



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Abou Bakr Belkaid - Tlemcen

Faculté des Sciences de la nature, Vie, Terre et Univers

Département d'Agronomie

Laboratoire de Physiologie, Physiopathologie et Biochimie de la Nutrition

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie

Option : Nutrition et Pathologie

**Evaluation de l'effet anti-lithiasique d'une boisson à base
d'orge chez le rat Wistar**

Présenté par :

- **RAHMAOUI Karima**
- **AISSANI Youssra**

Soutenu le :

Présidente	MERZOUK Hafida	Professeur,	Université de Tlemcen
Examinatrice :	BENHADDOUCHE Imane, MAA,		Université de Tlemcen
Promotrice	MERZOUK Amel	MCA,	Université de Tlemcen

Année Universitaire 2024-2025

Remerciements

Je remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et nous n'aurions pas pu l'avoir réalisé sans l'aide et l'encadrement de Mme MERZOUK Amel, MCA au département de Biologie, Université de Tlemcen.

Nous la remercions pour la qualité exceptionnelle de son encadrement, sa patience, sa précision, son soutien et ses encouragements.

Nous exprimons nos respectueux remerciements à Mme MERZOUK H, professeur à la faculté des sciences de la nature, Vie, Terre et Univers, département de biologie, Université de Tlemcen, qui nous a aidé tout au long de ce travail, par ses orientations, ses précieux conseils, sa compréhension et son infatigable dévouement. Merci madame.

Nous exprimons également nos sincères remerciements à Mme BENHADDOUCHE Imane, Département de pharmacie, pour son aide à la réalisation du protocole expérimental, et aussi d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous adressons également nos remerciements à Melle AHMED AMMAR Malek pour son aide au niveau de l'animalerie, à tous nos enseignants pour leur générosité et leur grande patience malgré leurs responsabilités professionnelles et académiques.

Nous remercions également tous les travailleurs du département de biologie



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 HAYAT, 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 ABED EL KADER, 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 FATIMA, et mon frère MOHAMED , que j'aime beaucoup, pour leur présence, leur aide, leur soutien moral et pour leur encouragement indéfectible.

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

AISSANI YOUSRA

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 KHEIRA, 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 LARADJ, 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.

Mon frère (BILAL) et tout mes sœurs

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 YOUSRA et Mes amis (OUSSAMA , MIMI)

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.
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

RAHMAOUI KARIMA

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 des graines d'orge 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 et curative des graines d'orge. Nos résultats indiquent que les graines d'orge présente un effet protecteur notable et améliore la fonction rénale.

Mots clés: Urolithiase ,les graines d'orge,l'éthylène glycol, cristallurie, calcium, urée, créatinine, stress oxydatif.

ملخص

تكلس البول هو حالة شائعة تتميز بتكوين حصوات في المسالك البولية. وهو يتأثر بالعوامل الأيضية والغذائية والبيئية، ويتضمن أنواعًا مختلفة من الحصوات ويتطلب مجموعة متنوعة من الأساليب العلاجية. كان الهدف من دراستنا هو تقييم فعالية بذور الشعير في منع تكون حصوات الكلى لدى فئران ويستار المصابة بالتهاب حصوات الكلى الناتج عن الإيثيلين جلايكول. تم إجراء تحاليل كيميائية حيوية (اليوريا والكرياتينين والكالسيوم) وعلامات الإجهاد التأكسدي (الكاتالاز والجلوتاثيون والغلوتاثيون والمادية الغنية بالهيدروجين وغيرها) وتحاليل البلورات لتقييم التأثير الوقائي والعلاجي لبذور الشعير. تشير نتائجنا إلى أن حبوب الشعير له تأثير وقائي و علاجي ملحوظ ويحسن وظائف الكلى.

الكلمات الرئيسية: التهاب المسالك البولية ، حبوب الشعير، جلايكول الإيثيلين، البيلة البلورية، الكالسيوم، اليوريا، الكرياتينين، الإجهاد التأكسدي.

Abstract

Urinary lithiasis is a common pathology, characterized by the formation of calculi in the urinary tract. It is influenced by metabolic, dietary and environmental factors, involving various types of stone and requiring a variety of therapeutic approaches. The aim of our study is to evaluate the efficacy of barley seeds in preventing kidney stone formation in Wistar rats with ethylene glycol-induced urinary lithiasis. Biochemical analyses (urea, creatinine, calcium), markers of oxidative stress (catalase, glutathione, MDA, etc.) and crystalluria analyses were carried out to assess the preventive and curative effect of barley seeds. Our results indicate that barley seeds has a notable protective effect and improves renal function.

Key words: Urolithiasis, , barley seeds ,ethylene glycol, crystalluria, calcium, urea, creatinine, oxidative stress.

Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1. Les lithiases urinaires	0
1. Définition	4
2. Types et classification	5
3. Mécanisme de formation	7
4. Le diagnostic	8
5. Complications associées aux lithiases	9
6. Les symptômes	9
7. Le traitement	10
Chapitre 2: les graines d'orge	0
1. Définition	13
2. Description	13
3. Cultivation	15
4. Composition	16
4.1. Caractéristiques de l'Orge	16
4.2. Orientation de la recherche	17
5. Classification	18
5.1. Classification infragénérique du genre Hordeum, également appelé orge	18
5.2. Culture céréalière dans l'agriculture moderne	18
6. Utilisation de l'orge	19
6.1. Effets de la germination	19
6.2. Inhibiteurs écologiques de corrosion	20
6.3. Effets bénéfiques sur la santé	20
Matériel et méthodes	0
1. Protocole expérimental in vivo	23

1.1. Animaux	23
1.2. Prélèvement d'urine et analyse de la cristallurie.....	24
1.2.1. Analyse de la cristallurie.....	24
1.2.2. Utilisation des bandelettes urinaires	25
1.3. Sacrifice et Prélèvement du sang et du rein	25
2. Analyses biochimiques.....	26
2.2. Détermination des teneurs en créatinine.....	27
2.3. Dosage du calcium	27
3. Détermination des marqueurs du statut oxydant/antioxydant.....	27
4. Traitement statistique	28
Résultats et interprétation	0
1. Evolution Pondérale des rats	30
2. Caractéristiques urinaires chez les rats au 7 ^{ème} jour de l'expérimentation	30
3. Caractéristiques urinaires chez les rats au 14 ^{ème} jour de l'expérimentation.....	31
4. Caractéristiques urinaires chez les rats au 21 ^{ème} jour de l'expérimentation.....	32
5. Analyse de la cristallurie par microscopie.....	33
6. Poids des reins chez les rats.....	37
7. Paramètres biochimiques chez les rats	38
8. Marqueurs du stress oxydatif chez les rats	40
Discussion.....	0
Conclusion.....	0
Références Bibliographiques	0
Annexes	0

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Histoire de la lithiase urinaire (Kachkoul et al., 2023).....	5
Figure 2:Les différents types de cristaux rénaux et leurs facteurs de risque (Peerapen & Thongboonkerd, 2023)	6
Figure 3:Représentation schématique des cristaux rénaux basée sur leur composition (Tamborino et al., 2024)	6
Figure 4:Mécanisme de formation des cristaux rénaux (Peerapen & Thongboonkerd, 2023) ...	8
Figure 5:Cages à métabolisme, prélèvement d'urines et utilisation des bandelettes urinaires .	24
Figure 6:Analyse de la cristallurie par microscopie	25
Figure 7:Sacrifice des rats et prélèvement de sang et des reins	26
Figure 8:Cristallurie chez les rats témoins.....	34
Figure 9: Cristallurie chez les rats lithiasiques non traités EL.....	35
Figure 10:Cristallurie chez les rats du lot préventif ELP	36
Figure 11:Cristallurie chez les rats du lot curatif ELC	37
Figure 12:Paramètres biochimiques chez les rats	39
Figure 13:Teneurs érythrocytaires en MDA et en GSH chez les rats	40
Figure 14:Activités antioxydantes des enzymes catalase et SOD chez les rats	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Evolution Pondérale des rats	30
Tableau 2:Caractéristiques urinaires chez les rats au 7ème jour de l'expérimentation.....	31
Tableau 3:Caractéristiques urinaires chez les rats au 14ème jour de l'expérimentation.....	32
Tableau 4:Caractéristiques urinaires chez les rats au 21ème jour de l'expérimentation.....	33
Tableau 5 :Poids des reins chez les rats.....	37

LISTES DES TABLEAUX EN ANNEXES

Tableau A1: Paramètres biochimiques chez les rats

Tableau A2 : Marqueurs du stress oxydatif chez les rats

LISTE DES ABREVIATIONS

- CBC : Complete Blood Count (hémogramme complet)
- EDTA : Acide éthylène diamine tétraacétique (anticoagulant)
- EL : Expérimental Lithiase
- ELC : Expérimental Lithiase Curatif
- ELP : Expérimental Lithiase Préventif
- GSH : Glutathion réduit
- MDA : Malondialdéhyde
- SG : Specific Gravity (densité urinaire)
- SOD :Superoxyde dismutase
- T : Groupe Témoin
- TBA : Acide thiobarbiturique
- TDM : Tomodensitométrie

Introduction

Les lithiases urinaires, aussi connues sous le nom de calculs rénaux, constituent une affection fréquente chez l'Homme et les animaux. Elles se manifestent par la création de concrétions solides dans les reins ou les canaux urinaires. Ces dépôts se composent essentiellement de cristaux d'oxalate de calcium, d'acide urique, de phosphate ou d'autres minéraux. La formation de ces calculs est souvent liée à divers éléments, comme des désordres métaboliques, un volume d'urine insuffisant, une nutrition inadéquate ou encore des infections urinaires.

Cette maladie connaît une augmentation de sa fréquence, principalement à cause des modifications dans les pratiques alimentaires et le style de vie (Tiselius, 2003). Afin d'approfondir notre compréhension des processus de formation des calculs et d'explorer de nouvelles approches thérapeutiques, on a fréquemment recours à des modèles animaux tels que le rat Wistar dans les études biomédicales. Un modèle expérimental fréquemment utilisé provoque la formation de calculs en administrant des substances telles que l'éthylène glycol et le chlorure d'ammonium, qui stimulent la cristallisation des oxalates de calcium (Khan, 1997). . Toutefois, compte tenu des effets indésirables possibles des thérapies traditionnelles (médicaments et opérations), il est essentiel de se tourner vers des solutions naturelles, plus sûres et à portée de main (Khan, 1997).

Dans ces choix, les plantes médicinales se démarquent par leurs vertus diurétiques, anti-lithiantes et antioxydantes, fournissant une alternative naturelle pour le contrôle des lithiases urinaires. Dans ce cadre, la tisane d'orge se distingue par son intérêt particulier, étant reconnue comme une boisson naturellement bénéfique pour la santé des reins et des voies urinaires. Elle facilite l'excrétion des cristaux et des toxines par les voies urinaires grâce à ses propriétés diurétiques. L'orge est appréciée pour sa propriété d'accroître le volume de l'urine, contribuant ainsi à diminuer la densité des cristaux et à prévenir l'émergence de nouvelles pierres. Cette infusion a aussi un effet alcalinisant sur l'urine, pouvant freiner la cristallisation des sels minéraux et réduire le danger de formation de calculs acides, comme ceux liés à l'acide urique. En plus de son action diurétique, l'infusion d'orge dispose aussi de vertus anti-inflammatoires, ce qui peut aider à calmer les irritations des voies urinaires, particulièrement lors d'infections ou de douleurs liées aux calculs rénaux (Kamal-Eldin et al., 2009).

En intensifiant l'excrétion de l'urine et en minimisant l'inflammation, le thé d'orge aide à préserver la santé du système urinaire tout en prévenant diverses affections urinaires. Outre son action sur le système rénal, cette infusion est parfois employée pour ses propriétés alcalinisantes sur l'urine, contribuant ainsi à prévenir la constitution de calculs acides, comme ceux liés à l'acide urique. La tisane d'orge, grâce à ses propriétés naturelles, est fréquemment ingérée en

supplément d'un style de vie sain afin de favoriser la fonction rénale et préserver un équilibre hydrique idéal.

L'objectif de cette étude est d'examiner l'efficacité de la tisane d'orge comme remède naturel contre les calculs urinaires, en utilisant un modèle expérimental du rat Wistar. Ce modèle est établi grâce à l'administration d'éthylène glycol afin de reproduire la création de calculs rénaux. Nous examinerons les effets de la tisane d'orge en utilisant des indicateurs biochimiques et histopathologiques, y compris l'analyse de la formation des calculs rénaux, pour évaluer sa capacité à traiter les lithiases. Cette étude vise à fournir des données préliminaires sur l'efficacité de la tisane d'orge, mettant en évidence son potentiel comme alternative naturelle dans la prévention et le traitement des lithiases urinaires.

Chapitre 1. Les lithiases urinaires

1. Définition

La lithiase urinaire est un trouble courant ayant de nombreuses origines. Elle requiert des investigations biologiques, un diagnostic basé sur les calculs morpho-constitutionnels et une évaluation de la cristallurie pour déterminer les facteurs de risque et les affections. Il est crucial de poser un bon diagnostic et d'assurer un traitement afin d'éviter les rechutes et de préserver la fonction des reins. Les pierres urinaires se composent principalement d'oxalates et de phosphates de calcium, puis d'acides urinaires. L'identification précise est possible grâce à la spectrophotométrie infrarouge. Les formes cristallines revêtent une plus grande importance que les simples espèces bactériennes, car elles identifient la cause de la lithiase. L'analyse de la cristallurie sur des échantillons urinaires récurrents peut anticiper les réapparitions et la cessation de la lithiase (Daudon, 2023).

Ces dépôts minéraux, majoritairement à base de calcium, se créent sur la plaque de Randall, une matrice constituée de phosphate de calcium située sur la papille rénale. Le taux de réapparition de cette affection est important, soulignant le besoin d'une meilleure compréhension des processus de formation des calculs pour une prévention efficace (Tamborino et al., 2024).

La lithiase urinaire est une pathologie qui remonte à l'histoire humaine et trouve ses origines dans les civilisations anciennes (Figure 1). Les premiers dépôts de calculs urinaires et vésicaux identifiés ont été trouvés dans des momies égyptiennes, remontant vers 4400 av. J.-C. Au fil de l'histoire de la civilisation humaine, divers textes scientifiques et littéraires ont mentionné la maladie, y compris ceux relatifs à la médecine égyptienne ancienne, perse, hindoue, grecque et romaine, ainsi qu'à la civilisation arabo-musulmane et à la Renaissance. Le domaine de l'urologie a connu des progrès technologiques, comme la lithotomie périnéale, la fragmentation transurétrale, le lavage de la vessie et l'extraction de la cystine à partir des calculs urinaires (Kachkoul et al., 2023).

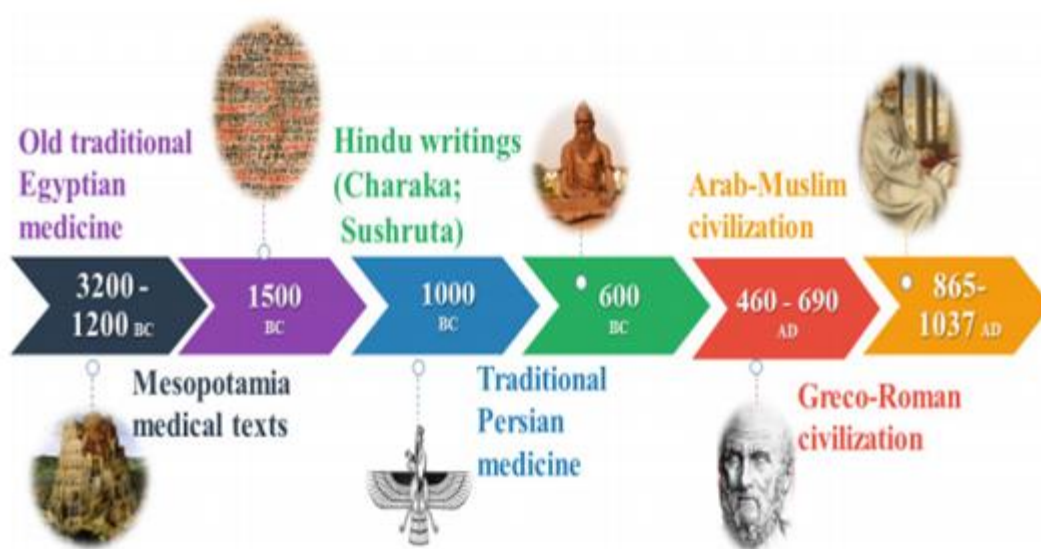


Figure 1: Histoire de la lithiase urinaire (Kachkoul et al., 2023).

2. Types et classification

Les calculs rénaux, ou lithiases, sont généralement constitués d'oxalate de calcium (CaOx), qui peut être pur ou combiné avec du phosphate de calcium (Cap). Le CaOx se présente sous trois formes cristallines distinctes : le COM, le DCO et le tri hydrate de CaOx (Figures 2 et 3). Les principaux risques incluent l'hypercalciurie, l'hyperoxalurie, l'hypocitraturie et l'hypomagnésurie. La présence de Cap sous forme d'apatite est plus courante que celle de la brushite. Les cristaux de Cap purs sont rarement trouvés, car ils tendent à se mêler à d'autres types de cristaux (Peerapen & Thongboonkerd, 2023).

Les calculs de struvite, un genre de calcul infectieux, se distinguent par une association de phosphate d'ammonium et de magnésium, ainsi que d'oxyde de calcium, notamment sous forme de carbapatite. On les associe fréquemment à des infections urinaires provoquées par des bactéries productrices d'uréase telles que *Proteus* spp. et *Klebsiella* spp., avec une occurrence plus élevée chez les femmes (Peerapen & Thongboonkerd, 2023).

Il est courant de retrouver des calculs d'acide urique, une sorte de cristal d'acide urique, chez les personnes souffrant de diabète de type 2 et d'obésité, avec une augmentation notable chez les hommes. L'hyperuricosurie ainsi qu'un pH urinaire constamment bas ou persistant sont des facteurs de risque (Peerapen & Thongboonkerd, 2023).

Les calculs de cystine, qui sont rares, sont associés à la cystinurie, une condition génétique qui perturbe le transport de la cystine par les reins. Un transport défaillant conduit à une réduction de la réabsorption de la cystine par les reins, à une hausse de la concentration en cystinurie et à une précipitation dans l'urine (Peerapen & Thongboonkerd, 2023).

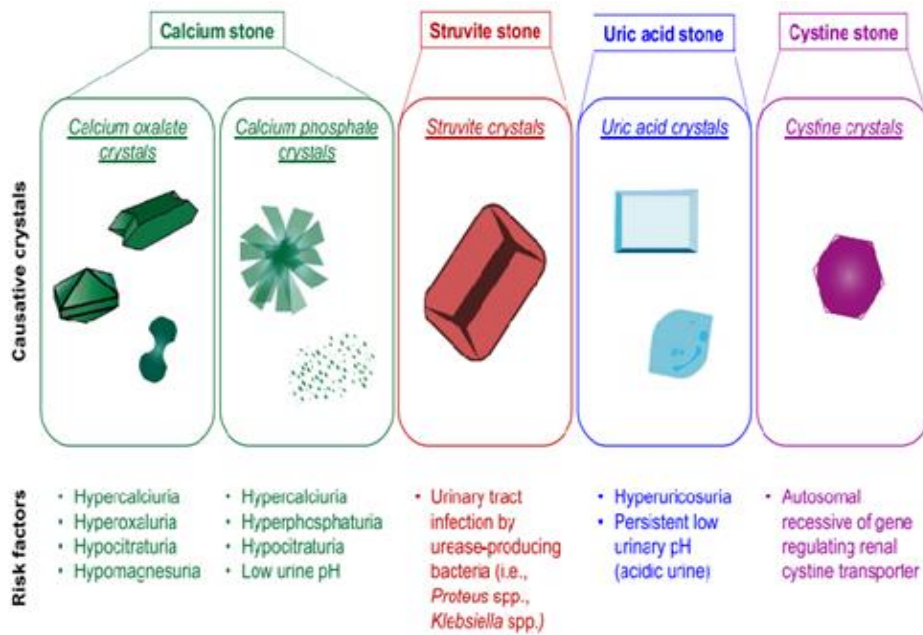


Figure 2: Les différents types de cristaux rénaux et leurs facteurs de risque (Peerapen & Thongboonkerd, 2023)

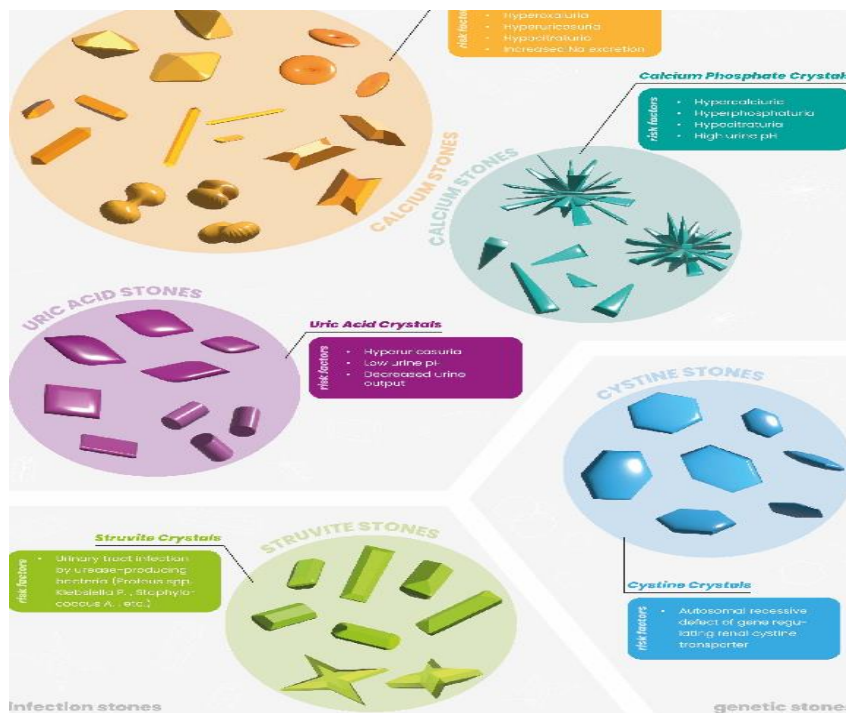


Figure 3: Représentation schématique des cristaux rénaux basée sur leur composition (Tamborino et al., 2024)

3. Mécanisme de formation

Le développement et la croissance des cristaux sont des éléments cruciaux dans la formation de calculs rénaux, essentiellement dus à des affections héréditaires ou acquises. L'interaction entre les cristaux et les cellules est fortement influencée par le pH de l'urine et par la présence d'éléments tels que les ions calcium, oxalate, urate et phosphate en excès. Les cristaux se fixent également grâce au rôle joué par les protéines et les glycosaminoglycanes. Les substances qui empêchent la formation de cristaux, comme les anions, les cations métalliques et les macromolécules, réduisent la cristallisation et freinent le développement des cristaux. La cristallisation chez les patients souffrant de néphrolithiase et les personnes en bonne santé est influencée par la concurrence entre l'excès de saturation et les agents inhibiteurs de la cristallisation (Wang et al., 2021).

La formation de calculs rénaux implique deux mécanismes principaux : intra tubulaire et interstitielle (Figure 4).

Le premier comprend la saturation excessive des sels cristallins, suivie de la cristallisation, de la croissance, de l'auto-agrégation et de l'adhésion aux cellules tubulaires épithéliales. Dans ce processus intratubulaire, les bactéries ont un rôle à jouer.

Le second se manifeste dans l'interstitium rénal, créant la plaque de Randall qui résulte du dépôt de cristaux interstitiels d'hydroxyapatite (CaP) ainsi que de l'inflammation des tissus. Il est possible que des plaques de Randall subissent une érosion au sein du système pelvical, favorisant le dépôt de cristaux de CaOx sur la plaque érodée et créant ainsi le foyer lithiasique (Peerapen et Thongboonkerd, 2023).

Plusieurs phases sont impliquées dans la formation des calculs rénaux, y compris la cristallisation, l'expansion, l'assemblage et la conservation. Pendant le processus de sphérisation, une concentration élevée de minéraux lithiasiques dans l'urine entraîne la formation de cristaux, qui se durcissent pour devenir un germe lithiasique. Ce germe peut être maintenu par l'adhérence et continuer à se développer. Le processus de formation peut être influencé par divers éléments urinaires, tels qu'une faible quantité d'urine produite, un pH de l'urine acide, une hypercalcémie, une hypersudation, une hyperoxalémie et un taux élevé de calcium. Le processus de formation peut aussi être influencé par le ratio de promoteurs et d'inhibiteurs de calculs présents dans l'urine (Rungrasameviriya et al., 2023).

Le processus biochimique se divise en quatre phases : la sursaturation de l'urine, la nucléation, la croissance et l'agglomération des cristaux. Ce processus, qui peut entraîner des dommages aux cellules épithéliales tubulaires rénales (RTEC), est dérivé de la formation de cristaux à partir d'urine sursaturée dans le rein et peut interagir avec les structures intrarénales. La plaque

de Randall, qui est une structure calcique présente dans le tissu papillaire du rein, joue un rôle dans la conservation des cristaux. Des éléments comme les promoteurs et les inhibiteurs ont un rôle crucial dans la formation des calculs (Il et al., 2023).

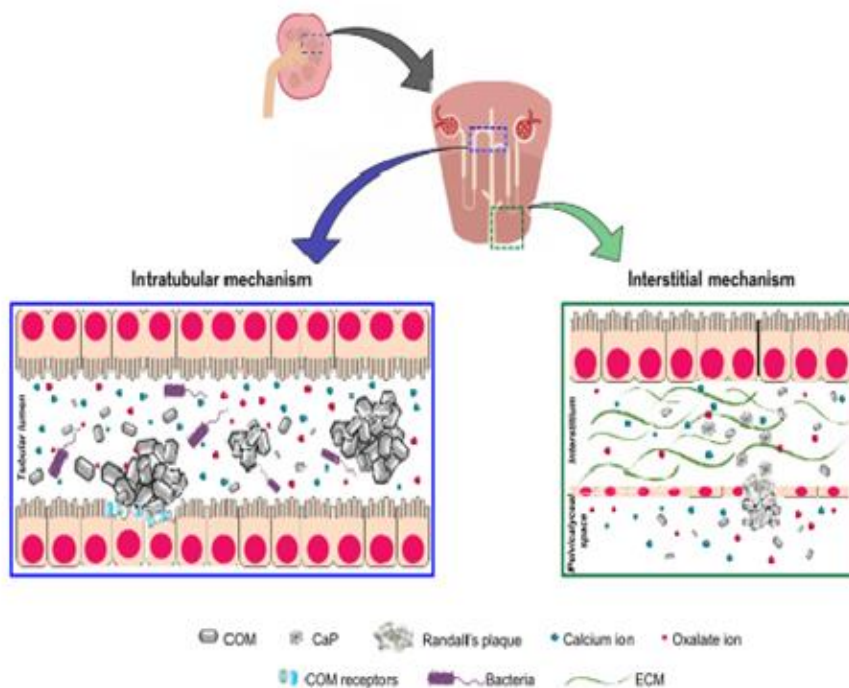


Figure 4: Mécanisme de formation des cristaux rénaux (Peerapen & Thongboonkerd, 2023)

4. Le diagnostic

Le diagnostic de la lithiase urinaire se fait par :

Bandelette d'analyse urinaire : permet de détecter la présence de sang dans les urines, des nitrites, des leucocytes, du glucose et des protéines, mais également d'évaluer la densité et le pH.

Examen cyto bactériologique de l'urine (CBEU) : effectué pour compléter un test de bandelette urinaire positif, avant le début d'un traitement antibiotique. Cela permet d'identifier le caractère non-glomérulaire d'une hématurie et de repérer les germes, notamment les bactéries à activité uréase.

Culture sanguine : effectuée systématiquement en présence d'une fièvre dépassant 38,5 °C. Dans le cas de pyélonéphrite obstructive, cet examen recherche une éventuelle septicémie.

Examens biologiques : comprennent la créatinine, l'hémogramme complet (CBC) et l'ionogramme sanguin.

Cristallurie : réalisée sur l'urine matinale à jeun afin de déterminer le pH, la densité et la

présence de cristaux préexistants dans l'urine.

Imagerie diagnostique : Pour détecter la présence d'une dilatation du tractus excréteur supérieur ou d'une pierre, différentes techniques sont employées, comme :

L'échographie est une approche rapide, économique et non invasive pour l'identification des lithiases, en particulier chez les femmes enceintes et les patients atteints d'insuffisance rénale. Elle est particulièrement réactive dans le cas des calculs pyélocaux et des calculs de l'uretère inférieur. Les urographies intraveineuses, qui révèlent l'intégralité des voies urinaires, sont désormais supplantées par des tomodensitométries sans produit de contraste. La tomodensitométrie (TDM) est la technique d'imagerie la plus efficace pour détecter les calculs qui ne sont pas visibles sur les radiographies de l'abdomen et évaluer leur densité (Kachkoul et al., 2023).

5. Complications associées aux lithiases

La formation de calculs dans les voies urinaires, peut causer des complications sévères comme l'urosepsie, les dommages aux reins, l'obstruction des voies urinaires, la douleur persistante et les infections urinaires à répétition. L'urosepsie est une infection qui peut s'avérer mortelle, résultant de l'intrusion de bactéries dans le système sanguin via les voies urinaires. Des dommages rénaux peuvent se produire à la suite d'une atteinte des reins, particulièrement en présence d'une hydronéphrose déjà existante. Un blocage dans le flux d'urine peut provoquer une hydronéphrose, qui est un gonflement du rein causé par l'accumulation d'urine. L'inconfort et la douleur persistants peuvent nuire à la qualité de vie et requièrent un traitement médical (Hájková et al., 2021).

Catégorisation des Complications : Les complications se classent en deux types principaux :
Complications Mécaniques : Parmi elles se trouvent l'hydronéphrose et l'anurie. L'hydronéphrose se produit lorsque l'urine s'accumule dans le rein en raison d'une obstruction, tandis que l'anurie désigne l'absence de production d'urine.

Complications Infectieuses : présence d'infections en lien avec les calculs urinaires, comprenant la pyélonéphrite chronique, la pyonephrose, le phlegmon péri-rénal, la pyélonéphrite aiguë et l'abcès rénal (Joual et al., 1996).

6. Les symptômes

La maladie des calculs rénaux (MSK) peut être sans symptômes ou se manifester par une insuffisance rénale. Elle reste sans symptôme initialement, mais devient symptomatique lorsque les calculs s'agrandissent ou causent des complications. Une obstruction des voies rénales peut

provoquer une hydronéphrose, des douleurs sévères et des infections bactériennes. Le diagnostic s'appuie sur l'interrogatoire, un examen clinique, des tests de laboratoire et une imagerie médicale afin d'identifier et de situer la pierre dans les voies urinaires (Rungrasameviriya et al., 2023).

7. Le traitement

Le traitement de la KSD implique l'utilisation de différentes méthodes comme la lithotritie extracorporelle par ondes de choc (LEC), la lithotritie au laser endoscopique et l'intervention chirurgicale intra rénale rétrograde (CIR). La LEC minimise les calculs, la CIR s'occupe des calculs de 1 à 2 cm, et la CIR fournit des performances supérieures pour les calculs de grande taille. L'extraction percutanée des calculs offre la possibilité de prolonger les périodes sans présence de calculs et d'améliorer les résultats pour les patients souffrant de calculs rénaux (Rungrasameviriyat et al., 2023).

Les mesures alimentaires sont nécessaires. L'apport en liquides est un élément crucial du traitement et doit être modulé pour garantir une diurèse supérieure à 2,5 L/jour. Le régime doit être équilibré standardisé en calcium (800 mg à 1 g/jour), sodium (2 à 3 g/jour), protéines (0,8 à 1,4 g/kg/jour) et limitant la consommation excessive d'aliments riches en oxalate à un seuil de 40 à 50 mg/jour.

Le traitement médical de la colique néphrétique repose sur l'administration d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), qui agissent en inhibant les cyclo-oxygénases participantes de la cascade inflammatoire, entraînant une diminution de l'œdème local et du taux de filtration glomérulaire.

Les pierres aux reins sont courantes et plusieurs options de traitement sont disponibles pour y faire face. On utilise des techniques chirurgicales telles que la thérapie d'expulsion, l'urectomie, l'échographie et l'urétéroscopie, cependant leur efficacité est limitée. Des approches alternatives, telles que l'utilisation de plantes médicinales et aromatiques, ont montré leur efficacité pour prévenir la formation de calculs à diverses étapes de cristallisation. Des recherches en ethnobotanique et en laboratoire ont attesté de l'efficacité de ces végétaux pour soigner les lithiases et prévenir leur réapparition (Kachkoul et al., 2023).

8. Prévention des lithiases

L'impact préventif des diurétiques thiazidiques, de l'allopurinol et de la supplémentation en citrate sur la formation des calculs rénaux est notable. L'examen d'urine facilite la détection de facteurs de risque métaboliques, comme l'hypercalciurie, l'hypocitraturie, l'hypomagnésurie et

l'hyperuricémie. La diminution du poids, l'exercice physique et un régime méditerranéen peuvent aussi minimiser le risque de formation de calculs rénaux. Toutefois, il est essentiel de restreindre et d'adapter une diète riche en protéines animales pour éviter les changements de l'acidité de l'urine qui pourraient conduire à la création de protéines uriques. L'efficacité de ces thérapies reste à déterminer, cependant une étude randomisée a examiné l'efficacité de diverses doses d'hydrochlorothiazide pour prévenir la réapparition des calculs rénaux (Tamborino et al., 2024).

La prévention des calculs rénaux d'origine a été abordée à travers des interventions nutritionnelles et pharmacologiques. L'alimentation riche en fruits et légumes, la consommation de citrate et l'ingestion d'eaux minérales alcalines ont permis de prévenir la formation de calculs d'oxalate de calcium, de cystine et d'acide urique. Les antispasmodiques, l'urétéroscopie et les examens métaboliques ont permis de prévenir la formation de calculs de phosphate de calcium et de struvite (Frassetto, et al., 2011).

Chapitre 2: les graines d'orge



1. Définition

Le blé et l'orge sont des cultures céréalières largement répandues dont les rendements subissent des impacts négatifs à cause de stress environnementaux comme la sécheresse, la salinité, les températures extrêmes et les attaques de pathogènes et de ravageurs. Agissant comme une interface entre les organes aériens des plantes et leur environnement, la cuticule hydrophobe est principalement constituée d'une matrice de cutine imprégnée et scellée par des cires cuticulaires. De plus en plus de preuves indiquent que la cuticule joue un rôle crucial dans l'adaptation des plantes aux stress abiotiques et biotiques, ce qui pourrait être exploité pour le blé et l'amélioration de l'orge (Wang & Chang, 2022).

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) figure parmi les cultures céréalières les plus cruciales au monde, avec une production mondiale annuelle de 160 millions de tonnes. L'orge est plus résistant aux sols secs, froids et pauvres que le blé, ce qui justifie sa répartition géographique plus étendue en Eurasie. Actuellement, les grains d'orge sont principalement destinés à la consommation animale et humaine, tandis que la paille est réservée au bétail. De plus, l'amidon est utilisé dans la production alimentaire et l'industrie chimique. À l'échelle mondiale, plusieurs centaines de variétés d'orge sont recensées actuellement. On peut distinguer deux sous-espèces d'*Hordeum* sur la base de la morphologie des épis et du nombre des épillets fertiles se trouvant à chaque nœud du rachis. L'orge à six rangs (*Hordeum vulgare* subsp. *vulgare*, aussi appelé *Hordeum hexastichum*) possède trois épillets fertiles, contrairement à l'orge à deux rangs (*Hordeum vulgare* subsp. *distichum*) seule la glume centrale est féconde. Au sein de ces deux espèces, la distinction entre les deux sous-espèces est établie en fonction de la présence ou de l'absence des gaines protectrices attachées aux deux sous-espèces : la présence ou l'absence d'adhérence des gaines protectrices des épillets. L'orge décortiquée est la variété la plus courante dans le domaine agricole. Elle est principalement employée pour l'alimentation animale et la fabrication de malt destiné à la brasserie (Jeanty et al., 2023).

2. Description

L'orge cultivée (*Hordeum vulgare* subsp. *vulgare*) a été domestiquée il y a environ 10 000 ans à partir de son ancêtre l'orge sauvage (*H. vulgare* subsp. *spontaneum*). L'orge fait partie des « cultures fondatrices du Néolithique » et a été l'une des premières céréales à constituer un élément essentiel de l'alimentation et de la nourriture animale pour les sociétés anciennes. Le Croissant Fertile est le lieu central de la domestication, de la distribution et de la diversité de l'orge. Une récente étude archéogénomique portant sur l'ADN ancien de grains d'orge âgés de 6000 ans, découverts dans une grotte du désert judéen en Israël, a délimité sa zone de

domestication à la Vallée du Haut-Jourdain. On trouve la sous-espèce *spontaneum* partout de l'est de l'Afrique du Nord, en passant par le Moyen-Orient jusqu'à l'Inde et l'ouest de la Chine. Cela représente un élément annuel crucial de la végétation herbacée ouverte et semblable à un parc. Les habitats naturels de l'orge sauvage sont caractérisés par une grande diversité écopaysagère principalement due à des conditions climatiques et topographiques contrastées dans la région de l'Est Méditerranéen. Cela se manifeste par son hétérogénéité phénotypique et génétique. Au cours du siècle dernier, on a récolté de l'orge sauvage sur l'ensemble de son aire de répartition et des échantillons de graines sont conservés et entretenus dans des banques génétiques *ex situ*. Bien que la domestication et l'élevage moderne des plantes les aient diminués, la diversité génétique des orges cultivées, les stocks de la sous-espèce *spontaneum* représentent une source importante de variabilité, de nouveaux gènes et d'allèles pour l'amélioration de l'orge. Par exemple, l'orge sauvage a été identifiée comme une source majeure de résistance aux stress biotiques et abiotiques, y compris à plusieurs maladies à la rigueur du froid à la sécheresse et au sel (Nowicka et al., 2021).

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) figure parmi les cultures céréalières les plus importantes au monde, avec une production mondiale annuelle de 160 millions de tonnes. L'orge supporte des sols plus secs, plus froids et moins fertiles que le blé, ce qui justifie sa répartition géographique plus étendue en Eurasie. Actuellement, les grains d'orge sont surtout destinés à la consommation animale et humaine, tandis que la paille est réservée au bétail. De plus, l'amidon est utilisé dans la production alimentaire et l'industrie chimique. À l'échelle mondiale, plusieurs centaines de variétés d'orge sont répertoriées actuellement. Actuellement, la culture de l'orge nu est moins répandue et son utilisation principale est en tant que source alimentaire pour l'homme. L'orge est l'une des cultures de base de la production alimentaire du Vieux Monde. La domestication de l'ancêtre sauvage *Hordeum vulgare subsp. spontaneum* a eu lieu il y a environ 10 000 ans dans la région du Croissant fertile. Seul le spikelet central de cet ancêtre est fertile et génère un grain. La domestication de l'orge a longtemps été considérée comme monophylique ; mais des analyses génétiques récentes des variétés actuelles étayent l'hypothèse d'une origine polyphylique et multirégionale de la domestication de l'orge. De plus, ces études ont identifié des voies distinctes de propagation de l'orge en Europe et en Asie basées sur des marqueurs de Répétition Simplement Séquencés (SSR). Toutefois, l'histoire biogéographique de l'orge peut être retracée principalement à partir des macro-restes (grain, épillet ou balle) découverts sur des sites archéologiques. Ils témoignent de la propagation de l'orge en Europe et en Asie dès le Néolithique. Des analyses paléogénétiques ont fourni des éclaircissements sur la domestication précoce et la diffusion de l'orge. Toutefois, la majorité des macro-restes de céréales,

particulièrement dans la région méditerranéenne, sont conservés par carbonisation, ce qui est préjudiciable à la conservation de l'ADN ancien et aux études paléogénétiques. L'établissement de l'histoire ancienne de l'orge à partir de l'examen des macro-restes doit donc principalement s'appuyer sur les caractéristiques morphologiques. L'identification de la présence de deux rangées et six rangées est souvent basée sur le rapport entre caryopses droits et torsadés. De plus, on peut déduire la présence de types d'orge nu ou décortiqué à partir de l'apparence générale du grain et de sa surface extérieure (Jeanty et al., 2023). Les grains d'orge nu ayant une forme plus arrondie, notamment en coupe transversale, présentent aussi des micro-ripples à leur surface. Cependant, l'application systématique et cohérente entre les études utilisant des critères morphologiques qualitatifs pose souvent des difficultés. En conséquence, des questions importantes concernant l'histoire de la diffusion de l'orge et les dynamiques de culture des variétés d'orge demeurent floues ou font encore controverse. Les différentes sortes de l'orge ne sont pas toujours identifiées dans les études archéobotaniques. Toutefois, en Europe de l'Ouest, on considère souvent que l'agriculture néolithique précoce s'appuyait principalement sur le barley à six rangs (kheifets, 2023).

3. Cultivation

Amélioration du rendement : L'application d'un traitement par un champ magnétique de 150 mt a considérablement augmenté le rendement en graines de l'orge. Plus précisément, les traitements administrés à 48 heures et 72 heures ont engendré une hausse moyenne de 24% du rendement des semences comparativement aux groupes témoins. Cela indique que le traitement par champ magnétique peut être une méthode viable pour augmenter la production d'orge (Maheshwari & Grewal, 2009).

Amélioration des caractéristiques bioclimatiques : En plus de l'augmentation du rendement, une étude a noté des améliorations significatives dans les caractéristiques biochimiques. Dans les groupes traités, le rendement en protéines a augmenté de 20%, le rendement en amidon de 30% et le rendement en huile de 35,89%. Cela indique que le traitement par champ magnétique n'affecte pas seulement la quantité du rendement, mais cela influence non seulement la quantité de la production, mais aussi sa qualité (Maheshwari & Grewal, 2009).

Caractéristiques agricoles améliorées : Les traitements par champ magnétique ont entraîné des améliorations notables de caractéristiques essentielles de l'agriculture telles que la longueur des épis, le nombre de grains par épi et le poids de 1000 grains. Ces caractéristiques sont essentielles car elles ont un impact direct sur le rendement global des plants d'orge. Les résultats

mettent en évidence le potentiel du traitement par champ magnétique pour améliorer des caractéristiques agronomiques importantes (Maheshwari & Grewal , 2009).

Consistance de lieu : La recherche a été menée à deux endroits distincts, à savoir Konya et Kayseri, durant la saison de croissance 2020/2021. Les résultats cohérents obtenus dans les deux lieux renforcent la crédibilité du traitement par champ magnétique comme méthode pour augmenter le rendement et la qualité de l'orge (Maheshwari & Grewal , 2009).

Référence pour de futures recherches : Les résultats apportent des informations précieuses sur le développement des plantes et le contenu biochimique suite à l'application d'un champ magnétique. Cette recherche fait office de point de référence pour les études futures explorant les pratiques agricoles novatrices et l'utilisation des champs magnétiques dans la culture des plantes (Maheshwari & Grewal , 2009).

Importance des Semences de Qualité: La fourniture de semences de haute qualité est incontournable pour stabiliser les rendements dans la production d'orge de printemps. Cela indique un accent mis sur l'amélioration des pratiques agricoles pour augmenter la productivité (Sukhareva & Belikina, 2023).

Mise en place de l'expérience sur le terrain : Une expérience de terrain à facteur unique a été réalisée entre 2020 et 2022 dans la zone steppique des sols chernozems. L'objectif de l'expérimentation était d'évaluer l'utilisation efficace des pesticides et des agrochimiques dans la culture de l'orge de printemps. Après une culture de repos noir en tant que plante précédente, des semences super-élite ont été semées à un taux de 3,5 millions de graines germinatives par hectare (Sukhareva & Belikina, 2023).

Conception Expérimentale : L'expérience a consisté en un positionnement systématique et séquentiel des répétitions par blocs, sur une superficie totale de 180 m². La profondeur de semis a été maintenue entre 5 et 7 cm, et un engrais Nitroammophoska a été utilisé à raison de 80 kg/ha lors du semis (Sukhareva & Belikina, 2023).

Utilisation d'Agrochimie : L'étude a inclus divers traitements avec des agrochimiques. La deuxième variante consistait à utiliser un herbicide, un fongicide et un régulateur de croissance pour contrôler les mauvaises herbes, les maladies et favoriser la croissance. La troisième variante comportait un second traitement foliaire avec un régulateur de croissance et un microfertilisant pendant la phase de reproduction de l'orge (Sukhareva & Belikina, 2023).

4. Composition

4.1. Caractéristiques de l'Orge

L'orge (*Hordeum vulgare*) est reconnue comme une culture d'hiver, célèbre pour ses grains de petite taille et sa capacité à s'auto-polliniser. Cela en fait une culture fiable à cultiver (Kaur et al., 2024).

Composition Nutritionnelle : Le profil nutritionnel de l'orge comprend des glucides complexes (80%), des protéines (11,5 à 14,2 %), des lipides (4,7 à 6,8 %), β -glucanes (3,7 à 7,7%) et cendres (1,8–2,4%). Cette composition variée souligne l'importance de l'orge en tant que source alimentaire (Kaur et al., 2024).

Composés bioactifs : L'orge est reconnue pour sa réserve de composés phénoliques, qui varient de 1,2 à 2,9 mg/g GAE. Ces composés sont favorables à la santé et ajoutent à l'attrait de l'orge en tant que substrat industriel (Kaur et al., 2024).

Avantages pour la santé : L'analyse souligne le potentiel de l'orge dans l'élaboration de produits novateurs susceptibles d'améliorer la santé et le bien-être. En intégrant de l'orge dans différentes formulations alimentaires, les industries sont en mesure d'améliorer la valeur nutritionnelle et d'offrir une variété d'avantages santé aux consommateurs (Kaur et al., 2024).

4.2. Orientation de la recherche

Certaines études se penchent sur la composition nutritionnelle de différents génotypes d'orge de printemps à deux rangs, en particulier leur composition approximative et leur teneur en bêta-glucane. Les génotypes ont été obtenus à partir de sources locales (autochtones) et étrangères, et ont été cultivés selon trois systèmes agricoles distincts : conventionnel, écologique, et conditions sans traitement (Mărginean et al., 2024). L'analyse proximale des graines d'orge a été effectuée à l'aide de la spectrométrie proche infrarouge, une technique qui permet d'évaluer rapidement les éléments nutritifs. La teneur en bêta-glucane est effectuée par des méthodes enzymatiques. Les résultats ont démontré que le système de culture traditionnel génère des niveaux supérieurs d'amidon, de sucres, de protéines et de cendres dans les graines d'orge. En revanche, les systèmes écologiques et sans traitement ont montré des variations dans les paramètres nutritionnels, la méthode sans traitement entraînant des niveaux de bêta-glucane et de matières grasses nettement plus élevés (Mărginean et al., 2024). Cette étude met l'accent sur le rôle crucial à la fois du génotype et des pratiques agricoles dans la détermination de la composition nutritionnelle des graines d'orge. Cela met en évidence la possibilité d'exploiter le bêta-glucane de l'orge printanière pour améliorer la valeur nutritionnelle de divers produits, ce qui pourrait être avantageux pour la santé cardiovasculaire et digestive. Ces résultats offrent des perspectives précieuses pour les secteurs de l'alimentation, de l'alimentation animale et de la brasserie en ce qui concerne le choix des génotypes d'orge pour des utilisations spécifiques

(Mărginean et al., 2024).

5. Classification

5.1. Classification infragénérique du genre *Hordeum*, également appelé orge

Le genre *Hordeum* représente un groupe considérable au sein de la famille des Poaceae, regroupant différentes espèces qui possèdent une valeur écologique et économique (Ro et al., 2024). La classification infragénérique du *Hordeum* a été améliorée en utilisant diverses méthodes analytiques basées sur des données morphologiques. Cette démarche vise à offrir une meilleure compréhension des caractéristiques évolutives des espèces d'orge, notamment en ce qui concerne leur adaptation aux milieux, leur résistance aux nuisibles et l'amélioration de leur productivité (Ro et al., 2024). Un ensemble de données exhaustif a été constitué regroupant les traits morphologiques essentiels provenant d'une grande variété d'accessions du genre *Hordeum*, couvrant ainsi l'ensemble des groupes taxonomiques majeurs au sein du genre. Différentes techniques d'analyse ont été utilisées, y compris le regroupement hiérarchique, l'Analyse en Composantes Principales - Analyse Discriminante Linéaire (PCA-LDA), et la Forêt Aléatoire (RF) pour étudier les ensembles de données morphologiques (Ro et al., 2024). Le regroupement hiérarchique a atteint une précision de 86,0 % au niveau du sous-genre et de 83,1 % au niveau de la section. La méthode PCA-LDA a mis en évidence des traits essentiels tels que la largeur des graines, leur surface et le poids de 100 graines, atteignant une précision parfaite pour la section *Hordeum* et une grande précision pour certaines espèces comme l'*Hordeum vulgare* et l'*Hordeum spontaneum*. L'analyse RF a également perfectionné la performance de classification, atteignant une précision de 100% au niveau des sections (Ro et al., 2024). Cette approche intégrative offre non seulement un nouveau cadre pour la classification des diverses espèces d'orge, mais elle contribue également à la prise de décisions basée sur les données dans les efforts de reproduction et de conservation. Cela favorise une meilleure compréhension de l'évolution adaptative de l'orge face aux changements environnementaux (Ro et al., 2024).

5.2. Culture céréalière dans l'agriculture moderne

La culture d'orge constitue une culture céréalière importante qui a été cultivée depuis l'époque néolithique dans le croissant fertile et qui s'est répandue à travers le monde. Cela souligne l'importance de l'orge dans l'agriculture moderne, où il est cultivé sous diverses formes et utilisé pour différents usages, y compris comme aliment pour les humains et le bétail (Kheifets, 2023).

On distingue quatre grandes catégories de variétés d'orge : les sous-espèces à deux rangs et à six rangs, ainsi que les types sans enveloppe et avec enveloppe. Chaque catégorie possède des variétés d'hiver et de printemps, qui s'adaptent à des conditions de culture distinctes (Kheifets, 2023).

Signal Taxonomique : permet d'évaluer comment les mesures des grains d'orge peuvent signaler des différences taxonomiques entre les divers sous-espèces et types.

Effet de la Période de Semis : Le moment du semis et les variations annuelles influencent la taille et la forme des grains d'orge.

Différences Morphologiques : Des différences morphologiques observables existent entre les types d'orge d'hiver et de printemps.

Proximité Morphométrique et Génétique : Le lien entre les caractéristiques physiques des grains et leurs similitudes génétiques sont observables (Kheifets, 2023). Les grains d'orge présentent une grande diversité morphologique, avec une précision de classification notable dans la distinction des diverses sortes et conditions de culture (Kheifets, 2023).

6. Utilisation de l'orge

L'utilisation des graines d'orge est très importante et variée.

6.1. Effets de la germination

La farine d'orge germée comme ingrédient nutritif et fonctionnel trace les grandes lignes de l'étude menée sur les grains d'orge germés afin d'améliorer leurs qualités nutritionnelles et fonctionnelles.

Demande Croissante de Produits Sains : La recherche débute par une observation sur l'intérêt grandissant pour les options alimentaires saines, ce qui a conduit à l'étude des graines germées pour la production de farines fonctionnelles. Cela signale une tendance vers une alimentation plus saine et l'utilisation d'ingrédients naturels dans la production alimentaire (Rico et al., 2020).

Amélioration des Conditions de Germination : Les impacts du temps de germination (allant de 0,8 à 6 jours) et de la température (variant de 12 à 20 °C) sont examinés sur la qualité de l'orge. L'orge non germé a été utilisé comme témoin pour la comparaison (Rico et al., 2020). Les résultats ont démontré une augmentation notable des niveaux de vitamines B1, B2, C et des

protéines suite à la germination, surtout avec des périodes de germination prolongées. En revanche, une diminution des niveaux de matières grasses, de glucides, de fibres et de b-glucane est notée, ce qui indique une modification du profil nutritionnel de la farine d'orge (Rico et al., 2020).

Composés bioactifs et activité antioxydante : Les composés phénoliques totaux, l'acide g-aminobutyrique (GABA) et l'activité antioxydante ont connu une hausse significative lors de la germination, avec des augmentations allant du double au quadruple en fonction des conditions. Des températures plus élevées (16-20 °C) et des durées de germination prolongées (5-6 jours) ont entraîné des hausses plus marquées.

Composés Phénoliques Principaux : Le procyanidine B et l'acide férulique ont été reconnus comme les principaux composés phénoliques présents dans la farine. Fait intéressant, alors que les niveaux de procyanidine B diminuaient durant la germination, la teneur en acide férulique lié s'est accrue (Rico et al., 2020).

Qualité de la Farine Germée : Les farines d'orge germées ont montré une brillance inférieure et un indice glycémique supérieur par rapport à celles non germées. La recherche a déterminé que la germination à 16 °C pendant 3,5 jours était idéale pour produire des farines d'orge nutritives et fonctionnelles, conservant une quantité importante de b-glucane et augmentant les niveaux de plusieurs composés bénéfiques (Rico et al., 2020).

6.2. Inhibiteurs écologiques de corrosion

La recherche vise à examiner le potentiel des extraits de graines d'orge en tant qu'inhibiteurs écologiques de corrosion, notamment dans les processus de nettoyage et de détartrage des échangeurs thermiques. Ce domaine est important car cela recherche des alternatives écologiques aux inhibiteurs de corrosion traditionnels (Alhaidar et al., 2023). L'étude a analysé l'influence des extraits d'orge sur la corrosion de l'acier au carbone à différentes températures. Cet aspect est primordial puisque la température peut affecter l'efficacité des inhibiteurs de corrosion (Alhaidar et al., 2023). Les résultats ont montré que le comportement d'inhibition des extraits est important, suggérant une possible implication de l'adsorption chimique. Cette compréhension est cruciale pour saisir comment les extraits d'orge interagissent avec la surface métallique afin d'éviter la corrosion (Alhaidar et al., 2023).

6.3. Effets bénéfiques sur la santé

L'orge, regorgeant de protéines, de glucides (y compris le bêta-glucane), de lipides, de vitamines et de minéraux, est une source alimentaire précieuse. Sa composition chimique distinctive participe à sa popularité grandissante auprès des experts en agriculture et en cuisine (Raj et al., 2023). Ses avantages pour la santé sont nombreux :

Gestion du Cholestérol : L'orge renferme des bêta-glucanes, un type de fibre soluble susceptible d'aider à réduire les niveaux de cholestérol, notamment le cholestérol total et le cholestérol à lipoprotéines de basse densité (LDL) (Raj et al., 2023).

Régulation du taux de sucre dans le sang : La consommation d'orge pourrait aider à contrôler les niveaux de sucre sanguin, ce qui est particulièrement avantageux pour les personnes exposées au risque de diabète.

Propriétés Antioxydantes : L'orge présente des vertus antioxydantes capables de lutter contre le stress oxydatif dans l'organisme.

Effets Anticancéreux : Les propriétés anti-tumorales potentielles de l'orge sont bien connues, qui pourraient être dues à sa capacité à moduler le système immunitaire et à freiner la croissance et la propagation des cellules cancéreuses (Raj et al., 2023).

Propriétés de santé supplémentaires : L'orge est reconnue pour ses propriétés anti-inflammatoires et antiarthritiques, renforçant ainsi son rôle dans la promotion de la santé. Divers phytochemicals présents dans l'orge, tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les lignanes, les tocols, les phytostérols et les folates, participent à ses bienfaits pour la santé (Raj et al., 2023).

Perspectives Futuristes : Les progrès actuels et futurs dans l'élaboration de produits de la bière à valeur ajoutée, indiquent des recherches et innovations continues dans ce domaine (Raj et al., 2023).

Matériel et méthodes

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 une décoction de graines d'orge par gavage pendant 21 jours. Les graines d'orge sont achetées au niveau d'une entreprise agroalimentaire locale, lavées et séchées. La décoction de graines d'orge est préparée en mélangeant 125 g de graines dans 2 litres et demi d'eau, puis laissée bouillir jusqu'à réduction de la solution à 1 litre et demi. La décoction est conservée au frais et est renouvelée une fois par semaine.

16 jeunes rats Wistar (âgés de 8 semaines, pesant en moyenne 250 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 quatre 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, ELP, n = 4) subit le protocole d'induction de la lithiase urinaire. Ces rats reçoivent, dès le début de l'expérimentation, un gavage de 2 ml de la décoction d'orge (considéré comme traitement préventif) chaque jour jusqu'au 21^{ème} jour.
- Le quatrième groupe (Expérimental Curatif, ELC, n = 4) subit le protocole d'induction de la lithiase urinaire. Ces rats reçoivent, à partir du 14^{ème} jour de l'expérimentation, soit après induction de la pathologie, un gavage de 2 ml de la décoction d'orge (considéré comme traitement curatif) 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). Par la suite, le volume total des urines des 24h est prélevé et mesuré, avec détermination du PH urinaire (Figure 5). Le volume d'eau bu par les rats pendant les 24h est aussi noté.

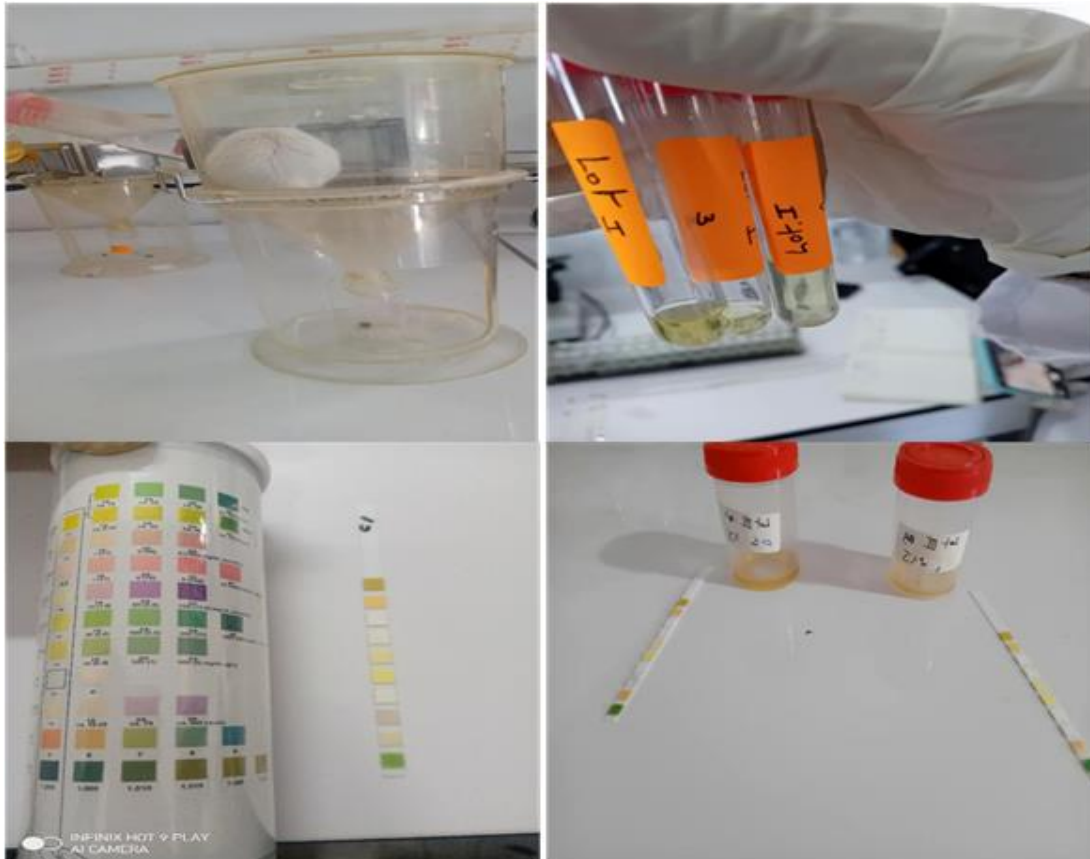


Figure 5: Cages à métabolisme, prélèvement d'urines et utilisation des bandelettes urinaires

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 (Figure 6). Les cristaux sont aussi identifiés par leurs caractéristiques morphologiques. Une cristallurie doit toujours s'interpréter par rapport au pH de l'urine, qui doit être mesuré sur les urines fraîches.

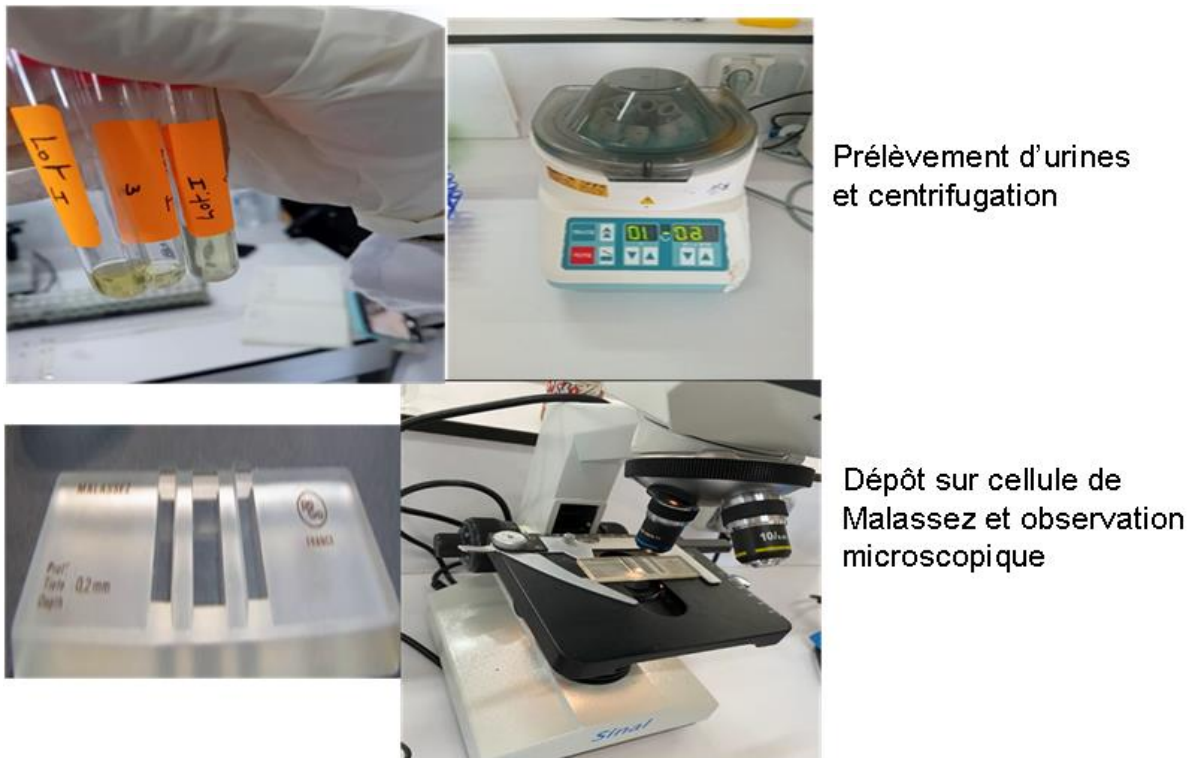


Figure 6: Analyse de la cristallurie par microscopie

1.2.2. Utilisation des bandelettes urinaires

Les bandelettes urinaires (marque AFKO) 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 jeûne. Le sang est prélevé par ponction dans l'aorte abdominale, et est récupéré dans des tubes à EDTA (Figure 7). 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).

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.

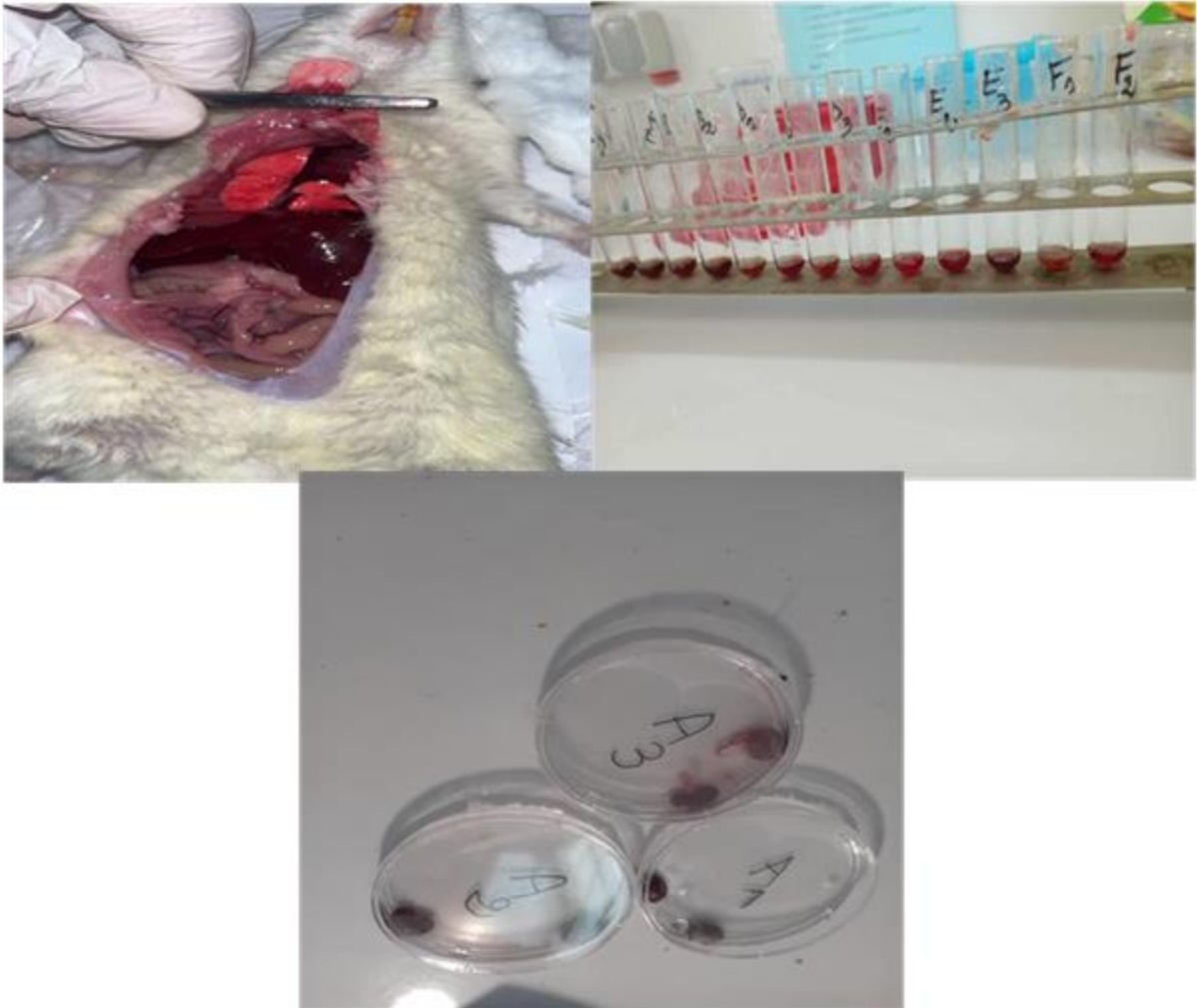


Figure 7: Sacrifice des rats et prélèvement de sang et des reins

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

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

solution de H₂O₂ en fonction du temps. Le milieu réactionnel contient la source enzymatique (homogénat), le H₂O₂, et le tampon phosphate (50 mmol/l, pH 7,0). Après incubation de 5 min, le réactif Titanium oxyde sulfate (TiOSO₄) est ajouté, formant un complexe coloré en jaune avec le H₂O₂. 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 quatre 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, d) sont significativement différentes ($P < 0,05$). L'analyse statistique est réalisée à l'aide du logiciel STATISTICA.

Résultats 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. L'analyse des moyennes révèle qu'au début de l'expérimentation, tous les rats des différents lots ont des poids corporels initiaux similaires. Après 7 jours de l'expérimentation, le poids des rats ne varie pas significativement entre les différents lots. Après 14 jours de l'expérimentation, le poids corporel diminue significativement chez les rats lithiasiques, traités ou non, comparés aux rats témoins. A la fin de l'expérimentation, au 21^{ème} jour, le poids corporel reste diminué significativement chez les rats lithiasiques, traités ou non, comparés aux rats témoins, les poids les plus faibles sont notés chez les rats du lot lithiasique non traité (EL) et du lot lithiasique traité au 14^{ème} jour d'une manière curative (ELC). Par contre, le lot lithiasique traité dès le début d'une manière préventive (ELP) présente un gain pondéral comparé aux deux autres lots lithiasique (EL et ELC).

Tableau 1: Evolution Pondérale des rats

Paramètres	Lot T	Lot EL	Lot ELP	Lot ELC
Poids initial (g)	304 ± 20 ^a	278 ± 18 ^a	285 ± 25 ^a	275 ± 26 ^a
Poids à 7 jours (g)	289 ± 15 ^a	285 ± 14 ^a	288 ± 14 ^a	282 ± 17 ^a
Poids à 14 jours (g)	314 ± 18 ^a	254 ± 13 ^b	260 ± 18 ^b	263 ± 14 ^b
Poids à 21 jours (g)	320 ± 13 ^a	250 ± 11 ^c	275 ± 12 ^b	254 ± 12 ^c

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. T : témoin ; EL : expérimental lithiase ; ELP : expérimental lithiase préventif ; ELC : expérimental lithiase curatif. 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, d) 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. On constate que la consommation d'eau par 24 heures est significativement augmentée chez les rats lithiasiques traités ELP et ELC comparée à celle des rats témoins. Cependant, les rats lithiasiques non traités EL consomment moins d'eau que les témoins. Le

volume urinaire par 24 heures reste normal chez les rats des lots EL et ELP, mais il est significativement faible chez les rats du lot ELC. Le Ph urinaire reste normal chez les lots EL et ELP mais il augmente significativement chez le lot ELC. Les nombres de cristaux et d'agrégats au niveau des urines sont significativement élevés chez les rats EL et ELC, alors qu'ils sont normaux chez les ELP similaires à ceux des témoins. La densité urinaire SG est très augmentée chez les lots EL et ELC, un peu moins chez le lot ELP, comparés aux témoins. Les teneurs urinaires en urée et en créatinine sont significativement élevées chez les rats EL et ELC, par contre chez les rats ELP, elles sont similaires à celles des rats témoins.

Tableau 2:Caractéristiques urinaires chez les rats au 7ème jour de l'expérimentation

Paramètres	Lot T	Lot EL	Lot ELP	Lot ELC
Volume d'eau consommé/24h (ml)	15 ± 3,50 ^b	6,50 ± 2 ^c	20,45 ± 2 ^a	22 ± 3 ^a
Volume urinaire/24h (ml)	10,66 ± 2,45 ^a	11,83 ± 2 ^a	13,20 ± 2,50 ^a	6,50 ± 1,50 ^b
Ph urinaire	6,58 ± 0,23 ^b	6,75 ± 0,25 ^b	6,65 ± 0,14 ^b	8,04 ± 0,14 ^a
Nombre de cristaux	1 ± 0,01 ^b	3 ± 0,50 ^a	1,50 ± 0,50 ^b	4 ± 1 ^a
Nombre d'agrégats	1 ± 0,01 ^b	2 ± 0,50 ^a	1 ± 0,01 ^b	2,50 ± 0,50 ^a
Densité urinaire (SG)	1,007 ± 0,001 ^c	1,018 ± 0,003 ^a	1,012 ± 0,002 ^b	1,015 ± 0,004 ^a
Urée (mg/24h)	36 ± 3,15 ^b	50,63 ± 4,22 ^a	32,75 ± 5 ^b	48,75 ± 5 ^a
Créatinine (mg/24h)	637,66 ± 48,73 ^b	824,91 ± 31,50 ^a	604,33 ± 47 ^b	764 ± 51 ^a

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. T : témoin ; EL : expérimental lithiase ; ELP : expérimental lithiase préventif ; ELC : expérimental lithiase curatif. 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, d) sont significativement différentes (P < 0,05).

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

Les caractéristiques urinaires chez les rats au 14^{ème} jour de l'expérimentation sont données dans le Tableau 3. Le volume d'eau consommé et le Ph urinaire sont significativement diminués chez les rats lithiasiques traités ou non, EL, ELP et ELC, comparés aux témoins. Cependant, le

volume urinaire /24h n'est significativement réduit que chez les rats EL. Les nombres de cristaux et d'agrégats urinaires sont augmentés chez les rats lithiasiques traités ou non, EL, ELP et ELC, comparés aux témoins; avec les valeurs les plus élevées chez les rats non traités EL. La densité urinaire est élevée chez les rats ELP et ELC, alors qu'elle est normale chez les rats EL. Les teneurs urinaires en urée et en créatinine sont significativement élevées chez les rats EL, ELP et ELC, comparées à celles des rats témoins ; les valeurs les plus fortes sont notées chez les rats ELC.

Tableau 3:Caractéristiques urinaires chez les rats au 14ème jour de l'expérimentation

Paramètres	Lot T	Lot EL	Lot ELP	Lot ELC
Volume d'eau consommé/24h (ml)	8 ± 2 ^a	6,66 ± 2 ^b	6,33 ± 1,45 ^b	6,50± 1,32 ^b
Volume urinaire/24h (ml)	5,34 ± 1 ^a	3,50 ± 1,50 ^b	5,55 ± 0,50 ^a	6 ± 1 ^a
Ph urinaire	7,09 ± 0,04 ^a	6,48 ± 0,15 ^b	6,15 ± 0,11 ^b	6,55± 0,12 ^b
Nombre de cristaux	1 ± 0,01 ^c	3 ± 0,50 ^a	2 ± 0,50 ^b	2 ± 0,45 ^b
Nombre d'agrégats	1± 0,01 ^c	2 ± 0,30 ^a	1,33 ± 0,01 ^b	1,66 ± 0,41 ^a
Densité urinaire (SG)	1,006± 0,001 ^c	1,005± 0,001 ^c	1,015± 0,001 ^b	1,020± 0,001 ^a
Urée (mg/24h)	23,50 ± 8,12 ^c	42,82 ± 7,15 ^b	40,50 ± 4,50 ^b	56 ± 5,22 ^a
Créatinine (mg/24h)	432,54 ± 22 ^c	578,04 ± 28 ^b	613 ± 35 ^b	865± 31 ^a

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. T : témoin ; EL : expérimental lithiase ; ELP : expérimental lithiase préventif ; ELC : expérimental lithiase curatif. 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, d) sont significativement différentes (P< 0,05).

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

Les caractéristiques urinaires chez les rats au 21^{ème} jour de l'expérimentation sont données dans le Tableau 4. A 21 jours de l'expérimentation, le volume d'eau consommé et le Ph urinaire sont significativement diminués chez les rats EL ; alors qu'ils sont normaux chez les rats ELP et ELC. Le volume urinaire est réduit chez les rats EL, ELP et ELC comparé à celui des témoins, avec les valeurs les plus faibles chez les rats EL. Les nombres de cristaux et d'agrégats urinaires

sont augmentés chez les rats lithiasiques EL, ELP et ELC, comparés aux témoins; avec les valeurs les plus élevées chez les rats non traités EL. La densité urinaire est élevée chez les rats EL, alors qu'elle est normale chez les rats ELP et ELC. Les teneurs urinaires en urée et en créatinine sont significativement élevées chez les rats EL, ELP et ELC, comparées à celles des rats témoins ; les valeurs les plus fortes de l'urée sont notées chez les rats ELC, et les valeurs les plus fortes de créatinine sont observées chez les rats EL.

Tableau 4:Caractéristiques urinaires chez les rats au 21ème jour de l'expérimentation

Paramètres	Lot T	Lot EL	Lot ELP	Lot ELC
Volume d'eau consommé/24h (ml)	23 ± 1 ^a	8 ± 1 ^b	25 ± 2 ^a	25,50 ± 2 ^a
Volume urinaire/24h (ml)	13 ± 2 ^a	6 ± 1 ^c	8 ± 0,50 ^b	6,50 ± 1 ^c
Ph urinaire	7 ± 0,02 ^a	6 ± 0,03 ^b	6,95 ± 0,06 ^a	7 ± 0,03 ^a
Nombre de cristaux	1 ± 0,01 ^c	4 ± 1 ^a	2 ± 1 ^b	3,50 ± 0,50 ^a
Nombre d'agrégats	1 ± 0,01 ^c	3 ± 1 ^a	2 ± 1 ^b	2,50 ± 0,50 ^b
Densité urinaire (SG)	1,004 ± 0,001 ^b	1,010 ± 0,001 ^a	1,005 ± 0,001 ^b	1,005 ± 0,002 ^b
Urée (mg/24h)	32 ± 6 ^d	56,25 ± 6,50 ^b	42 ± 2,50 ^c	67 ± 1,50 ^a
Créatinine (mg/24h)	561,50 ± 25 ^c	980,45 ± 30 ^a	585 ± 30 ^c	800 ± 28 ^b

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. T : témoin ; EL : expérimental lithiase ; ELP : expérimental lithiase préventif ; ELC : expérimental lithiase curatif. 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, d) sont significativement différentes (P< 0,05).

5. Analyse de la cristallurie par microscopie

Les Figures 8-11 montrent les analyses de la cristallurie par microscopie optique. Chez les rats témoins, les résultats montrent une absence totale de cristaux dans les urines (Figure 8).

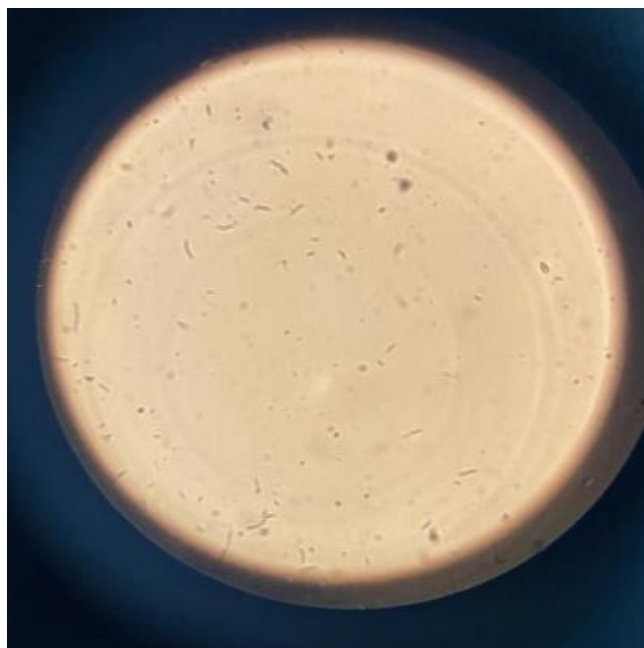


Figure 8: Cristallurie chez les rats témoins

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 lithiasiques non traités EL (Figure 9). 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 plus nombreux et sont monohydratés.

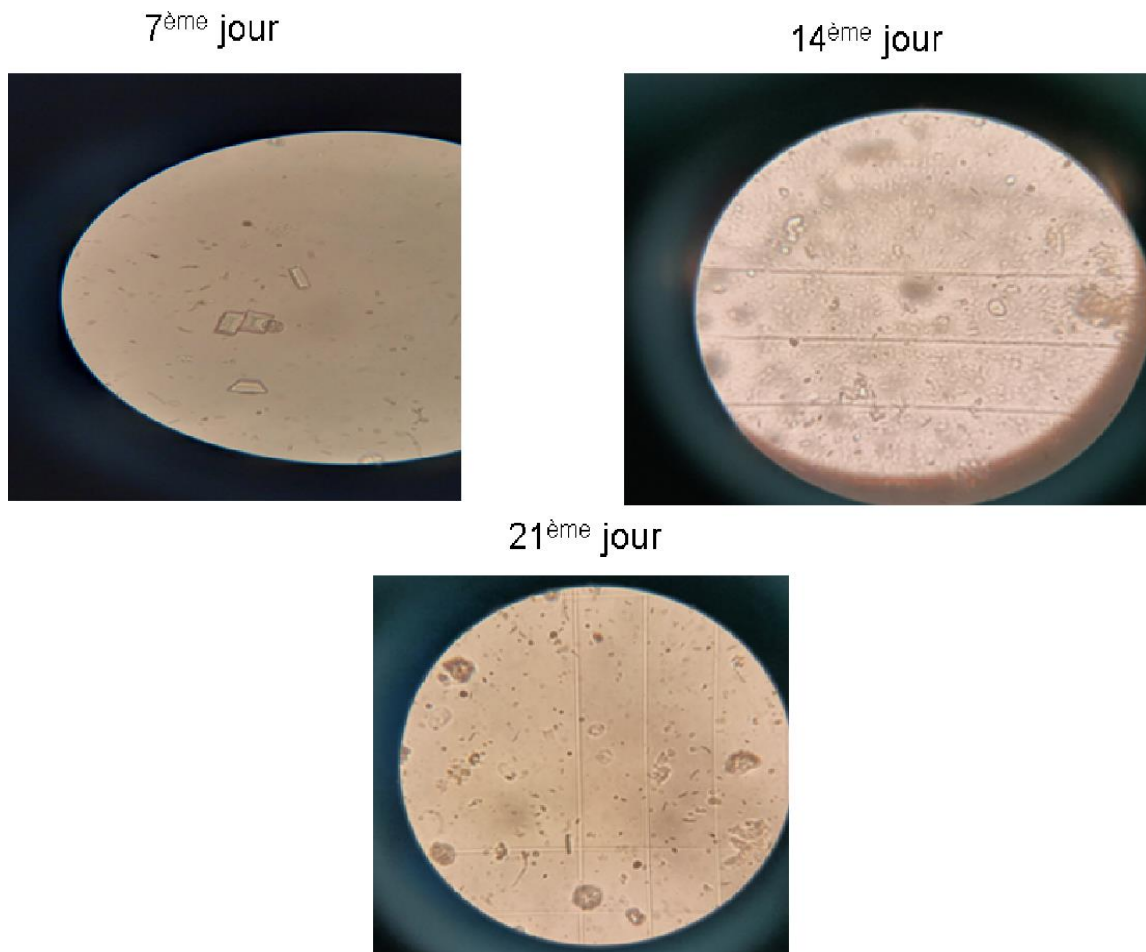


Figure 9: Cristallurie chez les rats lithiasiques non traités EL

Chez les rats lithiasiques traités du lot préventif ELP, l'analyse de la cristallurie montre une absence de cristaux urinaires aux 7^{ème} et 21^{ème} jours ; avec présence de quelques cristaux dihydratés au 14^{ème} jour (Figure 10).

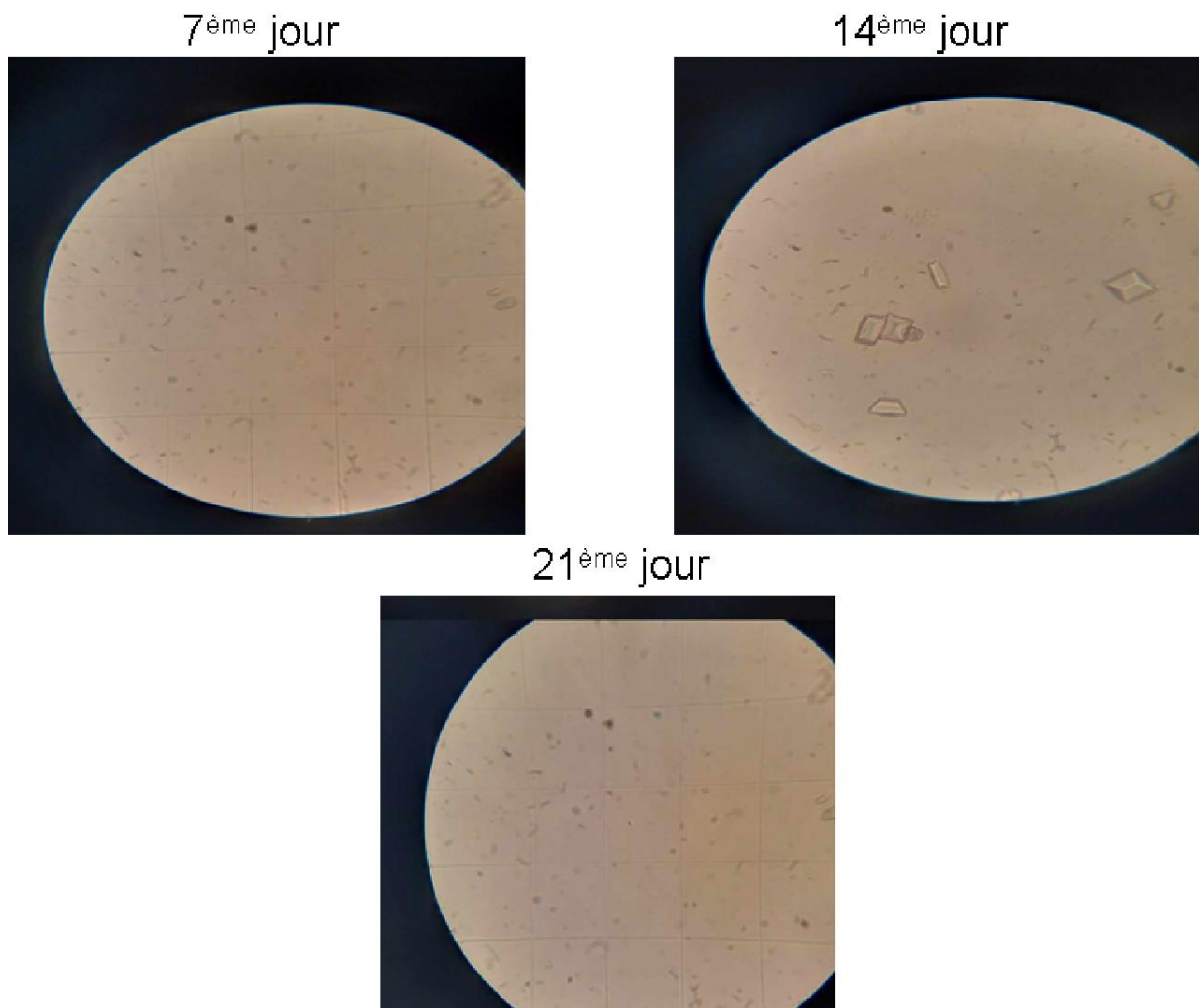


Figure 10: Cristallurie chez les rats du lot préventif ELP

Chez les rats lithiasiques traités du lot curatif ELC, l'analyse de la cristallurie montre la présence de cristaux bihydratés au 7^{ème} jour alors qu'ils sont monohydratés au 14^{ème} jour (Figure 11). Par contre au 21^{ème} jour, les cristaux sont majoritairement bihydratés.

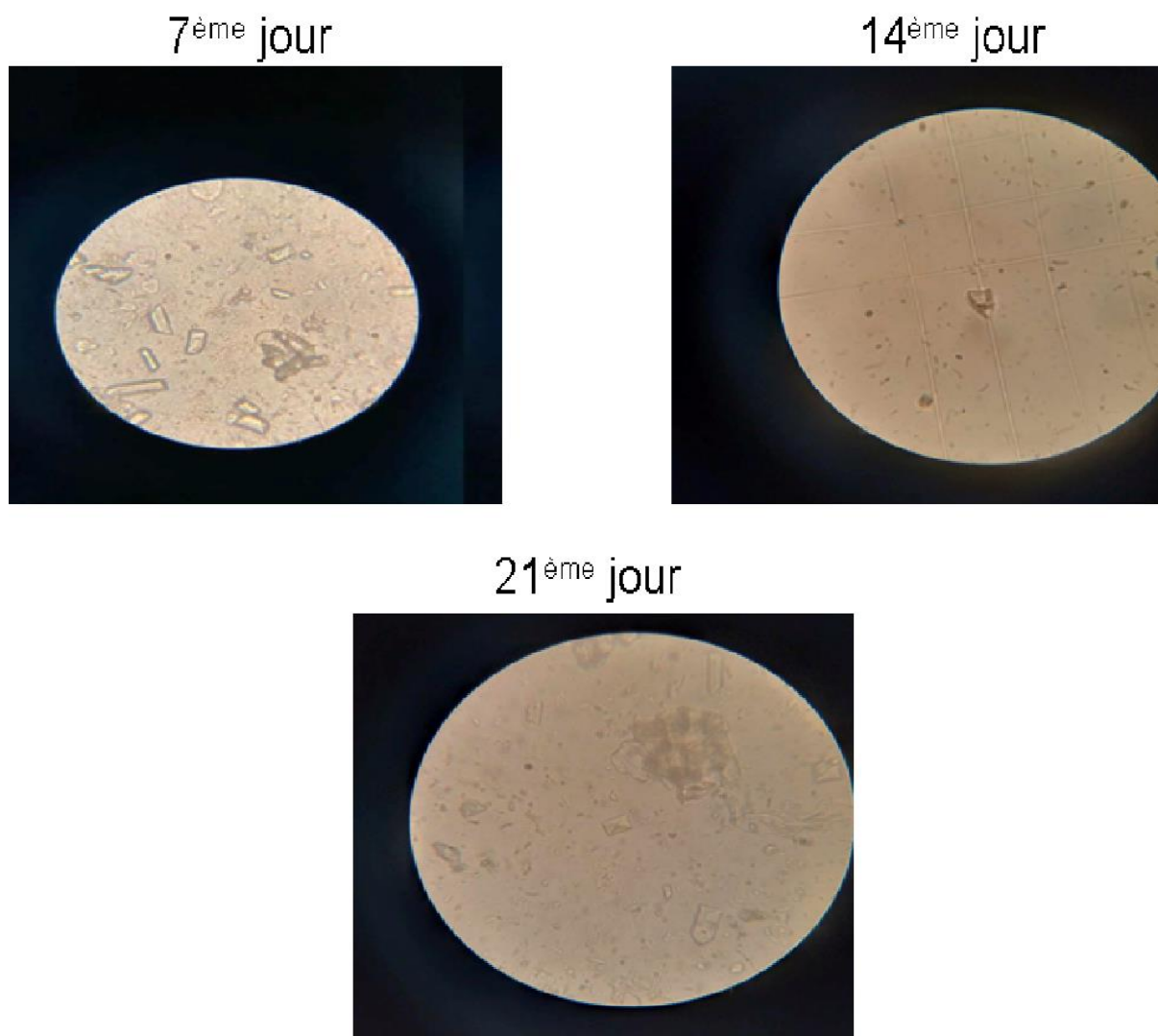


Figure 11: Cristallurie chez les rats du lot curatif ELC

6. Poids des reins chez les rats

Comparativement au groupe témoin, la lithiase urinaire entraîne une réduction notable du poids des reins (Tableau 5). Le traitement préventif (ELP) permet de rétablir le poids normal des reins, alors que le traitement curatif (ELC) ne parvient pas à ramener le poids rénal à la normale.

Tableau 5 : Poids des reins chez les rats

Paramètres	Lot T	Lot EL	Lot ELP	Lot ELC
Poids des reins (g)	1,25 ± 0,05 ^a	0,90 ± 0,03 ^b	1,15 ± 0,10 ^a	0,96 ± 0,04 ^b

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. T : témoin ; EL : expérimental lithiase ; ELP : expérimental lithiase préventif ; ELC : expérimental lithiase curatif. 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, d) sont significativement différentes ($P < 0,05$).

7. Paramètres biochimiques chez les rats

Les paramètres biochimiques plasmatiques chez les différents lots de rats sont donnés dans la figure 12 et le Tableau A1 en annexe. Les teneurs plasmatiques en calcium et en créatinine sont significativement réduites chez les rats lithiasiques, traités ou non, EL, ELP ou ELC, comparées aux valeurs des rats témoins. Les teneurs plasmatiques en urée sont significativement augmentées chez les rats lithiasiques, traités ou non, EL, ELP ou ELC, comparées aux valeurs des rats témoins. Dans ce cas, les valeurs les plus fortes sont notées chez les rats EL, et les moins fortes chez les rats ELP.

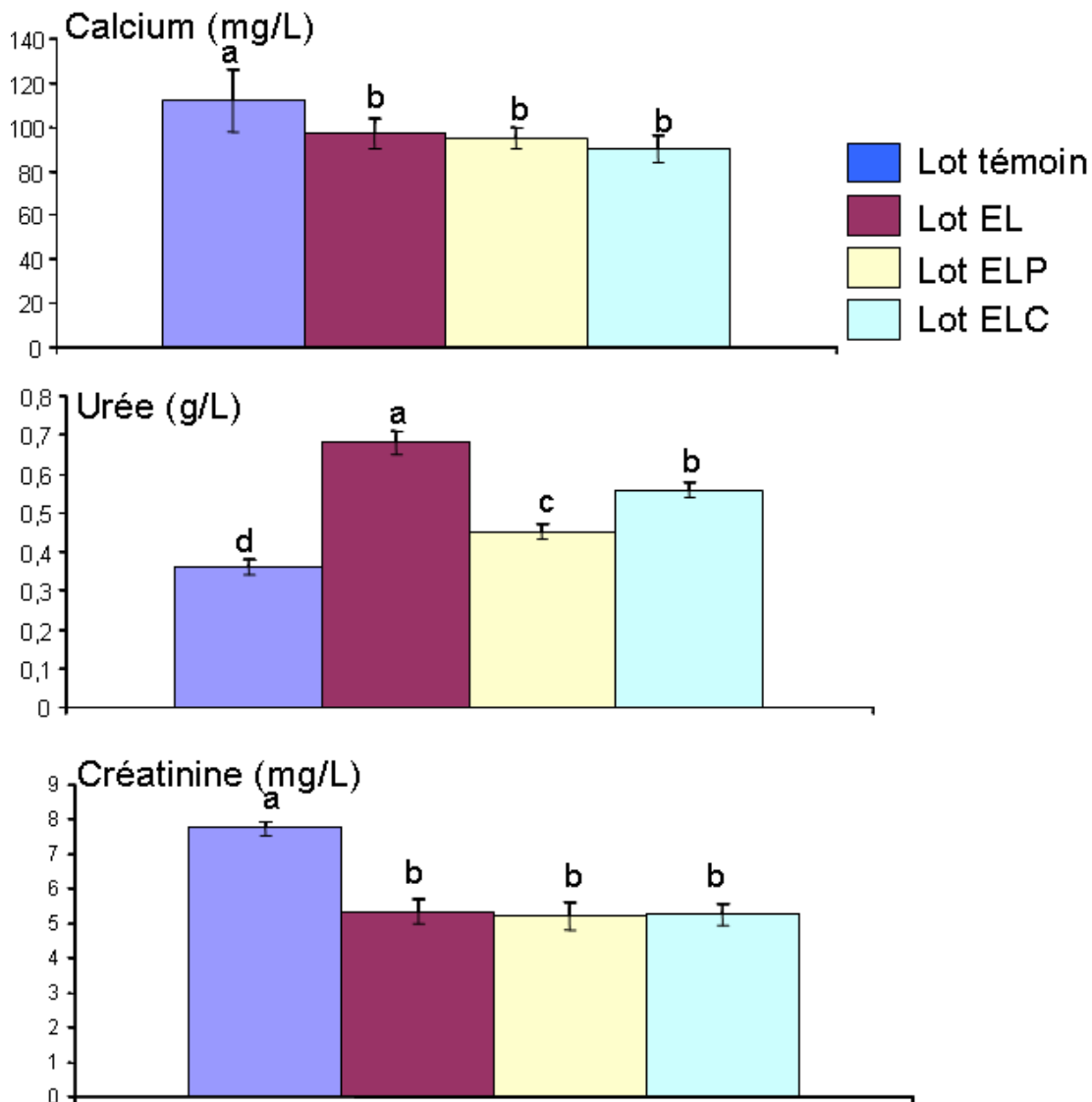


Figure 12: Paramètres biochimiques chez les rats

Chaque valeur représente la moyenne \pm Ecart type. T : témoin ; EL : expérimental lithiase ; ELP : expérimental lithiase préventif ; ELC : expérimental lithiase curatif. 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, d) sont significativement différentes ($P < 0,05$).

8. Marqueurs du stress oxydatif chez les rats

Les marqueurs du stress oxydatif chez les différents lots de rats sont donnés dans les Figures 13 et 14, et le Tableau A2 en annexe. Les teneurs érythrocytaires en MDA, marqueur de la peroxydation lipidique, sont significativement augmentées chez les rats lithiasiques, traités ou non, EL,ELP et ELC, comparés aux témoins. Les teneurs érythrocytaires en GSH, marqueur antioxydant, sont significativement augmentées chez les rats lithiasiques traités ELP et ELC comparés aux témoins. Par contre, les teneurs en GSH chez les rats EL sont similaires à celles des témoins (Figure 13).

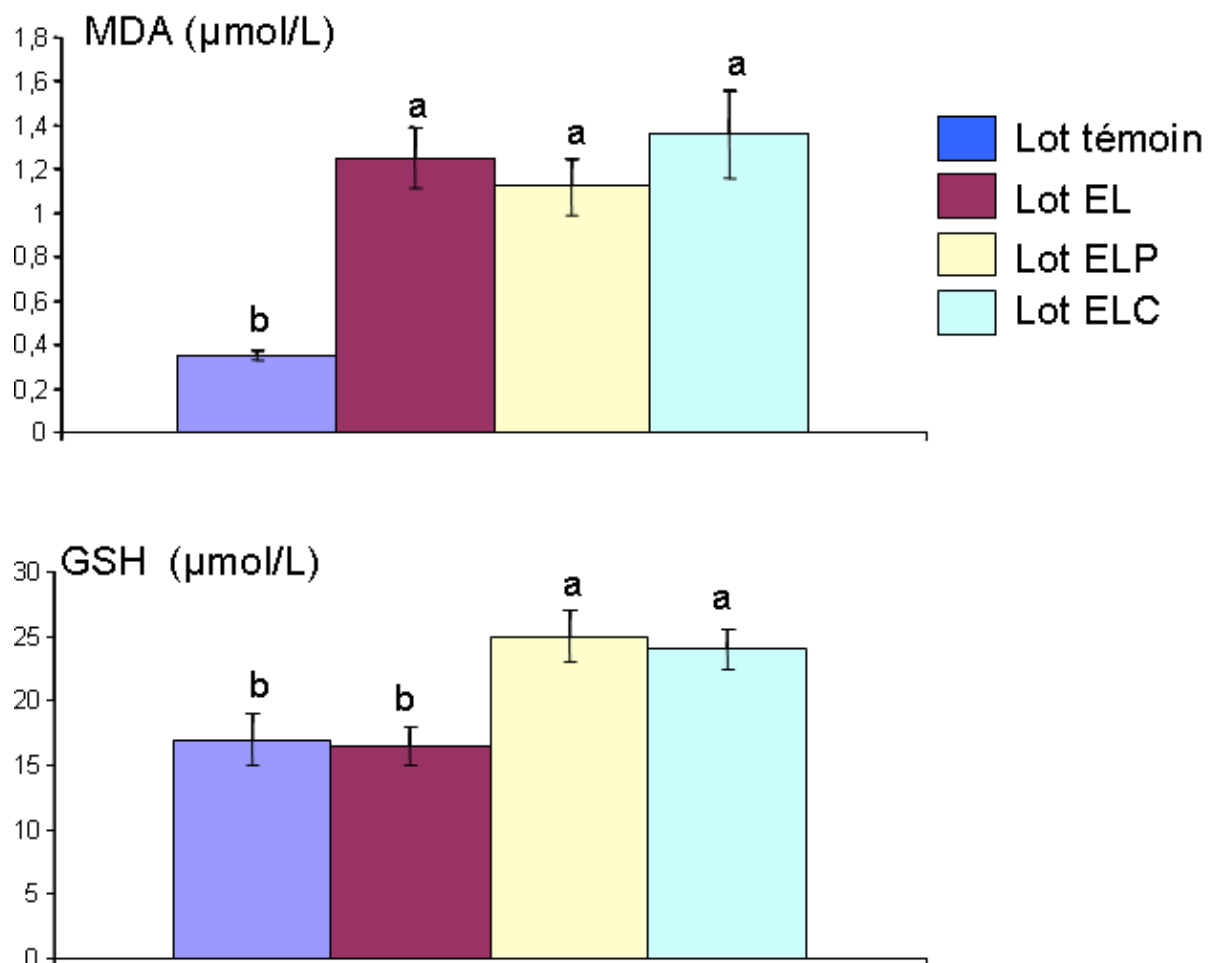


Figure 13: Teneurs érythrocytaires en MDA et en GSH chez les rats

Chaque valeur représente la moyenne \pm Ecart type. T : témoin ; EL : expérimental lithiasie ; ELP : expérimental lithiasie préventif ; ELC : expérimental lithiasie curatif ; MDA : malondialdéhyde ; GSH : glutathion réduit. 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, d) sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Les activités des enzymes antioxydantes catalase et SOD sont représentées dans la Figure 14. L'activité catalase est significativement diminuée chez les rats EL et ELC comparée à la valeur des rats témoins. Par contre, les rats ELP présentent une activité catalase similaire à celle des témoins. L'activité antioxydante SOD ne varie pas entre les différents lots de rats.

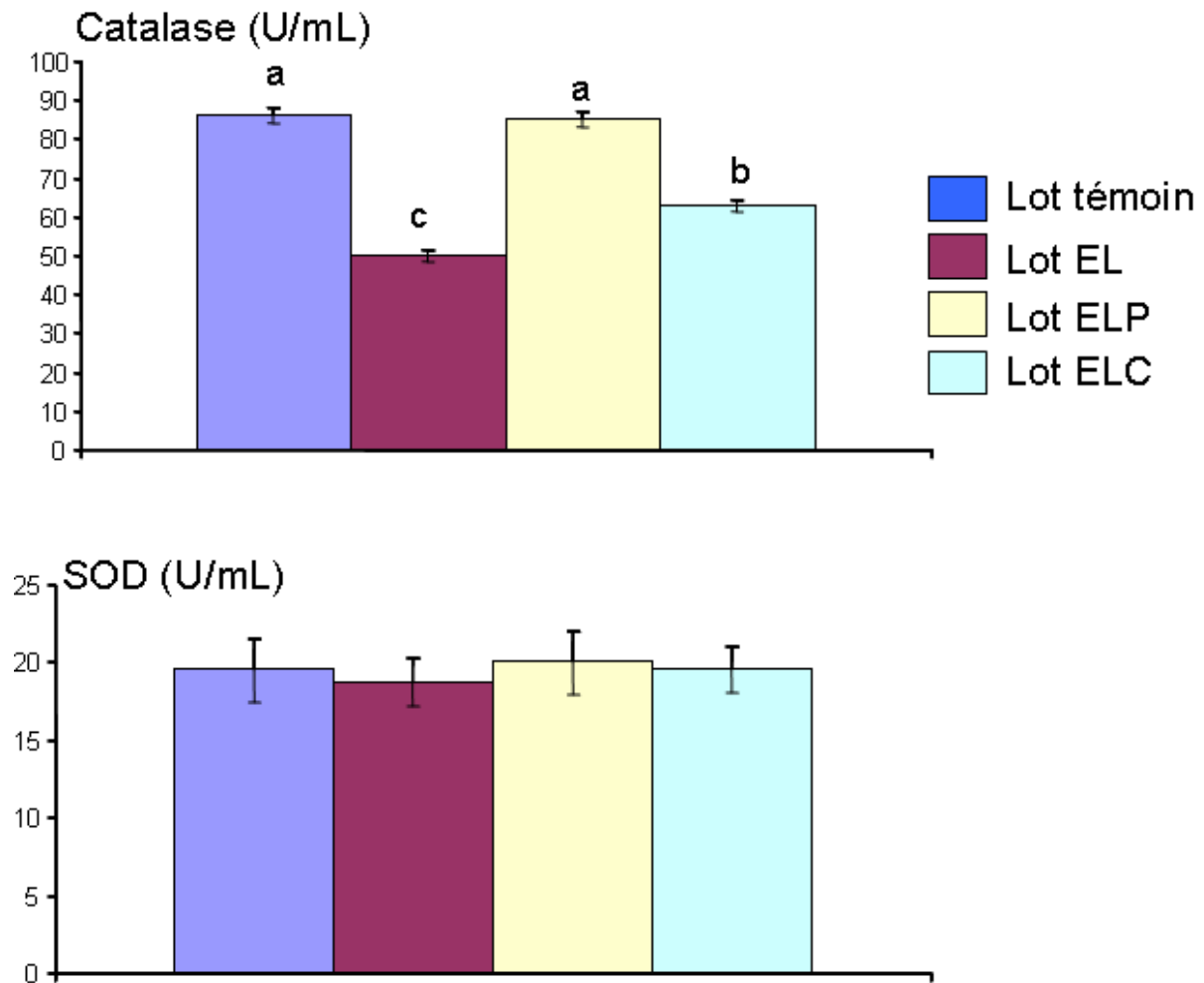


Figure 14: Activités antioxydantes des enzymes catalase et SOD chez les rats

Chaque valeur représente la moyenne \pm Ecart type. T : témoin ; EL : expérimental lithiase ; ELP : expérimental lithiase préventif ; ELC : expérimental lithiase curatif ; SOD : superoxyde dismutase. 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, d) sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Discussion

La lithiase urinaire est une affection fréquente caractérisée par une prévalence et un taux de récurrence élevés. L'orge est fréquemment employée pour soigner ou éviter les calculs urinaires grâce à son action diurétique, ses vertus antioxydantes et sa capacité à conserver un pH urinaire stable. Toutefois, ces thérapies n'ont qu'une efficacité limitée, et il est conseillé d'adopter une diète équilibrée, riche en légumes et en fruits alcalins, pour se prémunir contre la formation de calculs urinaires (Aldarwish et al., 2024).

Ce travail de Master présente des résultats évidents indiquant que l'infusion d'orge a un impact anti-lithiasique notable chez les rats Wistar. Plusieurs paramètres démontrent cette efficacité. Concernant l'impact sur les paramètres biochimiques, le groupe de rats EL (rats souffrant de lithiases non traitées) présente une hausse notable des teneurs en urée et une baisse de la créatinine, témoignant d'un dysfonctionnement des reins. Les groupes traités (ELP et ELC) montrent une amélioration de ces paramètres, particulièrement dans le cadre du traitement préventif (ELP), où les résultats commencent à se rapprocher de ceux du groupe de contrôle. Concernant les indicateurs du stress oxydatif, le groupe EL présente une élévation du MDA (indicateur de peroxydation lipidique) et une diminution notable du GSH, de la catalase et de la SOD (défense antioxydante). Ces informations attestent que la lithiase provoque un stress oxydatif intense. L'administration de la boisson à base d'orge, surtout à des fins préventives, contribue à diminuer le stress oxydatif en régulant ces indicateurs.

De plus, la consommation de la tisane d'orge réduit considérablement la quantité de cristaux d'oxalate de calcium dans les urines. Elle contribue également à la restauration du poids rénal touché par la lithiase, ce qui témoigne de son action protectrice sur les tissus rénaux. Nos résultats sont comparables à une autre recherche (Aldarwish et al., 2024) qui a exploré l'usage de l'orge et du persil dans le traitement des calculs chez la population saoudienne. Elle confirme les découvertes réalisées sur les rats : l'orge est riche en vitamine B6 et magnésium, des composants reconnus pour entraver la cristallisation des oxalates. Toutefois, les auteurs mettent en évidence une absence de normalisation dans les préparations employées. Kamal et al. (2024) attestent que l'orge possède un potentiel curatif en raison de ses effets diurétiques, alcalinisants et anti-inflammatoires. Cependant, ils soulignent l'importance de mener des études cliniques sur l'homme pour valider les résultats obtenus *in vivo*.

Atmani et al. (2003) ont démontré que des extraits de plantes tel que *Herniaria hirsuta* diminuent la création de calculs oxalocalciques chez le rat. Cela augmente la crédibilité des résultats que nous avons obtenus avec l'orge, car de nombreuses plantes riches en antioxydants disposent de mécanismes d'action comparables. Peerapen & Thongboonkerd (2023) ont démontré que l'alcalinisation de l'urine, une hausse du flux urinaire et une activité antioxydante sont des

approches cruciales pour éviter les calculs rénaux, ce qui coïncide parfaitement avec les effets observés grâce à l'orge.

Toutes les données expérimentales corroborent que la boisson à base d'orge a un effet notable contre la formation de calculs, surtout en prévention. Sa capacité antioxydante, diurétique et alcalinisante fait de lui un prétendant prometteur dans les thérapies naturelles contre les pierres urinaires. Cependant, comme l'indiquent Kamal et Aldarwish, des recherches cliniques standardisées sont nécessaires avant toute mise en œuvre sur l'homme.

Des thérapies non conventionnelles, comme l'orge et le persil, se sont avérées efficaces dans le traitement de la lithiase urinaire. L'orge, riche en vitamine B6 et en magnésium, favorise la dégradation de l'oxalate de calcium dans les voies rénales, tandis que le persil réduit les dépôts urinaires d'oxalate de calcium. Cependant, les preuves scientifiques de l'efficacité de ces thérapies sont limitées. L'absence de méthodes standardisées de préparation et de dosage soulève des questions quant à leur innocuité. Les cliniciens et les programmes de santé publique devraient plutôt encourager l'utilisation de thérapies établies pour la prise en charge de la lithiase urinaire. Des études cliniques à grande échelle sont nécessaires pour évaluer l'efficacité et l'innocuité de ces thérapies non conventionnelles (Kamal et al., 2024).

Conclusion

L'objectif de cette recherche était d'examiner l'impact anti-lithiase d'une boisson traditionnelle à base d'orge chez le rat Wistar, qui sert de modèle expérimental pour la lithiase urinaire provoquée par l'éthylène glycol. Les conclusions tirées des résultats obtenus mettent en lumière plusieurs aspects essentiels concernant l'efficacité et le mode d'action de cette infusion naturelle. D'un point de vue physiologique, les rats qui ont reçu un traitement préventif à base de tisane d'orge ont démontré une amélioration marquée des indicateurs biochimiques rénaux, comme la diminution des niveaux d'urée et de créatinine. En outre, le traitement a notablement réduit la présence de cristaux dans les urines et la quantité d'agrégats d'oxalate de calcium, ce qui indique une diminution ou un arrêt de la formation des calculs rénaux.

Sur le plan cellulaire, la consommation de tisane d'orge a contribué à rétablir l'équilibre oxydatif des globules rouges en rehaussant les paramètres antioxydants tels que le glutathion réduit (GSH) et la catalase, tout en diminuant le malondialdéhyde (MDA), un marqueur du stress oxydatif. Ces résultats appuient la supposition que les caractéristiques antioxydantes de l'orge ont un rôle déterminant dans la prévention des dommages rénaux et la création de pierres.

Cette étude, par rapport à d'autres travaux scientifiques, valide que l'orge peut avoir plusieurs effets : elle peut servir de diurétique, alcaliniser l'urine, diminuer la formation des cristaux et fournir une protection contre le stress oxydatif. La tisane d'orge est une option naturelle encourageante pour prévenir et potentiellement traiter les lithiases urinaires.

Sa sécurité, sa disponibilité et ses bienfaits physiologiques en font une option attrayante dans une démarche globale de la santé des reins. Toutefois, il est nécessaire de compléter ces résultats par des recherches cliniques sur l'homme pour confirmer leur applicabilité et établir des doses et méthodes d'administration standardisées.

Références Bibliographiques

1. Aebi, H. (1974). Catalase. In: *Methods of Enzymatic Analysis*, Bergmayer H.U. (Ed), Chemie, 2nd edn, Weinheim, F.R.G., 2: 673–684.
2. Aldarwish, H. A., Bokhari, A., Alshammari, M. M., Alshammari, A. S., Alharbi, A. G., Alsabhan, S. S., Altwiher, Y. K., Aleraidi, R. A., Almallahi, A. E., & Alshammari, M. M. (2024). Prevention and Management of Urolithiasis With Parsley and Barley Among the Hail Population, Saudi Arabia: Is It Fact or Not? *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.71990>
3. Alhaidar, B., Reeshah, F., & Jammoal, Y. (2023). The Possibility of Using Barley Grains Extract as an Acidic Corrosion Inhibitor for Carbon Steel. *Baghdad Science Journal*, 21(4). <https://doi.org/10.21123/bsj.2023.8501>
4. Atmani, F., Slimani, Y., Mimouni, M., Hacht, B., & Boumediene, A. (2003). Prophylaxis of calcium oxalate stones by *Herniaria hirsuta* on experimentally induced nephrolithiasis in rats. *BJU International*, 92(1), 137–140.
5. Daudon, M. (2023). La lithiase urinaire. *Revue De Biologie Médicale*, 373(4), 7–33.
6. Daudon, M., & Jungers, P. (2004). Clinical value of crystalluria and quantitative morpho-constitutionnal analysis of urinary calculi. *NephronPhysiol.*, 98, 31–36.
7. Draper, H. H., & Hadley, M. (1990). Malondialdehyde determination as index of lipid peroxidation. *MethodsEnzymol*, 186:421–482.
8. Ellman, G. L. (1959). Tissue sulphhydryl groups. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 82(1), 70–77.
9. Frassetto, L., & Kohlstadt, I. (2011). Treatment and prevention of kidney stones: an update. *Am Fam Physician*, 84(11), 1234–1242.
10. Hajkova, V., Svecova, T., Uvira, M., Vojtisek, T., & Handlos, P. (2021). Diverses complications mortelles de la lithiase urinaire. *Médecine légale et pathologie*, 17(3), 513–516.
11. He, S., Wang, J., Li, T., Yin, S., Cui, J., Xiao, Y., Tang, Y., Wang, J., & Bai, Y. (2023). Troubles du sommeil et du rythme circadien dans les calculs rénaux: une revue narrative. *Frontiers in Endocrinology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1293685>
12. INSERM, CEEA. (2017). La réglementation et le dispositif éthique de l'expérimentation animale. <https://www.inserm.fr/Modeles-animaux>
13. Jeanty, A., Duval, A., Berthier, K., Dufour, M., Tcherkez, G., & Kheifets, A. (2023). Barley systematics and taxonomy foreseen by seed morphometric variation. *PLOS ONE*, 18(5), e0285195.
14. Joual, A., Rabii, R., Aboutaieb, R., & Benjelloun, S. (1996). Complications des calculs urinaires. *Annales d'Urologie*, 30(5), 251–256.

15. Kachkoul, R., Touimi, G. B., Mouhri, G. E., Habbani, R. E., Mohim, M., & Lahrichi, A. (2023). Urolithiase: histoire, épidémiologie, facteurs étiologiques et prise en charge. *PubMed*, 45(3), 333–352.
16. Kamal, W. K., Bokhari, A., Alesia, S. M., Mahjari, T. M., Binsalman, W. A., Laher, A. E., & Adam, A. (2024). Utilization of barley and parsley for the management of urolithiasis among the Saudi Arabian population. *UrologyAnnals*, 16(2), 125–128. https://doi.org/10.4103/ua.ua_142_22
17. Kamal-Eldin, A., Åman, P., & Zhang, J. (2009). *Barley: Chemistry and Technology*. AACC International.
18. Kaur, A., Purewal, S. S., Phimolsiripol, Y., & Bangar, S. P. (2024). Unraveling the Hidden Potential of Barley (*Hordeum vulgare*): An Important Review. *Plants*, 13(7), 2421. <https://doi.org/10.3390/plants13172421>
19. Khan, S. R. (1997). Animal models of kidney stone formation: an analysis. *World Journal of Urology*, 15(4), 236–243.
20. Kheifets, A. (2023). Barley taxonomy based on seed morphometrics. *PLOS ONE*, 18(5), e0285195.
21. Maheshwari, B. L., & Grewal, H. S. (2009). Magnetic treatment of irrigation water: its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, 96(8), 1229–1236.
22. Marklund, S. L. (1985). Pyrogallolautooxidation. In: *Handbook of Methods for Oxygen Radical*, Greenwald, R.A. ed., CRC Press, 243–247.
23. Mărginean, R., Gîlcă, M., Duda, M., & Socaci, S. A. (2024). Beta-Glucan Content and Composition of Spring Barley Seeds. *Bulletin UASVM*, 81(1), 68–75.
24. Nowicka, A., Róžański, J., Płachno, B. J., & Wójcik, M. (2021). Endopolyploidy in Wild Barley Seeds. *Genes*, 12(5), 711.
25. Peerapen, P., & Thongboonkerd, V. (2023). Kidney Stone Prevention. *Advances in Nutrition*, 14(3), 555–569. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.03.002>
26. Raj, R. P., Shams, R., Pandey, V. K., Dash, K. K., Singh, P. S., & Bashir, O. (2023). Barley phytochemicals and health-promoting benefits: A comprehensive review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100677.
27. Rico, D., Peñas, E., García, M. C., & Martínez-Villaluenga, C. (2020). Sprouted Barley Flour as a Nutritious and Functional Ingredient. *Foods*, 9(3), 296.
28. Ro, N., Park, S., Lee, H., & Kim, J. (2024). Infrageneric Classification of *Hordeum* Using Morphological Data. *Agronomy*, 15(1), 60.

29. Rungrasameviriya, P., Santilino, A., Atichartsintop, P., Hadpech, S., &Thongboonkerd, V. (2023). Tight Junction Disease and Kidney Stones. *Tissue Barriers*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/21688370.2023.2210051>
30. Sukhareva, E. P., &Belikina, A. V. (2023). Technology of cultivation of elite seeds of spring barley in Lower Volga region of Russia. *Research on Crops*, 24(3).
31. Tamborino, F., Bianchi, A., Nanni, G., Rossi, G., &Baldini, N. (2024). Pathophysiology and molecular mechanisms of urinary stone formation and recurrence. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(5), 3075.
32. Tiselius, H.-G. (2003). Epidemiology and medical management of stone disease. *BJU International*, 91(8), 758–767.
33. Wang, X., & Chang, C. (2022). Cuticle biosynthesis for stress tolerance in wheat and barley. *Frontiers in Plant Science*, 13.
34. Wang, Z., Zhang, Y., Zhang, J., Deng, Q., & Laing, H. (2021). Recent progress in mechanisms of kidney stone formation. *International Journal of MolecularMedicine*, 48(2). <https://doi.org/10.3892/ijmm.2021.4982>

Annexes

Tableau A1: Paramètres biochimiques chez les rats

Paramètres	Lot T	Lot EL	Lot ELP	Lot ELC
Calcium (mg/l)	112 ± 14 ^a	97 ± 7 ^b	95 ± 5 ^b	90 ± 6 ^b
Urée (g/l)	0,36 ± 0,02 ^d	0,68 ± 0,03 ^a	0,45 ± 0,02 ^c	0,56 ± 0,02 ^b
Créatinine (mg/l)	7,75 ± 0,20 ^a	5,37 ± 0,35 ^b	5,20 ± 0,40 ^b	5,25 ± 0,30 ^b

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. T : témoin ; EL : expérimental lithiase ; ELP : expérimental lithiase préventif ; ELC : expérimental lithiase curatif. 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, d) sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau A2 : Marqueurs du stress oxydatif chez les rats

Paramètres	Lot T	Lot EL	Lot ELP	Lot ELC
MDA ($\mu\text{mol/L}$)	0,35 ± 0,02 ^b	1,25 ± 0,14 ^a	1,12 ± 0,13 ^a	1,36 ± 0,21 ^a
GSH ($\mu\text{mol/L}$)	17,50 ± 2,33 ^b	16,37 ± 1,50 ^b	24,90 ± 2 ^a	24 ± 1,35 ^a
Catalase (U/mL)	86,55 ± 2,88 ^a	50,45 ± 2 ^c	85 ± 2,52 ^a	63 ± 1,30 ^b
SOD (U/mL)	19,55 ± 1,27 ^a	18,75 ± 1,36 ^a	20 ± 2 ^a	19,66 ± 1,54 ^a

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type. T : témoin ; EL : expérimental lithiase ; ELP : expérimental lithiase préventif ; ELC : expérimental lithiase curatif. 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, d) sont significativement différentes ($P < 0,05$).

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 des graines d'orge 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 et curative des graines d'orge. Nos résultats indiquent que les graines d'orge présente un effet protecteur notable et améliore la fonction rénale.

Mots clés: Urolithiase ,les graines d'orge,l'éthylène glycol, cristallurie, calcium, urée, créatinine, stress oxydatif.

ملخص

تلكس البول هو حالة شائعة تتميز بتكوين حصوات في المسالك البولية. وهو يتأثر بالعوامل الأيضية والغذائية والبيئية، ويتضمن أنواعًا مختلفة من الحصوات ويتطلب مجموعة متنوعة من الأساليب العلاجية. كان الهدف من دراستنا هو تقييم فعالية بذور الشعير في منع تكون حصوات الكلى لدى فئران ويستار المصابة بالتهاب حصوات الكلى الناجم عن الإيثيلين جلايكول. تم إجراء تحاليل كيميائية حيوية (اليوريا والكرياتينين والكالسيوم) وعلامات الإجهاد التأكسدي (الكاتالاز والجلوتاثيون والغلوتاثيون والمادية الغنية بالهيدروجين وغيرها) وتحاليل البلورات لتقييم التأثير الوقائي والعلاجي لبذور الشعير. تشير نتائجنا إلى أن حبوب الشعير له تأثير وقائي و علاجي ملحوظ ويحسن وظائف الكلى.

الكلمات الرئيسية: التهاب المسالك البولية ، حبوب الشعير، جلايكول الإيثيلين، البيلة البلورية، الكالسيوم، اليوريا، الكرياتينين، الإجهاد التأكسدي.

Abstract

Urinary lithiasis is a common pathology, characterized by the formation of calculi in the urinary tract. It is influenced by metabolic, dietary and environmental factors, involving various types of stone and requiring a variety of therapeutic approaches. The aim of our study is to evaluate the efficacy of barley seeds in preventing kidney stone formation in Wistar rats with ethylene glycol-induced urinary lithiasis. Biochemical analyses (urea, creatinine, calcium), markers of oxidative stress (catalase, glutathione, MDA, etc.) and crystalluria analyses were carried out to assess the preventive and curative effect of barley seeds. Our results indicate that barley seeds has a notable protective effect and improves renal function.

Key words: Urolithiasis, , barley seeds ,ethylene glycol, crystalluria, calcium, urea, creatinine, oxidative stress.