



République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان

Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département d'Agronomie

MÉMOIRE

Présenté par

KACHOUR Maghnia & KERMAD Fatima Zohra

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Sciences Alimentaires, Option : Nutrition Et Pathologies

Thème

Effet anti-lithiasique de l'eau thermale (Eau de Chiguer)

Soutenu le

Présidente : Mme MERZOUK Hafida, Professeur, Université de Tlemcen

Encadrant : Mme MERZOUK Amel, MCA, Université de Tlemcen

Examinatrice : BENHADDOUCHE Imane, MAA, Université de Tlemcen

Année universitaire 2024/2025



Remerciements

Nous remercions tout d'abord Dieu, le tout puissant et miséricordieux de nous avoir accordé la santé, le courage, la foi et la patience pour accomplir ce travail.

Nos vifs sincères remerciements s'adressent à notre encadreur à Madame MERZOUK Amel, MCA à la faculté des sciences de la nature et de la vie, sciences de la terre et de l'univers, université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, tout au long de ce mémoire, ses conseils pertinents, amabilité et patience ont permis à notre travail d'aboutir et de voir le jour, nous lui exprimons notre profonde et respectueuse considération .

Nous souhaitons les membres du jury qui nous ont fait l'immense honneur d'être juges de notre travail:

Nos vifs remerciements à Madame MERZOUK Hafida, Professeur à la faculté des sciences de la nature et de la vie, sciences de la terre et de l'univers, université Abou Bekr Belkaid Tlemcen Algérie, et Directrice du laboratoire PPABIONUT Physiologie, Physiopathologie et Biochimie de la Nutrition, d'avoir acceptée présider notre jury et pour ses encouragements et ses conseils éclairés. Vos commentaires ont été très utiles pour nous et nous ont permis de progresser dans nos recherches.

Un grand merci à Mme BENHADDOUCHE Imane, MAA, Département de pharmacie, Université de Tlemcen, pour son soutien pratique pendant la réalisation des manipulations au sein de laboratoire PPABIONUT. Merci pour l'aide et l'ambiance chaleureuse lors du travail et merci pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Enfin, nous tenons adressons particulièrement nos remerciements à Melle AHMED AMMAR Malek pour son aide au niveau de l'animalerie, et à toutes les personnes et nos amies qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je commence par rendre grâce à **DIEU**, pour m'avoir donné le courage et la volonté de poursuivre mes études, et arriver à ce stade.

Je tiens à exprimer les plus belles expressions de gratitude et de reconnaissance à ma merveilleuse famille qui s'est tenue à mes côtés durant toutes ces années passées. Si je dis "merci", cela ne suffira jamais à exprimer ma gratitude envers vous.

Chaque situation me confirme que ma famille est mon armée, et que la famille est l'aile qui me protège, l'ombre qui m'accompagne et la terre ferme sur laquelle je me tiens. Ô Allah, je te demande de garder ma famille avec moi jusqu'au dernier jour de ma vie.

Avec respect et gratitude, Je dédie ce modeste travail à ma chère mère **WAHIBA**, qui a œuvré pour ma réussite, mon soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, Merci pour ton amour inconditionnel, ta patience infinie, pour toute son assistance et ta présence dans ma vie .

Mon père **FATHEDDINE**, témoin de l'aboutissement de nombreuses années d'efforts et d'engagement, ton dévouement constant tout au long de mes études a été une source de force et d'inspiration. Merci pour ta confiance et tes encouragements constants qui m'ont donné la force d'aller dans ma vie.

Ma sœur **ZINEB**, et mon frère **MOHAMED**, que j'aime beaucoup, pour leur présence, leur aide, leur soutien moral et pour leur encouragement indéfectible.

Je n'oublie pas de mentionner mon oncle **SIDI MOHAMED**: merci pour ton soutien précieux qui m'a aidé à obtenir ce diplôme.

A toute mes amies, et à toute la promotion de Master 2 Nutrition et pathologie.

A toutes mes amies, en particulier **AHLEM**, **NORHENE**, et mes cousins, à mon binôme **MAGHNIA**, et leurs familles. A tous ceux que j'aurais oublié de citer mais qui existent au fond de mon cœur .

العلم نور و الجهل ظلام

KERMAD FATIMA ZOHRA

Dédicace

Par la grâce de Dieu, j'ai pu achever cet humble travail.

Avec respect et gratitude, je tiens à exprimer ma gratitude et ma sympathie pour avoir consacré ce travail à :

Ma chère mère **FOUZIA**,

Je te dédie ce mémoire avec toute ma reconnaissance. Merci pour ton amour inconditionnel, ta patience infinie, tes prières silencieuses et ton soutien indéfectible, même dans les moments les plus difficiles. Tu as été pour moi un pilier, un repère, et une source constante de courage.

Mon père **MOSTEFA**,

Ta sagesse, ton exigence bienveillante et ton engagement m'ont transmis le goût de l'effort et le sens des responsabilités. Merci pour ta confiance et tes encouragements constants qui m'ont donné la force d'aller au bout de ce parcours.

Mes frères (**BILAL, AMINE**) et sœurs (**IMANE, NIHEL**),

Merci d'avoir été là, dans les joies comme dans les tempêtes. Vos mots d'encouragement, vos gestes simples, vos sourires sincères m'ont accompagné bien plus que vous ne pouvez l'imaginer. Vous êtes un soutien précieux dans ma vie.

Mon partenaire **FATIMA** et Mes amis (**YOUSRA, ASMA, NOURHENE**),

Merci pour votre présence, votre compréhension et vos conseils, pour les moments de partage, de complicité et de rire qui ont apporté un équilibre bienvenu durant cette période intense.

Toute ma famille **KACHOUR** et **ZITOUNI**,

Chacun de vous a contribué à sa manière à mon cheminement. Merci pour vos pensées, votre bienveillance et votre amour. Ce mémoire est le fruit non seulement d'un travail personnel, mais aussi d'un environnement affectif et solide qui m'a toujours soutenu.

Que chacun de vous se retrouve dans ces pages, car c'est aussi votre réussite.

KACHOUR MAGHNIA

Résumé

La lithiase urinaire est une pathologie fréquente, caractérisée par la formation de calculs dans les voies urinaires. Elle est influencée par des facteurs métaboliques, alimentaires et environnementaux, impliquant divers types de calculs et nécessitant des approches thérapeutiques variées. Notre étude vise à évaluer l'efficacité de l'eau thermale de Chiguer dans la prévention de la formation de calculs rénaux chez les rats Wistar dont la lithiase urinaire est induite par l'éthylène glycol. Les analyses biochimiques (urée, créatinine, calcium), les marqueurs du stress oxydatif (catalase, glutathion, MDA, etc.), ainsi que des analyses de cristallurie sont réalisés pour évaluer l'effet préventif de cette eau thermale. Nos résultats indiquent que l'eau de Chiguer présente un effet protecteur notable et améliore la fonction rénale.

Mots clés: Urolithiase, l'eau de Chiguer, l'éthylène glycol, cristallurie, calcium, urée, créatinine, stress oxydatif.

ملخص

حصى المسالك البولية هو مرض شائع، يتميز بتكوين الحصوات في المسالك البولية. تتأثر بعوامل أيضية وغذائية وبيئية، مما ينطوي على أنواع مختلفة من الحصوات ويتطلب نهجا علاجيا متنوعا. تهدف دراستنا إلى تقييم فعالية مياه شيقر الحرارية في الوقاية من تكوين الحصوات الكلوية لدى الفئران ويستار التي يتم تحفيز تكوين الحصوات البولية لديها بواسطة الإيثيلين جليكول. يتم إجراء التحليلات البيوكيميائية (اليوريا، الكرياتينين، الكالسيوم)، وعلامات الإجهاد التأكسدي (الكاتالاز، الجلوتاثيون، MDA، إلخ)، بالإضافة إلى تحليلات البلورات البولية لتقييم التأثير الوقائي لهذه المياه المعدنية. تشير نتائجنا إلى أن مياه شيقر لها تأثير وقائي ملحوظ وتحسن وظيفة الكلى. الكلمات المفتاحية: حصى المسالك البولية، ماء الشيقر، الإيثيلين جليكول، البلورات البولية، الكالسيوم، اليوريا، الكرياتينين، الإجهاد التأكسدي

Abstract

Urinary lithiasis is a common condition, characterized by the formation of stones within the urinary tract. It is influenced by metabolic, dietary, and environmental factors, involving various types of stones and requiring diverse therapeutic approaches. Our study aims to evaluate the effectiveness of Chiguer thermal water in preventing the formation of kidney stones in Wistar rats with lithiasis induced by ethylene glycol. Biochemical analyses (urea, creatinine, calcium), oxidative stress markers (catalase, glutathione, MDA, etc.), and crystalluria analyses are used to evaluate the preventive effect of this thermal water. Our results indicate that Chiguer water has a notable protective effect and improves renal function.

Keywords: Urolithiasis, Chiguer water, ethylene glycol, crystalluria, calcium, urea, creatinine, oxidative stress.

SOMMAIRE

Plan du travail.....	
Liste des abréviations.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux	
Introduction	1
<i>CHAPITRE 1 : LITHIASE URINAIRE</i>	1
1. Histoire des lithiases urinaires	4
2. Définition de lithiase urinaire	4
3. Les facteurs de risque	4
3.1. Déshydratation	4
3.2. Facteurs métaboliques.....	5
3.3. Apport en vitamines et en calcium.....	5
3.4. Apport alimentaire	5
4. Mécanisme d'action.....	6
4.1. Sursaturation urinaire.....	6
4.2. Cristallisation	6
4.3. Nucléation cristalline	7
4.4. Croissance cristalline	7
4.5. L'agrégation des cristaux	7
4.6. Interaction cristal-cellule	7
5. Lésion des cellules rénales et stress oxydatif dans la formation de calculs rénaux.....	8
6. Les types de lithiase urinaire	8
6.1. Les calculs calciques.....	8
6.2. Les calculs d'acide urique	9
6.3. Les calculs de struvite	9
6.4. Les calculs de cystine.....	10
1. Définition.....	12
Autre définition:	12
2. Composition d'eau thermale.....	12
2.1. Anions	13
2.2. Cations	14
2.3. Oligo-éléments.....	15

2.4. Autres composés	16
2.5. Composition des eaux thermales de hammam boughrara et hammam chiguer	16
3. Origine naturelle	17
4. Effets thérapeutiques	18
4.1. Amélioration de la fonction rénale.....	18
4.2. Propriétés thérapeutiques de la lithiase calcique.....	18
.....	
4.3. Réduction de la détresse.....	18
4.4. L'hydrothérapie comme traitement	18
4.5. Applications cosmétiques potentielles	18
4.6. Efficacité dans les affections dermatologiques	18
4.7. Propriétés curatives naturelles	19
4.8. Relaxation musculaire.....	19
5. Les différentes eaux thermales	19
5.1. L'eau thermale de La Roche-Posay (LRP-TSW)	19
5.2. L'eau thermale d'Avène (Avène TSW)	19
5.3. L'eau thermale de Comano (CW)	20
5.4. L'eau thermale chaude.....	20
5.5. Eau thermale froide (CWI)	20
5.6.L'eau thermale de Chaves	21
<i>MATERIELS ET METHODE</i>	1
1. Protocole expérimental in vivo.....	23
1.1. Animaux.....	23
2. Caractéristiques urinaires chez les rats au 7 ^{ème} jour de l'expérimentation	30
4. Caractéristiques urinaires chez les rats au 21 ^{ème} jour de l'expérimentation	33
5. Analyse de la cristallurie par microscopie.....	34
6. Poids des reins chez les rats.....	37
7. Paramètres biochimiques chez les rats	38
<i>DISCUSSION</i>	1
<i>Conclusion</i>	1
<i>ANNEXES</i>	1
<i>Références bibliographiques</i>	52

Liste des abréviations

AC: Chlorure d'ammonium

CaOx: Oxalate de calcium

CaP: Phosphate de calcium

CAT: Catalase

COD: Oxalate de calcium dihydrate

COM: Oxalate de calcium monohydrate

CW: L'eau thermale de Comano

CWI: Eau thermale froide

DT2: Diabète de type 2

EG: Ethylène glycol

EM: Eau minérale

GSH: Glutathion

LRP-TSW: Eau thermale de La Roche-Posay

MDA: Malondialdéhyde

OPN: Ostéopontine

OS: Stress oxydatif

pH: Potentiel hydrogène

ROS: Espèces réactives de l'oxygène

SG: Densité de l'urine

SOD: Superoxyde dismutase

TBA: Acide thiobarbiturique

TSW: Eau thermale d'Avène

UA: Acide ursolique

Liste des figures

Figure 1; urolithiasis history (KACHKOULet al.2023).....	5
Figure 2: prncipaux anions,cations,oligo-élément et autres composés présents dans les eaux thermales (Mourelle et al 2024).....	14
Figure 3 : paramètres physico-chimiques des eaux thermales de boughrara et chiguer(Bennahia 2020).....	18
Figure 4 : cages à métabolisme, prélèvement d'urines et utilisation des bandelettes urinaires.....	25
Figure 5 : analyse de la cristallurir par microscopie.....	26
Figure 6 : sacrifice des rats et prélèvement de sang et et des reins.....	27
Figure 7:cristallurie chez les rats témoins.....	34
Figure 8 : cristallurie au 7 em jours de l'expérimentation chez rats du lot Expérimental.....	34
Figure 9 : cristallerie au 14em jour de l'expérimentation chez les rats du lot Expérimental.....	35
Figure 10 : cristallurie au 21eme jour de l'expérimentation chez les rats du lot Expérimental.....	35
Figure 11 : cristallurie au 7eme jour de l'expérimentation chez les rats du lot Expérimental préventif.....	36
Figure 12 : cristallurie au 14eme jour de l'expérimentation chez les rats du lot Expérimental préventif.....	36
Figure 13 : cristallurie au 21eme jour de l'expérimentation chez les rats du lot Expérimental préventif.....	37
Figure 14 : paramètres biochimiques chez les rats.....	38
Figure 15 : marqueurs du stress oxydatif chez les rats.....	39
Figure 16 : activités des enzymes antioxydantes catalase et SOD chez les rats.....	40

Liste des tableaux

Tableau 1: Evolution pondérale des rats	30
Tableau 2 : caractéristiques urinaires chez les rats au 7eme jour de l'expérimentation	31
Tableau 3 : caractéristiques urinaires chez les rats au 14eme jour de l'expérimentation	32
Tableau 4 : caractéristiques urinaires chez les rats au 21eme jour de l'expérimentation	33
Tableau 5: poids des reins chez les rats.....	38
Tableaux en Annexe	
Tableau A1: paramètres biochimiques chez les rats	54
Tableau A2: marqueurs du stress oxydatif chez les rats	54

INTRODUCTION

Introduction :

L'urolithiase, communément appelée calculs rénaux, est une affection courante caractérisée par la formation de calculs dans les voies urinaires en raison de troubles métaboliques. C'est l'une des trois maladies les plus répandues chez l'homme, ce qui indique son impact significatif sur la santé publique. La maladie présente des taux de récurrence élevés, les estimations indiquant que 70 à 81 % des hommes et 47 à 60 % des femmes connaissent des épisodes récurrents (Asija et al, 2024). Cette maladie est devenue un problème de santé mondial important, avec des taux d'incidence variables influencés par des facteurs géographiques, alimentaires et génétiques. Le risque à vie de développer une lithiase urinaire est estimé entre 5 % et 10 %, avec des taux de prévalence allant de 1 % à 20 % dans différentes régions. Dans les pays riches, tels que les États-Unis et la Suède, la prévalence dépasse 10 % (Nikitin et al, 2023).

Cette maladie se caractérisant par la formation de dépôts solide dans les reins ou les voies urinaires. Ces dépôts sont souvent constitués de cristaux d'oxalate de calcium, d'acide urique, de phosphate ou d'autres sels minéraux. Les facteurs contribuant à la formation de ces calculs incluent des déséquilibres métaboliques, une faible production urinaire, une alimentation inadéquate et des infections urinaires. Cette pathologie devient de plus en plus fréquente, en particulier en raison des modifications des habitudes alimentaires et du mode de vie (Lang et al. 2022).

Afin de mieux comprendre les mécanismes de la formation des calculs et de tester de nouvelles thérapeutiques, les modèles animaux, tels que le rat Wistar, sont couramment utilisés dans la recherche biomédicale. Pour induire expérimentalement les lithiases, des substances comme l'éthylène glycol et le chlore d'ammonium sont administrées, favorisant ainsi la cristallisation des oxalates de calcium en acidifiant l'urine.

Cependant, face aux effets secondaires souvent associés aux traitements classiques, tels que les médicaments ou les interventions chirurgicales, il devient essentiel de rechercher des alternatives naturelles, plus sûres et accessibles. Parmi celles-ci, l'eau de Chiguer, provenant d'une source naturelle en Algérie, se distingue par ses propriétés bénéfiques pour la santé rénale et urinaire.

L'eau de Chiguer est réputée pour ses effets diurétiques et détoxifiants, favorisant l'élimination des toxines et des cristaux par les reins. En augmentant le volume urinaire, elle

Introduction

aide à réduire la concentration des substances susceptibles de former des calculs rénaux, tout en contribuant à prévenir la formation de nouveaux cristaux. De plus, son action alcalinisante sur l'urine peut inhiber la cristallisation des sels minéraux, ce qui est particulièrement utile pour la prévention des calculs rénaux, notamment ceux à base d'acide urique.

Le but de cette étude est d'évaluer l'efficacité de l'eau de chiguer en tant que traitement naturel contre les lithiases urinaires. En utilisant un modèle expérimental de lithiase induit par l'administration d'éthylène glycol, les effets de l'eau de chiguer seront étudiés à travers des analyses biochimiques et histopathologiques, notamment l'observation de la formation des calculs rénaux. Cette recherche visera à déterminer le potentiel curatif de l'eau de chiguer dans la prévention et le traitement des lithiases urinaires.

CHAPITRE 1 : LITHIASE

URINAIRE

CHAPITRE 1 : LITHIASSE URINAIRE

1. Histoire des lithiases urinaires

Les calculs sont une affection qui touche l'humanité depuis l'Antiquité, avec des traces remontant à 4400 avant J.-C (Figure 1). Les premiers cas documentés ont été identifiés en 1905 par Shattock dans des momies égyptiennes. Cette pathologie a été mentionnée dans de nombreux textes scientifiques et littéraires à travers l'histoire (Tefekli & Cezayirli, 2013). Les textes hindous de l'Inde antique, en particulier ceux de Charaka et Sushruta, évoquent les maladies rénales et les calculs vésicaux (López & Hoppe, 2010). Les Grecs et les Romains ont également apporté leur contribution à cette connaissance. Pendant la civilisation arabo-musulmane, Rhazes, Ibn Sina et Abulcasis, considérés comme des pionniers de la chirurgie moderne, ont largement documenté les techniques d'extraction des calculs (Kachkoul et al, 2023).

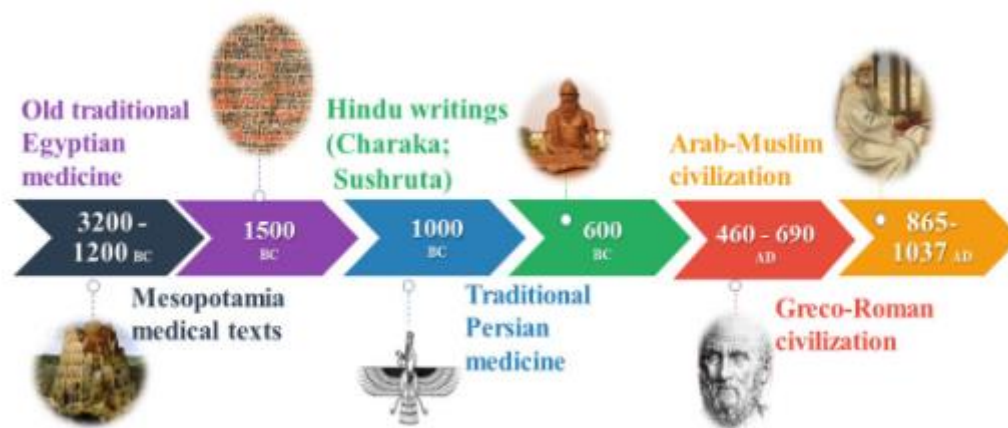


Figure 1. Histoire des lithiases urinaires (Kachkoul et al., 2023).

2. Définition de lithiase urinaire

La maladie résultant d'un déséquilibre biochimique dans le système urinaire entre les substances qui inhibent et celles qui provoquent la formation de calculs, un processus connu sous le nom de lithogénèse. Elle se manifeste par l'apparition de calculs au niveau des reins (parenchyme, calice, etc.) ou des voies urinaires (bassin, uretère, vessie) (Kachkoul et al, 2023). La majorité des calculs rénaux sont constitués d'oxalate de calcium (CaOx), de phosphate de calcium (CaP) ou d'une combinaison des deux.

3. Les facteurs de risque

3.1. Déshydratation

Une hydratation insuffisante peut rendre l'urine plus concentrée, ce qui augmente le risque de formation de calculs urinaires (Travers et al, 2023).

3.2. Facteurs métaboliques

Les études observationnelles ont mis en évidence une association entre le syndrome métabolique et un risque accumulé de néphrolithiase. L'obésité et l'obésité centrale sont soutenues par des preuves de certitude élevées à modérées, renforçant l'hypothèse d'un lien significatif avec la néphrolithiase. Par ailleurs, le diabète de type 2 (DT2) est probablement un facteur de risque causal dans le développement de cette affection. Les perturbations du métabolisme du calcium peuvent contribuer de manière significative à la pathogenèse de la néphrolithiase et de l'hypertension (Shang et al, 2017). Les mécanismes sous-jacents impliquent principalement des altérations urinaires, notamment une diminution du pH urinaire et un état inflammatoire favorisant la formation des calculs rénaux (Ma et al, 2024).

3.3. Apport en vitamines et en calcium

Des recherches ont établi un lien de causalité entre des concentrations élevées de calcium dans le sang et l'urine et la formation de calculs rénaux. Toutefois, il convient de distinguer le calcium alimentaire du calcium apporté par des suppléments. Une alimentation pauvre en calcium favorise l'absorption de l'oxalate dans l'intestin, ce qui augmente le risque de formation de cristaux d'oxalate de calcium. Si la prise de suppléments de calcium peut augmenter le risque de calculs rénaux, un apport alimentaire élevé en calcium pourrait, au contraire, le réduire. Une supplémentation prolongée en vitamine D ou en calcium artificiel peut augmenter le risque de formation de calculs rénaux (Bargagli et al, 2021).

L'étude sur les vitamines C et B6 n'a pas mis en évidence de lien significatif avec la formation de néphrolithiase. Toutefois, un apport élevé en vitamine C, notamment sous forme de suppléments, constitue un facteur de risque de calculs rénaux chez les hommes, mais pas chez les femmes (Ferraro et al., 2015). La vitamine B6, en tant que cofacteur de l'aminotransférase, peut stimuler la production et l'excrétion d'oxalate via le lactate déshydrogénase. Son effet sur la formation de calculs rénaux varie en fonction du niveau de supplémentation, des doses élevées pouvant contribuer à leur prévention (Ma et al, 2024).

3.4. Apport alimentaire

Une consommation importante de protéines peut favoriser le risque de formation de calculs urinaires en augmentant le calcium urinaire, en abaissant le pH et l'excrétion de citrate (Siener, 2021). Chez les femmes, une consommation élevée de saccharose est associée à un

CHAPITRE 1 : LITHIASE URINAIRE

risque accru de calculs calciques, contrairement aux hommes. Cette corrélation pourrait s'expliquer par une augmentation de l'excrétion urinaire de calcium, liée à une absorption intestinale accrue et une réabsorption rénale réduite (Siener, 2021). Une élévation des phospholipides d'acide arachidonique peut favoriser l'hyperoxalurie en activant les transporteurs d'anions, ce qui intensifie le transport de l'oxalate au niveau intestinal et rénal (Rodgers & Siener, 2020). L'oxalate urinaire est un facteur clé dans la formation des calculs d'oxalate de calcium. Il provient à la fois de la synthèse endogène et de l'apport alimentaire (Crivelli et al., 2020). L'hypercalciurie est un facteur de risque majeur de formation de calculs calciques. Une restriction en calcium est déconseillée, car elle peut favoriser la perte osseuse ainsi qu'une hyperabsorption et une hyperexcrétion d'oxalate (Siener, 2021).

La consommation de chlorure de sodium accroît le risque de calculs en augmentant l'excrétion urinaire de calcium, ce qui réduit sa réabsorption rénale en raison de l'expansion du volume extracellulaire de sodium (Siener, 2021).

4. Mécanisme d'action

4.1. Sursaturation urinaire

La formation des calculs rénaux débute par un phénomène de sursaturation urinaire, au cours duquel des substances telles que le calcium, l'oxalate et le phosphate dépassent leur seuil de solubilité. Cette saturation excessive crée un environnement favorable à la cristallisation. Les substances en excès ne parviennent plus à rester dissoutes et tendent à s'assembler, favorisant ainsi la formation de particules cristallines (Allam, 2024).

4.2. Cristallisation

La cristallisation survient lorsque l'urine atteint un état de sursaturation, favorisant ainsi la formation de cristaux solides. La nature et les propriétés de ces cristaux varient en fonction des substances présentes et des conditions de leur formation. Ce processus est à l'origine des calculs rénaux, parmi lesquels on retrouve notamment les calculs d'oxalate de calcium, de phosphate de calcium et d'acide urique, qui sont en excès dans l'urine. Au fil de leur accumulation et de leur croissance, les cristaux peuvent provoquer l'apparition de cylindres urinaires, entravant l'écoulement de l'urine et accentuant la formation des calculs (Allam, 2024).

4.3. Nucléation cristalline

La nucléation est une étape essentielle dans la formation des cristaux. Elle repose sur l'agrégation de molécules de soluté ou d'ions, aboutissant à la création d'un noyau stable qui sert de base au développement de la cristalline. La cristallisation peut avoir lieu dans des espaces restreints, comme les zones du néphron, ou sur des surfaces comme les cellules et la matrice extracellulaire. La nucléation peut être homogène, survenant spontanément dans la solution, ou hétérogène, se développant sur des particules étrangères ou des surfaces solides (Allam, 2024).

4.4. Croissance cristalline

Une fois les noyaux formés, les cristaux se développent par l'incorporation progressive de nouvelles molécules dans leur structure. Leur vitesse de croissance est influencée par plusieurs facteurs, notamment la concentration en sels, le pH urinaire et la présence de substances régulatrices. Certains composés, comme le citrate et le magnésium, agissent comme inhibiteurs en se fixant aux surfaces cristallines, freinant ainsi leur expansion. À l'inverse, des éléments tels que le calcium et l'oxalate jouent le rôle de promoteurs en favorisant l'agrégation et la croissance des cristaux, notamment en renforçant la charge de surface et en facilitant leur adhésion à d'autres cristaux ou structures (Allam, 2024).

4.5. L'agrégation des cristaux

Avec le temps, les cristaux peuvent s'assembler en particules plus volumineuses, favorisant ainsi la formation de calculs. Ce processus dépend de plusieurs facteurs, notamment la concentration et la nature des sels impliqués, le pH urinaire et l'apparition des substances organiques et inorganiques. Le débit urinaire joue également un rôle clé : un flux lent favorise l'accumulation et la croissance des cristaux, tandis qu'un débit rapide facilite leur élimination, réduisant ainsi le risque de formation de calculs (Allam, 2024).

4.6. Interaction cristal-cellule

L'adhésion des cristaux aux cellules épithéliales rénales joue un rôle clé dans la formation des calculs rénaux. Ce processus entraîne des lésions, une inflammation et l'activation du système immunitaire, favorisant ainsi la croissance et l'agrégation des cristaux. Leur fixation repose sur divers mécanismes, notamment les interactions électrostatiques et les protéines de la matrice extracellulaire. Une fois attachés, ils provoquent des dommages cellulaires par rupture

membranaire, stress oxydatif et dysfonctionnement mitochondrial, entraînant la libération de signaux inflammatoires. L'implication des cellules immunitaires, comme les macrophages et les lymphocytes T, amplifie l'inflammation et favorise la formation de cylindres urinaires, contribuant ainsi à l'évolution de la lithiase rénale (Allam, 2024).

5. Lésion des cellules rénales et stress oxydatif dans la formation de calculs rénaux

Des études ont mis en évidence la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) et le développement du stress oxydatif (OS) chez les patients souffrant de calculs rénaux. La régulation de la NADPH oxydase ainsi que la production de ROS jouent un rôle clé dans ce processus. Une diminution des défenses antioxydantes ou une sursaturation persistante de l'urine peuvent favoriser l'apparition du stress oxydatif et la formation de calculs. Des recherches récentes s'intéressent aux modifications microstructurales des cellules tubulaires rénales précédant la formation des calculs, mettant en évidence une altération de la structure mitochondriale, une vacuolisation et une calcification. De plus, l'ostéopontine (OPN), un composant essentiel des calculs urinaires, a également été référencé (Yasui et al, 2016).

Les dommages aux cellules tubulaires rénales sont considérés comme un facteur de risque clé dans le processus initial de formation des calculs urinaires. L'exposition aux cristaux d'oxalate de calcium provoque un stress oxydatif (OS), se traduisant par une intensification de la peroxydation lipidique, une production accrue de radicaux libres et une élévation des niveaux d'acide arachidonique libéré par la phospholipase A (Yasui et al., 2016).

6. Les types de lithiase urinaire

6.1. Les calculs calciques

Les calculs rénaux calciques sont les plus courants et se présentent sous forme de cristaux d'oxalate de calcium (CaOx) et de phosphate de calcium (CaP), seuls ou combinés. La plupart des calculs rénaux sont principalement composés de CaOx, qui se manifeste sous deux formes : monohydrate (COM) et dihydrate (COD). Les cristaux de COM, fins et en forme de plaque, prennent souvent une forme d'haltère par agglutination, ce qui peut être observé dans les sédiments urinaires. À l'intérieur des calculs, ces cristaux se disposent de manière radiale, avec des couches concentriques indiquant une croissance vers l'extérieur. Les cristaux de COD, qui ont une forme bipyramidale tétragonale, sont présents aussi bien dans les sédiments urinaires que dans les calculs rénaux. Les calculs de CaOx, généralement petits et brillants, sont souvent un mélange de COM et de COD. Les calculs de COM sont plus fréquents que les

CHAPITRE 1 : LITHIASE URINAIRE

calculs de COD purs. Dans les calculs mixtes, les cristaux de COD se trouvent surtout à la surface, rendant celle-ci rugueuse, tandis que les calculs de COM purs présentent une surface lisse. La formation des calculs de CaOx suit un processus en plusieurs étapes, et les facteurs de risque incluent l'hypercalciurie, l'hyperoxalurie et l'hypocitraturie (Khan et al., 2016).

Le phosphate de calcium (CaP) se présente principalement sous trois formes : l'apatite (CaP basique), la brushite (hydrogénophosphate de calcium dihydraté) et la whitlockite (phosphate tricalcique). Les calculs rénaux constitués exclusivement de CaP sont rares. L'apatite, la plus courante, apparaît souvent sous forme de poudre comblant les espaces entre d'autres cristaux, notamment ceux d'oxalate de calcium (CaOx). La whitlockite est extrêmement rare dans les calculs rénaux et les sédiments urinaires. En revanche, la brushite est fréquente et se manifeste sous forme de fines lames cristallines en rosettes. L'hypercalciurie, l'hypocitraturie et un pH urinaire élevé sont les principaux facteurs favorisant la formation de calculs de CaP (Siener et al., 2013).

6.2. Les calculs d'acide urique

Les calculs d'acide urique Les calculs d'acide urique constituent 8 à 10 % des calculs rénaux et sont plus fréquents chez les personnes obèses ou insulino-résistantes. Contrairement aux calculs calciques, leur formation est principalement favorisée par un pH urinaire trop bas (< 5,5). L'hyperuricosurie, résultant d'une consommation excessive de purines ou d'une production accrue d'acide urique (comme dans la goutte), ainsi que certaines maladies et traitements augmentant son excrétion, sont également des facteurs de risque. Ces calculs, généralement denses et organisés en couches concentriques, peuvent contenir un noyau friable composé de divers cristaux et de matière organique (Adomako& Moe, 2020).

6.3. Les calculs de struvite

Les calculs de struvite, ou « calculs infectieux », représentent 7 à 8 % des cas dans le monde. Ils résultent d'une production excessive d'ammoniac due à une infection par des bactéries productrices d'uréase, comme *Proteus* ou *Klebsiella*, entraînant une alcalinisation de l'urine et la formation de cristaux de phosphate d'ammonium et de magnésium hexahydraté. Ces calculs, souvent volumineux, peuvent évoluer en calculs en corne de cerf, occupant le bassinet et les calices rénaux. Autrefois redoutés pour leur lien avec une forte mortalité, ils sont aujourd'hui traitables par chirurgie et antibiotiques. Cependant, leur tendance élevée à la récurrence, notamment chez les personnes immunodéprimées, reste un défi. Composés

d'agrégats de cristaux de struvite en forme de « couvercle de cercueil », ils sont souvent recouverts de cristaux d'apatite carbonatée et mêlés à des débris cellulaires et bactériens (Khan et al, 2016).

6.4. Les calculs de cystine

Les calculs de cystine résultent d'un défaut autosomique récessif affectant le transport rénal de cet acide aminé. Ce dysfonctionnement empêche la réabsorption de la cystine, entraînant une excrétion excessive dans l'urine. Insoluble à un pH urinaire normal, la cystine précipite sous forme de cristaux qui s'agrègent pour former des calculs rénaux et vésicaux récurrents. Ces calculs, compacts et ambrés, sont légèrement opaques et présentent une structure interne homogène. Lorsqu'ils sont observés sous fort grossissement, ils révèlent une structure hexagonale distinctive, caractéristique des cristaux de cystine (Servais et al, 2020).

CHAPITRE 2:
L'EAU THERMALE

Chapitre 2 :l'eau thermale

1. Définition

Les eaux thermales, également connues sous le nom d'eaux minérales médicinales, d'eaux minérales naturelles ou simplement d'eaux thermales, se distinguent par leur composition riche en minéraux et leurs vertus thérapeutiques. On peut les catégoriser comme chlorurées, bicarbonatées, sulfatées, sulfurées, sulfureuses, riches en dioxyde de carbone et faiblement minéralisées. Ces dernières contiennent des minéraux solubles tels que le magnésium, le calcium, le sodium, les silicates et divers oligoéléments. Les eaux thermales les plus bénéfiques sont celles qui sont hypothermiques (inférieures à 37°C), mésothermiques (égales à 37°C) et hyperthermiques (supérieures à 37°C). La balnéologie est l'emploi des ressources locales telles que l'eau, les minéraux, le gaz et les conditions météorologiques naturelles pour la thérapie dans les établissements thermaux médicaux. Elles servent à traiter les affections respiratoires, dermatologiques et également à promouvoir la santé et la détente (Mourelle et al, 2024).

Autre définition:

Une eau thermale est une eau de source ayant une minéralisation naturelle qui rend possible son usage à des fins thérapeutiques. Elle possède un ensemble de caractéristiques déterminant ses propriétés favorables à la santé, reconnues par l'Académie nationale de médecine. Le thermalisme regroupe toutes les activités associées à l'exploitation et à l'usage des eaux thermales pour des objectifs récréatifs ou de santé (Lebaron, 2020).

2. Composition d'eau thermale

La classification des eaux de source se fait selon leur ion dominant (Figure 2). Les impacts des anions majeurs sont importants, tout en considérant que les eaux de source possèdent un « dynamisme physico-chimique », où la majorité de leurs ions sont interconnectés, et une portion de cet équilibre est perdue lorsque l'eau s'écoule hors de la source (Mourelle et al, 2024).

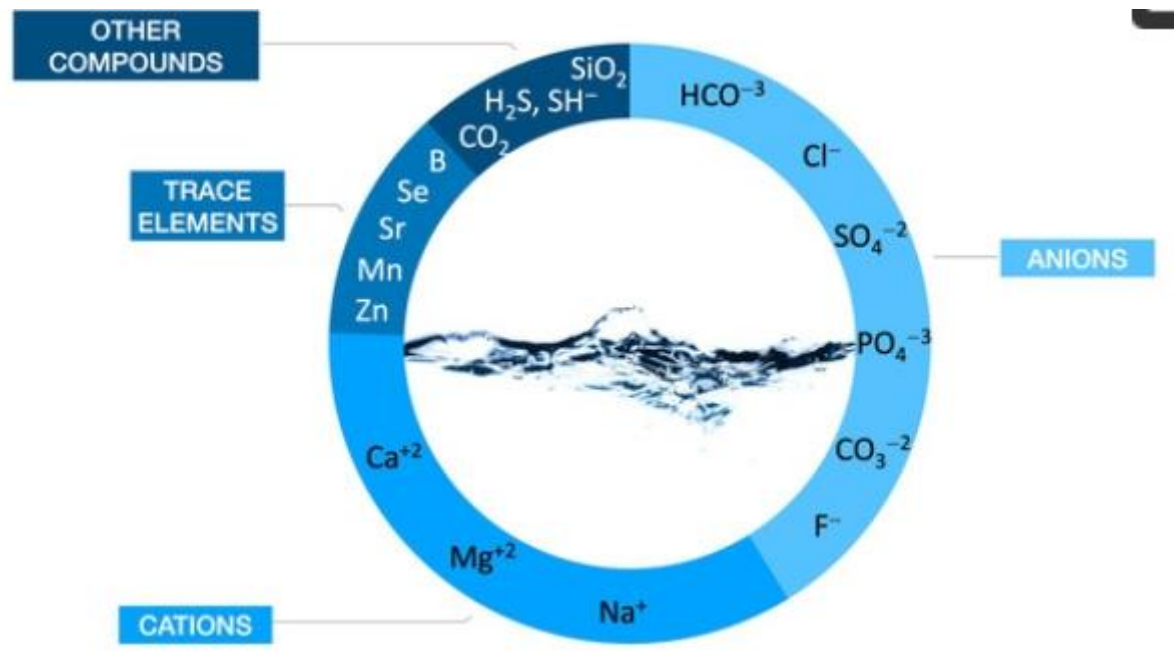


Figure 2. Principaux anions, cations, oligo-éléments et autres composés présents dans les eaux thermales (Mourelle et al, 2024)

2.1. Anions

2.1.1. Chlorure(Cl^-)

Le cation sodium, associé à l'anion chlorure, est crucial pour le maintien de l'équilibre hydrique des tissus. Par ailleurs, il a été prouvé que les forces osmotiques de l'eau en interaction avec le chlorure de sodium ont une influence significative sur la diminution de l'eau transépidermique, stimulant ainsi la capacité régénératrice de la peau et le rétablissement de sa fonction protectrice (Van Kemenade et al, 2004).

2.1.2. Sulfate (SO_4)

L'usage thérapeutique des eaux minérales sulfatées se fait en particulier pour le soin des affections cutanées. Il fait mention de l'expression de Comé (spécialiste du thermalisme en dermatologie), qui a créé le concept « eau minérale eudermique » pour désigner les eaux aptes à fournir à un organisme tous les éléments indispensables à une intervention nutritionnelle, eutrophique et réhydratante. Plusieurs auteurs ont souligné l'influence de l'eau minérale sulfatée sur le renouvellement cutané et la désintoxication, mentionnant plusieurs variétés telles que les eaux minérales riches en chlorure de sodium, sulfate de magnésium, carbonate-sulfate alcalin, carbonate-sulfate-calcium et bicarbonate-sulfate (Costantino et al., 2020).

2.1.3. Bicarbonate (HCO_3)

La balnéothérapie utilisant des eaux de source riches en bicarbonates-sulfates favorise la guérison des patients souffrant de dermatite de contact, grâce à leur effet hydratant et

Chapitre 2 :l'eau thermale

adoucissant dérivant de la capacité tampon du bicarbonate. Par ailleurs, diverses recherches ont démontré les avantages des eaux de source riches en bicarbonates-sulfates pour le soin des affections cutanées inflammatoires comme la dermatite atopique.

L'eau thermale d'Avène, riche en bicarbonate et provenant d'une source naturelle, a démontré un effet anti-inflammatoire sur la dermatite atopique et l'acné (Ricci et al., 2014).

2.1.4. Fluorure (F^-)

Bien que les avantages des eaux fluorées en balnéologie soient reconnus, notre recherche bibliographique n'a révélé aucune étude concernant l'impact du fluor sur la santé cutanée (Marullo et al., 1999).

2.1.5. Phosphate (PO_4^{3-})

On retrouve le phosphate dans les eaux thermales sous la forme d'orthophosphate. Sa présence est cruciale pour la santé des os et des dents (Mourelle et al, 2024).

2.1.6. Carbonate (CO_3)

On trouve peu de recherches concernant les eaux carbonatées. Liang et al. ont étudié les impacts de l'eau thermale de Nagano (riche en ions carbonate, 42 °C) sur le mécanisme de guérison cutanée à travers un modèle de plâtre chez le rat nu. Ils ont mis en évidence que cette eau favorisait la guérison, augmentait la densité vasculaire et diminuait le nombre de cellules inflammatoires dans le tissu granuleux autour de la plaie (Liang et al, 2015).

2.2. Cations

2.2.1. Calcium (Ca)

On sait que le calcium joue un rôle important dans divers processus de la peau, tels que la guérison des blessures, la modulation de la multiplication des kératinocytes, la création de certaines protéines, le contrôle de l'expression de l'acide hyaluronique et sa participation à l'homéostasie de la barrière épidermique via les canaux calciques, pour n'en nommer que quelques-uns (Denda et al, 2003).

2.2.2. Sodium (Na)

Le corps nécessite le sodium, un nutriment crucial, en quantités modérées pour préserver l'équilibre des liquides corporels ainsi que la santé musculaire et nerveuse. Outre les deux compartiments traditionnels (intracellulaire et extracellulaire), des études récentes ont démontré que le sodium peut être emmagasiné sans une conservation proportionnelle de l'eau dans l'interstitium et la couche endothéliale superficielle, créant ainsi un troisième espace dynamique pour le sodium (Olde-Engberink et al., 2020).

Chapitre 2 :l'eau thermale

2.2.3. Magnésium (Mg)

Les sels de magnésium sont connus pour leurs propriétés anti-inflammatoires et cicatrisantes. Une pommade contenant 2% de magnésium et de calendula pourrait accélérer la guérison de la dermatite. Le magnésium est essentiel pour le développement des kératinocytes et contribue à préserver l'hydratation cutanée, ce qui explique son utilité dans des affections telles que le psoriasis (Nourbakhsh et al, 2016).

2.3. Oligo-éléments

Les oligo-éléments, dont le sélénium, le zinc et le strontium, pourraient jouer un rôle dans les effets thérapeutiques des eaux thermales et pourraient avoir un lien entre certaines carences et des affections cutanées. Les taux plus faibles de sélénium et de zinc sont notés chez les patients atteints de psoriasis (Kirit et al, 2020).

2.3.1. Sélénium (Se)

L'eau thermale de La Roche-Posay, riche en sélénium, a été largement étudiée pour ses propriétés antioxydantes. Elle contient du sélénium et du strontium, que les scientifiques associent aux propriétés antioxydantes de l'eau. Des études comparant l'eau thermale de La Roche-Posay à de l'eau distillée et à de l'eau similaire contenant du sélénium ont montré qu'elle offre une protection plus importante contre le stress oxydatif induit par les UVB sur les fibroblastes cutanés humains (Seite et al, 2013).

2.3.2. Strontium (Sr 2+)

Les sels de strontium ont un effet anti-démangeaison. Suite à des dommages cutanés, les participants ont reçu un traitement à base de 4 % de SrCl₂, 1 % d'hydrocortisone ou 2 % de diphenhydramine. Les données ont démontré que le strontium diminuait de manière importante l'intensité maximale et la durée des atteintes cutanées précisément à un témoin, et surpassait les autres formules contre le prurit (Papoiu et al, 2013).

2.3.3. Manganèse(Mn)

La superoxyde dismutase de manganèse a des fonctions antioxydantes et joue un rôle essentiel dans la protection contre le vieillissement prématuré provoqué par les UV. L'application locale chez les patients atteints de photo-vieillessement a également révélé une hyperpigmentation générale (Treiber et al, 2019)

2.3.4. Bore(B)

Plusieurs auteurs ont discuté des mécanismes auxquels le bore contribue dans la guérison des plaies, et dans la prévention du photo-vieillessement. On peut retrouver le bore dans l'eau de

Chapitre 2 :l'eau thermale

source volcanique sous diverses formes d'acides boratés, tels que l'acide borique, métaborique, tétraborique et pyroborique (Nzietchueng et al, 2002).

2.3.5. Zinc(Zn)

Les maladies humaines à symptômes cutanés sont liées à des mutations ou à un dysfonctionnement du transporteur de Zn. L'Avène TSW riche en zinc peut traiter la rubéole par thérapie photodynamique, mais des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre son mécanisme (Ogawa et al, 2018).

2.4. Autres composés

On peut également retrouver divers autres composants dans les eaux thermales, tels que le SiO₂ (eaux de source riches en silice) ainsi que des composés soufrés comme le sulfure d'hydrogène H₂S. Les eaux contenant une forte concentration de carbonates et de dioxyde de carbone peuvent également produire des effets particuliers sur la peau (Mourelle et al, 2024).

2.4.1. Silice (SiO₂)

Les eaux thermales contenant de la silice sont réputés pour leurs qualités apaisantes, capables d'atténuer l'irritation de la peau et de contribuer à la restauration de la barrière cutanée (Ferreira et al, 2010).

2.4.2. Soufre et sulfure d'hydrogène (H₂S)

L'importance du H₂S dans les affections dermatologiques, soutenant que les effets de divers composés libérant du H₂S, comme le Na₂S, le NaHS et le GYY4137(Coavoy-Sánchez et al., 2020), pourraient avoir un potentiel thérapeutique pour traiter diverses maladies cutanées en mettant en œuvre des actions anti-inflammatoires, antiprurigineuses, cytoprotectrices, pro-angiogéniques et immunomodulatrices (Xiao et al., 2021).

2.4.3. Dioxyde de carbone (CO₂)

Trois effets majeurs de l'hydrothérapie au CO₂ lors d'une immersion complète ou partielle du corps sont la réduction de la température centrale, l'augmentation du flux sanguin cutané et l'augmentation des indices de sensation thermique (Coavoy-Sánchez et al., 2020) .

2.5. Composition des eaux thermales de hammam boughrara et hammam chiguer

La composition des eaux thermales de hammam boughrara et chiguer de la willaya de Tlemcen a été déterminée par Mr BENNAHIA ARABI lors de son mémoire de Master en 2020. Ce dernier a montré la variation des paramètres physico-chimiques des eaux des sources thermales de hammam boughrara et hammam ben chiguer (Figure 3).

Chapitre 2 :l'eau thermale

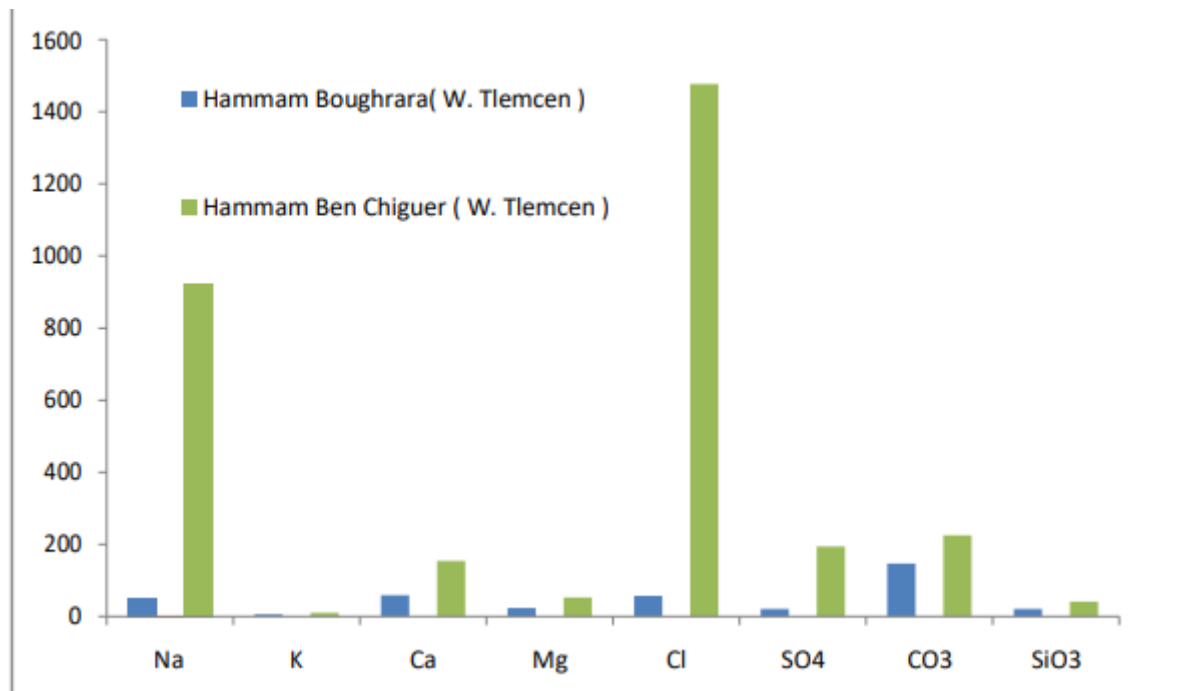


Figure 3. Paramètres physico-chimiques des eaux thermales de Boughrara et Chiguer (Bennahia, 2020)

Pour Hammam Chiguer, des valeurs très importantes sont enregistrés pour les chlorures Cl (jusqu'à 1480 mg/l) et le Sodium Na (jusqu'à 900 mg/l). Des concentrations moyennes sont aussi retenues pour les sulfates, les bicarbonates et le calcium. Cependant, de faibles concentrations sont notées pour le potassium, magnésium et silicium, dont la valeur maximale est de 80 mg/l (Figure 3). Pour Hammam Boughrara, on remarque que toutes les valeurs sont très faibles par rapport au Hammam Chiguer. On note pour les chlorures 57 mg/l, pour le Sodium Na 52 mg/l, le potassium K 25 mg/l, le calcium Ca 59 mg/l et le silicium SiO₃ 21 mg/l (Bennahia, 2020).

3. Origine naturelle

Les eaux thermales ont une origine météorique, signifiant qu'elles sont issues de prélèvement, plus spécifiquement de l'eau de pluie. Cette déduction est soutenue par l'étude des isotopes stables de l'eau, qui a prouvé que les eaux thermales ont pour origine des sources météorologiques locales (Pavic et al, 2024).

La source de l'eau thermale analysée est principalement l'eau météorique locale, autrement dit, l'eau de pluie qui a été absorbée par le sol. Cela est démontré par les valeurs de δD et $\delta^{18}O$ de l'eau thermale, qui se positionnent à proximité de la ligne de flottaison météorique locale, indiquant une provenance météorique (Chen et al, 2021).

Chapitre 2 :l'eau thermale

4. Effets thérapeutiques

4.1. Amélioration de la fonction rénale

L'effet diurétique de l'eau pourrait avoir facilité l'amélioration de la fonction rénale globale et la diminution de l'inconfort, même sans évacuation des calculs (Maamri et al, 2002).

4.2. Propriétés thérapeutiques de la lithiase calcique

L'eau provenant de la source de Dar Bentata détient des vertus thérapeutiques distinctes susceptibles de contribuer au soin de la lithiase calcique (pierres rénales). Sa composition minérale pourrait favoriser la dissolution et prévenir la création de ces calculs, faisant d'elle un bienfait inestimable pour ceux affectés par cette affection (Amara-Rekkab, 2023)

4.3. Réduction de la détresse

La balnéothérapie, employant de l'eau géothermique fortement minéralisée, diminuait de manière significative l'inconfort des participants. Suite à deux semaines de traitement, on a constaté une baisse de 30 % du nombre total de symptômes liés au stress et une réduction de 40 % de la gravité de ces symptômes (Rapolienė et al, 2015).

4.4. L'hydrothérapie comme traitement

L'eau thermale d'Avène (ASW) est utilisée comme moyen de traitement pour les affections inflammatoires cutanées chroniques. On reconnaît à l'hydrothérapie des bienfaits possibles dans le traitement de pathologies comme la dermatite atopique et le psoriasis, même si les processus immunitaires précis ne sont pas totalement élucidés (Eliasse et al, 2019).

4.5. Applications cosmétiques potentielles

L'eau thermale de Chaves pourrait être exploitée avec efficacité dans le domaine cosmétique. Ses propriétés curatives, en particulier pour son action anti-inflammatoire et sa capacité à fortifier la barrière cutanée, font de lui un élément prometteur pour les préparations de soins de la peau destinées à optimiser l'état cutané (Pinto-Ribeiro et al, 2024).

4.6. Efficacité dans les affections dermatologiques

L'efficacité de la balnéothérapie est démontrée pour soigner les principales pathologies dermatologiques. Les taux de succès dans le traitement de ces affections sont

Chapitre 2 :l'eau thermale

impressionnants, suggérant que l'eau thermale pourrait représenter une alternative thérapeutique pertinente (Cacciapuoti et al, 2020).

4.7. Propriétés curatives naturelles

Vertus thérapeutiques naturelles : Les eaux thermales, et plus particulièrement les eaux thermales riches en soufre (MST), sont employées depuis des siècles pour soigner une variété de maux, y compris les troubles respiratoires telles que la rhinite allergique, l'asthme et la bronchopneumopathie chronique obstructive (MPOC). Elles sont réputées pour leurs vertus analgésiques, antioxydantes, antibactériennes et anti-inflammatoires, qui participent à leurs bénéfices thérapeutiques (Viegas et al, 2019).

4.8. Relaxation musculaire

Détente musculaire : La chaleur de l'eau thermale peut réduire les contractions musculaires, ce qui est avantageux pour celles et ceux atteints de rhumatismes. Cette détente peut aider à rehausser le seuil de douleur, facilitant ainsi la gestion des symptômes pour les patients (Tenti et al, 2014).

5. Les différentes eaux thermales

5.1. L'eau thermale de La Roche-Posay (LRP-TSW)

Elle est une combinaison d'eau de pluie et de sélénium, cruciale pour le bon fonctionnement des cellules. Bien que le sélénium soit toxique à forte dose, une petite quantité est essentielle pour le bon fonctionnement des cellules. L'eau thermale de La Roche-Posay (LRP-TSW) neutralise les radicaux libres, offre des vertus anti-inflammatoires et défend contre les métaux lourds nocifs. Ces caractéristiques sont cruciales pour les patients atteints de maladies cutanées chroniques telles que la dermatite atopique et le psoriasis. Elle est aussi appelée « eau de velours » en raison de sa minéralisation faible et de sa composition riche en silicate (Seite, 2013).

5.2. L'eau thermale d'Avène (Avène TSW)

Depuis 1743, l'eau thermale d'Avène, dérivée de la source thermale d'Avène-les-Bains en France, est employée pour des soins de santé. Sa composition reste constante et présente une faible concentration en sels minéraux, en raison des équilibres géologiques naturels et de la dissolution des minéraux tels que la calcite, la dolomite et le quartz. Ses vertus calmantes,

Chapitre 2 :l'eau thermale

hydratantes et cicatrisantes lui confèrent une popularité dans les domaines médical et cosmétique (Lions, 2020).

5.3. L'eau thermale de Comano (CW)

Les sources thermales de Comano sont renommées pour leur eau riche en minéraux, qui présente des propriétés thérapeutiques exceptionnelles. Cette eau minérale est particulièrement bénéfique pour traiter diverses affections cutanées, notamment le psoriasis (Zumiani et al, 1989).

L'eau thermale de Comano, maintenue à une température constante de 27,7 °C, se distingue par une faible teneur en sel, avec un résidu sec de 190 mg/l. Cette eau présente des concentrations notables de bicarbonates (196,56 mg/l), de calcium (48,90 mg/l) et de magnésium (12,16 mg/l). Elle est employée en balnéothérapie, une méthode thérapeutique qui consiste à immerger le corps dans cette eau thermale pour en tirer des bienfaits pour la santé (Geat et al, 2021).

5.4. L'eau thermale chaude

L'eau thermale, chauffée par l'énergie géothermique terrestre, peut atteindre des températures élevées et possède des propriétés physico-chimiques distinctes comme la température, le pH et la composition chimique. Elle est utilisée à des fins thérapeutiques, comme pour soulager les douleurs musculaires, améliorer la circulation sanguine ou favoriser la relaxation. Les minéraux comme le magnésium et le calcium présents dans l'eau chaude peuvent également améliorer la santé de la peau et le bien-être général.(Shirkot et al., 2018)

5.5. Eau thermale froide (CWI)

L'eau thermale froide est employée en hydrothérapie pour procurer des avantages particuliers pour la santé. Ceci consiste à plonger le corps dans de l'eau froide, ce qui peut générer divers impacts physiologiques sur le corps, en particulier sur les systèmes cardiovasculaire et neuromusculaire (An et al, 2019).

Les eaux thermales, y compris celles qui sont froides, sont notées pour leurs multiples bienfaits médicaux. Ils ont des caractéristiques anti-inflammatoires et immunomodulatrices, qui peuvent être avantageuses dans la prise en charge de différentes problématiques de santé, comme les troubles respiratoires, gastro-intestinaux, musculo-squelettiques et dermatologiques. L'usage thérapeutique du bain dans des eaux chargées de minéraux, pouvant

Chapitre 2 :l'eau thermale

comprendre des eaux thermales froides. peuvent également favoriser la santé cutanée et retarder le vieillissement (Coelho et al, 2023).

5.6. L'eau thermale de Chaves

Il s'agit d'une eau faiblement minéralisée issue des sources thermales de Chaves, au nord du Portugal. Connue depuis l'époque romaine, elle est utilisée en cures thermales pour ses bienfaits sur la peau. Riche en sodium, potassium, silicium et calcium, elle possède des propriétés anti-inflammatoires, aide à maintenir le collagène et la fibronectine, et renforce la barrière cutanée, ce qui la rend intéressante pour des applications cosmétiques. (Pinto-Ribeiro et al., 2024)

MATERIELS ET
METHODES

Matériels et Méthode

1. Protocole expérimental in vivo

1.1. Animaux

Le protocole expérimental comporte deux étapes. Dans un premier temps, l'induction de la lithiase urinaire chez le rat Wistar est réalisée à l'aide d'éthylène glycol à 0,75% selon le protocole de Ingale et al. (2012). Dans un deuxième temps, les rats reçoivent ou non l'eau de Chiguer par gavage pendant 21 jours. L'eau de chiguer est ramenée de Maghnia Hammam chiguer dans des bouteilles en verre et conservée à 4 °C, et renouvelée chaque semaine.

12 jeunes rats Wistar (âgés de 8 semaines, pesant en moyenne 280 g) sont obtenus auprès du Centre de ressources animales (Algérie) et sont utilisés dans ce travail. Tous les animaux sont maintenus à une température (25 °C) et une humidité (60 ± 5 %) constantes avec un cycle lumière/obscurité de 12 h. Les rats ont libre accès à un régime standard (ONAB, Algérie) et sont répartis au hasard en trois groupes.

- Un groupe (Témoin, T, n = 4) reçoit comme boisson l'eau du robinet et reçoivent un gavage de 2 ml d'eau distillée.

- Le deuxième groupe (Expérimental Lithiase, EL, n = 4) subit le protocole d'induction de la lithiase urinaire. Pour cela, une solution d'éthylène glycol à 0,75% est préparée dans de l'eau distillé et est mise dans les biberons des animaux. Les rats boivent cette solution pendant 21 jours. Les rats de ce lot reçoivent aussi un gavage de 2 ml d'eau distillée.

- Le troisième groupe (Expérimental Préventif, EP, n = 4) subit le protocole d'induction de la lithiase urinaire. Ces rats reçoivent un gavage de 2 ml d'eau de chiguer (considéré comme traitement préventif) chaque jour jusqu'au 21^{ème} jour.

Tous les aspects des expériences sont menés selon les directives fournies par le comité d'éthique des soins aux animaux d'expérimentation, conformément aux recommandations pour le soin et l'utilisation appropriés des animaux de laboratoire (INSERM, CEEA, 2017).

1.2. Prélèvement d'urine et analyse de la cristallurie

Afin de prélever les urines, les rats sont pesés et sont placés dans des cages métaboliques, pendant 24 heures, le 7^{ème}, le 14^{ème} et le 21^{ème} jour de l'expérimentation. Dans un premier temps, les urines fraîches (de 3h) sont prélevées pour déterminer la cristallurie et l'utilisation des bandelettes urinaires pour mesurer la gravité spécifique ou la densité de l'urine (SG) (Figure 4). Par la suite, le volume total des urines des 24h est prélevé et mesuré, avec détermination du PH urinaire. Le volume d'eau bu par les rats pendant les 24h est aussi noté.

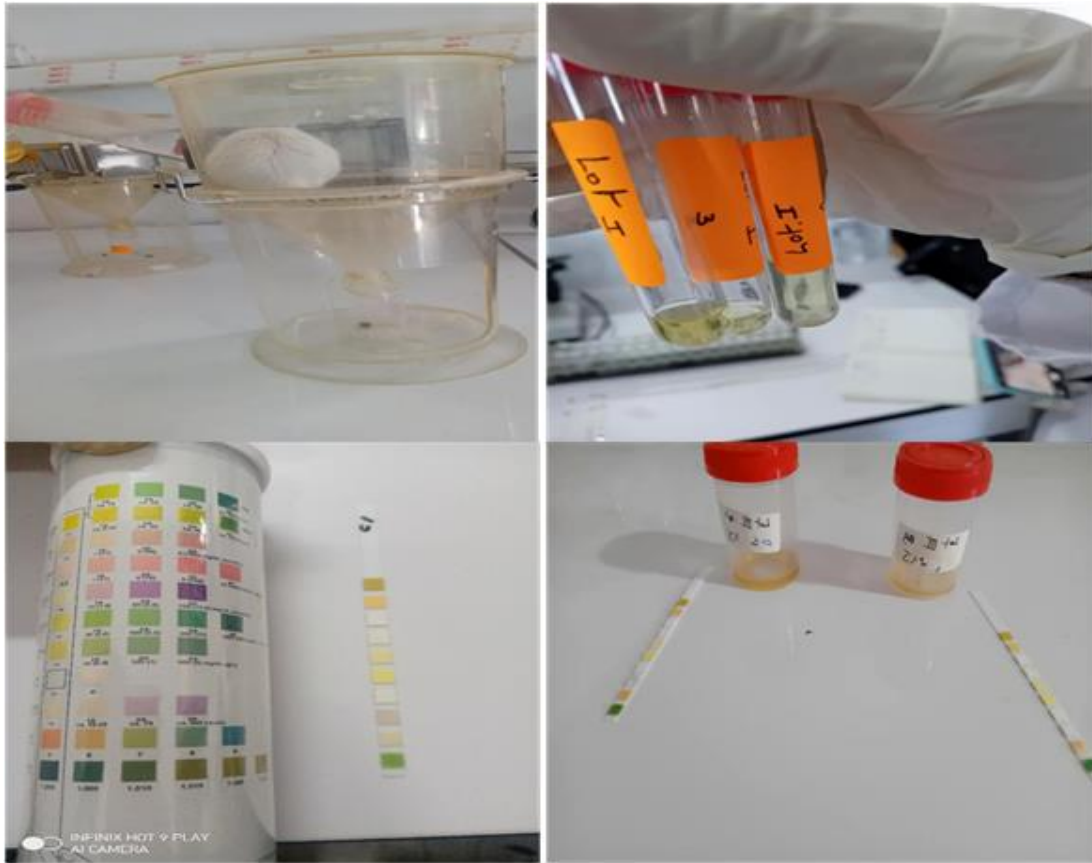


Figure 4. Cages à métabolisme, prélèvement d'urines et utilisation des bandelettes urinaires

1.2.1. Analyse de la cristallurie

La cristallurie consiste en la recherche des cristaux dans les urines (**Daudon et Jungers, 2004**). L'échantillon d'urine fraîche est centrifugé à 3000 tr/min pendant 10 minutes. Par la suite, le surnageant est éliminé. Dix microlitres du culot sont ensuite transférés sur une cellule de Malassez. Le nombre de cristaux est identifié et compté à l'aide d'un microscope optique à un grossissement de 40x. Les cristaux sont aussi identifiés par leurs caractéristiques morphologiques (Figure 5). Une cristallurie doit toujours s'interpréter par rapport au pH de l'urine, qui doit être mesuré sur les urines fraîches.

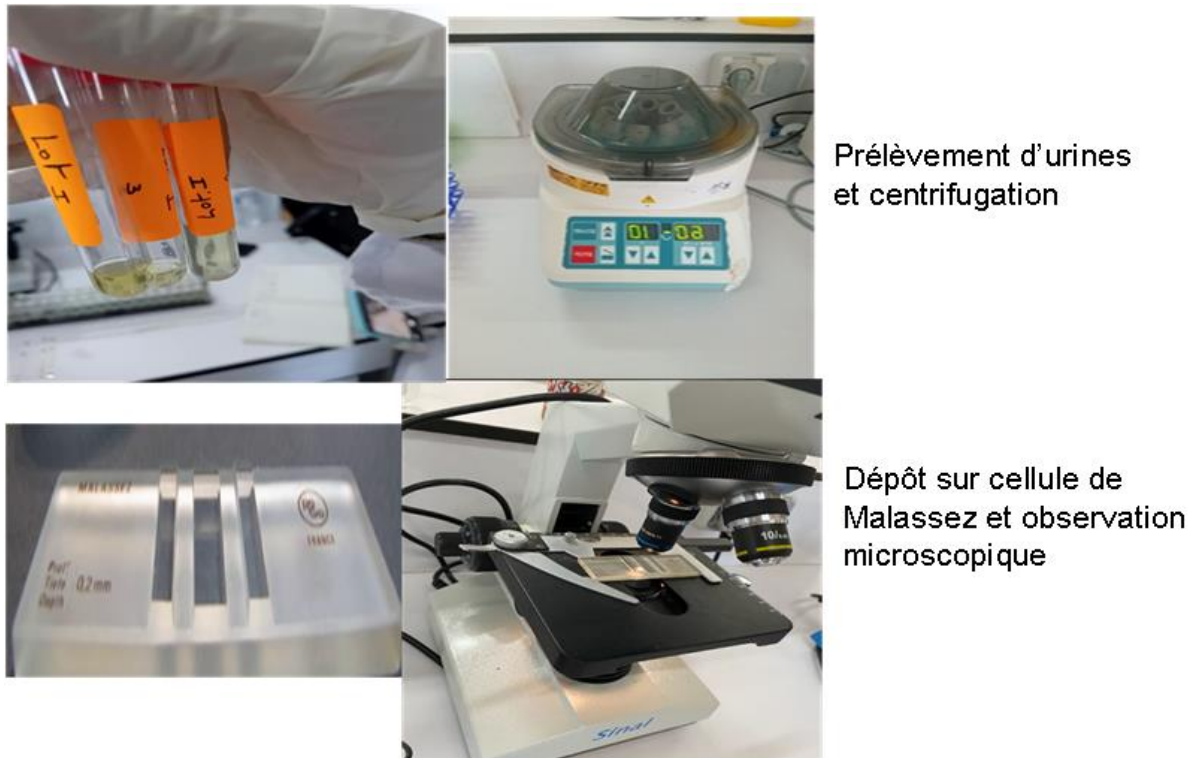


Figure 5. Analyse de la cristallurie par microscopie

1.2.2. Utilisation des bandelettes urinaires

Les bandelettes urinaires (marque AFÇO) sont utilisées pour mesurer la gravité spécifique ou la densité de l'urine (SG) et le PH urinaire. La bandelette est trempée complètement, incluant toutes les zones réactives, dans l'urine fraîche. La bandelette est par la suite égouttée pour éliminer l'excès d'urine, et elle est tenue horizontalement sans mettre les doigts au contact des zones de lecture. Le temps de lecture indiqué par le fabricant pour chaque paramètre est respecté. Au bout du temps imparti, la couleur obtenue est comparée à l'échelle colorimétrique de référence du fabricant. La densité normale de l'urine varie de 1,005 à 1,030. Le PH urinaire normal varie de 5 à 9.

1.3. Sacrifice et Prélèvement du sang et du rein

A la fin de l'expérimentation (21 jours), les rats sont anesthésiés au pentobarbital sodique (60 mg/kg de poids corporel) et sont sacrifiés après 12 h de jeune. Le sang est prélevé par ponction dans l'aorte abdominale, et est récupéré dans des tubes à EDTA (Figure 6). Les échantillons prélevés sur tubes EDTA sont centrifugés à 3000 tr/min pendant 15 min. Le plasma est récupéré pour le dosage des paramètres biochimiques (urée, créatinine, calcium).

Matériels et Méthode

Les érythrocytes restants sont lavés avec de l'eau physiologique trois fois de suite, puis sont lysés par addition de l'eau distillée glacée et incubation pendant 15 min dans la glace. Les débris cellulaires sont éliminés par centrifugation à 5000 tr/min pendant 5 min. Le lysat est ensuite récupéré afin de doser les marqueurs du stress oxydatif érythrocytaires (catalase, SOD, le glutathion réduit, le MDA).

Le rein est soigneusement prélevé, rincé avec du NaCL à 0,9 %, ensuite pesé.

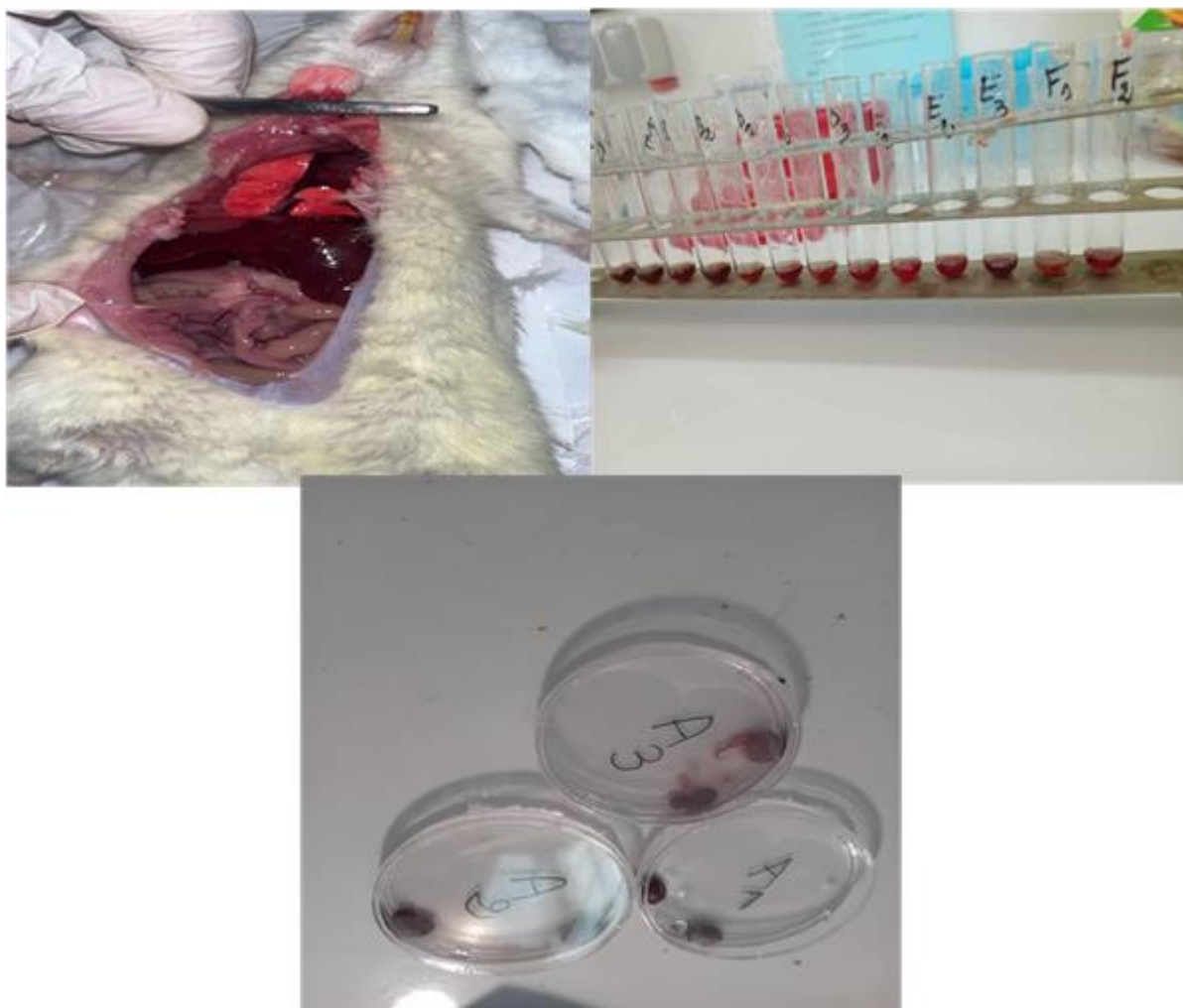


Figure 6. Sacrifice des rats et prélèvement de sang et des reins

2. Analyses biochimiques

2.1. Détermination des teneurs en urée

Dans ce test, la concentration d'urée plasmatique et urinaire est déterminée par une réaction enzymatique couplée, qui se traduit par l'apparition d'un chromogène à 570 nm, proportionnel à l'urée présente dans l'échantillon (Kit Prochima).

2.2. Détermination des teneurs en créatinine

Matériels et Méthode

La concentration en créatinine plasmatique et urinaire est déterminée par la réaction de l'acide picrique avec la créatinine en milieu basique formant un complexe coloré en jaune orange, dont l'intensité de la couleur est mesurée à 530 nm (Kit Prochima).

2.3. Dosage du calcium

Les teneurs en calcium du plasma sont dosées selon une méthode colorimétrique donnée par le kit Spinreact. Le calcium, en milieu neutre, forme un complexe de couleur bleu avec l'arsénazo III (acide 1,8-dihydroxi-3,6-disulfo-2,7-naftalenen-bis (azo)-dibenzenarsonique).

L'intensité de couleur à 650 nm est directement proportionnelle à la quantité de calcium présent dans l'échantillon testé.

3. Détermination des marqueurs du statut oxydant/antioxydant

3.1. Dosage du malondialdéhyde (MDA)

Le MDA érythrocytaire, marqueur de la peroxydation lipidique au niveau du lysat érythrocytaire, est mesuré selon la méthode de Draper et Hadley (1990). Après traitement par l'acide à chaud, les aldéhydes réagissent avec l'acide thiobarbiturique (TBA) pour former un produit de condensation chromogénique consistant en 2 molécules de TBA et une molécule de MDA. L'absorption intense de ce chromogène se fait à une longueur d'onde de 532 nm. La concentration du MDA est calculée en utilisant le coefficient d'extinction du complexe MDA-TBA ($\epsilon = 1.56 \times 10^5 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{cm}^{-1}$ à 532 nm).

3.2. Dosage du glutathion réduit (GSH)

Le dosage du glutathion réduit (GSH) érythrocytaire est réalisé par la méthode colorimétrique utilisant le réactif d'Ellman (DTNB). La réaction consiste à couper la molécule d'acide 5,5dithiodis-2-nitrobenzoïque (DTNB) par le GSH, ce qui libère l'acide thionitrobenzoïque (TNB), dont les concentrations sont déterminées par spectrophotométrie à 412 nm (Ellman, 1959).

3.3. Détermination de l'activité catalase (EC 1.11.1.6)

L'activité de la catalase est mesurée au niveau du lysat érythrocytaire. Cette activité enzymatique est évaluée par analyse spectrophotométrique du taux de la décomposition du peroxyde d'hydrogène selon la méthode d'Aebi (1974). En présence de la catalase, la décomposition du peroxyde d'hydrogène conduit à une diminution de l'absorption de la

Matériels et Méthode

solution de H_2O_2 en fonction du temps. Le milieu réactionnel contient la source enzymatique (homogénat), le H_2O_2 , et le tampon phosphate (50 mmol/l, pH 7,0). Après incubation de 5 min, le réactif Titanium oxyde sulfate (TiOSO_4) est ajouté, formant un complexe coloré en jaune avec le H_2O_2 . La lecture se fait à 420 nm.

3.4. Détermination de l'activité superoxyde dismutase (SOD ; EC 1.15.1.1)

L'activité de la SOD érythrocytaire est mesurée par la méthode de Marklund (1985). Le principe repose sur la capacité de l'inhibition de l'auto-oxydation du pyrogallol par la superoxyde dismutase. Le milieu réactionnel contient le tampon (pH 8,5), le pyrogallol et le lysat érythrocytaire. L'augmentation de l'absorbance à 420 nm après addition de pyrogallol est inhibée par la présence de SOD. Une unité de SOD est décrite comme étant la quantité d'enzyme nécessaire pour provoquer 50% d'inhibition de l'auto-oxydation du pyrogallol.

4. Traitement statistique

Les résultats sont exprimés sous forme de moyennes $\pm$ Ecart type. La comparaison des moyennes entre trois groupes de rats est effectuée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est complétée par le test de Tukey pour identifier les différences significatives spécifiques entre chaque paire. Les moyennes indiquées par des lettres différentes (a, b, c) sont significativement différentes ($P < 0,05$). L'analyse statistique est réalisée à l'aide du logiciel STATISTICA.

***RESULTATS ET
INTERPRETATION***

Résultat et Interprétation

1. Evolution Pondérale des rats

L'évolution des poids corporels des rats pendant la période d'expérimentation est donnée dans le Tableau 1.

Les poids initiaux et les poids à 7 jours de trois lots des rats ne varient pas significativement entre les 3 lots. Par contre au 14^{ème} jour et au 21^{ème} jour, le poids corporel des rats dans le lot Expérimental et le lot Expérimental préventif est significativement réduit comparé à celui des rats témoins. Il est à noter que le poids corporel au 14^{ème} jour et au 21^{ème} jour des rats atteints de lithiase urinaire, Expérimental et Expérimental préventif, sont similaires.

Tableau 1: Evolution pondérale des rats

	Lot Témoin	Lot Expérimental	Lot Expérimental préventif
Poids initial (g)	304 ± 20 ^a	278 ± 18 ^a	289 ± 24 ^a
Poids à 7 jours (g)	289 ± 15 ^a	285 ± 14 ^a	298 ± 16 ^a
Poids à 14 jours (g)	314 ± 18 ^a	254 ± 13 ^b	255 ± 14 ^b
Poids à 21 jours (g)	320 ± 13 ^a	250 ± 14 ^b	252 ± 17 ^b

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. La comparaison des moyennes entre les différents groupes étudiés est réalisée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est complétée par le test de Tukey afin de classer et comparer les moyennes deux à deux. Les moyennes indiquées par des lettres différentes (a, b, c) sont significativement différentes (P< 0,05).

2. Caractéristiques urinaires chez les rats au 7^{ème} jour de l'expérimentation

Les caractéristiques urinaires chez les rats au 7^{ème} jour de l'expérimentation sont données dans le Tableau 2.

Au 7^{ème} jour de l'expérimentation, le volume d'eau consommé/24h (ml) est significativement diminué chez les lots Expérimental et Expérimental préventif par rapport aux lots témoins.

Le volume urinaire/24h (ml) est significativement diminué chez le lot Expérimental préventif par rapport aux lots Expérimental et témoin.

Le Ph urinaire chez les trois lots (Expérimental, Expérimental préventif et témoin) ne varie pas significativement entre les trois lots.

Résultat et Interprétation

Les nombres de cristaux et d'agrégats sont significativement augmentés chez le lot Expérimental comparé au lot des rats témoins. De plus, ces nombres de cristaux et d'agrégats sont significativement diminués chez le lot Expérimental préventif comparé au lot Expérimental.

La densité urinaire (SG) chez le lot Expérimental et chez le lot Expérimental préventif est significativement augmentée par rapport à celle des témoins. Cependant, la SG chez le lot Expérimental préventif est significativement diminuée comparé au lot Expérimental.

Les teneurs urinaires en urée (mg/24h) et en créatinine (mg/24h) chez le lot Expérimental et chez le lot Expérimental préventif sont significativement augmentées comparées aux valeurs du lot témoin. Les valeurs les plus fortes sont retrouvées chez le lot Expérimental préventif.

Tableau 2. Caractéristiques urinaires chez les rats au 7eme jour de l'expérimentation

	Lot Témoin	Lot Expérimental	Lot Expérimental préventif
Volume d'eau consommé/24h (ml)	19 ± 6,50 ^a	6,33 ± 2 ^b	7,66 ± 2,50 ^b
Volume urinaire/24h (ml)	9,66 ± 1,45 ^a	11,83 ± 2 ^a	4,16 ± 0,50 ^b
Ph urinaire	6,55 ± 0,23 ^a	6,78 ± 0,25 ^a	6,42 ± 0,34 ^a
Nombre de cristaux	1 ± 0,01 ^b	2,66 ± 0,50 ^a	1,50 ± 0,50 ^b
Nombre d'agrégats	1 ± 0,01 ^b	2 ± 0,50 ^a	1 ± 0,01 ^b
Densité urinaire (SG)	1,007 ± 0,001 ^c	1,018 ± 0,003 ^a	1,012 ± 0,002 ^b
Urée (mg/24h)	36 ± 3,15 ^c	50,63 ± 4,22 ^b	72,74 ± 5,16 ^a
Créatinine (mg/24h)	637,66 ± 48,73 ^c	824,91 ± 31,50 ^b	909,04 ± 47,23 ^a

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. La comparaison des moyennes entre les différents groupes étudiés est réalisée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est complétée par le test de Tukey afin de classer et comparer les moyennes deux à deux. Les moyennes indiquées par des lettres différentes (a, b, c) sont significativement différentes (P< 0,05).

3. Caractéristiques urinaires chez les rats au 14^{ème} jour de l'expérimentation

Au 14^{ème} jour de l'expérimentation, le volume d'eau consommé/24h (ml) chez lot Expérimental et chez le lot Expérimental préventif est significativement diminué comparé au

Résultat et Interprétation

lot témoin (Tableau 3). De plus, le lot Expérimental préventif boit moins d'eau que le lot Expérimental.

Le volume urinaire/24h (ml) ne varie pas significativement entre les trois lots.

Le Ph urinaire chez lot Expérimental préventif et le lot Expérimental est significativement réduit comparés au lot témoin.

Le nombre de cristaux chez lot Expérimental est significativement augmenté comparé au lot Expérimental préventif et témoin.

Le nombre d'agrégats chez lot Expérimental est significativement augmenté comparé aux valeurs du lot Expérimental préventif et du lot témoin.

La densité urinaire (SG) chez lot Expérimental préventif est significativement augmentée par rapport au lot expérimental et lot témoin.

Les teneurs urinaires en urée (mg/24h) et en créatinine (mg/24h) chez le lot Expérimental et chez le lot Expérimental préventif sont significativement augmentées comparées aux valeurs du lot témoin. Les valeurs les plus fortes sont retrouvées chez le lot Expérimental préventif.

Tableau 3. Caractéristiques urinaires chez les rats au 14eme jour de l'expérimentation

	Lot Témoin	Lot Expérimental	Lot Expérimental préventif
Volume d'eau consommé/24h (ml)	8 ± 2^a	$6,66 \pm 2^b$	$1,33 \pm 0,45^c$
Volume urinaire/24h (ml)	$5,34 \pm 1^a$	$4,55 \pm 1,50^a$	$5 \pm 0,50^a$
Ph urinaire	$7,09 \pm 0,04^a$	$6,48 \pm 0,15^b$	$6,29 \pm 0,34^b$
Nombre de cristaux	$1 \pm 0,01^b$	$3 \pm 0,50^a$	$2 \pm 0,50^b$
Nombre d'agrégats	$1 \pm 0,01^c$	$2 \pm 0,30^a$	$1,33 \pm 0,01^b$
Densité urinaire (SG)	$1,006 \pm 0,001^b$	$1,005 \pm 0,001^b$	$1,015 \pm 0,001^a$
Urée (mg/24h)	$23,50 \pm 8,12^c$	$42,82 \pm 7,15^b$	$70,39 \pm 6,87^a$
Créatinine (mg/24h)	$432,54 \pm 22^c$	$578,04 \pm 28,77^b$	1113 ± 35^a

Chaque valeur représente la moyenne $\pm$ Ecart type. La comparaison des moyennes entre les différents groupes étudiés est réalisée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est complétée par le test de Tukey afin de classer et comparer les moyennes deux à deux. Les moyennes indiquées par des lettres différentes (a, b, c) sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Résultat et Interprétation

4. Caractéristiques urinaires chez les rats au 21^{ème} jour de l'expérimentation

Au 21^{ème} jour de l'expérimentation, les volumes d'eau consommé/24h (ml) et urinaire/24h (ml) chez le lot Expérimental préventif et Expérimental sont significativement diminués par rapport au lot témoin (Tableau 4). Les valeurs les plus basses sont notées chez le lot Expérimental.

Le Ph urinaire chez lot Expérimental préventif et le lot Expérimental est significativement diminué par rapport au lot témoin. Cependant, le Ph urinaire chez lot Expérimental préventif est significativement augmenté par rapport à celui du lot Expérimental.

Les nombres de cristaux et d'agrégats chez le lot Expérimental préventif sont significativement diminués comparé au lot expérimental, mais significativement augmentés par rapport au lot témoin. Le lot Expérimental présente les nombres de cristaux et d'agrégats les plus élevés.

La densité urinaire (SG) chez lot Expérimental préventif ne varie pas significativement comparé au lot témoin. Par contre, le lot Expérimental montre une SG très élevée.

Les teneurs urinaires en urée (mg/24h) et en créatinine (mg/24h) chez le lot Expérimental et chez le lot Expérimental préventif sont significativement augmentées comparées aux valeurs du lot témoin. Les valeurs les plus fortes sont retrouvées chez le lot Expérimental.

Tableau 4. Caractéristiques urinaires chez les rats au 21^{ème} jour de l'expérimentation

	Lot Témoin	Lot Expérimental	Lot Expérimental préventif
Volume d'eau consommé/24h (ml)	23 ± 1 ^a	8 ± 1 ^c	15 ± 1 ^b
Volume urinaire/24h (ml)	13 ± 2 ^a	6 ± 1 ^c	10 ± 0,50 ^b
Ph urinaire	7 ± 0,02 ^a	6 ± 0,03 ^c	6,76 ± 0,04 ^b
Nombre de cristaux	1 ± 0,01 ^c	4 ± 1 ^a	2 ± 1 ^b
Nombre d'agrégats	1 ± 0,01 ^c	3 ± 1 ^a	2 ± 1 ^b
Densité urinaire (SG)	1,004 ± 0,001 ^b	1,010 ± 0,001 ^a	1,005 ± 0,001 ^b
Urée (mg/24h)	32 ± 6 ^c	56,25 ± 6,50 ^a	45 ± 3,50 ^b
Créatinine (mg/24h)	561,50 ± 25 ^c	980,45 ± 30 ^a	835 ± 25 ^b

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. La comparaison des moyennes entre les différents groupes étudiés est réalisée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est

Résultat et Interprétation

complétée par le test de Tukey afin de classer et comparer les moyennes deux à deux. Les moyennes indiquées par des lettres différentes (a, b, c) sont significativement différentes ($P < 0,05$).

5. Analyse de la cristallurie par microscopie

Les figures 7, 8, 9, 10, 11, 12 et 13 montrent les analyses de la cristallurie par microscopie optique. Chez les rats témoins, la figure montre absence de cristaux dans les urines (Figure 7).

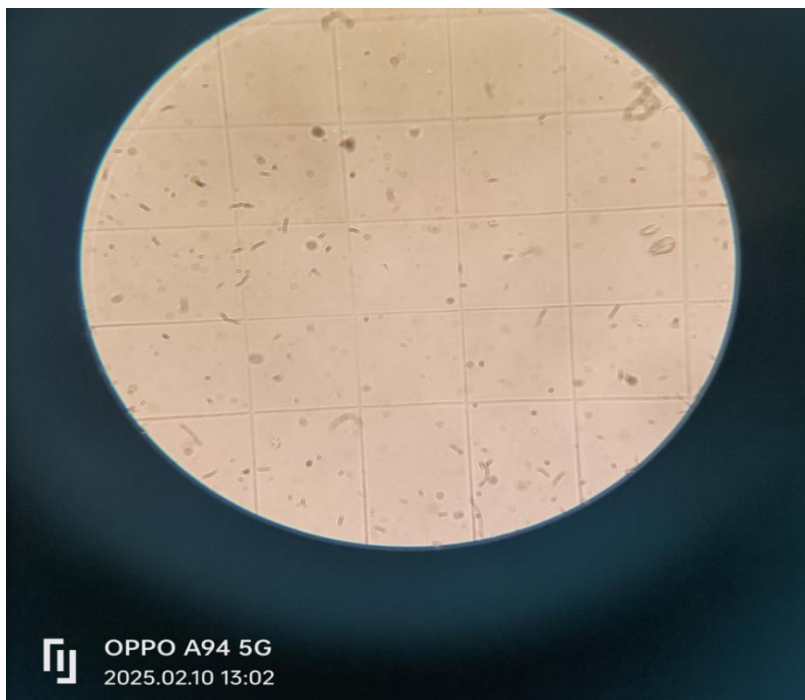


Figure 7. Cristallurie chez les rats témoins

Au 7^{ème}, 14^{ème} et 21^{ème} jour de l'expérimentation, on observe de nombreux cristaux d'oxalate de calcium dans les urines des rats du lot Expérimental (Figures 8,9, et 10). Il est à noter qu'au 7^{ème} jour, les cristaux sont bihydratés alors qu'au 14^{ème} et 21^{ème} jour ces cristaux sont monohydratés.

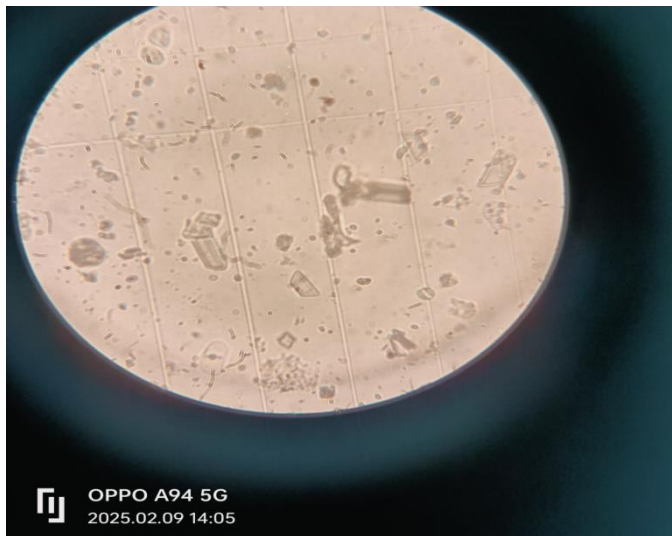


Figure 8. Cristallurie au 7^{ème} jour de l'expérimentation chez les rats du lot Expérimental

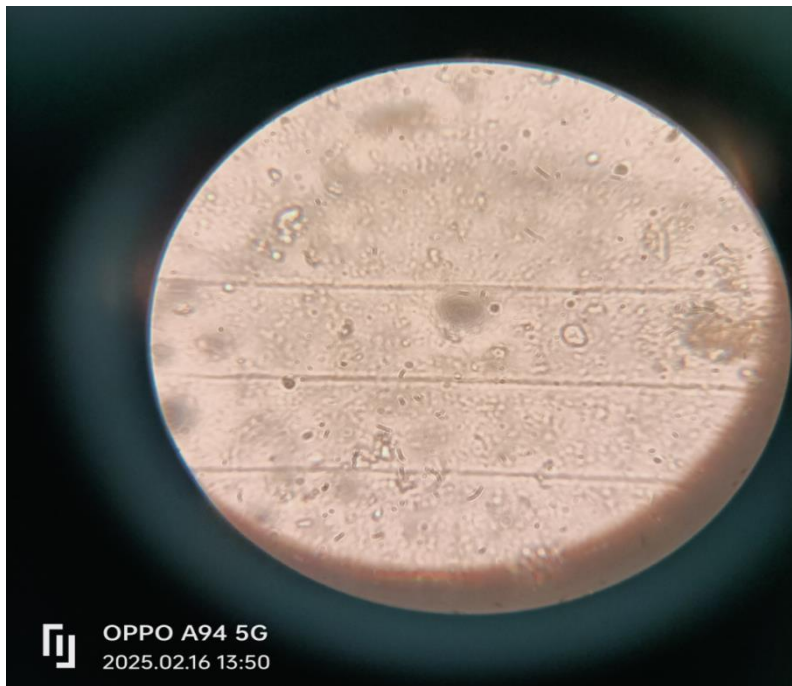


Figure 9. Cristallurie au 14^{ème} jour de l'expérimentation chez les rats du lot Expérimental

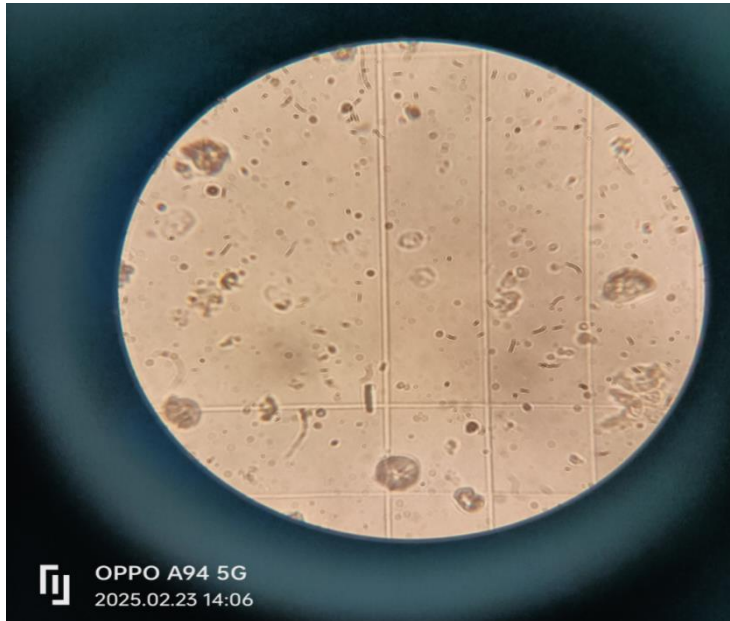


Figure 10. Cristallurie au 21^{ème} jour de l'expérimentation chez les rats du lot Expérimental

Au 7^{ème}, 14^{ème} et 21^{ème} jour de l'expérimentation, on observe aussi des cristaux d'oxalate de calcium dans les urines des rats du lot Expérimental préventif (Figures 11, 12, et 13). Ils sont soit monohydratés ou bihydratés, mais moins nombreux que chez le lot Expérimental.

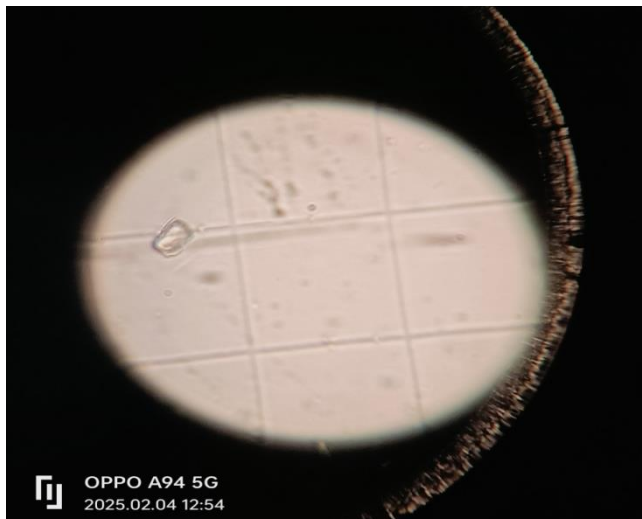


Figure 11. Cristallurie au 7^{ème} jour de l'expérimentation chez les rats du lot Expérimental préventif



Figure 12. Cristallurie au 14^{ème} jour de l'expérimentation chez les rats du lot Expérimental préventif

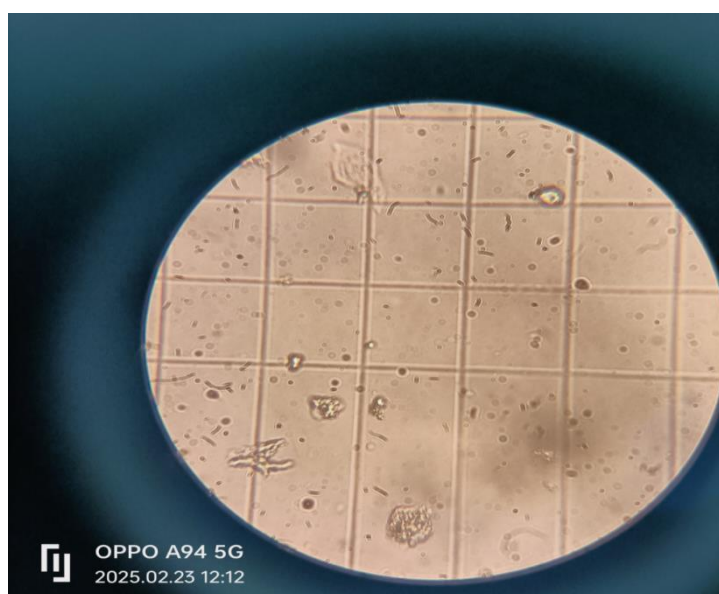


Figure 13. Cristallurie au 21^{ème} jour de l'expérimentation chez les rats du lot Expérimental préventif

6. Poids des reins chez les rats

Les poids des reins (g) chez le lot Expérimental préventif et le lot Expérimental sont significativement réduits comparés aux valeurs du lot témoin.

Résultat et Interprétation

Tableau 5. Poids des reins chez les rats

	Lot Témoin	Lot Expérimental	Lot Expérimental préventif
Poids des reins (g)	1,25 ± 0,05 ^a	0,90 ± 0,03 ^b	0,93 ± 0,04 ^b

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. La comparaison des moyennes entre les différents groupes étudiés est réalisée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est complétée par le test de Tukey afin de classer et comparer les moyennes deux à deux. Les moyennes indiquées par des lettres différentes (a, b, c) sont significativement différentes ($P < 0,05$).

7. Paramètres biochimiques chez les rats

Les teneurs plasmatiques en calcium, urée et créatinine des trois lots de rats sont données dans la Figure 14 et le Tableau A1 en Annexe.

Les teneurs plasmatiques en calcium chez le lot Expérimental préventif et lot Expérimental sont significativement réduites comparées aux valeurs du lot témoin.

Les teneurs plasmatiques en urée chez lot Expérimental et chez le lot Expérimental préventif sont significativement augmentées comparées aux valeurs des Témoins. De plus, ces teneurs en urée sont diminuées chez le lot Expérimental préventif comparé au lot Expérimental.

Les teneurs en créatinine chez le lot Expérimental préventif et lot Expérimental sont significativement réduites comparées aux valeurs du lot témoin.

Résultat et Interprétation

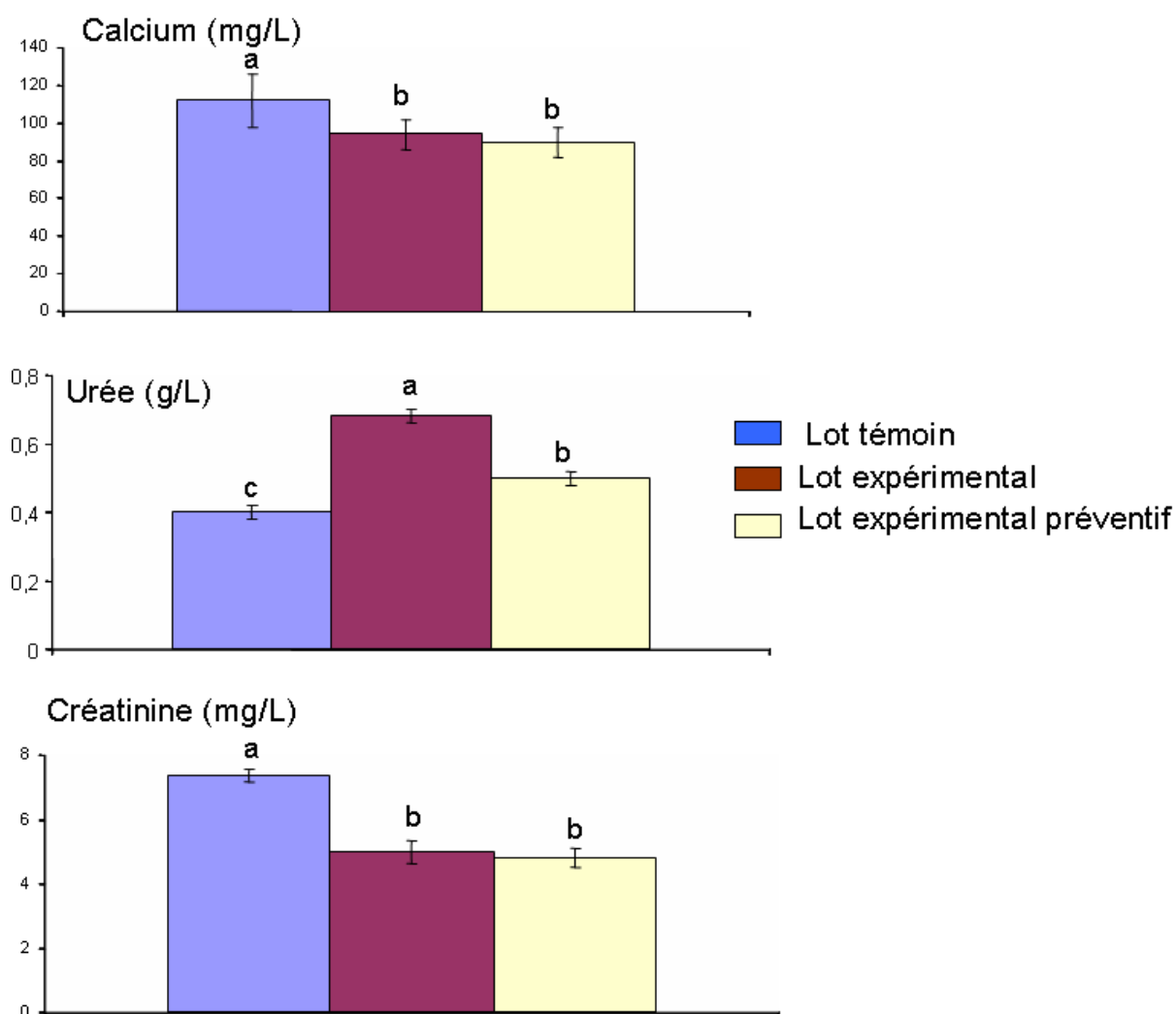


Figure 14. Paramètres biochimiques chez les rats

Chaque valeur représente la moyenne $\pm$ Ecart type. La comparaison des moyennes entre les différents groupes étudiés est réalisée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est complétée par le test de Tukey afin de classer et comparer les moyennes deux à deux. Les moyennes indiquées par des lettres différentes (a, b, c) sont significativement différentes ($P < 0,05$).

8. Marqueurs du stress oxydatif chez les rats

Les marqueurs du stress oxydatif chez les rats sont donnés dans les figures 15 et 16, et le Tableau A2 en Annexes.

Les teneurs érythrocytaires en malondialdéhyde (MDA) chez le lot Expérimental préventif et le lot Expérimental sont significativement réduites comparés au lot témoin (Figure 15).

Par contre, les teneurs érythrocytaires en glutathion réduit (GSH) ne varient pas significativement entre les trois lots de rats.

Résultat et Interprétation

L'activité de l'enzyme antioxydante catalase chez le lot Expérimental préventif et le lot Expérimental est significativement réduite comparée à la valeur trouvée chez le lot témoin (Figure 16).

Cependant, l'activité de l'enzyme antioxydante superoxyde dismutase (SOD) ne varie pas significativement entre les trois lots de rats.

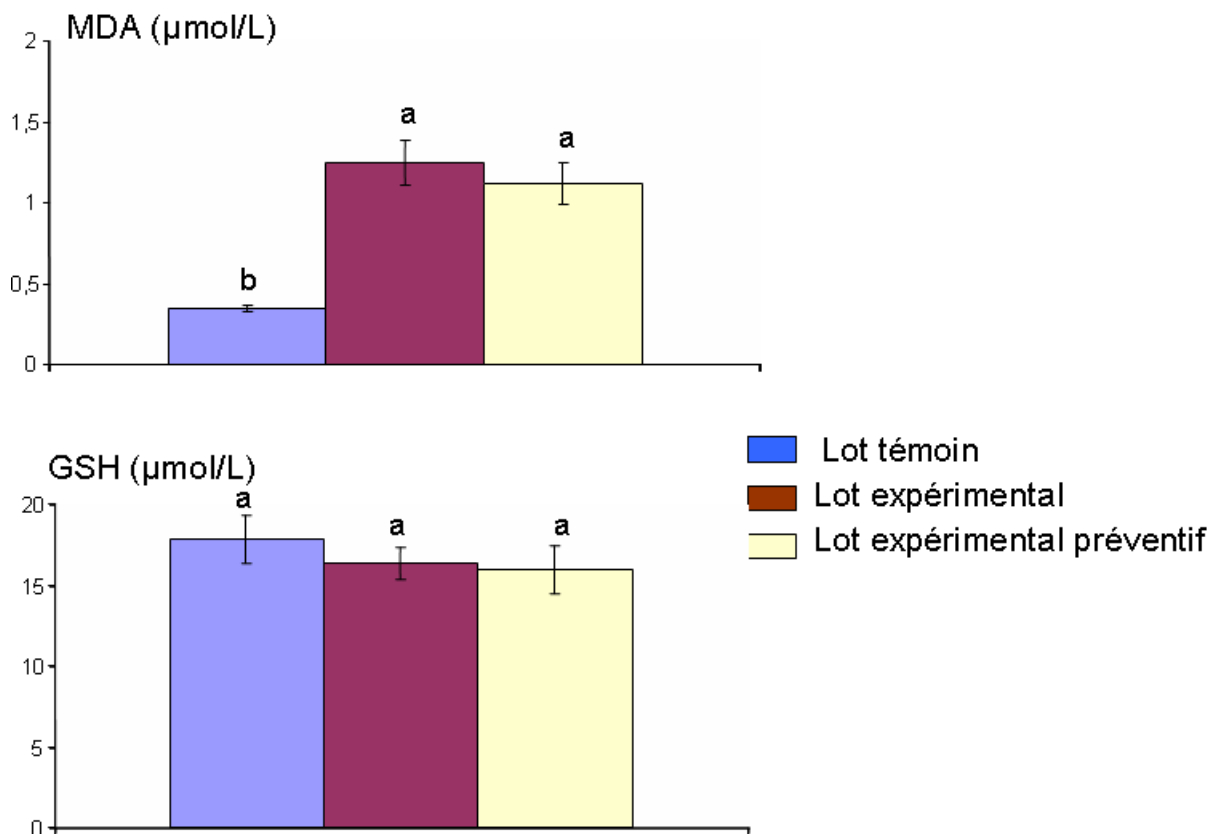


Figure 15. Marqueurs du stress oxydatif chez les rats

Chaque valeur représente la moyenne $\pm$ Ecart type. La comparaison des moyennes entre les différents groupes étudiés est réalisée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est complétée par le test de Tukey afin de classer et comparer les moyennes deux à deux. Les moyennes indiquées par des lettres différentes (a, b, c) sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Résultat et Interprétation

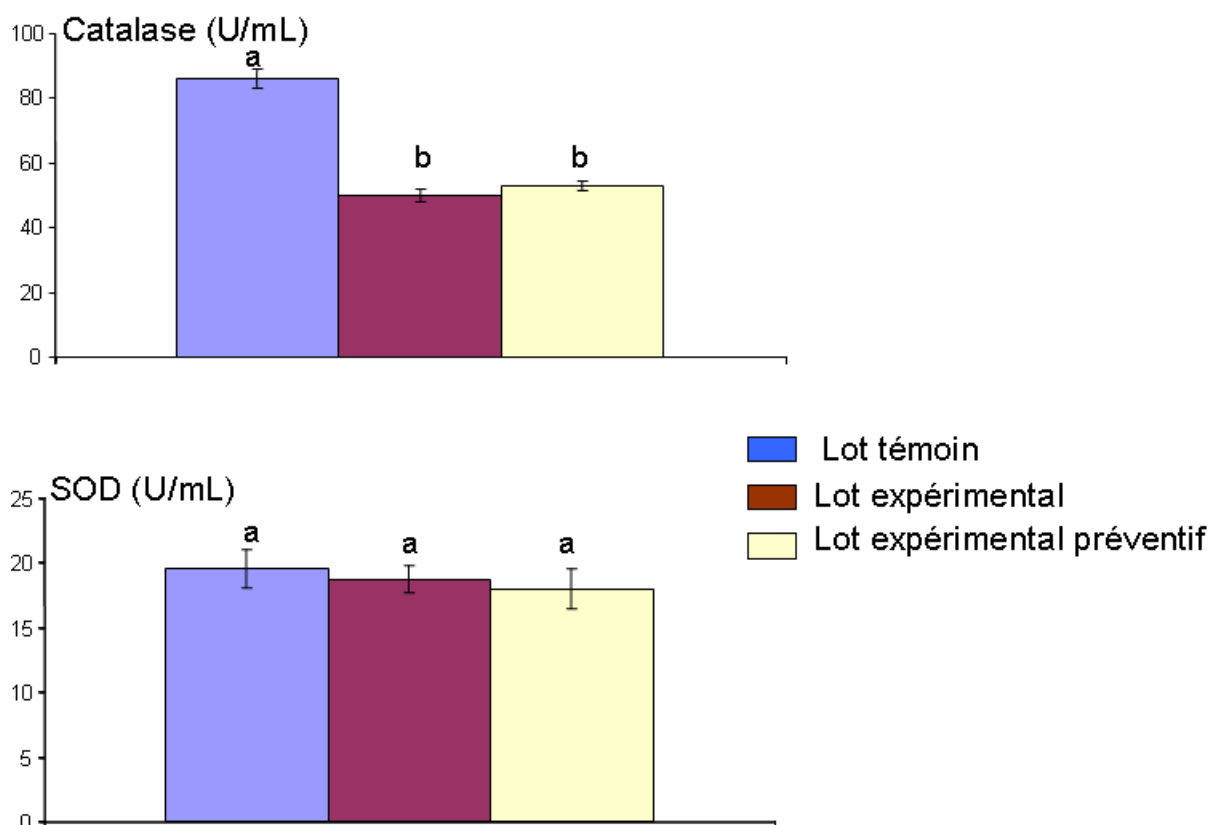


Figure 16. Activités des enzymes antioxydantes catalase et SOD chez les rats

Chaque valeur représente la moyenne $\pm$ Ecart type. La comparaison des moyennes entre les différents groupes étudiés est réalisée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est complétée par le test de Tukey afin de classer et comparer les moyennes deux à deux. Les moyennes indiquées par des lettres différentes (a, b, c) sont significativement différentes ($P < 0,05$).

DISCUSSION

Discussion

L'urolithiase est identifiée comme un trouble urinaire pouvant entraîner une incontinence urinaire. Elle est influencée par la composition minérale des calculs formés. Environ 80 % de ces calculs sont constitués d'oxalate de calcium et de phosphate de calcium, qui contribuent de manière significative à la maladie. La présence de calculs urinaires peut perturber le système urinaire, entraînant des complications telles que l'hydrophorèse (gonflement des reins dû à l'accumulation d'urine), des infections et des saignements (Sharma et Gilhotra, 2019).

Dans notre étude, nous avons utilisé l'éthylène glycol pour l'induction de maladie, qui est un composé organique incolore et inodore, dont l'ingestion peut provoquer la formation de cristaux d'oxalate de calcium au niveau rénal, conduisant ainsi à des lésions des reins et à l'apparition de lithiases urinaires (calculs rénaux). Afin de modéliser cette pathologie, l'éthylène glycol a été utilisé pour induire une lithiase urinaire chez des rats Wistar mâles (Patnam et Konda, 2024). Les animaux ont reçu de l'éthylène glycol à une concentration de 0,75 % (v/v) dans leur eau de boisson, reproduisant ainsi les conditions favorables à la formation de calculs rénaux. Ce traitement a entraîné une augmentation marquée de l'excrétion urinaire d'oxalate, élément clé dans la genèse des cristaux d'oxalate de calcium, qui constituent l'un des types les plus fréquents de calculs rénaux (Sharma et al., 2023).

L'induction de la lithiase rénale chez le rat par l'éthylène glycol a entraîné des altérations physiopathologiques caractéristiques, notamment une perte de poids, une baisse du volume urinaire, une élévation des marqueurs de stress oxydatif et une détérioration des paramètres biochimiques. L'administration préventive de l'eau de Chiguer a permis de limiter plusieurs de ces altérations, suggérant un effet protecteur significatif.

La perte pondérale observée chez les rats du lot lithiasique est en accord avec les résultats rapportés par d'autres auteurs. Une étude précédente sur des rats soumis à de l'éthylène glycol (EG) et au chlorure d'ammonium (AC) pour créer un modèle de calculs rénaux, a montré que cette affection entraîne souvent un stress physiologique, qui peut se traduire par une perte de poids en raison de facteurs tels que la diminution de l'apport alimentaire et les changements métaboliques associés à une dysfonction rénale (Zhu et al., 2024). Ces auteurs ont également noté un amaigrissement progressif chez les animaux lithiasiques. Dans notre étude, le groupe préventif a aussi montré une perte de poids au 14^{ème} et 21^{ème} jour de l'expérimentation.

Dans notre étude au 7^{ème} jour de l'expérimentation, la diminution significative chez les lots Expérimental et Expérimental préventif du volume d'eau consommé/24h (ml) pourrait être

Discussion

une conséquence directe de la toxicité de l'EG. L'eau de chiguer ne semble pas avoir contré cet effet. De plus, le volume urinaire est significativement diminué dans le lot traité à l'eau de chiguer, suggérant une interaction de l'eau de chiguer avec la fonction rénale en contexte de toxicité à l'EG. Au 14^{ème} jour de l'expérimentation, les lots expérimentaux ont montré une diminution significative de la consommation d'eau par rapport au lot témoin. La toxicité de l'EG persiste et continue d'affecter la prise de boisson. La diminution plus marquée dans le lot traité à l'eau de chiguer pourrait suggérer une interaction complexe où l'eau de chiguer, à ce stade, pourrait exacerber la déshydratation ou influencer les mécanismes de régulation de la soif en présence de lésions rénales plus établies. Le volume urinaire/24h (ml), contrairement au 7^{ème} jour, est similaire entre les trois lots de rats. Ceci pourrait indiquer une stabilisation du volume urinaire malgré la persistance de la toxicité de l'EG. Au 21^{ème} jour de l'expérimentation, une diminution significative de la consommation d'eau est notée chez le lot expérimental par rapport au lot témoin. La toxicité de l'EG continue d'impacter la prise de boisson. La consommation d'eau plus élevée dans le lot traité à l'eau de chiguer par rapport au lot EG seul pourrait suggérer un effet protecteur partiel de l'eau de chiguer. La diminution du volume urinaire dans les deux groupes indique une atteinte rénale significative. Le volume urinaire plus élevé dans le lot traité à l'eau de chiguer pourrait suggérer une certaine préservation de la fonction rénale par rapport au lot EG seul. Une autre recherche révèle que le traitement à l'eau thermale chez des rats atteints de lithiase induite par l'éthylène glycol (EG) provoque une augmentation significative du volume urinaire, indiquant une activité diurétique. Cette diurèse accrue aide à diluer les substances formant des calculs, ce qui réduit le risque de formation de calculs urinaires (Kucherenko et al., 2020). Il a été aussi démontré que le protocole basé sur l'utilisation des rats ayant reçu de l'éthylène glycol (EG) dans leur eau potable afin d'induire une lithiase urinaire, peut influencer leur consommation d'eau et, par conséquent, leur état d'hydratation et leur santé générale (Lulat et al., 2016).

Dans notre étude au 7^{ème} jour de l'expérimentation, aucune différence significative n'est observée entre les trois lots concernant le pH urinaire qui semble être un paramètre relativement stable dans les conditions de cette expérimentation. L'absence de changement significatif du pH urinaire indique que ni l'intoxication à l'EG ni l'eau de chiguer n'ont eu d'impact majeur sur l'équilibre acido-basique urinaire au 7^{ème} jour. Au 14^{ème} jour, le pH urinaire est significativement réduit dans les lots Expérimental et Expérimental préventif par rapport au lot témoin. L'acidification de l'urine dans les groupes exposés à l'EG est un signe courant de dysfonctionnement tubulaire rénal. L'eau de chiguer ne semble pas avoir empêché

Discussion

cette acidification. Au 21^{ème} jour de l'expérimentation, l'acidification persistante dans les groupes EG suggère un dysfonctionnement tubulaire chronique. L'augmentation du pH dans le lot traité à l'eau de chiguer par rapport au lot EG seul pourrait indiquer que l'eau de chiguer a un effet modérateur sur l'acidose tubulaire induite par l'EG. Une autre recherche révèle que l'acidification du pH urinaire favorise la formation de calculs rénaux en facilitant la précipitation des cristaux. Chez les rats lithiasiques, une augmentation de la diurèse et une acidité urinaire marquée ont été observées, reflétant la réponse rénale à la maladie et au traitement (Kucherenko et al., 2020).

Dans notre étude, au 7^{ème} jour et au 14^{ème} jour de l'expérimentation, l'augmentation des cristaux et agrégats dans le lot EG confirme l'effet lithogénique de l'EG, tandis que leur diminution significative avec l'eau de chiguer suggère ses propriétés inhibitrices sur la cristallisation et l'agrégation de l'oxalate de calcium. Au 21^{ème} jour de l'expérimentation, le nombre de cristaux et d'agrégats est significativement diminué dans le lot Expérimental préventif par rapport au lot Expérimental, mais reste significativement augmenté par rapport au lot témoin. L'eau de chiguer continue de démontrer un effet protecteur en réduisant la formation de cristaux et d'agrégats d'oxalate de calcium induits par l'EG. Une autre étude montre que chez le rat l'éthylène glycol est un agent reconnu pour favoriser la formation de calculs rénaux en augmentant les concentrations de composants lithogéniques dans l'urine et les reins (Asija et al., 2024).

Dans notre étude, au 7^{ème} jour de l'expérimentation, l'augmentation de la densité urinaire dans les groupes intoxiqués à l'éthylène glycol (EG) reflète une atteinte rénale. La densité urinaire plus faible observée dans le groupe traité à l'eau de chiguer comparativement au groupe EG seul suggère que l'eau de chiguer pourrait atténuer la déshydratation ou modifier l'excrétion des solutés en réponse à la toxicité de l'EG. Au 14^{ème} jour, l'augmentation de la densité urinaire avec l'eau de chiguer suggère une concentration urinaire préservée ou une excrétion accrue de solutés, tandis que l'absence de différence entre le lot EG et le témoin indique une possible altération de la capacité de concentration rénale liée aux lésions induites par l'EG. Au 21^{ème} jour de l'expérimentation, le retour de la densité urinaire à des valeurs proches du témoin avec l'eau de chiguer suggère une amélioration de la concentration rénale, tandis que la densité très élevée dans le lot EG indique une déshydratation persistante et une altération sévère de la fonction rénale. D'autres études montrent que le traitement à l'eau thermale peut entraîner une diminution de la densité urinaire, un changement considéré

Discussion

comme bénéfique pour la prévention de la lithiase en maintenant une urine moins concentrée en solutés lithogènes (Kucherenko et al., 2020).

Dans notre étude, au 7^{ème} jour et au 14^{ème} jour de l'expérimentation, l'augmentation de l'urée et de la créatinine urinaires traduit une atteinte rénale chez les rats du lot EG non traité. Cependant, les valeurs plus élevées dans le lot traité doivent être interprétées avec prudence en raison du faible volume urinaire. De plus, au 14^{ème} jour de l'expérimentation, les taux plus élevés associés à un volume urinaire comparable dans le lot traité à l'eau de chiguer suggèrent une possible amélioration de l'excrétion, à vérifier par le calcul de l'excrétion totale. Au 21^{ème} jour de l'expérimentation, l'élévation de l'urée et de la créatinine confirme une insuffisance rénale chronique dans les groupes EG. Les concentrations plus élevées dans le lot EG non traité, associées à un faible volume urinaire, suggère une clairance réduite de ces déchets métaboliques par rapport au groupe traité à l'eau de chiguer qui montre une amélioration de la fonction rénale. Une autre étude montre que l'extrait de plantes a induit une normalisation des taux d'urée urinaire, suggérant une amélioration de la fonction rénale. Par ailleurs, l'étude rapporte une réduction significative des taux de créatinine urinaire sous l'effet de cet extrait (Asija et al., 2024).

Dans notre étude, l'analyse microscopique des urines du lot Expérimental (EG) montre, dès le jour 7, des cristaux d'oxalate de calcium bihydratés, indiquant une saturation précoce de l'urine. Aux jours 14 et 21, une transition vers la forme monohydratée, plus agressive, suggère une saturation accrue et des modifications des inhibiteurs de cristallisation. En revanche, dans le lot Expérimental Préventif, l'eau de Chiguer semble favoriser la transformation des cristaux monohydratés en bihydratés et réduit significativement le nombre total de cristaux à chaque point temporel, confirmant son effet inhibiteur sur la formation de cristaux d'oxalate de calcium.

Dans notre étude, les résultats suggèrent que l'administration d'éthylène glycol (EG) chez les rats a provoqué une diminution significative du poids des reins, probablement en raison des lésions causées par les cristaux d'oxalate de calcium formés lors du métabolisme de l'EG. L'eau de Chiguer semble offrir une protection partielle contre cette perte de poids rénal, possiblement en limitant la formation des cristaux, en modulant l'inflammation et en préservant la fonction rénale. D'autres études ont montré que l'augmentation du poids des reins est un indicateur de la formation de calculs et de l'inflammation, souvent corrélée à la gravité de la lithiase urinaire et pouvant aussi influencer le poids corporel global des rats (Wang et al., 2024).

Discussion

Le stress oxydatif résulte d'un déséquilibre entre la production de radicaux libres (ROS) et les capacités de l'organisme à les neutraliser ou réparer les dommages causés. Ce déséquilibre provoque des lésions cellulaires et joue un rôle dans le développement de plusieurs maladies, dont les affections rénales chroniques et la formation de calculs rénaux (néphrolithiase) (Tarigopula et al., 2024).

L'éthylène glycol induit un stress oxydatif important dans les tissus rénaux des rats Wistar. Nos résultats révèlent une augmentation du taux de malondialdéhyde MDA chez lot expérimental par rapport au lot témoin, en faveur de l'existence d'un stress oxydatif au cours de la lithiase urinaire. L'eau de Chiguer, administré à titre préventif, ne semble pas atténuer significativement cette augmentation du stress oxydatif. L'induction de la maladie ne semble pas avoir affecté de manière significative les niveaux érythrocytaires de glutathion réduit dans ce modèle expérimental. De même, l'eau de Chiguer n'a pas eu d'influence significative sur les niveaux de GSH. L'activité de la catalase dans notre étude est diminuée chez le lot expérimental par rapport au lot témoin. Cela montre qu'au cours de la lithiase urinaire, un stress oxydatif existe non seulement par augmentation des radicaux libres mais aussi par réduction des capacités de défense de l'organisme. Ces résultats peuvent suggérer une altération de la capacité des reins à neutraliser les radicaux libres. L'eau de chiguer n'a pas augmenté l'activité catalase chez les rats traités. Similairement au GSH, l'activité de la superoxyde dismutase, SOD, n'est pas significativement affectée par l'exposition à l'éthylène glycol ou par le traitement préventif avec l'eau de Chiguer.

Dans une autre étude, l'interaction avec les marqueurs du stress oxydatif est cruciale dans le développement de la lithiase urinaire. Un stress oxydatif élevé, indiqué par un taux élevé de MDA et de faibles niveaux de GSH, de SOD et de CAT, contribue aux lésions rénales et à la formation de calculs. À l'inverse, la capacité de l'acide ursolique (UA) à moduler ces marqueurs suggère un rôle protecteur contre la lithiase urinaire en réduisant le stress oxydatif et l'inflammation des reins (Jia et al., 2021).

La formation de calculs rénaux à base d'oxalate de calcium est liée à une concentration excessive de calcium et d'oxalate dans l'urine. Cette sursaturation favorise la cristallisation, surtout en cas d'hyperoxalurie, un trouble qui augmente la quantité d'oxalate. Cette tendance accrue à la cristallisation est un facteur majeur dans le développement de la lithiase urinaire (Tiselius et al., 2011). Dans notre travail, les teneurs en calcium plasmatiques sont réduites chez le lot expérimental en faveur d'une fuite urinaire du calcium.

Discussion

Nos résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre le lot expérimental et le lot expérimental préventif, ce qui indique que l'eau de Chiguer n'a pas significativement empêché la diminution du calcium induite par l'éthylène glycol.

Par contre dans une autre étude, l'analyse biochimique a révélé que l'eau minérale a contribué à maintenir un niveau plus stable d'excrétion de calcium dans l'urine par rapport au groupe témoin, qui a connu une baisse significative des taux de calcium. Cela suggère que l'eau minérale peut avoir un effet diurétique qui aide à prévenir la formation de gros calculs (Lobanov et al., 2023).

Nos analyses biochimiques de l'urée plasmatique montrent un taux plus élevé chez lot expérimental, indiquant une altération de la fonction rénale due à l'éthylène glycol. Par contre, le lot expérimental préventif montre un taux d'urée plasmatique significativement inférieur à celui du lot expérimental, ce qui suggère que l'eau de Chiguer a un effet protecteur partiel sur la fonction rénale, réduisant l'augmentation de l'urée induite par l'éthylène glycol. La diminution des niveaux de créatinine dans les deux lots expérimentaux par rapport au lot témoin, indiquant une atteinte rénale induite par l'éthylène glycol, l'eau de chiger ne semble pas avoir eu un effet protecteur contre cette modification spécifique.

Dans une autre recherche, l'étude a examiné les effets de l'eau minérale (EM) sur les paramètres biochimiques chez des rats présentant une lithiase urinaire. Après un traitement à l'EM, les taux d'urée sanguine ont augmenté significativement chez les rats. Des taux élevés d'urée indiquent un stress ou un dysfonctionnement dû à la lithiase urinaire. De plus, les taux de créatinine ont augmenté, confirmant un dysfonctionnement rénal dû à la lithiase urinaire. La surveillance de ces paramètres permet d'évaluer la gravité du dysfonctionnement rénal et l'efficacité des traitements à l'eau minérale (Kucherenko et al., 2020).

L'urée peut indirectement favoriser la formation de calculs urinaires en augmentant la concentration des solutés dans l'urine, ce qui crée des conditions favorables à la cristallisation de substances comme le calcium et l'oxalate (Levillain et al., 1989). La créatinine est un résidu produit par la décomposition naturelle du tissu musculaire. Les niveaux de créatinine dans l'urine peuvent donner des indications sur la santé des reins et la concentration d'autres composés qui pourraient participer à la création de calculs, bien que la créatinine en elle-même ne soit pas directement associée aux calculs urinaires (Tannehill-Gregg et al., 2009).

Dans notre travail, l'eau de chiguer semble avoir atténué les troubles liés à la pathologie, car la cristallisation chez le lot expérimental préventif au 7^{ème} jour présente des cristaux monohydratés alors qu'au 21^{ème} jour, les cristaux sont transformés en dihydratés.

Discussion

Ceci indique que l'élimination de ces cristaux est plus facile et plus rapide. L'étudiant BENNAHIA ARABI lors de son mémoire de Master en 2020, a montré que l'eau de chiguer contient des valeurs très importantes en chlorures Cl (jusqu'à 1480 mg/l) et en sodium Na (jusqu'à 900 mg/l). Des concentrations moyennes sont aussi retenues pour les sulfates, les bicarbonates et le calcium. De faibles concentrations sont notées pour le potassium, magnésium et silicium, dont la valeur maximale est de 80 mg/l qui peut dissoudre les calculs rénaux. L'eau de chiguer est donc un bon traitement pour l'amélioration de la lithiase urinaire.

D'autres travaux dans le même domaine confirment la validité de nos découvertes. L'étude montre que l'eau de la source de Dar Bentata, de nature chlorée sodique, possède des propriétés thérapeutiques particulièrement bénéfiques pour prévenir la lithiase calcique, un type courant de calcul rénal. Sa richesse en ions sodium et chlorure pourrait influencer la solubilité du calcium et d'autres minéraux dans l'urine, réduisant ainsi le risque de formation de calculs. Cette composition minérale unique joue un rôle clé dans son effet préventif contre les calculs rénaux (Amara-Rekkab, 2023).

D'autres chercheurs suggèrent que l'eau de la source Ramsar, riche en calcium et magnésium, pourrait avoir un effet thérapeutique en aidant à réduire les calculs rénaux déjà formés à base d'oxalate de calcium, en modifiant le processus de cristallisation responsable de leur développement. Cela indique que le RSW peut avoir un effet thérapeutique après l'induction de la néphrolithiase (Hadjzadeh et al., 2021).

Une étude précédente montre que l'eau minérale naturelle riche en matière organique peut améliorer la fonction rénale chez les rats atteints de lithiase urinaire. Grâce à des composés comme les acides gras, les acides organiques et les phénols, cette eau stimule la sécrétion et le transport rénal, régule les processus métaboliques et réduit le risque de formation de calculs, tout en améliorant la structure et le fonctionnement des reins (Kucherenko et al., 2020).

Une autre recherche révèle que l'eau de coco peut inhiber la formation de cristaux d'oxalate de calcium dans les reins, grâce à sa richesse en électrolytes comme le potassium, le magnésium et le calcium. Ces minéraux aident à maintenir un pH urinaire équilibré, réduisant ainsi l'acidité de l'urine et le risque de formation de calculs rénaux (Gautama et al., 2021).

L'étude de 2024 souligne que les propriétés thérapeutiques des sources thermales dépendent de leur composition minérale spécifique. Les sources riches en bicarbonate, comme celles de Nitrodi en Italie, peuvent notamment soutenir la santé rénale. La géochimie des oligo-éléments, comme observée au mont Sabalan en Iran, joue aussi un rôle clé : un bon équilibre

Discussion

minéral peut prévenir les calculs rénaux, bien qu'un excès puisse être nocif (Rukhsar et al., 2024).

Selon une étude, la consommation d'une eau moyennement minéralisée et riche en bicarbonate, comme l'eau Cerelia, permet de réduire l'acide urique sanguin en augmentant son élimination urinaire, sans risque accru de calculs. Cela s'explique par une hausse du volume urinaire, du pH et de l'excrétion de citrate. Ces effets contribuent à prévenir la formation de calculs rénaux, notamment grâce à une meilleure hydratation (Bertaccini et Borghesi, 2009).

L'étude de Nejmark et al. (2018) montre que l'eau minérale « Serebrjanniy kluch », faiblement minéralisée et riche en bicarbonate de magnésium-calcium, aide à prévenir les calculs rénaux en rétablissant l'équilibre minéral du corps et en augmentant la diurèse. Cette augmentation du volume urinaire favorise l'élimination des petits calculs. De plus, sa consommation réduit significativement l'excrétion d'oxalates et d'acide urique, deux facteurs de risque majeurs des calculs rénaux (Nejmark et al., 2018).

Conclusion

Conclusion

Dans notre travail de recherche, nous avons mis en place un modèle expérimental de lithiase urinaire chez le rat Wistar, en utilisant l'éthylène glycol comme inducteur de maladie. Ce composé est bien connu pour provoquer la formation de cristaux d'oxalate de calcium dans les voies urinaires. Au cours de l'expérimentation, nous avons observé la formation de cristaux d'oxalate de calcium monohydraté dans le lot Expérimental, tandis que des cristaux dihydratés ont été retrouvés chez les rats de lot Expérimental préventif. Afin d'évaluer un traitement potentiel, nous avons administré, par gavage oral, 2 ml d'eau thermale médicinale de Chiger chaque jour pendant 21 jours. Les résultats obtenus sont prometteurs : une amélioration significative de l'état lithiasique a été constatée chez les rats traités, avec une réduction visible de la présence de cristaux urinaires.

L'analyse physico-chimique de l'eau thermale de Chiger a révélé des teneurs particulièrement élevées en ions chlorure (jusqu'à 1480 mg/l) et en sodium (jusqu'à 900 mg/l). Ces éléments jouent un rôle essentiel dans le processus de dissolution et d'élimination des cristaux présents dans les voies urinaires, en favorisant notamment la diurèse et en modifiant la composition de l'urine de manière à réduire la précipitation des sels minéraux responsables des lithiases. Cette richesse minérale confère donc à l'eau de Chiger des propriétés thérapeutiques intéressantes dans le cadre du traitement naturel de la lithiase urinaire.

En conclusion, nos résultats expérimentaux suggèrent que l'eau thermale de Chiger pourrait représenter une alternative naturelle efficace, à la fois préventive et curative, contre la formation de calculs urinaires. Nous recommandons ainsi son utilisation dans le cadre de la prise en charge de cette pathologie, en particulier dans les régions où elle est traditionnellement utilisée pour ses vertus médicinales.

ANNEXES

Tableau A1: Paramètres biochimiques chez les rats

	Lot Témoin	Lot Expérimental	Lot Expérimental préventif
Calcium (mg/l)	112 ± 14 ^a	97 ± 7 ^b	90 ± 8 ^b
Urée (g/l)	0,40 ± 0,02 ^c	0,68 ± 0,03 ^a	0,50 ± 0,02 ^b
Créatinine (mg/l)	7,35 ± 0,20 ^a	5 ± 0,35 ^b	4,80 ± 0,30 ^b

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. La comparaison des moyennes entre les différents groupes étudiés est réalisée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est complétée par le test de Tukey afin de classer et comparer les moyennes deux à deux. Les moyennes indiquées par des lettres différentes (a, b, c) sont significativement différentes (P< 0,05).

Tableau A2: Marqueurs du stress oxydatif chez les rats

	Lot Témoin	Lot Expérimental	Lot Expérimental préventif
MDA (μmol/L)	0,35 ± 0,02 ^b	1,25 ± 0,14 ^a	1,12 ± 0,13 ^a
GSH (μmol/L)	17,50 ± 2,33 ^a	16,37 ± 1,50 ^a	15,95 ± 2 ^a
Catalase (U/mL)	86,55 ± 2,88 ^a	50,45 ± 2 ^b	53 ± 2,42 ^b
SOD (U/mL)	19,55 ± 1,27 ^a	18,75 ± 1,36 ^a	18 ± 2,21 ^a

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. La comparaison des moyennes entre les différents groupes étudiés est réalisée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est complétée par le test de Tukey afin de classer et comparer les moyennes deux à deux. Les moyennes indiquées par des lettres différentes (a, b, c) sont significativement différentes (P< 0,05).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

Adomako, E., & Moe, O. W. (2020). Uric Acid and Urate in Urolithiasis : The Innocent Bystander, Instigator, and Perpetrator. *Seminars in Nephrology*, 40(6), 564-573.

<https://doi.org/10.1016/j.semnephrol.2020.12.003>

Aebi H (1974). Catalase. In *Methods of Enzymatic analysis*, Bergmayer H.U. (Ed) chimie, 2nd edn, Weinheim, F.R.G. 2: 673-684.

Allam, E. A. H. (2024). Urolithiasis unveiled: pathophysiology, stone dynamics, types, and inhibitory mechanisms : a review. *African Journal of Urology*, 30(1).

<https://doi.org/10.1186/s12301-024-00436-z>

Amara-Rekkab, A. (2023). Crenotherapy using Spring Thermal Water in Western Algeria and its Effectiveness Against Kidney Stones. *Scientific Journal of King Faisal University Basic And Applied Sciences*, 1-5. <https://doi.org/10.37575/b/sci/230036>

An, J., Lee, I., & Yi, Y. (2019). The Thermal Effects of Water Immersion on Health Outcomes: An Integrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7), 1280. <https://doi.org/10.3390/IJERPH16071280>

And Applied Sciences, 15. <https://doi.org/10.37575/b/sci/230036>

Asija, R., Swami, A. & Sharma, K. (2024). Évaluation de l'activité anti-urolithiase de l'extrait éthanolique de *Salacia Reticulata* contre l'urolithiase induite par l'éthylène glycol chez le rat albinos Wistar. *Revue asiatique de recherche et développement pharmaceutiques*, 12 (3), 58–65. <https://doi.org/10.22270/ajprd.v11i3.1394>

B

Bargagli, M., Ferraro, P. M., Vittori, M., Lombardi, G., Gambaro, G., & Somani, B. (2021). Calcium and Vitamin D Supplementation and Their Association with Kidney Stone Disease : A Narrative Review. *Nutrients*, 13(12), 4363. <https://doi.org/10.3390/nu13124363>

Bennahia A (2020). Etude hydrogéologie de l'aquifère des eaux Thermales de hammam boughrara et chiguer wilaya de Tlemcen. Master en Géologie. Université Djillali Liabes de SIDI BEL ABBES. 46 pages.

Bertaccini, A. & Borghesi, M. (2009). Indications d'une eau moyennement minérale et riche en bicarbonate (Cerelia) en urologie. *Archivio Italiano Di Urologia, Andrologia*, 81 (3), 192-194. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19911684/>

C

Références bibliographiques

- Cacciapuoti, S., Luciano, M. A., Megna, M., Annunziata, M. C., Napolitano, M., Patruno, C., Scala, E., Colicchio, R., Pagliuca, C., Salvatore, P., & Fabbrocini, G. (2020). The Role of Thermal Water in Chronic Skin Diseases Management: A Review of the Literature. *Journal of Clinical Medicine*, 9(9), 3047. <https://doi.org/10.3390/JCM9093047>
- Chen, Z., Zhu, L., Zhu, L., Zhu, L., Liu, P., Liu, P., Liu, P., Li, C., Zhou, Y., Li, Y., Xie, H., & Xiang, T. (2021). Mécanisme d'évolution hydrogéochimique de l'eau géothermique carbonatée dans le sud-ouest de la Chine. *Arabian Journal of Geosciences*, 14 (14), 1–18. <https://doi.org/10.1007/S12517-021-07566-6>
- Coavoy-Sánchez, SA, Costa, SKP & Muscará, MN. (2020). Sulfure d'hydrogène et maladies dermatologiques. *Br. J. Pharmacol*, 177, 857–865.
- Coelho, P., Rodrigues, A., Vieira, M., Liberal, J., & Rodrigues, F. (2023). The influence of Monfortinho thermal waters on human health. *Cadernode ANAIS HOME*. <https://doi.org/10.56238/seveniiimulti2023-241>
- Costantino, M., Izzo, V., Conti, V., Manzo, V., Guida, A. & Filippelli, A. (2020). Les eaux minérales sulfatées : une ressource médicale pour plusieurs troubles. *J. Tradit. Complement. Med*, 10, 320–326.
- Crivelli, J. J., Mitchell, T., Knight, J., Wood, K. D., Assimios, D. G., Holmes, R. P., & Fargue, S. (2020). Contribution of Dietary Oxalate and Oxalate Precursors to Urinary Oxalate Excretion. *Nutrients*, 13(1), 62. <https://doi.org/10.3390/nu13010062>

D

- Daudon, M., & Jungers, P. (2004). Clinical value of crystalluria and quantitative morpho-constitutionnal analysis of urinary calculi. *Nephron Physiol*. 98 : 31-36.
- Denda, M., Fuziwara, S., & Inoue, K. (2003). L'afflux d'ions calcium et chlorure dans les kératinocytes épidermiques régule l'exocytose des corps lamellaires épidermiques et l'homéostasie de la barrière de perméabilité cutanée. *J. Investig. Dermatol*, 121 , 362–367.
- Draper, HH. & Hadley, M. (1990). Malondialdehyde determination as index of lipid peroxidation. *Methods Enzymol*. 186:421-482.

E

- Eliasse, Y., Galliano, M.-F., Redoules, D., Espinosa, E., & Espinosa, E. (2019). Effet de l'eau thermale sur la réponse inflammatoire des cellules dendritiques humaines. *Journal of Inflammation Research*, 12 , 181–194. <https://doi.org/10.2147/JIR.S213594>
- Ellman, GL. (1959). Tissue sulphydryl groups. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 82(1): 70-77.

F

Ferraro, P. M., Curhan, G. C., Gambaro, G., & Taylor, E. N. (2015). Total Dietary, and Supplemental Vitamin C Intake and Risk of Incident Kidney Stones. *American Journal of Kidney Diseases*, 67(3), 400-407. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2015.09.005>

Ferreira, M., Costa, PC., Bahia, MF. (2010). Effet de l'eau thermale de São Pedro Do Sul sur l'irritation cutanée. *Int. J. Cosmet. Sci*, 32 , 205-210.

G

Gautama, MR, Sudiana, IK, & Djojodimedjo, T. (2021). Effets de l'administration d'eau de coco (*Cocos nucifera* sp.) comme prévention de la lithiase urinaire chez les rats blancs Wistar induits par l'oxalate de calcium. *Revue indonésienne d'urologie*, 28 (1), 79–90. <https://doi.org/10.32421/JURI.V28I1.698>

Geat, D., Giovannini, M., Barlocco, E. G., Pertile, R., Farina, S., Pace, M., Filippeschi, C., Girolomoni, G., Cristofolini, M., & Baldo, E. (2021). Characteristics associated with clinical response to Comano thermal spring water balneotherapy in pediatric patients with atopic dermatitis. *Italian Journal of Pediatrics*, 47(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/S13052-021-00971-3>

H

Hadjzadeh, M. A. R., Hayatdavoudi, P., Keshteh, R. K., Entezari, N., Pakdel, R., & Roshan, N. M. (2021). Effect of Hard Water on the Prevention and Treatment of Calcium Oxalate Nephrolithiasis in Rats. *Middle East Journal of Rehabilitation and Health*, 8(3), 8.<https://doi.org/10.5812/MEJRH.110053>

I

INSERM, CEEA (2017). Règlementation et le dispositif éthique de l'expérimentation animale. [https://www.inserm.fr/Modèles animaux](https://www.inserm.fr/Modèles_animaux).

J

Jia, Z., Li, W., Bian, P., Yang, L., Liu, H., Pan, D., & Dou, Z. (2021). Ursolic acid treats renal tubular epithelial cell damage induced by calcium oxalate monohydrate via inhibiting oxidative stress and inflammation. *Bioengineered Bugs*, 12(1), 5450–5461.<https://doi.org/10.1080/21655979.2021.1955176>

K

Références bibliographiques

- Kachkoul, R., Touimi, G. B., Mouhri, G. E., Habbani, R. E., Mohim, M., & Lahrichi, A. (2023). Urolithiasis: History, epidemiology, aetiologic factors and management *Malays J Pathol*, 45(3), 333–352. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38155376>
- Khan, S. R., Pearle, M. S., Robertson, W. G., Gambaro, G., Canales, B. K., Doizi, S., Traxer, O., & Tiselius, H. (2016). Kidney stones. *Nature Reviews Disease Primers*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.8>
- Kirmit, A., Kader, S., Aksoy, M., Bal, C., Nural, C., & Aslan, O. (2020). Trace elements and oxidative stress status in patients with psoriasis. *Advances In Dermatology And Allergology*, 37(3), 333-339. <https://doi.org/10.5114/ada.2020.94265>
- Kucherenko, M., Nasibullin, B., Bobro, E., Badiuk, N., Glushchenko, V., Kholodnitskiy, I., & Oslavskaya, T. (2020). The influence of natural mineral water on the structural and functional changes in the rat kidneys under urolithiasis modelling. *Balneo Research Journal*, 11 (4), 477-480. <https://doi.org/10.12680/balneo.2020.382>
- Kucherenko, M., Nasibullin, B., Bobro, E., Badiuk, N., Glushchenko, V., Kholodnitskiy, I., & Oslavskaya, T. (2020). The influence of natural mineral water on the structural and functional changes in the rat kidneys under urolithiasis modelling. *Balneo Research Journal*, 11 (4), 477-480. <https://doi.org/10.12680/balneo.2020.382>
- L
- Lang, J., Narendrula, A., El-Zawahry, A., Sindhwani, P., & Ekwenna, O. (2022). Global Trends in Incidence and Burden of Urolithiasis from 1990 to 2019 : An Analysis of Global Burden of Disease Study Data. *European Urology Open Science*, 35, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.euros.2021.10.008>
- Lebaron, P. (2020). Les eaux thermales : quand minéralité et signature biologique se combinent pour expliquer leurs propriétés. *Annales de Dermatologie et de Vénéréologie*, 147(1), 1S20-1S24. [https://doi.org/10.1016/s0151-9638\(20\)30032-6](https://doi.org/10.1016/s0151-9638(20)30032-6)
- Levillain, O., Hus-Citharel, A., Morel, F., & Bankir, L. (1989). Production of urea from arginine in pars recta and collecting duct of the rat kidney. *Kidney & Blood Pressure Research*, 12, 302–312. <https://doi.org/10.1159/000173207>
- Liang, J., Kang, D., Wang, Y., Yu, Y., Fan, J., Takashi, E. (2015). L'eau de source chaude enrichie en ions carbonates favorise la cicatrisation des plaies cutanées chez les rats nus. *PLoS ONE*, 10 , e0117106.

Références bibliographiques

Lions, J. (2020). Hydrochimie des eaux thermales d'Avène (Avène-les-Bains, France). *Journal of The European Academy of Dermatology and Venereology*, 34, 4–7. <https://doi.org/10.1111/JDV.16336>

Lobanov, Yu. F., Zharikov, A. Yu., Zverev, Ya.F., Strozenko, L. A., Kalnitsky, A. S., & Mikheeva, N. M. (2023). The effect of mineral water on the course of experimental oxalate nephrolithiasis. *Медицинский Совет*, 13, 238–244. <https://doi.org/10.21518/ms2023-236>

López, M., & Hoppe, B. (2008). History, epidemiology and regional diversities of urolithiasis. *Pediatric Nephrology*, 25(1), 49–59. <https://doi.org/10.1007/s00467-008-0960-5>

Lulat, S. I., Yadav, Y. C., Balaraman, R., & Maheshwari, R. A. (2016). Antiuro lithiatic effect of lithocare against ethylene glycol-induced urolithiasis in Wistar rats. *Indian Journal of Pharmacology*, 48(1), 78–82. <https://doi.org/10.4103/0253-7613.174564>

M

Ma, Y., Cheng, C., Jian, Z., Wen, J., Xiang, L., Li, H., Wang, K., & Jin, X. (2024). Risk factors for nephrolithiasis formation : An Umbrella Review. *International Journal of Surgery*, 110(9), 5733-5744. <https://doi.org/10.1097/js9.0000000000001719>

Maamri, A., Guerrouj, B. E., Melhaoui, M., & Serghrouchni, M. (2002). Rôle thérapeutique des eaux thermominérales de Fezouane (Maroc oriental), action in vivo sur les lithiases rénales. *Cahiers de L'Association Scientifique Européenne Pour L'Eau et la Santé*, 7(1), 47-52. <https://doi.org/10.1051/asees/20020701047>

Marklund, SL. (1985). Pyrogallol autooxidation. In: Handbook of Methods for Oxygen Radical Greenwald, R.A. ed. Boca raton, Fla: CRC Press, 243-247.

Marullo, T., Abramo, A. (1999). Effets du traitement de l'eau au soufre, à l'arsenic et au fer sur la phloglose chronique spécifique des voies respiratoires supérieures. *Acta Otorhinolaryngol. Ital*, 19, 5–14.

Mourelle, ML., Gómez, CP., & Legido, JL. (2024). Dévoiler le rôle des minéraux et des oligo-éléments des eaux thermales dans la santé de la peau. *Sciences appliquées*, 14 (14), 6291. <https://doi.org/10.3390/app14146291>

N

Nejmark, A. I., Saldan, I. P., & Davydov, A. V. (2018). Use of mineral water in rehabilitation therapy of patients with nephrolithiasis. *Urology Reports (St - Petersburg)*, 8(2), 18-23. <https://doi.org/10.17816/uroved8218-23>

Références bibliographiques

Nikitin, O., Samchuk, P., Krasiuk, O., Korytskyi, A., & Nasheda, S. (2023). Urolithiasis : from past to present. *Ukrainian Scientific Medical Youth Journal*, 142(4), 102-111. [https://doi.org/10.32345/usmyj.4\(142\).2023.102-111](https://doi.org/10.32345/usmyj.4(142).2023.102-111)

Nourbakhsh, SMA-K. (2016). Effet de l'application topique de la crème contenant du magnésium à 2 % sur le traitement de la dermatite et de l'érythème fessier chez les enfants : étude clinique. *J. Clin. Diagn. Res*, 10 , WC04.

Nzietchueng, RM., Dousset, B., Franck, P., Benderdour, M., Nabet, P., Hess, K. (2002). Mécanismes impliqués dans les effets du bore sur la cicatrisation des plaies. *J. Trace Elem. Med. Biol*, 16 , 239–244.

O

Ogawa, Y., Kinoshita, M., Shimada, S., & Kawamura, T. (2018). Zinc et troubles cutanés. *Nutrients*, 10 , 199.

Olde-Engberink, RHG., Selvarajah, V., & Vogt, L. (2020). Impact clinique du stockage tissulaire du sodium. *Pédiatrie. Néphrologie*, 35 , 1373–1380.

P

Papoiu, AD., Valdes-Rodriguez, R., Nattkemper, LA., Chan, YH., Hahn, GS., & Yosipovitch, G. (2013). Une nouvelle formulation topique contenant du chlorure de strontium réduit considérablement l'intensité et la durée des démangeaisons induites par la cochenille. *Acta Derm.Venereol* , 93 , 520–526.

Patnam, N., & Konda, S. (2024). La fisétine protège les rats Wistar des dommages oxydatifs et inflammatoires causés par la lithiase urinaire induite par l'éthylène glycol. *Natural and Life Sciences Communications*, 23 (3). <https://doi.org/10.12982/nlsc.2024.039>

Pavic, M., Briški, M., Pola, M., & Borović, S. (2024). Étude isotopique hydrogéochimique et environnementale des eaux thermales de Topusko, Croatie. *Environmental Geochemistry and Health* , 46 (4), 133. <https://doi.org/10.1007/s10653-024-01904-9>

P

Références bibliographiques

Pinto-Ribeiro, I., Castro, C. R., Rocha, P., Carvalho, M. J., Pintado, A. I. E., Mendes, A., Pedrosa, S. S., Capeto, P., Azevedo-Silva, J., Oliveira, A., Pintado, M., & Madureira, A. R. (2024). Chaves Thermal Spring Water Impact on Skin Health: Potential Cosmetic Application. *Applied Sciences*, 14(17), 7911. <https://doi.org/10.3390/app14177911>

R

Rapolienė, L., Razbadauskas, A., & Jurgelėnas, A. (2015). The reduction of distress using therapeutic geothermal water procedures in a randomized controlled clinical trial. *Advances in Preventive Medicine*, 2015, 749417. <https://doi.org/10.1155/2015/749417>

Ricci, S., Panduri, S., Cervadoro, G., Dattola, E. (2014). Eczéma de contact chronique et environnement thermique : expérience de dermatologie clinique Université de Pise. *Clin. Ter*, 61 , 47e50.

Rodgers, A. L., & Siener, R. (2020). The Efficacy of Polyunsaturated Fatty Acids as protectors against Calcium Oxalate Renal Stone Formation : A Review. *Nutrients*, 12(4), 1069. <https://doi.org/10.3390/nu12041069>

Rukhsar, A., Hussain, S., Ahmad, T., Asghar, A., Bodlah, M. A., Hussain, M., Shaheen, F., Amanullah, A., Munawar, K. S., & Tajammal, A. (2024). A Comparative Overview of Physicochemical Characteristics and Therapeutic Value of World's Thermal Springs. *Dans Recent Developments in Chemistry and Biochemistry Research*, 1, 101-133. <https://doi.org/10.9734/bpi/rdcbr/v1/6940e>

S

Seite, S. (2013). Les eaux thermales comme cosméceutiques : l'exemple de l'eau thermale de La Roche-Posay. *Clin. Cosmet. Investig. Dermatol* , 6 , 23–28.

<https://doi.org/10.2147/ccid.s39082>

Servais, A., Thomas, K., Strologo, L. D., Sayer, J. A., Bekri, S., Bertholet-Thomas, A., Bultitude, M., Capolongo, G., Cerkauskienė, R., Daudon, M., Doizi, S., Gillion, V., Gràcia-Garcia, S., Halbritter, J., Heidet, L., Van Den Heijkant, M., Lemoine, S., Knebelmann, B., Emma, F., & Levchenko, E. (2020). Cystinuria : clinical practice recommendation. *Kidney International*, 99(1), 48-58.

<https://doi.org/10.1016/j.kint.2020.06.035>

Shang, W., Li, Y., Ren, Y., Yang, Y., Li, H., & Dong, J. (2017). Nephrolithiasis and risk of hypertension: a meta-analysis of observational studies. *BMC Nephrology*, 18(1).

<https://doi.org/10.1186/s12882-017-0762-8>

Références bibliographiques

Sharma, R., Garg, R., & Sharma, M. (2023). Pharmacological Evaluation of Antiurolithiatic Activity of Aqueous Leaves Extract of Bauhinia Variegata Against Ethylene Glycol Induced Urolithiasis in Wistar Rats. *Indian Journal of Health Care Medical & Pharmacy Practice*, 4(2), 8-20. <https://doi.org/10.59551/ijhmp/25832069/2023.4.2.20>

Sharma, Y., & Gilhotra, U. K. (2019). A review on urolithiasis. *Journal of Biomedical and Pharmaceutical Research*, 8(6), 50–57. <https://doi.org/10.32553/JBPR.V8I6.679>

Shirkot, P., Verma, A., Gupta, M., Sharma Manjul, A., & Sharma, R. (2018). Évaluation des caractéristiques physicochimiques et du dénombrement des bactéries thermophiles des sources d'eau chaude de l'Himachal Pradesh. *National Academy Science Letters-India*, 41 (5), 285–287. <https://doi.org/10.1007/S40009-018-0676-4>

Siener, R. (2021). Nutrition and Kidney Stone Disease. *Nutrients*, 13(6), 1917.

<https://doi.org/10.3390/nu13061917>

Siener, R., Netzer, L., & Hesse, A. (2013). Determinants of Brushite Stone Formation : A Case-Control Study. *PLoS ONE*, 8(11), e78996. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0078996>

T

Tannehill-Gregg, SH, Dominick, MA, Reisinger, AJ, Moehlenkamp, JD, Waites, CR, Stock, DA, Sanderson, TP, Cohen, SM, Arnold, LL, & Schilling, BE (2009). Différences liées à la souche dans la composition urinaire des rats mâles potentiellement pertinentes pour la lithiase urinaire. *Toxicologic Pathology*, 37 (3), 293–305.

<https://doi.org/10.1177/0192623309332990>

Tarigopula, V., Devana, S. K., Sharma, A. P., Zohmangaihi, D., & Singh, S. K. (2024). Evaluation of change in oxidative stress in urolithiasis patients following complete stone clearance. *Research Square* (Research Square). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3877339/v1>

Tefekli, A., & Cezayirli, F. (2013). The History of Urinary Stones: In Parallel with Civilization. *The Scientific World JOURNAL*, 2013(1). <https://doi.org/10.1155/2013/423964>

Tiselius, H.G. (2011). Hypothèse de formation de calculs calciques : interprétation des recherches sur les calculs au cours des dernières décennies. *Urological Research*, 39 (4), 231–243. <https://doi.org/10.1007/S00240-010-0349-3>

Treiber, N., Maity, P., Singh, K., Ferchiu, F., Wlaschek, M., Scharffetter-Kochanek, K. (2012). Le rôle de la superoxyde dismutase de manganèse dans le vieillissement cutané. *Dermato-Endocrinol*, 4, 232–235.

V

Van Kemenade, PM., Houben, MM., Huyghe, JM., & Douven, LF. (2004). Les forces osmotiques jouent-elles un rôle dans l'absorption d'eau par la peau humaine ? *Ski. Res. Technol*, 10 , 109–112.

Viegas, J., Esteves, A. F., Cardoso, E. M., Cardoso, E. M., Arosa, F. A., Vitale, M., & Taborda-Barata, L. (2019). Biological Effects of Thermal Water-Associated Hydrogen Sulfide on Human Airways and Associated Immune Cells: Implications for Respiratory Diseases. *Frontiers in Public Health*, 7, 128.<https://doi.org/10.3389/FPUBH.2019.00128>

W

Wang, Q., Zhang, J., Yin, X., Liu, T., Li, C., Yuan, H., & Li, D. (2024). Antiurolithiatic effect of triptonide in ethylene glycol-induced urolithiasis in rats. *Toxicology Mechanisms And Methods*, 34(8), 926-935. <https://doi.org/10.1080/15376516.2024.2364882>

X

Xiao, Q., Xiong, L., Tang, J., & Li, L. (2021). Le sulfure d'hydrogène dans les maladies cutanées : un nouveau médiateur et une nouvelle cible thérapeutique. *Oxidative Med. Cell. Longev*, 2021 , 6652086.

Z

Zhu, S., Wang, Q., Sun, F., & Jiang, K. (2024). Baicalin attenuated oxidative stress and inflammation in ethylene glycol-induced urolithiasis in adult male SD rats. *Tissue & Cell*, 102453. <https://doi.org/10.1016/j.tice.2024.102453>

Zumiani, G., Zanoni, M., Lo Brutto, R., Cristofolini, P., & Tasin, L. (1989). Bath-phototherapy with the thermal water of Comano: treatment of psoriasis. *Acta Dermato-Venereologica*, 146, 122. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2609852>

Résumé

La lithiase urinaire est une pathologie fréquente, caractérisée par la formation de calculs dans les voies urinaires. Elle est influencée par des facteurs métaboliques, alimentaires et environnementaux, impliquant divers types de calculs et nécessitant des approches thérapeutiques variées. Notre étude vise à évaluer l'efficacité de l'eau thermale de Chiguer dans la prévention de la formation de calculs rénaux chez les rats Wistar dont la lithiase urinaire est induite par l'éthylène glycol. Les analyses biochimiques (urée, créatinine, calcium), les marqueurs du stress oxydatif (catalase, glutathion, MDA, etc.), ainsi que des analyses de cristallurie sont réalisés pour évaluer l'effet préventif de cette eau thermale. Nos résultats indiquent que l'eau de Chiguer présente un effet protecteur notable et améliore la fonction rénale.

Mots clés: Urolithiase, l'eau de Chiguer, l'éthylène glycol, cristallurie, calcium, urée, créatinine, stress oxydatif.

ملخص

حصى المسالك البولية هو مرض شائع، يتميز بتكوين الحصوات في المسالك البولية. تتأثر بعوامل أيضية وغذائية وبيئية، مما ينطوي على أنواع مختلفة من الحصوات ويتطلب نهجا علاجيا متنوعا. تهدف دراستنا إلى تقييم فعالية مياه شيفر الحرارية في الوقاية من تكوين الحصوات الكلوية لدى الفئران ويستار التي يتم تحفيز تكوين الحصوات البولية لديها بواسطة الإيثيلين جليكول. يتم إجراء التحليلات البيوكيميائية (اليوريا، الكرياتينين، الكالسيوم)، وعلامات الإجهاد التأكسدي (الكاتالاز، الجلوتاثيون، MDA، إلخ)، بالإضافة إلى تحليلات البلورات البولية لتقييم التأثير الوقائي لهذه المياه المعدنية. تشير نتائجنا إلى أن مياه شيفر لها تأثير وقائي ملحوظ وتحسن وظيفة الكلى. الكلمات المفتاحية: حصى المسالك البولية، ماء الشيفر، الإيثيلين جليكول، البلورات البولية، الكالسيوم، اليوريا، الكرياتينين، الإجهاد التأكسدي

Abstract

Urinary lithiasis is a common condition, characterized by the formation of stones within the urinary tract. It is influenced by metabolic, dietary, and environmental factors, involving various types of stones and requiring diverse therapeutic approaches. Our study aims to evaluate the effectiveness of Chiguer thermal water in preventing the formation of kidney stones in Wistar rats with lithiasis induced by ethylene glycol. Biochemical analyses (urea, creatinine, calcium), oxidative stress markers (catalase, glutathione, MDA, etc.), and crystalluria analyses are used to evaluate the preventive effect of this thermal water. Our results indicate that Chiguer water has a notable protective effect and improves renal function.

Keywords: Urolithiasis, Chiguer water, ethylene glycol, crystalluria, calcium, urea, creatinine, oxidative stress.