

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي

والبحث العلمي

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD



جامعة أبو بكر بلقايد

FACULTE DE MEDECINE

كلية الطب

DR. B. BENZERDJEB - TLEMCEN

د. ب. بن زرجب - تلمسان

DEPARTEMENT DE PHARMACIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR

L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTEUR EN PHARMACIE

THÈME :

**Evaluation de la teneur du magnésium sérique chez une population adulte habitant dans la wilaya de Tlemcen et dosage du magnésium dans les eaux consommées dans cette région**

Présenté par :

Filali Insaf Hidayet

Fourma Djamila

Soutenu le 03 octobre 2021

**Le Jury**

**Présidente :** Pr Chabni Nafissa

**UABB Tlemcen**

**Membres :** Dr Nordine Zakaria

**UABB Tlemcen**

Dr Baouche Ahmed

**UABB Tlemcen**

**Encadreur :** Dr Hadjila Amina Maitre assistante en Hydrobromatologie.

**Année universitaire : 2020-2021**

## REMERCIEMENTS

*En tout premier lieu, Nous  
devons remercier ALLAH le tout puissant pour  
tout le courage et la volonté qu'il nous a donnés pour  
dépasser toutes les difficultés et l'achèvement de ce travail.*

*Notre grande gratitude va à notre encadrante, docteur Hadjila Amina  
pour la disponibilité et la confiance qu'elle nous a accordé et ces précieux  
conseils qui nous ont permis de mener à bien ce travail.*

*Nos sincères remerciements vont à Madame Chabni Nafissa ;  
Professeur en épidémiologie à l'université Abou Bekr Belkaid, et aux  
membres de jury : Dr mesli imène , Dr Baouche Ahmed et Dr Nordine  
Zakaria de nous avoir honoré en acceptant de juger notre modeste travail .*

*Nos remerciements s'adresse à tous les donneurs qui grâce à eux ce  
travail fut réalisé.*

*Nos remerciements s'étendent également à tous  
nos enseignants durant les années des études.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les  
personnes qui ont participé de près ou de loin  
la réalisation de ce travail.*

*Merci à tous et à toutes*

## DEDICACES

*Je dédie ce mémoire à mes très chers parents, mon père ma force et mon soutien dans la vie ,*

*ma source de confiance je tiens à te remercier pour tous ce que tu as fait et tu fais pour moi jusqu'à ce jour. à ma mère ma compagne, mon modèle dans la vie qui n'a pas lésiné sur moi dans ces prières elle m'a donné force et confiance chaque contact avec elle maman je t'aime. Je vous remercie pour tous le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance.*

*À mon frère unique Redha dont je suis fière. Ma seule sœur adoré anfoula. Je t'aime beaucoup. Mes frères, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et qu'ALLAH vous protège et vous garde. à mon grand-père BA el hadj qui nous a quitté, que dieu bénisse son âme, cher grand père .*

*À la femme de mon oncle décédée GHANIA tu étais ma sœur et mon amie que dieu te bénisse.*

*À ma famille paternelles et maternelle, mes grands-parents qui m'ont accompagné par leur prières et douceurs puisse ALLAH vous prêter longue vie et beaucoup de santé et de bonheur, à mes oncles, tantes, à mes chers cousins et cousines. J'espère que vous êtes vraiment fière de moi.*

*Sans oublier lalla rekaya*

*A cheikh Moussa, qui ne m'a pas oublié dans ses prières.*

*A mes amies :essentiellement Hiba qui m'a trop aidé et m'a soutenu moralement , Selma, Najlae, Fatiha, Delel, Houda , Sabrine ,kawther, Bouchra , Chaimae, Rachida, Asma, khadouj, Sara et tous les fille que j'ai connu.*

*Je vous souhaite la réussite dans votre vie.*

*A mes amies d'enfance : Inass, Boutheina, Soumia*

*Et finalement à tous ceux ou celles qui, de loin ou de près,*

*ont contribué à la réalisation de ce travail.*

# Table des Matières

---

Liste des abréviations.....	
Liste des tableaux .....	
Liste des figures .....	
Liste des annexes .....	

INTRODUCTION GENERALE .....	1
-----------------------------	---

## PARTIE THEORIQUE

### CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

Généralités .....	3
I.1. Les apports en magnésium .....	3
I.1.1. Les apports nutritionnels conseillés .....	3
I.1.2. Les apports en magnésium situations particulières.....	4
I.2. les sources du magnésium .....	5
I.2 .1. Les sources alimentaires .....	5
I.2. 2. Sources hydriques .....	6
I.3.Les besoins en magnésium .....	6
I.4.Les transporteurs du magnésium dans l'organisme .....	7
I.5.Profil cinétique du magnésium .....	8
I.5.1. Absorption du magnésium dans l'organisme .....	8
I.5.2. Distribution du magnésium dans l'organisme .....	9
I.5.3.Métabolisme du magnésium dans l'organisme .....	10
I.5.4. Elimination du magnésium par l'organisme .....	11
A-Elimination rénale.....	11
B-Autres voies d'élimination du magnésium .....	13
I.6. Intérêts biochimiques du magnésium. ....	13

# Table des Matières

---

I.6.1. Synthèse des composés à groupement phosphate .....	13
I.6.2. Activation enzymatique .....	14
I.6.3. Transfert ionique .....	15
I.6.4. Stabilisant de membrane.....	15
I.6.5.Magnésium et Stress oxydant .....	16
I.6.6. Photosynthèse .....	17
I.7. Implications physiopathologiques du magnésium .....	17
I.7.1. Magnésium et système cardiovasculaire .....	18
I.7.2. Magnésium et le système nerveux .....	19
I.7.3. Le magnésium et le système immunitaire .....	20
I.7.4. Magnésium et pré éclampsie, éclampsie et troubles convulsifs .....	20
I.7.5. Magnésium et système musculaire .....	21
I.7.6. Magnésium et syndrome métabolique .....	22
I.7.7. Le magnésium et la constipation .....	23
I.7.8. Magnésium et système respiratoire .....	23
I.7.9. Magnésium et système osseux.....	24
I.7.10. Magnésium et cancer .....	25

## CHAPITRE II : DESODRES DE LA MAGNESEMIE

1-HYPOMAGNESEMIE .....	27
1-1-Définition .....	27
1-2-Étiologies de l'hypomagnésémie.....	27
1-3-Manifestations cliniques de l'hypomagnésémie .....	28
1-4-Diagnostic .....	29

# Table des Matières

---

1-5-Traitements .....	29
2. L'hypermagnésémie.....	30
2.1. Définition .....	30
2-2- Etiologie de l'hypermagnésémie .....	30
2-3- Manifestations cliniques des hypermagnésémies .....	30
2-4- Traitement des hypermagnésémies .....	31
3-Supplémentaion en magnésium .....	31
3-1-Sels du magnésium .....	31
3-2-Indications .....	32
3-3-Effets indésirables .....	33
3-4-Contre-indications .....	33
3-5- Posologie .....	33
4- Dosage du magnésium dans les milieux biologiques .....	33
4-1. les Méthodes colorimétriques.....	33
4-2. La méthode à la spectroscopie d'émission à l'aide d'un générateur inductif de plasma : Inductively Coupled Plasma (ICP) .....	33
4-3.Spectrométrie d'absorption atomique(SAA).....	34
4-4. Dosage du Magnésium par électrode sélective .....	34
4-5. Dosage du magnésium par méthode enzymatique .....	34

## CHAPITRE III. MAGNESIUM DANS L'EAU

1. Cycle de l'eau.....	36
2. Types des eaux de consommation .....	37
2.1.Eau de surface .....	37

# Table des Matières

---

2.1.a. Eau de distribution .....	37
2.1.b. Eau de source .....	37
2.1.c .Eau minérale .....	37
2.1.c .1.Propriétés .....	37
2.1.c .2 . Réglementation .....	37
2. a. Durée de conservation .....	37
2. b Étiquetage .....	38
2. c. Mentions obligatoires .....	38
2.2. Eau souterraine .....	38
3. Composition de l'eau .....	38
4. Magnésium dans l'eau .....	39
1. Origine .....	39
2. Prélèvement .....	40
3. Méthodes de dosage .....	40
3 a. Méthode gravimétrique .....	40
3. b. Méthode colorimétrique .....	40
3.c. Méthode complexométrique .....	40
3. d. Méthode par calcul .....	40
3. e. Spectrométrie d'absorption atomique (SAA) .....	40
3.f. spectrométrie d'émission avec plasma à couplage inductif (ICP) .....	41
3. g. Dosage par chromatographie ionique .....	41
4. Normes .....	42

# Table des Matières

---

## PARTIE PRATIQUE

<b>I-MATERIEL ET METHODE .....</b>	<b>43</b>
<b>I.1.Question de recherche .....</b>	<b>43</b>
<b>I.2.Objectifs .....</b>	<b>43</b>
<b>I.3. Type d'étude .....</b>	<b>43</b>
<b>1.4. Lieu de l'étude .....</b>	<b>43</b>
<b>I.5. Facteurs étudiés .....</b>	<b>44</b>
<b>I.6. Critère de jugement .....</b>	<b>44</b>
<b>I.7. Population étudiée .....</b>	<b>44</b>
➤ <b>Magnésium hydrique .....</b>	<b>44</b>
➤ <b>Magnésium plasmatique .....</b>	<b>44</b>
<b>I-8- Echantillonnage .....</b>	<b>45</b>
➤ <b>Magnésium hydrique .....</b>	<b>45</b>
➤ <b>Magnésium plasmatique .....</b>	<b>45</b>
<b>I-9-Transport et Conservation .....</b>	<b>46</b>
➤ <b>Magnésium hydrique .....</b>	<b>46</b>
➤ <b>Magnésium plasmatique .....</b>	<b>46</b>
<b>I-10 Analyses des échantillons .....</b>	<b>46</b>
➤ <b>Dosage de magnésium hydrique.....</b>	<b>46</b>
➤ <b>Dosage de magnésium plasmatique .....</b>	<b>48</b>
<b>I-11- Traitement statistique .....</b>	<b>50</b>
<b>I-12- Considérations éthiques .....</b>	<b>50</b>



# Table des Matières

---

<b>II. RESULTATS .....</b>	<b>51</b>
<b>II.1. Présentation des résultats de la teneur en magnésium dans les eaux consommées au niveau de la wilaya de Tlemcen .....</b>	<b>51</b>
<b>II.2. Présentation des résultats de la teneur en magnésium sérique chez la population étudiée.....</b>	<b>59</b>
<b>III. DISCUSSION .....</b>	<b>92</b>
<b>III.1. Discussion des résultats de la teneur en magnésium hydrique .....</b>	<b>92</b>
<b>III.2. Discussion des résultats de la teneur en magnésium sériques .....</b>	<b>96</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>103</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	
<b>Annexes .....</b>	

## Liste des abréviations

---

**ACh** : acétylcholine

**ADE** : Algérienne des eaux

**ADN** : Acide désoxyribonucléique

**AMPA** : Acide 2-amino-3-(3-hydroxy-5-méthyl- isoxazol4-yl) propanoïque

**ANC** : Apports nutritionnels conseillés

**ANT** : Adénine Nucléotide Translocase

**Ar** : l'argon

**ARN**: Acide ribonucléique

**As** : Arsenic

**ATB**: Antibiotiques

**ATP** : Adénosine triphosphate

**BER** : Réparation de l'excision de base

**Ca<sup>2+</sup>** : Ion calcium

**CE** : Commission Européenne

**CN<sup>-</sup>** : Cyanure

**CNNM2** : La cycline M2

**CNNM4** : La cycline M4

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone

**CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>**: Carbonate

**COO<sup>-</sup>** : Carboxyl

**COVID19**: CoronaVirus Disease 2019".

**CVF** : Capacité vitale forcée

**DM** : Diabète métabolique

**DYm** : Dépolarisation du potentiel membranaire mitochondrial

**ECG** : Electrocardiogramme

**EDTA** : **Acide** éthylène diamine tétracétique

**EFSA** : Autorité Européenne de Sécurité des Aliments

**EGFR**: Epidermal Growth Factor Receptor

**F<sup>-</sup>** : Fluorure

## Liste des abréviations

---

**Fe** : Fer

**FHHNC** : Hypomagnésémie familiale avec hypercalciurie et néphrocalcinose

**H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** : Acide carbonique

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : Eau oxygénée

**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Bicarbonate

**Hg** : Mercure

**HMEC** : Cellules endothéliales microvasculaires humaines

**HTA** : Hypertension artérielle

**ICP** : Inductively Coupled Plasma

**IDH** : Isocitrate déshydrogénase

**IL** : Interleukine

**IMC** : Indice de masse corporelle

**K<sup>+</sup>** : Ion potassium

**MagT1** : Magnésium transporteur 1

**MCV** : Maladies cardiovasculaires

**Mg** : magnésium

**Mg<sup>2+</sup>** : Ion magnésium

**MMR** : Réparation des incompatibilités

**Mn** : Manganèse

**Na<sup>+</sup>** : Ion sodium

**NADPH** : Adénine dinucléotide phosphate

**NASH** : Stéatohépatite non alcoolique

**NCCAM** : Centre National de Médecine Complémentaire et Alternative

**NER** : Réparation de l'excision nucléotidique

**NET** : Noir eriochrome T

**NMDA** : Récepteurs N-méthyl-D-aspartate

**NOS** : Nicotinamides l'oxyde nitrique synthase non couplé

**OMS** : Organisation mondiale de santé

## Liste des abréviations

---

**O<sub>2</sub>** : Oxygène

**OGDH** : Complexe 2-oxoglutarate déshydrogénase

**PDH** : Pyruvate déshydrogénase

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**PPP** : Post potentiel précoces

**PTH** : Hormone parathyroïde

**PTP** : Pores de transition de perméabilité mitochondriale

**RE** : Réticulum endoplasmique

**ROS** : Espèces réactives d'oxygène

**SAA**: Spectroscopie d'absorption atomique

**SCI** : Syndrome du côlon irritable

**SLC41A1** : Soluté transporteur famille 41 membre 1

**SO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Sulfonate

**SOD** : Super oxyde dismutase

**SPSS** : Statistical Package for the Social Sciences

**TNF** : Facteur de nécrose des tumeurs

**TRPM6** : Potentiel récepteur transitoire de la mélastatine de type 6

**TRPM7** : Potentiel récepteur transitoire mélastatine type 7

**VEV** : Volume expiratoire forcé

**Zn** : Zinc

## Liste des tableaux :

---

<b>Tableau 1:</b> Apports nutritionnels moyens conseillés en magnésium .....	6
<b>Tableau 2 :</b> Les transporteurs du magnésium dans l'organisme .....	7
<b>Tableau 3 :</b> Distribution du magnésium chez l'être humain adulte.....	9
<b>Tableau 4:</b> Etiologie de l'hypomagnésémie .....	28
<b>Tableau 5 :</b> Les différents sels du magnésium.....	32
<b>Tableau 6 :</b> Mode opératoire pour le dosage du magnésium par la méthode au calmagite.	48
<b>Tableau 7 :</b> Comparaison de la teneur en magnésium de l'étiquette et celle mesurée par dosage des eaux embouteillées.....	52
<b>Tableau 8:</b> Comparaison de la teneur en magnésium des eaux brutes (avant traitement) et des eaux de distribution (après traitement) de la wilaya de Tlemcen pour l'année 2021.....	55
<b>Tableau 9:</b> Teneur en magnésium dans les eaux de sources exploitées pour la consommation humaine dans la wilaya de Tlemcen.....	55
<b>Tableau 10:</b> Statistique descriptive de la teneur en magnésium dans les eaux de sources de la wilaya de Tlemcen.....	57
<b>Tableau 11 :</b> Répartition de la population selon les antécédents familiaux.....	63
<b>Tableau 12 :</b> Répartition de la population selon les antécédents personnels.....	64
<b>Tableau 13:</b> Répartition de la population selon le type de médicaments pris.....	65
<b>Tableau 14 :</b> Répartition de la population étudiée selon les signes cliniques d'hypomagnésémie .....	67
<b>Tableau 15 :</b> Répartition de la population selon le type de complément consommé.....	68
<b>Tableau 16 :</b> Répartition de la population selon la marque d'eau embouteillée consommée fréquemment.....	69
<b>Tableau 17:</b> Répartition de la population selon les aliments consommés.....	69
<b>Tableau 18:</b> Teneur en magnésium chez la population étudiée.....	70

## Liste des tableaux :

---

<b>Tableau 19:</b> Répartition de l'hypomagnésémie selon les pathologies présentes chez la population étudiée.....	79
<b>Tableau 20 :</b> Répartition de l'hypomagnésémie selon le type de médicament pris.....	76
<b>Tableau 21:</b> Répartition de l'hypomagnésémie selon la présence de signes cliniques.....	78
<b>Tableau 22 :</b> Répartition de l'hypomagnésémie selon la consommation des aliments riches en magnésium.....	82
<b>Tableau 23 :</b> Etude de la relation entre les différentes variables de l'étude et l'hypomagnésémie (en utilisant le test de Chi-Deux) .....	84
<b>Tableau 24 :</b> Etude de l'influence des variables de l'étude sur la magnésémie (en appliquant l'ANOVA).....	86
<b>Tableau 25:</b> Analyse univariée bifactorielle (étude de l'influence de l'interaction des différentes variables sur le taux du magnésium sérique) .....	87
<b>Tableau 26:</b> Etude de la corrélation entre la magnésémie et les variables de l'étude .....	90
<b>Tableau 27 :</b> Origine géologique des sources étudiées dans la wilaya de Tlemcen.....	93
<b>Tableau 28:</b> Classification des eaux minérales en Algérie en fonction de la composition ionique.....	95

## Listes des figures :

---

<b>Figure1</b> : Absorption du magnésium.....	8
<b>Figure2</b> : Répartition du magnésium dans l'organisme.....	10
<b>Figure 3</b> : Métabolisme du magnésium dans l'organisme.....	11
<b>Figure 4</b> : Représentation schématique de la réabsorption du magnésium au niveau du néphron .....	12
<b>Figure 5</b> : Réabsorption du magnésium au niveau du tube proximal .....	12
<b>Figure 6</b> : Réabsorption du magnésium au niveau de tubule contourné distal .....	13
<b>Figure 7</b> : Le magnésium et le stress oxydant .....	16
<b>Figure 8</b> : Jaunissement des feuilles d'haricot dû à la carence en magnésium .....	17
<b>Figure 9</b> : Magnésium dans le SNC .....	19
<b>Figure 10</b> : Rôle du magnésium dans les poumons.....	23
<b>Figure11</b> : Le stockage de magnésium dans l'os. ....	24
<b>Figure 12</b> : Le cycle de l'eau.....	36
<b>Figure 13</b> : Situation géographique de la wilaya de Tlemcen.....	43
<b>Figure 14</b> : Mode opératoire du dosage de magnésium dans le sérum .....	48
<b>Figure 15</b> : Virage de la couleur du NET au point d'équivalence.....	50
<b>Figure 16</b> : Moyenne de la teneur en magnésium des eaux embouteillées analysées.....	51
<b>Figure 17</b> : Comparaison de la teneur en magnésium mesurée et celle mentionnée sur l'étiquette des eaux embouteillées commercialisées dans la wilaya de Tlemcen.....	52
<b>Figure 18</b> : Teneur en magnésium des eaux de robinets distribuées dans la wilaya de Tlemcen.....	53
<b>Figure 19</b> : Teneurs en magnésium des eaux brutes (non traitées) de la wilaya de Tlemcen année 2021.....	54
<b>Figure 20</b> : Comparaison de la teneur en magnésium des eaux brutes (avant traitement) et des eaux de distribution (après traitement) de la wilaya de Tlemcen pour l'année 2021.....	54

## Listes des figures :

---

<b>Figure 21:</b> Répartition de la population selon l'âge.....	59
<b>Figure 22 :</b> Répartition de la population selon le sexe.....	60
<b>Figure 23:</b> Répartition de la population féminine selon qu'elle soit enceinte ou non.....	61
<b>Figure 24 :</b> Répartition de la population selon l'état civil.....	62
<b>Figure 25:</b> Répartition de la population selon le niveau institutionnel.....	61
<b>Figure 26 :</b> Répartition de la population selon le niveau socioéconomique.....	62
<b>Figure 27 :</b> Répartition de la population selon l'indice de masse corporelle.....	62
<b>Figure 28:</b> Répartition de la population selon le type d'obésité.....	63
<b>Figure 29 :</b> Répartition de la population selon la prise de tabac .....	64
<b>Figure 30 :</b> Répartition de la population selon la prise de médicaments .....	65
<b>Figure 31:</b> Répartition de la population féminine selon la prise de contraceptifs.....	66
<b>Figure 32 :</b> Répartition de la population selon la présentation d'un des signes d'hypomagnésémie .....	66
<b>Figure 33:</b> Répartition de la population selon les habitudes alimentaires.....	67
<b>Figure 34:</b> Répartition de la population selon la consommation de compléments alimentaires contenant du magnésium.....	68
<b>Figure 35:</b> Répartition de la population étudiée selon le type d'eau consommée.....	69
<b>Figure 36:</b> Répartition de la population selon leur statut en magnésium.....	71
<b>Figure 37 :</b> Répartition de l'hypomagnésémie selon le sexe.....	71
<b>Figure 38:</b> Répartition de l'hypomagnésémie selon l'âge.....	72
<b>Figure 39:</b> Répartition de l'hypomagnésémie selon l'indice de masse corporelle.....	73
<b>Figure 40:</b> Répartition de l'hypomagnésémie chez les femmes enceintes.....	74
<b>Figure 41:</b> Répartition de l'hypomagnésémie selon la prise de médicaments.....	76



## Listes des figures :

---

<b>Figure 42:</b> Répartition de l'hypomagnésémie chez les femmes qui prennent des contraceptifs .....	77
<b>Figure 43 :</b> Répartition de l'hypomagnésémie selon la prise de compléments alimentaires.....	79
<b>Figure 44:</b> Répartition de l'hypomagnésémie selon le type d'eau consommée.....	80
<b>Figure 45:</b> Répartition de l'hypomagnésémie selon les habitudes alimentaires.....	81
<b>Figure 46:</b> Répartition de l'hypomagnésémie selon le niveau socio-économique .....	83
<b>Figure 47 :</b> Comparaison de la teneur en magnésium des eaux de distribution de la wilaya de Tlemcen entre l'année 2020 et 2021.....	92
<b>Figure 48:</b> Comparaison de la teneur en magnésium des eaux de sources de la wilaya de Tlemcen entre l'année 2018 et 2021.....	95
<b>Figure 49 :</b> Comparaison de la teneur en magnésium des eaux de sources de la wilaya de Tlemcen entre l'année 2018 et 2021(suite).....	96

## References Bibliographiques

---

**ANNEXE I :** Les normes algérienne de potabilité de l'eau JORADP N°13 du 9/3/2014.

**ANNEXE II :** Les indicateurs de qualité des eaux minérales naturelles JORADP du 22/1/2006.

**ANNEXE II (SUITE):** les indicateurs de qualité des eaux de sources JORADP du 22/1/2006.

**ANNEXE III:** Situation géographique des eaux minérales et des eaux de sources embouteillée en Algérie.

**ANNEXE III (suite) :** Situation géographique de quelques sources de la wilaya de Tlemcen.

**ANNEXE IV :** Enquête pour l'évaluation du statut en magnésium chez une population adulte habitant dans la wilaya de Tlemcen.

**ANNEXE V :** Enquête sur la consommation des eaux embouteillées dans la wilaya de Tlemcen.

**ANNEXE VI :** Protocole de préparation des réactifs pour le dosage du magnésium dans l'eau.

# **INTRODUCTION GENERALE**

# INTRODUCTION GENERALE

---

Le magnésium est un minéral largement répandu dans l'environnement et dans l'organisme humain. L'apport journalier se fait souvent par la nourriture et de l'eau. Le magnésium est le second ion le plus répandu dans nos cellules après le potassium et le quatrième minéral le plus retrouvé dans l'organisme humain. Il a été impliqué dans l'activation de plus de 300 enzymes et substances chimiques et il a un rôle capital dans les processus cellulaires produisant l'énergie (1).

Cet élément agit sur le métabolisme des cellules nerveuses, musculaires, et myocardiques. Egalement, il est nécessaire pour le métabolisme des lipides et à la régulation du taux du glucose (sensibilité à l'insuline) (1).

La charge corporelle du magnésium est de 1 000 mmoles dont 66 % sont stockés dans l'os, 33 % dans les autres cellules, et seulement 1% dans le volume extracellulaire (2).

L'hypomagnésémie est désignée par l'abaissement de la concentration sérique normale en magnésium au-dessous de 0,7 mmol/L. Sa prévalence était estimée à 12 % chez les patients hospitalisés, elle peut atteindre jusqu'à 65 % chez les patients en réanimation, 20% chez les diabétiques et variant de 2 à 20% chez la population générale (3,4,5).

La nouvelle alimentation de type «snack», les produits raffinés, les eaux artificiellement adoucies, l'intensivité d'agriculture engendrant l'appauvrissement du sol, la cueillette des fruits et des légumes avant leur murissement, toutes ces pratiques ont contribué à la diminution de la richesse nutritionnelle des aliments en magnésium. Ce qui expose la population aux risques d'hypomagnésémie (6,7).

D'après ce qu'on a développé, se pose la question suivante : **Quel est le statut en magnésium chez une population adulte habitant dans la wilaya de Tlemcen et quelle est la teneur de ce minéral dans les eaux consommées dans cette région ?**

Dans le but d'étudier le statut en magnésium chez les adultes habitants dans la wilaya de Tlemcen et dans les eaux consommées dans cette région, une étude descriptive transversale a été réalisée auprès de 137 travailleurs et étudiants au niveau de l'université Abou Bakr Belkaid Tlemcen pour évaluer la teneur du magnésium plasmatique. L'étude a été aussi réalisée sur les eaux consommées dans cette région (eaux de robinets, eaux de sources, eau embouteillées).

# INTRODUCTION GENERALE

---

Notre travail est divisé en deux parties : une théorique dans laquelle la physiologie du magnésium et ses méthodes de dosage sont expliquées dans les eaux et dans les milieux biologiques et une autre pratique dans laquelle la méthodologie de la recherche ainsi que les résultats et leurs discussions sont exposés. Enfin une conclusion et des recommandations sont établies.

# **PARTIE THEORIQUE**

# **CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM**

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

---

## Généralités :

Dans le tableau périodique des éléments, le magnésium a le numéro atomique 12 et est classé comme élément alcalino-terreux (groupe 2). Mg est présent sous forme de trois isotopes stables :  $Mg^{24}$ ,  $Mg^{25}$ , et  $Mg^{26}$ .  $Mg^{24}$  est l'isotope le plus commun (78,99%) et a une masse atomique relative de 24.305 Da, un point de fusion de 648.8°C et un point d'ébullition de 1090°C.  $Mg^{2+}$  est très soluble et le deuxième cation le plus abondant dans l'eau de mer. À l'état dissous,  $Mg^{2+}$  a deux coquilles d'hydratation, ce qui rend son rayon hydraté 400 fois plus grand que son rayon déshydraté, plus grand que celui d'autres cations comme  $Na^+$ ,  $K^+$  et même  $Ca^{2+}$ . Par conséquent,  $Mg^{2+}$  doit être déshydraté avant de passer par des canaux et des transporteurs, un processus qui nécessite beaucoup d'énergie.  $Mg^{2+}$  est un puissant antagoniste du  $Ca^{2+}$ , bien que les deux aient des propriétés chimiques et de charge similaires. (7)

## I.1. Les apports en magnésium :

### I.1.1. Les apports nutritionnels conseillés :

Les apports en magnésium se font essentiellement par le biais de l'alimentation. Ces derniers vont varier selon l'individu et son état physiopathologique. Les apports d'un individu vont dépendre de différents facteurs qui évoluent en fonction des situations. Parmi les éléments, il faut prendre en compte la situation physiopathologique de l'individu, l'âge, l'activité physique, le stress... les apports recommandés pour la population générale sont donc à adapter à chaque individu. Les apports nutritionnels conseillés (ANC) sont définis à : 6 mg/kg/jour. Les valeurs de référence sont ainsi estimées environ à 360 mg pour les femmes et de 420 mg pour les hommes. « L'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments » (EFSA) en 2015, a émis des recommandations selon l'âge du patient, suite à une demande de la Commission Européenne (CE). Ainsi, les apports adéquats sont de 300 mg par jour pour les femmes et de 350 mg par jour pour les hommes (8)



# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

---

## **I.1.2. Les apports en magnésium : situations particulières :**

### **I.1.2.a. La femme enceinte :**

D'après les données de l'EFSA, les apports adéquats en magnésium pour la femme enceinte sont les mêmes que pour la population générale c'est à dire 300 mg. Actuellement il n'existe aucune recommandation d'une supplémentation de la femme enceinte. Le magnésium est indispensable pour le bon fonctionnement de l'organisme et la formation des tissus, Il est primordial notamment pour le bon développement cérébral. Lors des premiers mois de grossesse, des nausées et vomissements peuvent se présenter et favoriser dans ce cas une perte en magnésium. Un déficit en magnésium augmenterait les risques de fausses couches et également les contractions utérines. Les compléments à base de magnésium ne sont pas contre-indiqués chez la femme enceinte, mais selon une prescription médicale. (8)

### **I.1.2.b. Les nourrissons, les enfants :**

Lors de l'allaitement, l'apport en magnésium chez le nourrisson est de 25mg/jour. Certaines eaux sont spécifiquement adaptées à l'enfant car elles sont peu minéralisées. (8)

### **I.1.2.c. La personne âgée :**

Les personnes âgées ont plus de risque d'avoir une carence en magnésium. Elles souffrent de nombreuses pathologies et consomment plusieurs médicaments (8)

### **I.1.2.d. Le sportif :**

Une personne sportive a des besoins particuliers. Le magnésium est impliqué dans la production énergétique, donc il est essentiel que le sportif ait des apports adaptés pour garantir une bonne contraction musculaire. Il va permettre à l'organisme d'utiliser les réserves énergétiques grâce à leur transformation. En cas de déficit en magnésium, le système musculaire est bouleversé et les performances sportives sont diminuées. La récupération est aussi plus difficile. (8)

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

---

## I.2. les sources du magnésium :

### I.2 .1. Les sources alimentaires :

Les principales sources du magnésium sont les légumes verts, les fruits, les fruits de mer et les petits poissons. De grandes quantités sont également retrouvées dans les céréales complètes et les graines. En effet, les produits industriels et raffinés sont de plus en plus présents dans les foyers. Le « snaking », les plats industriels aussi riches en sel, les aliments riches en graisses et en sucres sont dépourvus de magnésium. La teneur des aliments va dépendre des modes de culture et des procédés de fabrication (8).

Afin d'optimiser les apports en magnésium, certains changements alimentaires sont souhaitables, parmi les aliments à privilégier (8) :

Les petits poissons des mers froides et les fruits de mer: Les sardines et les maquereaux sont des aliments bénéfiques pour le bon fonctionnement de l'organisme. Ils sont non seulement riches en magnésium mais également en acides gras, Les fruits de mers sont également riches en magnésium.

Les céréales complètes : blé, orge. Elles sont riches en fibres, minéraux, vitamines et favorisent la satiété.

Les légumineuses : lentilles, haricots blancs, pois chiches....,

Les fruits : Les fruits sont riches en vitamines, minéraux et également riches en antioxydants qui ont un rôle protecteur. Il est préférable de les consommer frais, mûrs et de privilégier les fruits de saison.

Le chocolat : Le chocolat est réputé pour son apport en magnésium. Il est cependant important de noter que l'apport de magnésium est lié au cacao. Il est préférable de consommer du chocolat noir minimum 70% cacao.

Les amandes, noix, noisettes, graines de tournesol. Il est important de cibler ces aliments. De plus, chaque repas permet un apport en magnésium en changeant quelques habitudes.

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

---

## I.2.2. Sources hydriques :

L'apport de magnésium peut provenir des boissons. La teneur en magnésium diffère en fonction du liquide considéré.(8) Les eaux richement minéralisées sont une source appréciable du magnésium (9). L'apport en magnésium est évalué jusqu'à 30 % dans les eaux dites dures. Ce terme est utilisé pour une eau chargée en ions calcium et magnésium. (8)

## I.3.Les besoins en magnésium :

Avant tout, il faut distinguer les besoins nutritionnels des apports nutritionnels conseillés (ANC). Les ANC indiquent l'apport nécessaire pour assurer les besoins physiologiques de 97,5 % de la population, en suivant l'âge et le genre. Ils représentent généralement 130 % du besoin nutritionnel moyen (10). Le magnésium joue un rôle capital pour la croissance osseuse, il affecte essentiellement la qualité des cristaux d'hydroxyapatite ; les besoins en magnésium sont estimés à un intervalle dont ses limites allez de 5 mg/kg/jour jusqu'à 5,3 mg/kg/kg . Le taux d'absorption digestive du magnésium est de l'ordre de 60%. (10)

**Tableau 1: Apports nutritionnels moyens conseillés en magnésium (9)**

Age	Enfants	Adolescent 13-19		Adulte		
Genre		Garçon	Fille	Homme	Femme	Femme enceinte
<b>Magnésium (mg/j)</b>	280	410	370	420	360	400

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

## I.4. Les transporteurs du magnésium dans l'organisme :

Les chercheurs ont identifié plusieurs protéines essentielles à l'homéostasie cellulaire du  $Mg^{+2}$ . Les transporteurs ubiquitaires : potentiel récepteur transitoire mélastatine type 7 (TRPM7),  $Mg^{+2}$  transporteur 1 (MagT1), et soluté transporteur famille 41 membre 1 (SLC41A1) et les transporteurs de  $Mg^{+2}$  spécifiques aux tissus tels que le potentiel récepteur transitoire de la mélastatine de type 6 (TRPM6 : rein, côlon), la cycline M2 (CNNM2 : rein) et la cycline M4 (CNNM4 :côlon). (7)

**Tableau 2 : Les transporteurs du magnésium dans l'organisme (7)**

Nom	Expression	Membrane	Perméabilité	Mécanisme	Maladie
<b>Transporteurs généraux de <math>Mg^{2+}</math></b>					
<b>TRPM7</b>	ubiquitaire	MP	Ba>Ni>Mg>Ca	Canal	
<b>MagT1</b>	ubiquitaire	MP	Mg>Ba>Fe=Cu	Canal	X-MEN syndrome
<b>SLC41A1</b>	ubiquitaire	MP	Mg>Sr>Fe>Ba>Cu	Échangeur	Nephronophthisis-like
<b>SLC41A2</b>	ubiquitaire	MAG	Mg>Ba>Ni>Ca	Echangeur	
<b>CNNM3</b>	ubiquitaire	MP	Mg>Fe>Cu>Co	Transporteur?	
<b>MRS2</b>	ubiquitaire	MM	Mg>Ni	Canal	
<b>Transporteurs spécifiques de <math>Mg^{2+}</math></b>					
<b>TRPM6</b>	Rein Intestin	pole apical de MP	Ba>Ni>Mg>Ca	Canal	Hypomagnésémie secondaire Hypocalcémie
<b>CNNM1</b>	Cerveau	???	Cu>Mg ?	???	
<b>CNNM2</b>	Rein	pole basolatérale de MP	Mg>Sr>Zn>Cd	Transporteur ? senseur ?	Hypomagnésémie avec retard mental
<b>CNNM4</b>	Intestin	pole basolatérale de MP	Mg	Echangeur ?	Syndrome de Jallili

MP : Membrane Plasmique, MAG :Membrane d'appareil de Golgi, MM : Membrane mitochondriale

## I.5. Profil cinétique du magnésium :

### I.5.1. Absorption du magnésium dans l'organisme :

Le magnésium est assez abondant dans les sécrétions digestives notamment dans la salive, les sucs gastriques, et pancréatiques ainsi que les sécrétions jéjunales. (11) L'absorption du magnésium se fait majoritairement par l'intestin grêle et accessoirement par le colon, environ 5%. Elle se fait selon deux processus différents : un transport paracellulaire non saturable dépend du gradient de concentration du magnésium et un transport intracellulaire saturable. (2)

- **La voie paracellulaire passive :**

C'est la voie majoritaire, environ 90% de magnésium est absorbé essentiellement au niveau des cryptes dans le jéjunum. Le taux de magnésium absorbé à travers l'épithélium intestinal dépend de la tension épithéliale ainsi que le gradient des concentrations trans épithéliales. La concentration de magnésium dans la lumière intestinale peut être d'ordre de 1 à 5 mM selon les habitudes alimentaires et la présence des chélateurs anioniques. (12)

- **La voie intracellulaire active :**

Elle a lieu au niveau de l'iléon par mécanisme de diffusion facilitée grâce à un transporteur saturé par des faibles concentrations en magnésium 9 mmol/L. Elle dépend de l'énergie et d'une protéine kinase canal : transitoire récepteur mélastatine potentiel (TRMP). (13)

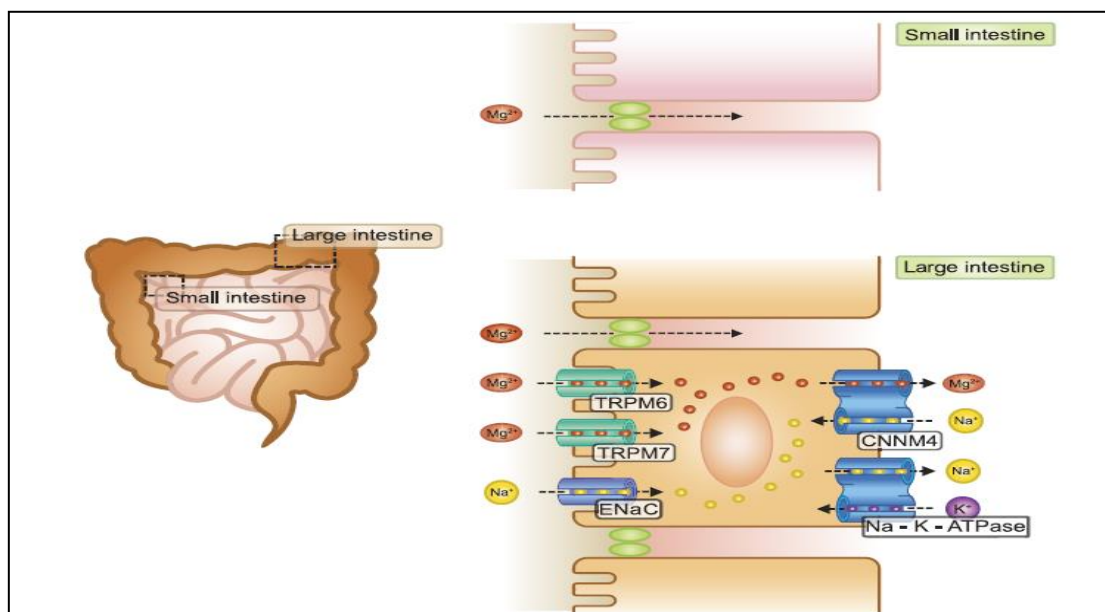


Figure1 : Absorption du magnésium(7)

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

## I.5.2. Distribution du magnésium dans l'organisme:

Environ 99% du magnésium humain se trouve dans les os, les muscles et les tissus mous non musculaires. Environ 50 à 60% du magnésium est présent comme substituant de surface de la composition minérale de l'hydroxyapatite osseuse. La majeure partie du magnésium restant est contenu dans le muscle squelettique et des tissus mous. La teneur en magnésium des os diminue avec l'âge et, en cas de carence, le magnésium stocké de cette façon n'est pas entièrement biodisponible. Néanmoins, les os constituent un énorme réservoir tampon échangeable dans les concentrations sériques du magnésium. Dans l'ensemble, un tiers du magnésium osseux est variable et contribue au maintien des taux de magnésium extracellulaire physiologique. Les concentrations intracellulaires du magnésium varient de 5 à 20 mmol /l; 1 à 5% sont ionisées, le reste étant lié aux protéines, aux molécules chargées négativement et à l'adénosine triphosphate (ATP). Le magnésium extracellulaire représente environ 1% du magnésium total, principalement présent dans le sérum et les globules rouges. Le magnésium sérique peut être divisé en trois parties comme le calcium : libre, ionisé et lié aux protéines ou combiné avec des anions tels que le phosphate, le bicarbonate et l'acide citrique ou sulfate. Cependant, le magnésium ionisé a la plus grande activité biologique parmi les trois composants du plasma. (14)

**Tableau 3 : Distribution du magnésium chez l'être humain adulte. (14)**

<b>Tissus</b>	<b>Concentration (mmol /kg)</b>	<b>Concentration (mmol/l)</b>	<b>% du magnésium corporel total</b>
<b>Sérum</b>	0.85	2.6	0.3
<b>Globule rouge</b>	2.5	5.0	0.5
<b>Tissus mous</b>	8.5	193.0	19.3
<b>Muscle</b>	9.0	270.0	27.0
<b>Os</b>	43.2	530.1	52.9
<b>Total</b>	64.05	1000.7	100.0

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

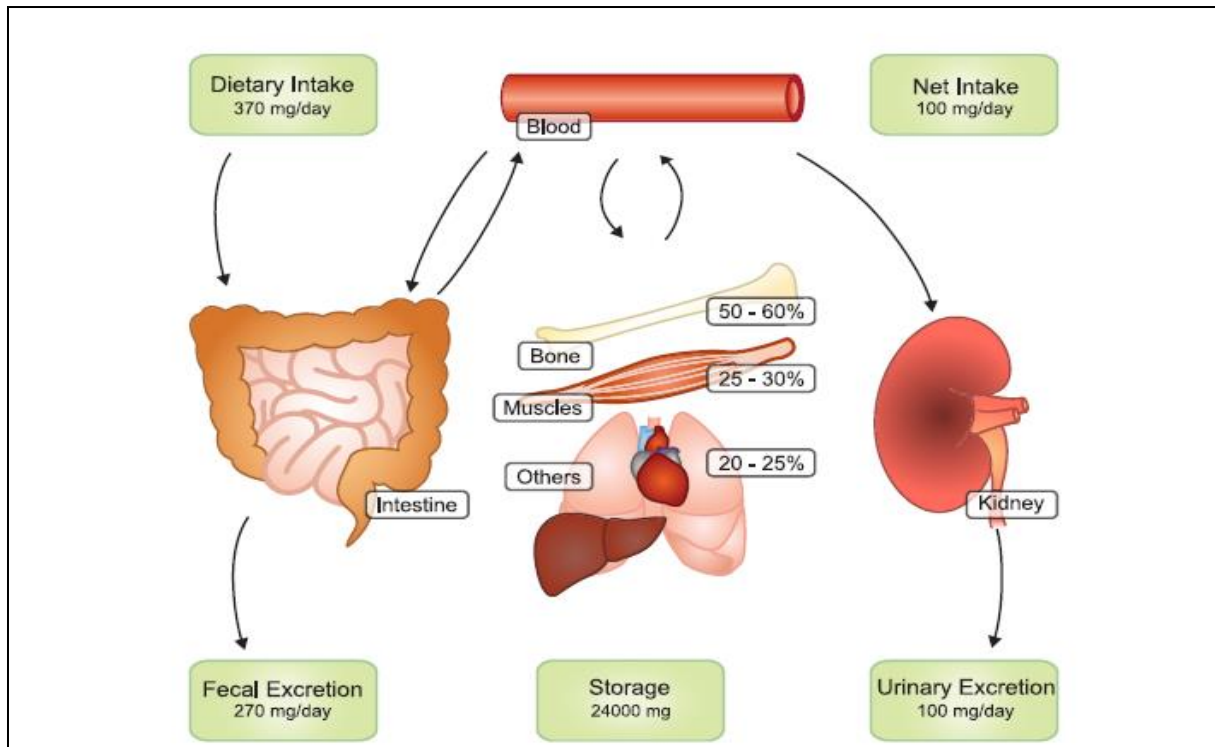


Figure2 : Répartition du magnésium dans l'organisme(7)

## I.5.3.Métabolisme du magnésium dans l'organisme :

La grande majorité des enzymes impliquées dans la glycolyse, le cycle de Crebs et la chaîne respiratoire, (qui représente le noyau du métabolisme énergétique) dépendent du magnésium par deux mécanismes principaux : le magnésium peut être utilisé à la fois comme modulateur allostérique comme dans le cas de l'énolase ou bien comme un cofacteur dans la forme  $Mg^{2+}$ -ATP. L'ATP est considérée comme le chélateur intracellulaire majeur ou le tampon du magnésium intracellulaire. En effet la libération du magnésium des mitochondries est associée à la libération de noyaux d'adénine nucléotide par ANT (Adénine Nucléotide Translocase) qui dépend de l'AMPc. (15)

La régulation de magnésium dans la mitochondrie a différents rôles physiopathologiques. En plus de la synthèse de l'ATP et le transport, le magnésium peut affecter le taux de respiration en régulant la fonction de certaines déshydrogénases mitochondriales, à savoir le succinate et le glutamate déshydrogénase et cytochrome c oxydase. Le Mg peut également affecter le potentiel de membrane mitochondriale, et donc le volume mitochondrial, en régulant le transporteur  $K^+/H^+$ .

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

L'homéostasie cellulaire  $Mg^{+2}$  est régulée par l'action combinée des transporteurs TRPM7, SLC41A1, MagT1 et CNNM3  $Mg^{+2}$ . Les transporteurs MRS2 régulent les concentrations intra mitochondriales de  $Mg_2$ . Dans le noyau,  $Mg_2$  est impliqué dans la stabilité de l'ADN et la réparation de l'ADN et régule l'activité de l'ADN et des ARN polymérases. Dans le cytosol cellulaire,  $Mg_2$  régule la liaison à l'ATP, l'activité enzymatique de plus de 600 enzymes, la prolifération et la stabilité de l'ARNt et de l'ARNm. L'activation des récepteurs du facteur de croissance, tels que l'EGFR, augmentera l'absorption de  $Mg_2$  et la libération de  $Mg_2$  lié à la membrane, entraînant l'activation du mTOR et la libération de  $Ca_2$  par le RE. Ces mécanismes sont essentiels à la croissance et à la prolifération des cellules. (7)

Il faut cependant signaler que les mitochondries ne doivent pas être considérées comme les seuls réservoirs de magnésium intracellulaire, le réticulum endoplasmique est également très riche en magnésium qui est probablement compatible avec son rôle dans la promotion de la synthèse des protéines.(15)

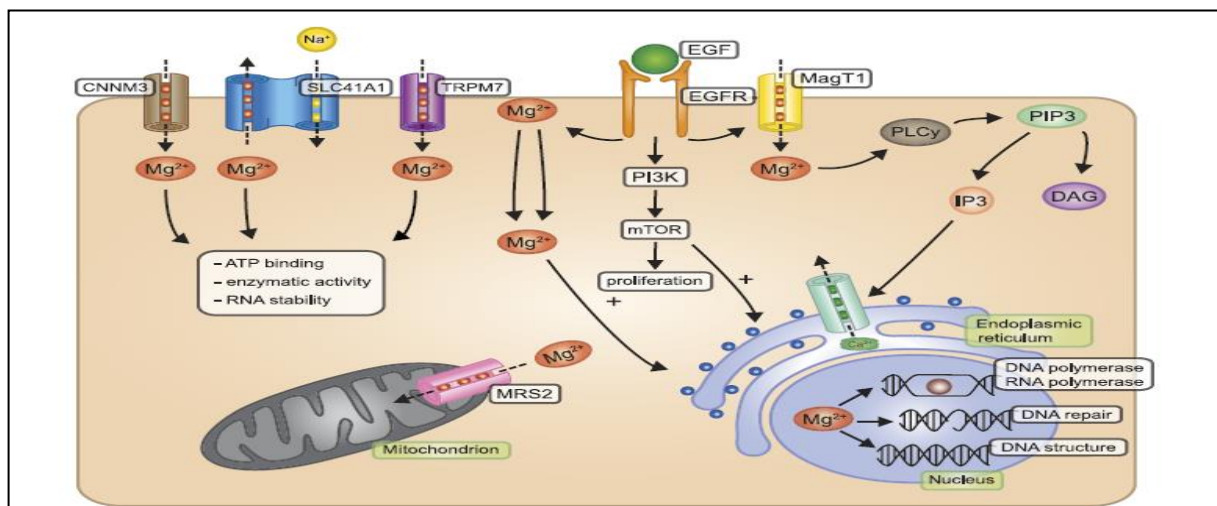


Figure 3: métabolisme du magnésium dans l'organisme(7)

## I.5.4. Elimination du magnésium par l'organisme :

### A-Elimination rénale :

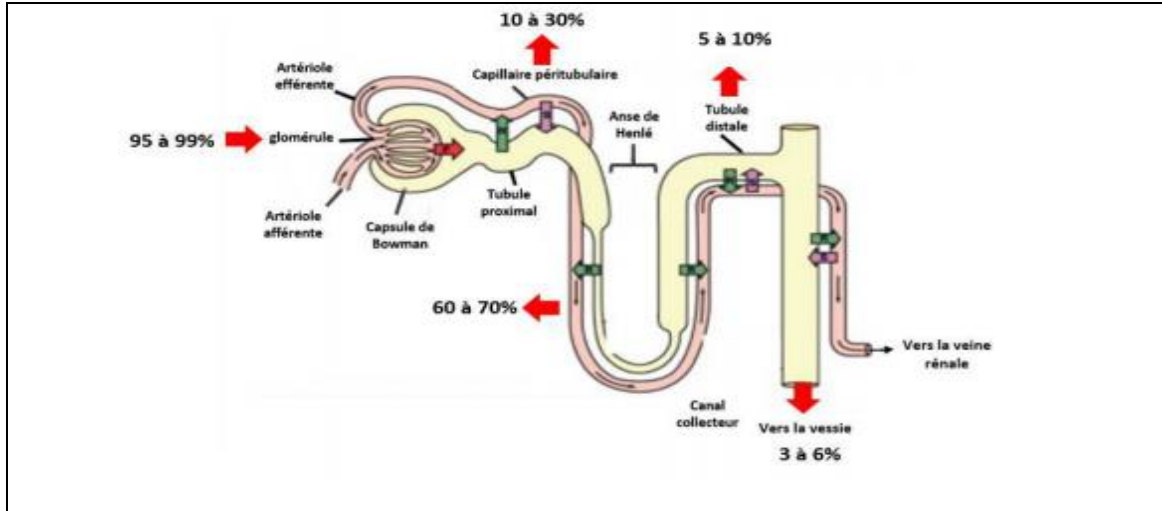
Pour l'élimination du magnésium, c'est le rein qui est le principal organe impliqué, et qui est responsable du maintien de leur concentration sérique. L'excrétion rénale du magnésium est assurée par le même mécanisme que celui qui régit l'excrétion des autres ions. C'est-à-dire la filtration glomérulaire ; la réabsorption au niveau du tube proximal et la sécrétion au niveau du tube distal. Les glomérules filtrent environ 2400 mg de magnésium par jour, dont 95 à 99% sont réabsorbés, résultant en une excrétion urinaire de 100 à 150 mg / jour. Cette excrétion



# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

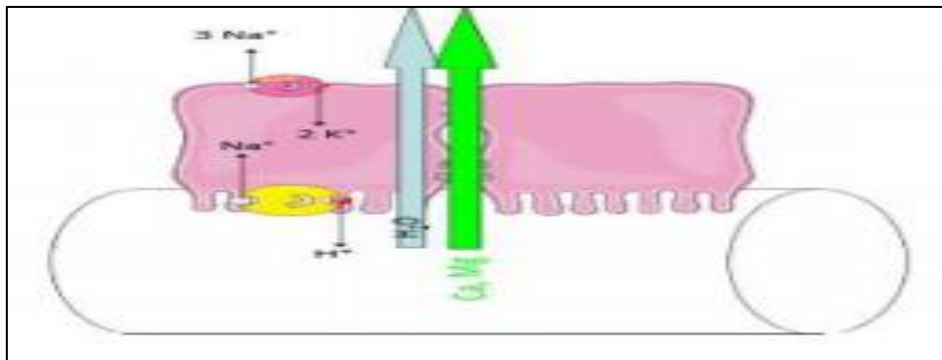
correspond au 3 à 6% du magnésium filtré par le glomérule. Le rein est capable de répondre rapidement à des changements de la magnésémie. (16)

En général, 95% du magnésium filtrés au niveau du glomérule sont réabsorbés :



**Figure 4 : Représentation schématique de la réabsorption du magnésium au niveau du néphron (16)**

10-30% au niveau du tubule proximal, la réabsorption de sodium et d'eau va créer un gradient trans épithélial favorable à la réabsorption du magnésium. (16)



**Figure 5 : Réabsorption du magnésium au niveau du tube proximal (16)**

60-70% au niveau de la branche ascendante de l'anse de Henlé constituant la plus grande zone d'absorption. Il se fait essentiellement par un mécanisme passif. La réabsorption du Mg est directement liée au co-transport sodium-potassium-chlore. Le dernier segment réabsorbant le magnésium est le tubule contourné distal. Il ne réabsorbe que 5 à 10% du magnésium filtré par un mécanisme actif trans cellulaire via transporteur TRMP6.(16)

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNÉSIUM

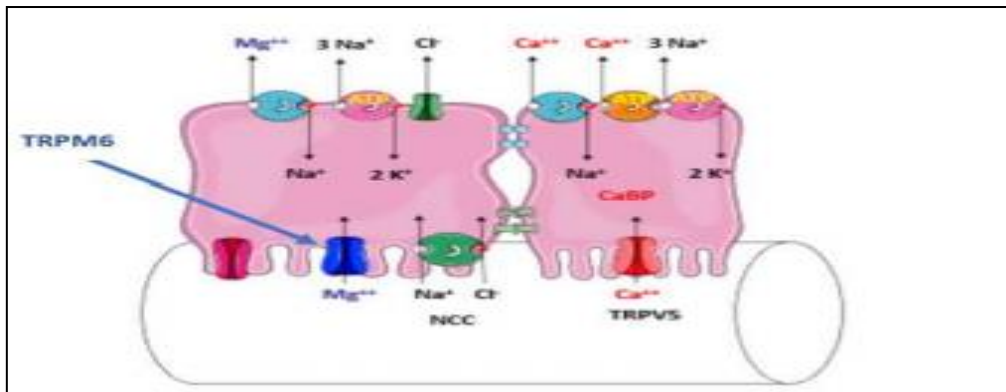


Figure 6 : Réabsorption du magnésium au niveau de tubule contourné distal (16)

## B-Autres voies d'élimination du magnésium :

Une autre partie est éliminée par la bile, les sécrétions pancréatiques et intestinales. La sueur peut constituer une autre voie d'élimination d'importance quantitative très faible. Ainsi le magnésium restant dans les intestins et non absorbé, est directement éliminé par voie fécale. Lors de situations particulières, d'autres systèmes vont être à l'origine d'une perte de magnésium. En cas de menstruations, les pertes sont négligeables. Le lait maternel contient du magnésium, durant les six premiers mois de l'allaitement, une sécrétion de 25 mg par jour est estimée. (16)

## I.6. Intérêts biochimiques du magnésium

### I.6.1. Synthèse des composés à groupement phosphate :

L'oxydation des coenzymes dans la chaîne respiratoire mitochondriale et la phosphorylation oxydative mitochondriale qui en résulte représente la principale voie de production d'énergie intracellulaire sous forme d'ATP pour toutes les cellules de mammifères, à l'exception des érythrocytes. Une petite fraction d'ATP est produite dans le cytoplasme par l'oxydation du glucose dans la voie de la glycolyse. De nombreuses enzymes glycolytiques (hexokinase, phosphofructokinase, phosphoglycérate kinase et pyruvate kinase) se sont déjà révélées sensibles au  $Mg^{2+}$ . L'effet le plus important est attribuable au complexe  $MgATP_2$ , qui est un cofacteur pour ces enzymes, alors que d'autres formes de chélation sont inactives ou inhibitrices.  $Mg^{2+}$  a été documenté pour améliorer l'activité de trois déshydrogénases mitochondriales importantes impliquées dans le métabolisme énergétique. Alors que les activités de l'isocitrate déshydrogénase (IDH) et du complexe 2-oxoglutarate déshydrogénase (OGDH) sont stimulées directement par le complexe  $Mg^{2+}$ -isocitrate et le  $Mg^{2+}$  libre,

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

---

respectivement. L'activité du complexe pyruvate déshydrogénase (PDH) est stimulée indirectement par l'effet stimulant de  $Mg^{2+}$  sur la pyruvate déshydrogénase phosphatase, qui déphosphoryle et active ainsi la pyruvate décarboxylase PDH. L'OGDH est l'enzyme qui limite le taux du cycle de Krebs et agit comme un important capteur redox mitochondrial. Les résultats obtenus par l'étude complexe de l'impact du  $Mg^{2+}$  sur la synthèse de l'ATP, le potentiel transmembranaire mitochondrial et la respiration indiquent que l'OGDH est l'étape principale de la phosphorylation oxydative modulée par le  $Mg^{2+}$  lorsque le 2-oxoglutarate est le substrat oxydable; avec le succinate, l'ATP synthase est l'étape sensible au  $Mg^{2+}$ . En effet, il a été démontré que  $Mg^{2+}$  est l'activateur de la synthèse de l'ATP par la F0/F1-ATPase mitochondriale. (17)

## I.6.2. Activation enzymatique :

Le magnésium est nécessaire pour la structure et l'activité appropriées de l'ADN et de l'ARN polymérase. Les ADN polymérase ont deux sites de liaison  $Mg^{2+}$ , qui sont supposés jouer un rôle clé dans les changements conformationnels de l'enzyme polymérase au cours de la réaction catalytique. En outre, le magnésium est un facteur important dans les mécanismes de réparation de l'ADN au sein de la cellule, y compris la réparation de l'excision nucléotidique « NER », la réparation de l'excision de base « BER » et la réparation des incompatibilités « MMR ». Il agit comme cofacteur pour presque toutes les enzymes qui sont impliquées dans les étapes de NER. Dans le BER, le magnésium est élémentaire pour l'activité des endonucléases, qui incisent l'ADN après une lésion de l'ADN, et des ADN polymérase et ligases. La troisième voie de réparation, « MMR », est également affectée par la disponibilité du  $Mg^{2+}$  puisque plusieurs enzymes impliquées nécessitent du  $Mg^{2+}$  et de l'ATP pour l'activité. Les autres enzymes nécessitant  $Mg^{2+}$  sont, les hélicases, les exonucléases, les topo-isomérase, les cyclases les protéines kinases, et de grands groupes d'ATPases, ce qui signifie que le magnésium est un composant essentiel de la réplication de l'ADN, de la transcription de l'ARN, de la synthèse des acides aminés et de la formation des protéines. Au total,  $Mg^{2+}$  est un facteur clé dans le maintien de la stabilité génomique et génétique. Il est également un régulateur important de nombreuses enzymes impliquées dans la glycolyse, car il est un cofacteur pour les nucléotides d'adénine. Mg-ATP est nécessaire pour l'activité de la phosphofructokinase, de l'hexokinase, de la phosphoglycératekinase, de la pyruvate kinase et de l'aldolase. Par conséquent, la disponibilité de  $Mg^{2+}$  est d'une importance majeure pour le métabolisme du glucose, ce qui peut expliquer son rôle dans le diabète de type 2. Le  $Mg^{2+}$  joue un rôle dans pratiquement tous les processus de la cellule. (7)

## **I.6.3. Transfert ionique :**

Au niveau de la membrane cellulaire, le magnésium est connu pour altérer à la fois les sites récepteurs et les mouvements ioniques à travers la membrane. En faisant des complexes avec les phospholipides, le magnésium stabilise les membranes, réduisant leur fluidité et leur perméabilité. Dans le déficit en magnésium, les concentrations intracellulaires de calcium et de sodium augmentent et les concentrations de potassium et de phosphore diminuent. Simultanément, la membrane se dépolarise. Ces altérations peuvent être le résultat de l'effet direct du magnésium sur les canaux sodiques, calciques ou potassiques ou de son effet indirect sur les enzymes de la membrane cellulaire impliquées dans le transport actif, par exemple la  $(\text{Na}^+\text{K}^+) - \text{ATPase}$ . Ainsi, le magnésium est un modulateur important des concentrations d'ions intracellulaires. Le magnésium régule également les seconds messagers dérivés des lipides et des phosphoinositides. (18)

### **Action du magnésium sur les canaux calciques**

Le magnésium inhibe à la fois le canal calcique potentiel dépendant de type L ainsi que le canal calcique dureticulum sarcoplasmique en empêchant la sortie de  $\text{Ca}^{2+}$  de son site de stockage par mécanisme d'antagonisme compétitif. (19)

### **Action du magnésium sur les canaux potassiques**

Le magnésium agit sur les canaux potassiques produisant les courants de rectification sortant ou entrant ; en accélérant la phase de la repolarisation et gênant l'apparition des post potentiel précoces (PPP). (19)

## **I.6.4. Stabilisant de membrane :**

Le magnésium diminue la perméabilité membranaire par la formation de complexes avec les phospholipides et joue donc un rôle de stabilisateur de la membrane cellulaire. Il favorise l'activité de la pompe  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  et donc le transport du potassium dans la cellule. Le magnésium fonctionne également comme un bloqueur physiologique des canaux calciques. (20).

## I.6.5. Magnésium et Stress oxydant :

La carence en Mg a été associée au stress oxydatif dans le diabète métabolique DM, l'obésité et l'hypertension .L'obésité, qui est un facteur de risque important pour les maladies cardiovasculaires MCV, est liée à une diminution de la Mg sérique et à une augmentation du malonyldialdéhyde, un marqueur du stress oxydatif résultant de la peroxydation lipidique. Les espèces réactifs d'oxygène ROS dans le cœur sont principalement produits par les mitochondries, les nicotinamides adénine dinucléotide phosphate (NADPH) oxydases, l'oxyde nitrique synthase non couplé (NOS) et la xanthine oxydase. Dans un modèle le stress oxydatif est également détecté et contribue au dysfonctionnement diastolique cardiaque. Le traitement mitoTEMPO et la réplétion Mg peuvent tous les deux supprimer la surproduction de ROS mitochondriale et inverser le dysfonctionnement diastolique. Par conséquent, Mg peut agir comme un antioxydant mitochondrial. Il a été démontré que le déficit en Mg intracellulaire perturbe la fonction mitochondriale en modifiant la respiration couplée ,en augmentant la production de ROS mitochondriale en supprimant le système de défense antioxydant (tel que la superoxydedismutase (SOD), la catalase, le glutathion et le parkinsonisme associé à la déglycase, en induisant une surcharge , atténuant la signalisation pro-survie , et favorisant l'ouverture du canal potassium (K) sensible à l'ATP mitochondrial, canal anionique de la membrane interne et pores de transition de perméabilité mitochondriale (PTP). La réplétion de Mg, d'autre part, s'est avérée pour améliorer la fonction mitochondriale en supprimant la surproduction mitochondriale de ROS, en inhibant l'ouverture mitochondriale de PTP et la libération de cytochrome C , en préservant la dépolarisation du potentiel membranaire mitochondrial (DYm), en diminuant l'accumulation mitochondriale de Ca .

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNÉSIUM

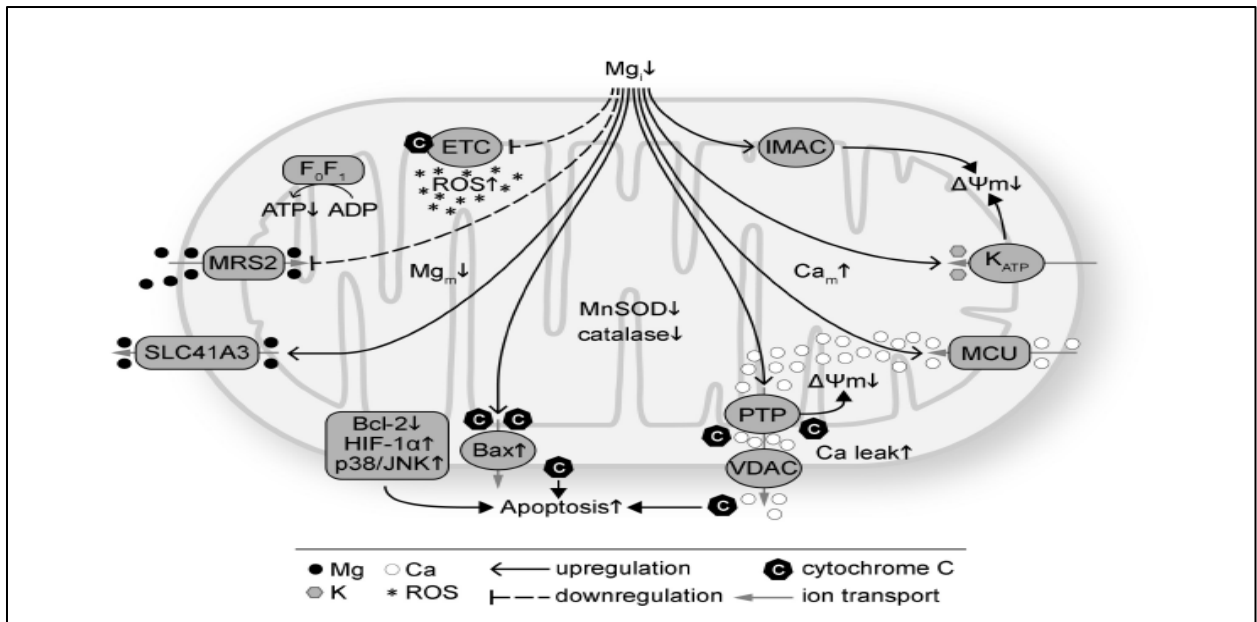


Figure 7: Le magnésium et le stress oxydant (21)

## I.6.6. Photosynthèse :

Dans le règne végétal, le magnésium constitue le centre du noyau tétrapyrrolique de la chlorophylle et a donc un rôle majeur dans la photosynthèse (13). Le magnésium participe à un certain nombre de fonctions clés de la plante. Parmi les processus métaboliques spécifiques influencés par le magnésium, on a essentiellement :

la photophosphorylation (par exemple, la formation d'ATP dans les chloroplastes) ; la fixation photosynthétique du dioxyde de carbone (la synthèse des protéines, la formation de la chlorophylle, le chargement du phloème, la répartition et l'utilisation des photoassimilats, la génération d'espèces réactives de l'oxygène « ROS » et la photo oxydation dans les tissus de la feuille). Donc, de nombreux processus biochimiques et physiologiques essentiels de la plante sont influencés de manière négative en cas de carence en magnésium, d'où une baisse de la croissance et du rendement. Dans les cas majoritaires, le magnésium participe aux processus métaboliques en activant un grand nombre d'enzymes. Le magnésium active une principale enzyme la ribulose-1,5-bisphosphate (RuBP) carboxylase, qui est une des enzymes clés du processus de la photosynthèse et également l'enzyme la plus abondante sur terre (22)



Figure 8 : Jaunissement des feuilles d'haricot dû à la carence en magnésium (22)

## I.7. Implication physiopathologique du magnésium :

### I.7.1. Magnésium et système cardiovasculaire :

La carence en  $Mg^{2+}$  provoque des changements électrocardiographiques (ECG). Sur l'ECG, une carence modérée en  $Mg^{2+}$  peut entraîner un aplatissement de l'onde T, un raccourcissement du segment QT et un allongement des intervalles PR et QRS. En cas de carence sévère en  $Mg^{2+}$ , tout ce qui précède peut se produire. De plus, l'onde T peut s'inverser. Les changements de l'ECG sont similaires à ceux observés dans la déplétion potassique et les changements peuvent donc être secondaires à l'hypokaliémie qui est fréquemment observée dans le déficit en  $Mg^{2+}$ . Les arythmies qui surviennent en cas de carence en  $Mg^{2+}$  peuvent être auriculaires ou ventriculaires. Les arythmies ventriculaires comprennent la contraction prématurée, la tachycardie ventriculaire et la fibrillation. La fréquence des arythmies ventriculaires majeures survenant après un infarctus du myocarde augmente également chez les patients hypomagnésémiques et diminue avec le traitement par  $Mg^{2+}$ . L'appauvrissement en  $Mg^{2+}$  rend également le cœur plus sensible aux effets arythmogènes des glycosides cardiaques. L'effet arythmogène de la carence en  $Mg^{2+}$  peut être lié à son effet sur le maintien du  $K^+$  intracellulaire.  $Mg^{2+}$  est nécessaire pour  $Na^+ / K^+ ATPase$  qui est responsable du transport actif de  $K^+$  intracellulaire pendant la durée du potentiel d'action.  $Mg^{2+}$  est également impliqué dans la régulation de l'afflux de  $K^+$  à travers différents canaux de  $K^+$ . Une carence en  $Mg^{2+}$  myocardique peut entraîner une diminution du  $K^+$  intracellulaire en raison d'un système  $ATPase Na^+/K^+$  moins efficace et également par la perte de rectification vers l'intérieur. Comme le potentiel membranaire au repos est déterminé en partie par la concentration de  $K^+$

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

---

intracellulaire, la diminution du  $K^+$  intracellulaire entraîne un potentiel membranaire au repos moins négatif. Il en résulte un allongement de l'intervalle QT et une vulnérabilité accrue des arythmies ventriculaires. (23)

## I.7.2. Magnésium et le système nerveux :

De faibles valeurs sériques de  $Mg^{2+}$  sont associées à un large éventail de maladies neurologiques telles que la migraine, la dépression et l'épilepsie. Les concentrations neuronales de  $Mg^{2+}$  sont d'une importance majeure dans la régulation de l'excitabilité des récepteurs N-méthyl-D-aspartate (NMDA). Les récepteurs NMDA sont essentiels à la transmission synaptique excitatrice, à la plasticité neuronale et à l'excitotoxicité et jouent donc un rôle important dans l'apprentissage et la mémoire. Les récepteurs NMDA sont activés lors de la liaison au glutamate et médient l'afflux d'ions  $Ca^{2+}$  et  $Na^+$  et l'efflux d'ions  $K^+$ . Chaque récepteur NMDA est constitué de quatre sous-unités, chacune ayant des propriétés biochimiques différentes. En cas de carence en  $Mg^{2+}$ , les récepteurs NMDA deviennent hyperexcitables, ce qui peut s'expliquer par la fonction inhibitrice du  $Mg^{2+}$  extracellulaire sur les récepteurs (FIGURE 9). Le Glutamate du neurone présynaptique se liera à la fois aux récepteurs ionotropes de l'acide 2-amino-3-(3-hydroxy-5-méthyl-isoxazol-4-yl) propanoïque (AMPA) et NMDA sur le neurone postsynaptique. À un potentiel membranaire normal de 70 mV, les ions  $Mg^{2+}$  bloquent les récepteurs NMDA. Par conséquent, seuls les récepteurs AMPA seront activés et faciliteront par conséquent un afflux de cations. Ce n'est que lorsque le potentiel membranaire s'élève au-dessus de 60mV que le bloc  $Mg^{2+}$  est soulagé et que les récepteurs NMDA sont ouverts lors de la liaison au glutamate. Lorsque les concentrations extracellulaires de  $Mg^{2+}$  sont réduites, moins de canaux NMDA sont bloqués et plus de canaux NMD peuvent être ouverts à des potentiels membranaires relativement faibles. Cette augmentation du potentiel postsynaptique excitateur provoque une hyperexcitabilité des neurones. (7)



# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNÉSIUM

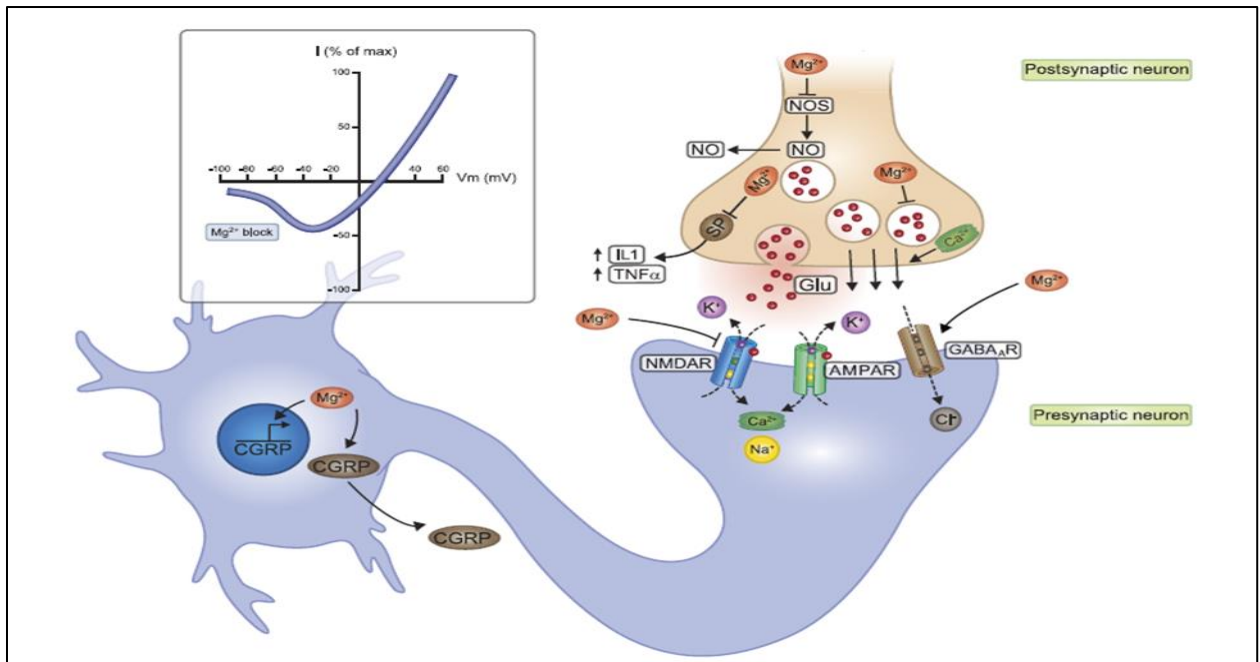


Figure 9 : Magnésium dans le SNC (7)

## I.7.3. Le magnésium et le système immunitaire :

$Mg^{+2}$  est considéré comme un agent anti-inflammatoire qui réduit l'expression et la libération de la substance P et d'autres molécules pro inflammatoires.  $Mg^{+2}$  influence également l'immunité acquise en régulant la prolifération et le développement des lymphocytes. La délétion du canal TRPM7  $Mg^{+2}$  a provoqué la mort cellulaire dans la lignée de cellules B du poulet DT40, qui a pu être partiellement sauvée en cultivant les cellules dans un milieu riche en  $Mg^{+2}$ . Dans un modèle murin avec une délétion spécifique des lymphocytes T de TRPM7, le développement des lymphocytes T a été bloqué au stade CD4 CD8, entraînant une diminution des cellules CD4 et CD8 dans le thymus. De plus, les mutations dans le canal EMAGT1MG2 sont responsables de l'immunodéficiency et ont été associées à une diminution des taux de lymphocytes T CD4. Ces résultats suggèrent que la  $Mg^{+2}$  est essentielle au développement et à la prolifération des lymphocytes T.(7)

## I.7.4. Magnésium et pré éclampsie, éclampsie et troubles convulsifs:

La grossesse est l'une des conditions physiologiques qui se déroule avec une hypomagnésémie inversement corrélée à l'âge gestationnel, même lorsque la concentration de magnésium dans le plasma est corrigée pour l'hémodilution et les niveaux de protéines. De plus, les niveaux intracellulaires de magnésium dans le myomètre sont plus faibles chez les femmes enceintes que chez les femmes non enceintes. Une excrétion urinaire plus élevée de magnésium est

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

---

corrélée aux niveaux du magnésium dans le myomètre. La prééclampsie et l'une de ses complications majeures. L'éclampsie, sont des situations pathologiques très sensibles au traitement parentéral au magnésium. La justification de cette thérapie est basée sur le blocage de l'acétylcholine à la jonction neuromusculaire, l'inhibition de la libération de catécholamines et l'amélioration de l'effet du rapport prostacycline/thromboxane. Deux rapports portant sur des femmes souffrant de troubles hypertensifs de la grossesse de différentes origines ethniques ont confirmé les résultats antérieurs de faibles niveaux de magnésium, à la fois intracellulaire et extracellulaire.(18)

## **I.7.5. Magnésium et système musculaire :**

Une concentration cellulaire adéquate de Mg semble nécessaire pour maintenir une performance musculaire optimale et une tolérance à l'exercice. L'état du magnésium affecte fortement la performance des muscles probablement en raison du rôle clé du magnésium dans le métabolisme énergétique, le transport transmembranaire, et la contraction et la relaxation de muscle. Le magnésium est impliqué dans des nombreux processus qui affectent la fonction musculaire, y compris l'absorption d'oxygène et la production d'énergie. La contraction myofibrillaire et la relaxation est strictement liée au Mg et Mg-ATP, tout comme l'absorption et la libération de Ca des sarcotubules. Ainsi, les concentrations intracellulaires de Mg, même limites étroites, peut affecter profondément la performance de la contraction des cellules musculaires. Une Supplémentation en magnésium (jusqu'à 8 mg/kg par jour) a été montrée pour améliorer la force musculaire chez les jeunes individus, améliorer les performances de l'exercice d'endurance et diminuer l'utilisation de l'oxygène pendant l'exercice. Il a été suggéré que l'insuffisance de Mg peut altérer la performance d'exercice et augmenter le stress oxydatif lié à l'exercice intense. Inversement, l'exercice augmente les pertes urinaires et sudorales de magnésium, et donc les besoins en Mg sont augmentés dans un exercice individuel. Une Supplémentation en magnésium ou augmentation d'apport alimentaire, est bénéfique pour les personnes physiquement actives avec un statut magnésien faible ou déficient pour améliorer la force. (24)

## I.7.6. Magnésium et syndrome métabolique :

Le syndrome métabolique est un groupe de pathologies courantes: obésité, résistance à l'insuline, dyslipidémie et hypertension. Ce syndrome et le diabète de type 2 se produisent à des taux épidémiques avec des conséquences effrayantes pour la santé humaine dans le monde entier. Des preuves croissantes indiquent un rôle de l'inflammation dans le syndrome métabolique comme le montre l'augmentation des protéines de phase aiguë, des cytokines et des médiateurs associés à l'activation endothéliale. Le tissu adipeux blanc des personnes atteintes du syndrome métabolique par rapport aux personnes maigres contient un nombre plus élevé de macrophages. Il y a une régulation à la hausse des molécules d'adhésion sur les cellules endothéliales conduisant à la transmigration des monocytes et à une augmentation du nombre de macrophages produisant des niveaux plus élevés de cytokines. Les changements pro-inflammatoires conduisent à la suppression de la transduction de l'insuline. De plus, la résistance à l'insuline favorise à son tour le processus d'inflammation. Cela est dû au fait que l'insuline elle-même exerce un effet anti-inflammatoire au niveau cellulaire et moléculaire. De plus, l'inflammation dans les cellules entraîne un dysfonctionnement cellulaire qui, combiné à la résistance à l'insuline, conduit au diabète de type 2. De grandes études épidémiologiques indiquent que le magnésium alimentaire inférieur et le magnésium sérique inférieur sont associés à la résistance à l'insuline. L'apport en magnésium a été inversement associé à l'inflammation systémique et à la prévalence du syndrome métabolique chez les sujets participant à l'étude. Les faibles concentrations sériques de magnésium sont également fortement liées à des concentrations sériques élevées de TNF et de protéine C réactive (CRP), ce qui suggère que la carence du magnésium peut également être impliquée dans le développement du syndrome inflammatoire chronique de bas grade induisant des troubles métaboliques. D'autres études montrent l'association du magnésium bas-sérum et du TNF chez les sujets obèses et stéatohépatite non alcoolique (NASH). Un moyen d'étudier la pathogenèse du syndrome métabolique en utilisant un modèle animal approprié. Le plus particulier est le fait que le régime riche en fructose induit un syndrome métabolique comprenant une résistance à l'insuline, une hypertension et une dyslipidémie chez le rat. Wndings indique l'implication de l'inflammation et du stress oxydatif dans ce modèle et montrer l'effet aggravant de la rosée du magnésium sur le développement de la résistance à l'insuline. L'effet pro-inflammatoire de la carence en magnésium peut contribuer à d'autres aspects du syndrome métabolique tels que l'hyperlipémie, l'élévation de la pression artérielle, les dysfonctionnements endothéliaux et la tendance à la thrombose.(25)

## **I.7.7. Le magnésium et la constipation:**

La constipation idiopathique chronique est un trouble gastro-intestinal fonctionnel défini comme une défécation persistante difficile, peu fréquente ou apparemment incomplète qui ne répond pas aux critères du syndrome du côlon irritable (SCI). La prévalence de la constipation a été estimée à 14 % et est plus élevée chez les femmes. Elle est associée à un impact élevé sur la qualité de vie et les coûts des soins de santé. On sait peu de choses sur les effets de l'eau minérale naturelle sur la constipation chez les adultes. Une étude a montré qu'une eau minérale naturelle peut être efficace dans le traitement de la constipation idiopathique chronique. Il a été démontré que le magnésium et le sulfate augmentent la fréquence et le poids des selles. La consommation d'une eau minérale naturelle riche en sulfate de magnésium semble être une solution de première intention dans la constipation fonctionnelle avant l'initiation d'un traitement médicamenteux. (26)

## **I.7.8. Magnésium et système respiratoire :**

L'apport alimentaire en  $Mg^{2+}$  a été associé à plusieurs reprises à la fonction pulmonaire, telle qu'évaluée par le volume expiratoire forcé (VEV) et la capacité vitale forcée (CVF). Les mécanismes qui expliquent le rôle du  $Mg^{2+}$  dans la fonction pulmonaire sont mal compris, et les hypothèses sont principalement basées sur des études dans d'autres types de cellules et organes

Néanmoins, le rôle de  $Mg^{2+}$  dans la fonction pulmonaire peut s'expliquer à trois niveaux:

- 1)  $Mg^{2+}$  a un fort effet vasodilatateur et bronchodilatateur;
- 2)  $Mg^{2+}$  régule la libération d'acétylcholine (ACh) et d'histamine :  $Mg^{2+}$  est connu pour inhiber la libération d'ACh et d'histamine, les deux connus pour induire la bronchoconstriction
- 3)  $Mg^{2+}$  agit comme agent anti-inflammatoire (FIGURE 10). :  $Mg^{2+}$  peut réduire l'inflammation des voies respiratoires qui sous-tend plusieurs maladies pulmonaires. (7)

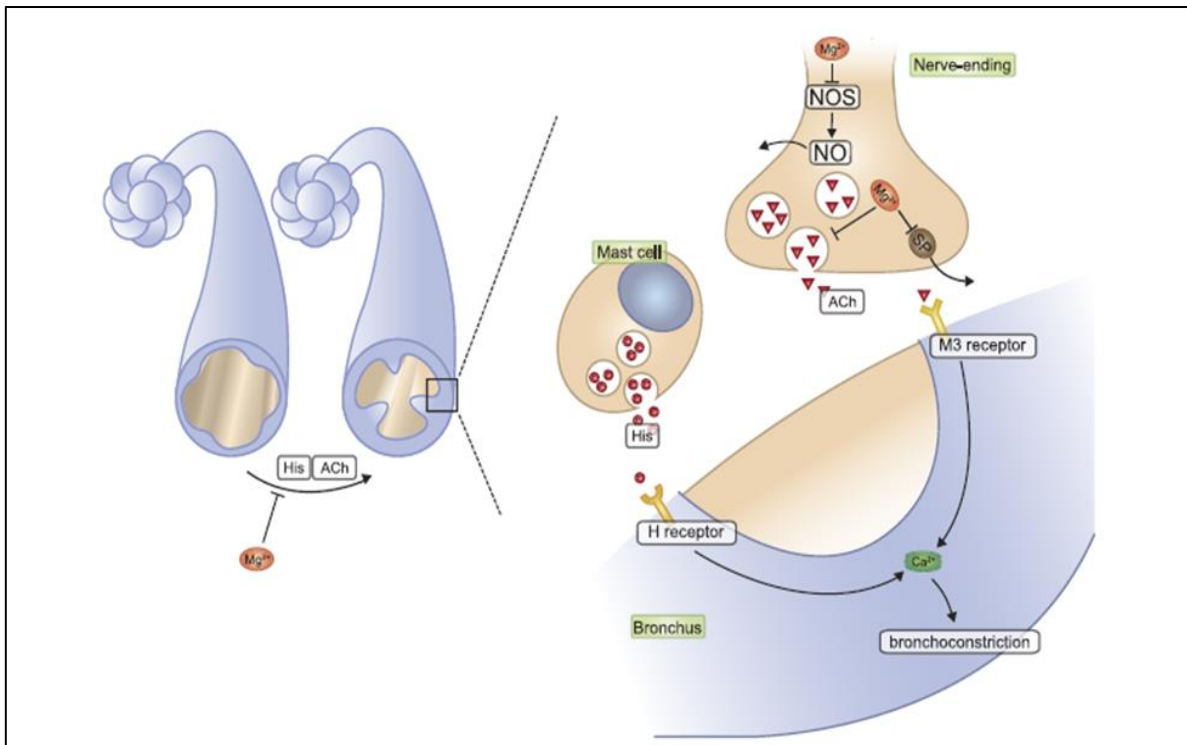
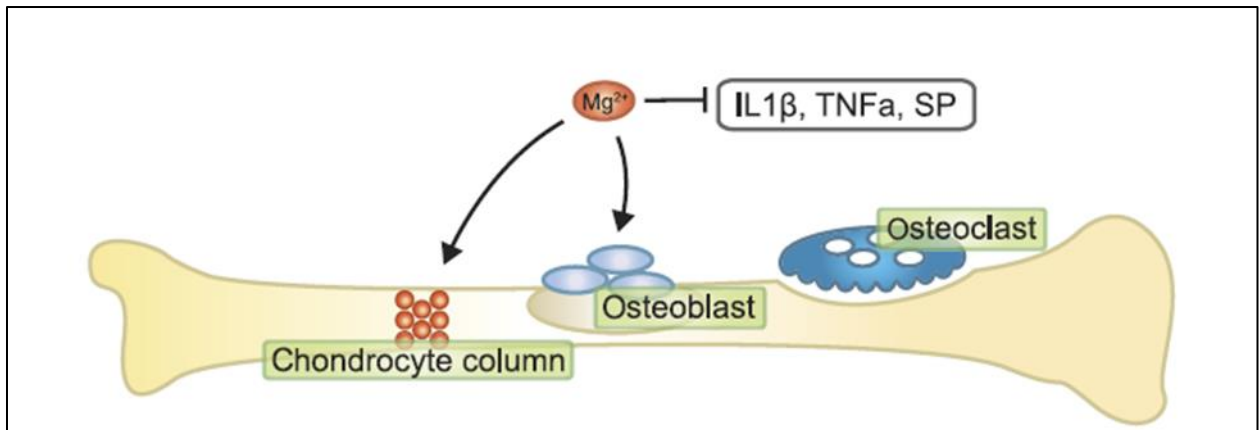


Figure 10 : Rôle du magnésium dans les poumons(7)

## I.7.9. Magnésium et système osseux :

Environ 50-60% de la teneur totale en  $Mg^{2+}$  du corps est stockée dans l'os. Les concentrations du sérum  $Mg^{2+}$  sont étroitement liées au métabolisme osseux. Le magnésium de la surface osseuse est continuellement échangé avec le magnésium sanguin. Dans l'os, les ions  $Mg^{2+}$  se lient à la surface des cristaux d'hydroxyapatite.  $Mg^{2+}$  augmente la solubilité du phosphore et du calcium de l'hydroxyapatite et agit ainsi sur la taille et la formation de cristaux.  $Mg^{2+}$  induit la prolifération de l'ostéoblaste; par conséquent, l'insuffisance de  $Mg^{2+}$  a comme résultat la formation diminuée d'os (FIGURE11). En outre, l'insuffisance de  $Mg^{2+}$  augmente la sécrétion des cytokines pro inflammatoires telles que le facteur de nécrose de tumeur (TNF)-, interleukine (IL)-1, et la substance P, qui ont toutes été impliquées dans la résorption ostéoclaste accrue d'os. Ces effets peuvent être encore améliorés par l'hormone parathyroïde réduite (PTH) et les niveaux de  $1,25(OH)_2D_3$ , qui sont souvent associés à l'hypomagnésémie. (7)

# CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM



**Figure11 : Le stockage du magnésium dans l'os. (7)**

$Mg^{2+}$  stimule la prolifération des ostéoblastes dans l'os et inhibe la libération de molécules pro-inflammatoires telles que l'IL - 1, le TNF-et le SP, qui stimulent l'activité des ostéoclastes. Dans le développement osseux,  $Mg^{2+}$  stimule la formation de colonne de chondrocytes. IL - 1, interleukine-1; TNF -, facteur de nécrose tumorale -; SP, substance P.

## **1.7.10. Magnésium et cancer**

Il est bien établi que les concentrations intracellulaires du magnésium affectent les fonctions directement liées à celles identifiées comme les caractéristiques du cancer ; ces aspects ont été largement examinés récemment. Dans cette section, nous nous concentrerons sur deux points clés: l'angiogenèse et le métastase. (27)

### **Néo-angiogenèse :**

La néo-angiogenèse est l'un des principaux mécanismes responsables de la croissance et de la propagation des tumeurs. Le processus angiogénique implique une série d'événements très complexes et coordonnés, y compris l'augmentation de la perméabilité vasculaire, la dégradation de la matrice, la prolifération des cellules endothéliales, la migration, la survie et la différenciation. Beaucoup de ces étapes sont affectées par le magnésium de différentes manières. Les HMEC (cellules endothéliales microvasculaires humaines) sont présentes dans la microvasculature entourant la tumeur et sont les véritables protagonistes de la néoangiogenèse tumorale. Il a été constaté que la carence en magnésium inhibe la prolifération et la migration des HMEC, sans affecter la production de métalloprotéases et l'organisation tridimensionnelle. De plus, le silence du canal TRPM7 de magnésium (TRP melastatin Type 7) limite ces effets. D'autres types de cellules endothéliales macrovasculaires HUVECs (cellules

## CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DU MAGNESIUM

---

endothéliales de la veine ombilicale humaine) et cellules formant des colonies endothéliales], bien qu'elles soient toutes inhibées par une faible teneur en magnésium, se comportent différemment lors du silençage de TRPM7 dans les cellules macrovasculaires. Un faible taux de magnésium induit des niveaux plus élevés d'activité protéase [MMP (métalloprotéinase)-2 et -9]. (27)

### **Métastase :**

Les tumeurs malignes envahissent non seulement les tissus voisins, mais peuvent également métastaser par voie lymphatique ou hématique, atteignant des sites éloignés où elles peuvent s'implanter et se développer pour former une nouvelle masse tumorale. Le rôle de l'inflammation dans la promotion de l'invasion et des métastases est également bien reconnu. Nous pensons que l'hypomagnésémie, en induisant une condition pro-inflammatoire, peut créer un microenvironnement positif qui favorise la métastase tumorale. (27)

# **CHAPITRE II : DESORDRES DE LA MAGNESEMIE**



## CHAPITRE II : DESORDRES DE LA MAGNESEMIE

---

### 1-HYPOMAGNESEMIE

#### 1-1-Définition :

Le magnésium est un électrolyte important. C'est un élément clé de nombreuses réactions qui se produisent dans le corps humain, affectant la fonction cellulaire, la conduction nerveuse et d'autres besoins. Les taux sériques normaux de magnésium se situent entre 1,46 et 2,68 mg/dL.

L'hypomagnésémie est une perturbation électrolytique causée par un faible taux du magnésium sérique (moins de 1,46 mg/dL) dans le sang. L'hypomagnésémie peut être attribuée à une maladie chronique, à la consommation d'alcool, à des pertes gastro-intestinales, à des pertes rénales et à d'autres conditions. Les signes et symptômes de l'hypomagnésémie comprennent des tremblements légers, une faiblesse généralisée et cette dernière peut aboutir à une ischémie cardiaque et à la mort. (28)

#### 1-2-Étiologies de l'hypomagnésémie:

Les causes de l'hypomagnésémie peuvent être largement classées en trois grandes catégories détaillées dans le tableau 4:

##### 1-2-1-Hypomagnésémie extrarénale :

Par insuffisance d'apport ou défaut de redistribution du magnésium ainsi que les pertes gastro-intestinales qui comprennent la privation alimentaire marquée, la diarrhée, la malabsorption, la pancréatite, l'utilisation chronique d'inhibiteurs de la pompe à protons et l'hypomagnésémie familiale primaire. (29)

##### 1-2-2-Hypomagnésémie rénale héréditaire :

Le gaspillage urinaire héréditaire du magnésium se produit avec le syndrome de Gitelman et d'autres perturbations de la fonction du néphron distal. (29)

##### 1-2-3-Hypomagnésémie rénale acquise :

Les pertes urinaires du magnésium peuvent être dues à des médicaments, y compris les thiazidiques et les médicaments néphrotoxiques. (29)

## CHAPITRE II : DESORDRES DE LA MAGNESEMIE

**Tableau 4: Etiologie de l'hypomagnésémie (30)**

Diminution de l'apport	Redistribution extracellulaire vers intracellulaire	Augmentation de pertes gastro-intestinales	Augmentation des pertes rénale	
			Héréditaires	Acquis
-Diminution de la consommation alimentaire -La dépendance à l'alcool -La Nutrition parentérale.	-Syndrome de réensemencement , -Syndrome osseux affamé, -Traitement de l'acidocétose diabétique, - La pancréatite aiguë.	-Diarrhée, - Vomissement, -Aspiration nasogastrique, -Fistule, - Malabsorption de l'intestin grêle -la chirurgie de pontage, -Inhibiteurs de pompe à protons.	<b>Héréditaires</b>	<b>Acquis</b>
			-Syndrome de Bartter, -Syndrome de Gitelman, - Hypomagnésémie familiale avec hypercalciurie et néphrocalcinose (FHHNC).	Médicaments -Diurétique - Thiazidique, -Antibiotiques Aminoglycosides , -Amphotéricine B, -Cisplatine, -Pentamidine, -Tacrolimus, -Cyclosporine.
				Autres : Dépendance à l'alcool, Hypercalcémie .

### **1-3-Manifestations cliniques de l'hypomagnésémie :**

Les manifestations cliniques de l'hypomagnésémie qui conduisent rapidement à des soins médicaux impliquent une hyperexcitabilité neuromusculaire qui peut aller de tremblements, fasciculation, tétanie, convulsions et troubles neuropsychiatriques, y compris l'apathie, le délire et même le coma. D'autres complications potentiellement mortelles peuvent survenir non seulement à cause de l'hypomagnésémie, mais aussi à cause de l'hypocalcémie et/ou de

## CHAPITRE II : DESORDRES DE LA MAGNESEMIE

l'hypokaliémie associées, et comprennent des arythmies auriculaires et ventriculaires, des torsades de pointe, une sensibilité accrue à la toxicité de la digoxine et une mort subite.

En revanche, les complications indésirables à long terme où l'association avec l'hypomagnésémie n'est pas souvent reconnue comprennent l'homéostasie modifiée du glucose, l'hypertension, l'athérosclérose, l'ostéoporose, l'asthme, les migraines et d'autres dommages aux organes terminaux. (31)

### 1-4-Diagnostic :

L'évaluation clinique de la cause sous-jacente de l'hypomagnésémie nécessite une enquête approfondie pour la recherche de diabète sucré, d'alcoolisme, de troubles gastro-intestinaux impliquant une mauvaise absorption et/ou un mauvais apport nutritionnel, ou des antécédents familiaux d'hypomagnésémie avec ou sans autres anomalies électrolytiques, et une liste complète des médicaments utilisés. L'étiologie sous-jacente suspectée peut être confirmée par des études urinaires basées sur son mécanisme via une atrophie rénale ou une cause extrarénale. Il a été suggéré que les patients présentant une hypomagnésémie due à une perte rénale de  $Mg^{2+}$  présentent une excrétion fractionnée de  $Mg^{2+}$  supérieure à 4%, tandis que ceux présentant des causes extrarénales présentent un pourcentage beaucoup plus faible, généralement 2% ou moins. L'excrétion fractionnée de  $Mg^{2+}$  est définie comme suit:

$\frac{\text{(Concentration de magnésium dans l'urine} \times \text{Concentration de créatinine sérique)}}{(0,7 \times \text{Concentration de magnésium sérique} \times \text{Concentration de créatinine dans l'urine}) \times 100}$
---

Le facteur 0,7 indique que dans la plupart des circonstances, seulement 70% du magnésium sérique est filtrable.(31)

### 1-5-Traitements :

Les patients présentant une carence légère à modérée (1,2 mg/dL à 1,7 mg/dL) doivent être traités avec un régime alimentaire ou des suppléments de magnésium par voie orale. Patients symptomatiques doivent recevoir 3 à 4 g (24 mEq à 32 mEq) de sulfate de magnésium par voie intraveineuse lentement pendant 12 à 24 heures. Cette dose peut être répétée si nécessaire pour maintenir le taux sérique de magnésium au-dessus de 1,2 mg/dL. L'administration intraveineuse

## CHAPITRE II : DESORDRES DE LA MAGNESEMIE

---

rapide de poussée augmente la concentration sérique de magnésium au-dessus des niveaux physiologiques, causant l'excrétion d'une bonne proportion du magnésium dans l'urine. L'établissement d'une fonction rénale adéquate est nécessaire avant d'administrer toute supplémentation en magnésium. Les patients présentant une insuffisance rénale doivent recevoir 25% à 50% de la dose initiale recommandée pour les patients ayant une fonction rénale normale. (32)

### **2. L'HYPERMAGNESEMIE:**

#### **2.1. Définition :**

L'hypermagnésémie survient avec une concentration sérique du magnésium  $>3,6$  mg / dL. (33) C'est une perturbation électrolytique rare chez les patients ayant une fonction rénale normale (34). Les causes les plus fréquentes de toxicité du magnésium sont l'administration parentérale, l'ingestion orale massive, les lavements coliques, généralement dans le cadre d'une insuffisance rénale, car le magnésium est excrété par voie rénale. Les taux sériques du magnésium supérieurs à 3,6 mg / dL peuvent être symptomatiques et entraînent une dépression cardiovasculaire et respiratoire. (33)

#### **2-2- Etiologie de l'hypermagnésémie :**

##### **2-2-A- augmentation des apports en magnésium :**

L'hypermagnésémie est généralement une affection iatrogène causée par des cathartiques contenant du magnésium (35) .La supplémentation en magnésium est bien tolérée, mais elle peut provoquer des symptômes gastro-intestinaux, y compris la diarrhée, la nausée et les vomissements (36). De nombreux experts en nutrition estiment que l'apport idéal en magnésium devrait être basé sur le poids corporel. (36)

##### **2-2-B- Diminution de la capacité rénale de l'excrétion :**

L'insuffisance rénale chronique ne s'accompagne d'hypermagnésémie que dans les stades avancés, lorsque le rein ne peut plus diminuer la réabsorption au niveau de l'anse de Henlé .Par contre, dans l'insuffisance rénale aiguë, on rencontre très fréquemment une élévation du Mg sérique durant la phase oligurique .(37)

## CHAPITRE II : DESORDRES DE LA MAGNESEMIE

---

### **2-3- Manifestations cliniques des hypermagnésémie :**

Elles incluent des changements neuromusculaires et cardiovasculaires. Cependant, la gravité clinique peut ne pas corrélérer avec le degré d'hypermagnésémie. Les troubles neurologiques centraux varient de la somnolence au coma, en grande partie au blocage induit par le magnésium de jonctions neuromusculaires, de suppression de la libération de l'acétylcholine et de la réactivité de la membrane postsynaptique. Les réflexes du tendon profond sont déprimés à des niveaux sériques de magnésium au-dessus de 2,5 mmol/L et sont absents à des niveaux supérieurs à 5 mmol/L. Une faiblesse musculaire sévère est observée à des niveaux supérieurs à 5 mmol/L avec le potentiel de paralysie musculaire respiratoire. Le blocage sympathique autonome est manifesté cliniquement comme bouche sèche, dilatation pupillaire, rétention urinaire et hypotension. Les anomalies cardiovasculaires comprennent une hypotension, des troubles de la conduction et une bradycardie. Les observations électrocardiographiques chez l'homme et les animaux ont montré une augmentation de l'intervalle P-R au niveau des concentrations de magnésium de 2,5 à 5 mmol/L. Une hypermagnésémie très rarement sévère (> 7,5 mmol/L) peut entraîner un bloc cardiaque et une asystole.(38)

### **2-4- Traitement des hypermagnésémies :**

Le premier principe du traitement est la prévention. Les patients atteints d'insuffisance rénale ne doivent pas recevoir d'antiacides ou cathartiques (laxatifs) contenant du magnésium. En cas d'hypermagnésémie, l'arrêt de la perfusion ou de l'apport du magnésium permettra aux patients dont la fonction rénale est intacte de récupérer. Les sels de calcium peuvent inverser l'hypotension et la dépression respiratoire. Les patients reçoivent généralement 100 à 200 mg de calcium élémentaire par voie intraveineuse pendant 5 à 10 minutes. Pour accélérer la clairance rénale du magnésium, les diurétiques de l'anse et la diurèse saline sont des options intuitives. Chez les patients présentant un dysfonctionnement rénal sévère, la dialyse offre un moyen d'éliminer rapidement le magnésium. La dialyse péritonéale et l'hémodialyse sont efficaces pour abaisser les niveaux du magnésium. (39)

## CHAPITRE II : DESORDRES DE LA MAGNESEMIE

### 3-Supplémentions en magnésium

#### 3-1-Sels du magnésium

Le magnésium en supplémentation existe sous forme de "sel" de magnésium, c'est-à-dire une association de magnésium et d'un autre minéral, comme le chlorure, ou d'un élément organique comme le citrate.

Des dizaines de formes de magnésium existent : on distingue les sels inorganiques insolubles (oxyde, carbonate, hydroxyde), les sels inorganiques solubles (chlorure, sulfate), les sels organiques solubles (citrate, lactate, gluconate...) et les complexes organiques solubles (glycinate et bisglycinate).

Le magnésium que renferment ces sels est plus ou moins assimilable par l'organisme (biodisponibilité et solubilité). Moins le magnésium d'un sel est assimilable, moins il sera utilisé par l'organisme et plus l'effet laxatif sera important. (Voir tableau 5) (40)

**Tableau5 : Les différents sels du magnésium (40)**

Forme	Biodisponibilité	Teneur en magnésium élémentaire
<b>Bisglycinate de magnésium</b>	Très élevée	16%
<b>Citrate de magnésium</b>	Très élevée	16.2%
<b>Aspartate de magnésium</b>	Très élevée	7.5%
<b>Lactate de magnésium</b>	Très élevée	12%
<b>Glycérophosphate de magnésium</b>	Elevée	12.4%
<b>Chlorure de magnésium</b>	Elevée	12%
<b>Pidolate de magnésium</b>	Elevée	8.7%
<b>Gluconate de magnésium</b>	Elevée	5.4%
<b>Oxyde de magnésium</b>	Faible	60.3%
<b>hydroxyde de magnésium</b>	Faible	41.5%
<b>Carbonate de magnésium</b>	Faible	40%

## CHAPITRE II : DESORDRES DE LA MAGNESEMIE

---

**3-2-Indications :** le magnésium est un minéral essentiel avec des preuves d'efficacité dans le traitement de l'éclampsie et de la prééclampsie, de l'arythmie, de l'asthme sévère et de la migraine. Le Centre National de Médecine Complémentaire et Alternative (NCCAM) étudie actuellement le rôle de la supplémentation en magnésium dans l'asthme persistant léger à modéré. Il y a peu d'études pour soutenir une large utilisation du magnésium pour traiter la constipation et la dyspepsie. Certaines des indications potentielles qui nécessitent une enquête plus approfondie comprennent la réduction du risque de syndrome métabolique, le traitement des crampes dans les jambes chez les femmes enceintes, la prévention de l'ostéoporose et le soulagement de la dysménorrhée. (41)

**3-3-Effets indésirables :** La supplémentation orale est généralement sûre et bien tolérée. Certains cas de nausées, vomissements, diarrhée ont été rapportés. Un surdosage peut entraîner une hypotension, une faiblesse musculaire et un coma.(41)

**3-4-Contre-indications :** La supplémentation en magnésium ne doit généralement pas dépasser le niveau d'apport supérieur tolérable ajusté en fonction de l'âge et doit être utilisée avec prudence chez les patients présentant un dysfonctionnement rénal ou ceux prenant certains médicaments. Les patients présentant une insuffisance rénale (clairance de la créatinine inférieure à 30 mL par minute) peuvent présenter un risque de blocage cardiaque ou d'hypermagnésémie. (41)

**3-5- Posologie :** Pour les adultes: 350 mg par jour de magnésium élémentaire. (41)

### **4- Dosage du magnésium dans les milieux biologiques :**

#### **4-1. les Méthodes colorimétriques :**

##### **a. La méthode au Bleu de xylidyle :**

En solution alcaline, les ions magnésium forment un complexe coloré violet en présence de bleu de xylidyle. En présence de GEDTA, qui complexe les ions calcium, la réaction est spécifique. L'intensité de la couleur violette est proportionnelle à la concentration de magnésium. (42)

## CHAPITRE II : DESORDRES DE LA MAGNESEMIE

---

### **b. la méthode au calmagite :**

La calmagite(acide 1-[1-hydroxy-4-methyl -2-phenylazo]-2naphtol-4-sulfonique),un indicateur métallo chromique qui forme dans un milieu alcalin un complexe coloré avec le magnésium. l'absorbance du complexe est mesurée à 510-550 nm et est proportionnelle à la concentration en magnésium dans le spécimen . (43)

### **4-2. La méthode à la spectroscopie d'émission à l'aide d'un générateur inductif de plasma : Inductively Coupled Plasma (ICP) :**

Elle permet le dosage simultané de plusieurs éléments et l'analyse de petits échantillons biologiques. Cette technique est destructrice et nécessite un personnel spécialisé pour l'effectuer. Elle ne permet pas de faire la distinction entre la forme libre et la forme liée de l'ion analysé. (44)

### **4-3. Spectrométrie d'absorption atomique(SAA) :**

Pour évaluer le magnésium dans des échantillons biologiques, la spectroscopie d'absorption atomique (SAA) est probablement la technique la plus répandue. Elle présente l'avantage d'être appliquée à toutes sortes d'échantillons biologiques. Mais ses principaux inconvénients sont : la préparation des échantillons (généralement des extraits acides), l'étalonnage des instruments et la lenteur de l'analyse.

De plus, la SAA avec flamme pose deux problèmes: la sécurité car elle nécessite l'utilisation d'un gaz (un mélange air / acétylène) pour brûler les échantillons, et la taille de l'échantillon (millions de cellules ou grammes de tissu). Ces inconvénients sont en partie réduits par la spectrométrie d'émission à l'aide d'un générateur inductif de plasma (ICP-AES). (44)

### **4.4. Dosage du magnésium par électrode sélective :**

$Mg^{2+}$  peut être mesuré potentiométriquement à l'aide d'une électrode sélective d'ions qui, avec une électrode de référence, forme un système électrochimique. Le  $Mg^{2+}$  ionisé peut être mesuré dans le sang total, le sérum ou le plasma, ou dans les cellules comme les érythrocytes. Comme dans le cas du  $Ca^{2+}$ , plusieurs interférences, telles que des changements de pH( dus à la perte de  $CO_2$ ) peuvent influencer l'équilibre complexe du  $Mg^{2+}$  dans un sérum . Les principaux inconvénients de cette technique sont le manque de spécificité des électrodes et les temps de



## CHAPITRE II : DESORDRES DE LA MAGNESEMIE

---

réaction assez longs . Un développement de cette technique est représenté par des microélectrodes sélectives ioniques, qui peuvent être appliquées à des cellules vivantes entières. (44)

### **4.5. Dosage du magnésium par méthode enzymatique :**

Dans le dosage basé sur la glycérol kinase, le produit de la réaction (glycérol-3-phosphate) est oxydé en dihydroxyacétone phosphate et  $H_2O_2$  en utilisant la glycérophosphate oxydase. Ensuite, une peroxydase utilise le  $H_2O_2$  produit pour réduire un substrat chromogène, dont la formation est proportionnelle à la concentration en magnésium. (44)

**CHAPITRE III : MAGNESIUM DANS  
L'EAU**

## 1. Cycle de l'eau :

Le cycle hydrologique est l'ensemble des phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre. Le fait que les mécanismes régissant le cycle hydrologique surviennent d'une façon concomitante et permanente, il n'a ni commencement, ni fin. On distinguera alors un cycle externe et un cycle interne. (45)

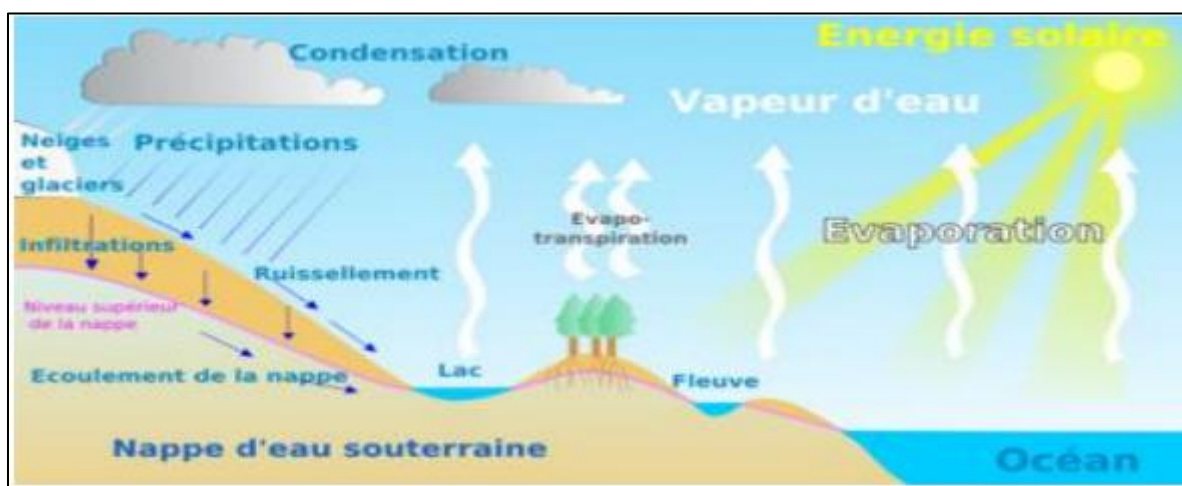


Figure 12 : le cycle de l'eau(46)

**1.1. Cycle externe :** Sous l'effet de la chaleur du soleil, l'eau des fleuves, des mers, et des lacs s'évapore et devient de la vapeur d'eau qui forme les nuages qui sont poussés par le vent. Lorsqu'ils traversent des régions froides, la vapeur d'eau se condense(45). Elle retombe sur le sol par le biais de précipitation, ou elle ruisselle et s'infiltre dans le sol. Une partie retourne à l'océan et s'évapore de nouveau.(46)

Les processus qui interviennent dans le cycle de l'eau (évaporation, évapotranspiration, précipitation, interception, ruissellement, infiltration) sont des mécanismes déterminés principalement par la force de gravité, l'énergie thermique du soleil, la différence de pression atmosphérique, l'attraction solaire et lunaire.(46)

### 2. Types des eaux de consommation :

#### 2.1. Eau de surface :

**2.1. a. Eau de distribution :** l'eau de robinet est prélevée soit dans des nappes souterraines, soit en eau superficielle. Cette eau est analysée et souvent traitée pour la rendre potable, ensuite stockée puis distribuée via un réseau de canalisations jusqu'à nos robinets.

La qualité de l'eau du robinet est très réglementée et soumise à de nombreux contrôles sanitaires. (45) voir Annexe I(47)

**2.1. b. Eau de source :** une eau d'origine exclusivement souterraine, destinée à la consommation humaine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution.(48)

Les seuls traitements qui sont appliqués aux eaux de sources sont : la filtration, l'aération et la décantation afin d'éliminer les éléments instables. (49)

**2.1.c .Eau minérale :** une eau microbiologiquement saine provenant d'une nappe ou d'un gisement souterrain, exploitée à partir d'une ou plusieurs sources naturelles ou forées, à proximité desquelles elle est conditionnée. Elle se distingue des autres eaux potables par sa pureté, et par sa teneur spécifique en sels minéraux, oligo-éléments ou autres constituants. Ces eaux minérales naturelles peuvent posséder des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine.(48)

#### 2.1.c .1.Propriétés :

Les eaux minérales sont des eaux souterraines ayant des propriétés particulières ; leur composition minérale constante, leur pureté originale, ne subissent aucun traitement chimique et ont des effets favorables sur la santé reconnu par le conseil supérieur de santé.(46)

## CHAPITRE III : MAGNESIUM DANS L'EAU

---

### 2.1.c .2 . Réglémentation :

#### 2. a. Durée de conservation :

Les eaux embouteillées se conservent de un à deux ans. Elles doivent être maintenues à l'abri de la chaleur et de la lumière du soleil. (49)

#### 2. b Étiquetage :

L'étiquetage est défini comme étant les indications, les mentions, les marques de commerce ou de fabrique, étiquette accompagnant ou se référant à cette denrée alimentaire. (49)

#### 2. c. Mentions obligatoires :

Les mentions suivantes doivent être indiquées dans l'étiquetage d'eau embouteillées.(49)

- La dénomination de vente, par exemple : Eau de source, Eau minérale Naturelle
- La mention « à consommer avant le : » suivie de la date limite d'utilisation optimale ;
- Le volume net ;
- Le lot de fabrication ;
- Les conditions de conservation et d'utilisation ;
- L'adresse et le nom du fabricant ;
- La mention de la composition physico-chimique ;
- Le lieu où sont exploités la source et le nom de celle-ci ;
- L'indication des traitements éventuels.

## CHAPITRE III : MAGNESIUM DANS L'EAU

---

**2.1.c.3. Les normes de qualité des eaux minérales et des eaux de sources embouteillées :** voir Annexe II.(50)

**2.1.c.4 .La situation géographique des eaux minérales et des eaux de sources embouteillées en Algérie :** voir Annexe III.(49)

**2.2.Eau souterraine :** Les eaux souterraines sont des eaux se trouvant sous la surface du sol dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol. (45)

### 3. Composition d'eau :

Il y a 2 façons de classer les éléments chimiques que l'on rencontre dans une eau de consommation :

#### 1) soit :

- On se basant sur la nature chimique de l'élément
- cations :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , métaux lourds.
- Anions :  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{F}^-$
- gaz :  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  et ses dérivés :  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$
- Composes organique : pesticides, détergents, hydrocarbures
- 2) soit :
- on se basant sur la nature hygiénique de l'élément, selon l'OMS :
- Eléments liés à la potabilité de l'eau : cortège soufré, cortège azoté ...
- Eléments fondamentaux :  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  et ses dérivés :  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ .

- Eléments présentant un risque sur la santé :
- \* **éléments toxiques** : sont introduit d'une manière accidentelle dans l'eau :  
As, Hg.
- \* **éléments indésirables** : on peut les tolérer jusqu'à certains concentrations  
mais sont indésirables (Fe, Zn, Mn, ...)(51)

### 4. Magnésium dans l'eau :

**1. Origine** : le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature ; il contribue de façon significative à la dureté de l'eau. Il constitue environ 2,1 % de l'écorce terrestre. Sa grande solubilité, sa large utilisation, son abondance géologique font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes. La teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées d'où il provient de leurs dissolution.(52)

**2. Prélèvement** : pour doser la teneur en magnésium dans l'eau, il faut un prélèvement de 100ml d'eau effectué sur un récipient en plastique ou en verre. Si l'analyse est différée, il doit être stabilisé par addition d'acide nitrique , la mesure doit être impérativement effectué avant 1mois . (52)

### 3 .Méthode de dosage :

#### 3 .a. Méthode gravimétrique :

Le magnésium est précipité dans l'eau après l'élimination du calcium sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien qui après calcination permet le dosage des ions de magnésium sous forme de pyrophosphate.(51)

#### 3. b. Méthode colorimétrique :

L'addition de jaune thiazole à une solution magnésienne en présence d'amidon provoque la formation d'une plaque rouge orangée ou rouge dont l'intensité de couleur est proportionnelle à la quantité du magnésium qui est présente dans la prise d'essai. (51)

## CHAPITRE III : MAGNESIUM DANS L'EAU

---

### 3. c. Méthode complexométrique :

Le dosage de l'ensemble des alcalinoterreux (Mg et Ca) s'effectue par complexométrie (le réactif complexant est le complexon III = EDTA M/100 = versonate de Na) en milieu tamponné à pH 10 et en présence d'un indicateur métallochrome : noir Eriochrome T ou NET.

On peut déterminer le magnésium séparément après l'élimination du calcium sous forme d'oxalate de calcium.(51)

**3. d. Méthode par calcul :** Le magnésium peut être estimé par la différence entre la dureté totale et la dureté calcique.(52)

### 3. e. Spectrométrie d'absorption atomique (SAA) :

En spectrométrie d'absorption atomique (SAA) on utilise un générateur de photons dont la fréquence correspond à l'élément à doser (pour le magnésium  $\lambda=285,2\text{nm}$ ). Une population d'atomes, générée par un atomiseur à partir de l'échantillon, est éclairée par ce rayonnement lumineux de longueur d'onde donnée. Les atomes absorbent cette énergie incidente pour passer du niveau fondamental au niveau énergétique excité et le nombre de photons absorbés dans ce rayonnement incident peut être relié à la concentration par la relation :  $A = k C$

A = absorbance,

C = concentration de l'élément considéré dans la solution à analyser,

k = coefficient spécifique à chaque élément

L'absorbance est proportionnelle au nombre d'atomes présents à l'état fondamental sur le trajet optique.(52)

**3.f. spectrométrie d'émission avec plasma à couplage inductif (ICP) :** l'analyse par spectrométrie d'émission atomique repose sur l'étude des radiations émises par les atomes passés dans un état excité, généralement ionisé. Pour dissocier les échantillons en leurs éléments constitutifs, on utilise ici un plasma. Un plasma est un mélange gazeux à haute température de particules neutres (atomes, molécules) et de



## CHAPITRE III : MAGNESIUM DANS L'EAU

---

particules chargées (électrons, ions). Ces dernières apportant au plasma ses propriétés. Le gaz utilisé en ICP est l'argon :  $\text{Ar} \longleftrightarrow \text{Ar}^+ + e^-$ . (52)

### 3. g. Dosage par chromatographie ionique :

La chromatographie est un procédé physicochimique qui permet la séparation des constituants d'un mélange.

Le mécanisme de cette séparation par échange d'ions repose sur une compétition entre des ions de même charge présents respectivement dans l'échantillon et dans la phase mobile vis-à-vis du groupement fonctionnel de la phase stationnaire de charge opposée. La phase stationnaire comporte en surface des sites ionisables (et échangeables, de type échangeurs d'ions) et la phase mobile est une solution aqueuse de sels contenant l'ion appelé « ion développeur », qui entre en compétition avec les ions de même charge de l'échantillon pour l'échange ionique sur les sites échangeables de la phase stationnaire. Ces échanges assurent la séparation des ions présents dans l'échantillon, le composé étant d'autant mieux retenu par la phase stationnaire que la charge qu'il porte est élevée. (52)

Pour le dosage du Mg, on utilise une colonne cationique qui contient le groupement sulfonate  $\text{SO}_3^-$  pour les échangeurs dits cationiques forts ou carboxylique  $\text{COO}^-$  pour les échangeurs cationiques faibles.(52)

**4. Normes :** les anciennes directives du conseil des communautés européennes indiquaient comme teneur du magnésium dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de 30 mg/L et une concentration maximale admissible de 50 mg/L. L'ancienne réglementation française retenait comme valeur limite 50 mg/L.(52)

La réglementation algérienne indique que la teneur en magnésium dans les eaux de sources ne doit pas dépasser 150 mg/L . (48)

Elle n'indique aucune valeur pour les eaux de distribution.

# **PARTIE PRATIQUE**

# **MATERIELS ET METHODES**

# I. MATERIELS ET METHODES

---

## I.1.Question de recherche :

Quel est le statut en magnésium chez une population adulte habitant dans la wilaya de Tlemcen et quelle est la teneur de ce minéral dans les eaux consommées dans cette région ?

## I.2.Objectifs :

### ❖ Objectif principal :

Evaluer la teneur du magnésium plasmatique chez une population constituée d'étudiants et de travailleurs de l'université Abou Backr Belkaid Tlemcen.

### ❖ Objectif secondaire :

- ✓ Evaluer la teneur du magnésium dans les eaux consommées dans cette région et les classer en fonction de leur richesse en Mg.
- ✓ Etudier la relation entre l'hypomagnésémie et les différentes variables sciodémographique
- ✓ Comparer la teneur en magnésium dans les eaux de robinet entre l'année 2020 et 2021
- ✓ Comparer la teneur en magnésium entre eaux brutes et eaux traitées

## I.3.Type d'étude :

Il s'agit d'une étude descriptive transversale qui vise à évaluer le taux du magnésium plasmatique chez une population adulte habitant dans la wilaya de Tlemcen. Cette étude est aussi expérimentale qui vise l'évaluation de la teneur du magnésium dans les eaux consommées dans cette région (eaux embouteillées, eaux de robinet, eaux de sources).

# I. MATERIELS ET METHODES

## 1.4. Lieu de l'étude :

La région où est effectuée notre étude est la Wilaya de Tlemcen qui est située dans l'ouest algérien. Elle compte 949 132 habitants sur une superficie de 10 182 km<sup>2</sup>. Tlemcen, Maghnia et Mansourah sont les plus grandes villes de la Wilaya parmi les 53 communes qui la composent. Elle est divisée en 20 daïras. (53)

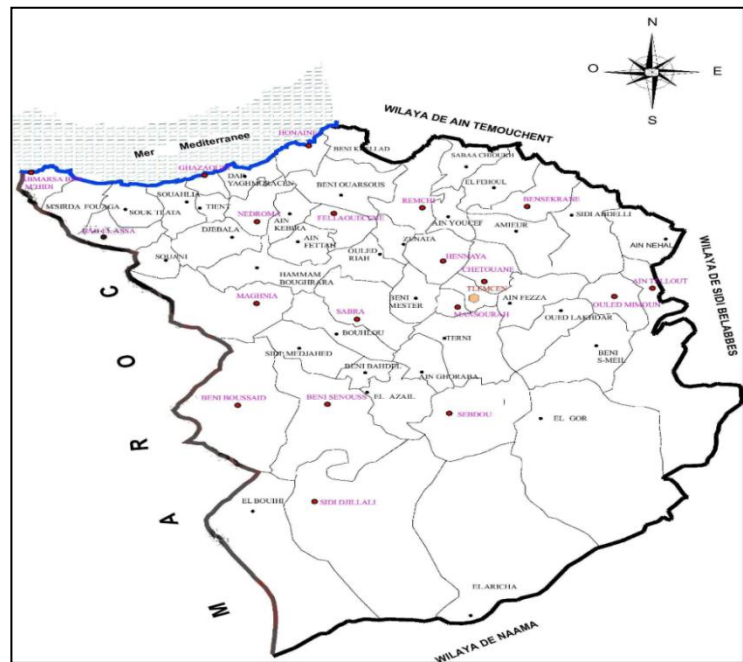


Figure13: situation géographique de la wilaya de Tlemcen

L'analyse a été effectuée dans le laboratoire d'hydrobromatologie de la faculté de médecine Tlemcen.

## 1.5. Facteurs étudiés :

- Le taux du magnésium plasmatique chez une population adulte constituée d'étudiants et de travailleurs de l'université Abou Backr Belkaid Tlemcen.
- La teneur du magnésium dans les eaux consommées dans la wilaya de Tlemcen( eaux de sources, de robinet et les eaux embouteillées).

## 1.6. Critère de jugement :

Dosage expérimentale des deux paramètres :

- Magnésium plasmatique par méthode colorimétrique (spectrophotométrie d'absorption moléculaire uv - visible)
- Magnésium hydrique par titrage volumétrique (complexométrie)

## I. MATERIELS ET METHODES

---

### I.7. Population étudiée :

- **Magnésium hydrique** : dosage du magnésium dans des échantillons d'eaux qui ont été prélevés à partir des :
  - eaux embouteillées commercialisées au niveau de la wilaya de Tlemcen(366 échantillons ont été analysés appartenant à 14 marques différentes).
  - eaux de sources exploitées à la consommation humaines (65 sources ont été analysées).
  - eaux de distribution dans les ménages de la wilaya de Tlemcen (54 échantillons ont été analysés).
- **Magnésium plasmatique** : dosage du magnésium dans des échantillons de sang(plasma) provenant d'une population adulte constituée d'étudiants et de travailleurs de l'université Abou Backr Belkaid Tlemcen. .

**Critères d'inclusion** : ont été inclus dans l'étude , les personnes qui acceptent de participer à l'étude âgés de 18 à 65ans,de sexe confondu (homme et femme), habitant dans la wilaya de Tlemcen et qui travaillent ou étudient dans l'université Abou Backr Belkaid . Pour faire le prélèvement sanguin, les participants étaient à jeun.

**Critères d'exclusion** : ont été exclus de l'étude tous plasma hémolysés ou lipémiques.

### I-8- Unité statistique:

- **Magnésium hydrique** :
  - **Eaux embouteillées** : la taille de l'échantillon nécessaire a été calculée à partir d'un questionnaire diffusé en ligne portant sur la consommation de ces eaux auprès des habitants de la wilaya de Tlemcen.
  - Nous avons retiré la fréquence de consommation de ces eaux pour calculer la taille de l'échantillon nécessaire, 366 échantillons correspondant à 14 marques différentes ont été prélevés au hasard et analysés. Nous avons prélevé 5 échantillons pour chaque lots des différentes marques ce qui correspond à 22 lots pour la marque 6 , 14 lots pour la marque 10, 11 lots pour la marque 9, 8 lots pour la marque 4, 3 lots pour la marque 5 et 1 lot pour les 8 marques restantes. Le questionnaire cité ci-dessus figure en annexe V.

## I. MATERIELS ET METHODES

---

- **Eaux de sources** : une liste complète des sources qui se trouvent dans la wilaya de Tlemcen a été retirée à partir de l'Algérienne Des Eaux de la wilaya de Tlemcen. 65 sources au total ont été prélevées et analysées. Le prélèvement a été fait dans des bouteilles en plastique. La situation géographique des sources figure en annexe III.
- **Eaux de distributions** : nous nous sommes basés sur les résultats communiqués de l'Algérienne Des Eaux durant la période allant de Janvier au Mai 2021. 54 échantillons ont été prélevés à partir de toutes les communes de la wilaya et analysés au niveau du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux en suivant la même méthode analytique.
  - **Magnésium plasmatique** :

### Taille de l'échantillon :

Les échantillons ont été prélevés à partir des personnes qui étudient ou travaillent dans l'université Abou Backr Belkaid Tlemcen. La taille de l'échantillon est calculée par la formule suivante :

$$n = t^2 \times p \times (1-p) / e^2$$

Avec:

n : Taille d'échantillon minimale pour l'obtention de résultats significatifs pour un événement et un niveau de risque fixé.

t: Niveau de confiance (la valeur type du niveau de confiance de 95 % sera 1,96)

p : proportion estimée de la population qui présente la caractéristique, dans notre cas c'est la fréquence d'hypomagnésémie dans la population générale.  $p=2,7\%$  (54)

e : Précision ou marge d'erreur (généralement fixée à 5 %)

Selon la formule et les données ci-dessus, la taille d'échantillon minimale à prendre est de 41. Le nombre des échantillons analysés dans notre étude est de 137 échantillons.

# I. MATERIELS ET METHODES

---

## Méthodes d'échantillonnage :

Un questionnaire a été diffusé chez les étudiants et les travailleurs de l'université Abou Baker Belkaid Tlemcen. Les personnes qui ont accepté d'être incluses dans cette étude ont été prélevées sur tubes héparinés. (Voir annexe IV)

## I-9-Transport et Conservation :

### ➤ Magnésium hydrique :

- **Eaux embouteillées** : les échantillons ont été transportés au laboratoire d'hydrologie de la faculté de médecine de Tlemcen le jour même du prélèvement ou ils sont conservés à température ambiante, l'analyse se fait soit le jour même soit le lendemain.
- **Eaux de sources** : les prélèvements ont été transportés au laboratoire d'hydrologie de la faculté de médecine le lendemain du jour de prélèvement et conservés à température ambiante. L'analyse a été faite dans un délai de 1 à 3 jours.
- **Eaux de distributions** : les échantillons ont été traités au niveau du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux le jour même du prélèvement.

### ➤ Magnésium plasmatique :

Le plasma a été séparé dans l'heure qui suit le prélèvement du culot globulaire par centrifugation, décanté et conservé dans des tubes Eppendorf à 4 °C jusqu'au moment de l'analyse. Cette dernière est faite soit le jour même du prélèvement soit le lendemain.

## I-10 Analyses des échantillons : Voir annexe VI

### ➤ Dosage de magnésium hydrique :

## Matériels et Réactifs :

- Matériels courant de laboratoire: balance analytique, agitateur magnétique, béchers, entonnoirs, erlenmeyer, cristalliseur, éprouvette graduée, burette graduée, fioles jaugées, pipettes, pissettes ...
- EDTA ou acide éthylène diamine tétracétique( complexon III M/100) comme réactif titrant
- NET noir eriochrome T indicateur coloré métallochrome
- Solution d'oxalate d'ammonium à 10%
- Solution tampon à pH 10



# I. MATERIELS ET METHODES

---

## Principe :

- **Methode complexométrique**

Le dosage de l'ensemble des alcalinoterreux (Mg et Ca) s'effectue par complexométrie (le réactif complexant est le complexe III = EDTA M/100 = versonate de Na) en milieu tamponné à pH 10 et en présence d'un indicateur métallochrome : noir Eriochrome T ou NET .

On peut déterminer le magnésium séparément après l'élimination du calcium sous forme d'oxalate de calcium.(51)

## Réactions mises en jeu :

- 1)  $Mg^{2+}_{(aq)} + NET_{(aq)} = Mg-NET_{(aq)}$
- 2)  $Mg^{2+}_{(aq)} + EDTA_{(aq)} = Mg-EDTA_{(aq)}$
- 3)  $Mg-NET_{(aq)} + EDTA_{(aq)} = Mg-EDTA_{(aq)} + NET_{(aq)}$

## Mode opératoire :

- Prélever 100 mL de l'eau à analyser et les placer dans un erlemeyer de 250 mL ;
- Ajouter 10 ml de solution d'oxalate d'ammonium et laisser reposer 30 min ;
- Filtrer et prenez 50 ml du filtrat ;
- Ajouter 2.5 mL de tampon pH 10 sous hotte aspirante et une pointe de spatule de NET.  
La solution prend une couleur rouge-violette ;
- Titrer la solution obtenue par de l'EDTA M/100 en agitant vigoureusement ;
- L'équivalence est déterminée au moment où la couleur rouge-violette disparaît au profit de l'apparition d'une couleur bleue du NET libéré en solution. (55)

## I. MATERIELS ET METHODES

---



**Figure15: virage de la couleur au point d'équivalence**

**Calcul :**

$$[\text{Mg}^{2+}] = n \times 0.24 \times 1000 / 45.45$$

$[\text{Mg}^{2+}]$  : la concentration de magnésium

n : chute de burette

45.45 : prise d'essai réelle de l'eau

110 ml de mélange  $\rightarrow$  100 ml d'eau

50 ml de mélange  $\rightarrow$  x ml d'eau

x = 45.45 ml

## I. MATERIELS ET METHODES

---

### ➤ Dosage du magnésium plasmatique :

**Principe :** méthode colorimétrique au calmagite

La méthode utilisée est basée sur celle décrite par Gindler, Heth et Khayam-Bashi. La calmagite (acide 1-[1-hydroxy-4-méthyl-2-phénylazo]-2-naphtol-4-sulfonique), un indicateur métallochromique, forme un complexe coloré, en milieu alcalin, avec le magnésium. L'absorbance du complexe est mesurée à 510-550 nm et est proportionnelle à la concentration en magnésium dans le spécimen. L'EGTA limite l'interférence du calcium, tandis que le cyanure de potassium (KCN) réduit celle des métaux lourds. Le polyvinylpyrrolidone (PVP) et un tensio-actif réduisent l'interférence des protéines et de la lipémie. (43)

**Réactifs :**

- flacon R1 REACTIF CALMAGITE : Calmagite > 223 µmol/L, KCN= 6,14 mmol/L  
AMP > 100 mmol/L, EGTA 250 µmol/L et Tensio-actifs
- flacon R2 ETALON : Magnésium 20 mg/L (0,822 mmol/L)
- Sérums de contrôle normaux et pathologiques.
- Eau distillée

**Matériels :**

**Matériels pour prélèvement :**

Seringue graduée 5 mL

Garrot.

Gants non stériles.

Antiseptique

Tubes héparinés

# I. MATERIELS ET METHODES

## Equipement de base de laboratoire d'analyses médicales.

Micropipettes

Embouts de micropipettes

Micro-tubes type Eppendorf

Tubes secs

Centrifugeuse

Agitateurs pour tubes(Vortex)

Spectrophotomètre UV visible

### Mode Opérateur:

- Ramener les réactifs et spécimens à température ambiante.
- La réaction est stable 60 minutes.

**Tableau 6: mode opératoire pour le dosage du magnésium par la méthode au calmagite (43)**

Mesurer dans les tubes a essais bien identifié	Blanc	Etalon	Dosage
Réactif R1	1 ml	1 mL	1 ml
Eau déminéralisée	10 µL		
Etalon R2		10 µL	
Specimen			10 µL

**Mélanger. Laisser reposer 5 minutes à température constante. Lire les absorbances de l'étalon et des essais à 530 nm (510-550) contre le blanc réactif.**



**Figure14 : mode opératoire de dosage du magnésium dans le sérum**

### **Calcul :**

Le résultat est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Résultat} = \text{Abs (Dosage)} \times \text{concentration de l'Etalon} / \text{Abs (Etalon)} .$$

Abs: absorption

Les résultats du dosage manuel sont confirmés sur automate en utilisant la même méthode de dosage.

**I-11- Traitement statistique :** les données collectées ont été analysées par le logiciel SPSS version 26.

Les variables qualitatives ont été présentées sous forme de pourcentage, les variables quantitatives ont été présentées sous forme de moyenne  $\pm$  écartypes .

Les tests statistiques utilisés sont le test de Chi- Deux, le test de l'ANOVA à 1 facteur et l'ANOVA bifactorielle ainsi que la corrélation.

### **I-12- Considérations éthiques :**

- Le consentement verbal éclairé des participants de l'étude a été pris avant le prélèvement sanguin.
- Absence de conflit d'intérêt.

# **RESULTATS DE L'ETUDE**

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 1. Présentation des résultats de la teneur en magnésium dans les eaux consommées au niveau de la wilaya de Tlemcen :

L'analyse a été faite sur 485 échantillons correspondant à :

- 366 échantillons d'eaux embouteillées
- 65 échantillons d'eaux de sources
- 54 échantillons d'eaux de distribution

#### 1-1-Analyse des eaux embouteillées :

##### 1.1. a. Moyenne de la teneur en magnésium des eaux embouteillées :

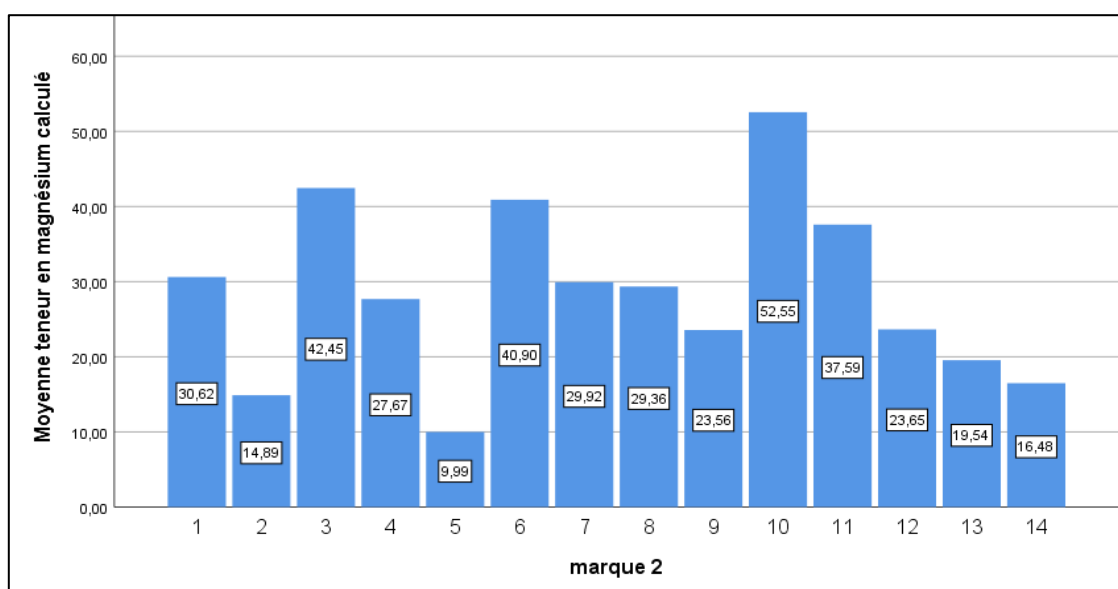
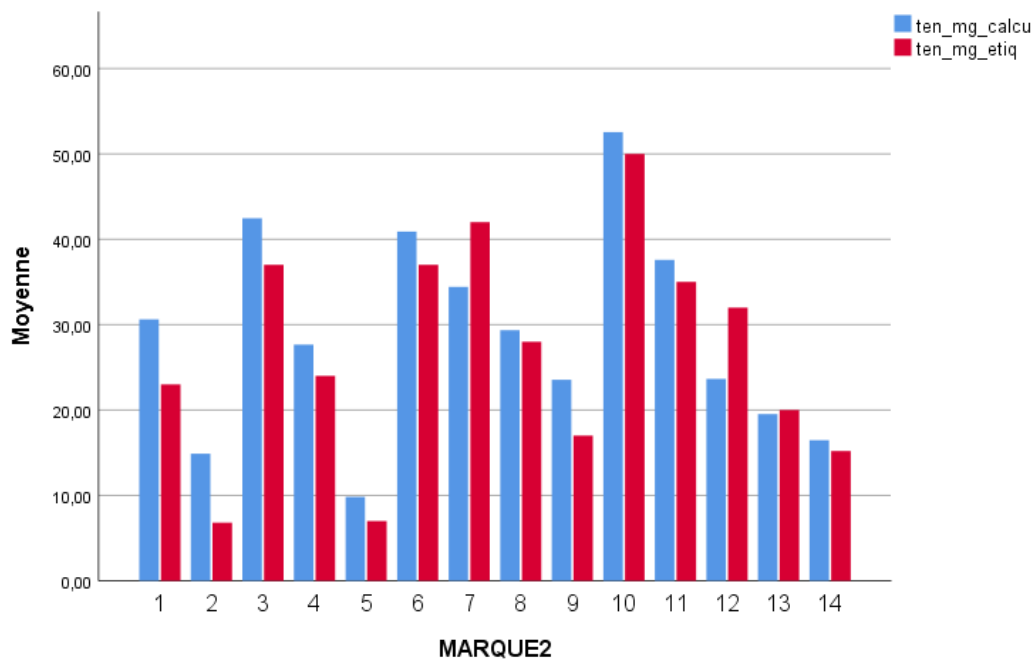


Figure 16 : Moyenne de la teneur en magnésium des eaux embouteillées analysées

- Les marques 10 ,6 , 3 sont les plus riches en magnésium ;
- 5 est la marque qui présente la plus faible teneur en magnésium parmi les eaux analysées.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 1.1.b. Comparaison graphique de la teneur en magnésium mesurée et celle mentionnée sur l'étiquette des eaux embouteillées:



**Figure 17 : Comparaison de la teneur en magnésium mesurée et celle mentionnée sur l'étiquette des eaux embouteillées commercialisées dans la wilaya de Tlemcen**

### 1.1. c. Comparaison statistique la teneur en magnésium de l'étiquette et celle mesurée par dosage des eaux embouteillées :

**Tableau 7 : comparaison de la teneur en magnésium de l'étiquette et celle mesurée par dosage des eaux embouteillées**

	t	Sig. (bilatéral)
<b>teneur en magnésium sur étiquette - teneur en magnésium mesurée par dosage</b>	-16,12	0,000

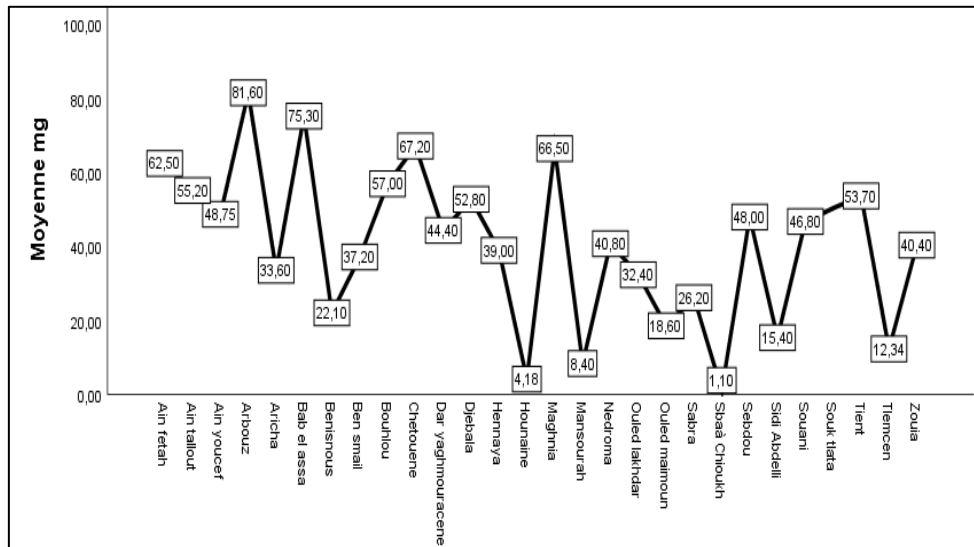
La comparaison entre la teneur en Mg figurant sur l'étiquette et celle mesurée par dosage montre une différence statistiquement significative ( $p < 0,05$ ). La teneur mesurée est supérieure à celle mentionnée sur l'étiquette.



## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 1-2-Analyse des eaux de distribution 2021 :

#### 1.2. a. Moyenne de la teneur en magnésium des eaux de robinets :

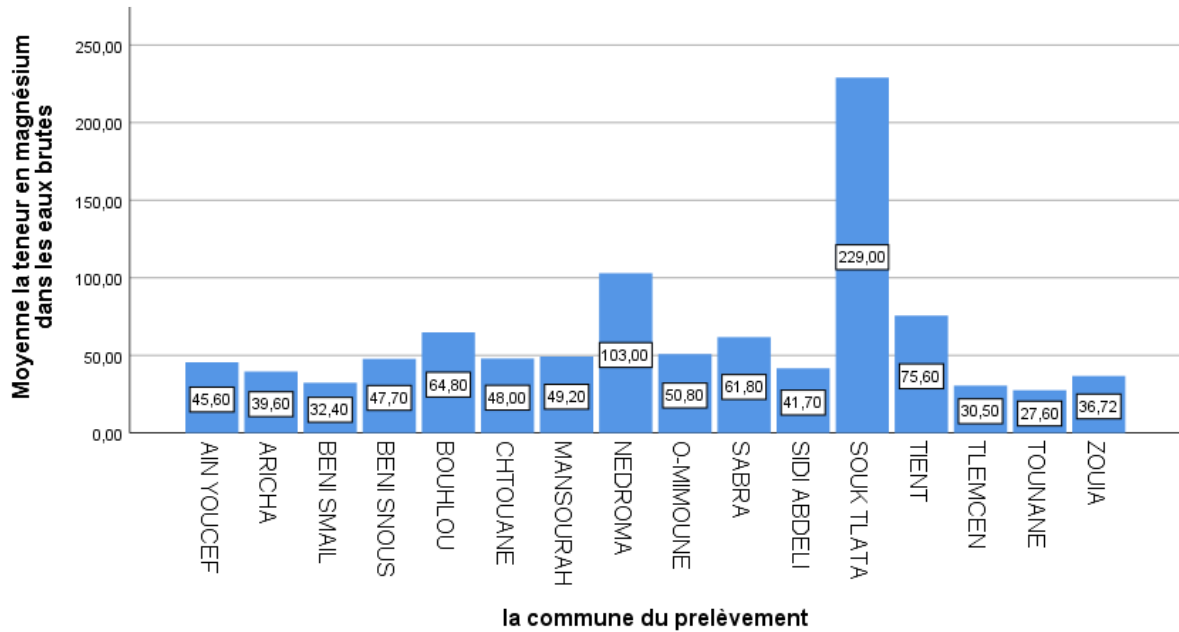


**Figure 18: Teneur en magnésium des eaux de robinets distribuées dans la wilaya de Tlemcen**

- les eaux distribuées dans les régions Arbouz suivi de Bab el Assa suivi de Chetouane et Maghnia sont plus riches en magnésium alors que celles distribuées dans les régions Sebbaa Chioukh et Honaine ont les teneurs les plus faibles .

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

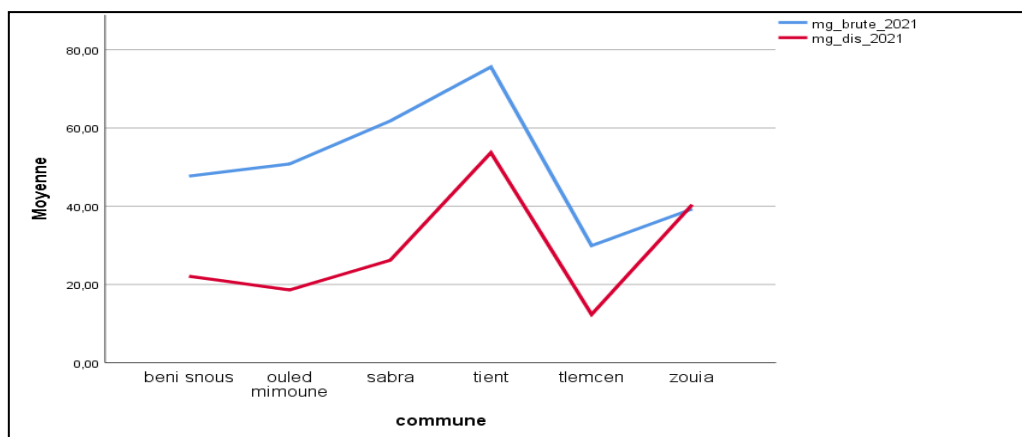
### 1.2.b. Moyenne de la teneur en magnésium des eaux brutes :



**Figure 19 : Teneurs en magnésium des eaux brutes (non traitées) de la wilaya de Tlemcen année 2021**

- Les eaux brutes de la région Souk tlata suivi de Nedroma sont les plus riches en magnésium .
- Par contre les regions Tounane suivi de Tlemcen ont une teneur plus faible .

### 1.2.c. Comparaison graphique des eaux brute et des eaux de distribution de la wilaya de Tlemcen :



**Figure 20: comparaison de la teneur en magnésium des eaux brute (avant traitement) et des eaux de distribution (après traitement) de la wilaya de Tlemcen pour l'année 2021**

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 1.2.d. Comparaison statistique de la teneur en magnésium des eaux brutes et des eaux de distribution :

**Tableau 8: comparaison de la teneur en magnésium des eaux brutes (avant traitement) et des eaux de distribution (après traitement) de la wilaya de Tlemcen pour l'année 2021**

	T	Signification bilatérale p
Teneur en Mg avant et après traitement	2,316	0,023

- L'application de test t de Student montre qu'il y a une différence statistiquement significative entre la teneur en magnésium pour les eaux traitées et les eaux brutes dans la wilaya de Tlemcen ( $p < 0.05$ ). Les eaux brutes ont une concentration plus élevée par rapport à celles traitées.

### 1-3- Analyse des eaux de sources 2021 :

#### 1.3.a. Moyenne de la teneur en magnésium des eaux de sources analysées :

**Tableau 9: teneur en magnésium dans les eaux de sources exploitées pour la consommation humaine dans la wilaya de Tlemcen**

Sources	Teneur en Mg ( mg/L )
Ouled bouhassoun	79.14
Ain bokarra	77.68
Ain wahab	70.71
Ain Hdjari	65.63
Sidi Afif	59.97
Ain beyada	59.53
Ain Beni Hediél	58.08
Sidi Boushak	57.07
Source d'Ourit	55.76
Sidi Amer	55.61
Ain Moussa	55.47
Birwana 1	53.84
Ain Jnane	53.52
Ain Laghballi	53.00
Sidi mjahed	51.55
Ain Benzenanou	50.82
Ain Atar	49.95
Tirmeli	49.37
Birwana	48.94
Ain Elhouata	48.93

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

Ain Beyada	48.81
Ain Djerf	48.79
Ain Boubil	48.71
Ain Bendou	48.61
Ain El Houanet	48.21
Mansourah	45.42
Chiguer	44.79
Tagma 1	44.72
Ain Zahra	44.58
Melilia 1	44.43
Ain wed Chouli	43.85
Ain Debar	43.56
Ain Ouriach	43.12
Ain djerf 2	42.65
Melilia 2	42.40
Ain Hout	41.24
Ghazaouet	39.92
Terrain Benosmane	39.44
Attar 2	38.81
Chlaida	38.74
Ain Douz 1	36.83
Sid Elhaloui	36.73
Nedroma	36.35
Ain Ben Taoues	35.14
beni Boublen 2	34.93
Sidi Lahcen	34.85
Oued Chouli	34.32
Ain Fezza	33.17
Ain Karadja	32.52
Ain El Hammam	32.07
Ain Douz 2	32,07
Ain Djerir	31.51
Mezoughene	31.22
Tagma 2	29.46
Ain Onejla	28.99
Ain ourbin	28.75
Tizert	27.30
Bouhrara	27.20
Ain Tizi	26.25
Ain Karrat	24.59
Arbouz	24.11
Tirni	24.10
Taslit 2	23.08
Taslit 1	21.62
Soubane	19.16

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

- la source de Soubane a la teneur la plus faible en magnésium par contre la source Ouled bouhassoun est la plus riche en magnésium dans la wilaya de Tlemcen ;
- les source Ain boukarra et Ain wahab présentent aussi des teneurs importantes en magnésium et qui sont respectivement 77.68mg/L et 70.71mg/L ;
- La majorité des souces analysées ont une teneur qui varie entre 30 mg/L - 50mg/L.

### 1.3.b. Statistique descriptive de la teneur en magnésium des eaux de sources :

**Tableau 10: statistique descriptive de la teneur en magnésium dans les eaux de sources de la wilaya de Tlemcen**

TENEUR mg/l	N		65
	Minimum		19.16
	Maximum		79.14
	Moyenne		42.79
	Mode		32,07
	Etendu		60
	Percentiles	25%	
50%			43.12
75%			50.38

- La teneur moyenne en magnésium dans les eaux analysées est de 42.79 mg/L ;
- La teneur minimale est 19.16mg/L ;
- La teneur maximale est 79.14 mg/L ;
- 25% des eaux analysées ont une teneur inférieure à 32.92mg/L ;
- 50% des eaux analysées ont une teneur inférieure à 43.12mg/L ;
- 75% des eaux analysées ont une teneur inférieure à 50.38mg/L ;
- La teneur la plus retrouvée dans les eaux de sources analysées est de 32.07 mg/L .

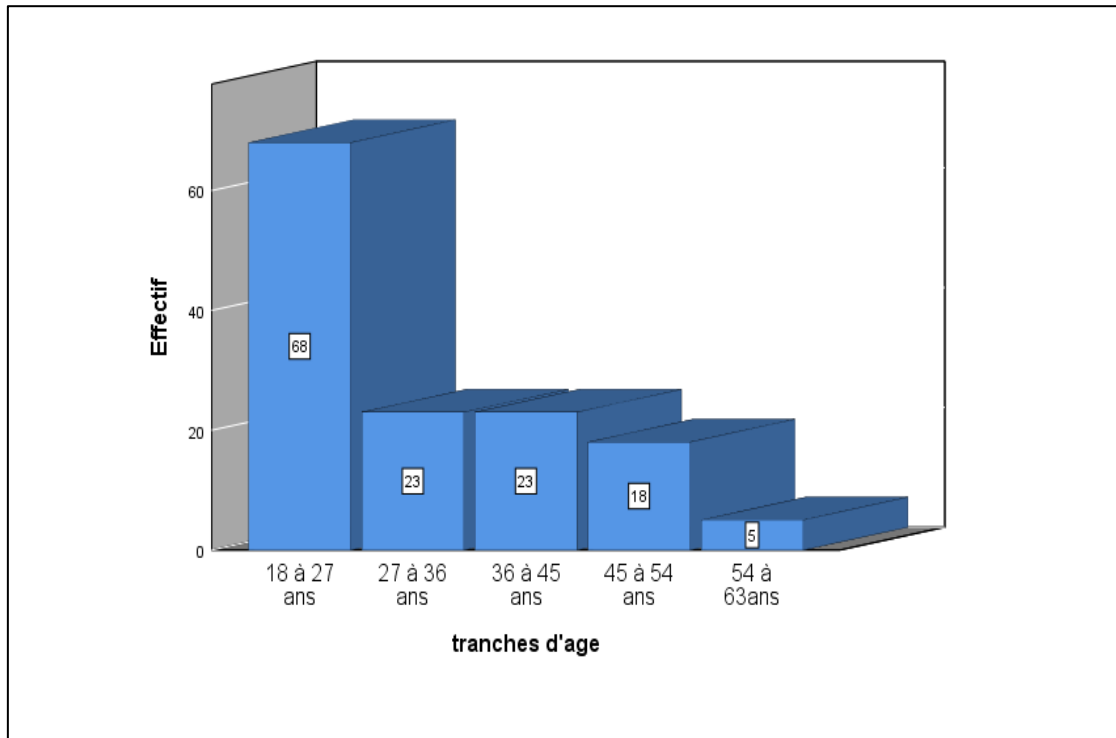
## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 2. Présentation des résultats de la teneur en magnésium plasmatique chez la population étudiée :

Nous avons analysé 137 échantillons de plasma correspondant à 137 participants.

#### 2-1- Description de la population étudiée :

##### 2-1-1- Description de la population étudiée selon l'âge :

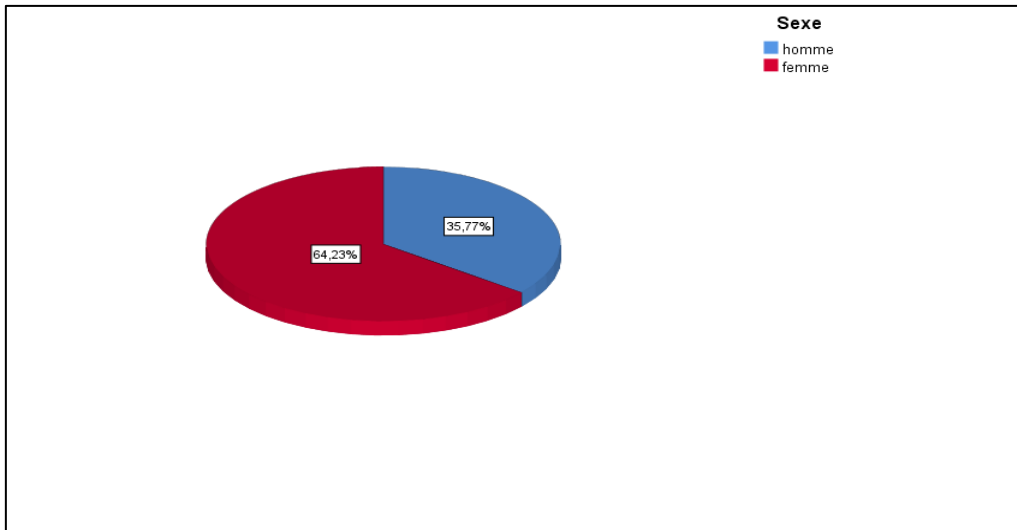


**Figure 21: Répartition de la population selon l'âge**

- L'age moyen est 32 ans
- L'age maximal est 62 ans
- L'age minimal est 18 ans
- La tranche d'age majoritaire est [18-27 ans] (N=68) ce qui correspond à 46,64% de la population étudiée.

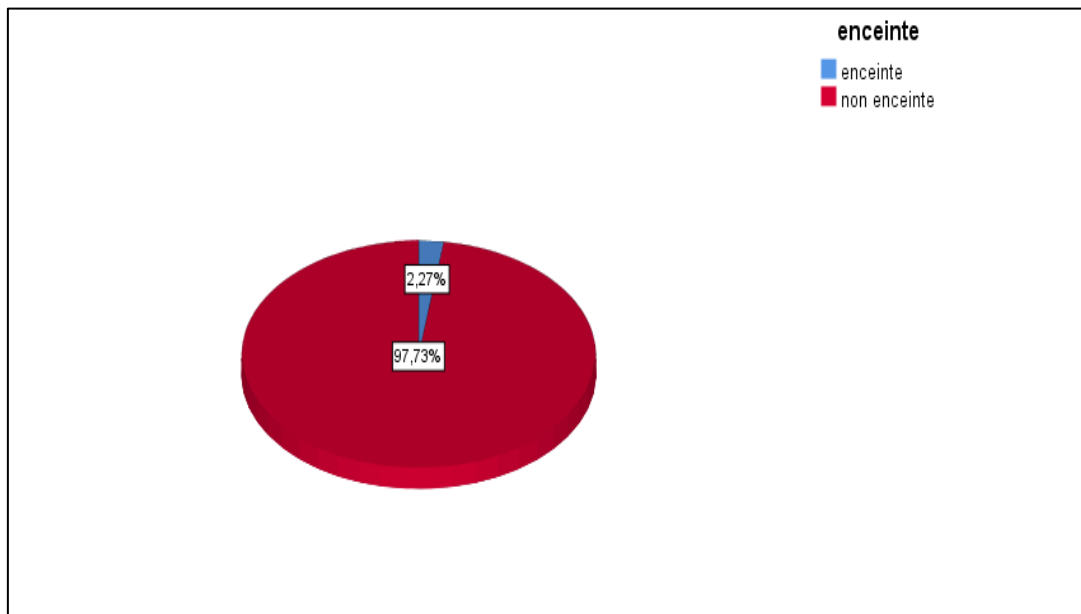
## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 2-1-2- Description de la population étudiée selon le sexe :



**Figure 22 : Répartition de la population selon le sexe**

- 64.23% des participants sont des femmes avec un sex ratio de 2 .

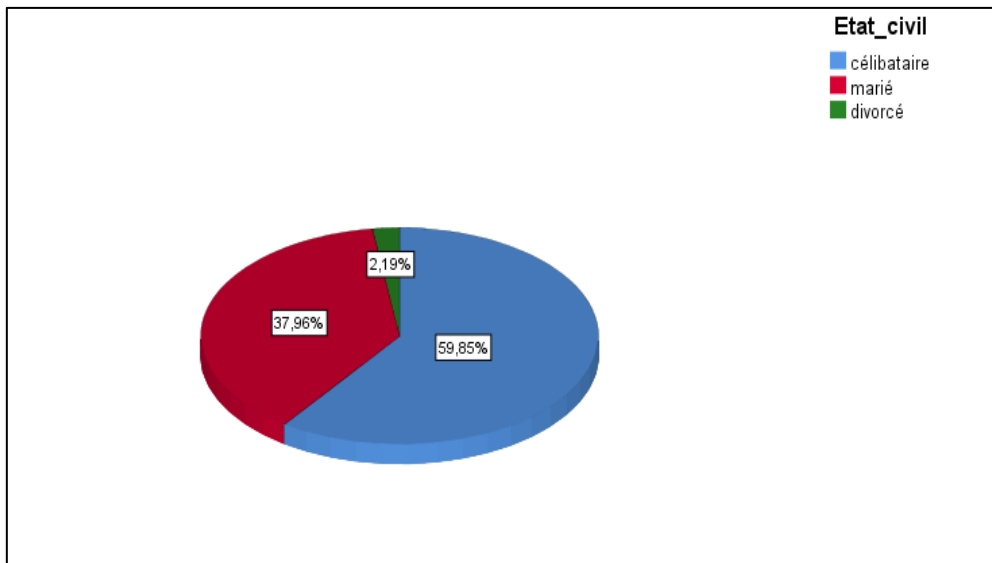


**Figure 23: Répartition de la population féminine selon qu'elle soit enceinte ou non**

- 2,27% des femmes participantes sont enceintes .

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

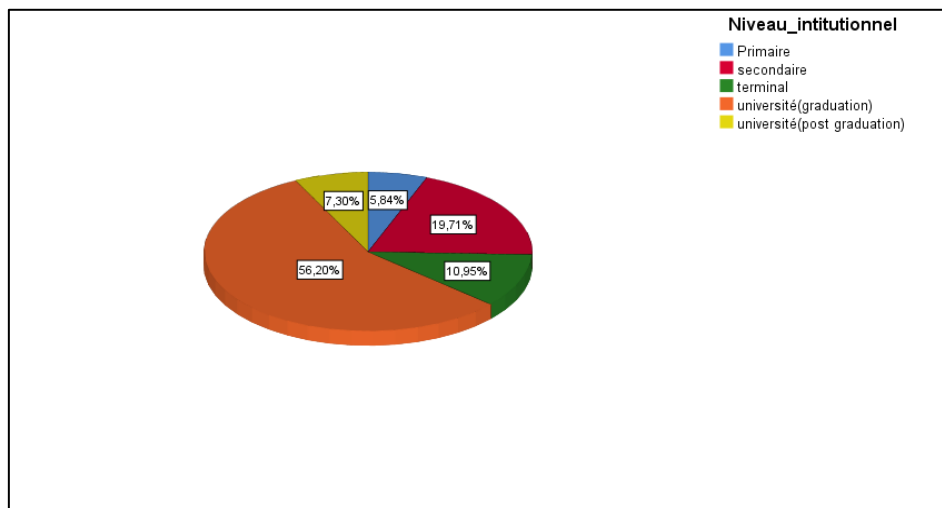
### 2-1-3- Description de la population étudiée selon l'état civil :



**Figure 24 : Répartition de la population selon l'état civil**

- La majorité des participants (59,85%) sont célibataires
- 37,96% sont mariés
- 2,19% sont divorcés

### 2-1-4- Description de la population étudiée selon le niveau institutionnel :



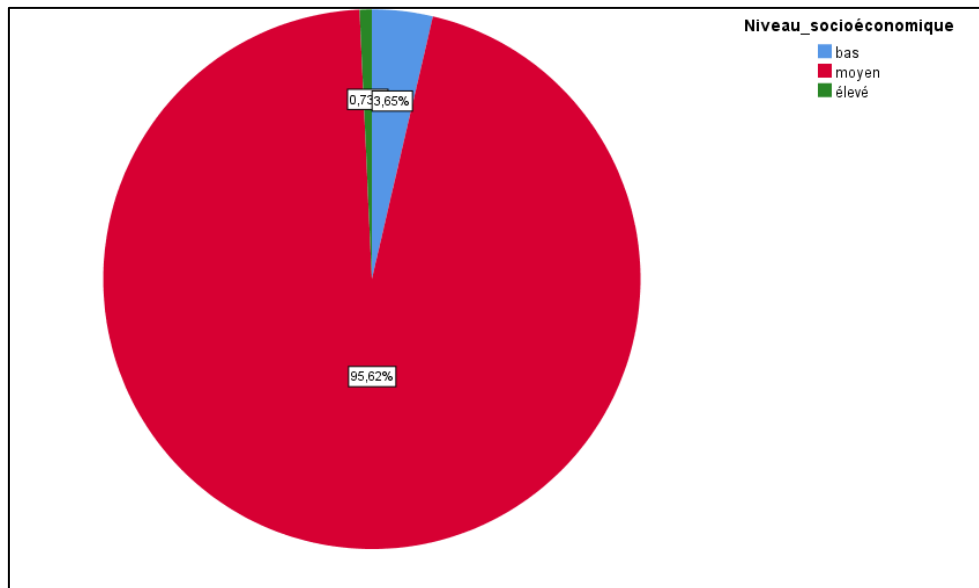
**Figure 25: Répartition de la population selon le niveau institutionnel**

- La majorité des participants (63,5%) ont un niveau universitaire.



## II. RESULTATS DE L'ETUDE

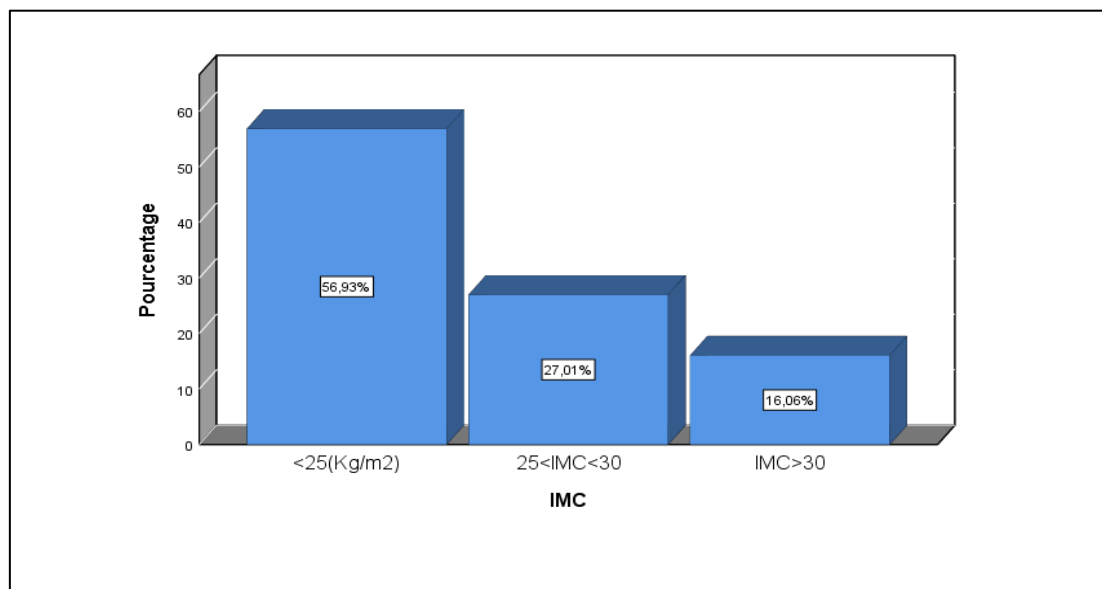
### 2-1-5- Description de la population étudiée selon le niveau socio-économique :



**Figure 26 : Répartition de la population selon le niveau socio-économique**

- La majorité des participants (95,62%) ont un niveau socio-économique moyen.
- Seulement 3,65% ont un niveau socio-économique bas.

### 2-1-6- Description de la population étudiée selon l'indice de masse corporelle (IMC) :

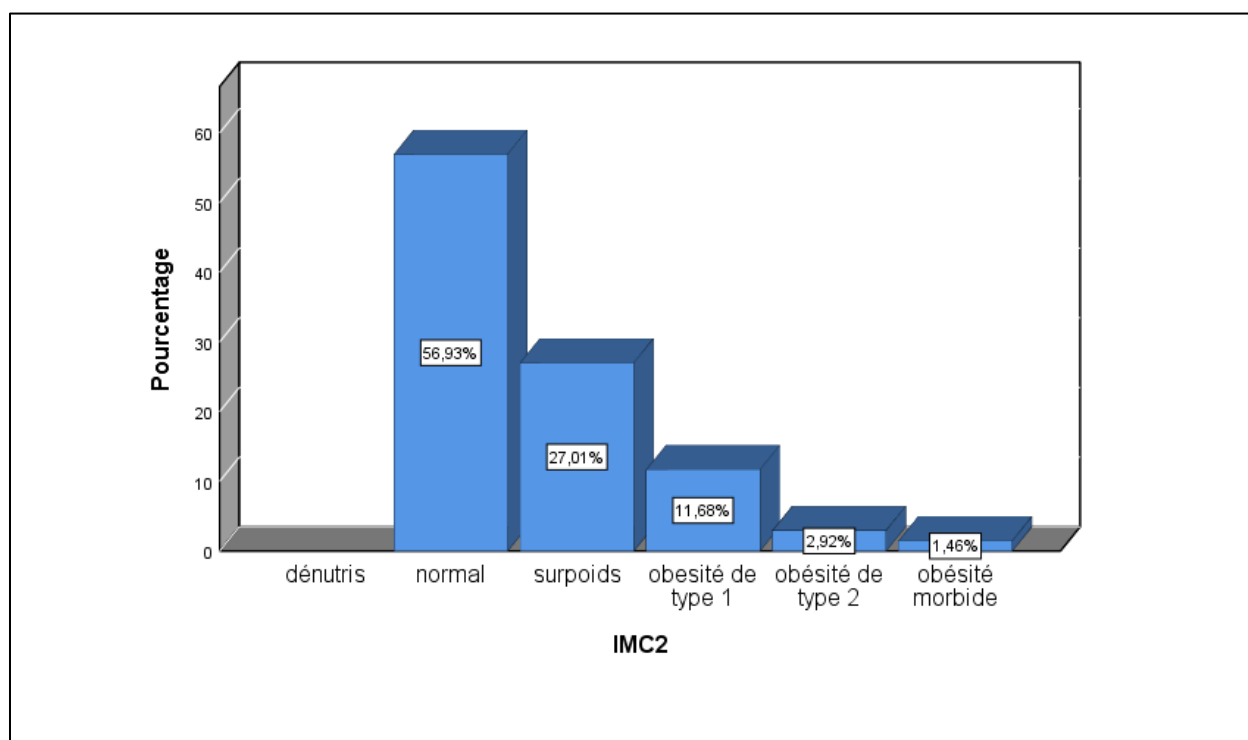


**Figure 27 : Répartition de la population selon l'indice de masse corporelle**

- Plus de la moitié des participants (56,93%) ont un poids normal (IMC<25) ;
- 27,01% ont un surpoids (25≤IMC<30) ;

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

- 16,06% sont obèses ( $IMC \geq 30$ ).



**Figure 28: Répartition de la population selon le type d'obésité**

- 11,68% des participants ont une obésité de type 1 ( $30 \leq IMC < 35$ ) ;
- 2,92% ont une obésité de type 2 ( $35 \leq IMC < 40$ ) ;
- 1,46% des participants ont une obésité morbide de type 3 ( $IMC \geq 40$ ).

### 2-1-7- Description de la population étudiée selon les antécédents familiaux :

**Tableau 11 : Répartition de la population selon les antécédents familiaux**

Antécédents familiaux	% des participants présentant la maladie dans leurs familles
Diabète	56,2
Hypertension	59,9
Cardiopathie	21,9
Goitre	32,1
Rhinite allergique	24,8
Néphropathie	8,8
Alzheimer	10,9
Maladie neurologique autre que l'Alzheimer	12,4
Dépression	11,7
Cancer	16,1

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

- Hypertension artérielle, diabète, goitre, rhinite allergique, cardiopathie et cancer sont respectivement les pathologies les plus fréquentes chez les familles des participants.

### 2-1-8- Description de la population étudiée selon leurs antécédents personnels:

Tableau 12 : Répartition de la population selon leurs antécédents personnels :

Antécédents personnelles	% de la population présentant la maladie
Malabsorption	8
Diarrhée	4,4
Maladie cœliaque	4,4
Dépression	4,4
Dyslipidémie	0,7
Hypertension	5,1
Diabète	3,6

- Malabsorption, hypertension artérielle, diarrhée, maladie coeliaque,depression et diabète sont respectivement les pathologie les plus fréquentes chez les participants ;
- Selement 0,7% ont une dyslipidémie.

### 2-1-9- Description de la population étudiée selon la prise de tabac:

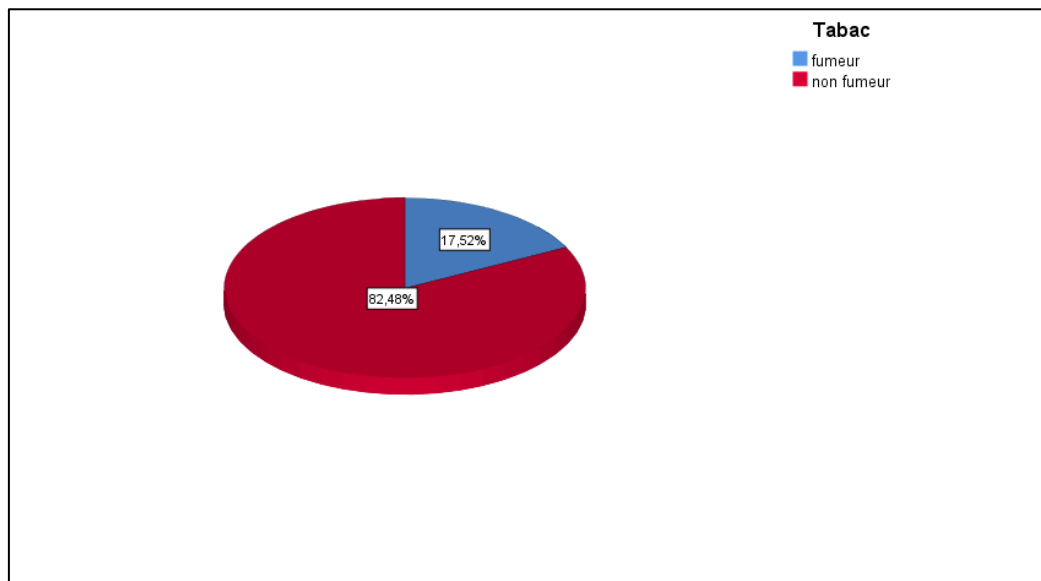
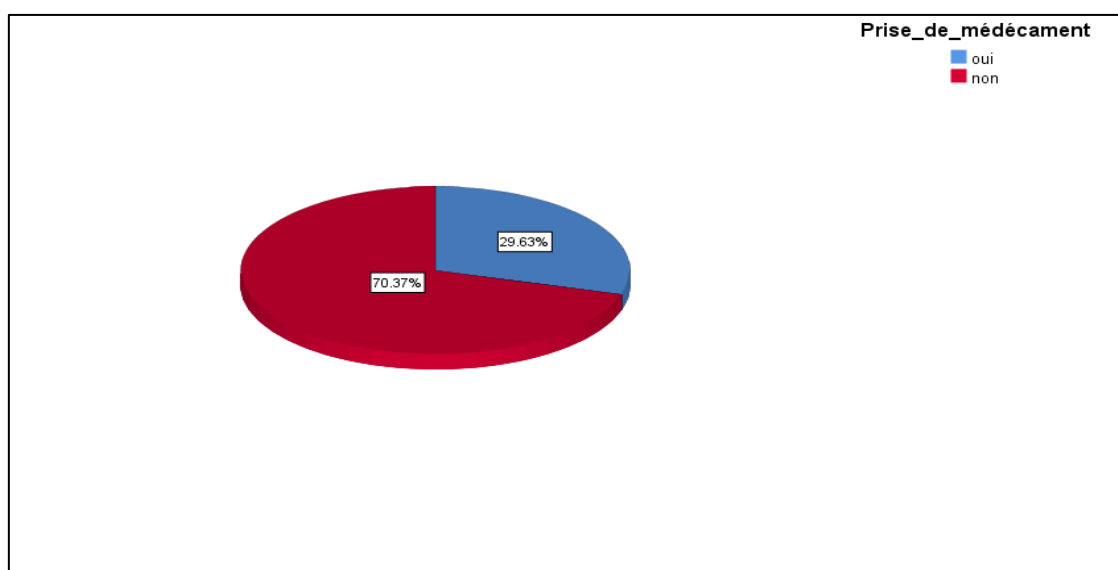


Figure 29: Répartition de la population selon la prise de tabac

- 17,52% des participants sont des fumeurs.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 2-1-10- Description de la population étudiée selon la prise de médicaments :



**Figure 30 : Répartition de la population selon la prise de médicaments**

- 29,63% des participants prennent au moins un médicament alors que 70,37 % ne prennent aucun médicament.

**Tableau 13: Répartition de la population selon le type de médicaments pris**

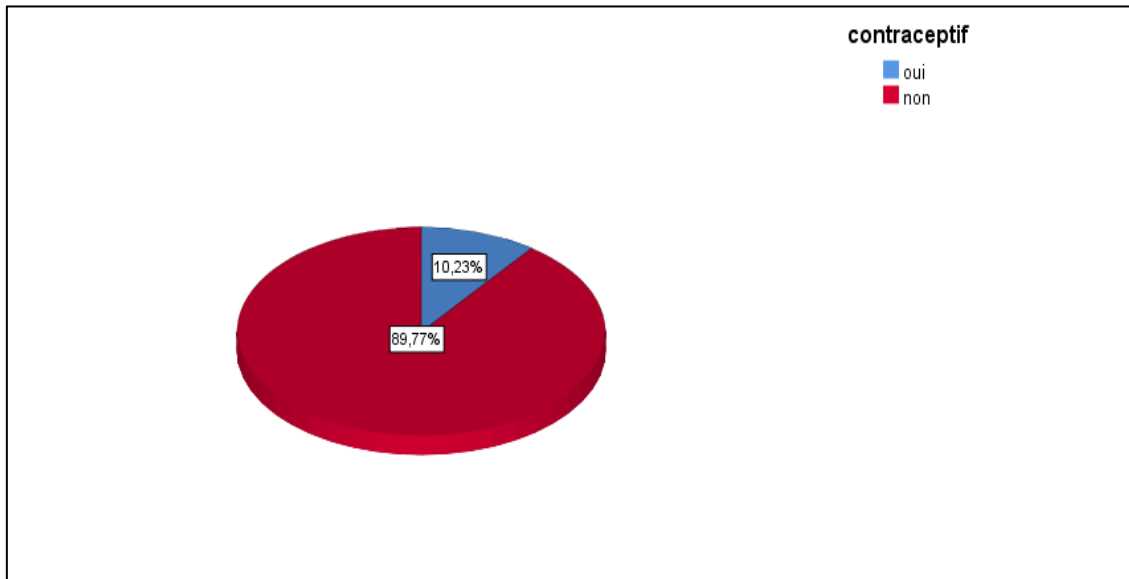
Médicaments	% de la population qui prend ce médicament
Laxatifs	3
Antibiotiques	6,7
Antiacide	4,4
Insuline	0,7
Antihistaminique	0,7
Antalgiques	2,2
Antidépresseur	3
AINS	0,7
Anti diarrhéiques	1,5
Fer	0,7
Antidiabétiques oraux	0,7
Antihypertenseur	1,5
Éthinylestradiol/ Cyprotérone	0,7
Levothyroxine	2,2
Lynestrénol	0,7

- Les antibiotiques, antiacides, laxatifs, antalgiques, levothyroxine et les antihistaminiques sont respectivement les médicaments les plus pris par les participants inclus dans l'étude ;

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

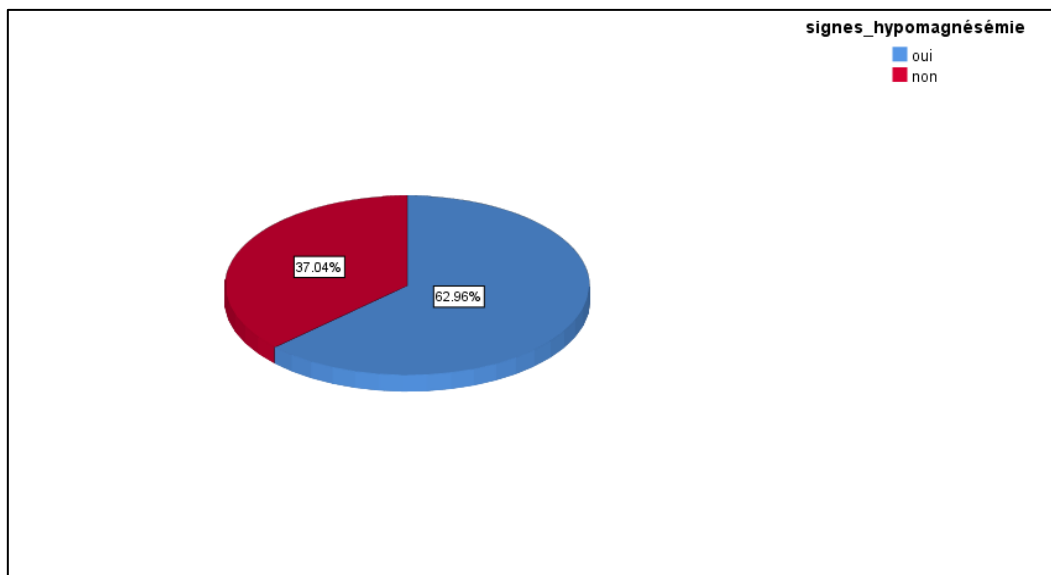
- Seulement 1,5% prennent des antihypertenseurs.

### 2-1-11- Description de la population féminine selon la prise des contraceptifs



**Figure 31: Répartition de la population féminine selon la prise des contraceptifs**

- Parmi les 88 femmes incluses dans l'étude, seulement 9 (10,23%) prennent des contraceptifs
- 2-1-12- Description de la population étudiée selon la présence de signe d'hypomagnésémie



**Figure 32 : Répartition de la population selon la présentation d'un des signes d'hypomagnésémie**

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

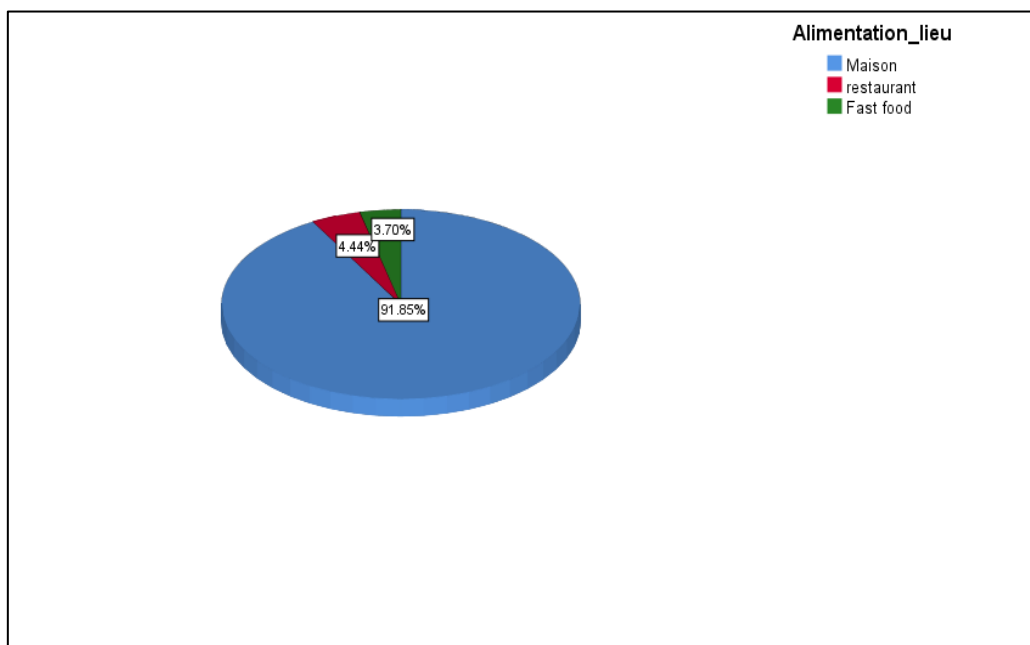
- 63% des participants présentent au moins un signe d'hypomagnésémie (fatigue, trouble de mémoire, arythmie, insomnie, crampes, tremblements et difficulté de concentration)
- Par contre 37% affirment qu'ils ne présentent aucun de ces signes.

**Tableau 14 : Répartition de la population étudiée selon les signes cliniques d'hypomagnésémie:**

Signes cliniques	% de la population présentant ces signes cliniques
Fatigue	43
Trouble de mémoire	21,5
Arythmie	0,7
Insomnie	19,3
Crampes	22,2
Tremblements	8,1
Difficulté de concentration	27,4

- Parmi les 63% participants qui présentent au moins un signe d'hypomagnésémie, les symptômes les plus fréquents sont respectivement :
  - la fatigue, difficulté de concentration, les crampes, troubles de mémoire et l'insomnie.
  - Les tremblements et l'arythmie sont des signes minoritaires.

### 2-1-12- Description de la population étudiée selon les habitudes alimentaires :

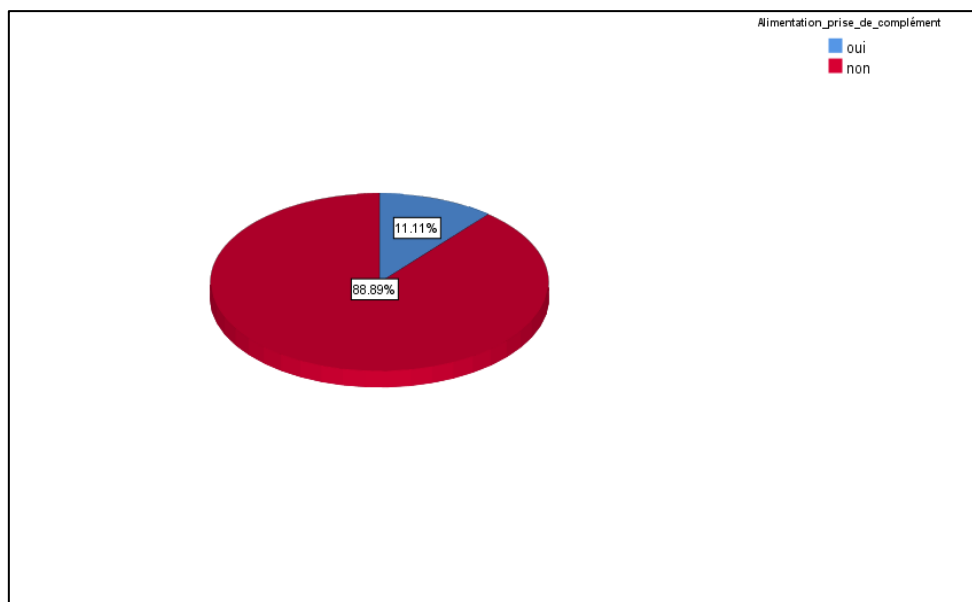


**Figure 33: Répartition de la population selon les habitudes alimentaires**

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

- La majorité des participants (91,85%) mangent plus à la maison
- 4,4% mangent plus dans les restaurants
- Et seulement 3,7% mangent plus au niveau des fast food.

### 2-1-13- Description de la population étudiée selon la consommation de compléments alimentaires à base de magnésium :



**Figure 34: Répartition de la population selon la consommation de compléments alimentaires contenant du magnésium**

-la majorité (88,89%) des participants ne prennent pas de compléments à base de magnésium, et seulement (11,11%) prennent ces compléments.

### 2-1-14- Description de la population étudiée selon le type de compléments alimentaires consommés:

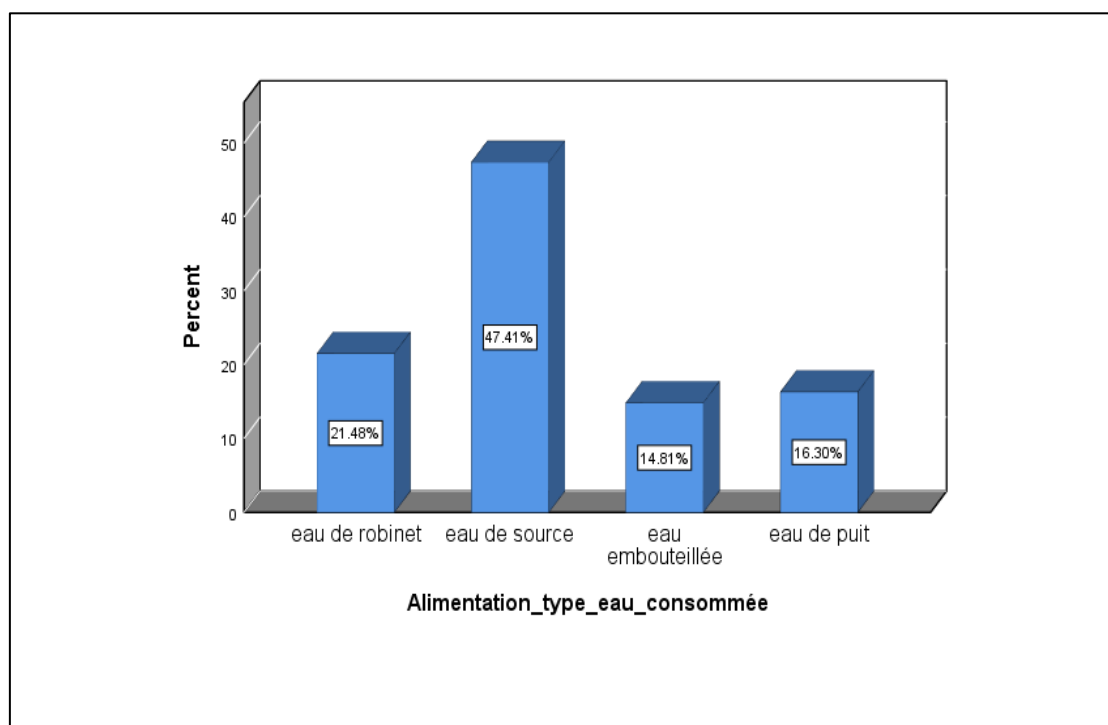
**Tableau 15 : Répartition de la population selon le type de complément consommé**

Complément	% de la population consommant ce complément
Additiva	1,5
Pyromag	1,5
Supradyn	2,3
Isomag	0,8
Vitamag	1,5

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

- Les compléments alimentaires suivants : supradyn ,additiva, pyromag, vitamag et isomag sont les compléments les plus consommés par les participants inclus dans l'étude .
- Il faut noter que 5 participants n'ont pas précisé le type de complément alimentaire qu'ils prennent.

### 2-1-15- Description de la population étudiée selon le type des eaux consommées:



**Figure 35: Répartition de la population étudiée selon le type d'eau consommée**

La majorité des participants de l'étude consomment les eaux de sources. Une minorité consomme les eaux embouteillées.

### 2-1-16- Description de la population selon la marque des eaux embouteillées consommées fréquemment:

**Tableau 16 : répartition de la population selon la marque d'eau embouteillée consommée fréquemment**

Marque	% des participants consommant cette marque
6	45
9	30
4	10



## II. RESULTATS DE L'ETUDE

- Parmi les 20 participants qui consomment les eaux embouteillées ,45% consomme plus la marque 6, 30% boivent beaucoup plus la marque 9et 10% consomment plus la marque 4.
- Il faut noter que les 15% restants n'ont pas précisé la marque.

### 2-1-17- Description de la population étudiée selon le type d'aliments consommés:

**Tableau 17: Répartition de la population selon les aliments consommés**

<b>Aliments</b>	<b>% de la population consommant ces aliments</b>
Epinards	36,6
Noix d'acajous	23,1
Pépine	7,5
Pain	87,3
Germe de blé	12,7
Betterave	37,3
Arachides	29,9
Chocolat	56,7
Noix de pin	3,7
Artichaut	32,8
Viande rouge	46,3
Viande blanche	87,3
Poisson	45,5
Pattes	61,2
Fritures	64,2

- Le pain,les viandes blanches,les fritures, les pattes ,le chocolat,les viande rouge, les poisson,le betterave,les épinards,et l'artichaut sont dans cette ordre décroissant les aliments les plus consommés par la population étudiée.
- La consommation des pépine,noix de pin,noix d'acajous, les arachides et le germe de blé est minoritaire.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 2-2- Description des résultats obtenus :

#### 2-2-1- Teneur en magnésium chez la population étudiée

Tableau 18: teneur en magnésium chez la population étudiée

[Mg <sup>2+</sup> ] (mg/L)	Moyenn e	Médian e	Mod e	Ecar t type	Teneur minimal e	Teneur maximal e	percentiles		
							25%	50%	75%
	<b>19,42</b>	<b>19,22</b>	<b>19</b>	<b>2,07</b>	<b>14,97</b>	<b>24,74</b>	<b>17,94</b>	<b>19,22</b>	<b>20,95</b>
							<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>

- La moyenne de la teneur en magnésium chez la population étudiée est de 19,42 mg/L ;
- La teneur la plus retrouvée est 19 mg/L ;
- La teneur minimale retrouvée est 14,97 mg/L ;
- La teneur maximale retrouvée est 24,74 mg/L ;
- 25% des participants ont une teneur inférieure à 17,94 mg/L ;
- 50% des participants ont une teneur inférieure à 19,22 mg/L ;
- 75% des participants ont une teneur inférieure à 20,95 mg/L.

#### 2-2-2- fréquence de l'hypomagnésémie chez la population étudiée

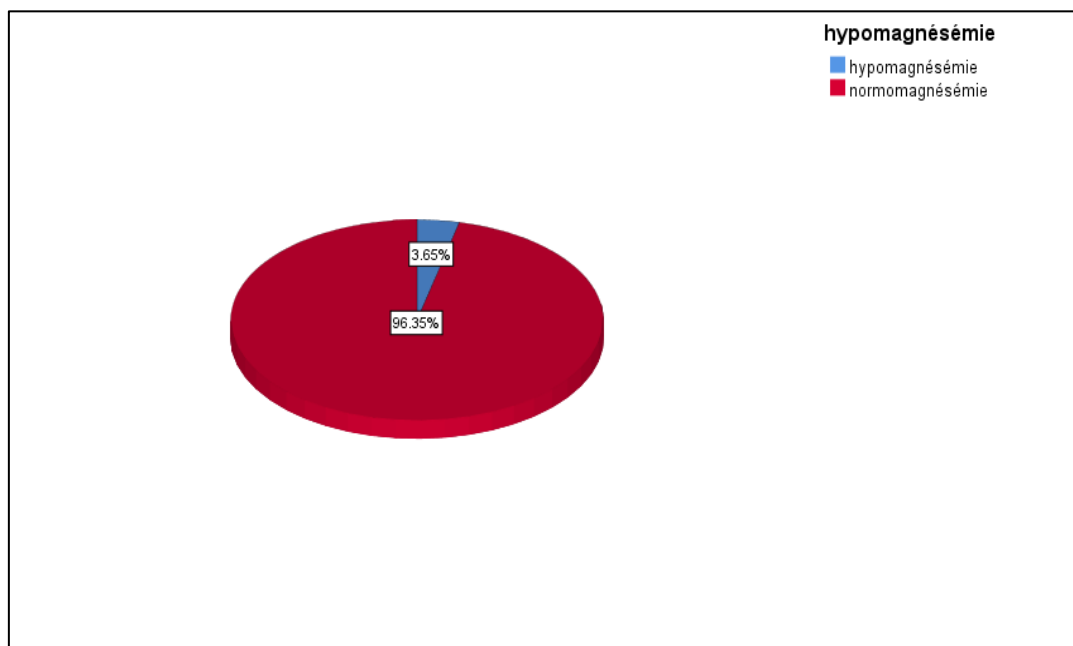


Figure 36: répartition de la population selon leur statut en magnésium

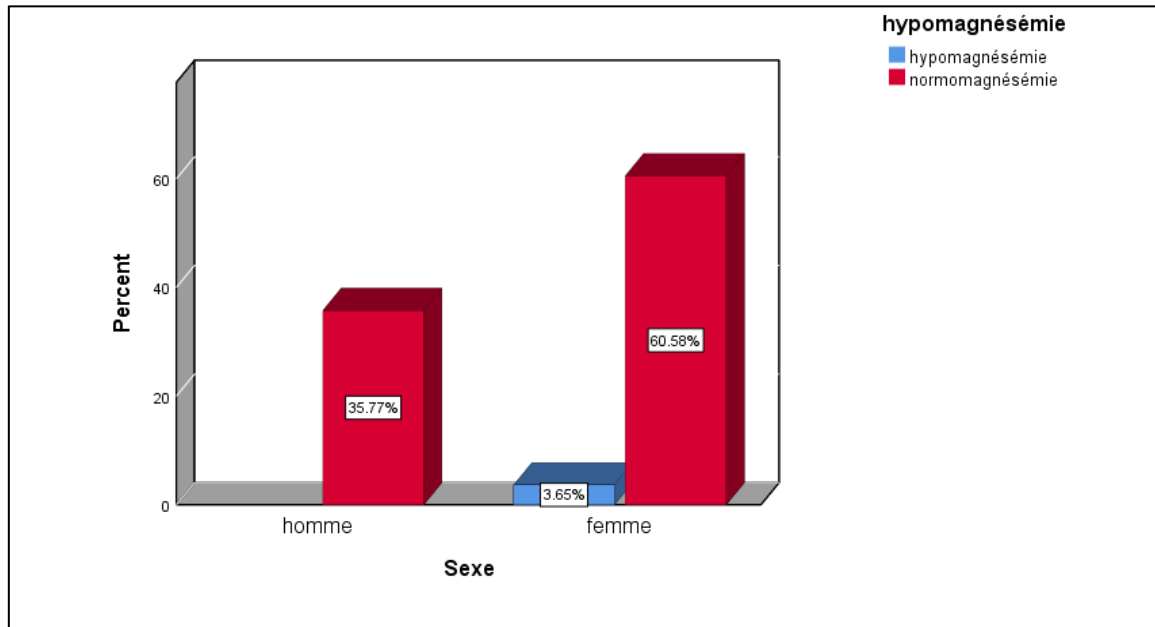
-3,65% des personnes incluses dans l'étude présentent une hypomagnésémie (Mg<16 mg/L )

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

- 96,35% ont une teneur en magnésium dans les normes ( $16 \leq [Mg^{2+}] \leq 26$ )

### 2-2-3- Etude des facteurs influençant la teneur en magnésium sérique :

#### 1-Répartition de l'hypomagnésémie selon le sexe :

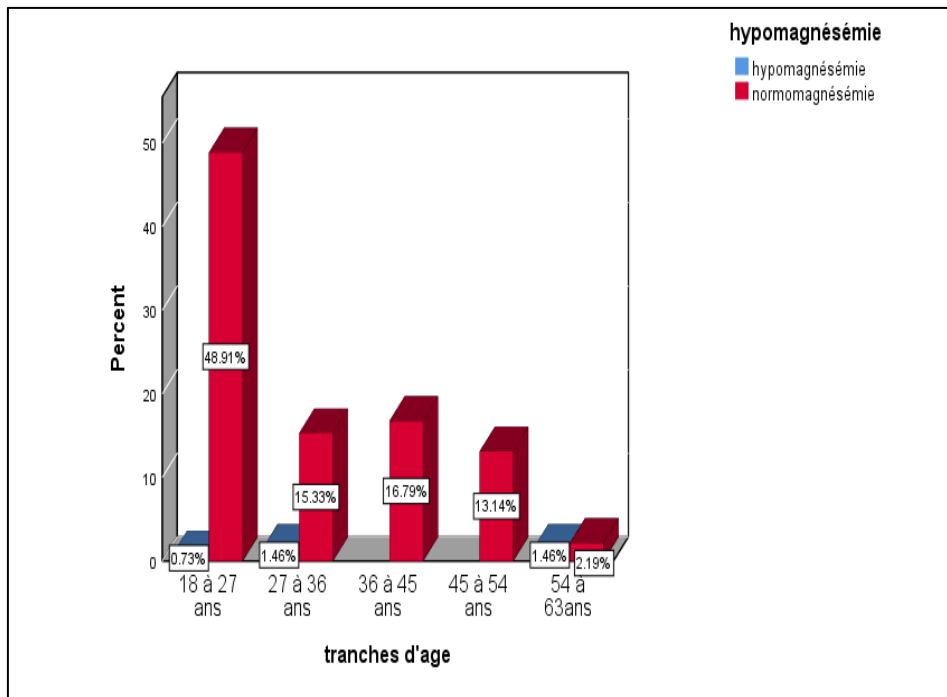


**Figure 37 : répartition de l'hypomagnésémie selon le sexe**

- Les 5 participants qui présentent une hypomagnésémie sont des femmes ( 3,65%)
- Aucun des hommes inclus dans l'étude ne présentent une hypomagnésémie

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 2-Répartition de l'hypomagnésémie selon l'âge :

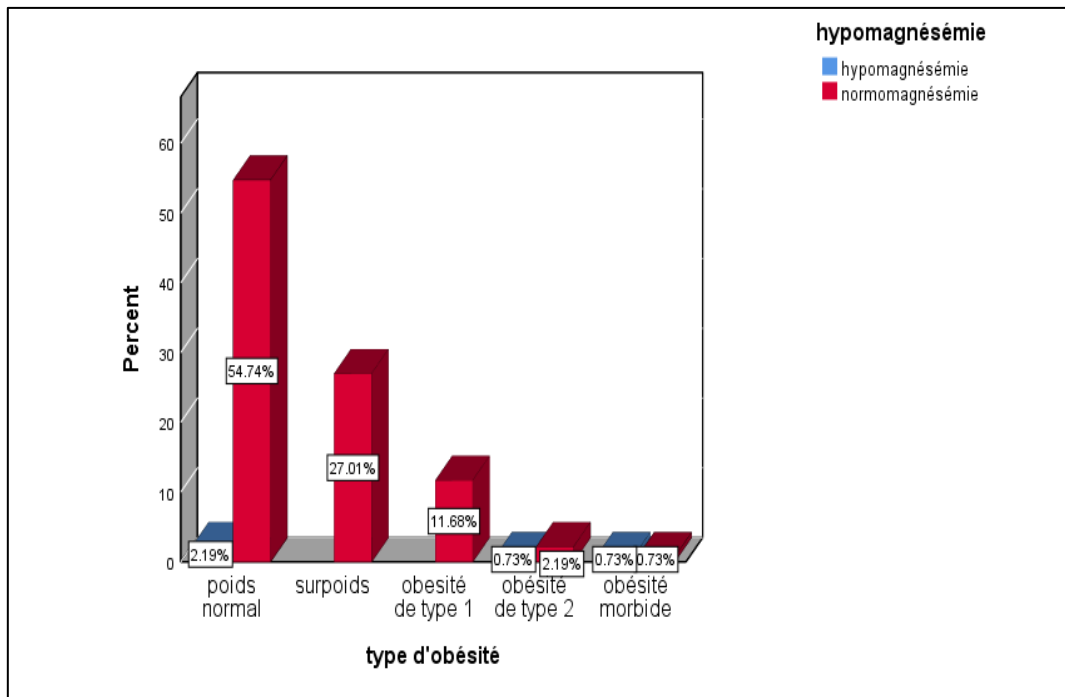


**Figure 38: répartition de l'hypomagnésémie selon l'âge**

- Parmi les 5 participants qui présentent une hypomagnésémie, une personne (0,73%) appartient à la tranche d'âge 18-27, 2 personnes (1,46%) appartiennent à la tranche d'âge 27-36 ans et 2 personnes (1,46%) appartiennent à la tranche d'âge 54-63 ans.
- Aucun participant appartenant aux tranches 36-45 et 45-54 ne présente une hypomagnésémie.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 3- Répartition de l'hypomagnésémie selon l'indice de masse corporelle :

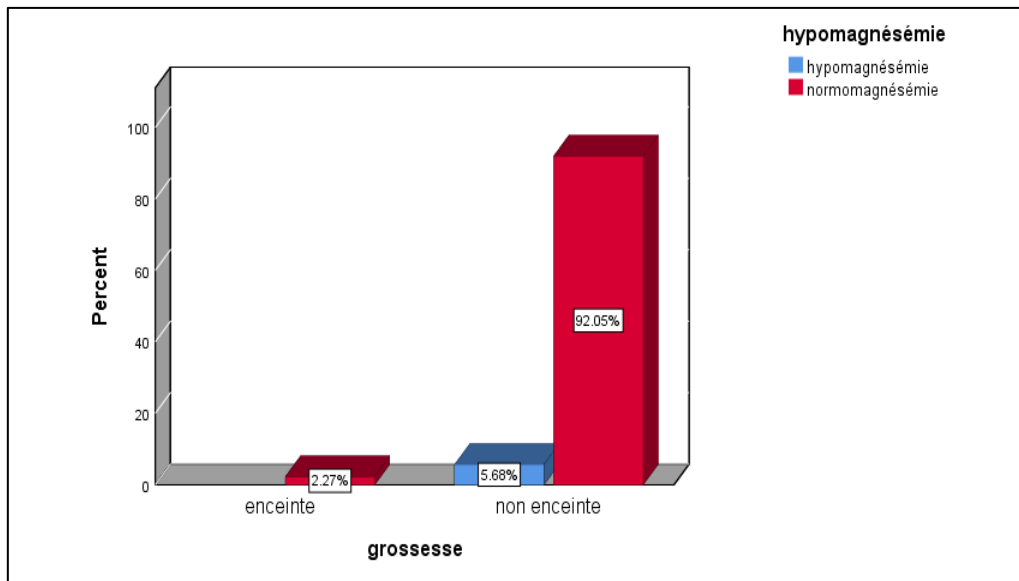


**Figure 39 : répartition de l'hypomagnésémie selon l'indice de masse corporelle**

- Parmi les 2 personnes qui présentent une obésité morbide  $IMC \geq 40 \text{ kg/m}^2$ , une personne est en hypomagnésémie et l'autre est en normomagnésémie.
- Parmi les 4 personnes qui ont une obésité de type 2  $30 \leq IMC < 40$ , une personne est en hypomagnésémie et les 3 restantes sont normomagnésémiques.
- Parmi les 78 participants qui ont un poids normal ( $18 \leq IMC < 25$ ), 3 personnes présentent une hypomagnésémie.
- Aucun des participants en surpoids ou obèses de type 1 sont hypomagnésémiques.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 4-Répartition de l' hypomagnésémie chez les femmes enceinte :



**Figure 40:répartition de l'hypomagnésémie chez les femmes enceintes**

- Les femmes enceintes incluses dans l'étude étaient en normomagnésémie (2,27%), par contre les 5 femmes qui présentent une hypomagnésémie étaient non enceintes (5,68%)

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 5- Répartition de l'hypomagnésémie selon les antécédents pathologiques personnels

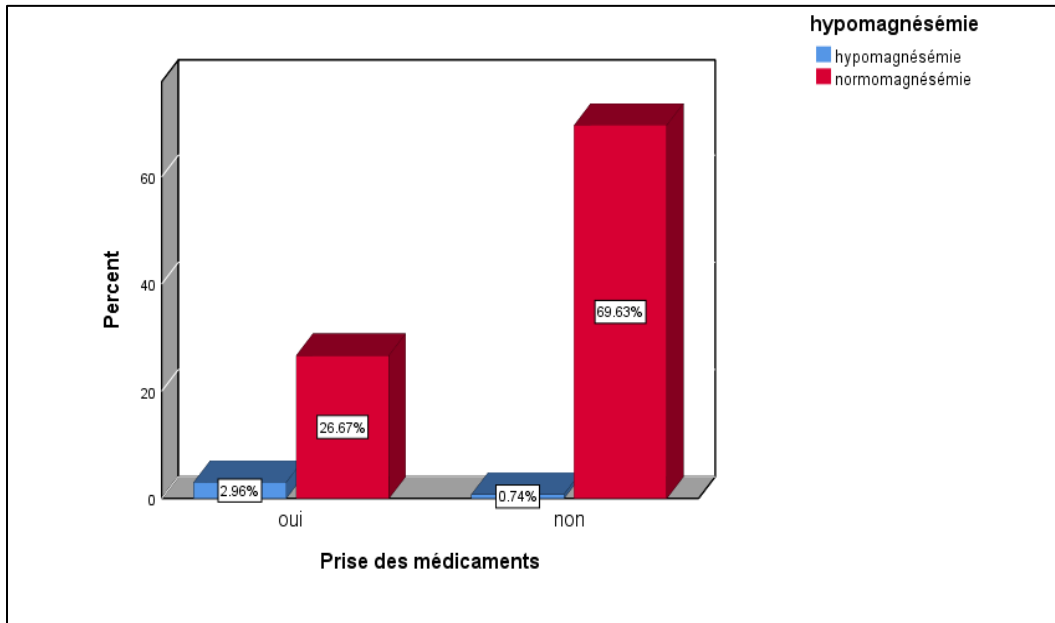
Tableau 19: répartition de l'hypomagnésémie selon les pathologies présentes chez la population étudiée

Pathologies personnelles		Hypomagnésémie	Normomagnésémie
Malabsorption	Oui	9,1%	90,9%
	Non	3,2%	96,8%
Diarrhée	Oui	0%	100%
	Non	3,8%	96,2%
Maladie cœliaque	Oui	0%	100%
	Non	3,8%	96,2%
Dépression	Oui	16,7%	83,3%
	Non	3,1%	96,9%
dyslipidémie	Oui	0%	100%
	Non	3,7%	96,3%
Hypertension	Oui	28,6%	71,4%
	Non	2,3%	97,7%
Diabète	Oui	0%	100%
	Non	3,8%	96,2%

- Parmi les 11 participants qui présentent une malabsorption, une personne (9,1%) a une hypomagnésémie.
- Parmi les 6 participants qui présentent une dépression une personne (16,7%) a une hypomagnésémie.
- Parmi les 7 participants qui présentent une hypertension artérielle, deux personnes (28,6%) ont une hypomagnésémie.
- Il faut signaler que les participants qui ont diarrhée, maladie cœliaque, dyslipidémie et diabète sont tous normomagnésémiques.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 6- Répartition de l'hypomagnésémie selon la prise de médicaments :



**Figure 41: répartition de l'hypomagnésémie selon la prise de médicaments**

- Parmi les 40 personnes qui prennent au moins un médicament, quatre (2,96%) présentent une hypomagnésémie et 36 (26,67%) sont en normomagnésémie.
- Parmi les 95 personnes qui ne prennent aucun médicament, seulement une personne (0,74%) présente une hypomagnésémie.



## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 7-Répartition de l'hypomagnésémie selon le type des médicaments pris :

Tableau 20 : répartition de l'hypomagnésémie selon le type de médicament pris :

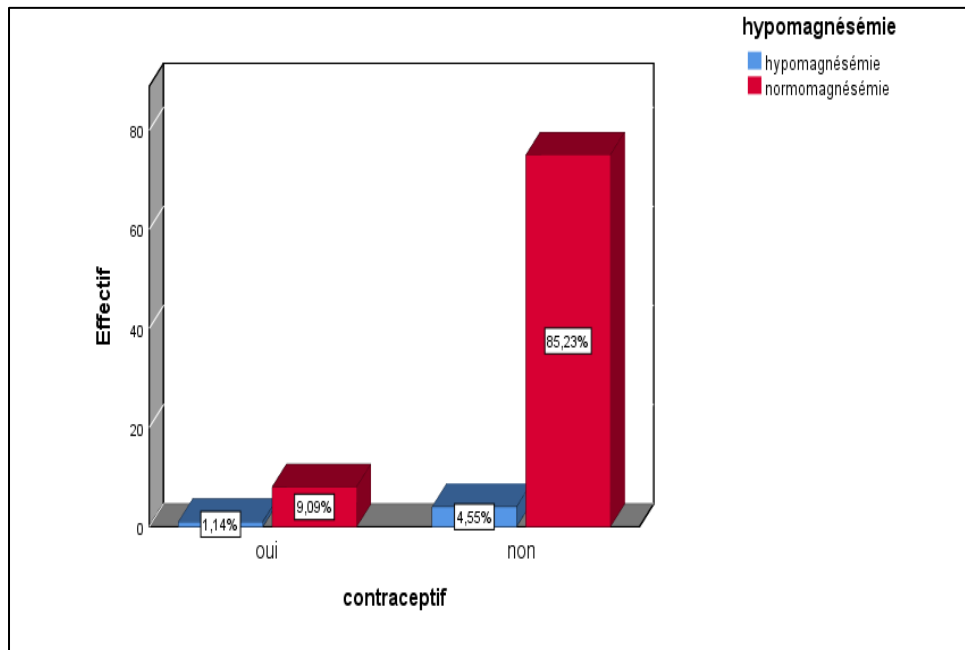
Médicaments		Hypomagnésémie	Normomagnésémie
Laxatifs	Oui	0%	100%
	Non	3,8%	96,2%
Antibiotiques	Oui	0%	100%
	Non	4%	96%
Antiacides	Oui	16,7%	83,3%
	Non	3,7%	96,3%

Autres médicaments	Hypomagnésémie	Normomagnésémie
Antalgiques	25%	75%
Anti diarrhéiques	50%	50%
Antihypertenseur	50%	50%

- Parmi les 6 participants qui utilisent les antiacides une personne (16,7%) présente une hypomagnésémie, les autres sont en normomagnésémie
- A noter qu'aucun des participants qui utilisent les antibiotiques et les laxatifs ne présentent une hypomagnésémie
- Parmi les 4 personnes qui utilisent les antalgiques, seulement une personne présente une hypomagnésémie, les autres sont en normomagnésémie.
- Parmi les deux personnes qui utilisent les antidiarrhéiques, une personne présente une hypomagnésémie
- Parmi les deux personnes qui utilisent les antihypertenseurs une personne présente une hypomagnésémie
- Il faut noter qu' aucune des personnes qui utilisent : lynestrénol, levothyroxine, antidiabétique, AINS, amitriptyline, antihistaminique ou l'insuline ne présentent une hypomagnésémie.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 8- Répartition de l'hypomagnésémie selon la prise des contraceptifs oraux :



**Figure 42: répartition de l'hypomagnésémie chez les femmes qui prennent les contraceptifs**

- Parmi les 79 femmes qui ne prennent pas de contraceptifs oraux, quatre (4,55%) présentent une hypomagnésémie et 75 (85,23%) sont en normomagnésémie ;
- Parmi les 9 femmes participantes dans l'étude qui prennent les contraceptifs oraux, une personne (1,14%) présente une hypomagnésémie, les huit autres femmes sont en normomagnésémie.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 9- Répartition de l'hypomagnésémie selon la présence de signes cliniques :

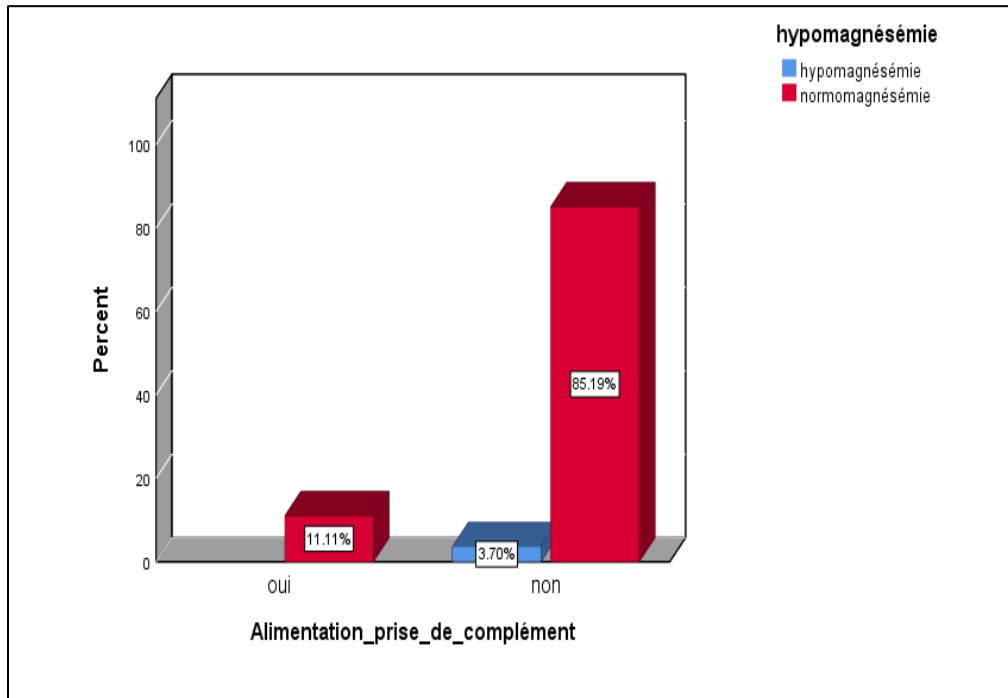
Tableau 21: Répartition de l'hypomagnésémie selon la présence de signes cliniques

Signes cliniques		Hypomagnésémie	Normomagnésémie
Fatigue	Oui	6,9%	93,1%
	Non	1,3%	98,7%
Trouble de mémoire	Oui	10,3%	89,7%
	Non	1,9%	98,1%
Arythmie	Oui	0%	100%
	Non	3,7%	96,3%
Insomnie	Oui	7,7%	92,3%
	Non	2,8%	97,2%
Crampes	Oui	10%	90%
	Non	1,9%	98,1%
Tremblement	Oui	18,2%	81,8%
	Non	2,4%	97,6%
Difficulté de concentration	Oui	5,4%	94,6%
	Non	3,1%	96,9%

- Parmi les 58 participants qui ont de la fatigue, quatre (6,9%) ont une hypomagnésémie
- Parmi les 29 personnes qui affirment avoir des troubles de mémoire, trois (10,3%) sont en hypomagnésémie
- Parmi les 26 personnes qui ont de l'insomnie, 2 (7,7%) présentent une hypomagnésémie

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 10- Répartition de l'hypomagnésémie selon la prise des compléments alimentaires



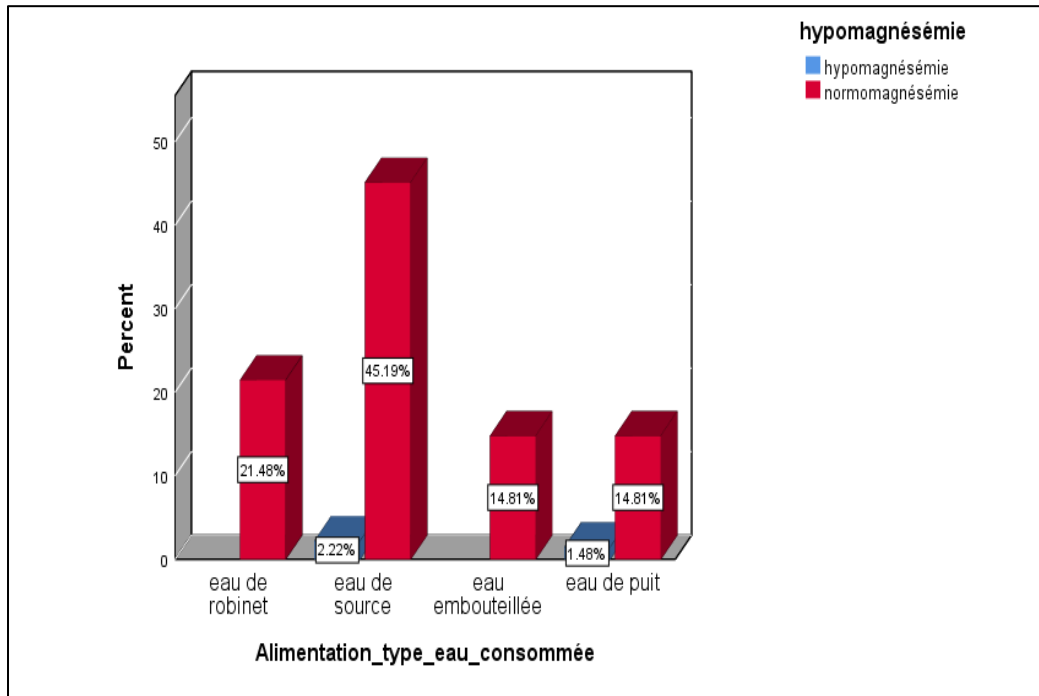
**Figure 43 : répartition de l'hypomagnésémie selon la prise de compléments**

-parmi les 15(11,11%) personnes qui prennent des compléments alimentaires, aucune personne ne présente une hypomagnésémie.

-parmi les 120 personnes qui ne consomment pas de compléments alimentaires, 5 personnes (3,7%) présentent une hypomagnésémie.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 11- Répartition de l'hypomagnésémie selon le type d'eau consommée :

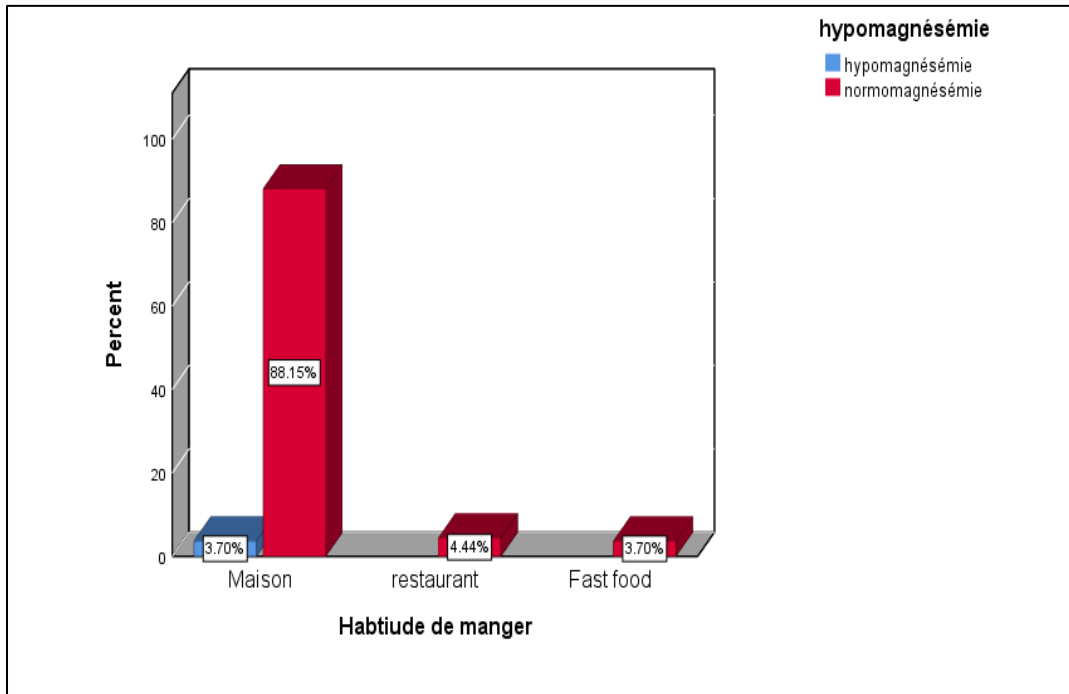


**Figure 44: Répartition de l'hypomagnésémie selon le type d'eau consommée**

- Parmi les 64 personnes qui consomment principalement les eaux de sources, 3 participants (2,22%) présentent une hypomagnésémie.
- Parmi les 22 personnes qui utilisent l'eau de puit comme source d'eau potable, deux participants (1,48%) présentent une hypomagnésémie.
- Pour les personnes qui utilisent l'eau de robinet ou les eaux embouteillées aucun participant ne présente une hypomagnésémie.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 12- Répartition de l'hypomagnésémie selon les habitudes alimentaires



**Figure 45: Répartition de l'hypomagnésémie selon les habitudes alimentaires**

- parmi les 124 personnes qui mangent plus à leurs maisons, 4 participants (3,70%) présentent une hypomagnésémie, les autres sont en normomagnésémie.

- à noter qu'aucune personne qui mange plus dans les restaurants ou bien dans les fast food ne présente une hypomagnésémie.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

13- Répartition de l'hypomagnésémie selon la consommation des aliments riches en magnésium :

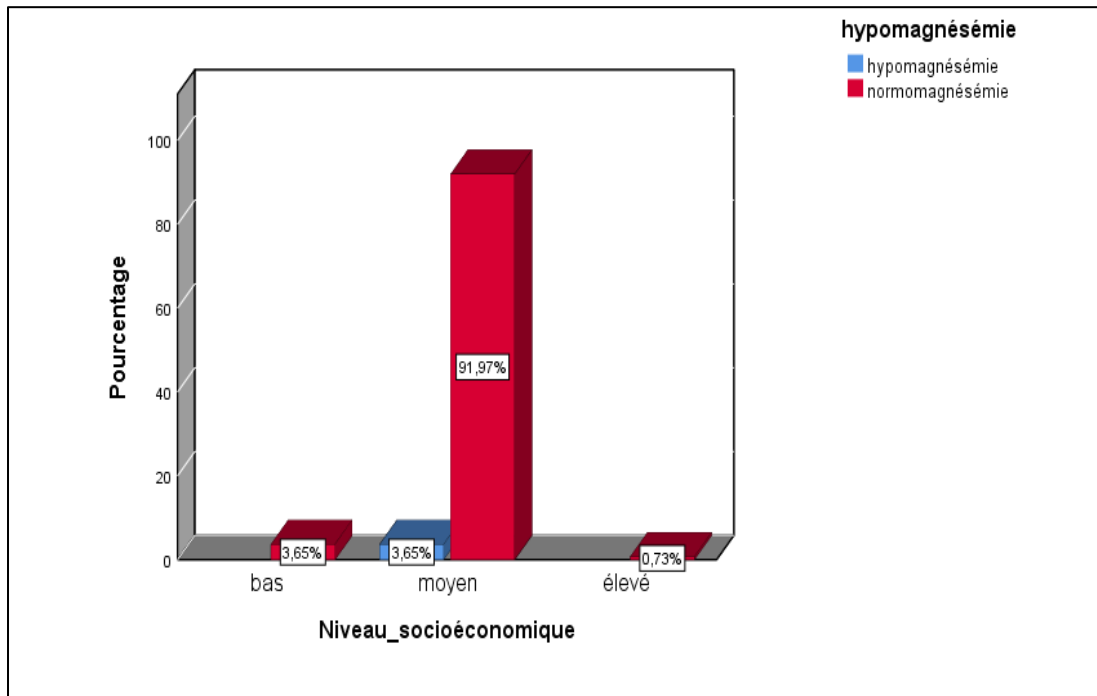
**Tableau 22 : Répartition de l'hypomagnésémie selon la consommation des aliments riches en magnésium**

Aliments		Hypomagnésémie	Normomagnésémie
<b>Epinards</b>	Oui	6,1%	93,9%
	Non	2,4%	97,6%
<b>Noix d'acajous</b>	Oui	3,2%	96,8%
	Non	3,9%	96,1%
<b>Pain</b>	Oui	4,3	95,7%
	Non	0%	100%
<b>Pépine</b>	Oui	0%	100%
	Non	4%	96%
<b>Arachides</b>	Oui	0%	100%
	Non	5,3%	94,7%
<b>Germe de blé</b>	Oui	5,9%	94,1%
	Non	4,3%	96,7%
<b>Betteraves</b>	Oui	6%	94%
	Non	2,4%	97,6%
<b>Chocolat</b>	Oui	3,9%	96,1%
	Non	3,4%	96,6%
<b>Artichaut</b>	Oui	6,8%	93,2%
	Non	2,2%	97,8%
<b>Viandes rouges</b>	Oui	1,6%	98,4%
	Non	5,6%	94,4%
<b>Viandes blanches</b>	Oui	4,3%	95,7%
	Non	0%	100%
<b>Poisson</b>	Oui	3,3%	96,7%
	Non	4,1%	95,9%
<b>Pattes</b>	Oui	4,9%	95,1%
	Non	1,9%	98,1%
<b>Fritures</b>	Oui	5,8%	94,2%
	Non	0%	100%
<b>Noix de pin</b>	Oui	0%	100%
	Non	3,9%	96,1%

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

- Les participants qui consomment plus le pain, les viandes blanches, les fritures et les pattes présentent plus d'hypomagnésémie ;
- Les participants qui consomment plus les noix d'acajous, pépinière, germe de blé, arachides, noix de pin, viandes rouges et poisson présentent moins d'hypomagnésémie par rapport aux autres.

### 14- Répartition de l'hypomagnésémie selon le niveau socioéconomique



**Figure 46: Répartition de l'hypomagnésémie selon le niveau socio-économique**

- Les 5 cas d'hypomagnésémie appartiennent à la classe socio-économique moyenne ;
- Aucun cas n'a été retrouvé dans la classe socio-économique basse ou élevée



## II. RESULTATS DE L'ETUDE

### 3- Analyse des résultats de l'étude :

Tableau 23 : étude de la relation entre les différentes variables de l'étude et l'hypomagnésémie(en utilisant le test de Chi-Deux) :

Variables	Valeur du test de $\chi^2$	Signification p
Hypomagnésémie/âge	22,92	<b>0,00</b>
Hypomagnésémie/IMC	19,42	<b>0,001</b>
Hypomagnésémie/HTA	13,03	<b>0,00</b>
Hypomagnésémie/prise de médicaments	6,31	<b>0,012</b>
Hypomagnésémie/autres médicaments	30,84	<b>0,02</b>
Hypomagnésémie/troubles de mémoire	4,56	<b>0,033</b>
Hypomagnésémie/crampes	4,28	<b>0,038</b>
Hypomagnésémie/tremblements	7,03	<b>0,008</b>
Hypomagnésémie/sexe	2,89	0,089
Hypomagnésémie/niveau socio-économique	0,24	0,88
Hypomagnésémie/malabsorption	1,007	0,32
Hypomagnésémie/diarrhée	0,24	0,63
Hypomagnésémie/maladie cœliaque	0,24	0,63
Hypomagnésémie/dépression	3,02	0,082
Hypomagnésémie/dyslipidémie	0,38	0,85
Hypomagnésémie/ diabète	0,19	0,65
Hypomagnésémie/signes cliniques	0,64	0,42
Hypomagnésémie/fatigue	2,90	0,08
Hypomagnésémie/arythmie	0,03	0,84
Hypomagnésémie/insomnie	1,43	0,23
Hypomagnésémie/difficultés de concentration	0,41	0,52
Hypomagnésémie/laxatifs	0,15	0,69
Hypomagnésémie/antibiotiques	0,37	0,54
Hypomagnésémie/antiacides	2,95	0,08
Hypomagnésémie/habitudes alimentaires	0,46	0,79
Hypomagnésémie/prise de compléments alimentaires	0,64	0,42
Hypomagnésémie/type d'eau consommée	0,46	0,27
Hypomagnésémie/épinards	1,23	0,26
Hypomagnésémie/noix d'acajous	0,29	0,86
Hypomagnésémie/pépine	0,41	0,51
Hypomagnésémie/pain	0,75	0,38
Hypomagnésémie/germe de blé	0,25	0,61
Hypomagnésémie/betterave	1,14	0,28
Hypomagnésémie/arachides	2,21	0,13
Hypomagnésémie/chocolat	0,23	0,88
Hypomagnésémie/noix de pin	0,20	0,65
Hypomagnésémie/artichaut	1,73	0,18
Hypomagnésémie/viande rouge	1,44	0,23
Hypomagnésémie/viande blanches	0,75	0,38
Hypomagnésémie/poisson	0,064	0,80
Hypomagnésémie/pattes	0,77	0,37
Hypomagnésémie/fritures	2,89	0,089

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

---

L'application du test de Chi-deux montre qu'il existe une relation statistiquement significative entre :

-l'âge et l'hypomagnésémie ( $p=0,00<0,05$ ) avec une force de liaison modérée (v de cramer= 40,9%).

-l'indice de masse corporel (IMC) et l'hypomagnésémie ( $p=0,001<0,05$ ) avec une force de liaison modérée (v de cramer= 37,7%).

-l'HTA et l'hypomagnésémie ( $p=0,00<0,05$ ) avec une force de liaison modérée (v de cramer= 30,8%).

-la prise des médicaments et l'hypomagnésémie ( $p=0,012<0,05$ ) avec une force de liaison faible (v de cramer= 21,6%).

-les troubles de mémoire et l'hypomagnésémie ( $p=0,033<0,05$ ) avec une force de liaison faible (v de cramer= 18,4%).

-les crampes et l'hypomagnésémie ( $p=0,038<0,05$ ) avec une force de liaison faible (v de cramer= 17,8%).

-les tremblements et l'hypomagnésémie ( $p=0,008<0,05$ ) avec une force de liaison faible (v de cramer= 22,8%).

Il faut noter qu'aucune relation n'existe entre l'hypomagnésémie et le sexe, niveau socio-économique, malabsorption, diarrhée, maladie cœliaque, dépression, dyslipidémie, diabète, fatigue, arythmie, insomnie, difficultés de concentration, laxatifs, antibiotiques, antiacides, habitudes alimentaires, prise de compléments alimentaires, type d'eau consommée, épinards, noix d'acajous, pépinière, pain, germe de blé, betterave, arachides, chocolat, noix de pin, artichaut, viande rouge, viande blanches, poisson, pattes et fritures.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

**Tableau 24 : étude de l'influence des variables de l'étude sur la magnésémie(en appliquant l'ANOVA)**

Variables	Valeur de test de F	Signification p
magnésémie/ Sexe	16,68	<b>0,00</b>
magnésémie/tabac	8,91	<b>0,003</b>
magnésémie/laxatif	4,51	<b>0,035</b>
magnésémie/antibiotiques	5,33	<b>0,023</b>
magnésémie/crampes	7,91	<b>0,006</b>
magnésémie/troubles de mémoire	3,62	0,059
magnésémie/HTA	0,079	0,78
magnésémie/âge	1,80	0,13
magnésémie/IMC	0,79	0,53
magnésémie/niveau socio-économique	1,60	0,21
magnésémie/niveau institutionnel	1,46	0,22
magnésémie/état civil	0,56	0,57
magnésémie/contraceptifs	0,17	0,68
magnésémie/malabsorption	2,36	0,13
magnésémie/diarrhée	0,31	0,58
magnésémie/maladie cœliaque	0,004	0,95
magnésémie/dépression	0,11	0,74
magnésémie/dyslipidémie	1,49	0,22
magnésémie/ diabète	0,21	0,65
magnésémie/signes cliniques	3,19	0,076
magnésémie/fatigue	2,80	0,097
magnésémie/arythmie	1,03	0,31
magnésémie/insomnie	2,36	0,13
magnésémie/difficultés de concentration	2,20	0,14
magnésémie/tremblements	2,20	0,14
magnésémie/prise de médicaments	0,26	0,61
magnésémie/antiacides	0,13	0,72
magnésémie/autres médicaments	0,62	0,83
Magnésémie /habitudes alimentaires	2,91	0,058
magnésémie/prise de compléments alimentaires	0,34	0,58
magnésémie/type de compléments alimentaires	0,54	0,75
magnésémie/type d'eau consommée	0,17	0,91
magnésémie/épinards	2,76	0,088
magnésémie/noix d'acajous	0,14	0,71
magnésémie/pépine	0,045	0,83
magnésémie/pain	1,90	0,17
magnésémie/germe de blé	0,44	0,51
magnésémie/betterave	0,38	0,55
magnésémie/arachides	0,001	0,98
magnésémie/chocolat	0,54	0,47
magnésémie/noix de pin	0,45	0,50
magnésémie/artichaut	0,75	0,39
magnésémie/viande rouge	0,03	0,86
magnésémie/viande blanches	1,63	0,20
magnésémie/poisson	1,34	0,25
magnésémie/pattes	1,19	0,28
magnésémie/fritures	0,22	0,64

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

---

L'application de l'ANOVA à 1 facteur montre qu'il existe une différence statistiquement significative entre :

- la moyenne de la magnésémie entre les hommes et les femmes ( $p= 0,00 < 0,05$ ) (taux moyen de magnésium chez les femmes inférieur à celui des hommes)
- la moyenne de la magnésémie entre les fumeurs et les non-fumeurs ( $p= 0,003 < 0,05$ ) (taux moyen de magnésium chez les fumeurs supérieur à celui des non-fumeurs)
- la moyenne de la magnésémie entre les participants qui prennent des laxatifs et ceux qui ne prennent pas ( $p= 0,035 < 0,05$ ) (taux moyen de Mg est beaucoup plus élevé chez les personnes qui ne prennent pas les laxatifs) ;
- la moyenne de la magnésémie entre les participants qui prennent des antibiotiques et ceux qui ne prennent pas ( $p= 0,023 < 0,05$ ) ;
- la moyenne de la magnésémie entre les participants qui présentent des crampes musculaires et ceux qui ne présentent pas ( $p= 0,006 < 0,05$ ) (taux moyen du Mg est diminué pour les personnes qui présentent des crampes musculaires).

Il faut noter qu'il n'existe pas une influence significative des variables suivantes sur la magnésémie : les troubles de mémoire, HTA, âge, IMC, niveau socio-économique, malabsorption, diarrhée, maladie coéliqua, dépression, dyslipidémie, diabète, fatigue, arythmie, insomnie, difficultés de concentration, tremblement, prise de médicaments, antiacides, habitudes alimentaires, prise de compléments alimentaires, type de compléments alimentaires, type d'eau consommée, épinards, noix d'acajous, pépino, pain, germe de blé, betterave, arachides, chocolat, noix de pin, artichaut, viande rouge, viandes blanches, poisson, pattes et les fritures.

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

Tableau 25: analyse univariée bifactorielle (étude de l'influence de l'interaction des différentes variables sur le taux du magnésium sérique)

Variables	Valeur de test de F	Signification p
Prise de médicaments/ IMC	3,08	<b>0,018</b>
HTA/IMC	3,75	<b>0,013</b>
Troubles de mémoires /IMC	3,13	<b>0,028</b>
Age / fatigue	0,660	0,621
Age / diabète	0,03	0,86
Age / HTA	1,87	0,158
Age / malabsorption	1,05	0,385
Age / tremblement	1,54	0,208
Age /prise compléments	0,45	0,50
Age /prise médicaments	0,75	0,39
Age /signes d'hypomagnésémie	1,34	0,25
Age /tabac	1,63	0,20
Age / dépression	0,61	0,608
Age / laxatifs	0,02	0,981
Age / maladie cœliaque	1,10	0,351
Age/ antiacides	1,04	0,357
Age/ ATB	1,31	0,245
Age/ diabète	0,60	0,549
Age/ difficulté de concentration	0,557	0,694
Age/ insomnie	0,29	0,887
Age/diarrhée	1,59	0,195
ATB/Signes d'hypomagnésémie	0,019	0,89
ATB/Troubles de mémoire	0,578	0,111
Crampes /HTA	3,21	0,076
Crampes/Prise de médicaments	0,70	0,405
Diabète /niveau socio-économique	0,00	0,988
Diabète /prise de médicaments	0,54	0,47
HTA /Prise de médicaments	3,124	0,079
HTA/Prise de médicaments	3,12	0,079
HTA/Signes d'hypomagnésémie	3,28	0,072
IMC2 /habitudes alimentaires	0,95	0,451
IMC2/ATB	1,34	0,249
IMC2/Crampes	1,84	0,124
IMC2/Prise de compléments	0,19	0,822
Laxatifs / IMC	0,28	0,759
Laxatifs /antiacides	0,003	0,96
Laxatifs /signes d'hypomagnésémie	1,19	0,28
Laxatifs / crampes	0,22	0,64
Prise de médicaments / diabète	0,003	0,956
Prise de médicaments / signes cliniques	1,91	0,170

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

<b>Prise de médicaments /Contraceptifs</b>	0,18	0,675
<b>Sexe /antibiotiques</b>	0,04	0,851
<b>Sexe /ATB</b>	0,04	0,851
<b>Sexe /dépression</b>	0,44	0,510
<b>Sexe /difficultés de concentration</b>	0,10	0,750
<b>Sexe /fatigue</b>	2,44	0,12
<b>Sexe /laxatifs</b>	1,45	0,230
<b>Sexe /malabsorption</b>	0,26	0,612
<b>Sexe /prise de compléments alimentaires</b>	0,79	0,374
<b>Sexe /Prise de médicaments</b>	0,06	0,807
<b>Sexe /Tremblements</b>	0,25	0,617
<b>Sexe/ antiacides</b>	1,78	0,185
<b>Sexe/âge</b>	0,18	0,951
<b>Sexe/crampes</b>	0,05	0,816
<b>Sexe/HTA</b>	2,01	0,158
<b>Sexe/IMC</b>	2,01	0,097
<b>Sexe/insomnia</b>	0,33	0,567
<b>Sexe/maladie cœliaque</b>	0,005	0,942
<b>Sexe/troubles de mémoire</b>	0,07	0,789
<b>Signes d'hypomagnésémie / prise de compléments alimentaires</b>	1,148	0,286
<b>Signes d'hypomagnésémie/ Diabète</b>	0,076	0,783
<b>Signes d'hypomagnésémie/ IMC</b>	2,22	0,070
<b>Signes d'hypomagnésémie/ prise de compléments</b>	1,15	0,286
<b>Tabac / ATB</b>	0,073	0,788
<b>Tabac / tremblements</b>	0,273	0,602
<b>Tabac /crampes</b>	0,045	0,83
<b>Tabac /fatigue</b>	0,64	0,425
<b>Tabac /HTA</b>	0,14	0,71
<b>Tabac /niveau socio-économique</b>	0,001	0,98
<b>Tabac /prise de médicaments</b>	0,38	0,55
<b>Tabac /signes d'hypomagnésémie</b>	1,90	0,17
<b>Tabac /troubles de mémoire</b>	0,44	0,51
<b>Tabac/ antiacides</b>	1,81	0,180
<b>Tabac/ difficultés de concentration</b>	0,038	0,845
<b>Tabac/ insomnie</b>	0,086	0,77
<b>Tabac/ prise de compléments alimentaires</b>	0,8	0,372
<b>Tabac/diabète</b>	2,76	0,088

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

---

L'application de l'ANOVA bifactorielle montre qu'il existe une influence des combinaisons des variables suivantes sur la magnésémie des participants :

**IMC/prise de médicaments** : ( $p= 0,018 < 0,05$ ) les participants qui ont une obésité de type 2 et de type 3(morbide) et prennent au moins un médicament ont une magnésémie nettement moins élevée que les personnes qui ont le même IMC mais ne prennent aucun médicament. C'est à dire que la magnésémie diminue avec l'augmentation de l'IMC et ceci d'une façon plus importante si la personne prend au moins un médicament. Les participants qui ont une obésité morbide et prennent au moins un médicament ont une hypomagnésémie.

**IMC/hypertension artérielle** : ( $p= 0,013 < 0,05$ ) les participants hypertendus et qui ont un  $IMC \geq 35$  (obésité de type 2 et morbide) ont une magnésémie nettement moins élevée que les participants qui ont le même IMC mais qui n'ont pas d'HTA. C'est-à-dire que l'hypertension artérielle diminue la magnésémie et ceci d'autant plus chez les personnes qui ont un  $IMC \geq 35$ .

Les participants qui ont un  $IMC \geq 40$  et sont hypertendus présentent une hypomagnésémie.

**IMC/Troubles de mémoire** : ( $p= 0,028 < 0,05$ ) les participants qui ont un  $IMC \geq 30$  (obésité de toute sorte) et qui ont des troubles de mémoire présentent une magnésémie nettement moins élevée que les personnes qui ont le même IMC mais n'ont pas de troubles. C'est-à-dire la manifestation trouble de mémoire associée à une obésité diminue la concentration du magnésium plasmatique. Les personnes qui ont un  $IMC \geq 40$  et ont des troubles de mémoire sont en hypomagnésémie.

Il faut noter que qu'il n'existe pas d'influence des autres combinaisons sur le taux du magnésium plasmatique.

On n'a pas pu étudier l'influence des variables suivantes sur la magnésémie à cause de la taille réduite de notre échantillon:

## II. RESULTATS DE L'ETUDE

---

sexe/diarrhée, sexe/dyslipidémie, ATB/HTA, laxatifs/ATB, diabète/ HTA, ATB/crampes, HTA/ prise de compléments alimentaires, HTA/laxatifs, tabac/laxatifs, ATB/ diabète.

**Tableau 26: Etude de la corrélation entre la magnésémie et les variables de l'étude :**

<b>Variabes</b>	<b>Coefficient de corrélation</b>	<b>Signification p</b>
<b>Magnésémie/sexe</b>	<b>-3,32</b>	<b>0,00</b>
<b>Magnésémie/tabac</b>	<b>-0,249</b>	<b>0,03</b>
<b>Magnésémie/laxatifs</b>	<b>0,181</b>	<b>0,035</b>
<b>Magnésémie/ antibiotiques</b>	<b>-0,196</b>	<b>0,023</b>
<b>Magnésémie/crampes musculaires</b>	<b>0,237</b>	<b>0,006</b>

L'étude de la corrélation montre une association linéaire statistiquement significative

(  $p < 0,05$ ) entre le taux de magnésium plasmatique et le sexe, le tabac, la prise de laxatifs , la prise d'antibiotiques et les crampes musculaires. Les autres variables ne montrent pas une corrélation significative.



# **DISCUSSION**

### III. DISCUSSION

---

#### 1. Discussion des résultats de la teneur en magnésium hydrique :

Notre travail a pour objectif de doser le magnésium dans les eaux de consommation dans la wilaya de Tlemcen.

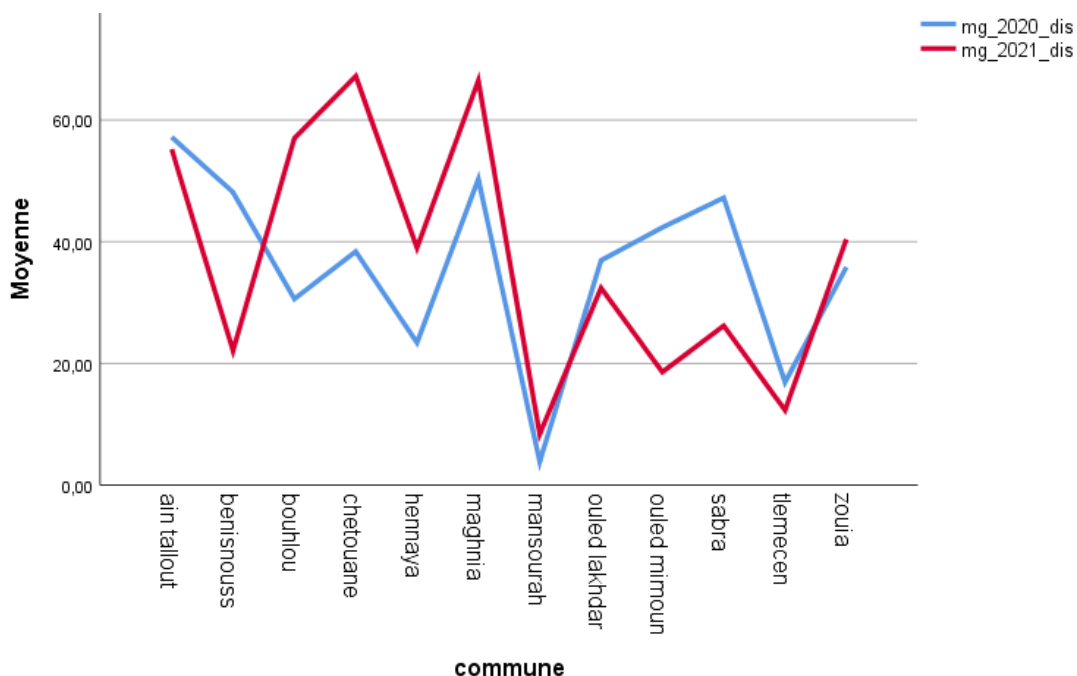
Nous avons analysé **485** échantillons d'eaux correspondant à **366** échantillons d'eaux embouteillées, **65** échantillons d'eaux de sources et **54** échantillons d'eaux de robinets. Nos résultats montrent que la moyenne de la teneur en magnésium des eaux de sources est de **42.79mg/l(±13.14)**, celle des eaux embouteillées est de **35.90mg/l(±12.72)** et celle des eaux de robinets est de **36.75mg/l(± 23.81)**.

Le dosage du magnésium dans les eaux de distributions (robinets) de la wilaya de Tlemcen a donné une moyenne de **36.75mg/l( ± 23.81)**( eaux brutes teneur en magnésium= **51,55 mg/l**).

**9** régions présentent des teneurs en mg dépassant les normes de potabilité (internationales) : il s'agit de : Ain Fetah, Ain Talout, Arbouz, Bab el Assa, Bouhlou, Chetouane, Djebala, Tient, Maghnia. Les autres régions présentent des teneurs dans les normes.

En comparant les résultats trouvés en **2021** avec celles trouvés en **2020** par l'ADE (56) [ moyenne de la teneur en mg trouvée est de **35.73mg /l(±21 .87)** ] , on remarque qu'on peut distinguer **3** groupes comme le montre la **figure 47** :

### III. DISCUSSION



**Figure 47: Comparaison de la teneur en magnésium des eaux de distribution de la wilaya de Tlemcen entre l'année 2020 et 2021**

**Premier groupe :** Il regroupe les eaux de distribution qui ont la teneur en magnésium en **2021** plus basse que celles trouvées en **2020** et qui sont les communes suivantes : Beni snouss, Ouled mimoune, Sabra.

**Deuxième groupe :** Il regroupe les eaux de distribution qui ont la teneur en **2021** plus élevée que **2020** et qui sont : Bouhlou, Chetouane.

**Troisième groupe :** Il regroupe les eaux de distributions qui ont la même teneur en **2021** et **2020** et qui sont : Ain tallout, Hennaya, Maghnia, Mansourah, Ouled lakhdar, Tlemcen, Zouia.

En comparant nos résultats avec ceux d'une étude réalisées à Bechar en **2016** (57) et qui a étudié les caractéristiques physicochimiques des eaux brutes et traitées de cette région, on remarque qu'il y a une différence car cette étude a montré que la moyenne de la teneur en magnésium est de 48mg/l pour les eaux traitées (eaux brutes teneur en magnésium = **110 mg/l**).

Cette différence est expliquée par la nature et la composition du sol dans les deux régions. Le tableau suivant résume l'origine géologique des sources de la wilaya de Tlemcen:

### III. DISCUSSION

**Tableau 27 : Origine géologique des sources étudiées dans la wilaya de Tlemcen (58)**

Source	Origine géologique
<b>Birwana 1</b>	Calcaire et dolomie
<b>Birwana 2</b>	Calcaire et dolomie
<b>Sidi boushak</b>	Grés de Boumediene séquanien
<b>Ain debagh</b>	Grés tortonien (III)
<b>Ain ourab3in</b>	Alluvion (IV)
<b>Beni boublene 1</b>	Calcaire jurassique
<b>Beni boublene 2 aintolba</b>	Calcaire jurassique
<b>Attar (foret)</b>	Calcaire jurassique
<b>Attar (village)</b>	Calcaire jurassique
<b>Attar (caserne)</b>	Calcaire jurassique
<b>Attar (ainouzir)</b>	Calcaire jurassique
<b>Sidi Affif</b>	Calcaire jurassique
<b>Chetouane</b>	Travertin
<b>Sidi haloui 1</b>	Alluvion
<b>Sidi haloui 2</b>	Alluvion
<b>Karaja</b>	Tufs calcaires
<b>Abou techfine</b>	Grés tortonien (III)
<b>La gare</b>	Grés tortonien
<b>Sidi lahcène</b>	Grés tortonien
<b>Chlaida</b>	Grés tortonien
<b>Ain lhout 1</b>	Calcaire et dolomie
<b>Ain lhout 2</b>	Calcaire et dolomie
<b>Bayada</b>	Grés tortonien
<b>Ain lahdjer</b>	Grés séquanien
<b>Mlilia</b>	Calcaire et dolomie
<b>Ain douze</b>	Calcaire et dolomie
<b>Ain mekdad</b>	Calcaire
<b>Ain effza</b>	Calcaire
<b>Ain beni 3ad</b>	Calcaire
<b>Ain boukoura (amieur)</b>	Alluvion

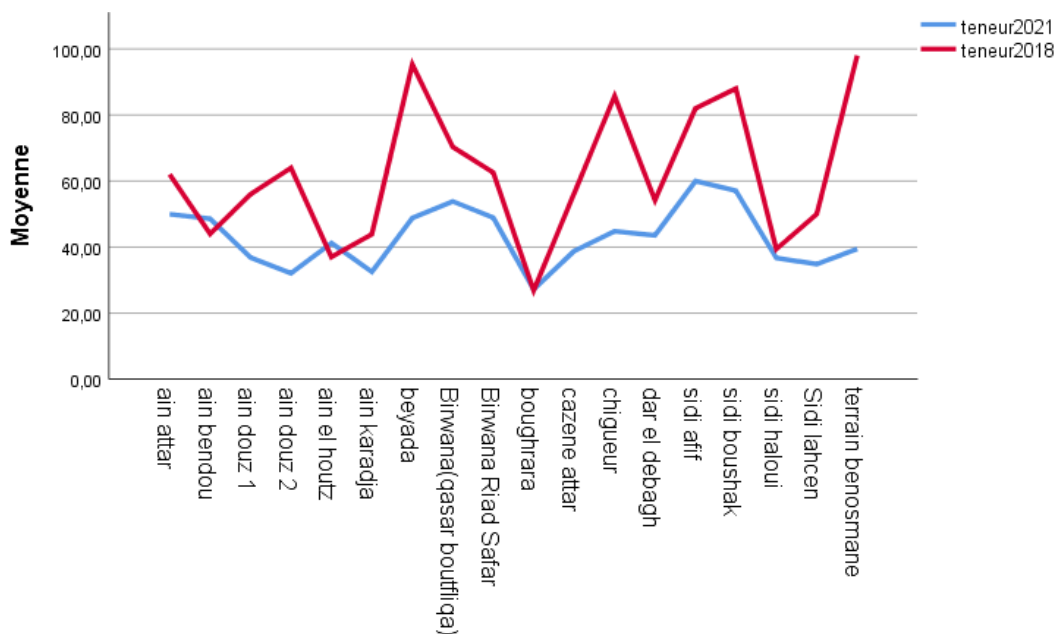
En comparant nos résultats avec ceux d'une étude réalisée au Serbie en **2019** (54) et qui a étudié la teneur en magnésium des eaux de distribution publique dans ce pays et qui a trouvé que les concentrations varient entre **17,3** et **35,3** mg/l, on trouve qu'il y a une différence puisque notre analyse montre une hétérogénéité dans la teneur en magnésium dans les différentes régions de la wilaya ( **1,1** jusqu'à **81,60** mg/l) mais ces concentrations restent plus élevées en moyenne que celles retrouvées dans les eaux de robinets de la Serbie.

### III. DISCUSSION

Le dosage du magnésium dans les eaux de sources de la wilaya de Tlemcen a donné une moyenne de la teneur en magnésium est de **42.79mg/l( ± 13.14)**.

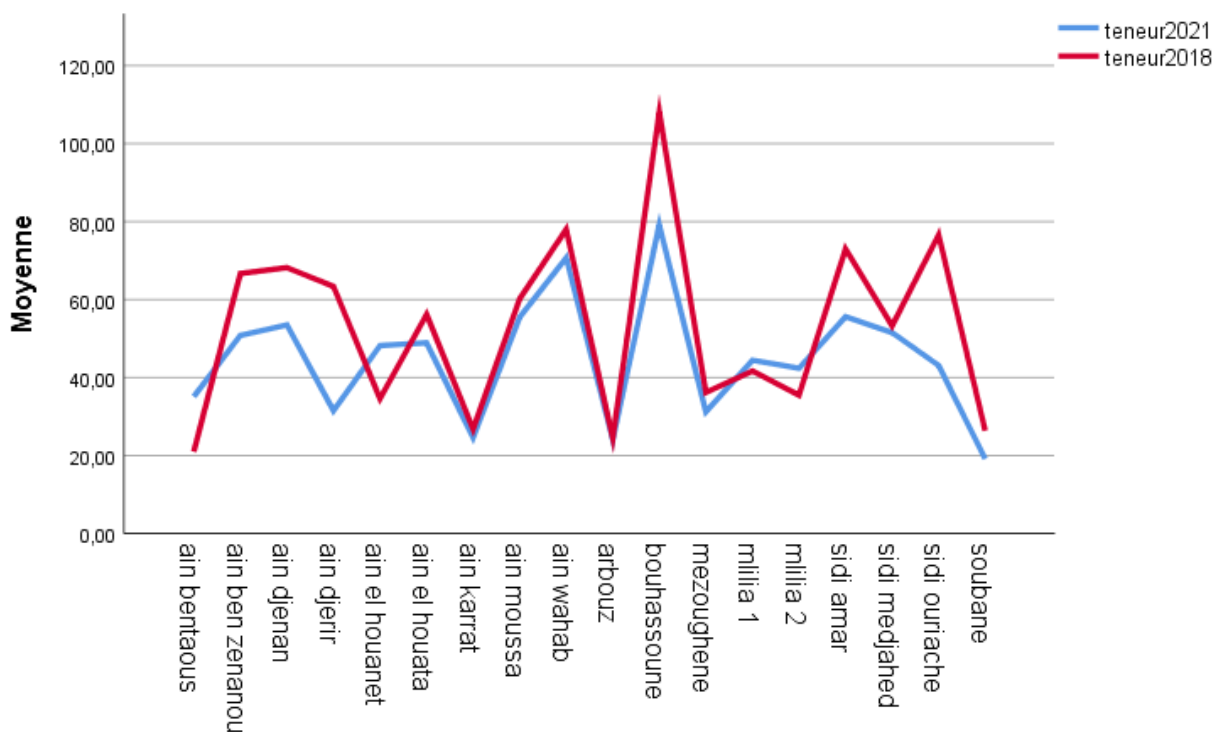
Les teneurs trouvées sont comprises dans les normes des eaux de sources fixées par la réglementation algérienne.

En comparant nos résultats avec ceux de l'Algérienne Des Eaux (ADE) (56) réalisés en **2018**, on trouve qu'on peut distinguer **2** groupes comme le montre la **figure 48 et 49** :



**Figure 48: Comparaison de la teneur en magnésium des eaux de sources de la wilaya de Tlemcen entre l'année 2018 et 2021**

### III. DISCUSSION



**Figure 49: Comparaison de la teneur en magnésium des eaux de sources de la wilaya de Tlemcen entre l'année 2018 et 2021 (suite)**

Premier groupe : correspond aux eaux de sources qui ont une teneur en magnésium plus basse en **2021** qu'en **2018**. Ce groupe comprend **9** sources, parmi eux : Ain djerir, Bouhassoune, Terrain benosmane et Sidi afif.

Deuxième groupe : correspond aux eaux de sources qui ont une teneur en magnésium proche de celle trouvée en **2018**. Ce groupe correspond aux **17** sources, parmi eux : Ain karrat, Arbouz, Ain Bendou et Mlilia 1.(56)

La différence entre nos résultats et ceux de l'ADE est expliquée par le fait que le résultat de l'ADE reflète un dosage annuel (moyenne de plusieurs prélèvements saisonniers) par contre nos résultats reflètent un seul dosage réalisé dans une seule saison (printemps).

En comparant les résultats trouvés avec ceux d'une étude réalisée en **2019** et qui a étudié la composition de **11** sources dans la wilaya de Tlemcen(59) on trouve qu'il y a une différence (les teneurs en magnésium retrouvées sont plus faibles variant entre **25,45** et **54,17** mg/l). Ceci est

### III. DISCUSSION

---

expliqué par la taille de l'échantillon : nous avons analysé **65** échantillons contre seulement **11** échantillons dans cette étude.

En comparant nos résultats avec ceux d'une étude réalisée à Saida en **2013** (60) et qui a étudié les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques des eaux de sources de cette région, on remarque qu'il a une grande différence puisque cette étude a trouvé une moyenne de la teneur en magnésium de **86.09mg/l**.

Cette différence s'explique par le fait que le sol de Saida est plus riche en magnésium par rapport à celui de Tlemcen.

Une autre étude réalisée à Skikda (61) et qui a étudié la composition physico-chimique et microbiologique des sources du massif de Kanoua, a trouvé une valeur minimale de la teneur en magnésium de **2.9mg/l** et une valeur maximale de **11.66mg/l**. En comparant avec nos résultats, nous avons trouvé une valeur minimale de **19.16 mg/l** et une valeur maximale de **79.14 mg/l** ce qui signifie que les eaux de la région de Tlemcen sont plus riches en cet élément que celles de la wilaya de Skikda.

Le dosage du magnésium dans les eaux embouteillées commercialisées dans la wilaya de Tlemcen a donné des teneurs en magnésium variant entre **9.82mg/l** et **52.55mg/l**. En comparant ces teneurs mesurées par dosage avec celles qui sont mentionnées sur l'étiquette, on trouve que la teneur mesurée est supérieure à celle mentionnée sur l'étiquette (  $p=0.00 < 0.05$  , statistiquement significative) ce qui nous indique que les valeurs mentionnées sur les étiquettes des bouteilles ne sont pas actualisées .Ceci rejoint le résultat d' une étude réalisée en **2018** sur les eaux embouteillées commercialisées dans le marché algérien et qui et qui a trouvé la même chose et ceci pour plusieurs composants et non pas seulement pour le magnésium. (59)

Cette même étude montre que les teneurs en magnésium des eaux embouteillées analysées varient de **1.34mg/l** à **82.5 mg/l**. (59) Par contre, nous avons trouvé que les teneurs en magnésium varient de **9.82mg /l** à **52.55mg/l**.

Cette différence est due au faite que dans cette étude, les enquêteurs ont analysé **35** marques d'eau qui sont commercialisées sur tout le territoire national par contre notre étude a analysé **14** marques seulement qui sont commercialisées dans la wilaya de Tlemcen.

### III. DISCUSSION

Une autre étude réalisée a Saida en **2010** et qui a classé les eaux minérales naturelles et les eaux de sources en Algérie sur la base de la teneur mentionnée sur l'étiquette indique que les marques **06** et **10** sont des eaux magnésiennes, alors les autres marques d'eaux embouteillées sont soit bicarbonaté, sulfaté, calcique ou chloruré ce qui concorde avec nos résultats sauf pour la marque **06** qu'on a trouvé qu'elle a une teneur de **40,19 mg/l** inférieure à **50 mg /l.** (50)

**Tableau 28: classification des eaux minérales naturelle en Algérie en fonction de la composition ionique(50)**

<b>Categories d'eaux</b>	<b>Eaux</b>	<b>%</b>
Eaux calciques : Teneur en calcium > <b>150mg/l</b>	Marque 15	4
Eaux sulfatées : Teneur en sulfates > <b>200mg/l</b>	Marque 15	4
Eaux magnésiennes : Teneur en magnésium > <b>50 mg/l</b>	Marques:15, 16, 6, 10	18
Eaux bicarbonatées : Teneur en bicarbonate > <b>600mg/l</b>	Marques:15, 16	9
Eaux pauvres en sodium : Teneur en sodium < <b>20 mg/l</b>	Marques:17, 18, 19, 4, 20, 21, 22 , 23, 5, 24.	45
Eaux chlorurées : Teneur en chlorure > <b>200 mg/l</b>	Marque:15	4



### III. DISCUSSION

---

#### 2. Discussion des résultats de la teneur en magnésium plasmatique :

L'analyse des résultats de la magnésémie chez une population adulte étudiant et travaillant dans l'université Abou Backr Belkaid et habitant dans la wilaya de Tlemcen représentée par **137** participants âgés en moyenne de **32.2±11.43** ans rend cette étude intéressante car l'évaluation du statut en magnésium pour cette population montre une valeur moyenne de magnésémie égale à **19,42 mg/L ± 2.07** mesurée dans le plasma. Ce résultat est semblable à celui retrouvé chez une population saine habitant à Maghnia-Tlemcen-(moyenne de la magnésémie égale à **19,65mg /L** mesurée sur sang total en **2010**) (5)

Ces concentrations retrouvées se rapprochent de celles établies sur une population adulte générale méditerranéenne où le niveau moyen du magnésium sérique était de **18.78 ±1.95 mg/l** (62). Les résultats retrouvés sont aussi proches de ceux retrouvés chez une population gériatrique habitant à Oran en **2016**(moyenne de la teneur en magnésium retrouvée est de **20.66±4,11 mg/l**) (63)

La fréquence d'hypomagnésémie relevée par notre étude est de **3,65%**(l'hypomagnésémie, est définie comme une concentration plasmatique de magnésium **<16 mg/L**) (43)

En comparant ce résultat avec celui de l'étude précédente réalisée à Maghnia en **2010**, on remarque qu'il y a une différence puisque cette dernière rapporte une fréquence d'hypomagnésémie de **16,66%**( en adoptant comme valeur seuil de **15 mg/l**) (5). La même remarque est retrouvée en comparant nos résultats avec l'étude effectuée sur la population méditerranéenne (fréquence de l'hypomagnésémie retrouvée est égale à **18,6 %** quand le taux de magnésium sérique est inférieur à **17mg/l**) (62) et celle réalisée sur une population saine âgée de plus de **50** ans à Oran en **2016** (fréquence d'hypomagnésémie est de **20%** en adoptant comme valeur seuil **16 mg/L**) (63)

Ce large écart dans la prévalence rapportée est du probablement à la différence dans les critères de définition de l'hypomagnésémie, les différences dans les caractéristiques des populations étudiées ainsi que les différences dans les techniques de dosage et les échantillons (plasma/sérum/sang total) utilisés dans les mesures du taux de magnésium.

En adoptant la valeur de **17 mg/l** comme valeur seuil définissant l'hypomagnésémie, la fréquence de l'hypomagnésémie devient **16,1%** ce qui rejoint les résultats des études citées précédemment.

### III. DISCUSSION

---

Dans notre étude la proportion des participants avec des taux de magnésium sérique situés entre **16 et 18 mg/l** est de **23.4%**. Ce groupe de personnes a un grand risque de développer une hypomagnésémie.

L'étude de Schimatschek HF réalisée en **2001** en Allemagne montre que les concentrations comprises entre **18.54 et 19.51 mg/l** ont été considérées comme des sous optimales supposant que les valeurs limites sont associées à un risque pathologique accru (64)

Les résultats d'analyse ont démontré que l'hypomagnésémie est modérément liée à l'âge (**p=0,00<0,05**, **v de cramer= 40,9%**), l'indice de masse corporel IMC (**p=0,001<0,05**, **v de cramer= 37,7%**), et l'hypertension artérielle HTA (**p=0,00<0,05**, **v de cramer= 30,8%**).

Ce résultat soutient fortement les résultats d'autres études qui ont démontré une corrélation significative entre la carence magnésienne et le poids, l'IMC et l'HTA (65,66)

Nos résultats montrent aussi une liaison faible entre l'hypomagnésémie et la prise des médicaments (**p=0,012<0,05**, **v de cramer= 21,6%**), la présentation des crampes musculaires (**p=0,038<0,05**, **v de cramer= 17,8%**), les troubles de mémoire (**p=0,033<0,05**, **v de cramer= 18,4%**) et les tremblements (**p=0,008<0,05**, **v de cramer= 22,8%**). Ce qui a été rapporté dans la littérature médicale. (67)

Les résultats de la régression logistique univariée soulève que la magnésémie est sexe dépendante (taux moyen de magnésium chez les femmes inférieur à celui des hommes) avec une différence statistiquement significative (**p = 0,00< 0,05**) ce qui a été rapporté dans l'étude de H. Zahra qui a trouvé que le déficit en magnésium est de prédominance féminine (**p = 0.014<0,05**) (68)

Les données retrouvées dans la littérature médicale affirment que l'utilisation du magnésium est augmentée par les tissus des femmes en raison des hormones ostrogéniques et la consommation des contraceptifs oraux ce qui influe son statut en magnésium. (69)

A propos de la consommation du tabac nous avons trouvé un niveau de magnésémie plus élevée chez les **24** fumeurs par rapport aux **113** non-fumeurs avec une différence significative (**p= 0,003< 0,05**). Contrairement à ce qui a été rapporté dans l'étude de N. Ruljanci qui a trouvé une concentration du magnésium diminuée chez les fumeurs par rapport aux non-fumeurs.

### III. DISCUSSION

---

Cela s'explique par l'hétérogénéité des deux populations de l'étude et également par le nombre réduit de participants inclus dans notre étude. (70)

Notre étude évoque que le taux du magnésium varie avec les crampes musculaires ( $p = 0,006 < 0,05$ ) (la magnésémie est faible chez les personnes qui présentent des crampes). Ce résultat rejoint celui de Williamson et al. qui ont évalué les taux du magnésium sérique et l'incidence des crampes musculaires avant et après une course de cyclisme de 100 milles chez 109 cyclistes. Ils ont constaté une corrélation statistiquement significative ( $p = 0,035 < 0,05$ ) entre la magnésémie et l'incidence de crampes musculaire chez les cyclistes qui avaient des crampes et ceux qui n'en avaient pas. Les auteurs ont conclu que le magnésium joue un rôle dans la stabilisation du système neuromusculaire grâce à son rôle à la fois dans la conduction nerveuse et la contraction musculaire. (71)

La consommation de médicaments a été révélée comme l'un des facteurs influençant la magnésémie dans notre étude (faibles niveaux du magnésium sérique chez les utilisateurs de médicaments par rapport à ceux qui n'utilisent aucun traitement  $p = 0,012 < 0,05$ ). Dans notre cas les personnes qui prennent les antibiotiques ont des niveaux élevés de magnésium sérique par rapport à ceux qui ne prennent pas ( $p = 0,023 < 0,05$ ), ceux qui consomment les laxatifs ont des niveaux de magnésium sérique plus bas par rapport à ceux qui ne les utilisent pas ( $p = 0,035 < 0,05$ ). La négligence du type de médicament permet la comparaison de nos résultats avec les résultats d'autres recherches qui ont étudié l'association entre l'utilisation de médicaments et le magnésium plasmatique et qui ont montré des associations significatives entre la polymédication et l'hypomagnésémie ( $Mg < 18,29 \text{ mg/l}$ ) (rapport de prévalence (PR) 1,81 ; IC à 95 % 1,08–3,14) (72)

L'application de l'ANOVA bifactorielle montre qu'il existe une influence des combinaisons des variables suivantes sur la magnésémie des participants :

**IMC/prise de médicaments :** ( $p = 0,018 < 0,05$ ) les participants qui ont une obésité de type 2 et de type 3 (morbide) et prennent au moins un médicament ont une magnésémie nettement moins élevée que les personnes qui ont le même IMC mais ne prennent aucun médicament. C'est à dire que la magnésémie diminue avec l'augmentation de l'IMC et ceci d'une façon plus importante si la personne prend au moins un médicament. Les participants qui ont une obésité morbide et prennent au moins un médicament ont une hypomagnésémie.

### III. DISCUSSION

---

**IMC/hypertension artérielle :** ( $p= 0,013 < 0,05$ ) les participants hypertendus et qui ont un IMC  $\geq 35$  (obésité de type 2 et morbide) ont une magnésémie nettement moins élevée que les participants qui ont le même IMC mais qui n'ont pas d'HTA. C'est-à-dire que l'hypertension artérielle diminue la magnésémie et ceci d'autant plus chez les personnes qui ont un IMC  $\geq 35$ .

Les participants qui ont un IMC  $\geq 40$  et sont hypertendus présentent une hypomagnésémie.

**IMC/ troubles de mémoire :** ( $p= 0,028 < 0,05$ ) les participants qui ont un IMC  $\geq 30$  (obésité de toute sorte) et qui ont des troubles de mémoire présentent une magnésémie nettement moins élevée que les personnes qui ont le même IMC mais n'ont pas des troubles. C'est-à-dire la manifestation troubles de mémoire associée à une obésité diminue la concentration du magnésium sérique. Les personnes qui ont un IMC  $\geq 40$  et ont des troubles de mémoire sont en hypomagnésémie.

Ces résultats rejoignent ce qui a été rapporté dans plusieurs études qui ont confirmé l'existence d'une relation significative négative entre le statut en magnésium et l'IMC et l'HTA. (73)

Nous avons trouvé aussi que la prévalence des carences en magnésium au cours de l'obésité morbide est élevée. Cette conclusion est en accord avec l'étude de C. Danguir (74)

#### **3. les biais et les limites :**

Notre étude a été assujettie à des biais et des limites. Parmi les difficultés rencontrées on peut citer :

- On n'a pas pu étudier le statut en magnésium chez la population générale à cause de la difficulté d'échantillonnage due à l'absence de prélèvement sanguin au niveau du laboratoire centrale du CHU Tlemcen à cause de la pandémie COVID 19. C'est pourquoi on a dosé la magnésémie des étudiants et des travailleurs de l'université Abou Backr Belkaid comme population d'étude.
- **La taille de l'échantillon :** la taille de notre échantillon a été réduite à cause de la durée limitée de l'étude et la non coopération des étudiants et travailleurs au niveau de l'université, qui n'acceptent pas tous de faire un prélèvement sanguin à jeun pour pouvoir doser la magnésémie.
- La relation entre la magnésémie et les habitudes alimentaire a été évaluée sur la base d'un questionnaire adressé aux participants ce qui expose notre étude à un biais d'informations.

### III. DISCUSSION

---

- Certains réactifs ont été non disponibles au niveau du laboratoire de la faculté pour réaliser notre étude.
- La durée limitée de l'étude qui ne nous a pas permis d'étudier la variabilité de la concentration du magnésium dans l'eau en fonction du temps et on s'est contenté d'un seul prélèvement.
- Absence de carte géographique précise qui indique la situation exacte des sources au niveau de la wilaya de Tlemcen ce qui nous a rendu l'opération de prélèvement difficile.
- Certaines sources d'eau étaient difficiles à prélever à cause de la morphologie difficile de la région, d'autres étaient impropres à la consommation humaine (contamination mentionnée par une plaque) et certaines d'autres ont disparu à cause de la sécheresse c'est pourquoi on a étudié **65** sources seulement au lieu de la totalité des sources qui se trouvent dans la wilaya.

Malgré les biais et les limites les résultats de l'étude sur le statut en magnésium pour cette population montre que la fréquence d'hypomagnésémie est de **3.65%** et qu'une personne sur quatre a des teneurs en magnésium sérique sous optimales et présente un risque potentiel d'hypomagnésémie.

Notre étude a démontré aussi l'existence d'une relation significative entre l'hypomagnésémie et l'âge, l'HTA, l'IMC, la prise des médicaments, les troubles de mémoire, les crampes musculaires et les tremblements et que la magnésémie est influencée par plusieurs facteurs comme le sexe, le tabac, HTA, IMC, la prise de médicaments et la présence de crampes musculaires ce qui rejoint ce qui a été rapporté dans la littérature médicale.

Notre étude a relevé aussi que l'obésité influence profondément la concentration sérique en magnésium surtout si la personne prend au moins un médicament, ait une HTA ou bien des troubles de mémoire. Elle a aussi confirmé que l'obésité morbide est associée à l'hypomagnésémie ce qui rejoint ce qui a été indiqué dans plusieurs études qui ont rapporté une carence magnésienne chez les obèses d'autant plus importante que l'IMC augmente.

En ce qui concerne le taux du magnésium dans les eaux de distributions de la wilaya de Tlemcen, les résultats montrent une grande hétérogénéité de la concentration entre les différentes régions. Néanmoins les teneurs en magnésium retrouvées sont en moyenne satisfaisantes.

### III. DISCUSSION

---

Pour le dosage du magnésium dans les eaux de sources de la wilaya de Tlemcen, les résultats montrent aussi une grande hétérogénéité entre les différentes sources (certaines pauvres en magnésium et d'autres très riches dépassant les normes internationales de potabilité fixées à **50mg/l** mais qui restent dans les normes fixées par la réglementation algérienne concernant les eaux de sources <**150 mg/l**). La concentration du magnésium retrouvée est en moyenne satisfaisante pour un apport nutritionnel adéquat.

Ce travail nous a permis d'indiquer certaines eaux de sources riches en magnésium en cas de carence mais aussi de contre indiquer certaines eaux de sources très riches en Mg chez les personnes atteintes de maladies chroniques comme l'insuffisance rénale chronique en raison des risques qu'elles engendrent pour leur santé.

# **CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GNENERALE

---

Notre objectif était d'évaluer le taux du magnésium sérique chez une population adulte qui étudient et travaillent en milieu universitaire afin d'étudier son statut en magnésium et d'évaluer le taux du magnésium dans les eaux de consommation dans la région de Tlemcen.

Après plusieurs mois de travail nous avons trouvé que la moyenne de la teneur en magnésium dans les eaux de distribution et dans les eaux de sources est satisfaisante avec une hétérogénéité entre les différentes régions de la wilaya.

Nous avons aussi trouvé que la fréquence d'hypomagnésémie est de **3.65mg/l**et que **1** personne sur **4** présente un risque potentiel d'hypomagnésémie.

Notre étude a révélé aussi que la magnésémie est influencée par plusieurs facteurs : le sexe, le tabac, la prise de médicaments et la présence des crampes musculaires.

Notre étude a confirmé aussi que l'obésité morbide est associée à une carence magnésienne accrue. Ce qui rejoint ce qui a été publié dans la littérature médicale. On estime donc que notre objectif est atteint.

Cette étude nous a permis d'établir quelques recommandations :

- Augmenter la consommation des légumes à feuilles vertes, germes de blé et les noix pour assurer un apport nutritionnel adéquat en magnésium.
- Nous recommandons aux personnes qui présentent une carence magnésienne de consommer les eaux riches en cet élément comme par exemple : les eaux de sources suivantes :

Ouled bouhassoune, Ain boukara, Ain wahab, Ain beyada, Ain hdjari, Sidi afif, Ain benihdiel, source D'ourit, Sidi boushak, Sidi amer, Ain mousa, Ain djnane, Ain laghbali, Sidi mdjahed.

- Nous recommandons aussi aux autorités responsables du traitement des eaux de boisson d'augmenter la teneur en magnésium dans les régions où la concentration est faible (< à 20 mg/l).



## CONCLUSION GNENERALE

---

Cette recherche peut être complétée par d'autres études comme par exemple celles étudiant le statut en magnésium chez la population générale ou chez les personnes présentant des pathologies spécifiques comme par exemple : les diabétiques, les hypertendus, les obèses etc...

Nous espérons aussi que l'étude de la teneur en magnésium dans les eaux de sources soit effectuée à l'échelle nationale afin de connaître la nature de nos eaux naturelles.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## References Bibliographiques

---

1. Newson, J. Le guide complet du magnésium. FR-Ultimate-guide-Magnesium.pdf [Internet]. [cité 16 mars 2021]. Disponible sur: <https://www.abundanceandhealth.es/upload/ultimate-guides/FR-Ultimate-guide-Magnesium.pdf>
2. Vargas-Poussou, R., & Hureauux, M. (2020). Physiologie du magnésium.Bacchetta476353.pdf [Internet].[cité 16 mars 2021]
3. Penquer'H M, Picot D, Vigneau C. Le magnésium : un super cation méconnu ? Revue générale et enquête auprès des généralistes d'Ille-et-Vilaine / Magnesium: a supercation misunderstood? Overview and survey of GPs in "Ille-et-Vilaine". Néphrologie Thérapeutique. févr 2014;10(1):25-34.
4. Dembélé, O. (2020). *Evaluation du profil du magnésium chez les diabétiques de type 2* (Doctoral dissertation, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako). [cité 18 sept 2021]. Disponible sur: <https://www.bibliosante.ml/handle/123456789/4069>
5. Bahri A. Evaluation du statut en magnésium d'une population saine de la ville de maghnia. [Internet] [Thesis]. 2015 [cité 16 mars 2021]. Disponible sur: <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/7430>
6. Badran, A. M., Joly, F., & Messing, B. (2004). L'hypomagnésémie: causes, manifestations et traitement. *Nutrition clinique et métabolisme*, 18(3), 127-130 Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0985056204000639>
7. Baaij JHF, Hoenderop JGJ, Bindels RJM. Magnesium in Man: Implications for Health and Disease. *Physiol Rev*. janv 2015;95(1):1-46.
8. Roth J. Le magnésium, minéral incontournable ? : enquête auprès des patients de l'officine [Internet] [other]. Université de Lorraine; 2017 [cité 30 janv 2021]. p. Non renseigné. Disponible sur: <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01931864>
9. Rigaud, D. (2000). Tube digestif et magnésium. *Lait*, 115(85), 10.
10. Luca A. Besoins nutritionnels de l'adolescent. *J Pédiatrie Puériculture*. 1 août 2019;32(4):171-80.

## References Bibliographiques

---

11. Badran AM, Crenn P. Les sels de magnésium oraux. *Nutr Clin Métabolisme*. 1 mars 2009;23(1):9-15.
12. Quamme, G. A. (2008). Recent developments in intestinal magnesium absorption. *Current opinion in gastroenterology*, 24(2), 230-235. [Internet]. [cité 16 mars 2021]. Disponible sur: [https://journals.lww.com/co-gastroenterology/Abstract/2008/03000/Recent\\_developments\\_in\\_intestinal\\_magnesium.21.aspx](https://journals.lww.com/co-gastroenterology/Abstract/2008/03000/Recent_developments_in_intestinal_magnesium.21.aspx)
13. Avensac, M. (2018). *Le magnésium dans la prise en charge du stress à l'officine* pour l'obtention du diplôme d'état de docteur en pharmacie. (Doctoral dissertation, Université Toulouse III-Paul Sabatier)..
14. Jahnen-Dechent W, Ketteler M. Magnesium basics. *Clin Kidney J*. 1 févr 2012;5(Suppl 1):i3-14.
15. Wolf FI, Trapani V. Cell (patho)physiology of magnesium. *Clin Sci*. 1 janv 2008;114(1):27-35.
16. AZOUAGH, D. (2020). *LE MAGNESIUM: DU METABOLISME A SON UTILISATION A L'OFFICINE* (Doctoral dissertation). mémoire de fin d'étude. Université mohamed V faculté de médecine et de pharmacie rabat .[cité 19 févr 2021]. Disponible sur: <http://ao.um5.ac.ma/jspui/bitstream/123456789/18223/1/P0522020.pdf>
17. Pilchova, I., Klacanova, K., Tatarkova, Z., Kaplan, P., & Racay, P. (2017). The involvement of Mg<sup>2+</sup> in regulation of cellular and mitochondrial functions. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017. [Internet]. [cité 22 mars 2021]. Disponible sur: <https://www.hindawi.com/journals/omcl/2017/6797460/>
18. Laires M, Monteiro C, Bicho M. Role of cellular magnesium in health and human disease. *Front Biosci J Virtual Libr*. 1 févr 2004;9:262-76.
19. Sztark F, Nouette-Gaulain K, Cochard J-F, Département, Anesthésie-Réanimation. LE MAGNESIUM EST-IL UN MEDICAMENT ? 22 mars 2021;

## References Bibliographiques

---

20. Bielinski, R. W. (2006). Magnésium et activité physique. *Rev Med Suisse*, 2, 1783-6.  
[cité 3 mars 2021]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/RMS/2006/RMS-74/31577>
21. Liu M, Dudley SC. Magnesium, Oxidative Stress, Inflammation, and Cardiovascular Disease. *Antioxidants*. oct 2020;9(10):907.
22. Cakmak, I., & Yazici, A. M. (2010). Magnésium: Composante Oubliée de la Production Agricole. *Better Crops with Plant Food*, [cité 3 mars 2021]. Disponible sur: <http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/fr/pdf-articles/article-201111-better-crops-magnesium.pdf>
23. Altura BM, Altura BT. New perspectives on the role of magnesium in the pathophysiology of the cardiovascular system. II. Experimental aspects. *Magnesium*. 1985;4(5-6):245-71.
24. Barbagallo M, Dominguez LJ. Magnesium, Oxidative Stress, and Aging Muscle. [Internet]. Elsevier; 2014 [cité 5 mars 2021]. p. 157-66. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780124059337000160>
25. Mazur A, Maier JAM, Rock E, Gueux E, Nowacki W, Rayssiguier Y. Magnesium and the inflammatory response: Potential physiopathological implications. *Arch Biochem Biophys*. févr 2007;458(1):48-56.
26. Dupont C, Campagne A, Constant F. Efficacy and Safety of a Magnesium Sulfate–Rich Natural Mineral Water for Patients With Functional Constipation. *Clin Gastroenterol Hepatol*. août 2014;12(8):1280-7.
27. Wolf FI, Trapani V. Magnesium and its transporters in cancer: a novel paradigm in tumour development. *Clin Sci*. 1 oct 2012;123(7):417-27.
28. Gragossian A, Bashir K, Friede R. Hypomagnesemia. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 [cité 13 sept 2021]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK500003/>
29. Agus ZS. Mechanisms and causes of hypomagnesemia. *Curr Opin Nephrol Hypertens*. juill 2016;25(4):301-7.

## References Bibliographiques

---

30. Ahmed F, Mohammed A. Magnesium: The Forgotten Electrolyte-A Review on Hypomagnesemia. *Med Sci Basel Switz.* 4 avr 2019;7(4):E56.
31. Pham, P. C., Pham, P. A., Pham, S. V., Pham, P. T., Pham, P. M., & Pham, P. T. (2014). Hypomagnesemia: a clinical perspective. *International journal of nephrology and renovascular disease*, 7, 219–230. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4062555/>
32. Assadi F. Hypomagnesemia: an evidence-based approach to clinical cases. *Iran J Kidney Dis.* janv 2010;4(1):13-9.
33. Nanduri A, Saleem S, Khalaf M. SEVERE HYPERMAGNESEMIA. *Chest.* oct 2020;158(4):A1016.
34. Van Laecke S. Hypomagnesemia and hypermagnesemia. *Acta Clin Belg.* 2 janv 2019;74(1):41-7.
35. Yamaguchi H, Shimada H, Yoshita K, Tsubata Y, Ikarashi K, Morioka T, et al. Severe hypermagnesemia induced by magnesium oxide ingestion: a case series. *CEN Case Rep.* févr 2019;8(1):31-7.
36. Gröber U, Schmidt J, Kisters K. Magnesium in Prevention and Therapy. *Nutrients.* 23 sept 2015;7(9):8199-226.
37. Boman X, Guillaume T, Krzesinski J-M. COMMENT J'EXPLORE ... un trouble de la magnésémie. *Rev Med Liege.* :5.
38. Touyz R M. Magnesium in clinical medicine. *Front Biosci.* 2004;9(1-3):1278.
39. Topf JM, Murray PT. [No title found]. *Rev Endocr Metab Disord.* 2003;4(2):195-206.
40. Quelle forme de magnésium choisir ? - Laboratoires COPMED [Internet]. [cité 13 juill 2021].

Disponible sur: <https://www.copmed.fr/fr/content/92-quelle-forme-de-magnesium-choisir-?fbclid=IwAR2rkzVrrgAABQhNwD3XyGfAgZqJNxxh7NSvnIaeeKtdQmBAvMx0lpdqCFLQ>

## References Bibliographiques

---

41. Guerrero MP, Volpe SL, Mao JJ. Therapeutic uses of magnesium. *Am Fam Physician*. 15 juill 2009;80(2):157-62.
42. GmbH DDS. Clinical Chemistry [Internet]. DiaSys Diagnostic Systems GmbH. [cité 13 sept 2021]. Disponible sur: <https://www.diasys-diagnostics.com/products/reagents/clinical-chemistry/reagent-details/75-magnesium-xl-fs/reagent.show>
43. MAGNESIUM CALMAGITE BIOLABO Haute Stabilité .Méthode basée sur celle décrite par Gindler, Heth [Internet]. [cité 13 sept 2021]. Disponible sur: <https://pdfslide.tips/documents/magnesium-calmagite-biolabo-haute-stabilite-methode-basee-sur-celle-decrite.html>
44. Fiorentini, Diana, Concettina Cappadone, Giovanna Farruggia, et Cecilia Prata. 2021. « Magnesium: Biochemistry, Nutrition, Detection, and Social Impact of Diseases Linked to Its Deficiency ». *Nutrients* 13 (4): 1136. <https://doi.org/10.3390/nu13041136>.
45. « cours de 1<sup>er</sup> année résidanat hydro bromatologie ». université ahmed ben bella Oran faculté de médecine .2016.
46. Abederrahmani L, Bouabba N. Etude de la qualité physico-chimique de différentes eaux minérales consommées en Algérie [Internet] [Thesis]. Université Mouloud Mammeri; 2019 [cité 5 sept 2021]. Disponible sur: <https://dl.ummo.dz/handle/ummo/10036>
47. JORADP NUM 13 DU 9MARS 2014: <http://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2014/F2014013.pdf>
48. JORADP N45 DU 18 JUILLET 2004: <http://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2004/F2004047.pdf>
49. Medfouni riyaad. Analyse et classification Hydro chimique et statistique multi variables des eaux embouteillées en Algérie. Université Larbi Ben M'hidi– OUM EL BOUAGHI – Faculté des Sciences et Sciences Appliquées; 2018.
50. Hazzab A. Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. *Comptes Rendus Geosci*. janv 2011;343(1):20-31.

## References Bibliographiques

---

51. Hadjila Amina « Les éléments fondamentaux d'une eau : cours 5ème année pharmacie 2019 ». université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.
52. rodier jean. L'analyse de l'eau. 9ème édition. DUNOD; 2009.
53. Wilaya Tlemcen, Algérie - DB-City : Toutes les infos sur les Pays, Régions, Villes et Villages [Internet]. [cité 14 sept 2021]. Disponible sur: <https://fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie--Tlemcen>
54. Čabarkapa V, Đerić M, Todorović M, Sudji J, Ilinčić B, Trifu A, et al. Hypomagnesemia in adults of northern Serbia: prevalence, nutritional risk factors, and associated comorbidities. *Magnes Res.* 1 févr 2019;32(1):25-36.
55. Chimactiv - Ressources pédagogiques numériques interactives dans l'analyse chimique de milieux complexes [Internet]. [cité 14 sept 2021]. Disponible sur: <http://chimactiv.agroparistech.fr/fr/aliments/analyse-eau/theorie-illustree>
56. (<https://www.ade.dz/>)
57. Mokeddeme I, Belhachemi M, Merzougui T, Nabou N, Merzougui F. Caractérisation physico-chimique des eaux de surfaces de la région de Béchar (Sud. Ouest Algérien). *Algerian J Environ Sci Technol* [Internet]. 2017 [cité 5 sept 2021];3(3). Disponible sur: <https://www.aljest.net/index.php/aljest/article/view/197>
58. (<http://www.anrh.dz/>)
59. ACHOUR TALET, ABDELLAOUI. 2019. « Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux embouteillées commercialisées en Algérie ». UNIVERSITE ABOU BEKR BELK AÏD DEPARTEMENT DE PHARMACIE.
60. Kadari, Mohamed. 2013. ÉVALUATION DES CARACTÉRISTIQUES PHYSICOCHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX DE SOURCES DE LA RÉGION DE SAÏDA. Université de Sidi Bel Abbès, Algeria
61. Amrane, Nour el houda, Kaoutar Fékraoui, A. Drouiche, et G. Boutzama. 2016. « Caractérisation physico-chimique et microbiologique des sources du massif de Kanoua (Wilaya



## References Bibliographiques

---

de Skikda .NE .algérien) ». Thesis, Université de Jijel. <http://dspace.univ-jijel.dz:8080/xmlui/handle/123456789/2221>.

62. Barragán R, Llopis J, Portolés O, Sorlí JV, Coltell O, Rivas-García L, et al. Influence of Demographic and Lifestyle Variables on Plasma Magnesium Concentrations and Their Associations with Cardiovascular Risk Factors in a Mediterranean Population. *Nutrients*. 8 avr 2020;12(4):E1018.

63. STATUT DU MAGNESIUM CHEZ LE SUJET AGE ET MALADIE D'ALZHEIMER [Internet]. [cité 14 sept 2021]. Disponible sur: [http://www.mediafire.com/file/8pabuug21ril5yq/STATUT\\_DU\\_MAGNESIUM\\_CHEZ\\_LE\\_SUJET\\_AGE\\_ET\\_MALADIE\\_D%25E%2580%2599ALZHEIMER.pdf/file](http://www.mediafire.com/file/8pabuug21ril5yq/STATUT_DU_MAGNESIUM_CHEZ_LE_SUJET_AGE_ET_MALADIE_D%25E%2580%2599ALZHEIMER.pdf/file)

64. Schimatschek HF, Rempis R. Prevalence of hypomagnesemia in an unselected German population of 16,000 individuals. *Magnes Res*. déc 2001;14(4):283-90.

65. Shamnani G, Rukadikar C, Gupta V, Singh S, Tiwari S, Bharti S, et al. Serum magnesium in relation with obesity. *Natl J Physiol Pharm Pharmacol*. 2018;1.

66. Kisters K, Gremmler B, Hausberg M. Pulse pressure, plasma magnesium status, and antihypertensive therapy. *Am J Hypertens*. août 2005;18(8):1136; author reply 1136-1137.

67. Gröber U, Schmidt J, Kisters K. Magnesium in Prevention and Therapy. *Nutrients*. 23 sept 2015;7(9):8199-226.

68. Zahra H, Berriche O, Zayet S, Mizouri R, Khiari M, Mahjoub F, et al. Le statut en magnésium chez une population de diabétiques type 2. *Rev Médecine Interne*. 1 juin 2018;39:A123.

69. LAKHAL I. ASSOCIATION ENTRE LA MAGNÉSÉMIE, LA NUMÉRATION FORMULE SANGUINE CHEZ LES DIABETIQUES AVEC ET SANS SYNDROME METABOLIQUE. FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE MARRAKECH 2021. [Internet]. [cité 14 sept 2021]. Disponible sur: <http://wd.fmpm.uca.ma/biblio/theses/annee-htm/FT/2021/these31-21.pdf>

## References Bibliographiques

---

70. Ruljancic N, Popovic-Grle S, Rumenjak V, Sokolic B, Malic A, Mihanovic M, et al. COPD: magnesium in the plasma and polymorphonuclear cells of patients during a stable phase. *COPD*. mars 2007;4(1):41-7.
71. Bohl CH, Volpe SL. Magnesium and exercise. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2002;42(6):533-63.
72. van Orten-Luiten ACB, Janse A, Verspoor E, Brouwer-Brolsma EM, Witkamp RF. Drug use is associated with lower plasma magnesium levels in geriatric outpatients; possible clinical relevance. *Clin Nutr Edinb Scotl*. déc 2019;38(6):2668-76.
73. Nielsen FH. Magnesium, inflammation, and obesity in chronic disease. *Nutr Rev*. juin 2010;68(6):333-40.
74. Danguir, C., Zouaoui, C., Bousselmi, J., Jaidane, A., Cherif, I., Mrouki, M., ... & Zidi, B. (2014, October). Évaluation de l'apport en micronutriments au cours de l'obésité morbide. In *Annales d'Endocrinologie* (Vol. 75, No. 5-6, p. 461). Elsevier Masson. [Internet]. [cité 14 sept 2021]. Disponible sur: <https://www.congres-sfe.com/2014/eposter!fr!!!!b097cc3a-21d0-1032-b196-61c1a3eebff0>

# **ANNEXES**

# ANNEXE I

## ANNEXE I :Les normes de potabilité de l'eau JORADP N°13 du 9/3/2014

7 Jomada El Oula 1435 9 mars 2014	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13	1	
<p>Tableau 2</p> <p><b>Paramètres avec valeurs indicatives</b></p>			
GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres Organoleptiques	couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25 °C	Taux dilution	4
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO <sub>3</sub>	65 pour les eaux déssalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20 °C	µS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	µg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25

## ANNEXE II

### ANNEXE II : Les indicateurs de qualité des eaux minérales naturelles.

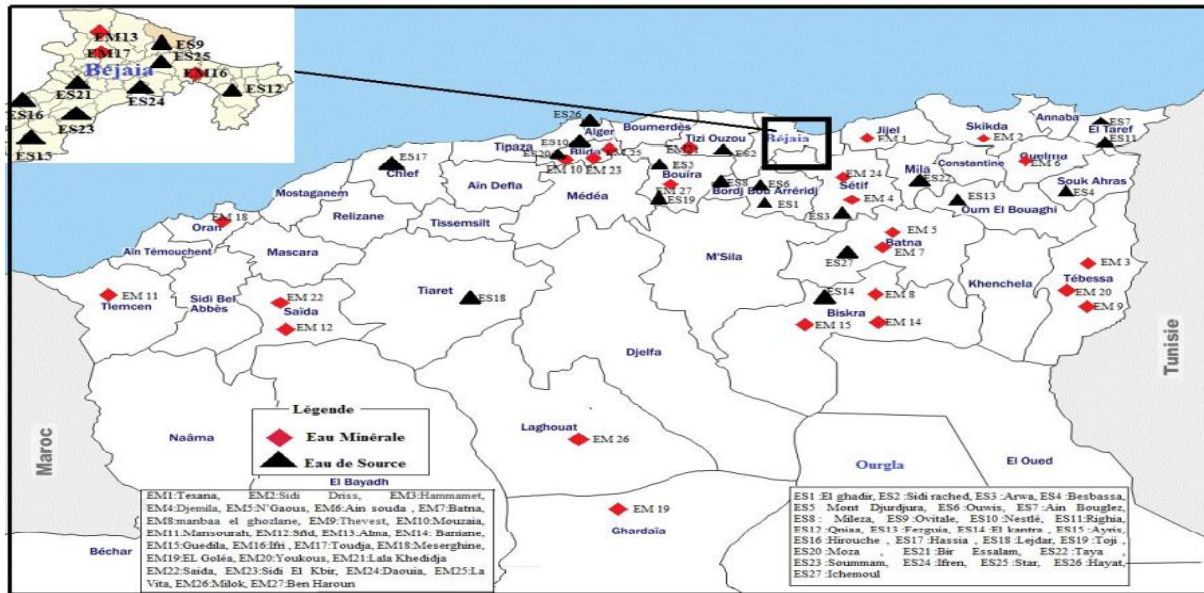
Caractéristiques	Symbole	Algériennes (Arrêté interministériel du 22 janvier 2006)
<b>Substances toxiques et indésirables</b>		
Antimoine	Sb	0,005
Arsenic	As	0,05
Baryum	Ba	1
Borates	BO <sub>3</sub>	5
Cadmium	Cd	0,003
Chrome	Cr	0,05
Cuivre	Cu	1
Cyanure	Cn	0,07
Fluorure	F	5
Plomb	Pb	0,01
Manganèse	Mn	0,1
Mercure	Hg	0,001
Nickel	Ni	0,02
Nitrates	NO <sub>3</sub>	50
Nitrites	NO <sub>2</sub>	0,02
Sélénium	Se	0,05

### ANNEXE II : (SUITE): Les indicateurs de qualité des eaux de sources

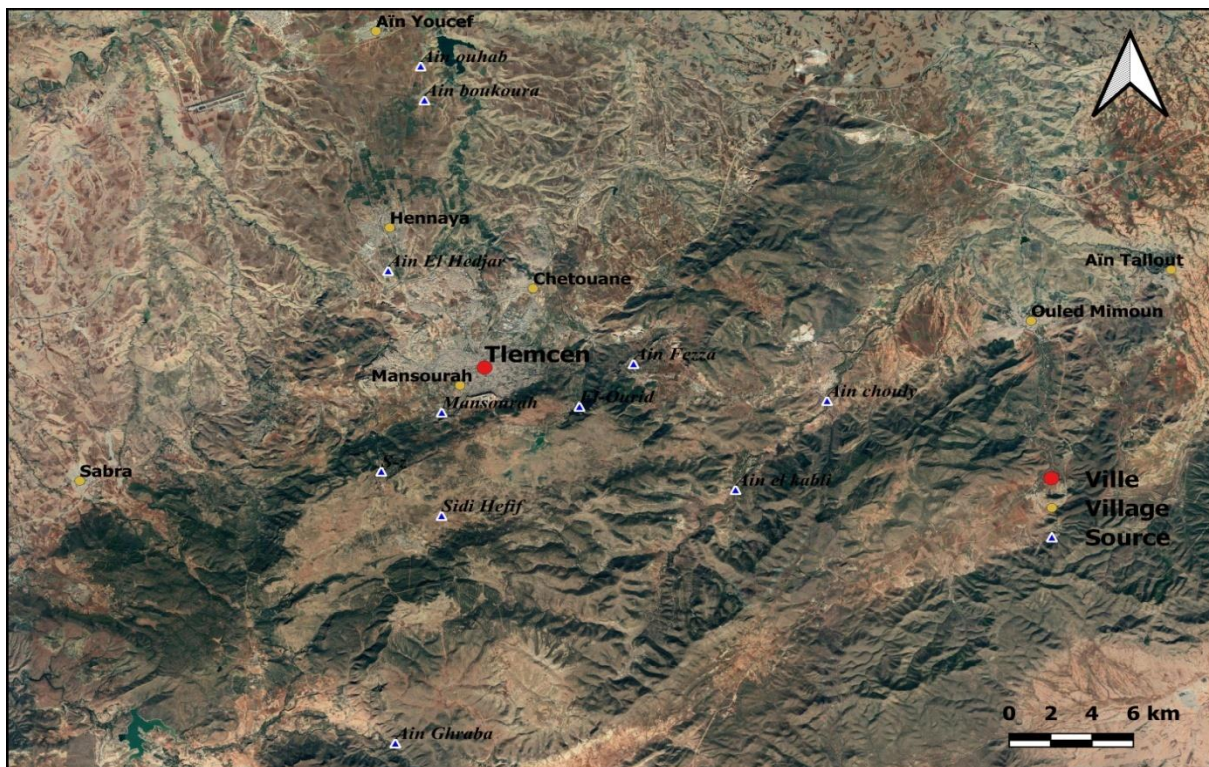
Caractéristiques	Symbole	Unités	Algériennes (Arrêté interministériel du 22 janvier 2006)
<b>Caractéristiques physico-chimiques</b>			
pH	-	-	6,5-8,5
Conductivité à 20 °C	-	µs/cm	2800
Chlorures	Cl	mg/l	200-500
Sulfates	SO <sub>4</sub>	mg/l	200-400
Magnésium	Mg	mg/l	150
Sodium	Na	mg/l	200
Potassium	K	mg/l	20
Aluminium total	Al	mg/l	0,2
<b>Substances indésirables</b>			
Nitrates	NO <sub>3</sub>	mg/l	50
Nitrites	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,1
Ammonium	NH <sub>4</sub>	mg/l	0,5
Fer	Fe	mg/l	0,3
Manganèse	Mn	mg/l	0,5
Cuivre	Cu	mg/l	1,5
Zinc	Zn	mg/l	5
Argent	Ag	mg/l	0,05
Fluorures	F	mg/l	0,2-2
Azote	N	mg/l	1
<b>Substances toxiques</b>			
Arsenic	As	mg/l	0,05
Cadmium	Cd	mg/l	0,01
Cyanure	Cn	mg/l	0,05
Chrome	Cr	mg/l	0,05
Mercure	Hg	mg/l	0,001
Plomb	Pb	mg/l	0,055
Sélénium	Se	mg/l	0,01
Benzo (1,2,3-cd) pyrène	-	µg/l	0,01

# ANNEXE III

## ANNEXE III: Situation géographique des eaux minérales et des eaux de sources embouteillées en Algérie.



## ANNEXE III (suite) : Situation géographique de quelques sources de la wilaya de Tlemcen.



# ANNEXE IV

## ANNEXE IV : Enquête pour l'évaluation du statut en magnésium chez une population adulte habitant dans la wilaya de Tlemcen

\*obligatoire

### Identification

1.Nom \*.....

2.Prénom \*.....

3.sexe \*.

- Homme  
 Femme

4.Age \*.....

5.Adresse \*.....

6.Etat civil \*

- Célibataire  
 Marié  
 Divorcé

7.Niveau institutionnel \*

- Primaire  
 Secondaire  
 Terminal  
 Université (graduation)  
 Université (post graduation)

8.Niveau socio-économique \*

- Bas  
 Moyen  
 Élevé

9.taille \*.....

10.Poids \*.....

11.Tour de taille.....

## ANNEXE IV

12. Indice de masse corporelle

- IMC < 25 (kg/m<sup>2</sup>)
- 25 < IMC < 30 (kg/m<sup>2</sup>)
- IMC > 30 (kg/m<sup>2</sup>)

### Antécédents

13. Avez-vous dans la famille des personnes atteintes de: \*

- Diabète
- Hypertension
- Cardiopathie
- Goitre
- Rhinite allergique
- Néphropathies
- Alzheimer
- Maladies neurologiques autre que l'Alzheimer
- Dépression
- Cancer

14. Est-ce que vous avez? \*

- Malabsorption
- Diarrhée
- Maladie cœliaque
- Dépression
- Dyslipidémie
- Hypertension
- Diabète

15. Si vous avez d'autres pathologies précisez les .....

16. Est-ce que vous êtes? \*

- FUMEUR
- NON FUMEUR

17. Si vous êtes une femme, est-ce que vous êtes?

- Enceinte
- Non enceinte

18. Est-ce que vous avez pris récemment ou vous prenez un contraceptif (pilule)?

- Oui
- Non



## ANNEXE IV

19. Est-ce que vous avez pris récemment ou vous prenez un ou plusieurs des médicaments suivants? \*

- Les laxatifs
- Les diurétiques de l'anse
- Antibiotiques (aminosides)
- Le lithium
- Anti acide
- Théophylline
- Dialyse
- Autre : .....

20. Est-ce que vous avez un ou plusieurs des signes suivants \*

- Se fatiguer facilement après un exercice
- Trouble de mémoire
- Arythmie
- Insomnie
- Crampes
- Tremblement
- Difficulté de concentration

### Alimentation

21. où avez-vous l'habitude de manger \*

- Maison
- Restaurants
- Fast Food

22. consommez-vous des compléments alimentaires contenant du magnésium \*

- Oui
- Non

23. Si vous Oui précisez les noms .....

24. Quel type d'eau consommez-vous principalement \*

- Eau de robinet
- Eau de source
- Eau embouteillée
- Eau de puit

25. Si vous consommez les eaux embouteillées précisez quelles marques consommez-vous fréquemment \* .....

## ANNEXE IV

---

26. Parmi les aliments suivants, précisez ceux que vous consommez fréquemment \*

- Épinards
- Noix d'acajous
- Pépinière
- Pain
- Germe de blé
- Betterave
- Les arachides
- Chocolat
- Noix de pin
- Artichaut
- Viande rouge
- Viande blanc
- Poisson
- Pattes
- Friture

## ANNEXE V

### ANNEXE V : Enquête sur la consommation des eaux embouteillées dans la wilaya de Tlemcen

\*obligatoire

1. Vous êtes?\*

- Homme  
 Femme

2. Région \* .....

3. Age \* .....

4. Quel type d'eau consommez-vous principalement \*

- eau de robinet  
 eau de source  
 eau embouteillée  
 eau de puit

5. Si vous consommez l'eau de source, précisez quelle source .....

6. Quelle marque d'eau embouteillée consommez-vous fréquemment?\*

- Mansourah  
 saida  
 nestlé  
 ifri  
 daya  
 lalla Khedidja  
 gdiyla  
 Ain bouguelaz  
 El goléa  
 Sidi rached  
 Lavita  
 Youkous  
 Ngaous  
 Righia  
 Batna  
 Manbaa el ghezlan  
 Besbassa  
 Mont jurjura  
 Lejdar  
 Messerghine  
 Beniane  
 Fezgu  
 Tazliza  
 Ayris

## ANNEXE V

---

- Arwa
- Moza
- Qniaa
- Star
- Sfid
- El quantara
- Mileza
- Alma
- Texanna
- Ouwis
- Toudja
- soummam

Cochez les marques que vous consommez plus

7. Sur quel critère votre choix de marque est-il effectué\*

- prix
- gout
- disponibilité

8. Quel est votre format référence d'eau embouteillée \*

- bouteille de 0,5 L
- bouteille de 1,5/2L
- bouteille 5 L

# ANNEXE VI

---

## ANNEXE VI : Protocole de préparation des réactifs pour le dosage du magnésium dans l'eau

### 1. Solution de complexon III M/100 (PM=372g)

- Complexon III : 3,721g
- Eau distillée: qsp 1L

### 2. Noir ériochromme T ou NET :

- Mélanger 1g de NET avec 99g de NaCl
- Solution alcoolique : 0,20g de NET/50 ml d'alcool.

### 3. Solution tampon ammoniacale pH=10

- Ammoniaque pure (d=0,92) : 440 mL
- Chlorure d'ammonium : 54g
- Eau distillée : qsp 1000 mL

### 4. Oxalate d'ammonium à 5% :

- Oxalate d'ammonium :50g
- Eau distillée QSP : 1000 ml

### 5. Solution de chlorure de magnésium à 0,05 mole/L :

10,15 g de (MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) → qsp 1L d'eau distillée

### 6. Etalonnage de l'EDTA M/100

- 5 ml de la solution étalon de MgCl<sub>2</sub>
- 2,5 ml de la solution tampon
- Compléter à 50 ml avec l'eau distillée
- Ajouter une pincée de NET
- Titrer avec l'EDTA jusqu'à virage au bleu.

## Résumé :

Le magnésium est l'un des éléments les plus importants de l'organisme. Dans le but d'évaluer la magnésémie chez une population adulte habitant dans la wilaya de Tlemcen et de doser le magnésium dans les eaux de consommation dans cette région, une étude descriptive transversale a été menée sur 137 participants et sur 485 échantillons d'eaux (366 eaux embouteillées, 65 eaux de sources, 54 eaux de robinets).

Nos résultats montrent que la moyenne de la teneur en magnésium est respectivement 36.75mg /L ( $\pm$  23. 81) dans les eaux de distribution, 42.79 mg/L ( $\pm$ 13.14) dans les eaux de sources et 35.90 mg/L ( $\pm$ 12.72) dans les eaux embouteillées, et que la fréquence d'hypomagnésémie chez les participants est de 3.65% et que une personne sur quatre a une concentration sérique sous optimale et présente un risque d'hypomagnésémie. L'étude a révélé aussi que la magnésémie est influencée par :le sexe ( $p=0.00$ ), le tabac ( $p=0.003$ ), la prise de laxatifs ( $p=0.035$ ), la prise des antibiotiques ( $p=0.023$ ) et la présence de crampes musculaires ( $p=0.006$ ) et que l'obésité morbide est associée à une carence magnésienne accrue. Ces résultats rejoignent ce qui a été publié dans la littérature médicale.

Enfin, des recommandations ont été établies pour améliorer le statut en magnésium de la population de cette région.

**Mots clés :** Magnésium, Hypomagnésémie, Dosage, Sérum, Statut en magnésium, Eau de source, Eau embouteillée, Eau de robinet, carence.

## **Abstract:**

Magnesium is one of the most important elements in the body. In order to assess the serum magnesium level in an adult population living in the wilaya of Tlemcen and to measure the magnesium level in drinking water in this region, a descriptive cross-sectional study was conducted on 137 participants and 485 water samples (366 bottled water, 65 spring water, 54 tap water).

Our results show that the average magnesium concentration is respectively 36.75mg /L ( $\pm 23.81$ ) in distribution waters, 42.79 mg/L ( $\pm 13.14$ ) in spring waters and 35.90 mg/L ( $\pm 12.72$ ) in bottled waters, and that the frequency of hypomagnesemia among participants is 3.65% and that one in four people has a suboptimal serum concentration and is at risk of hypomagnesemia. The study also found that serum magnesium level is influenced by: sex ( $p = 0.00$ ), smoking ( $p = 0.003$ ), taking laxatives ( $p = 0.035$ ), taking antibiotics ( $p = 0.023$ ) and the presence of muscle cramps ( $p=0.006$ ) and that morbid obesity is associated with increased magnesium deficiency. These results are consistent with what has been published in the medical literature.

Finally, recommendations were made to improve the magnesium status of the population of this region.

**Key words:** Magnesium, Hypomagnesemia, Dosage, Serum, Magnesium status, spring water, Bottled water, Tap water, deficiency.

## ملخص :

المغنيسيوم هو واحد من أهم العناصر في من أجل تقييم وضع المغنيسيوم لدى السكان البالغين الذين يعيشون في ولاية تلمسان وقياس المغنيسيوم في مياه الشرب في هذه المنطقة ، أجريت دراسة وصفية مستعرضة على المشاركين 137 وعلى عينات المياه 485 (366 المياه المعبأة في زجاجات ، 65 مياه الينابيع ، 54 مياه الصنبور)

نتائجنا تظهر أن متوسط محتوى المغنيسيوم هو على التوالي 36.75 ملغ/لتر ( $\pm 81.23$ ) في مياه التوزيع ، 42.79 ملغ/لتر ( $\pm 13.14$ ) في مياه الينابيع و 35.90 ملغ/لتر ( $\pm 12.72$ ) في المياه المعبأة في زجاجات ، وأن تواتر نقص مغنيزيوم الدم لدى المشاركين هو 3.65 % وأن واحدا من كل أربعة أشخاص لديه تركيز مصل دون المستوى الأمثل ومعرض لخطر نقص ، ( $p=0.003$ ) ، التدخين ( $p=0.000$ ) مغنيزيوم الدم. ووجدت الدراسة أيضا أن نسبة المغنيسيوم في الدم تتأثر ب: الجنس وأن السمنة المرضية ( $p=0.006$ ) ووجود تشنجات العضلات ( $p=0.023$ ) أخذ مضادات حيوية ( $p=0.035$ ) تناول ملين ترتبط بزيادة نقص المغنيسيوم. هذه النتائج تتماشى مع ما تم نشره في الأدب الطبي.

وأخيرا ، تم تقديم توصيات لتحسين وضع المغنيسيوم لسكان هذه المنطقة

الكلمات المفتاحية: المغنيسيوم ، نقص مغنيزيوم الدم ، الجرعة ، المصل ، حالة المغنيسيوم ، مياه الينابيع ، المياه المعبأة في زجاجات ، مياه الصنبور ، نقص