

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة عبد الحميد بن باديس – مستغانم

Université Abdelhamid ben Badis de Mostaganem



قسم الكيمياء

Département de chimie

Date de dépôt

Sous le n° :...../2017

**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master
Spécialité : Analyses Spectrales en Chimie**

Thème

*Etude et valorisation des principes
actifs des plantes médicinales*

Présenter par : BECHADLI CHAHRAZED

Devant le jury composé de :

Président M.BOURAADA

Examineur A.BENGUENDOZ

Encadreur A.BELOUATEK

ANNEE UNIVERSITAIRE 2016/2017

Sommaire

Introduction générale	1
<i>Chapitre I : Etude bibliographique des plantes médicinales</i>	
I.1-Historique de la phytothérapie	2
I.2-La phytothérapie	2
I.3- Plantes médicinales	3
I.4- Propriétés médicinales des plantes	3
I.5- Principales substances curatives des plantes médicinales	4
I.6- Description des plantes	4
<i>Chapitre II: Cristallisation des Phosphates</i>	
II.1- Etude de la plante Arénaria	7
II.1.1- Extraction	7
II.1.2- Calcul du rendement	7
II.2- Etude de la plante acacia radiana	8
II.2.1- Extraction	8
II.2.2- Identification de la plante médicinale Acacia radiana	8
II.2.2.1- tests antioxydants	8
II.2.2.2- Tests phytochimique de la plante Acacia radiana	10
II.2.2.3- les analyses chromatographiques des huiles extraite par CCM	12
II.3- Analyse des phases cristallisées	13

II.3.1- Analyse par spectroscopie infrarouge a transformée de Fourier (IRTF)	13
II.3.2- Données spectroscopiques IRTF sur la lithiase phosphocalcique	13
II.3.3- La carbapatite	13
II.3.4- L'hydroxyapatite	14
II.3.5- La withlockite	15
II.3.6- Phosphate de calcium amorphe carbonaté (PACC)	16
II.3.7- La struvite	17
II.3.8- Le phosphate octocalcique pentahydraté (O.C.P)	19
II.4-La cristallisation des phosphates	19
II.5-Etude de la cristallisation sans inhibiteurs	20
II.6-Etude de la cristallisation des phosphates en présence d'inhibiteur	24
Conclusion	32
Bibliographie	

Introduction

A travers le temps, l'homme a pu compter sur la nature pour assurer ses besoins de base: nourritures, abris, vêtements et également pour ses besoins médicaux. L'utilisation thérapeutique des extraordinaires vertus des plantes pour le traitement de toutes les maladies de l'homme est très ancienne et évolue avec l'histoire de l'humanité. Les plantes médicinales sont des plantes dont au moins une partie possède des Propriétés médicamenteuses. Suivant Dragendorff, toute matière d'origine végétale utilisée pour soin est une plante médicinale [1]. Les plantes médicinales occupent actuellement un rang très important dans la production agricole et dans l'industrie. Elles présentent un secteur économique très fin et soigné dans les pays producteurs.

Les plantes médicinales sont les sources principales des principes actifs utilisés dans le domaine pharmaceutique pour la production des médicaments. Elles sont aussi souvent utilisées dans le domaine de fabrication des produits de beauté, les détergents et autres. Les plantes médicinales sont impliquées dans ces différents secteurs sous formes de principes actifs, des huiles, des extraits, des solutions aqueuses ou organiques ou même telles qu'elles sont. Notons là les différentes familles des produits biologiques (hormones, cortisones ...) utilisés avec une très grande importance dans la production des produits pharmaceutiques [2]. Dans le cadre de notre travail relatif aux plantes médicinales, nous sommes intéressés à traiter deux plantes : l'Arénaria et d'Acacia radiana et l'extraction de l'huile essentielle d'Arénaria et leurs effets sur l'urine artificielle.

Pour la deuxième plante : plante d'Acacia radiana nous avons réalisé d'étude détaillée de la composition chimique de l'huile essentielle et leur effet sur l'urine comme on a étudié l'activité antioxydant de l'extrait aqueuse obtenue de la plante d'Acacia radiana

➤ Les principaux chapitres de notre travail sont traités selon le plan suivant:

- Le premier chapitre sera consacré aux généralités sur les plantes médicinales et leurs principes actifs
- Le deuxième chapitre sera consacré au travail personnel consistant en l'extraction et l'analyse des huiles concernant les deux plantes : l'Arénaria et plante d'Acacia radiana
- Enfin nous achèverons ce travail par une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus.

Liste des figures

Figure 1.Plante Acacia radiana

Figure 2.Plante Arénaria rubra

Figure 3.L'huile extraite au laboratoire de plante l' Arénaria

Figure 4.Montage d'une unité de soxhlet

Figure 5.Représentation de mélange correspond à l'échantillon + 16 ml d'acide trichloracétique

Figure 6.Tube de mélange dans au bain-marin

Figure 7.Résultat d'analyse de l'extrait du plante Acasia radiana par chromatographique sur CCM avec l'acétone

Figure 8.Résultat d'analyse de l'extrait du plante acasia radiana par chromatographique sur CCM avec hexane+ CH_2Cl_2

Figure 9.La carbapatite

Figure 10 .Hydroxyapatite

Figure 11.La witlockite

Figure 12.Phosphate de calcium amorphe carbonaté (PACC)

Figure 13.La stuvite

Figure 14.Phosphate octocalcique pentahydraté

Figure 15.Spectre IRTF des phosphates ph=8

Figure 16.Spectre IRTF en présence de 5 ml d'Arénaria rubra

Figure 17.Spectre IRTF en présence de 10 ml d'Arénaria rubra

Figure 18.Spectre IRTF en présence de 5 ml d'Acasia radiana

Figure 19.Spectre IRTF en présence de 10 ml d'Acasia rad

Liste des tableaux

Tableau 1.Résultats des tests antioxydant sur la plante *Acacia radiana*

Tableau 2.Résultats des tests phytochimie sur la plante *Acasia radiana*

Tableau 3.Principales nombres d'ondes de vibrations de la carapatite

Tableau 4.Principales nombres d'ondes de vibration de l'hydroxyapatite

Tableau 5.La whitlockite

Tableau 6.Principales nombres d'ondes de vibrations des bandes du PACC

Tableau 7.Principales nombres d'ondes de vibrations de la struvite

Tableau 8.Principales nombres d'ondes de vibrations de l'O.C.P

Tableau 9.Composition de l'urine artificielle

Tableau 10.Evolution du nombre des cristallites de la struvite à pH= 8

Tableau 11.Principales nombres d'ondes de vibrations des bandes IRTF de la struvite à pH=8

Tableau 12.Evolution du nombre des cristaux de struvite en présence d'Arénaria

Tableau 13.Evolution du nombre des agrégats de la struvite en présence d'Arénaria

Tableau 14.Evolution du nombre des cristaux de la struvite en présence d'*Acacia radiana*

Tableau 15.Evolution du nombre des agrégats de la struvite en présence d'*Acacia radiana*

Tableau 16.nombres d'ondes des bondes caractéristiques des constituants

I.1-Histoire de la phytothérapie

Il y a quatre mille ans on écrivait déjà sur la phytothérapie, puisque des archéologues ont découvert des recueils prouvant qu'à cette époque on utilisait les plantes à des fins médicales. On sait que les peuples anciens tels que les Grecs, les Romains, les Égyptiens se servaient des plantes pour se soigner. Les croisés revenant de leurs périples en terre sainte ramenaient des herbes inconnues dans nos contrées. Les moines qui avaient une bonne connaissance des plantes, en pratiquaient la culture avec succès. Dans leurs jardins bien abrités et bien clôturés, ils créèrent les premières consultations. On ne tarda pas à échanger des plantes entre régions et même entre pays, cela déboucha également sur des échanges de recettes. Le grand roi Charlemagne conseilla et même encouragea les échanges de plantes entre les couvents [3].

On fit des boutures de différentes espèces afin de multiplier les diverses plantes et les échanger avec d'autres moines. Les herbes ou les simples, ainsi qu'on les appelait, avaient une part prépondérante dans l'élaboration de mets cuisinés. A cette époque, les gens avaient un goût prononcé pour les viandes relevées, et l'adjonction d'herbes dans les plats carnés répondait au goût de l'époque.

Actuellement, l'industrie pharmaceutique a pris conscience des limites et du coût de la chimie de synthèse, beaucoup de molécules artificielles ainsi obtenues ont un faible taux d'efficacité et présentent par contre de plus en plus d'effets secondaires. C'est pour cela qu'elle se tourne elle aussi vers la nature et a entrepris une vaste étude sur le terrain pour répertorier les plantes les plus prometteuses. De toute façon, plus de 60% des molécules exploitées aujourd'hui par l'industrie sont de près ou de loin originaires du monde végétal [4].

I.2-La phytothérapie

Vient des mots grecs "phyton" (plante) et "therapia" (traitement), ce qui signifie donc traitement des maladie par les plantes.

La phytothérapie consiste à soigner à partir de plantes, qu'elles soient encore fraîches ou volontairement séchées. On les utilise en infusions, décoctions, lotions, dans des bains, ou encore macérées dans de l'huile.

Une plante peut donner des résultats différents selon l'endroit où elle est cultivée et aussi selon conditions météo de la région. Un grand nombre de médicaments modernes sont composés en partie d'extraits de plantes.

L'usage de la phytothérapie peut se révéler très dangereux pour qui n'a pas les connaissances nécessaires en matière d'utilisation. De nombreuses plantes paraissant anodines n'en sont pas moins toxiques et il arrive aussi qu'une partie seulement de la plante présente un danger [5].

I.3-Plantes médicinales

Une plante médicinale est une plante dont un des organes, par exemple la feuille ou l'écorce possède des vertus curatives, et parfois toxiques selon son dosage. Au moyen âge, on parlait de simples.

L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) considère comme "plante médicinale" tout végétal contenant, dans l'un ou plusieurs de ses organes, des substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques ou qui sont précurseurs dans la synthèse chimico-pharmaceutique

Les principes actifs sont disposés de manière inégale dans les différentes parties ou organes de la plante, en raison de la spécialisation de leurs cellules. Les principes actifs médicinaux se concentrent en une seule partie de la plante. Chaque partie de la plante produit des substances différentes et possède des propriétés différentes. Les fleurs d'oranger sont sédatives ; ses fruits, les oranges, sont tonifiants ; leur écorce est digestive et apéritive.

Certaines parties d'une plante produisent de principes médicinaux alors que d'autres élaborent des substances toxiques. C'est le cas de la racine de consoude, qui est un grand cicatrisant alors que sur sa tige et ses feuilles se trouve un alcaloïde qui les rend très toxiques. Il convient donc de connaître et de savoir identifier chacune des parties ou organes qui constituent une plante [6].

I.4-Propriétés médicinales des plantes

Aujourd'hui, à côté des médicaments fabriqués uniquement par synthèse chimique, d'autres sont obtenus par traitement chimique de substances naturelles, végétales le plus souvent ou animales, mais aussi des remèdes purement naturels qui sont rarement d'origine animale (comme le miel) ou minérales (comme la tourbe médicinale) mais qui proviennent presque exclusivement de plantes. Parmi celles-ci, toutefois, seules certaines sont médicinales et la substance thérapeutique efficace n'est, en outre, logée que dans un certain organe déterminé, que l'on cueille alors à cet effet. Il arrive très rarement d'utiliser la plante entière.

I.5-Principales substances curatives des plantes médicinales

Les plantes synthétisent les éléments du sol et de l'atmosphère qu'elles absorbent par les racines et par les feuilles : l'eau, l'acide carbonique et les matières minérales et inorganiques. Le processus de base est l'assimilation photosynthétique du gaz carbonique, appelé simplement photosynthèse. Les premiers produits de la photosynthèse sont des substances à basse molécularité appelés métabolites primaires : les saccharides (sucres), puis les acides gras, les acides aminés. Ensuite sont produits les métabolites spécialisés. Certains possèdent des vertus thérapeutiques.

Parmi les métabolites primaires, les saccharides entrent dans la préparation des comprimés, servent de base aux mucilages. Certains acides aminés ne sont pas produits par l'organisme humain auquel ils sont pourtant indispensables et doivent donc être ingérés. Les métabolites contenant de l'iode assurent le bon fonctionnement de la glande thyroïde. Les plus composés, comme l'insuline, forment la base des hormones ainsi que des antibiotiques. Les plus importants sont les protéines [7].

I.6- Description des plantes

I.6.1- plante *Acacia radiana*

Acacia radiana

Nom tamahaq: Tahla

Famille : Fabaceae



Figure 1.Plante *Acacia radiana*

Acacia Radiana occupe tout le Sahara. Les sahariens l'appellent Tahla. Le tronc est gris-brun avec une écorce épaisse profondément crevassée dans le sens longitudinal. Les drageons et jeunes branches sont épineux. Les feuilles sont imparipennées, avec un grand nombre (de 9 à 25) de folioles ovales ; les stipules des feuilles portées par les rameaux non florifères sont transformées en épine aiguës, qui persistent plusieurs années après la chute des feuilles. Les fruits sont des gousses aplaties, de 7 à 8 cm de long, contenant 4-5 graines. Hauteur : 10 à 25 m. Fleur : 2 cm

Floraison: mai-juin. Altitude: 0à70m. Les fleurs peuvent se manger crues en quantité raisonnable (sinon elles peuvent provoquer des nausées), on peut également en faire des beignets : préparer une pâte à frire très légère (100g de farine, 2 œufs, ¼ de litre de lait, une cuillerée à soupe de miel et une

pincée de sel), trempez les grappes de fleurs entières en les tenant par le pétiole dans de l'huile très chaude mais pas fumante jusqu'à obtenir des beignets bien dorés. Son bois jaune-brun dur et imputrescible est recherché pour la fabrication de piquets de vigne ou de clôture, parfois remplacé par le châtaignier dans les régions où il manque. C'est un excellent combustible, mais il a l'inconvénient de projeter, en brûlant et en craquant, de nombreuses étincelles. Les feuilles fournissent un bon fourrage, la sève a une saveur sucrée rappelant celle de la réglisse. La partie végétative contient de l'acacétine (matière colorante), de l'indicane, du phosphate de calcium, de la carotène, du tanin, des gommés... Les racines sont toxiques car elles contiennent une substance vénéneuse. Leur écorce est émétique et purgative. Les feuilles sont antispasmodiques. Les fleurs contiennent de l'invertine, de l'asparagine, et de la robinine (glucoside spécial) et les fruits renferment une huile grasse. Les grappes des fleurs sont préparées en beignets et en sirops. L'essence des fleurs est utilisée en parfumerie; elles servent aussi à la confection d'une eau de toilette agréable ainsi que d'une boisson tonique par macération de 15 à 20 grammes de fleurs dans un litre de vin rouge. Grâce à sa croissance rapide, ces utilisations assurent un débouché rémunérateur aux plantations d'acacia conduites en taillis. Difficile à travailler à cause de sa nervosité et de sa tendance au gauchissement, il était aussi utilisé en charbonnerie.

Ses fleurs odorantes sont à la source de l'un des miels de printemps les plus réputés -le miel d'acacia- un miel liquide à la belle couleur d'ambre clair [8].

I.6.2- plante *Arénaria rubra*

Nom latin : *Arenaria rubra* L., *Lepigonum rubrum* Wahlberg, *Spergula rubra*, (L.) D.Dietr., *Spergularia campestris* (L.) Ascherson, *Spergularia longipes* Dietrich

Famille : Caryophyllaceae

Noms communs : spergulaire rouge, sabline rouge, casse-pierre, *Spergularia*

rubra ou *Spergula rubra* Parties utilisées : Plante entière

Origine : Europe, Algérie, Amérique du Nord



Figure 2. Plante *Arénaria rubra*

Arénaria est une plante médicinale, également connu sous le nom *Arenaria rubra*, largement utilisée pour des problèmes urinaires et l'hypertension artérielle en raison de son action diurétique

Son nom scientifique est *Spergularia rubra* et peuvent être achetés dans certains magasins d'aliments naturels et les pharmacies

L'arénaria utilisée pour aider à traiter l'enflure, la lithiase urinaire, les rhumatismes, la colique rénale, l'hypertension artérielle et les infections génito-urinaires, comme la cystite, urétrite et pyélonéphrite

I.6.2.1- Propriétés d'Arénaria

Les propriétés d'arénaria comprennent son action diurétique et reminéralisante en raison de sa teneur élevée en calcium, sodium et potassium

I.6.2.2-Comment utiliser l'Arénaria

Les parties ont utilisé l'Arénaria sont ses feuilles, les fleurs et les tiges

- thé arénaria: Mettez 50 g de feuilles dans 1 litre d'eau et faire bouillir pendant 3 minutes, puis laisser reposer pendant 10 minutes et la souche Buvez jusqu'à 3 tasses par jour

II.1-Etude de la plante Arénaria

II.1.1-Extraction

L'huile essentielle est extraite par la méthode de soxhlet. Dans un ballon de 500ml contenant 350 ml de l'eau. On monte une cartouche dans lequel on place 5 g de notre plante.



Figure 3.L'huile extraite au laboratoire de plante Arénaria

L'eau est portée à ébullition, puis condensée avec le condenseur à boules, dans le réservoir à siphon, contenant le solide à extraire dans une cartouche de papier épais. Le contact entre le solvant et le produit à extraire dure pendant l'accumulation de solvant dans le réservoir, puis quand le solvant atteint un certain niveau, il amorce le siphon et retourne dans le ballon en entraînant la substance dissoute. Ce cycle peut être répété plusieurs fois, selon la facilité avec laquelle le produit diffuse dans le solvant. Cette méthode exige un prétraitement pour le mélange obtenu par soxhlet, En pratique on utilise évaporateur rotatif pour séparer l'huile essentielle et l'eau.



Figure 04.Montage d'une unité de soxhlet

II.1.2-calcul du rendement

Afin d'éliminer toute traces d'eau, elle est ensuite pesée afin de calculer le rendement de l'extraction par rapport à la masse de la matière végétale fraîche.

$$\% \text{ huiles} = \frac{\text{le poids des huiles obtenu après extraction}}{\text{poids de la matière végétale}} \times 100$$

Le poids de la matière végétale 5g, et le poids d'huiles essentielles après l'extraction par entraînement à la vapeur d'eau 4.1g.

$$\% \text{ huiles} = \frac{4.1}{5} \times 100 = 82\%$$

II.2-Etude de la plante *Acacia radiana*

II.2.1-Extraction

L'huile essentielle d'*Acacia radiana* est extraite de la même manière que la plante précédente. Dans un ballon de 500ml contenant 270 ml d'acétone avec 30 ml de dichloro méthyle. On monte une cartouche dans lequel on place 11.56 g de notre plante.

II.2.2-Identification de la plante médicinale *Acacia radiana*

II.2.2.1-tests antioxydants

Mode opératoire

- Un échantillon de 2 gr de viande est placé dans un tube de 25 ml contenant 16 ml d'acide trichloracétique à 5% (p/v).
- Le mélange est homogénéisé 3 fois pendant 15 secondes à l'aide d'un homogénéisateur (*Ultra-Turrax*).
- Le broyat est passé à travers un papier filtre afin d'obtenir un filtrat. Puis de ce filtrat 2ml sont additionnés à 2 ml d'acide thiobarbiturique.



Figure 5. Représentation de mélange correspond à l'échantillon+ 16 ml d'acide trichloracétique

- Les tubes fermés sont plongés dans au bain-marie à 70°C pendant 30 minutes et placés dans un bain d'eau froide.
- La dernière étape consiste à lire à l'aide d'un spectrophotomètre l'absorbance du mélange réactionnel à 532 nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent MDA (malonaldehyde) / kg.



Figure 06. Tube de mélange dans au bain-marin

- Expression des résultats :

Les résultats dégagés au cours de ces expériences sont obtenues par la formule suivante :

$$\text{mg équivalent MDA/ kg} = (0,72 / 1,56) \times (A_{532 \text{ cor}} \times V_{\text{solvant}} \times V_f) / PE$$

$A_{532 \text{ cor}}$: l'absorbance.

V_{solvant} : volume de solution de dilution TAC en ml.

PE : prise d'essai en gramme.

V_f : volume du filtrat prélevé.

0,72 / 1,56 : correspond à la prise en compte du coefficient d'extinction moléculaire du complexe TBA-MDA a la valeur de : 1,56.105 M⁻¹.cm⁻¹ [9], et au poids moléculaire du MDA d'une valeur de 72g. mol⁻¹.

Résultat de travail

- Absorbance sans extrait

$$A_1=0.157 / A_2=0.156 / A_3=0.154$$

$$A_{\text{moy}} = 0.1556$$

- Absorbance avec C1=0.1g/ml

$$A_1=0.124 / A_2=0.116 / A_3=0.117$$

$$A_{\text{moy}} = 0.119$$

- Absorbance avec C2=0.2g/ml

$$A_1= 0.084 / A_2= 0.085 / A_3= 0.086$$

$$A_{\text{moy}} = 0.085$$

Tableau 1. Résultats des tests antioxydant sur la plante *Acacia radiana*

Echantillons	1	2	3
Absorbance moyen	0.1556	0.119	0.085
MDA moyen (meq g/kg de MDA)	1.149	0.878	0.627
L'écart type	0.0015	0.0010	0.0044

Les résultats montrent que la plante présente un effet antioxydant

II.2.2.2- Tests phytochimique de la plante *Acacia radiana*

a- Flavonoïdes

Les fonctions flavanoïdes sont déterminées par le protocole suivant :

Une quantité du Mg + 1ml HCl concentré + 1ml d'extrait $\xrightarrow[\text{Quelque min}]{\text{après}}$ couleur rouge

b- Tanins

Les fonctions tanins sont déterminées par le protocole suivant :

Gélatine solution + 1ml d'extrait \longrightarrow précipité blanc

c- Saponosides

Les fonctions saponosides sont déterminées par le protocole suivant :

5ml de solution d'extrait + 10ml H₂O chaude \longrightarrow mélange pendant 2min
 \longrightarrow Mousse persistante après 15min

d- Les coumarines

Les fonctions coumarines sont déterminées par le protocole suivant :

Ajoutant 3ml de NaOH de 10 % à 2ml d'extrait. La présence des coumarines est indiquée par une coloration jaune.

e- Les quinones

Les fonctions quinones sont déterminées par le protocole suivant :

A 1ml d'extrait à analyser est ajouter 0.5ml d'une solution aqueuse de NaOH à 10% la présence des quinones est indiquée par une coloration jaune ; rouge ; violette.

f- Test des sucres

Les fonctions sucres sont déterminées par le protocole suivant :

A 1ml d'extrait est ajouter 1ml mélange de la solution de Fehling A et B avec chauffage, l'apparition de précipité rouge brique indique la présence des sucres.

Nous résumons enfin toutes les opérations effectuées sur la plante *Acacia radiana* dans le tableau 2

Principes actifs	Observations
Flavonoides	(+)
Tanins	(++)
Saponosides	(-)
Coumarines	(+)
Quinones	(++)
Sucres	(+)

Tableau 2. Résultats des tests phytochimie sur la plante *Acacia radiana*

II.2.2.3- les analyses chromatographiques des huiles extraite par CCM :

Figure 7. Résultat d'analyse de l'extrait du plante *Acacia radiana* par chromatographique sur couche mince (CCM) avec l'acétone



Figure 8. Résultat d'analyse de l'extrait du plante *Acacia radiana* par chromatographique sur couche mince (CCM) avec Hexane et CH_2Cl_2

II.3- Analyse des phases cristallisées

II.3.1- Analyse par spectroscopie infrarouge a transformée de Fourier (IRTF)

Cette technique permet l'analyse de composés en observant les nombres d'ondes des résonances des différents atomes. Chacun ayant une nombre d'onde propre, la connaissance de ces nombres d'ondes permet de déduire la nature du produit étudié. Pour cela, on balaye la gamme des nombres d'ondes de 4000 à 400 cm^{-1} et on observe l'intensité du signal transmis. Lorsque le nombre d'onde émise correspond à celle d'un des oscillateurs, le signal est plus ou moins absorbé.

II.3.2- Données spectroscopiques IRTF sur la lithiase phosphocalcique

Les phosphates de calcium englobent plusieurs familles de molécules dont les structures ne sont pas toujours parfaitement définies. Cinq constituants différents sont observés dans les calculs urinaires : deux sont fréquents, l'apatite et la struvite. La brushite est rare. Les deux autres constituants sont exceptionnels : whitlockite et newberyite.

Les apatites ou phosphates de calcium basiques cristallisent dans le système hexagonal [10]. Les apatites, à l'exception de la whitlockite sont caractérisées par une bande large entre 3600 et 3100 cm^{-1} correspondant à l'absorption des groupements OH. La vibration de valence de l'ion PO_4^{3-} , s'exprime sous la forme d'une large bande épaulée vers 1095 cm^{-1} et pointée entre 1035 et 1025 cm^{-1} . Les apatites existent sous plusieurs formes cristallines.

II.3.3- La carbapatite

La carbapatite est caractérisée par la présence d'ions carbonates peu nombreux incorporés dans le réseau cristallin. Elle très souvent associée au phosphate amoniac-magnésien. Ces est derniers créent sur le spectre infrarouge l'apparition de bandes supplémentaires à celles observées pour les apatites simples : ce sont les nombres d'ondes de valence de l'ion carbonate observables à : 1460 et 1419 cm^{-1} [11].

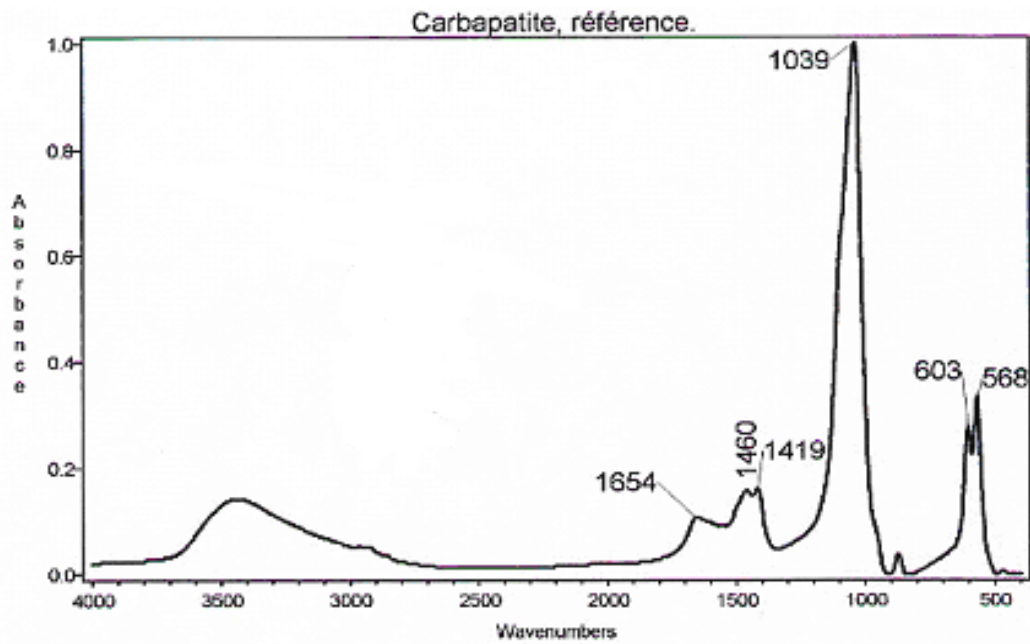


Figure9. La carapatite

Tableau 03. Principales nombres d'ondes de vibrations de la carapatite

Nom minéralogique	Formule	Abréviation	Pics caractéristiques (cm ⁻¹)
Carapatite	Ca _{10-x+y} M _{x-y} (PO ₄) _{6-x} (OH) _{2+2y-x} (CO ₃) _x	CA	F: 1039 F: 603; f: 1460, 1419.
Pics observés (cm⁻¹)			
3436f; 1654f; 1460f; 1419f; 1039TF; 603m; 568m.			
Identification du constituant			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Valence asymétrique des PO₄³⁻ à 1039cm⁻¹ forte, asymétrique à gauche, épaulée à 1100cm⁻¹. ✓ Bandes symétriques faible de PO₄³⁻ à 960 cm⁻¹ ✓ Valence carbonate 1460 et 1419 cm⁻¹ 			

II.3.4- L'hydroxyapatite

L'hydroxyapatite est plus commun des phosphates de calcium. Il a la propriété importante de précipiter rapidement à pH alcalin. Il existe peu de calculs purs d'apatites. Les apatites forment plutôt des masses granuleuses dans les calculs d'oxalate de calcium ou de la struvite [12].

L'hydroxyapatite est souvent un constituant minoritaire qui apparaît sous forme de dépôt superficiel dans des calculs d'acide urique ou cystinique ou encore dans le nucleus de calculs oxaliques [12].

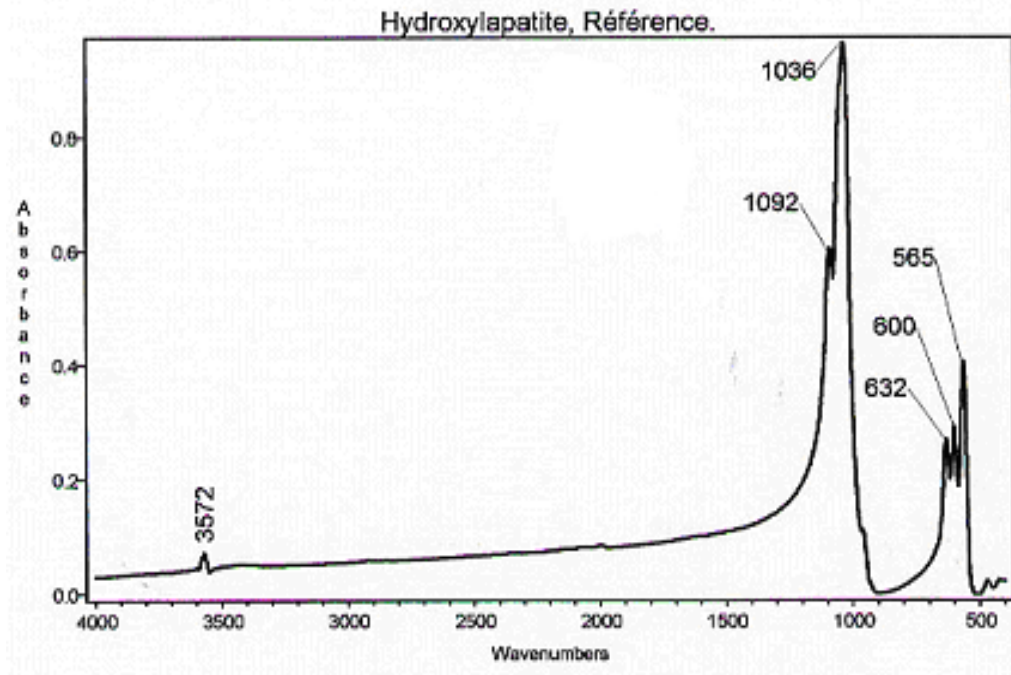


Figure 10. Hydroxyapatite

Tableau 04. Principales nombres d'ondes de vibrations de l'hydroxyapatite

Nom minéralogique	Formule	Abréviation	Pics caractéristiques (cm ⁻¹)
hydroxyapatite	Ca ₉ Mg(PO ₄) ₆ HPO ₄ , nH ₂ O	AP	TF: 1036 ; 1044 M : 1092
Pics observés (cm⁻¹)			
3572 f-1092m -1044 TF -1036TF -962f -632m -600m -565m			
Identification du constituant			
✓ Valence asymétrique PO ₄ ³⁻ à 1033 forte et large, asymétrique à gauche épaulée à 1100 cm ⁻¹			

II.3.5- La withlockite

La withlockite appartient à la famille des apatites et cristallise dans le système hexagonale [13]. C'est le phosphate tricalcique anhydre. Il proviendrait de la déshydratation in situ de l'hydroxyapatite. Elle est peu fréquente sa structure est très voisine de celle des apatites. Elle est surtout connue par dédoublement à 1076 cm⁻¹ et 1027 cm⁻¹ [14].

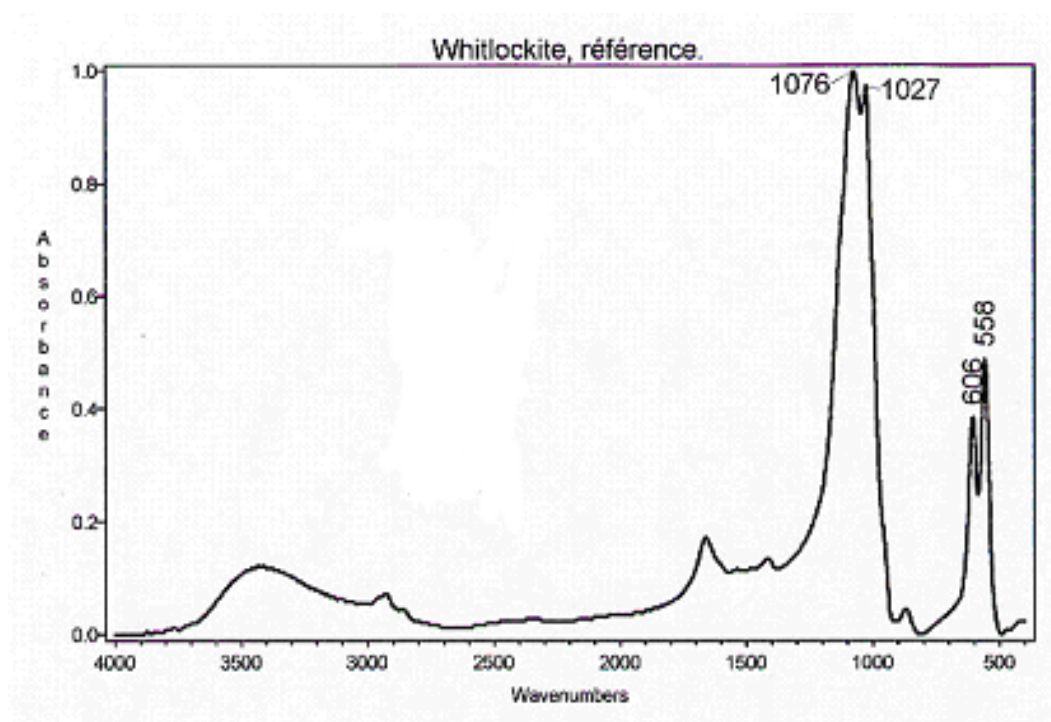


Figure 11. La whitlockite

Tableau 05. Principales nombres d'ondes de vibrations de la withlockite

Nom minéralogique	Formule	Abréviation	Pics caractéristiques (cm ⁻¹)
Withlockite	Ca ₉ Mg(PO ₄) ₆ HPO ₄	WK	Double pics TF: 1076 et 1027.
Pics observés (cm⁻¹)			
3420f; 1662f; 1076F; 1027f; 992f; 606m; 558m.			
Identification du constituant			
✓ Bande large bifide des PO ₄ ³⁻ à 1027 et 1076 cm ⁻¹ épaulée à 992 cm ⁻¹			

II.3.6- Phosphate de calcium amorphe carbonaté (PACC)

Le phosphate de calcium amorphe carbonaté est un constituant friable. Il n'a pas une signification particulière chez les sujets sains. En revanche, chez les lithiasiques, c'est un indicateur d'un risque de récurrence. Il se distingue de la carbapatite sur les spectres IRTF par l'absence d'une bande fine à 600 cm⁻¹ [14].

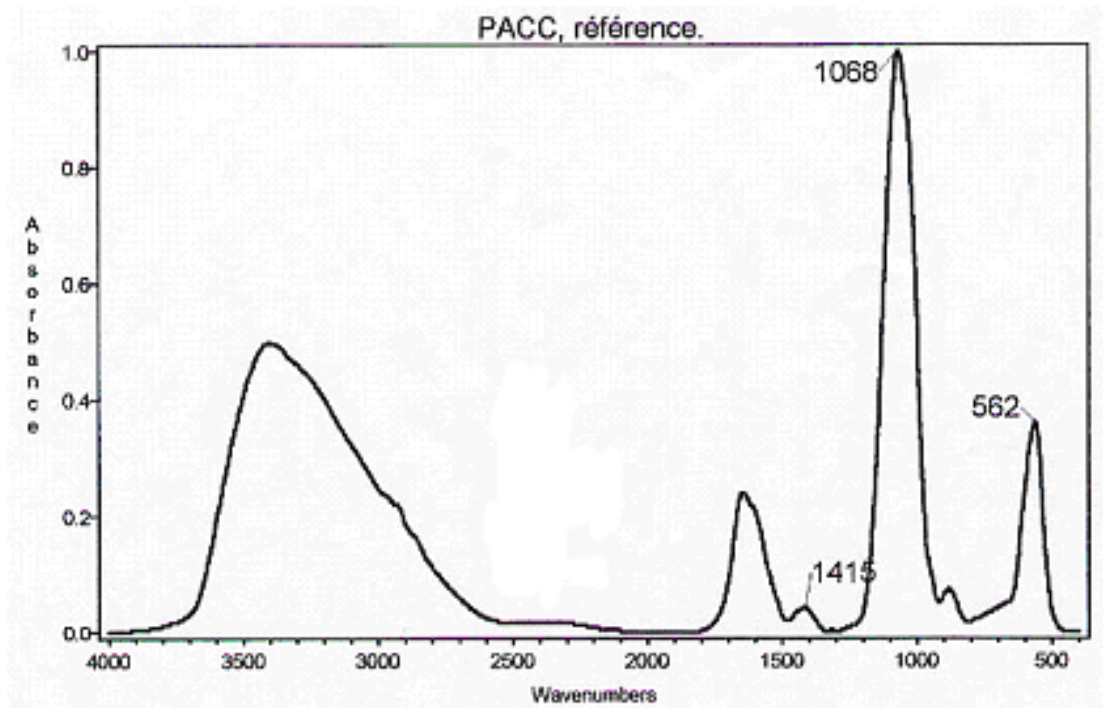


Figure 12. Phosphate de calcium amorphe carbonaté (PACC)

Tableau 06. Principales nombres d'ondes de vibrations des bandes du PACC

Nom minéralogique	Formule	Abréviation	Pics caractéristiques (cm ⁻¹)
Phosphate de calcium amorphe carbonaté	Ca(PO ₄) _x (OH) _y (CO ₃) _{2,5} H ₂ O	PACC	TF: 1068 cm ⁻¹ F: 1415 cm ⁻¹
Pics observés (cm⁻¹)			
3405m; 1645m; 1415f; 1068TF; 880f; 562m.			
Identification du constituant			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bande phosphate, arrondi, forte, asymétrique, centrée sur 1068 cm⁻¹ ✓ Pas de bandes fines à 600 cm⁻¹. 			

II.3.7- La struvite

La struvite est le phosphate ammoniaco-magnésien hexahydraté. Elle cristallise dans le système orthorhombique [15]. On ne l'observe jamais sous forme pure, mais elle s'associe dans les calculs hétérogènes dont les plus fréquents sont constitués par des phosphates ammoniaco-magnésien, de la carbapatite et de l'oxalate de calcium. Dans les calculs mixtes comportant de la struvite, la

carapatite est souvent le constituant majoritaire. Il est probable que d'autres facteurs importants interviennent pour expliquer la prédominance de la struvite ou de la carapatite selon les cous.

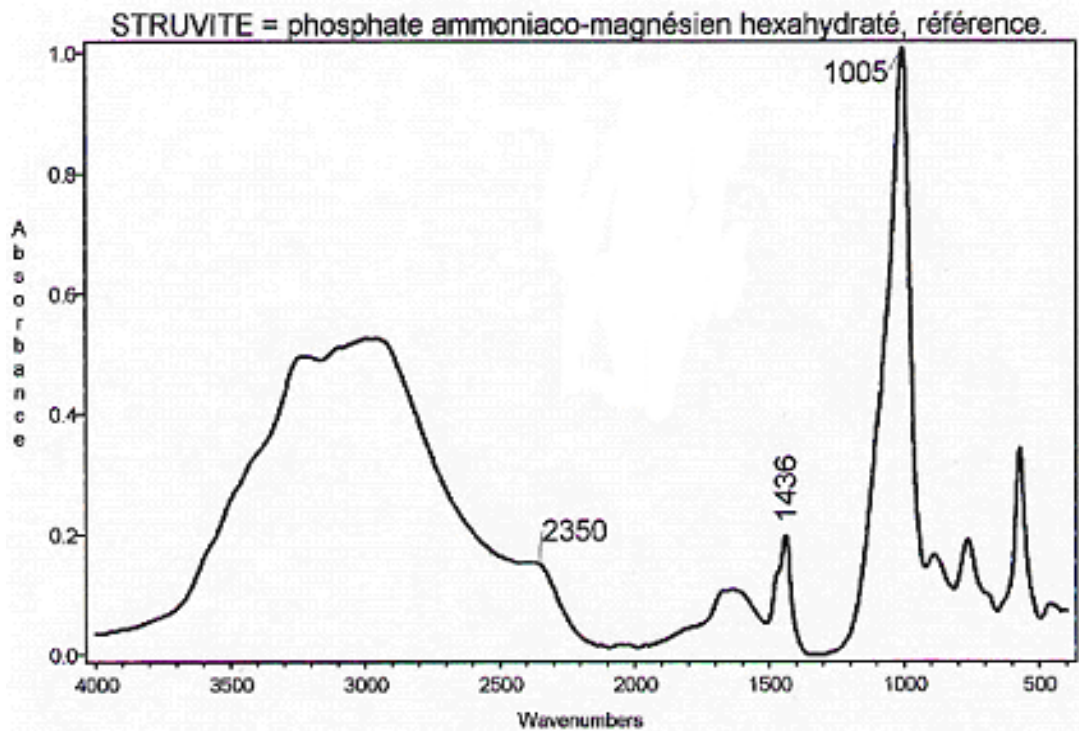


Figure 13. La Struvite

Tableau 07. Principales nombres d'ondes de vibrations de la struvite

Nom minéralogique	Formule	Abréviation	Pics caractéristiques (cm ⁻¹)
Struvite	MgNH ₄ PO ₄ ·6H ₂ O	Str ou MAP	TF: 1005 ; m:2350 (plateau) m : 1436
Pics observés (cm⁻¹)			
2350m; 1638m; 1436m; 1005TF; 764f; 572m.			
Identification du constituant			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bande phosphate à 1005 cm⁻¹, concave à gauche ✓ Déformation de l'ion ammonium à 1436 cm⁻¹ ✓ Plateau des molécules H₂O + ion NH₄⁺ à 2350 cm⁻¹. 			

II.3.8- Le phosphate octocalcique pentahydraté (O.C.P)

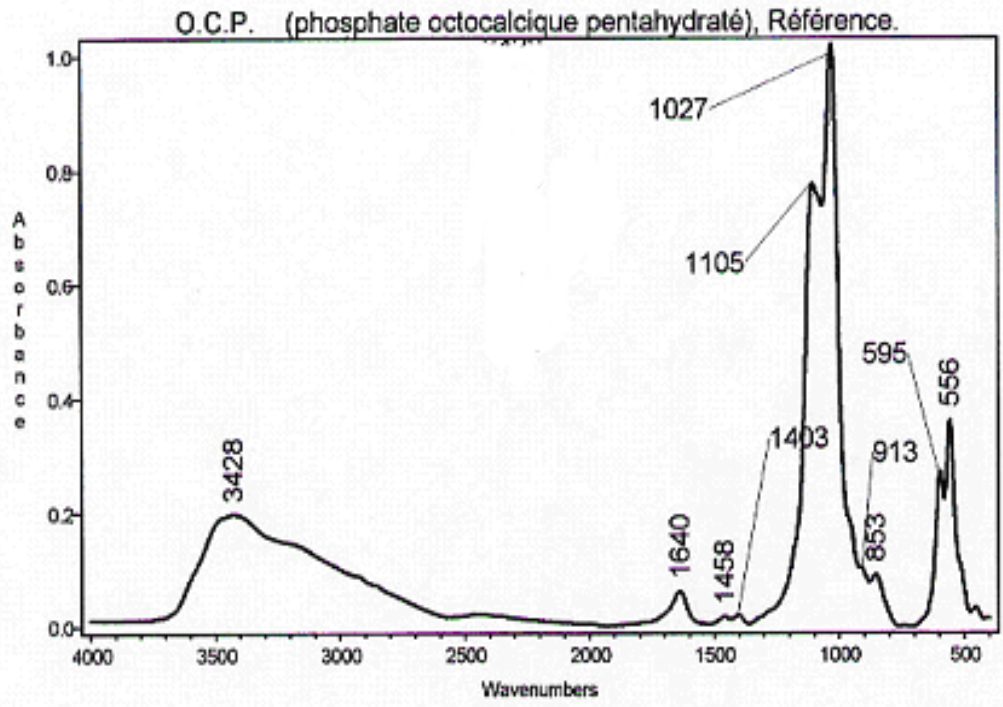


Figure 14. Phosphate octocalcique pentahydraté (O.C.P)

Tableau 8. Principales nombre d'ondes de vibrations de l'O.C.P

Nom minéralogique	Formule	Abréviation	Pics caractéristiques (cm ⁻¹)
Phosphate octocalcique pentahydraté	Ca ₈ (PO ₄) ₄ (HPO ₄) ₂ , 5H ₂ O	O.C.P	TF: 1105 cm ⁻¹ m: 1027 cm ⁻¹ m : 913 cm ⁻¹
Pics observés (cm⁻¹)			
3428F; 1640f; 1105F; 1027TF; 913TF; 595m; 556m.			
Identification du constituant			
✓ Valence phosphate à 1027cm ⁻¹ , asymétrique à gauche, épaulement à 1105 cm ⁻¹			

II.4-La cristallisation des phosphates

La formation d'un calcul est une succession d'étapes dont le déroulement dépend de plusieurs facteurs tels que la sur saturation. Le rein produit des urines sursaturées en plusieurs solutés cristallisables dont la concentration est supérieure au produit de solubilité, c'est le cas de phosphocalcique. Ceci ne conduit pas nécessairement à la formation des cristaux car les urines contiennent des substances qu'on appelle "inhibiteurs de cristallisations" qui contrebalance l'action

des promoteurs donc la formation de calculs apparaît comme une rupture d'équilibre permanente intermittente ou occasionnelle entre deux groupe de substances: les promoteurs et les inhibiteurs de cristallisation. Les promoteurs les plus importants sont les ions calcium, oxalate, phosphate et acide urique.

La première conséquence de la rupture d'équilibre entre promoteurs et inhibiteurs est une augmentation de la fréquence de la cristallisation, aisément constatée par l'examen périodique des urines du réveil des sujets lithiasiques récidivants. En plus des substances chimiques comme inhibiteurs, il a aussi les inhibiteurs naturels (les plantes médicinales) qui font l'objet de notre étude [16, 17, 18, 19, 20].

II.5-Etude de la cristallisation sans inhibiteurs

Nous avons adopté pour l'étude de la cristallisation des phosphates le modèle classique, il présente en plus de sa simplicité, une reproductibilité très satisfaisante.

Ce modèle comporte l'étude de la cristallisation sans inhibiteur et avec inhibiteur afin d'apprécier quantitativement l'effet du pouvoir d'inhibition de chaque substance chimique étudiée.

II.5.1-mode opératoire

La précipitation de la phase solide des phosphates à partir de l'urine artificielle a fait l'objet de nos investigations à $\text{pH} = 8$. L'urine artificielle est préparée en mélangeant deux volumes égaux de deux solutions A et B (Tableau 9). Le mélange des deux solutions donne l'urine artificielle à un $\text{pH} = 8$. Pour ajuster le pH , on procède à l'addition de HCl ou NaOH à la solution B.

Dans un premier temps, les deux solutions sont ramenées à 37°C dans un bain thermostaté 50 ml de la solution A sont versés dans un Erlen Meyer sous agitation à une température constante de 37°C , puis 50 ml de solution B sont versés dans le même Erlen Meyer qui est ensuite couvert afin d'éviter l'évaporation. L'agitation du mélange pour chaque expérience est maintenue constante dans le but d'empêcher la sédimentation.

L'évolution de la taille des cristaux est suivie par microscopie optique à différents intervalles de temps en procédant comme suit :

Une goutte d'échantillon est prise par pipette pasteur toutes les cinq minutes puis soumise à l'observation par microscopie optique. Les cristaux et agrégats sont identifiés avec l'objectif grossissant 40 fois. Après chaque temps de cristallisation, le volume entier du mélange est filtré, le précipité récupéré, séché à l'air libre, ensuite soumis aux analyses infrarouges.

Tableau 9. Composition de l'urine artificielle

Composition de solution A		composition de solution B	
Composé	Concentration (g/l)	Composé	Concentration (g/l)
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	11.02	NaH ₂ PO ₄ . 2H ₂ O	2.65
MgSO ₄ .7H ₂ O	1.46	Na ₂ HPO ₄ .12H ₂ O	18.82
NH ₄ Cl	4.64	NaCl	13.05
Ca ²⁺	0.24	Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇ .2H ₂ O	1.0
KCl	12.13	C ₂ H ₅ O ₄	0.05

II.5.2-Le pourcentage d'inhibition

Le pourcentage d'inhibition produit par la molécule d'inhibitrice est calculé à partir de la formule suivant :

$$\% I = \left[1 - \frac{N_{AI}}{N_{SI}} \right]$$

Où N_{AI} présente le nombre moyen de cristaux avec inhibition et N_{SI} présente le nombre moyen de cristaux sans inhibition [19].

II.5.3-Cristallisation sans inhibiteur à pH= 8

A pH = 8, les cristaux de struvite sont formés immédiatement après addition de la solution B. Les granulations ont été identifiées comme étant de la carbapatite. En effet, celle-ci précipite à pH : 5,9-9, alors que la struvite cristallise à pH : 6,7-9. Le tableau 9 résume l'évolution du nombre des cristaux de la struvite en fonction du temps.

Tableau 10. Evolution du nombre des cristallites de la struvite à pH= 8

Temps (min)	Nombre de cristaux de la struvite
5	10
10	12
15	12
20	13
30	13
40	15
50	21
60	21
120	33
180	33

Le nombre de cristaux de la struvite est d'environ 33 par mm³ d'urine artificielle à pH = 8. Les granulations formées sont caractérisées par IRTF comme la carbapatite.

Les composés formés ont été identifiées par microscopie optique à lumière polarisé et le dépouillement du spectre IRTF (figure 15 et le tableau 11) confirme la présence des espèces citées : à savoir la struvite et la carbapatite.



Figure 15. Spectre IRTF des phosphates pH=8.

Le tableau 11 regroupe les principales bandes caractéristiques et leur identification

Tableau 11. Principales nombres d'ondes de vibrations des bandes IRTF de la struvite à pH=8.

Pics observés (cm⁻¹)			
3411f; 1634f; 1437m; 1419m; 1020TF; 600, 567m; 761m; 893f; 1436m; 2362m.			
Nom minéralogique	Formule	Abréviation	Pics caractéristiques (cm⁻¹)
Carbapatite		CA	F: 1020cm ⁻¹ 1460cm ⁻¹ ; 600cm ⁻¹
	Identification du constituant		
	✓ Valence asymétrique PO ₄ ³⁻ à 1020 forte, asymétrique à gauche, épaulée à 1100 cm ⁻¹ ✓ Valence symétrique faible de PO ₄ ³⁻ à 960 cm ⁻¹		
Struvite	MgNH ₄ PO ₄ ·6H ₂ O	STR ou	TF: 1020 cm ⁻¹
		MAP	m: 2362 cm ⁻¹ m: 1436 cm ⁻¹
Identification du constituant			

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Déformation de l'ion ammonium à 1436 cm^{-1} ✓ Plateau des molécules H_2O + ion NH_4^+ à 2362 cm^{-1}
--	---

II.6-Etude de la cristallisation des phosphates en présence d'inhibiteur à pH= 8

II.6.1-Etude de cristallisation des phosphates en présence d'inhibiteur

Afin de mettre en évidence des inhibiteurs potentiels pour les phosphates d'une part, et essayer de comprendre les mécanismes d'action de ces inhibiteurs sur les étapes de la cristallisation des phosphates (nucléation, croissance, agrégation) d'autre part, nous avons testé des inhibiteurs naturels, en l'occurrence, les plantes médicinales. La même procédure que dans le cas sans inhibiteur est suivie. Toutefois, Il faut ajouter des volumes correspondant aux concentrations physiologiques à la solution B avant de mélanger les solutions (A et B) à $37\text{ }^\circ\text{C}$. Les courbes d'évolution de nombre des cristaux en fonction du temps obtenues sont du même type que celles sans inhibiteur.

II.6.2-Inhibition de la cristallisation des phosphates en fonction du pH de l'urine artificielle

Le modèle de cristallisation des phosphates avec inhibiteur adopté dans notre travail est le même que sans inhibiteur. Nous avons déterminé le nombre des cristaux en fonction du temps et en présence de l'inhibiteur (plante médicinale) pour apprécier l'effet de ce dernier. En effet, connaissant la taille des cristaux qui se forment en l'absence de l'inhibiteur, il nous est facile de comparer et d'apprécier le rôle des ions citrates.

Une série d'expériences correspondant aux concentrations physiologiques de 5 et 10 mL en plante médicinale été réalisée afin de couvrir la plage d'excrétion physiologique. Cette opération a été effectuée en ajoutant seulement des volumes des plantes médicinales à la solution B.

L'étude de cristallisation des phosphates avec inhibiteur est suivie, en mélangeant deux volumes équivalents de 50 mL des solutions A et B (contenant le volume d'inhibiteur) à pH 8 à 37°C agitées magnétiquement à une vitesse constante. Le pH du mélange est ajusté au début de chaque expérience avec de l'acide chlorhydrique ou la soude selon le besoin. A la fin de chaque manipulation, le pH est mesuré, car la cristallogénèse dans ces conditions dépend du pH. Il faut signaler que toutes les manipulations ont été effectuées trois fois pour tester la reproductibilité en déterminant le CV% (coefficient de variance).

Nous avons adopté une durée d'expérience de trois heure pour le pH = 8 [21]. Le suivi de nombre des cristaux par prélèvement d'une goutte et examen par microscopie optique à lumière polarisée a été effectué à des intervalles de temps de 5, 10, 20, 30 minutes jusqu'à trois heures ou quatre heures selon le pH auquel on travaille et la formation de cristaux.

A la fin des expériences, les précipités collectés sont soumis aux analyses IRTF pour déterminer la structure des composants formés ou éventuellement disparus.

II.7- Plante Arénaria

Les résultats de l'évolution du nombre des cristaux de struvite, en présence des différentes concentrations de la plante l' Arénaria, et le pourcentage d'inhibition (I%) sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau12. Evolution du nombre des cristaux de struvite en présence l' Arénaria

Temps	nombre des cristaux de la struvite en μm et I%				
	SI	5mL	I%	10mL	I%
5	10	4	60	8	20
10	12	3	75	7	41.66
15	12	3	75	4	66.6
20	13	8	38.46	5	61.53
30	13	8	38.46	5	61.53
40	15	9	40	5	66.6
50	21	5	76.19	5	76.19
60	21	8	61.90	4	80.9
120	33	5	84.8	5	84.8
180	33	7	78.78	3	90.9

I %: pourcentage inhibition **SI :** sans inhibiteur. **G :** granulation

On remarque, qu'en générale la cristallisation se produit rapidement à tous les différents volumes quoiqu'on enregistre une diminution progressive du nombre des cristaux en fonction des volumes de la plante ajoutés et du temps.

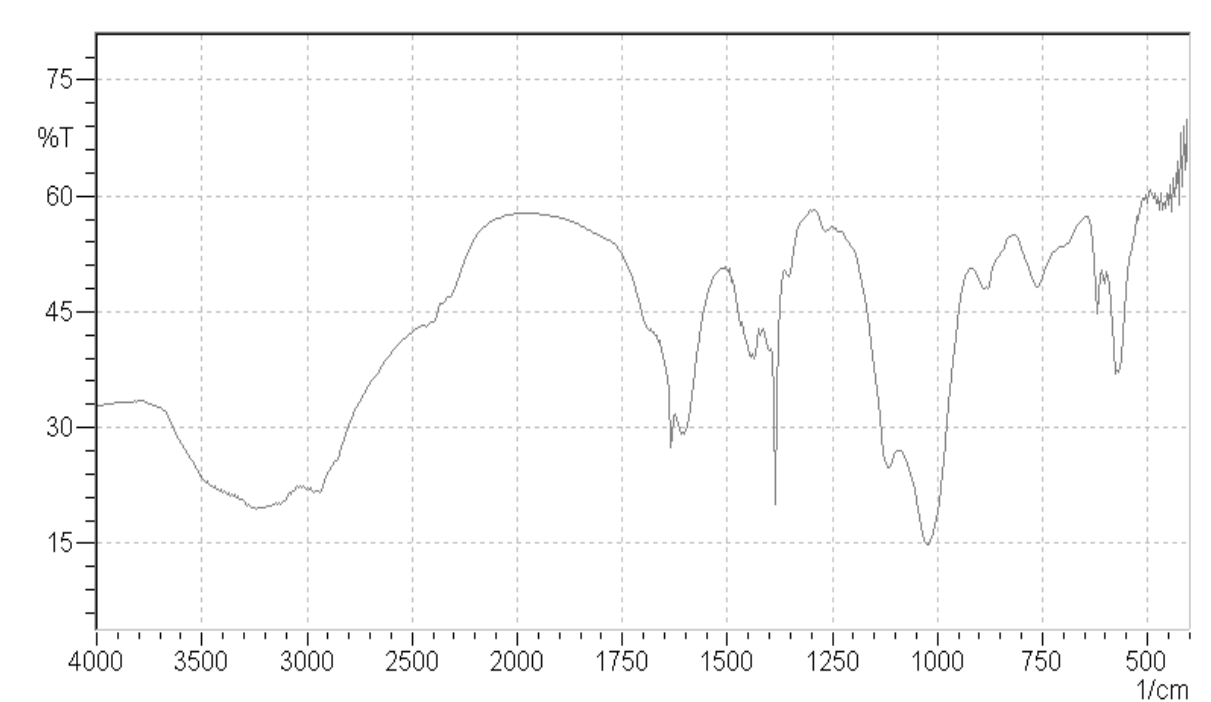
L'effet de l'Arénaria sur les cristaux de la struvite à pH =8 n'est pas important. Au bout de 3 heures le nombre des cristaux atteint un nombre minimal de 7 pour un volume de 5 mL, soit une diminution de 78.78 % par rapport à sa valeur sans inhibiteur. Par contre, l'effet de la plante sur la taille et le nombre des agrégats de la struvite est remarquable.

Tableau13. Evolution du nombre des agrégats de la struvite en présence l'Arénaria

Temps	nombre des agrégats de la struvite en μm et I%				
	SI	5mL	I%	10mL	I%
5	10	03	70	0	100
10	12	06	50	03	75
15	12	06	50	04	66.6
20	13	06	53.8	04	69.23
30	13	06	53.8	01	92.3
40	15	03	80	0	100
50	21	06	71.4	02	90.47
60	21	12	42.8	0	100
120	33	06	81.8	01	96.9
180	33	07	78.7	0	100

On observe que l'effet de la plante est plus important sur les agrégats. L'addition d'un volume de 10 mL d'infusé de plante retard l'apparition d'agrégats de la struvite jusqu'à 180min.

Au bout de 3 heures le nombre des agrégats a atteint une valeur minimale pour un volume de 5 mL, soit une diminution de 78.7% par rapport à sa valeur sans inhibiteur.

**Figure 16.** Spectre IRTF en présence de 5 mL d'Arénaria rubra

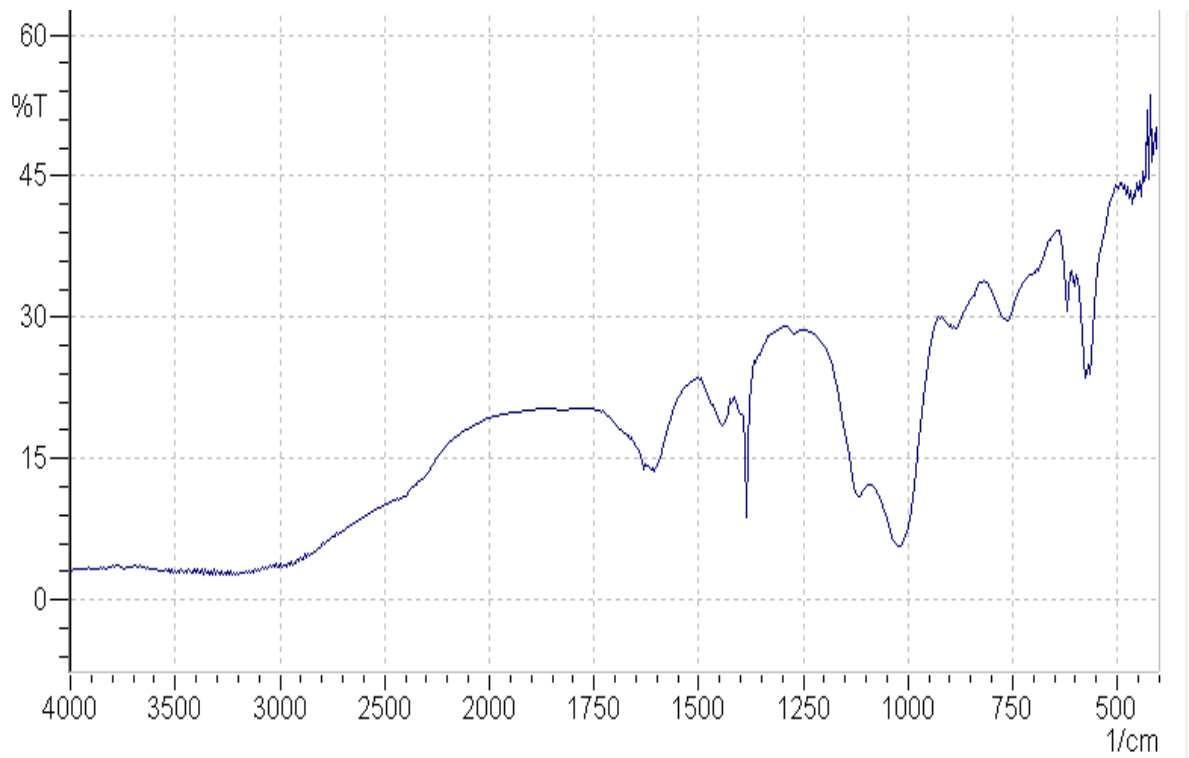


Figure 17. Spectre IRTF en présence de 10 ml d'arénaria rubra

L'interprétation des spectres IRTF montre l'existence de la struvite accompagnée de la carapatite, donc l'effet de l'extrait de la plante est important seulement sur le nombre des cristaux.

II.8- Plante Acacia radiana

Le tableau 14 regroupe le nombre des cristaux en présence des fruits d'Acacia radiana, ainsi leur pourcentage d'inhibition (I%)

Tableau 14. Evolution du nombre des cristaux de la struvite en présence Acacia radiana

Temps	nombre des cristaux de la struvite en μm et I%				
	SI	5mL	I%	10mL	I%
5	10	10	0	7	30
10	12	9	25	11	8.33
15	12	9	25	11	8.33
20	13	7	46.1	12	7.69
30	13	5	61.5	13	0
40	15	6	60	10	33.3
50	21	8	61.9	12	42.8
60	21	8	61.9	11	47.6
120	33	3	90.9	3	90.9
180	33	2	93.9	2	93.9

On a noté, lors des différentes observations, que l'effet de la plante d'Acacia radiana n'est pas aussi important que celui l'Arénaria. Après 3 heures le nombre minimale des cristaux a atteint une valeur de 2 μm pour les volumes de 5, et 10 mL, soit une diminution de 90.9 % par rapport à sa valeur initiale. Malgré l'addition d'un volume de 10 mL les cristaux de la struvite persistent toujours. Par contre l'effet de la plante d'acacia radiana est important.

Tableau 15. Evolution du nombre des agrégats de la struvite en présence l'Acacia radiana

Temps	nombre des agrégats de la struvite en μm et I%				
	SI	5mL	I%	10mL	I%
5	10	9	10	0	100
10	12	11	8.33	0	100
15	12	8	33.3	0	100
20	13	12	7.69	0	100
30	13	6	53.8	3	76.9
40	15	5	66.6	5	66.6
50	21	12	42.8	4	80.9
60	21	7	66.6	6	71.4
120	33	9	72.7	0	100
180	33	6	81.8	2	93.9

L'effet de la plante *Acacia radiana* sur les agrégats est assez intéressant que son effet sur les cristaux. L'ajout de 10 ml d'*Acacia radiana* retarde l'apparition des agrégats jusqu'à 20 min. Au bout de 3 heures le nombre des agrégats enregistrée 2 μm pour un volume de 10 ml, soit une diminution de 93.9 % par rapport à sa valeur sans inhibiteur.

Le nombre de cristaux de la struvite à la fin de l'expérience est moins important (environ 33 cristaux par mm^3 d'urine artificielle). Cette diminution est due probablement à une conversion de la carapatite en phosphate amorphe de calcium carbonaté (PACC).

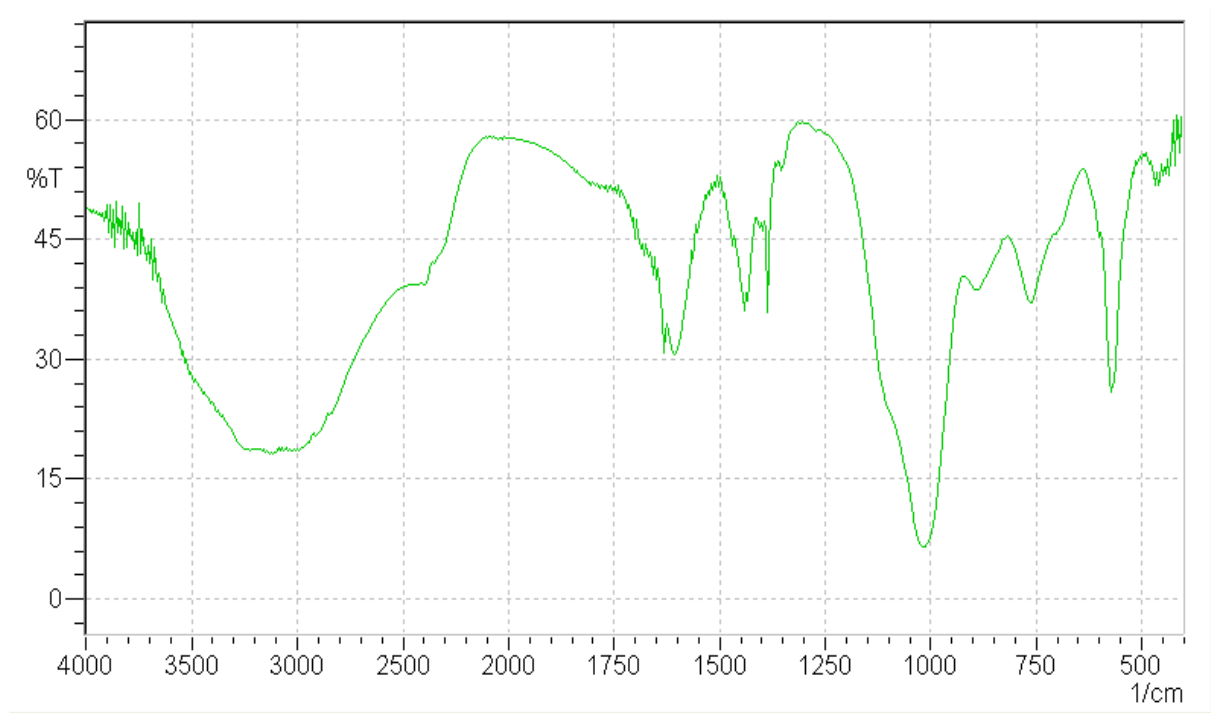


Figure 18. Spectre IRTF en présence de 5 ml d'Acacia radiana

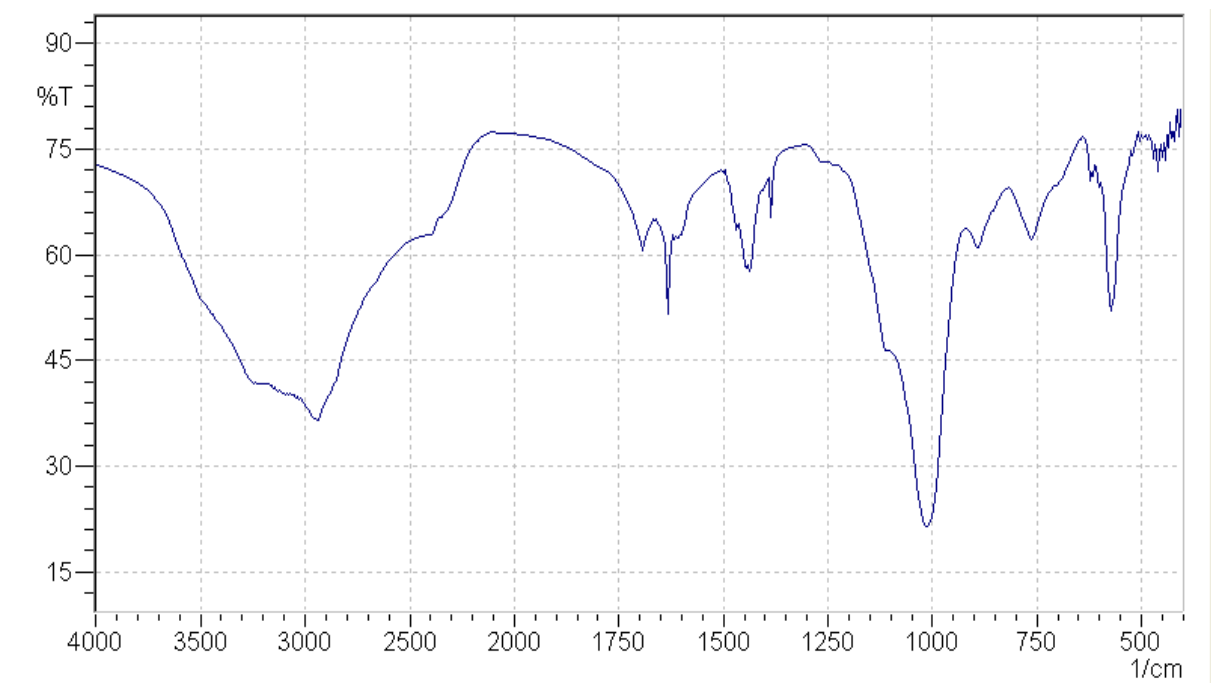


Figure 19. Spectre IRTF en présence de 10 ml d'Acacia radiana

Tableau 16. nombres d'ondes des bandes caractéristiques des constituants.

Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Attributions	Constituant
TF: 1000,9 m: 1438,9 2350	-Bande de phosphate -vibration de l'ion NH ₄ ⁺ (déformation) -plateau des molécule H ₂ O + ion NH ₄ ⁺ , décrochant à 2346 cm ⁻¹	struvite MgNHPO ₄ ·6H ₂ O
F: 1039 f: 1460, 1419.	✓ Valence asymétrique des PO ₄ ³⁻ à 1039cm ⁻¹ forte, asymétrique à gauche, épaulée à 1100cm ⁻¹ ✓ Valence carbonate 1460 et 1419 cm ⁻¹	Carbapatite

Le dépouillement des spectres IRTF confirment la présence de la struvite accompagnée par la carbapatite. Par contre, l'addition de 10 ml de la plante a un effet très important sur l'inhibition des cristaux de la struvite. L'examen du spectre IRTF, montre que la struvite persiste encore avec la carbapatite qui est majoritaire.

Discussion

L'activité inhibitrice des extraits des plantes d'Arénaria et d'acacia radiana est due à sa capacité de s'incorporer à la structure moléculaire des phosphates calciques. En particulier les phosphates amorphes de calcium ainsi, ils stabilisent ces espèces sous forme des particules de petites taille, dont l'élimination urinaire est plus facile que celle d'espèces cristallines plus volumineuses comme la struvite vers laquelle ces espèces ont tendance à évoluer spontanément.

On remarque que l'inhibition de la struvite évolue avec l'augmentation des concentrations des extraits de plantes précédentes à pH=8 ; en provoquant alors en retardant le processus de cristallisation et une diminution de la taille et le nombre des cristaux.

Conclusion

La diversité des facteurs étiologiques impliqués dans les processus lithiasiques, nécessite d'entreprendre l'exploration de la lithiase urinaire d'une manière rationnelle. Etant donné que les espèces phosphatiques cristallisables étudiées sont dépendantes du pH du milieu, nous avons étudié la précipitation de ces espèces à partir d'une urine artificielle à pH = 8.

Cette étude, que nous avons menée, est axée sur l'inhibition des espèces cristallines phosphocalciques par les plantes médicinales à pH=8 et aux concentrations physiologiques selon la méthode de décoction. La cristallisation des phosphates est pH- dépendant, à son propre domaine de pH de précipitation.

La cristallisation des phosphates sans inhibiteur à pH=8, a montré que seulement la struvite et la carbapatite (CA) sont formées à ce pH. Les résultats en présence d'inhibiteur obtenus par la microscopie optique et confirmés par spectroscopie IRTF, ont montré une variance de l'effet de ces inhibiteurs en fonction de leurs concentrations et le pH du milieu.

L'étude a montré que les plantes médicinales exercent un effet important et un pouvoir contre la struvite à pH=8 sur la cristallisation des cristaux, et les agrégats de la struvite à partir d'un volume de 5ml d'extrait. Selon l'efficacité des extraits de ces plantes, on peut les classer selon le nombre d'extrait qui possède une inhibition totale par ordre décroissant. Les précipités collectés sont majoritairement constitués de la struvite et la carbapatite.

On a enregistré une nette diminution dans le nombre de cristaux et leurs tailles à ce pH. Ceci prouve une inhibition des cristaux de la struvite.

- [1] *Mohamed Haikel., A. Abed elrezak Omar, 1993, les plantes médicinales et aromatiques.*
- [2] *Dr Ahmed Fraj el Attiyet., 1995 les plantes médicinales et aromatiques dans le monde arabe, P : 21-22*
- [3] *Daudon M., Reveillard R.J. calculs urinaires. Fiche pratique biol (1985), 3: 21-27.*
- [4] *Saussine C., Candau C. Les fragments résiduels après lithotritie extra-corporelle (LEC), Progrès en Urologie, 1999, 9 (suppl.4), 43-51.*
- [5] *Thomas J., Tobalen G., Econoumou E., Arvis G. Lithiase urinaire 1988, 66-79.*
- [6] *Duday H, Clottes J, Mercadier M, Rouzaud F, Zammit J. Un calcul urinaire provenant du domaine de la Bertrandoune à Prassac (lot France). Actes du 3^{ème} congrès européen de l'association de paléopathologie, Caen, 1980; 87-89.*
- [7] *Marangella M, Vitale C, Petrarulo M, Bagnis C, Bruno M, Ramello A. Renal stones : from metabolic to physicochemical abnormalities. How useful are inhibitors?. J Nephrol 2000; 13: S51-S60.*
- [8] *Simon P., Ang K.S., Cam G. Epidémiologie de la lithiase calcique dans une région française. Presse med 1986; 15:1665-1668.*
- [9] *Buedge et coll., 1978.*
- [10] *Boyer H. Infrared spectrometry qnd raman microprobe in the analysis of urinary calculi. Kedny Int (1983), 23:842-850.*
- [11] *Arora B., Selby P.H., Norman R.W., Peacock M., Robertson W.G. The effect of an increased of various constituents of a high animal protein diet on the risk of calcium Oxalate stone formation in men. In Schwille P.O., Smith L.H., Robertson W.G., Vahlensieck W (eds) Urolithiasis and related chimical research. New Yorck , Plenum Press (1985), p: 85, 88.*
- [12] *Robertson W.G. Diet and calcium stones. Miner electrolyte metab (1987), 13: 228-234 .*
- [13] *Schwille P.O., Hanisch E., Scholz D. Postprandiol hyperoxaluria and intestinal Oxalate absorption in idiopathic renal stone disease. J.Urol (1984), 132 : 650-655.*
- [14] *Wainer L., Resnick V.A., Resnick M. Nutritional aspects of stone disease in renal stone disease PAK CYC (ed). Boston - Dorderecht, Martinus Nyhoff Publ (1987), p: 85-120.*
- [15] *Kaid-Omar Z, Belouatek A, Drouich A, Taleb-Bendiab, Lacour B, Addou A, Daudon M. Effets de la cure diurèse sur l'expulsabilité spontanée des calculs urinaires, le pH urinaire et la cristallurie des patients lithiasiques. Progrès en Urologie (2001), 11, 450-457.*

Bibliographie

- [16] *Vahlensieck W. Influence of quality on urolithiasis in Schwille P.O., Smith L.H., Robertson W.G., Vahlensieck W (eds), Plenum Press, New York (1985), p : 97-103.*
- [17] *Scherrer B. Biostatistique. Edition: Gaëton morin (1984), p : 1-3.*
- [18] *Khaldi K. Méthodes statistiques. Office des publications universitaires (1995).*
- [19] *Benzekri F et ces collaborateurs. Pratiques de l'analyse des données. 2^{ème} édition Bordas Paris (1984), p : 425.*
- [20] *Dagnelie P. Analyse statistique à plusieurs variables (1975) ; p : 222, 223.*
- [21] *Gerard V. L'analyse multivariable et la mise en évidence d'indicateurs biologiques. Application à l'étage méditerranéen de province calcaire. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle en écologie. Université de droit d'économie et des sciences D'Aix-Marseille.*