



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la Recherche Scientifique



Université de Tissemsilt

Institut des Sciences de la Nature et de la vie

Référence/2026

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de master
Domaine : science de la Nature et de la vie
Spécialité : Biochimie Appliquée

Thème

**Recherche microscopique des espèces cristallines (cristaux cause de
La lithiase urinaire) dans les urines.**

Présenté et soutenu Le 24/06/2026 par :

SASSE Abdelkader et KHEDDAOUI Nasreddine

Jury :

Président: Mr. BEKADA Mohamed Ali
Encadreur: Mr. BEGHALIA Mohamed
Examinatrice : Mme.ZAKMOUT Badra

Prof
Prof
Dr

Univ-Tissemsilt
Univ- Tissemsilt
Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2025/2026

Remerciements

Nous rendons grâce à Allah, le Tout- Puissant, pour nous avoir accordé la force et la persévérance nécessaire à l'achèvement de ce travail.

Notre profonde gratitude va à notre encadreur, le Professeur **BEGHALIA Mohamed**, pour son accompagnement, sa disponibilité et ses orientations précieuses.

Nous remercions également Madame **Dr. ZAKMOUT Badra** et le Professeur **BEKADA Mohamed Ali**, pour l'honneur qu'ils nous font en participant à l'évaluation de ce mémoire.

Nos pensées reconnaissantes vont enfin à toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation.

Dédicace

Je dédie cet ouvrage :

A mes très chers parents

A ma chère femme et ma fille

A mes chers frères et sœurs.

A toute ma famille

A tous mes amis.

SASSE Abdelkader

Je dédie ce travail :

A mes chers parents

A mes frères et sœurs.

A toute ma famille paternelle et maternelle sans exception.

A mes amis.

KHEDDAOUI Nasreddine

Résumé

Cette étude a porté sur la recherche microscopique des espèces cristallines urinaires impliquées dans la lithiase urinaire chez 37 patients de la wilaya de Tissemsilt.

L'objectif principal était d'identifier les différents types de cristaux présents dans les urines et d'évaluer les facteurs favorisant la formation des calculs urinaires l'analyse a été réalisée sur des urines matinales fraîches à l'aide d'un microscope à lumière polarisée et d'une mesure du pH urinaire.

Les résultats ont montré une prédominance des cristaux de weddellite (oxalate de calcium di hydraté), observés chez 75,7% des patients suivis de la struvite 13,5%, des urates amorphes 8,1% et de la brushite 2,7%.

La population étudiée était majoritairement féminine 62,2% et les adultes âgés de 20à59 ans représentaient la tranche d'âge la plus touchée.

L'étude a également révélé une prédominance d'urines légèrement acides, avec un pH de 6 chez 67,6% des patients, condition favorable à la cristallisation des oxalates de calcium.

Ces résultats confirment l'importance de l'analyse de la cristallurie dans l'identification précoce des facteurs de risque lithogènes et dans l'orientation des mesures préventives visant à réduire la formation et la récurrence des calculs urinaires.

Mots-clés: Cristallurie, lithiase urinaire, oxalate de calcium, weddellite, struvite pH urinaire, microscope à lumière polarisée.

Abstract

This study focused on the microscopic examination of urinary crystal species involved in urinary lithiasis in 37 patients from the wilaya of Tissemsilt.

The primary objective was to identify the different types of crystals present in urine and to evaluate the factors contributing to the formation of urinary stones. The analysis was performed on fresh morning urine samples using a polarized light microscope and a measurement of urinary pH.

The results showed a predominance of weddellite crystals (calcium oxalate dihydrate), observed in 75.7% of patients, followed by struvite (13.5%), amorphous urates (8.1%), and brushite (2.7%).

The study population was predominantly female (62.2%), and adults aged 20 to 59 years represented the most affected age group.

The study also revealed a predominance of slightly acidic urine, with a pH of 6 in 67.6% of patients a condition conducive to the crystallization of calcium oxalate.

These results confirm the importance of crystalluria analysis in the early identification of lithogenic risk factors and in guiding preventive measures aimed at reducing the formation and recurrence of urinary stones

Keywords: Crystalluria, urinary lithiasis, calcium oxalate, weddellite, struvite, urinary pH, polarized light microscope.

الملخص

ركزت هذه الدراسة على الفحص المجهرى لأنواع البلورات البولية المرتبطة بتكوّن الحصوات البولية لدى 37 مريضاً من ولاية تيسمسيلت.

كان الهدف الرئيسي هو تحديد الأنواع المختلفة للبلورات الموجودة في البول وتقييم العوامل المساهمة في تكوّن الحصوات البولية. أُجري التحليل على عينات بول صباحية طازجة باستخدام مجهر الضوء المستقطب وقياس درجة الحموضة البولية.

وأظهرت النتائج غلبة بلورات الويديليت (أوكسالات الكالسيوم ثنائي الهيدرات)، التي لوحظت لدى 75.7% من المرضى، تليها بلورات الستروفيت (13.5%)، واليورات غير المتبلورة (8.1%)، والبرشيت (2.7%).

كان معظم المشاركين في الدراسة من الإناث (62.2%)، وشكل البالغون الذين تتراوح أعمارهم بين 20 و59 عامًا الفئة العمرية الأكثر تأثرًا.

كشفت الدراسة أيضًا عن غلبة البول الحمضي قليلًا، حيث بلغ الرقم الهيدروجيني 6 لدى 67.6% من المرضى وهي حالة تساعد على تبلور أكسالات الكالسيوم.

تؤكد هذه النتائج أهمية تحليل البول البلوري في الكشف المبكر عن عوامل الخطر المسببة لتكوّن الحصوات، وفي توجيه التدابير الوقائية الهادفة إلى الحد من تكوّن الحصوات البولية وتكرار حدوثها.

الكلمات المفتاحية: البول البلوري، تحصن بولي، أكسالات الكالسيوم، ويديليت، ستروفيت، درجة الحموضة البولية، مجهر الضوئي المستقطب.

Tables des matières

Remerciements	
Dédicace	
Table des matières	
Liste des Tableaux	
Liste des Figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale	
Première Partie : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre I: Rappel anatomique de l'appareil urinaire- la lithogé.....	4
1. Anatomie de l'appareil urinaire	5
2. les fonctions de l'appareil urinaire	5
3. La lithogénèse.....	6
3.1. Les différentes étapes de la lithogénèse	6
1 .La sursaturation urinaire	7
2 .La germination cristalline	8
3. La croissance des cristaux	8
4. L'aggrégation et l'agglomération cristallines	8
5 .La Rétention des particules cristallines	9
6 .La croissance du calcul.....	9
4. les promoteurs et les inhibiteurs de la lithogénèse	9
4.1. Les promoteurs de la lithogénèse	9
4.2les inhibiteurs de la lithogénèse.....	10
5. Voies conduisant à la des calculs urinaires	10
Chapitre II : La cristallurie.....	13
1. La cristallurie	14
2. La fonction des pH urinaire	14
2. Les espèces cristallines dans les urines des lithiasiques.....	14
2.1. Espèces cristallines indépendantes du pH	14
2.1.1. Oxalate de calcium.....	14
2.1.1.1. Oxalate de calcium monohydrate.....	14
2.1.1.2. Oxalate de calcium di hydraté (CaC ₂ O ₄ , 2H ₂ O)	15

2.1.2. La cystine.....	16
2.1.3.1. Dihydroxyadénine.....	17
2.2. Espèces cristallines pH-dépendantes	19
2.2.3.2. Ortho phosphates calciques	21
2.2.3.3. Phosphate ammoniac magnésien hexa hydraté ou struvite ($\text{Mg NH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)..	22
2.2.4. Médicaments	26

Deuxième Partie : EXPERIMENTALE

Chapitre III: Matériels et Méthodes

2. Cadre d'étude	32
3. Type d'étude.....	32
4. Modalité d'étude	32
5. Choix du prélèvement	33
6. Matériels et méthodes	34
6.1. Matériels	34
6.2. Méthodes	38
□ L'analyse des urines du matin.....	38
□ Mesure du pH	38
□ Préparation du culot	39
□ Examen microscopique a lumière polarisé.....	39

Chapitre IV :Résultats et Discussion

7. Résultats.....	41
7.1. Les espèces cristallines dans les urines des patients.....	41
7.2.Étude Démographique	44
7.3. Les espèces cristallines.....	46
7.4. PH	48
8. Discussion.....	50
8.1. Oxalate de calcium (Weddellite)	50
8.2. Struvite (phosphate ammoniac-magnésien).....	51
8.3. Brushite.....	51
8.4. Urate amorphes complexes.....	53
Conclusion.....	56

Référence Bibliographique

Liste des tableaux

Tableau 1: Matériels et Réactifs utilisés.....	34
Tableau 2: les espèces cristallines selon le sexe chez les patients	46

Liste des Figures

Figure 1: Anatomie générale de l'appareil urinaire .	5
Figure 2: principales étapes de la lithogénèse	7
Figure 3: promoteurs, substances cristallisables et espèces cristallines	12
Figure 4: cristallurie abondante de whewellite en lumière polarisée	15
Figure 5: Agrégat de cristaux de weddellite de 5 à 15mm	15
Figure 6: cristal hexagonal de caoxite (oxalate de calcium tri hydraté)	16
Figure 7: cristaux de cystine	17
Figure 8: cristaux 2.8 dihydroxyadénine accompagnés par amas polarisants d'urates amorphes complexes	18
Figure 9: cristallurie d'acide urique di hydraté	19
Figure 10: cristaux d'urates amorphes complexes	20
Figure 11: cristaux isolés et agrégés de brushite (phosphate acide de calcium di hydraté) en lumière polarisée	21
Figure 12: représentation des cristaux de PACC	22
Figure 13: cristaux polyédriques de struvite	23
Figure 14: (A): cristaux cruciformes de struvite aux contours irréguliers, vues en lumière polarisée (B): cristaux rectangulaires polarisants, noter la présence de faces trapézoïdales caractéristiques	23
Figure 15: cristaux parallélépipédiques non rectangle de calcite vue en lumière polarisée	24
Figure 16: cristallurie d'urate acide ammonium en lumière polarisée	25
Figure 17: différents faciès de l'urate d'ammonium en urine alcaline (A): cristaux en sphères (B): cristaux en cacahuètes	26
Figure 18: cristaux prismatiques polymorphes de chlorhydrate de N-acetylsulfamethoxazole	27
Figure 19: aiguilles et lamelles d'indinavir polarisantes et agrégées parallèlement les uns aux autres. Dimension importante (100-400µm)	28
Figure 20: aiguilles et baguettes d'aciclovir vues en lumière polarisée	29
Figure 21: microscope à lumière polarisée	35
Figure 22: cellule de Malassez	36
Figure 23: bandelette d'analyse d'urine	36
Figure 24: pipette	37
Figure 25: Tube conique	37
Figure 26: centrifugeuse	38
Figure 27: cristaux oxalate de calcium di hydraté (weddellite) x40	41
Figure 28: cristaux de weddellite en agrégat x40	42
Figure 29: struvite (phosphate ammoniac-magnésien en agrégat x40	42
Figure 30: urates amorphes complexes x40	43
Figure 31: cristaux de brushite x40	43
Figure 32: répartition des patients selon le genre	44
Figure 33: répartition des patients selon les tranches d'âge	45

Figure 34: répartition des espèces cristallines identifiées chez les patients	46
Figure 35: répartition des espèces cristallines selon le sexe.....	47
Figure 36: répartition des patients selon le pH urinaire	49

Liste des abréviations

AUC : acide urique di hydraté.

IRA: insuffisance rénale aigue

Ch4S : chondroïtine 4-sulfate.

PACC : le phosphate amorphe de calcium carboné

Mg2+: Magnésium.

NH4+: Ammonium.

CaHPO4 : phosphate hydrogéné de calcium

H2O : molécule d'eau

PAM : phosphate ammoniac magnésien

SIDA : le syndrome d'immunodéficience acquise

SNV : science de la nature et de la vie.

Introduction générale

674 million de personnes dans le monde souffrent d'une maladie de lithiase urinaire qui exprime par la formation de calculs dans le rein ou les voies urinaires [1].

Le calcul étant une agglomération de cristaux liés par une matrice organique [2].

S'agit d'une maladie multifactorielle déroulant de diverses causes : changements dans les habitudes alimentaires, conditions d'hygiène, facteurs environnementaux, ainsi que la fréquence des troubles qui augmente le risque de formation de calculs [3]. Les infections urinaires, médicamenteuses, les anomalies anatomiques du système urinaire ou encore les affections métaboliques constitutionnelles ou acquises [4].

La lithogénèse comprend plusieurs étapes qui se manifestent de manière séquentielle ou simultanée. Certaines phases, liées aux premiers stades de la lithogénèse et que l'on désigne par le terme de cristallogénèse, se rapportent à la création de cristaux à partir de substances initialement présentes sous forme dissoute dans les urines. Elles ne représentent pas elles-mêmes un processus pathologique.

Il est effectivement notoire que la cristallisation se manifeste dans divers urines normales, reflétant la condition de sursaturation de ces dernières par rapport à plusieurs solutés urinaires tels que l'oxalate de calcium, l'acide urique ou le phosphate de calcium [5].

La sursaturation peut aussi être due à une irrégularité du cycle de pH urinaire qui provoque une réduction de la solubilité de la substance normalement présente en concentration dans l'urine. Cela concerne notamment l'acide urique, les phosphates de calcium et les urates.

Notre travail vise principalement à :

L'analyse de cristallurie consiste à identifier les différentes espèces de cristaux présentes dans les urines des patients.

Déterminer les éléments de risque lithogène ou les irrégularités métaboliques, qu'elles soient génétiques ou pas, qui contribuent à la formation des calculs pour orienter la prévention en fonction des résultats du premier bilan biologique et de la cristallurie.

Identifier les facteurs de risque liés à la lithiase et établissez un parcours de soins pour les patients lithiasique

Ainsi, notre recherche se divise en deux parties :

La première partie a été examinée lors de la revue de littérature et comprend deux chapitres :

Premier chapitre : aperçu général sur la lithiase urinaire et le système urinaire.

Chapitre deux : la cristallurie

La deuxième partie de cette mémoire se concentre sur nos études individuelles, présentant

Matériels et méthodes, les résultats d'investigation des espèces cristallines dans les urines des patients à l'aide du microscope à lumière polarisée et d'une étude épidémiologique, ainsi que la discussion.

Première partie :
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I :

Rappel anatomique de l'appareil urinaire- la lithogenèse

1. Anatomie de l'appareil urinaire

L'appareil urinaire est composé de :

1. les reins, au nombre de deux, qui produisent l'urine.
2. les deux uretères transportent l'urine produite par les reins jusqu'à la vessie.
3. la vessie qui fait office de conteneur pour les urines.
4. l'urètre qui facilite l'élimination de l'urine.

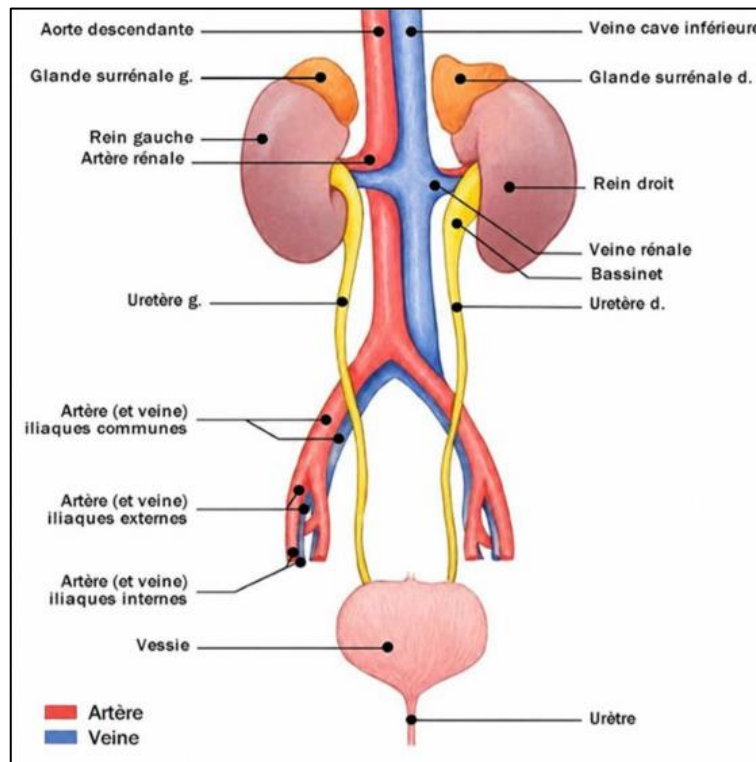


Figure 1: Anatomie générale de l'appareil urinaire [6].

2. les fonctions de l'appareil urinaire

Ce dispositif est un système continu qui l'élimination des résidus alimentaires sous forme d'urine après leur digestion. au cours de la première phase de formation de l'urine, l'eau et les solutés qu'elle renferme sont transférés du plasma la lumière des tubules connus sous le nom de néphrons (structure tissulaire des deux reins), qui représentent les composants fondamentaux de l'anus [7].

3. La lithogenèse

La lithogenèse désigne l'ensemble des processus qui mènent à la formation d'une pierre dans les voies urinaires. Le calcul est une concentration de taux liés par une matrice organique. La lithogenèse comprend plusieurs étapes qui peuvent se manifester de manière successive ou simultanée. Des phases de la lithogenèse, appelées cristallogenèse, sont liés à la création de cristaux à partir de composants initialement dissous dans l'urine. Ces étapes ne représentent pas en elles-mêmes un processus pathologique. Il est effectivement largement établi que la cristallisation se manifeste dans un grand nombre d'urines normales, reflétant leur état de saturation par rapport à divers solutés urinaires comme l'oxalate de calcium, l'acide urique ou le phosphate de calcium [2].

3.1. Les différentes étapes de la lithogenèse

Au cours de la formation du calcul, les étapes de la lithogenèse peuvent se suivre ou se chevaucher selon [8]. Les étapes incluent :

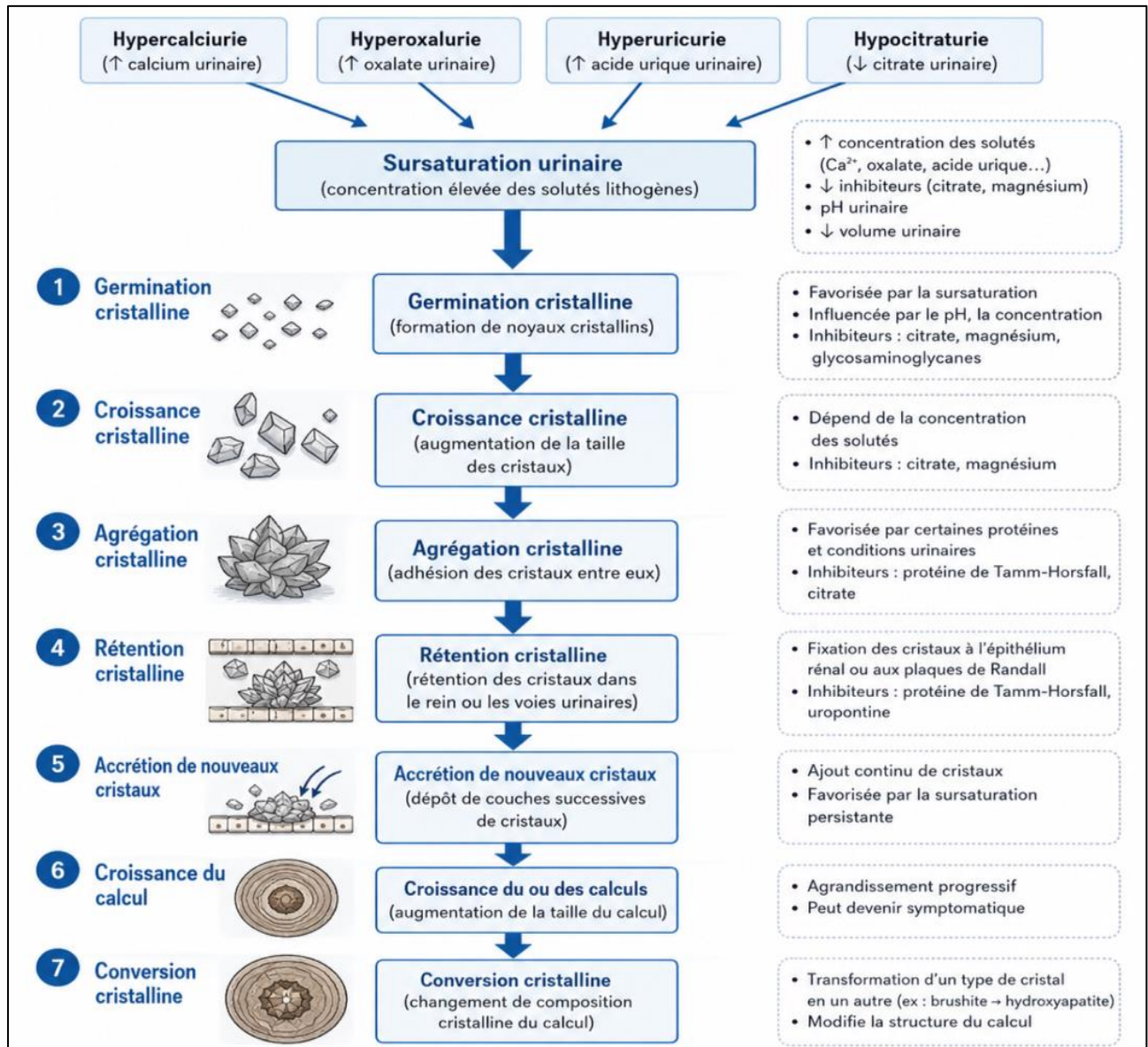


Figure 2: principales étapes de la lithogénèse [9].

3.1.1 .La sursaturation urinaire

On ne reconnaît que la composition de l'urine a un impact significatif sur la création des pierres. La sursaturation urinaire est définie comme la concentration maximale d'un ou plusieurs solutés au-delà de laquelle toute nouvelle portion de la substance ajoutée reste insoluble.

La cristallisation est donc favorisée par une concentration élevée de l'urine en sels formant les calculs, un facteur crucial dans la formation des calculs [8,10].

3.1 2 .La germination cristalline

Le seuil de sursaturation à partir duquel les cristaux commencent à se former rapidement est défini comme un seuil de risque, souvent référencé comme étant le produit de formation. Ce produit est lié à la composition de l'urine, qui peut varier d'une personne à l'autre et d'un échantillon à l'autre. Ce seuil varie également d'une espèce cristalline à une autre. Quand l'urine est moins saturée que le produit de formation, on dit qu'elle est métastable. Dans ce cas, la cristallisation se fait lentement et prend généralement plus de temps que le déplacement de l'urine à travers les voies urinaires, ce qui signifie qu'il n'y a pas de risque de formation de calculs rénaux. Quand la concentration de l'urine est moins élevée que le produit de formation, l'urine est stable. À l'inverse, lorsque la concentration dépasse le produit de formation, elle devient instable et la cristallisation s'accélère, ce qui augmente le risque de formation de calculs rénaux. Plus la sursaturation est importante, plus la vitesse de cristallisation s'accélère et plus le nombre de cristaux augmente [3].

3.1.3. La croissance des cristaux

Les premiers germes cristallins de moins de 10nm vont croître en taille pour donner naissance à des cristaux mesurant entre 1 et 100µm [11,12]. Un germe, qui est retenu dans la région pelvienne ou calicule, peut se développer grâce à la croissance des cristaux et à l'incorporation de nouveaux cristaux, par le biais d'agrégation ou d'agglomération [13].

3.1.4. L'agrégation et l'agglomération cristallines

Cette phase est le contraire de l'expansion, l'agrégation cristalline, qui nécessite des processus d'attraction électrostatique dépendant de la charge de surface des cristaux, constitue un procédé rapide. Il est donc capable de créer de grandes particules (des dizaines, jusqu'à des centaines de microns dans certains cas), en un laps de temps extrêmement court, moins longtemps qu'il ne faut à l'urine pour traverser les reins [14]. La cristallisation est constituée de grandes particules poly cristallines d'urine. Les charges négatives ont la capacité de s'adhérer à la surface des cristaux, renforçant ainsi secondairement la liaison.

Des cristaux supplémentaires sont disposés sur le premier, les arrangeant les uns par rapport aux autres et contribuant à la structure du calcul. C'est un élément crucial de la cholécystolithiase. L'expression des deux se situe dans les phases initiales de la formation rocheuse, menant à la rétention. Des particules dans les voies urinaires, uniquement lors des phases finales de la formation du tartre.

3.1.5 .La Rétention des particules cristallines

Lorsqu'il y'a stagnation ou forte sursaturation, une cristallisation se produit dans la lumière tubulaire [11]. Et des calculs néphrotiques sont également observés dans l'acidose tubulaire distale ou dans les insuffisances rénales aiguës (IRA) [3].

L'accumulation d'urine, même faiblement concentrée, dans une cavité rénale empêche l'évasion des cristaux ce qui conduit à la formation de plusieurs calculs au même endroit, en présence d'anomalies [2,8].

3.1.6 .La croissance du calcul

Le taux d'augmentation des calculs en raison de la rétention des cristaux peut fluctuer considérablement, dépendant du degré de sursaturation de l'urine. Quand la lithogénèse est due à des anomalies alimentaires, son apparition est sporadique et le développement du calcul se fait par épisodes en fonction de la saturation de l'urine. L'estimation qui déroule de cela est souvent pure, car la sursaturation est liée à une anomalie métabolique de grande ampleur [15].

4. les promoteurs et les inhibiteurs de la lithogénèse

La formation des calculs découle d'un déséquilibre entre les facteurs favorisant et inhibant la lithogénèse. On appelle promoteurs de la cristallisation les ions qui contribuent à la formation d'espèces insolubles .Ils se regroupent fréquemment par paires ou en trio pour créer une substance cristallisable qui, elle-même, peut exister sous diverses formes cristallines.

Un changement dans l'état d'ionisation des promoteurs, notamment sous l'effet du pH des urines, joue aussi un rôle crucial dans la rupture de l'équilibre.

4.1. Les promoteurs de la lithogénèse

Les agents litho géniques sont les catalyseurs de la cristallisation : ce sont les substances dont une concentration urinaire trop élevée, c'est -à-dire dépassant leur produit de solubilité dans l'urine.

Les conduits pour la cristallisation .on en dénombre onze, y compris les principaux comme le calcium, l'oxalate et le phosphore. Ils se combinent fréquemment.

Par deux ou trois pour créer une molécule susceptible de se cristalliser dans l'urine.

4.2les inhibiteurs de la lithogénèse

Les substances inhibitrices de la lithogénèse sont des composés qui rehaussent le niveau de sursaturation requis pour déclencher la nucléation, freinent la croissance cristalline et entravent par conséquent secondairement la nucléation [16].

Il s'agit du magnésium, du citrate, du pyrophosphate et de la protéine de Tamm-Horsfall. Les inhibiteurs agissent de diverses manières, allant de l'inhibition de la nucléation primaire et secondaire à la croissance et à l'agrégation des cristaux [17,18].

Car ils sont modifiés, ce qui compromet leur efficacité. Du fait de la multitude d'inhibiteurs présents dans l'urine, il est ardu de déterminer lesquels jouent un rôle décisif chez les individus lithiasiques [19].

Les inhibiteurs sont présents tant chez les individus normaux que lithiasiques, mais ils semblent globalement moins efficaces pour empêcher la formation de cristaux chez ces derniers. Cela peut être du soit à leur quantité insuffisante comparée aux porteurs, soit à une modification structurelle qui altère leur efficacité [20]. On a suggéré qu'une concentration inférieure à la normale d'inhibiteurs pourrait être un mécanisme pathologique de la maladie. Outre cette faible présence d'inhibiteurs, les individus lithiasiques peuvent également présenter des anomalies concernant certains d'entre eux [19].

5. Voies conduisant à la des calculs urinaires

Les raisons qui expliquent la majorité des calculs urinaires demeurent obscures et des recherches se poursuivent pour identifier les facteurs étiologiques menant à leur apparition chez les personnes atteintes de lithiases [21]. On identifie trois mécanismes principaux à l'origine de la formation des calculs urinaires.

1-Les calculs se forment à la surface d'une papille rénale, au niveau des zones de dépôt de plaque d'apatite interstitielle (connue sous le nom de plaque de Randall), comme on l'observe chez les personnes atteintes de lithiase idiopathique qui produisent de l'oxalate de calcium.

2 -les calculs associent à des bouchons qui excèdent les ouvertures des conduits de Bellini, comme observé dans l'hyperoxalurie et l'acidose tubulaire distale.

3-les calculs se forment librement dans le système de recueil rénale à l'instar de la cystinurie .La présence de cristaux d'hydroxyapatite dans le compartiment interstitiel ou tubulaire (et parfois les deux) de la médullaire rénale chez la lithiasique est la norme générale et elle a des conséquences dans les phases précoces de formation d'un calcul, ainsi que sur le danger d'une atteinte rénale [22].

En ce qui concerne la formation des calculs d'oxalate de calcium, trois types de facteurs ont été identifiées : génétiques, métaboliques et alimentaires. Ces éléments contribuent collectivement ou individuellement à la création de calculs urinaires .Le processus débute sans doute par la formation d'un nid initiateur sur l'épithélium, qui agit comme un support pour la cristallisation et ultérieurement la croissance du calcul.

Il est probable que l'anomalie soit causée par des dommages aux cellules et à la membrane liminale [9].

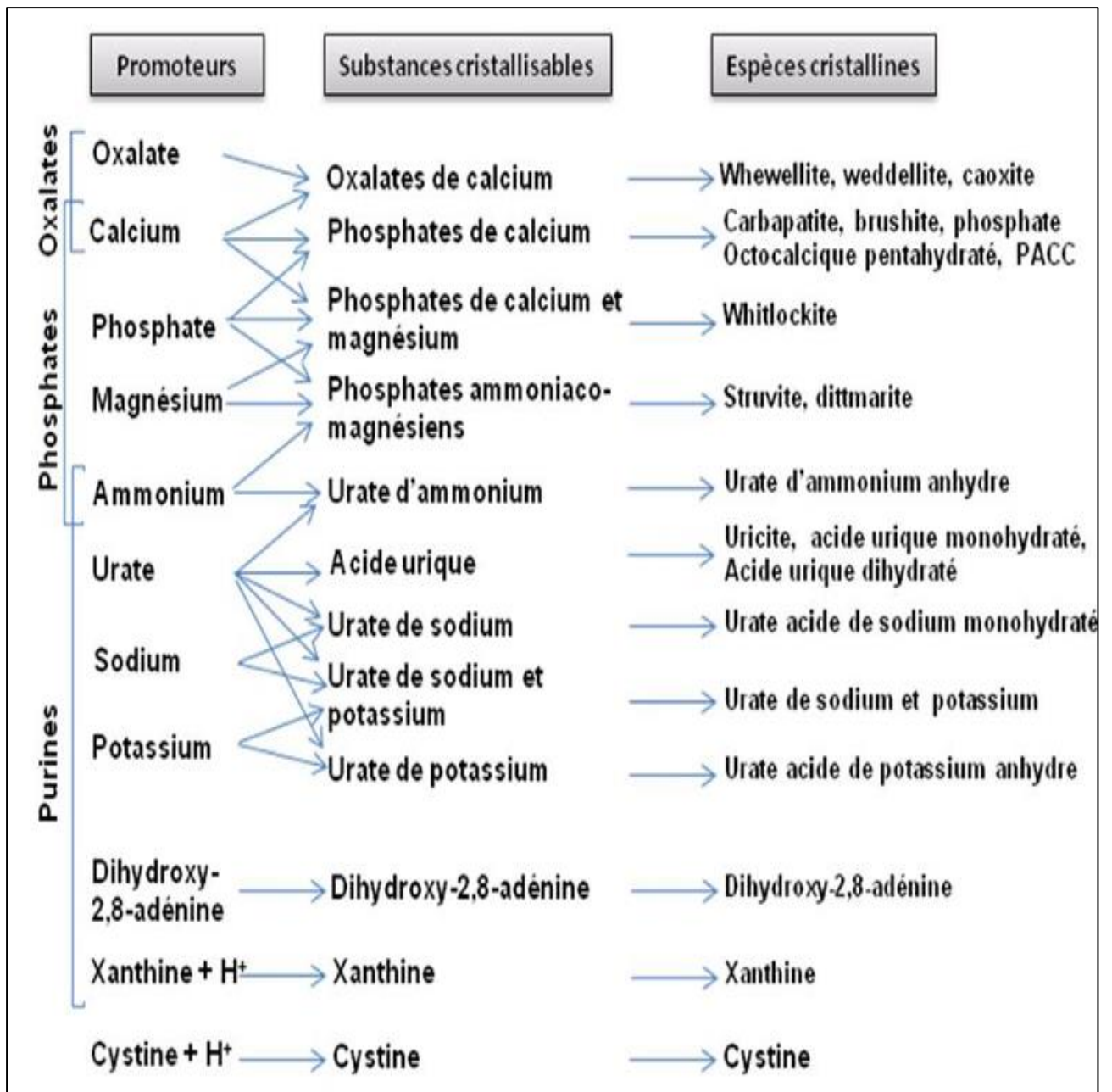


Figure 3: promoteurs, substances cristallisables et espèces cristallines [2].

Chapitre II :

La cristallurie

1. La cristallurie

Indique une sursaturation des urines, et peut être observée dans les urines normales comme pathologiques .L'analyse de la cristallurie peut fréquemment mettre en évidence des anomalies biochimiques ou des maladies grâce à la nature et aux propriétés des cristaux [16].

2. La fonction des pH urinaire

Le pH de l'urine est l'un des premiers éléments qui agissent sur la cristallurie in vivo. Certaines substances possèdent une solubilité qui change peu aux pH généralement observés dans les urines (comme c'est le cas de l'oxalate et de l'adénine 2.8d'hydroxyadénine [23]. Le pH physiologique fluctue entre 4.5 et 7.5 [24].

2. Les espèces cristallines dans les urines des lithiasiques

Dans la plupart des situations, plusieurs ions, dont au moins un en concentration élevée dans l'urine, vont se combiner pour créer une entité chimique non soluble .L'apparition d'espèces cristallines dans l'urines peut être interprétée comme un signe de déséquilibre entre deux types de substances : d'un côté, les promoteurs et de l'autre les inhibiteurs de la cristallisation [2].

2.1. Espèces cristallines indépendantes du pH

2.1.1. Oxalate de calcium

Plus de 70% des calculs urinaires sont composés d'oxalate de calcium [25]. On le trouve dans les calculs sous deux phases cristallines différentes :

2.1.1.1. Oxalate de calcium monohydrate

C'est l'élément le plus courant, qui se présente principalement sous deux formes cristallines .La forme la plus répandue est la weddellite [26]. Qui est oxalo-dépendante et se cristallise dans les urines hyperoxalurique. Brunâtre, lisse, de forme ovale avec un centre déprimé ; aspect similaire à celui des cacahuètes, apparence qui rappelle la navette [27].

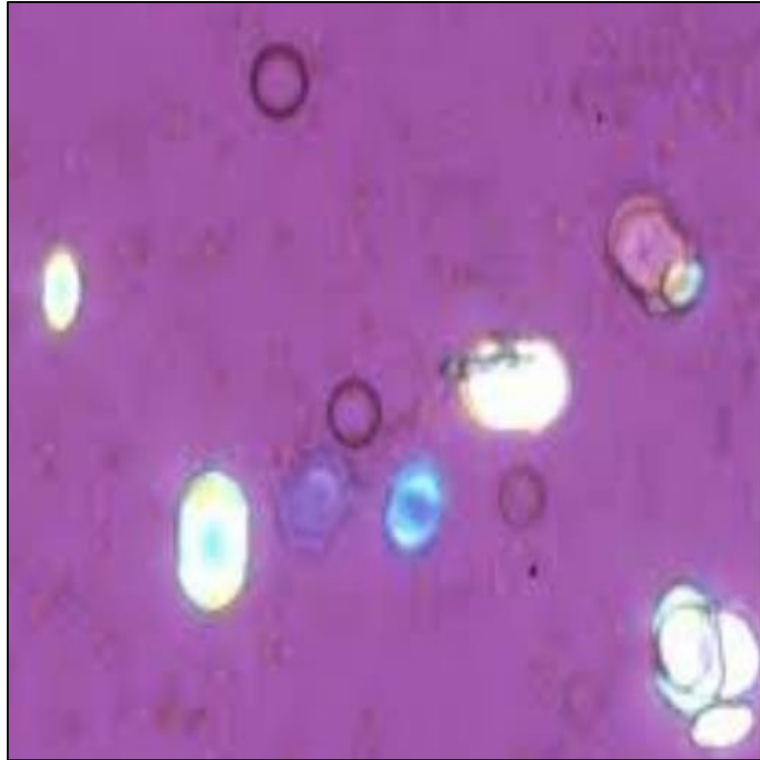


Figure 4: cristallurie abondante de whewellite en lumière polarisée [3].

2.1.1.2. Oxalate de calcium di hydraté ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Dépanadant du calcium, de couleur jaunâtre, de grande taille et fréquemment retrouvée dans les urines hypercalciuriques [28].

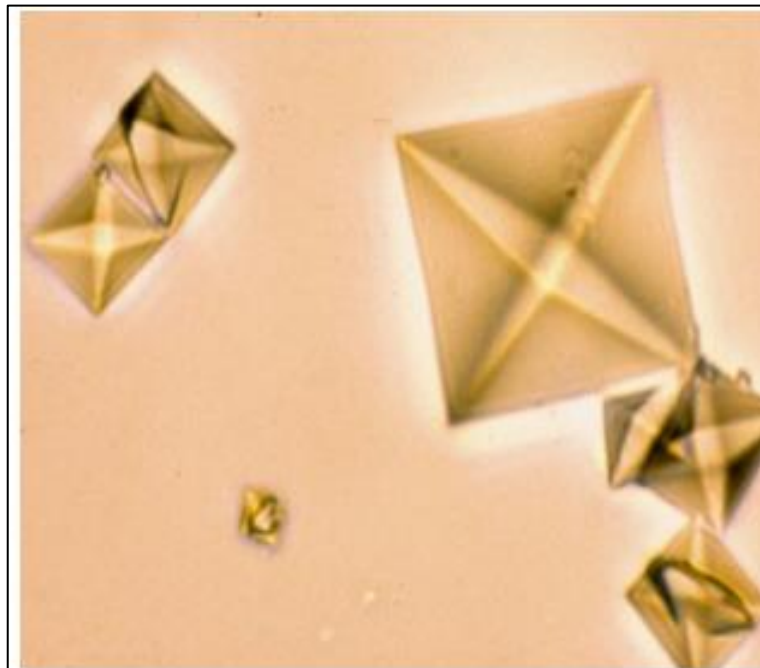


Figure 5: Agrégat de cristaux de weddellite de 5 à 15mm [29].

2.1.1.3. Oxalate de calcium tri hydraté ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

Qui se cristallise dans le système trichinal. On observe rarement cette forme particulière dans l'urine, elle est considérée comme exceptionnelle.

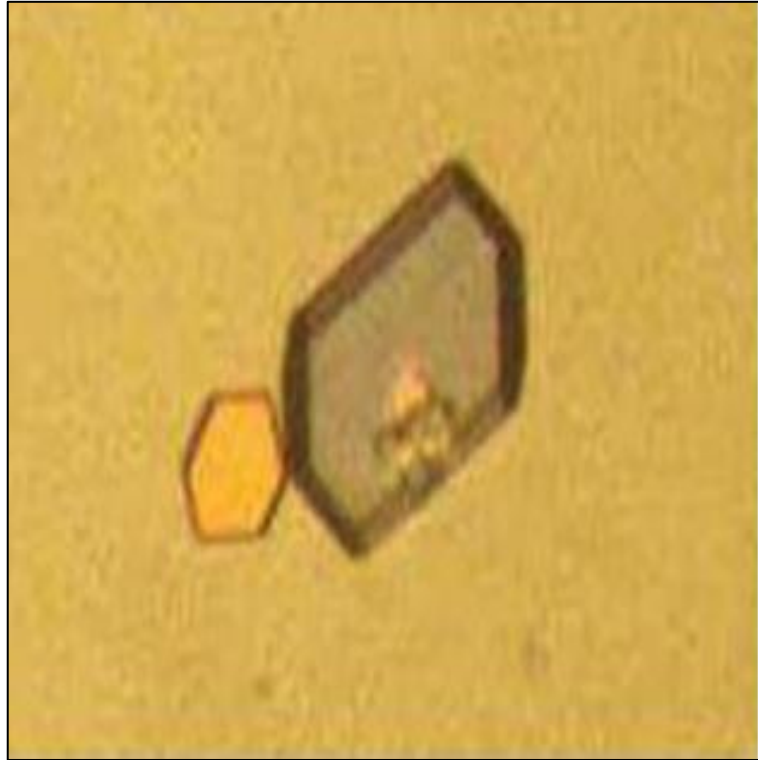


Figure 6: cristal hexagonal de caoxite (oxalate de calcium tri hydraté) [29].

2.1.2. La cystine

La présence de ces cristaux hautement distinctifs de structures hexagonales [30].

Ils résultent d'une anomalie génétique affectant le transport des acides aminés dibasiques dans le tubule proximal. La cystine est éliminée en grande quantité et sa faible capacité de dissolution dans l'urine la rend propice à la formation de calculs [26].

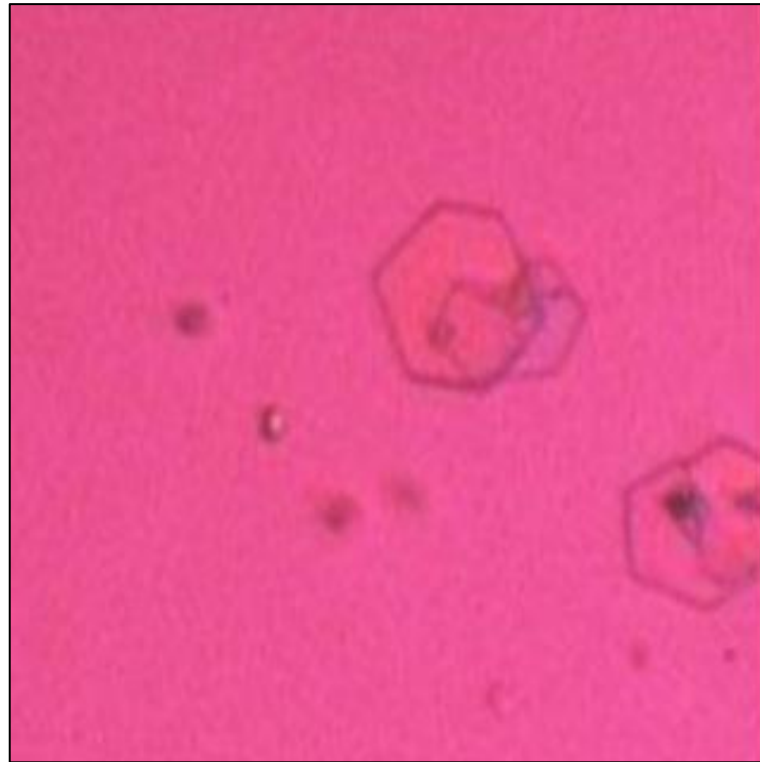


Figure 7:cristaux de cystine [31].

2.1.3. Autres purines

La xanthine et la 2.8dihydroxyadenine sont liées à des déficits enzymatiques qui peuvent conduire à la formation de calcul [26].

2.1.3.1. Dihydroxyadénine

La dihydroxyadénine est imperméable aux fluctuations du pH de l'urine .Elle apparait comme une sphère ayant une apparence spécifique sous lumière polarisée [33,34].

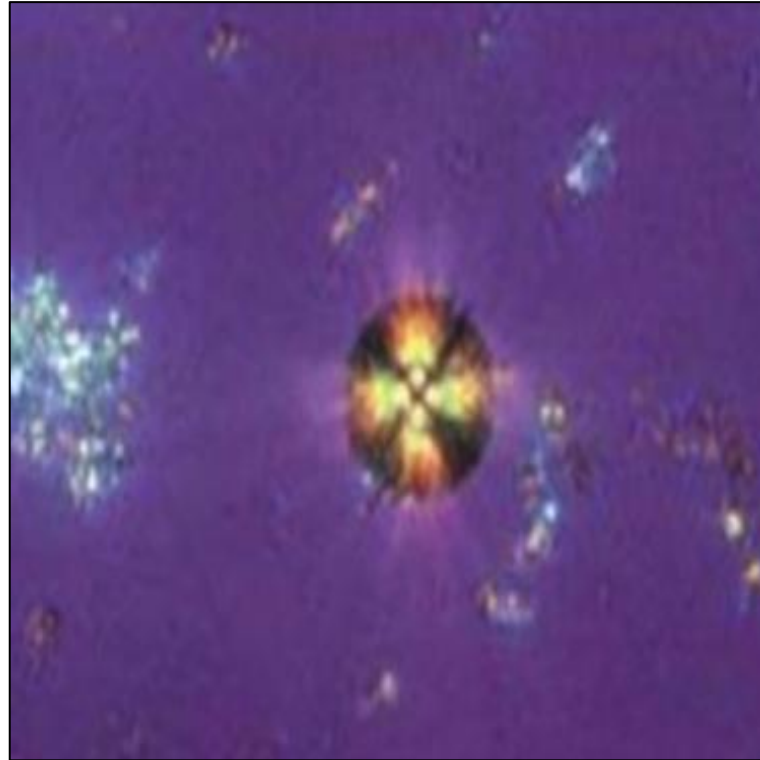


Figure 8: cristaux 2.8 dihydroxyadénine accompagnés par amas polarisants d'urates amorphes complexes [3].

2.1.3.2. Cholestérol

Le cholestérol, étant particulièrement lipophile, n'aurait théoriquement pas sa place dans les urines. En revanche, on le constate fréquemment dans les calculs biliaires, suite à la rupture de l'équilibre micellaire entre le cholestérol et les sels biliaires. Toutefois, dans certains contextes pathologiques, des cristaux de cholestérol peuvent être détectés dans les urines. Cela inclut notamment certains syndromes néphrétiques, les néphroses lipidiques et les ruptures de kystes intra-rénaux, ces derniers pouvant reformer des cristaux de cholestérol qui sont alors libérés dans les urines. À l'inverse des autres cristaux, le cholestérol possède la caractéristique de se maintenir à la surface des urines. Il se manifeste sous l'aspect de grands cristaux lamellaires souvent maclés [32].

2.1.3.3. Xanthine

La xanthine, étant trois fois plus soluble dans l'urine alcaline, les cristaux sont principalement détectés dans l'urine acide. Ils se caractérisent souvent par une morphologie atypique, avec de grandes granulations et des baguettes polarisantes, ce qui peut entraîner la confusion de la xanthine avec d'autres espèces cristallines si l'identité des cristaux n'est pas confirmée par une analyse infrarouge [32].

2.2. Espèces cristallines pH-dépendantes

Les cristaux urinaires les plus fréquents réagissent fortement au pH de l'urine .Il en va de même pour les acides uriques, les phosphates de calcium et de magnésie, les urates et les carbonates [32].

2.2.1. Acide urique

On distingue deux types, l'anhydre et le di hydraté. Les causes principales de ce phénomène sont l'hyperacidité urinaire et l'hyperuricurie. Ces calculs sont transparents pour l'audition [26]. La forme di hydraté (AUC) est principalement dépendante du pH et se rencontre dans les urines acides pH moyen 5.2 [30].



Figure 9:cristallurie d'acide urique di hydraté [31].

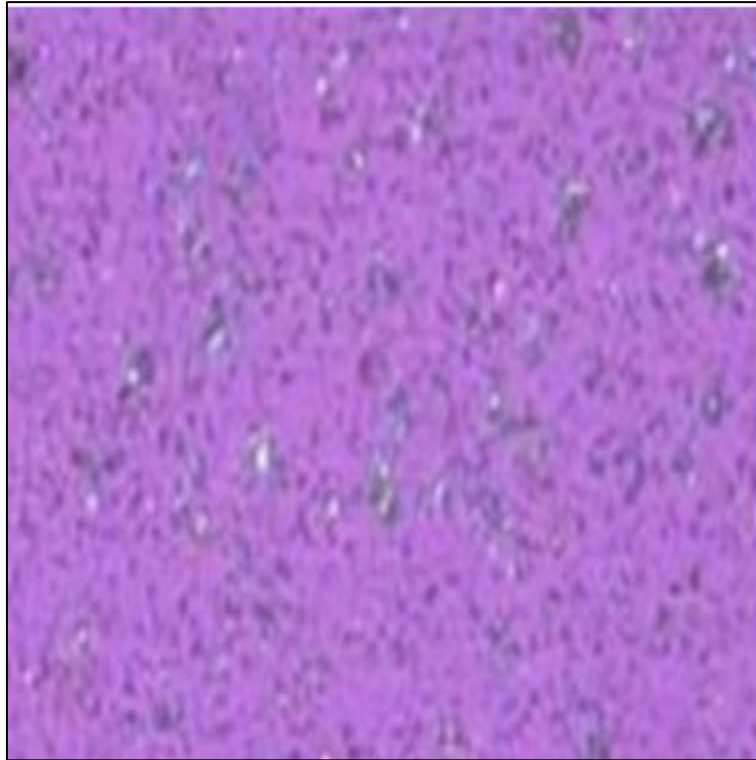


Figure 10:cristaux d'urates amorphes complexes [31].

2.2.2. Protéines

Dans un milieu acide, les protéines peuvent se précipiter dans l'urine .Elles apparaissent comme des agrégats composés de granules grossiers et de particules irrégulières non polarisées .On peut observer ces granulations lors de protéinurie, même légère (entre 0.5 et 1 g/j), lorsque le pH est inférieur à 5,7 [32].

2.2.3. Phosphates calciques

2.2.3.1. Brushite

Une cristallurie de phosphate de calcium se forme généralement entre un pH 5.9 et 8.8. Même avec une quantité moindre de cristaux, on peut évoquer une hyper calciurie souvent liée à la weddellite [35].



Figure 11: cristaux isolés et agrégés de brushite (phosphate acide de calcium di hydraté) en lumière polarisée [31].

2.2.3.2. Ortho phosphates calciques

Les autres phosphates de calcium (ortho phosphates) sont constitués principalement de groupements PO_4 , leur composition dépend essentiellement du pH. Se distinguent aisément des autres espèces cristallines, elles se manifestent sous la forme de granules. La forme la plus répandue est le phosphate amorphe de calcium carboné (PACC), qui se présente souvent sous la forme de granules fins ou moyens, soit isolés, soit généralement groupés en petits paquets. Il peut également se manifester sous la forme de plaques vitreuses semi-transparentes aux contours irréguliers [32].

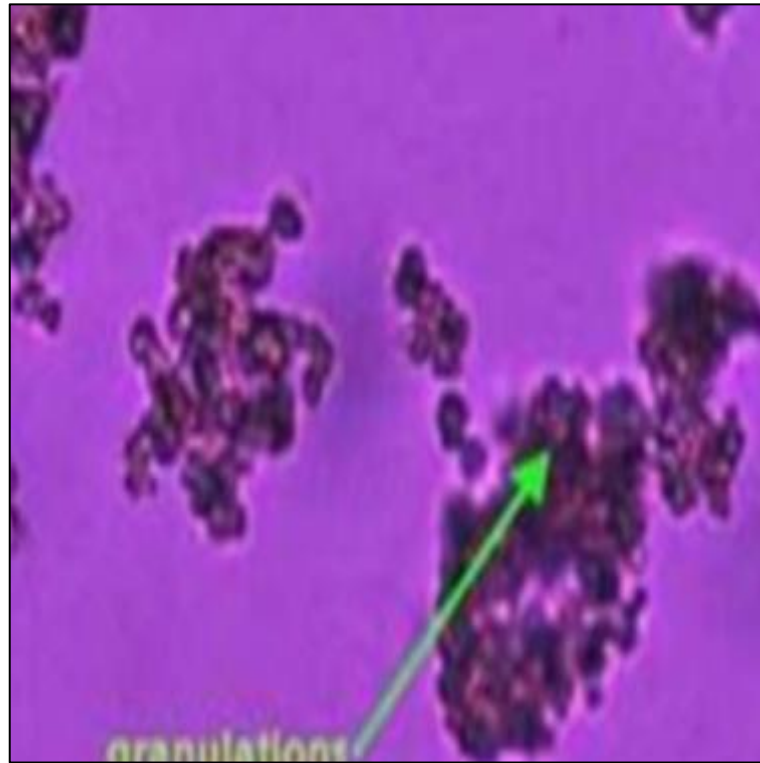


Figure 12:représentation des cristaux de PACC [31].

2.2.3.3. Phosphate ammoniac magnésien hexa hydraté ou struvite ($\text{Mg NH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

La présence d'une infection chronique de l'appareil urinaire due à des germes produisant une urease qui hydrolyse l'urée et génère des ions ammonium, entraînant une élévation du pH responsable de la cristallisation de la struvite [26]. La struvite retrouvée dans une urine collectée peut être interprétée comme un indicateur spécifique d'une infection urinaire causée par un microorganisme producteur d'urease. Les cristaux de struvite, qui se forment dans une urine alcaline, peuvent varier en taille et se présenter sous différentes formes [32].

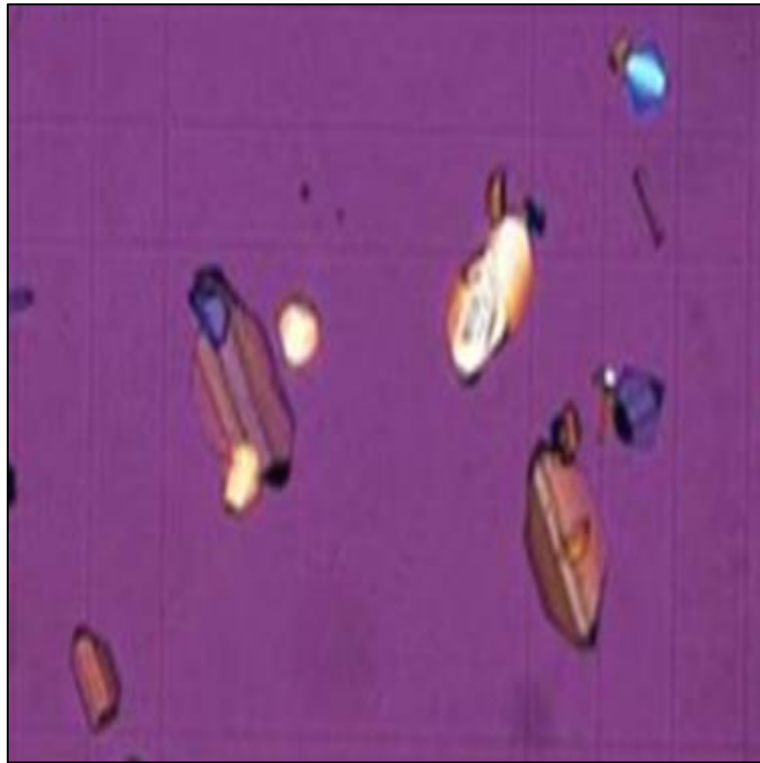


Figure 13:cristaux polyédriques de Struvite [32].

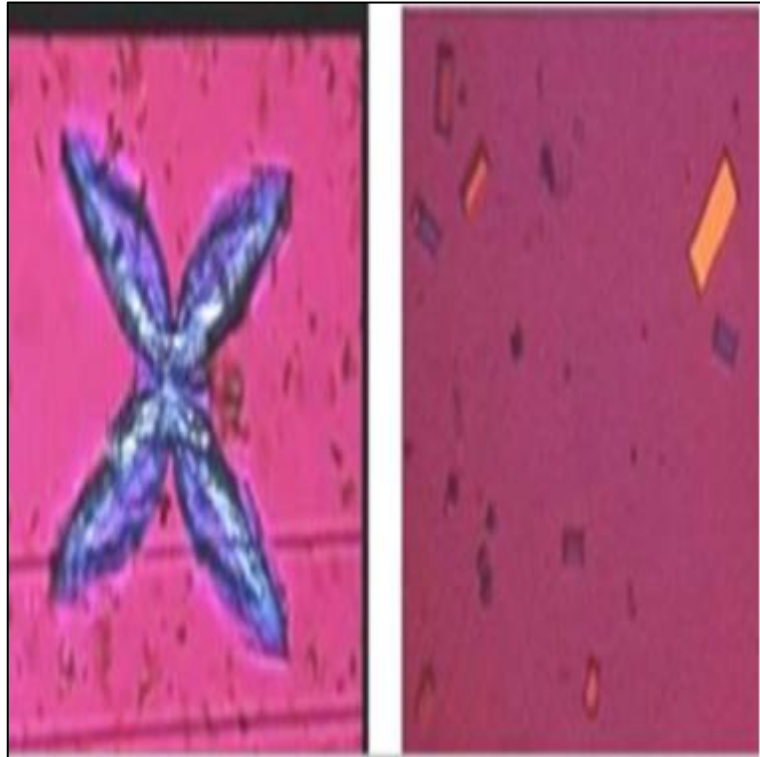


Figure 14:(A): cristaux cruciformes de Struvite aux contours irréguliers, vues en lumière polarisée (B): cristaux rectangulaires polarisants, noter la présence de faces trapézoïdales caractéristiques [3].

2.2.3.4. Carbonate de calcium

Il existe quatre formes de carbonate de calcium : la calcite, l'aragonite, l'artérite et la monohydrocalcite. On ne peut observer que la première dans l'urine humaine, à travers diverses formes cristallines. Les cellules proximales produisent un inhibiteur protéique spécifique du carbonate de calcium, connu sous le nom de lithostatine [36].

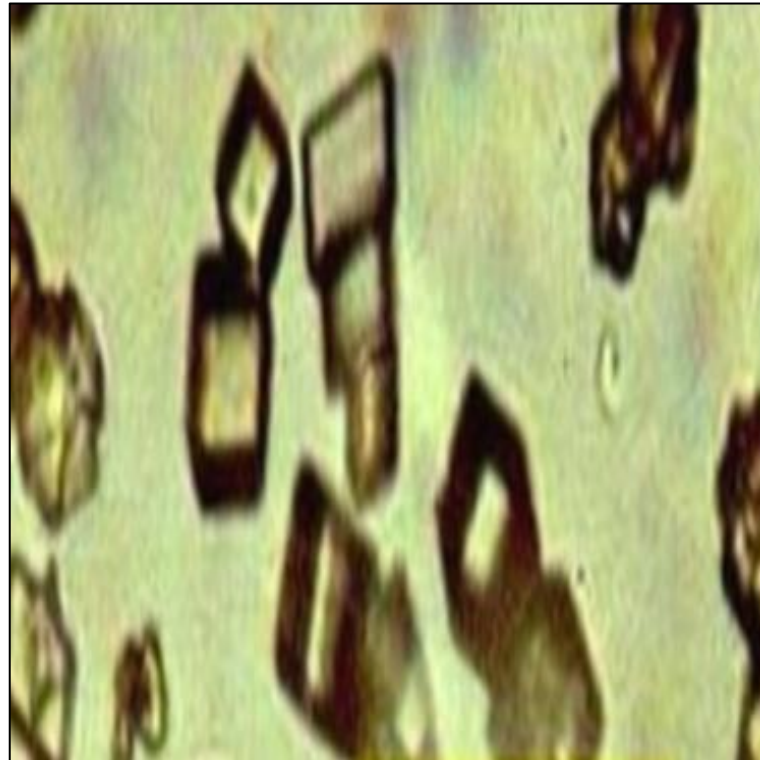


Figure 15: cristaux parallélépipédiques non rectangle de calcite vue en lumière polarisée [32].

2.2.3.5. L'urate acide ammonium

Ils se développent dans une urine plutôt alcaline [26]. La détection de ces cristaux confirme la présence d'un microbe ureasique dans l'urine, apte à produire un pH et une concentration en NH_4^+ assez élevés pour favoriser leur formation [28]. En réalité, quatre types de cristaux d'urates sont nettement plus courants que les autres du fait de leur faible solubilité dans l'urine alcaline. C'est le cas de l'urate acide

D'ammonium anhydre et de l'urate acide de sodium monohydraté. De l'urate combiné de sodium et potassium, rangés selon leur solubilité croissante [32].



Figure 16: cristallurie d'urate acide ammonium en lumière polarisée [37].

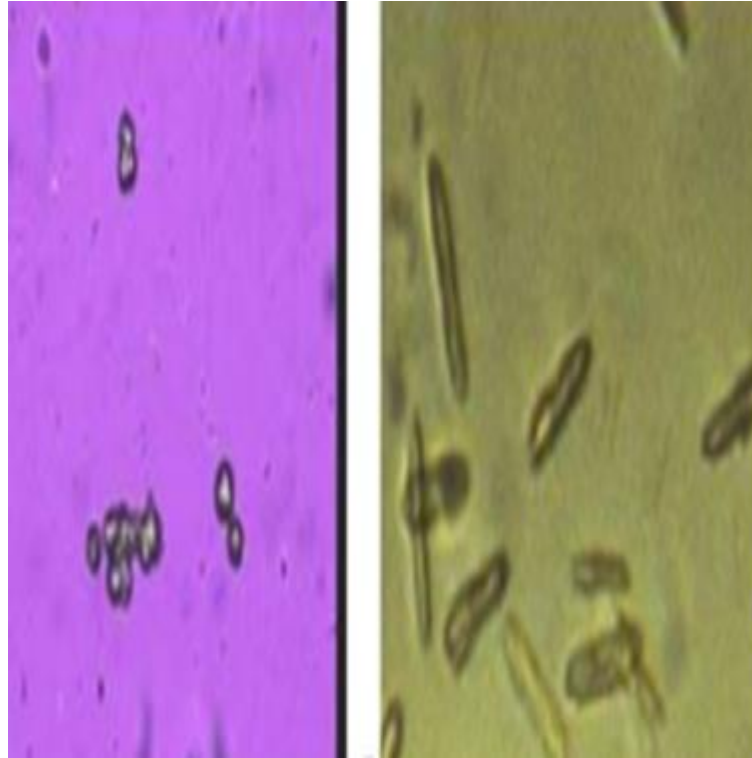


Figure 17:différents faciès de l'urate d'ammonium en urine alcaline (A):cristaux en sphères (B):cristaux en cacahuètes [37].

2.2.4. Médicaments

Il est rare que des molécules pharmaceutiques cristallisent dans les urines. En General, il s'agit de molécules administrées à des doses élevées qui partagent une caractéristique commune : leur demi-vie courte [3]. Quelques-unes d'entre elles (cristaux d'indinavir, cotrimoxazole, allopurinol, amiodarone, diurétiques thiazidiques...), ont la capacité de précipiter dans les urines et de former des calculs [26].

2.2.4.1. Sulfamides

C'est le métabolite principal du sulfaméthoxazole, un antiseptique urinaire fréquemment employé en combinaison avec le triméthoprim. Les cristaux se développent dans une urine Acide (pH inférieur à 5.9) et possèdent la caractéristique de souvent imiter les cristaux d'acide urique di hydraté, avec qui ils sont souvent confondus [38] .

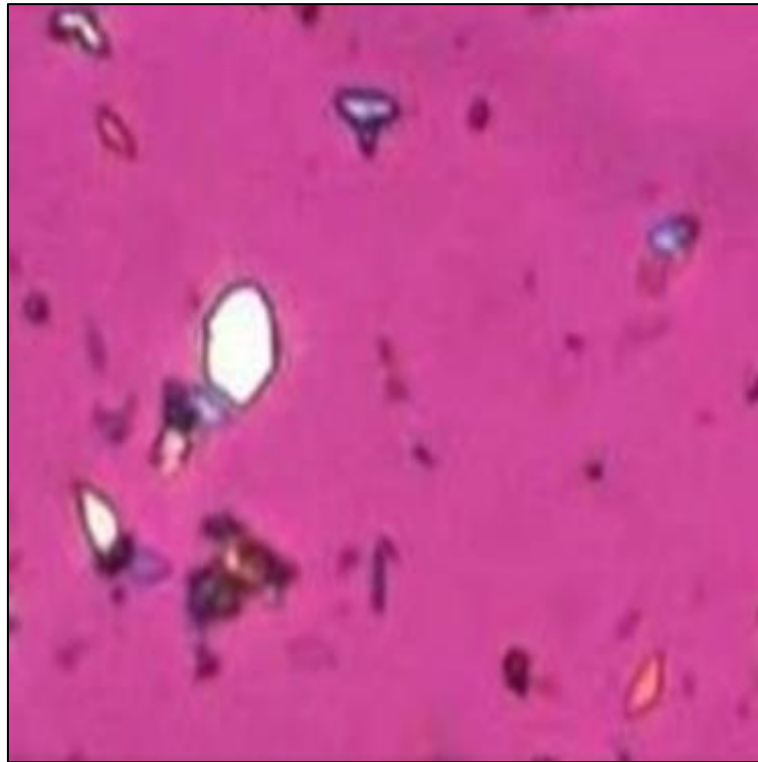


Figure 18: cristaux prismatiques polymorphes de chlorhydrate de N-acetylsulfamethoxazole [31].

2.2.4.2. Antiviraux

2.2.4.2.1. Anti protéases

On a attribué à diverses associations thérapeutiques d'anti-protéines contre le syndrome d'immunodéficience acquise (SIDA) .La responsabilité de complications rénales courantes, y compris des calculs rénaux et une insuffisance rénale chronique [39].



Figure 19: aiguilles et lamelles d'indinavir polarisantes et agrégées parallèlement les uns aux autres. Dimension importante (100-400 μ m) [3].

2.2.4.2.2. Aciclovir

L'aciclovir, un autre médicament antiviral, peut se cristalliser dans les reins, notamment lorsqu'il est administré à des doses non recommandées pour l'augmentation de la diurèse. Cela peut parfois entraîner une insuffisance rénale aigue. L'aciclovir a tendance à former de grandes aiguilles ou baguette très réfractives en lumière polarisés lorsqu'il est présent dans l'urine acide ou alcaline [40].

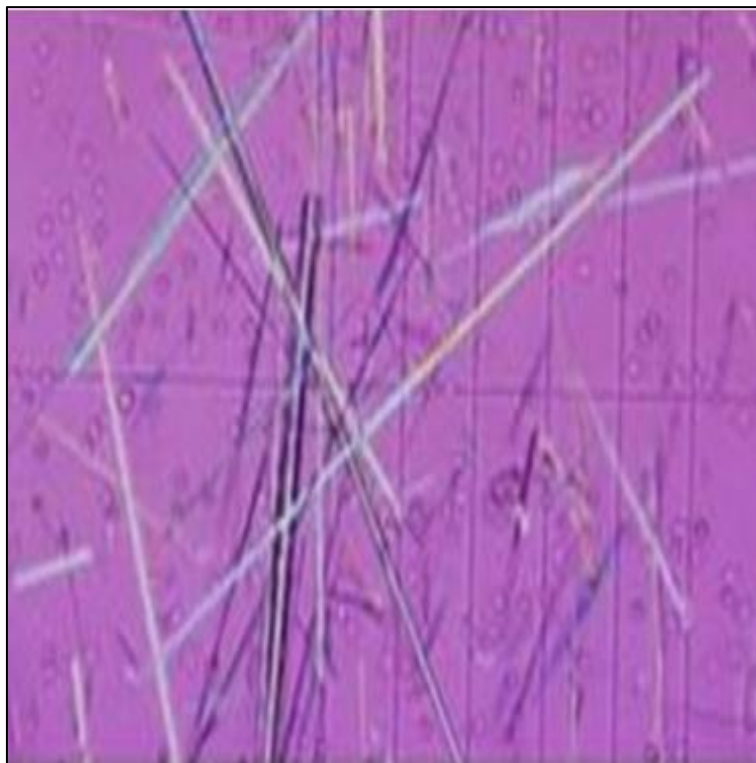


Figure 20: aiguilles et baguettes d'aciclovir vues en lumière polarisée [3].

Deuxième partie :

PARTIE

EXPERIMENTALE

Chapitre III :

Matériel et méthodes

1. Objectif du travail

Notre travail vise principalement à :

- L'analyse de la cristallurie par l'identification des espèces cristallines présentes dans les urines des patients atteints de lithiases.
- Déterminer les éléments de risque lithogènes ou les irrégularités métaboliques, qu'elles soient génétiques ou non, qui favorisent la formation de calculs pour orienter la prévention fonction des résultats initiaux des analyses biologiques et de la cristallurie.
- Identifier les éléments de risque liés à la lithiase et établir un parcours de soins pour les patients atteints de lithiase.

2. Cadre d'étude

Notre étude s'effectue au sein du laboratoire de recherche du département des sciences naturelles et de la vie (SNV) de l'université **Ahmed ben Yahya Elwansharisi Tissemsilt**.

3. Type d'étude

L'étude a inclus tous les patients atteints de lithiases, couvrant diverses tranches d'âge. Nous avons collecté 37 échantillons d'urine provenant de personnes atteintes et non atteintes de lithiases urinaires dans différents services de l'hôpital de Tissemsilt durant la période du 13 Avril 2026 au 25 mai 2026.

4. Modalité d'étude

Le parcours de soins pour les patients atteints de lithiase a été défini : itinéraire médical pour les patients souffrant de lithiase.

Dans un premier temps, on recueille les informations de l'interrogatoire : l'âge et le sexe. Ensuite, on compile les données de l'examen clinique : le poids, la taille et l'indice de masse corporelle, ainsi que les résultats des analyses biologiques.

Ensuite, un test avec une bandelette urinaire est effectué sur les urines du matin. Suivi de la détermination du pH. Pour finir, l'examen de la cristallurie et toutes ces informations sont compilés dans une fiche d'exploration.

5. Choix du prélèvement

Pour que l'analyse de la cristallurie soit cliniquement significative, trois critères doivent être respectés dans la pratique courante. Le premier facteur est la sélection de l'échantillon.

Il doit essentiellement représenter l'état métabolique du patient sans pour autant sous-estimer l'effet de la nutrition, en particulier chez le patient lithiasique. Cependant, son influence devrait rester marginale [2]. Il est donc préférable d'éviter les urines postprandiales qui sont trop influencées par le dernier repas. Dans les faits, l'analyse de la cristallurie sur l'urine matinale répond à cette double exigence. Elle a effectivement le mérite de couvrir une tranche horaire du nycthémère assez étendue (6 à 8 heures) et d'indiquer l'état métabolique du patient à jeun, car elle est collectée à un moment éloigné des repas tout en maintenant l'influence du dernier repas en raison de la durée de collecte. Elle fournit également des informations sur la distribution des apports en eau du patient à travers la densité de l'urine, ce qui est crucial pour les patients lithiasiques.

Le défaut de ce prélèvement est qu'il impose au patient de le soumettre rapidement au laboratoire pour l'analyse. Pour surmonter cet obstacle, la seconde urine du matin d'un patient qui n'a ni ingurgité ni mangé depuis son réveil jusqu'à l'émission de l'urine au laboratoire peut être exploitée, bien qu'elle ne fournisse pas exactement le même renseignement.

Le second facteur est la durée de conservation de l'urine après son expulsion. L'idéal serait d'apporter l'urine au laboratoire pour une analyse immédiate, mais les contraintes techniques rendent difficile la réalisation quotidienne de cet examen.

Des recherches sur la conservation des urines à température ambiante ont démontré que si le prélèvement est gardé moins de 3 heures après la miction, l'évolution de la cristallurie demeure minime et les résultats peuvent être interprétés de manière similaire à ceux obtenus à partir d'urines tout juste produites [41].

Le troisième critère concerne la température à laquelle il faut conserver. Plus la température baisse, plus la tendance à la création des cristaux se renforcent. Cela signifie une augmentation de la fréquence de cristallurie, ainsi qu'une plus grande quantité de cristaux formés. Par conséquent, l'examen de cristallurie ne devrait pas être effectuée en première intention sur une urine conservée à 4°C. L'analyse des urines conservées à 4°C pendant 48 heures permet de détecter tout éventuel dépôt et de vérifier la présence des cristaux observés dans les urines de lever [2].

6. Matériels et méthodes

6.1. Matériels

Dans le protocole que nous avons suivi nécessite le matériel suivant :

Tableau 1: Matériels et Réactifs utilisés

Matériels	Réactifs
• Microscope à lumière polarisé : pour l'observation des espèces cristallines • Labstix : pour mesurer le PH • Pissette d'eau distillée • Centrifugeuse : pour obtenir le culot • Tubes coniques : pour le prélèvement d'urine • La lame et lamelle de Malassez • Micropipette • Papier Joseph : pour le nettoyage • Appareil photos : pour photographier les espèces cristallines • Gants et blouse : pour la protection	• Echantillons (l'urine des patients) • L'eau distillée • L'eau de javel



Figure 21: microscope à lumière polarisée



Figure 22: cellule de Malassez



Figure 23: bandelette d'analyse d'urine



Figure 24: pipette



Figure 25:Tube conique

- **Préparation du culot**

On a mélangé soigneusement l'urine.

On a rempli le moitié un tube conique.

On a réalisé une centrifugation à 5000rpm pendant 5min.

On a éliminé l'urine surnageant.

On a agité le tube pour remettre en suspension le culot.

On a aspiré quelques gouttes de culot avec une pipette.

On a disposé une goutte sur la lame de malassez et recouvrir avec d'une lamelle.

- **Examen microscopique a lumière polarisé**

L'examen d'une cellule de comptage sous un microscope optique permet de mener une analyse quantitative et qualitative de la cytologie (hématies, leucocytes, bactéries, levures, etc.). Et de la présence de cristaux dans l'urine [42]. L'observation des cristaux s'effectue souvent sous un grossissement de (x40).

Quand les cristaux sont rares, il faut les localiser en scrutant l'intégralité de la lame. L'examen complet de la lame est également nécessaire dans la recherche de cristaux et d'agrégation.

Chapitre IV :

Résultats et discussion

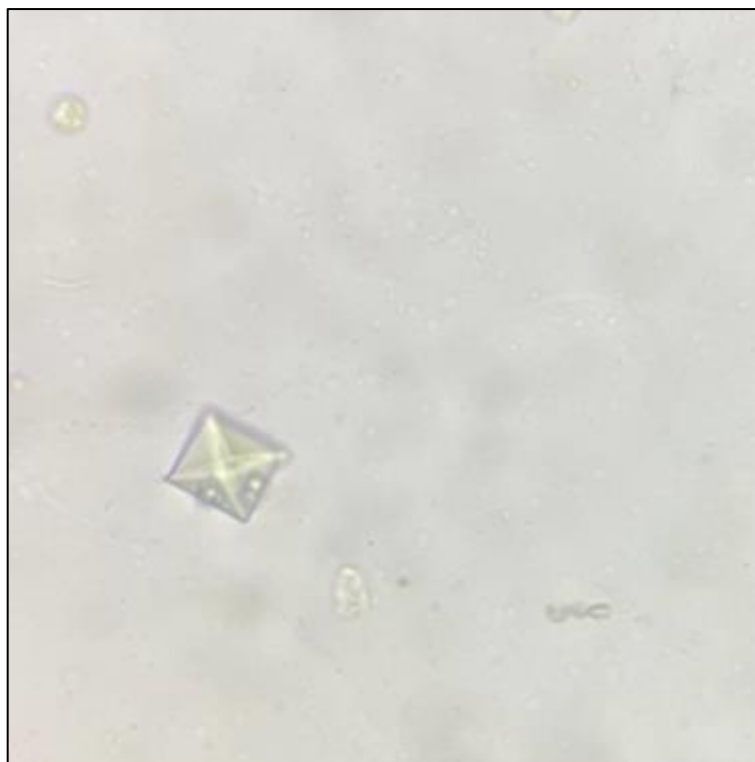
7. Résultats

Cette étude de cristallurie a été menée sur une période de deux mois, couvrant les mois d'avril et de mai 2026. au total, 37 patients ont été inclus, dont 23 femmes et 14 hommes, admis au laboratoire de recherche du département des Sciences de la Nature et de la Vie (SNV) de Tissemsilt. Les échantillons urinaires ont été soumis à une analyse microscopique conformément au protocole décrit dans la section << Matériels et Méthodes >>.

Les données recueillies ont été exploitées à l'aide d'analyse descriptive afin de caractériser la population étudiée et de décrire la répartition des principaux paramètres observés.

7.1. Les espèces cristallines dans les urines des patients

On peut identifier diverses espèces de cristaux, qu'ils soient purs ou mixtes, dans les urines des patients, tels que :



.Figure 27: cristaux oxalate de calcium di hydraté (weddellite) x40



Figure 28:cristaux de weddellite en agrégatx40

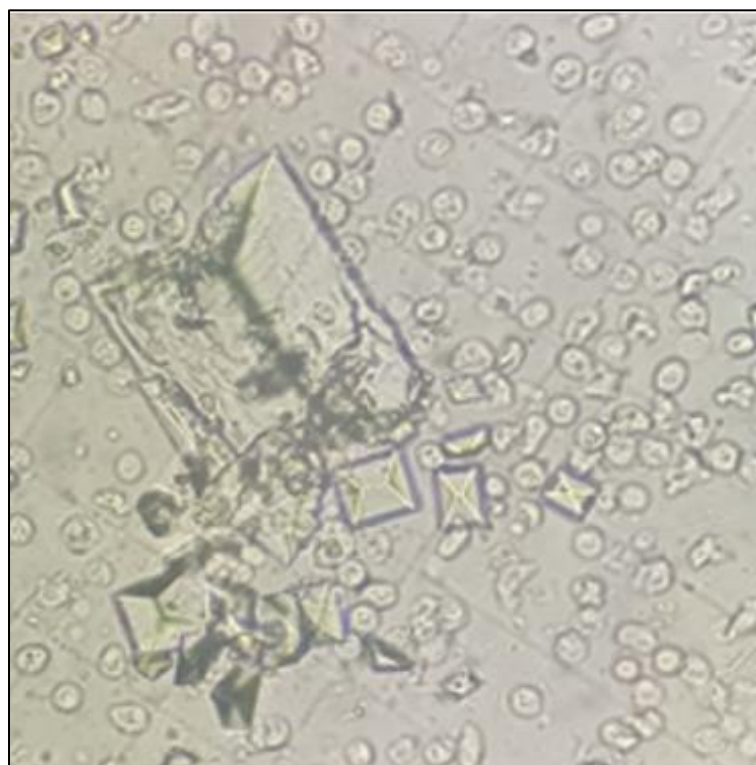


Figure 29:struvite (phosphate ammoniac-magnésien en agrégatx40

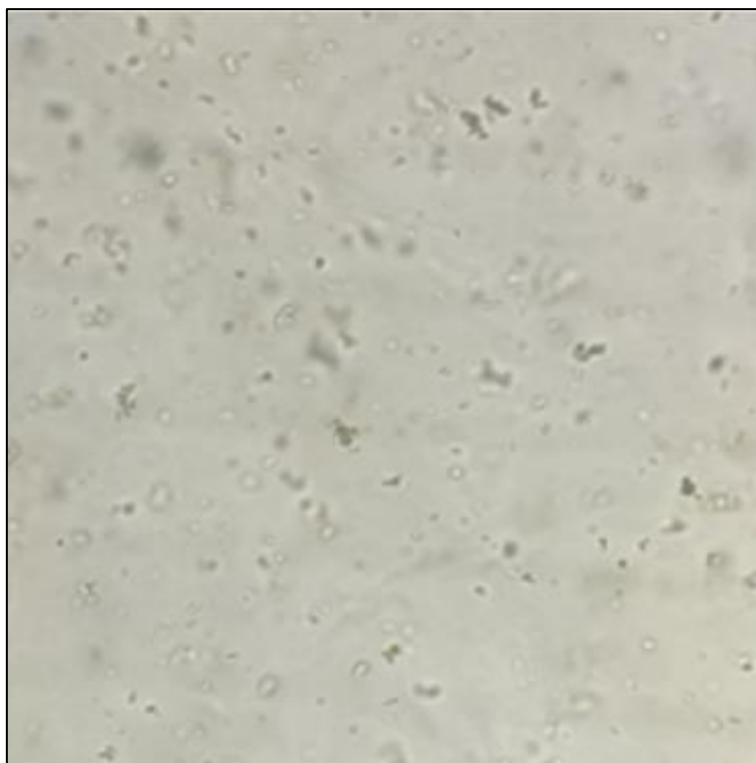


Figure 30: urates amorphes complexes x40

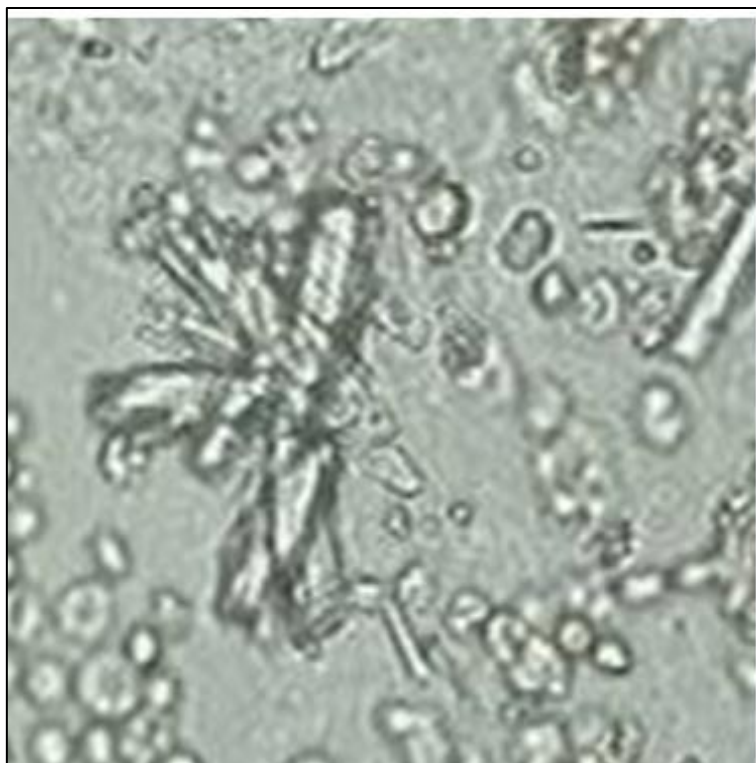


Figure 31: cristaux de brushite x40

7.2.Étude Démographique

Afin d'étudier la distribution démographique de la population, les patients ont été classés selon le genre (Figure 32), et en cinq tranches d'âge : 0-14ans ,15-19ans, 20-39ans ,40-59ans et 60ans et plus .Les proportions relatives de chaque groupe d'âge sont présentées dans la Figure32.

Cette répartition permet d'apprécier la structure d'âge et le genre des patients ayant bénéficié d'une analyse microscopique des urines durant la période d'étude.

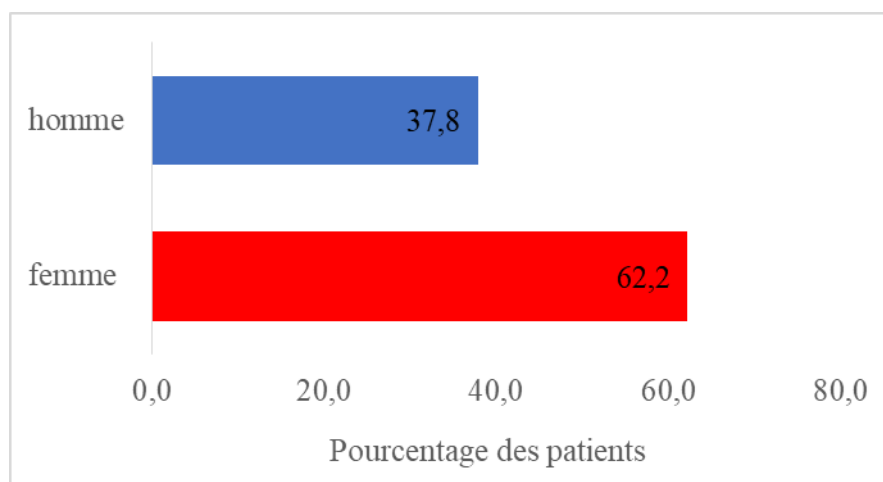


Figure 32:répartition des patients selon le genre

La Figure 32 présente la répartition des patients inclus dans l'étude selon le sexe.

Sur les 37 patients examinés, les femmes représentent 62,2 % de l'effectif total, tandis que les hommes constituent 37,8 % des cas.

Ces résultats mettent en évidence une prédominance féminine au sein de la population étudiée. Cette différence suggère que les femmes ont été plus fréquemment admises ou orientées vers le laboratoire pour la réalisation d'analyses microscopiques urinaires durant la période d'étude.

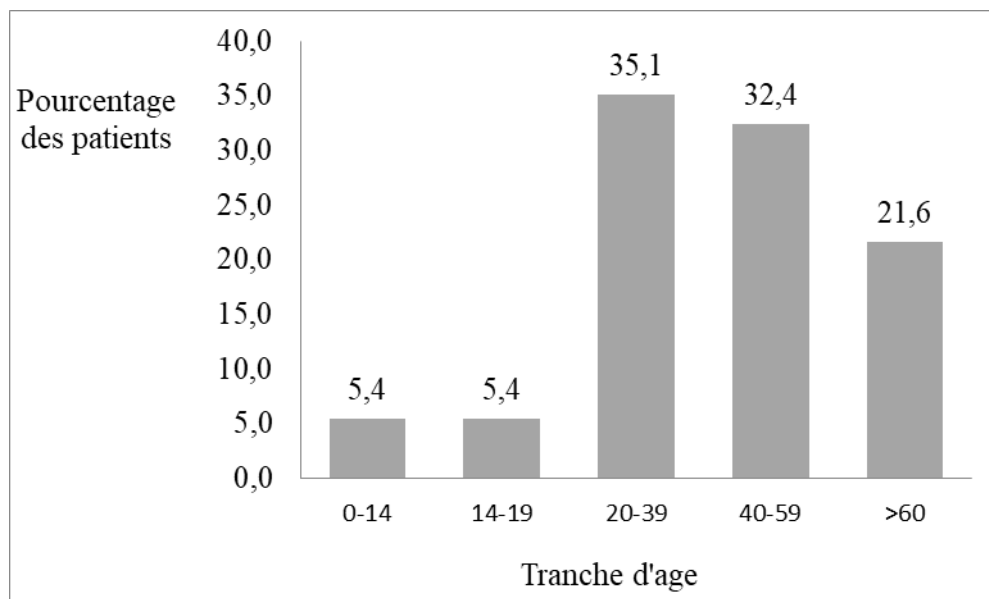


Figure 33:répartition des patients selon les tranches d'âge

La Figure 33 présente la distribution des 37 patients selon les différentes tranches d'âge. Les résultats montrent que la tranche d'âge 20-39 ans est la plus représentée, avec 35,1 % des patients, suivie de la tranche 40-59 ans qui regroupe 32,4 % de l'effectif total. Ces deux catégories d'âge représentent à elles seules 67,5 % de la population étudiée, indiquant une prédominance des adultes d'âge moyen parmi les patients admis au laboratoire.

La tranche des patients âgés de plus de 60 ans occupe la troisième position avec 21,6 % des cas. En revanche, les groupes les plus jeunes sont faiblement représentés, puisque les

Tranches 0-14 ans et 14-19 ans ne comptent chacune que 5,4 % des patients.

Cette répartition met en évidence une concentration des analyses urinaires chez les sujets adultes, particulièrement ceux âgés de 20 à 59 ans, tandis que les enfants et les adolescents constituent une faible proportion de la population étudiée. Cette prédominance pourrait refléter une fréquence plus élevée des motifs de consultation nécessitant une analyse microscopique des urines dans les classes d'âge adultes.

7.3. Les espèces cristallines

Afin de caractériser la nature des cristaux observés dans les échantillons urinaires, la fréquence des différentes espèces cristallines a été étudiée. Les principaux types de cristaux identifiés comprenaient la weddellite, la struvite, la brushite et les urates. L'analyse a porté à la fois sur la proportion de patients présentant chaque espèce cristalline et sur leur répartition selon le sexe. Cette approche permet d'évaluer la prévalence relative des différents cristaux urinaires et de mettre en évidence d'éventuelles variations liées au genre. (Tableau 2, Figure 32 et 33).

Tableau 2: les espèces cristallines selon le sexe chez les patients

Constituant	Nombre de patient	Homme	Femme
Weddellite	28	12	16
Struvite	5	1	4
Brushite	1	1	0
Urate	3	1	2

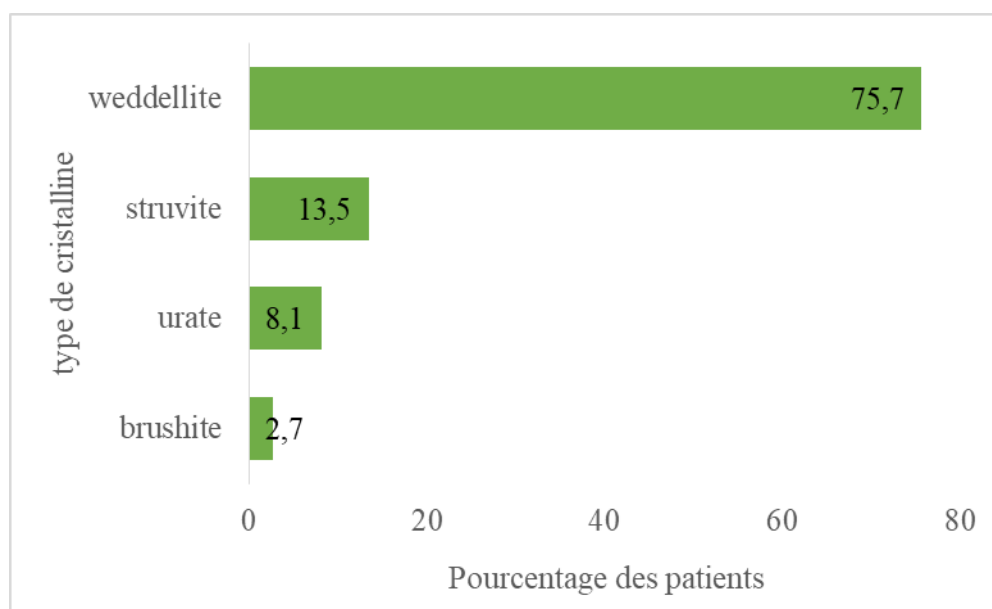


Figure 34: répartition des espèces cristallines identifiées chez les patients

La figure 34 présente la distribution des différentes espèces cristallines identifiées chez les patients de l'étude. Les résultats montrent une nette prédominance de la weddellite, observée chez 75,7 % des patients présentant une cristallurie. Cette espèce représente à elle seule plus des trois quarts des cristaux identifiés, ce qui en fait le type cristalline le plus fréquemment rencontré au sein de la population étudiée.

La struvite occupe la deuxième position avec une fréquence de 13,5 %, suivie par les urates qui représentent 8,1 % des cas. En revanche, la brushite est rarement observée, avec seulement 2,7 % des patients concernés.

Cette répartition met en évidence une prédominance marquée des cristaux de weddellite (oxalate de calcium di hydraté), suggérant que les phénomènes de cristallisation liés au calcium constituent la principale composante de la cristallurie observée dans cette population. À l'inverse, les cristaux de struvite, d'urate et de brushite sont nettement moins fréquents, traduisant une contribution plus limitée de ces espèces cristallines.

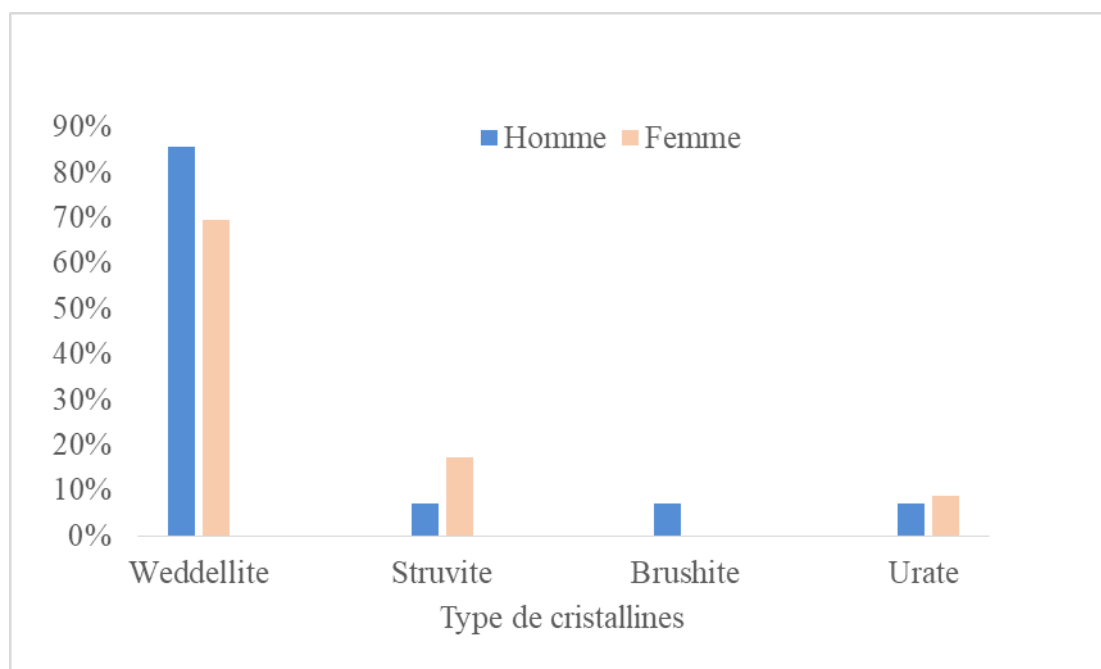


Figure 35:répartition des espèces cristallines selon le sexe

La figure 35 montre la distribution des différentes espèces cristallines en fonction du sexe des patients. Dans les deux groupes, la weddellite constitue l'espèce cristalline prédominante. Elle représente environ 85 % des cristaux observés chez les hommes contre 69 % chez les femmes, indiquant une fréquence plus élevée de cette espèce dans la population masculine.

La struvite est davantage retrouvée chez les femmes (17 %) que chez les hommes (7 %). Cette différence pourrait être liée à la plus grande fréquence des infections urinaires chez les femmes, les cristaux de struvite étant souvent associés à des infections du tractus urinaire causées par des bactéries productrices d'uréase.

La brushite n'a été observée que chez les hommes, avec une fréquence d'environ 7 %, alors qu'aucun cas n'a été identifié chez les femmes. À l'inverse, les urates présentent des fréquences relativement proches dans les deux sexes, représentant environ 7 % chez les hommes et 8 % chez les femmes.

Dans l'ensemble, cette analyse met en évidence une prédominance de la weddellite chez les deux sexes, tout en révélant certaines différences dans la distribution des espèces minoritaires. Les femmes présentent une proportion plus importante de cristaux de struvite, tandis que la brushite semble être exclusivement observée chez les hommes dans cette série. Toutefois, compte tenu de la taille relativement limitée de l'échantillon, ces observations doivent être interprétées avec prudence.

7.4. PH

La cristallurie positive peut être caractérisée par la présence de diverses espèces cristallines, qu'elles soient pures ou mixtes. Leur identification repose sur des critères morphologiques et physicochimiques, parmi lesquels le pH urinaire occupe une place prépondérante.

Compte tenu de l'influence du pH urinaire sur les processus de cristallisation et sur la nature des espèces cristallines formées, nous avons procédé à la mesure du pH urinaire chez l'ensemble des patients inclus dans l'étude. Cette analyse a permis d'évaluer les conditions physicochimiques favorisant la formation des différents types de cristaux observés (Figure 36).

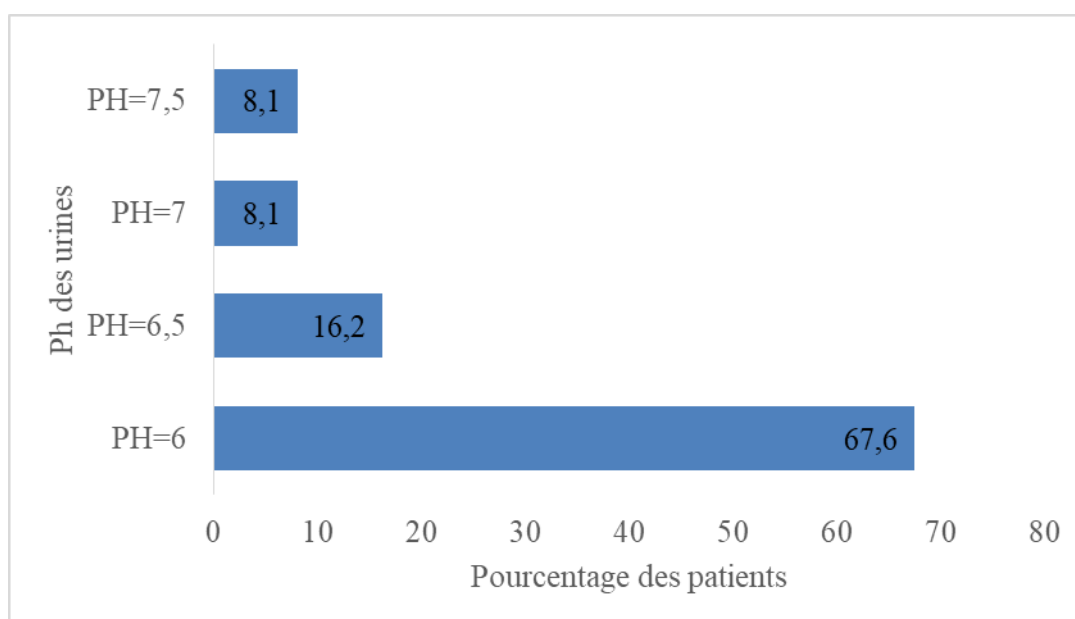


Figure 36:répartition des patients selon le pH urinaire

La figure 36 présente la répartition des patients selon les valeurs du pH urinaire mesurées lors de l'examen. Les résultats montrent une prédominance nette des urines légèrement acides, avec un pH de 6 observés chez 67,6 % des patients. Cette valeur représente plus des deux tiers de la population étudiée, indiquant que les conditions urinaires étaient majoritairement favorables à un environnement faiblement acide.

Les patients présentant un pH de 6,5 représentent 16,2 % de l'effectif total, tandis que les valeurs de pH 7 et pH 7,5 sont observées chacune chez 8,1 % des patients. Ainsi, les urines neutres ou légèrement alcalines demeurent relativement peu fréquentes dans la population étudiée.

Cette distribution suggère que la majorité des patients présentent un pH urinaire compris entre 6 et 6,5, ce qui est cohérent avec la prédominance de la weddellite observée précédemment. En effet, les cristaux d'oxalate de calcium sont généralement considérés comme peu dépendants du pH et peuvent se former dans des urines légèrement acides à neutres. À l'inverse, les cristaux de struvite sont habituellement associés à des urines alcalines, ce qui pourrait expliquer leur faible fréquence dans cette étude.

En conclusion, l'analyse du pH urinaire met en évidence une prédominance d'un environnement urinaire légèrement acide, susceptible d'influencer la nature et la fréquence des espèces cristallines identifiées chez les patients.

8. Discussion

8.1. Oxalate de calcium (Weddellite)

L'oxalate de calcium constitue l'une des principales espèces cristallines observées dans les urines des patients présentant une cristallurie [43]. L'oxalate de calcium représente l'espèce la plus fréquemment rencontrée dans les cristallurie, avec une prédominance de la weddellite et de la whewellite (figure 27) Dans l'étude réalisée à Tissemsilt en 2020 [44]. L'oxalate de calcium représentait 40,42 % des cristaux identifiés, répartis entre la weddellite (11 cas) et la whewellite (8 cas). La weddellite était plus fréquemment observée chez les hommes (7 cas) que chez les femmes (4 cas).

Nos résultats obtenus en 2026 montrent une prédominance marquée de la weddellite, qui représente 75,7 % des espèces cristallines observées. Cette fréquence est nettement supérieure à celle rapportée dans l'étude réalisée à Tissemsilt en 2020, où l'ensemble des cristaux d'oxalate de calcium (weddellite et whewellite) représentait 40,42 % des espèces identifiées. La weddellite demeure également l'espèce majoritaire dans les deux sexes, avec une fréquence plus élevée chez les hommes ($\approx 85\%$) que chez les femmes ($\approx 69\%$).

Cette prédominance est en accord avec les observations rapportées dans plusieurs études internationales. En Chine, 2024 [45]. Ont montré que les calculs à base d'oxalate de calcium représentaient près de 75 % de l'ensemble des lithiases urinaires, constituant ainsi le composant minéral majoritaire. De même, l'étude espagnole, 2025 [46]. A confirmé la prédominance des composés oxalo-calciques dans la majorité des calculs urinaires analysés par spectroscopie infrarouge. En Tunisie, 2024 [47]. Ont rapporté que les calculs contenant de l'oxalate de calcium représentaient plus de 60 % des lithiases étudiées, avec une prédominance masculine. Des résultats similaires ont également été observés en Allemagne 2024 [48]. Ainsi qu'en Turquie, 2024 [49]. Où les calculs calciques constituaient les formes lithiasiques les plus fréquentes chez l'adulte.

Par ailleurs, le pH urinaire observé dans notre étude était majoritairement de 6 (67,6 % des patients). Cette observation est cohérente avec les données rapportées [45]. Qui ont montré que les calculs d'oxalate de calcium étaient principalement retrouvés chez les patients

présentant des urines légèrement acides à neutres. Les auteurs ont également souligné que les cristaux d'oxalate de calcium étaient moins influencés par les variations physiologiques du pH urinaire que les cristaux phosphatiques ou les urates. Ainsi, la prédominance d'un pH voisin de 6 dans notre population pourrait avoir contribué à la fréquence élevée de la weddellite observée au cours de cette étude. La présence de cristaux de weddellite en grande quantité constitue un facteur de risque lithiasique important. En effet, la cristallisation de l'oxalate de calcium passe par plusieurs étapes successives : nucléation, croissance cristalline, agrégation puis rétention dans les voies urinaires, pouvant conduire à la formation de calculs rénaux [50].

8.2. Struvite (phosphate ammoniac-magnésien)

La struvite est un cristal phosphatique généralement associé aux infections urinaires provoquées par des bactéries productrices d'uréase. Dans l'étude en 2020 [44]. Cette espèce représentait 12,66 % des cristaux identifiés (2 cas sur 33 patients) et était observée de manière similaire chez les hommes et les femmes.

Dans notre étude (figure 34), la fréquence de la struvite est de 13,5 %, soit une proportion très proche de celle observée en 2020. Toutefois, sa répartition selon le sexe diffère légèrement puisque les femmes présentent une fréquence plus élevée (17 %) que les hommes (7 %). Cette observation pourrait être expliquée par la susceptibilité accrue des femmes aux infections urinaires en raison de facteurs anatomiques et physiologiques [49].

La présence de struvite chez nos patients pourrait également être liée aux quelques cas présentant un pH urinaire neutre ou alcalin (pH 7 à 7,5), conditions favorables à la cristallisation du phosphate ammoniaco-magnésien. Cette observation est en accord avec les résultats de Li et al. (2024), qui ont montré que les calculs infectieux de type struvite étaient significativement associés à des urines alcalines.

8.3. Brushite

La brushite ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) est une espèce cristalline relativement rare mais cliniquement importante en raison de son implication dans certaines lithiases calciques récidivantes. Dans l'étude 2020 [44]. Un seul cas de brushite a été identifié (3,16 % des phosphates calciques), exclusivement chez un patient masculin.

Nos résultats confirment cette faible fréquence puisque la brushite ne représente que 2,7 % des espèces cristallines observées. Comme dans l'étude de 2020, elle n'a été retrouvée que chez les hommes.

Cette concordance entre les deux études suggère que la brushite demeure une espèce peu fréquente dans la région de Tissemsilt. Néanmoins, son identification revêt une importance clinique particulière car les calculs riches en phosphate de calcium sont souvent associés à un risque élevé de récurrence et à une résistance accrue aux techniques modernes de lithotritie.

La comparaison entre les deux études (2020 et 2026) montre une stabilité de la fréquence de la struvite et de la brushite, alors qu'une augmentation notable de la fréquence de la weddellite est observée dans notre série. En 2020, l'acide urique constituait l'espèce majoritaire (46,8 %), suivi de l'oxalate de calcium (40,42 %). À l'inverse, dans notre étude de 2026, la weddellite devient largement prédominante avec 75,7 % des cas, tandis que les urates ne représentent que 8,1 % des cristaux observés.

Cette évolution pourrait refléter des changements dans les habitudes alimentaires, l'hydratation, les facteurs environnementaux ou les caractéristiques de la population étudiée. Elle souligne également l'intérêt de la surveillance de la cristallurie comme outil de prévention et de compréhension des mécanismes lithiasiques. Généralement en plaquettes, mais qui peut aussi présenter la forme de filaments [51].

Les observations par microscope que nous avons vu montrent les aiguilles de brushite (figure 31).

De nombreuses études ont été menées sur la brushite : il semble que, dans ce modèle biologique qu'est l'urine totale, l'extrait concentré (40g/l) de poudre de noyaux de dattes a une forte capacité à inhiber la cristallisation de la brushite. Cette caractéristique de la plante tend à confirmer la connaissance traditionnelle et pourrait s'avérer très bénéfique dans la prévention des lithiases de brushite [52].

On peut classer les calculs rénaux en struvite(7%), apatite (20%) et brushite(2%). Ils apparaissent fréquemment sous la forme de grandes entités de vinaigrier, ce qui peut les rendre difficiles à gérer. Il est également essentiel d'avoir un patient sans calculs pour prévenir une réapparition. Ainsi, la lyse chimique localisée pourrait être une opération intéressante lorsque l'élimination chirurgicale de la pierre est irréalisable ou en tant qu'intervention complémentaire pour les résidus de pierre après l'opération [53].

Le processus de régulation de la minéralisation et de la déminéralisation des phosphates de calcium en présence de macromolécules organiques est essentiel pour prévenir les maladies rénales chez l'homme. Le sulfate de chondroïtine 4, un polysaccharide non sulfaté des glycosaminoglycanes urinaires, a démontré son importance dans la prévention de la formation des calculs rénaux. Toutefois, le mécanisme d'action du Ch4S reste mal [2].

Dans ce contexte, il a employé la microscopie à force atomique in situ pour étudier la croissance et la dissolution des spirales sur les surfaces de brushite ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) [54].

La majorité des calculs était composée d'oxalate de calcium 75%. Les phosphates de calcium représentaient 8.9%. La struvite, un indicateur d'infection urinaire, représente 3.4%, tandis que l'acide urique s'élève à 10.2%, avec une occurrence de 16.9%. Les hommes possédaient un niveau d'éducatons supérieures, un degré de consanguinité plus important et davantage de récurrences que les femmes [54].

8.4. Urate amorphes complexes

On observe principalement les cristaux d'urate amorphe dans les urines à caractère acide. Ils se présentent comme de petits granules, généralement organisés en grappes, dépourvus d'une géométrie cristalline clairement définie. Ils se forment lorsque le pH de l'urine est inférieur à 6.5 et que la concentration en acide urique dans les urines est élevée. On peut observer ces cristaux chez les individus ayant une diète riche en protéines animales, une hydratation insuffisante ou certaines irrégularités métaboliques qui favorisent l'acidité de l'urine. Les résultats obtenus dans notre étude (Fig.30) montrent la présence d'urates amorphes complexes. La présence de ces cristaux pourrait être associée aux habitudes alimentaires, en particulier une consommation élevée de viandes et de boissons sucrées, reconnues pour stimuler la production d'acide urique dans l'urine et créer un environnement acide dans les voies urinaires. La prise en charge préventive s'appuie essentiellement sur un apport hydrique suffisant favorisant une diurèse supérieure à deux litres quotidiennement, et sur l'alcalinisation des urines pour maintenir un pH favorable qui limite la cristallisation des urates [2].

Dans le cadre de notre recherche, nous avons noté une fréquence notable d'urates amorphes complexes, ce qui demande des études supplémentaires pour mieux saisir les éléments à l'origine de leur prévalence chez les patients souffrant de lithiases dans la région de Tissemsilt.

Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence les caractéristiques, biochimiques des urines cristallins des patients présentant une cristallurie positif au sein de la population étudiée. Elle a montré que les sujets jeunes et adultes représentent la catégorie la plus concernée, ce qui souligne l'importance de cette tranche d'âge dans la survenue des désordres liés à la formation des cristaux urinaires.

Sur le plan cristallin, la weddellite apparaît comme l'espèce la plus fréquemment rencontrée, traduisant la prédominance des mécanismes liés aux déséquilibres métaboliques. Elle est suivie par la struvite et les urates, tandis que la brushite demeure une forme beaucoup plus rare. Cette répartition suggère l'implication de plusieurs mécanismes lithogènes, dominés principalement par des troubles métaboliques tels que l'hyperoxalurie et l'hypercalciurie, mais également par des facteurs infectieux dans certains cas.

L'analyse selon le sexe met en évidence une prédominance globale de la weddellite dans les deux groupes. Toutefois, la struvite est plus fréquemment observée chez les femmes, ce qui pourrait être en relation avec la plus grande susceptibilité aux infections urinaires dans cette population. En revanche, la brushite semble être essentiellement retrouvée chez les hommes, ce qui peut refléter des différences physiopathologiques entre les deux sexes.

Par ailleurs, l'étude du pH urinaire a montré une tendance générale vers des urines légèrement acides. Cette condition pourrait jouer un rôle important dans la formation et la précipitation de certaines espèces cristallines, notamment celles liées aux lithiases d'oxalate et d'acide urique.

Enfin, la comparaison avec les données de la littérature scientifique internationale confirme la prédominance des cristaux à base d'oxalate de calcium dans différentes populations, malgré certaines variations régionales. Cela met en évidence des similitudes dans les mécanismes de lithogénèse à l'échelle globale.

En conclusion, la cristallurie demeure un examen simple mais d'une grande valeur diagnostique et préventive. Elle permet non seulement de mieux comprendre les mécanismes de formation des lithiases urinaires, mais également d'orienter les stratégies de prise en charge et de prévention afin de réduire le risque de récurrence.

Références Bibliographique

1. **World Health Organisation.2025.**Kidney health and prevention of kidney disease: Global public health update.
2. **Daudon, M.et al.2008.** La lithogénèse .progrès en urologie, 18(8), 815-827.
3. **Daudon, M.,Jungers, P.,Traxer,O.2012.**Lithiase urinaire (2eme éd).Lavoisier.
4. **Oussama A, Kzaiber F, Mernari B, Hilmi A, Semmoud A, Daudon M, 2000.** Analysis of urinary calculi fromMoroccin frared spectrophotometry. Prog Urol; 10:404-10.
5. **Werness PG, Bergert JH, Smith LH, 1981.** Crystalluria. J Crystal Growth; 53:166-81
6. **Nicole, M.2009.**Anatomie Physiologie biologie 4eme édition; Maloine; p 577-584.
7. **Silverthorn, D.U. 2007.** Physiologie humaine: une approche intégrée 4eme édition, Pearson, p583.
8. **Daudon, M., Cohen-Solal, F., Jungers, P.2000.**Mecanismes de la lithogénèse et de la cristallurie. Biologie et santé, 1(1), 50-65.
9. **Moe, O.W.2006.** Kidney stones: pathophysiology and medical management. The Lancet, 367(9507), 333-344.
10. **Tiselius H.1996.**Solution chemistry of super saturation, in kidney stones: medical and surgical management (pp.33-64). Lippincott-Raven.
11. **Garside, J.1982.**Nucleation.In Biological mineralization and demineralization (pp.23-35).Springer.
12. **Pak, C.Y.C.1991.**Etiology and treatment of urolithiasis. American Journal of kidney Diseases, 18(6), 624-637.
13. **Robertson, W.G., Peacock.,Nordin, B.E.,C.1973.**Inhibitors of the growth and aggregation of calcium oxalate crystals in vitro.Clinica Chimica Acta, 43(1), 31-37.
14. **Prezioso, D ., et al.,2015.**Dietary treatment of urinary risk factors for renal stone formation: A review of CLU Working Group.Archivio Italiano di Urologiae Arologia,87(2),105-120
15. **Traxer, O., Lechevallier, E., Saussine, C.2008.**Diététique et lithiase renale: le rôle de l'urologue. Progres en Urologie, 18(12), 211-217.
16. **Daudon, M., Jungers, P., Lacour, B.2004.**Intérêt Clinique de l'étude de la cristallurie .Annales de Biologie Clinique.

17. **Lee, M.C., Bariol, S.V.2013.**Changes in upper urinary tract stone composition In Australia over the past 30years.BJU International, 112(S2), 65-68.
18. **Vasudevan, V., Chi, T., Stoller, M.L.2017.**The genetic framework for development of nephrolithiasis. Asian Journal of urology, 4(1), 18-26.
19. **Miller, N.L., A .P. Evan, and J.E. Lingeman.2007.** Pathogenesis of renal calculi. Urologic Clinics of North America, .34(3), 295-313.
20. **Tiselius, H.2005.**Aetiological factors in stone formation.in
A.M.Davison, J.S.Cameron,J.P.Grunfeld,D.N.Kerr,E.Ritz,C.G.Winearls(Eds),
Oxford text book of clinical nephrology, (3rd ed., pp1199-1223).
21. **Ramaswamy, K.,et al.2015.**The elementome of calcium-based urinary stones and its role in urolithiasis.Nature Reviews Urology, 12(10), 543-557.
22. **Gault, M., Chafe, L.2000.**Relationship of frequency, age, sex, stone weight and composition in 15,624 stones: comparison of results for 1980 to1983 and 1995to 1998.The Journal of urology, 164(2), 302-307.
23. **Sturgess, C.P.2001.**An investigation into the effects of storage on the diagnosis of crystalluria in cats. Journal of Feline Medicine and Surgery, 3, 81-85.
24. **Anne,W. , Allison, G.,Joulie, C.2007.**Anatomie et physiologie normales et pathologiques (12e éd., pp.371-372).Elsevier Masson.
25. **Beland, Y., Boistelle R., Olmer M.1990.**Urinary super saturation with respect to brushite in patients suffering from calcium oxalate lithiasis.Nephrology Dialysis Transplantation, 5,179-184.
26. **Desgrandchamps F.,Meria P., Gouvello, P.2011-2012.**Urologie (pp.171-172).Vernazobres-Grego
27. **Daudon, M.2014.**Caracteristiques biologiques & signification Clinique de la cristallurie.Centre Evian. <http://www.centre-evian.com/fondDoc/inde cristal.html>
28. **Gerin.2008.** Caractéristiques biologiques et signification Clinique de la cristallurie et des lithiases urinaires. In cristallurie, les jeudis de fleurus (pp.20-46).Fleurus.
29. **Hoffman,N.M.,Talaska,A.,Bocquet,J-P.,Le Monies de Sagazan,H.Daudon, M.2004.** Insuffisance rénale aigue et 2.8dihydroxyadeninurie.Néphrologie, 25,297-300.
30. **Daudon, M.2005.**Epidemiologie actuelle de la lithiase renale en France.Annales d'urologie, 39,209-231.
31. **Bouzidi, H.,Lacour,B., Daudon,M.2007.**Lithiase de 2.8-dihydroxyadenine:du diagnostic a la prise en charge thérapeutique.Annales de Biologie Clinique,65,585-592.

32. **Daudon, M., Bazin, D.2010.**Nouvelles méthodes d'études des calculs et plaque de Randall.Actualités Néphrologiques Jean Hamburger, 75-98.
33. **Daudon 2013.** La cristallurie, EMC Néphrologie-Urologie, 18-026-C- 50, Volume 10 n° 4, octobre.
34. **Verdier JM, Dussol B, Casanova P, et al, 1992.** Evidence that human kidney produces a protein similar to lithostatine, the pancreatic inhibitor of CaCO_3 crystal growth. Eur J Clin Invest; 22:469–74.
35. **Daudon,M.,Hennequin,C.,Bader,C.,Jungers,P.,Lacour,B.,Drueke,T.1994.** Inhibiteurs de cristallisation dans l'urine.In Actualités néphrologiques Jean Hamburger(pp.165-220).Paris,France:Flammarion Medicine-Sciences
36. **Albasan, H.2003.**Effects of storage time and temperature on pH, specific gravity, and Crystal formation in urine samples from dogs and cats. Journal of the American Veterinary Medical Association (JAVMA), 222(2), 176.
37. **Daudon,M.,Prot,M.F.,Réveillant,R.J.,Rouchon,M.1983.**Etude de la cristallurie spontanée par spectroscopie infrarouge: recherché de la corrélation entre les cristaux ,les calculs, les germes et le sexe des maladies.Annales Biologie Clinique,41,199-207
38. **Couzigou,C.,Daudon,M.,Meynard,J.L.,Borsa-Lebas,F.,Higueret,D.,et al.2007.**Urolithiasis In HIV-positive patients treated with atazanavir.Clinical Infectious Diseases,45,e105-e108.
39. **Mason,W.J., Nickels,H.H.2008.**Images in clinical medicine :crystalluria from acyclovir use. New England Journal of Medicine, 358, e14.
40. **Labeeuw, M., Gerbault, C., Pozet, N.,Zech,P.,Traeger,J.1981.**Crystalluria and urinary saturation in cysteine and non-cystine stone formers. Urological Research, 9,163-168.
41. **Elliot, .J.S., Rabinowitz, I.N.1976.** Calcium oxalate crystalluria: crystal size in urine. Journal of urology.
42. **Jauvet P.,Priqueler L.,Gagna Doux,M.F.,et al.1998.**Crystalluria: Aclinically useful investigation in children with primary hyperoxaluria post-transplantation .Kidney International,53,1412-1416.
43. **Paulhac,P.,Desgrandchamps,F.,Dumas,J.P.,Teillac,P.,leDuc,A.,Colombeau, 2002.**Role de l'uropontine dans la lithogénèse des calculs oxalocalciques. Progrès en Urologie, 12,114-117.
44. **Mandi,N, et al., 2020.**Recherche des species cristallines dans les urines des lithiasiques ,Mémoire de master,Département des sciences de la Nature et de la vie(SNV), Université Ahmed Ben Yahia El Wancharissi de Tissemsilt.
45. **Li,H,Peng,S.,Jiang,H.,Wu,G.,Chen,N.2024.**Urinary calculi composition and its correlation with sex,age,calculi site,urine pH andunderlying diseases: Aretrospective study.American Journal of Translational Research,16(12),7688-7697.

46. **Han,X.,Zhang ,Z.,Yao,P.,Yang,X.2025.**Infrared spectroscopic analysis of urinary stone composition.*Actas Urologicas Espanolas*,49(7),Article501810.
47. **Mzid,K.,Elleuch,A.,Jallouli,D.,Chaabouni,K.,Turki,M.,Makni Ayadi,F.2024.**Epidémiologie des calculs urinaires dans le Sud Tunisie .*Annales de Biologie Clinique*,82,(4).
48. **Siener,R.,Rudy,J.,Herwig,H.,Schmitz,MT.,Schaefer,R.M.,Lossin,P.,Hesse,A .2024.**Mixed stones: Urinary stone composition ,frequency and distrubition by gender and age. *Urolithiasis*, 52, 24.
49. **Ezer,M.,Guzel,R.,Uslu,M.,Guven,S.,Sarica,K.2024.** Clinical characteristics of adult cases with urolithiasis from Turkey: A regional epidemiological study.*Archivio Italiano di Urologiae Andrologia*, 96(1).
50. **KaidOmar,Z.,M.,Attar,A.,Semmoud,A.,Lacour,B.,Addou,A.1999.**Correlations entre cristalluries et composition des calculs. *Progrès en Urologie*, 9,633-641.
51. **Zhai, H., Wang, L., Putnis, C.V.2019.**Inhibition of spiral growth and dissolution at the brushite(010) interface by chondroitin 4-sulfate.*The Journal of Physical Chemisty B*,123(4),845-851.
52. **Abbassence,F.,Maizia,A.,Messaoudi,N.,Bendamane,L.,Boukharouba,H.,Daudon,M.,Addou,A.2020.**Lithiase urinaire chez l'adulte dans l'ouest algerien.*La Tunisie Medicale*,98(5),396-403.
53. **Hiatt,R.A.,Ettinger,B.,Caan,B.,Quesenberry,C.P.Jr.,Duncan,D.,Citron,J.T. 1996.**Randomized controlled trial of a low animal protein ,high fiber diet in the prevention of recurrent calcium oxalate kidney stones .*American Journal of Epidemiology* ,144,25-33.
54. **Borghi,L.,Schianchi,T.,Meschi,T.,Ryall,R.,Grover,P.,Whitson,P.2002.** Prevention of recurrent stornes in idiopathic hypercalciuria.*The New Egland Journa of Medicine*, 346(2)