation à l'étude est volontaire.

Je suis libre d'accepter ou de refuser de participer, et je suis libre d'arrêter à tout moment ma participation en cours d'étude.

Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de cette étude de leurs responsabilités. Je conserve tous mes droits garantis par la loi. Après en avoir discuté et avoir obtenu la réponse à toutes mes questions, j'accepte librement et volontairement de participer à la recherche qui m'est proposée.

Fait à

Le

Signature du sujet