

ANNEE: 2011

THESE N°: 77

**CORRELATION ENTRE LA COMPOSITION CHIMIQUE,
L'ASPECT RADIOLOGIQUE ET LE RESULTAT DE LA LITHOTRITIE
EXTRACORPORELLE POUR LES CALCULS RENaux ET URETERaux**

THESE

Présentée et soutenue publiquement le :.....

PAR

Mr. Anas BEYGRINE

Né le 04 Octobre 1982 à Casablanca

Pour l'Obtention du Doctorat en Pharmacie

MOTS CLES: Lithiase urinaire – Lithotritie extracorporelle – Spectrophotométrie infrarouge.

JURY

Mr. M. FAIK

Professeur d'Urologie

PRESIDENT

Mr. L. BENRAMDANE

Professeur de Chimie Analytique

RAPPORTEUR

Mr Y. NOUINI

Professeur d'Urologie

Mr. T. KARMOUNI

Professeur Agrégé d'Urologie

JUGES

Mr. M. CHARIF CHEFCHAOUNI

Membre Invité

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا

إنك أنت العليم الحكيم

صَلَّى اللَّهُ
عَلَيْكَ
الْعَظِيمِ

سورة البقرة: الآية: 31



**UNIVERSITE MOHAMMED V- SOUISSI
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT**

UNIVERSITE MOHAMMED V- SOUISSI

FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT

DOYENS HONORAIRES :

- 1962 - 1969 : Docteur Abdelmalek FARAJ
1969 - 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH
1974 - 1981 : Professeur Bachir LAZRAK
1981 - 1989 : Professeur Taieb CHKILI
1989 - 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI
1997 - 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI

ADMINISTRATION :

- Doyen : Professeur Najia HAJJAJ
Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et estudiantines
Professeur Mohammed JIDDANE
Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération
Professeur Ali BENOMAR
Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie
Professeur Yahia CHERRAH
Secrétaire Général : Mr. El Hassane AHALLAT

PROFESSEURS :

Février, Septembre, Décembre 1973

1. Pr. CHKILI Taieb Neuropsychiatrie

Janvier et Décembre 1976

2. Pr. HASSAR Mohamed Pharmacologie Clinique

Mars, Avril et Septembre 1980

3. Pr. EL KHAMLICHI Abdeslam Neurochirurgie
4. Pr. MESBAHI Redouane Cardiologie

Mai et Octobre 1981

- | | | |
|-----|--------------------------|-----------------------------|
| 5. | Pr. BOUZOUBAA Abdelmajid | Cardiologie |
| 6. | Pr. EL MANOUAR Mohamed | Traumatologie-Orthopédie |
| 7. | Pr. HAMANI Ahmed* | Cardiologie |
| 8. | Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajih | Chirurgie Cardio-Vasculaire |
| 9. | Pr. SBIHI Ahmed | Anesthésie -Réanimation |
| 10. | Pr. TAOBANE Hamid* | Chirurgie Thoracique |

Mai et Novembre 1982

- | | | |
|-----|------------------------------|-----------------------------|
| 11. | Pr. ABROUQ Ali* | Oto-Rhino-Laryngologie |
| 12. | Pr. BENOMAR M'hammed | Chirurgie-Cardio-Vasculaire |
| 13. | Pr. BENSOUDA Mohamed | Anatomie |
| 14. | Pr. BENOSMAN Abdellatif | Chirurgie Thoracique |
| 15. | Pr. LAHBABI ép. AMRANI Naïma | Physiologie |

Novembre 1983

- | | | |
|-----|-------------------------------|---------------------|
| 16. | Pr. ALAOUI TAHIRI Kébir* | Pneumo-phtisiologie |
| 17. | Pr. BALAFREJ Amina | Pédiatrie |
| 18. | Pr. BELLAKHDAR Fouad | Neurochirurgie |
| 19. | Pr. HAJJAJ ép. HASSOUNI Najia | Rhumatologie |
| 20. | Pr. SRAIRI Jamal-Eddine | Cardiologie |

Décembre 1984

- | | | |
|-----|----------------------------------|-------------------------|
| 21. | Pr. BOUCETTA Mohamed* | Neurochirurgie |
| 22. | Pr. EL GUEDDARI Brahim El Khalil | Radiothérapie |
| 23. | Pr. MAAOUNI Abdelaziz | Médecine Interne |
| 24. | Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi | Anesthésie -Réanimation |
| 25. | Pr. NAJI M'Barek * | Immuno-Hématologie |
| 26. | Pr. SETTAF Abdellatif | Chirurgie |

Novembre et Décembre 1985

- | | | |
|-----|---------------------------------------|---|
| 27. | Pr. BENJELLOUN Halima | Cardiologie |
| 28. | Pr. BENS Aid Younes | Pathologie Chirurgicale |
| 29. | Pr. EL ALAOUI Faris Moulay El Mostafa | Neurologie |
| 30. | Pr. IHRAI Hssain * | Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale |
| 31. | Pr. IRAQI Ghali | Pneumo-phtisiologie |
| 32. | Pr. KZADRI Mohamed | Oto-Rhino-laryngologie |

Janvier, Février et Décembre 1987

- | | | |
|-----|---------------------------------------|------------------------------|
| 33. | Pr. AJANA Ali | Radiologie |
| 34. | Pr. AMMAR Fanid | Pathologie Chirurgicale |
| 35. | Pr. CHAHED OUAZZANI Houria ép.TAOBANE | Gastro-Entérologie |
| 36. | Pr. EL FASSY Fihri Mohamed Taoufiq | Pneumo-phtisiologie |
| 37. | Pr. EL HAITEM Naïma | Cardiologie |
| 38. | Pr. EL MANSOURI Abdellah* | Chimie-Toxicologie Expertise |
| 39. | Pr. EL YAACOUBI Moradh | Traumatologie Orthopédie |

- | | | |
|-----|------------------------------|--------------------|
| 40. | Pr. ESSAID EL FEYDI Abdellah | Gastro-Entérologie |
| 41. | Pr. LACHKAR Hassan | Médecine Interne |
| 42. | Pr. OHAYON Victor* | Médecine Interne |
| 43. | Pr. YAHYAOUI Mohamed | Neurologie |

Décembre 1988

- | | | |
|-----|---------------------------------|--------------------------|
| 44. | Pr. BENHAMAMOUCHE Mohamed Najib | Chirurgie Pédiatrique |
| 45. | Pr. DAFIRI Rachida | Radiologie |
| 46. | Pr. FAIK Mohamed | Urologie |
| 47. | Pr. HERMAS Mohamed | Traumatologie Orthopédie |
| 48. | Pr. TOLOUNE Farida* | Médecine Interne |

Décembre 1989 Janvier et Novembre 1990

- | | | |
|-----|-------------------------------------|--------------------------|
| 49. | Pr. ADNAOUI Mohamed | Médecine Interne |
| 50. | Pr. AOUNI Mohamed | Médecine Interne |
| 51. | Pr. BENAMEUR Mohamed* | Radiologie |
| 52. | Pr. BOUKILI MAKHOUKHI Abdelali | Cardiologie |
| 53. | Pr. CHAD Bouziane | Pathologie Chirurgicale |
| 54. | Pr. CHKOFF Rachid | Pathologie Chirurgicale |
| 55. | Pr. FARCHADO Fouzia ép. BENABDELLAH | Pédiatrique |
| 56. | Pr. HACHIM Mohammed* | Médecine-Interne |
| 57. | Pr. HACHIMI Mohamed | Urologie |
| 58. | Pr. KHARBACH Aïcha | Gynécologie -Obstétrique |
| 59. | Pr. MANSOURI Fatima | Anatomie-Pathologique |
| 60. | Pr. OUZZANI Taïbi Mohamed Réda | Neurologie |
| 61. | Pr. SEDRATI Omar* | Dermatologie |
| 62. | Pr. TAZI Saoud Anas | Anesthésie Réanimation |

Février Avril Juillet et Décembre 1991

- | | | |
|-----|-------------------------------------|-------------------------|
| 63. | Pr. AL HAMANY Zaïtounia | Anatomie-Pathologique |
| 64. | Pr. ATMANI Mohamed* | Anesthésie Réanimation |
| 65. | Pr. AZZOUZI Abderrahim | Anesthésie Réanimation |
| 66. | Pr. BAYAHIA Rabéa ép. HASSAM | Néphrologie |
| 67. | Pr. BELKOUCHI Abdelkader | Chirurgie Générale |
| 68. | Pr. BENABDELLAH Chahrazad | Hématologie |
| 69. | Pr. BENCHEKROUN BELABBES Abdellatif | Chirurgie Générale |
| 70. | Pr. BENSOUDA Yahia | Pharmacie galénique |
| 71. | Pr. BERRAHO Amina | Ophthalmologie |
| 72. | Pr. BEZZAD Rachid | Gynécologie Obstétrique |
| 73. | Pr. CHABRAOUI Layachi | Biochimie et Chimie |
| 74. | Pr. CHANA El Houssaine* | Ophthalmologie |
| 75. | Pr. CHERRAH Yahia | Pharmacologie |
| 76. | Pr. CHOKAIRI Omar | Histologie Embryologie |
| 77. | Pr. FAJRI Ahmed* | Psychiatrie |
| 78. | Pr. JANATI Idrissi Mohamed* | Chirurgie Générale |
| 79. | Pr. KHATTAB Mohamed | Pédiatrie |

- | | | |
|-----|-------------------------------------|--|
| 80. | Pr. NEJMI Maati | Anesthésie-Réanimation |
| 81. | Pr. OUAALINE Mohammed* | Médecine Préventive, Santé Publique et Hygiène |
| 82. | Pr. SOULAYMANI Rachida ép.BENCHEIKH | Pharmacologie |
| 83. | Pr. TAOUFIK Jamal | Chimie thérapeutique |

Décembre 1992

- | | | |
|-----|-------------------------------------|-------------------------|
| 84. | Pr. AHALLAT Mohamed | Chirurgie Générale |
| 85. | Pr. BENOUDA Amina | Microbiologie |
| 86. | Pr. BENSOUA Adil | Anesthésie Réanimation |
| 87. | Pr. BOUJIDA Mohamed Najib | Radiologie |
| 88. | Pr. CHAHED OUZZANI Laaziza | Gastro-Entérologie |
| 89. | Pr. CHRAIBI Chafiq | Gynécologie Obstétrique |
| 90. | Pr. DAOUDI Rajae | Ophtalmologie |
| 91. | Pr. DEHAYNI Mohamed* | Gynécologie Obstétrique |
| 92. | Pr. EL HADDOURY Mohamed | Anesthésie Réanimation |
| 93. | Pr. EL OUAHABI Abdessamad | Neurochirurgie |
| 94. | Pr. FELLAT Rokaya | Cardiologie |
| 95. | Pr. GHAFIR Driss* | Médecine Interne |
| 96. | Pr. JIDDANE Mohamed | Anatomie |
| 97. | Pr. OUZZANI TAIBI Med Charaf Eddine | Gynécologie Obstétrique |
| 98. | Pr. TAGHY Ahmed | Chirurgie Générale |
| 99. | Pr. ZOUHDI Mimoun | Microbiologie |

Mars 1994

- | | | |
|------|-------------------------------------|---|
| 100. | Pr. AGNAOU Lahcen | Ophtalmologie |
| 101. | Pr. AL BAROUDI Saad | Chirurgie Générale |
| 102. | Pr. BENCHERIFA Fatiha | Ophtalmologie |
| 103. | Pr. BENJAAFAR Nouredine | Radiothérapie |
| 104. | Pr. BENJELLOUN Samir | Chirurgie Générale |
| 105. | Pr. BEN RAIS Nozha | Biophysique |
| 106. | Pr. CAOUI Malika | Biophysique |
| 107. | Pr. CHRAIBI Abdelmjid | Endocrinologie et Maladies Métaboliques |
| 108. | Pr. EL AMRANI Sabah ép. AHALLAT | Gynécologie Obstétrique |
| 109. | Pr. EL AOUAD Rajae | Immunologie |
| 110. | Pr. EL BARDOUNI Ahmed | Traumato-Orthopédie |
| 111. | Pr. EL HASSANI My Rachid | Radiologie |
| 112. | Pr. EL IDRISSE LAMGHARI Abdennaceur | Médecine Interne |
| 113. | Pr. EL KIRAT Abdelmajid* | Chirurgie Cardio- Vasculaire |
| 114. | Pr. ERROUGANI Abdelkader | Chirurgie Générale |
| 115. | Pr. ESSAKALI Malika | Immunologie |
| 116. | Pr. ETTAYEBI Fouad | Chirurgie Pédiatrique |
| 117. | Pr. HADRI Larbi* | Médecine Interne |
| 118. | Pr. HASSAM Badredine | Dermatologie |
| 119. | Pr. IFRINE Lahssan | Chirurgie Générale |
| 120. | Pr. JELTHI Ahmed | Anatomie Pathologique |
| 121. | Pr. MAHFOUD Mustapha | Traumatologie - Orthopédie |

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| 122. Pr. MOUDENE Ahmed* | Traumatologie- Orthopédie |
| 123. Pr. OULBACHA Said | Chirurgie Générale |
| 124. Pr. RHRAB Brahim | Gynécologie –Obstétrique |
| 125. Pr. SENOUCI Karima ép. BELKHADIR | Dermatologie |
| 126. Pr. SLAOUI Anas | Chirurgie Cardio-Vasculaire |

Mars 1994

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| 127. Pr. ABBAR Mohamed* | Urologie |
| 128. Pr. ABDELHAK M'barek | Chirurgie – Pédiatrique |
| 129. Pr. BELAIDI Halima | Neurologie |
| 130. Pr. BRAHMI Rida Slimane | Gynécologie Obstétrique |
| 131. Pr. BENTAHILA Abdelali | Pédiatrie |
| 132. Pr. BENYAHIA Mohammed Ali | Gynécologie – Obstétrique |
| 133. Pr. BERRADA Mohamed Saleh | Traumatologie – Orthopédie |
| 134. Pr. CHAMI Ilham | Radiologie |
| 135. Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae | Ophtalmologie |
| 136. Pr. EL ABBADI Najia | Neurochirurgie |
| 137. Pr. HANINE Ahmed* | Radiologie |
| 138. Pr. JALIL Abdelouahed | Chirurgie Générale |
| 139. Pr. LAKHDAR Amina | Gynécologie Obstétrique |
| 140. Pr. MOUANE Nezha | Pédiatrie |

Mars 1995

- | | |
|--|--|
| 141. Pr. ABOUQUAL Redouane | Réanimation Médicale |
| 142. Pr. AMRAOUI Mohamed | Chirurgie Générale |
| 143. Pr. BAIDADA Abdelaziz | Gynécologie Obstétrique |
| 144. Pr. BARGACH Samir | Gynécologie Obstétrique |
| 145. Pr. BEDDOUCHE Amocrane* | Urologie |
| 146. Pr. BENZAOUZ Mustapha | Gastro-Entérologie |
| 147. Pr. CHAARI Jilali* | Médecine Interne |
| 148. Pr. DIMOU M'barek* | Anesthésie Réanimation |
| 149. Pr. DRISSI KAMILI Mohammed Nordine* | Anesthésie Réanimation |
| 150. Pr. EL MESNAOUI Abbes | Chirurgie Générale |
| 151. Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila | Oto-Rhino-Laryngologie |
| 152. Pr. FERHATI Driss | Gynécologie Obstétrique |
| 153. Pr. HASSOUNI Fadil | Médecine Préventive, Santé Publique et Hygiène |
| 154. Pr. HDA Abdelhamid* | Cardiologie |
| 155. Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed | Urologie |
| 156. Pr. IBRAHIMY Wafaa | Ophtalmologie |
| 157. Pr. MANSOURI Aziz | Radiothérapie |
| 158. Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia | Ophtalmologie |
| 159. Pr. RZIN Abdelkader* | Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale |
| 160. Pr. SEFIANI Abdelaziz | Génétique |
| 161. Pr. ZEGGWAGH Amine Ali | Réanimation Médicale |

Décembre 1996

- | | |
|------------------------|------------|
| 162. Pr. AMIL Touriya* | Radiologie |
|------------------------|------------|

163. Pr. BELKACEM Rachid	Chirurgie Pédiatrie
164. Pr. BELMAHI Amin	Chirurgie réparatrice et plastique
165. Pr. BOULANOUAR Abdelkrim	Ophtalmologie
166. Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan	Chirurgie Générale
167. Pr. EL MELLOUKI Ouafae*	Parasitologie
168. Pr. GAOUZI Ahmed	Pédiatrie
169. Pr. MAHFOUDI M'barek*	Radiologie
170. Pr. MOHAMMADINE EL Hamid	Chirurgie Générale
171. Pr. MOHAMMADI Mohamed	Médecine Interne
172. Pr. MOULINE Soumaya	Pneumo-phtisiologie
173. Pr. OUADGHIRI Mohamed	Traumatologie-Orthopédie
174. Pr. OUZEDDOUN Naima	Néphrologie
175. Pr. ZBIR EL Mehdi*	Cardiologie

Novembre 1997

176. Pr. ALAMI Mohamed Hassan	Gynécologie-Obstétrique
177. Pr. BEN AMAR Abdesselem	Chirurgie Générale
178. Pr. BEN SLIMANE Lounis	Urologie
179. Pr. BIROUK Nazha	Neurologie
180. Pr. BOULAICH Mohamed	O.RL.
181. Pr. CHAOUIR Souad*	Radiologie
182. Pr. DERRAZ Said	Neurochirurgie
183. Pr. ERREIMI Naima	Pédiatrie
184. Pr. FELLAT Nadia	Cardiologie
185. Pr. GUEDDARI Fatima Zohra	Radiologie
186. Pr. HAIMEUR Charki*	Anesthésie Réanimation
187. Pr. KANOUNI NAWAL	Physiologie
188. Pr. KOUTANI Abdellatif	Urologie
189. Pr. LAHLOU Mohamed Khalid	Chirurgie Générale
190. Pr. MAHRAOUI CHAFIQ	Pédiatrie
191. Pr. NAZI M'barek*	Cardiologie
192. Pr. OUAHABI Hamid*	Neurologie
193. Pr. SAFI Lahcen*	Anesthésie Réanimation
194. Pr. TAOUFIQ Jallal	Psychiatrie
195. Pr. YOUSFI MALKI Mounia	Gynécologie Obstétrique

Novembre 1998

196. Pr. AFIFI RAJAA	Gastro-Entérologie
197. Pr. AIT BENASSER MOULAY Ali*	Pneumo-phtisiologie
198. Pr. ALOUANE Mohammed*	Oto-Rhino-Laryngologie
199. Pr. BENOMAR ALI	Neurologie
200. Pr. BOUGTAB Abdesslam	Chirurgie Générale
201. Pr. ER RIHANI Hassan	Oncologie Médicale
202. Pr. EZZAITOUNI Fatima	Néphrologie
203. Pr. KABBAJ Najat	Radiologie
204. Pr. LAZRAK Khalid (M)	Traumatologie Orthopédie

Novembre 1998

205. Pr. BENKIRANE Majid*	Hématologie
206. Pr. KHATOURI ALI*	Cardiologie
207. Pr. LABRAIMI Ahmed*	Anatomie Pathologique

Janvier 2000

208. Pr. ABID Ahmed*	Pneumophtisiologie
209. Pr. AIT OUMAR Hassan	Pédiatrie
210. Pr. BENCHERIF My Zahid	Ophthalmologie
211. Pr. BENJELLOUN DAKHAMA Badr.Sououd	Pédiatrie
212. Pr. BOURKADI Jamal-Eddine	Pneumo-phtisiologie
213. Pr. CHAOUI Zineb	Ophthalmologie
214. Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer	Chirurgie Générale
215. Pr. ECHARRAB El Mahjoub	Chirurgie Générale
216. Pr. EL FTOUH Mustapha	Pneumo-phtisiologie
217. Pr. EL MOSTARCHID Brahim*	Neurochirurgie
218. Pr. EL OTMANYAzzedine	Chirurgie Générale
219. Pr. GHANNAM Rachid	Cardiologie
220. Pr. HAMMANI Lahcen	Radiologie
221. Pr. ISMAILI Mohamed Hatim	Anesthésie-Réanimation
222. Pr. ISMAILI Hassane*	Traumatologie Orthopédie
223. Pr. KRAMI Hayat Ennoufouss	Gastro-Entérologie
224. Pr. MAHMOUDI Abdelkrim*	Anesthésie-Réanimation
225. Pr. TACHINANTE Rajae	Anesthésie-Réanimation
226. Pr. TAZI MEZALEK Zoubida	Médecine Interne

Novembre 2000

227. Pr. AIDI Saadia	Neurologie
228. Pr. AIT OURHROUI Mohamed	Dermatologie
229. Pr. AJANA Fatima Zohra	Gastro-Entérologie
230. Pr. BENAMR Said	Chirurgie Générale
231. Pr. BENCHEKROUN Nabiha	Ophthalmologie
232. Pr. CHERTI Mohammed	Cardiologie
233. Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma	Anesthésie-Réanimation
234. Pr. EL HASSANI Amine	Pédiatrie
235. Pr. EL IDGHIRI Hassan	Oto-Rhino-Laryngologie
236. Pr. EL KHADER Khalid	Urologie
237. Pr. EL MAGHRAOUI Abdellah*	Rhumatologie
238. Pr. GHARBI Mohamed El Hassan	Endocrinologie et Maladies Métaboliques
239. Pr. HSSAIDA Rachid*	Anesthésie-Réanimation
240. Pr. LACHKAR Azzouz	Urologie
241. Pr. LAHLOU Abdou	Traumatologie Orthopédie
242. Pr. MAFTAH Mohamed*	Neurochirurgie
243. Pr. MAHASSINI Najat	Anatomie Pathologique
244. Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae	Pédiatrie

245. Pr. NASSIH Mohamed*
 246. Pr. ROUIMI Abdelhadi

Stomatologie Et Chirurgie Maxillo-Faciale
 Neurologie

Décembre 2001

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 247. Pr. ABABOU Adil | Anesthésie-Réanimation |
| 248. Pr. AOUAD Aicha | Cardiologie |
| 249. Pr. BALKHI Hicham* | Anesthésie-Réanimation |
| 250. Pr. BELMEKKI Mohammed | Ophtalmologie |
| 251. Pr. BENABDELJLIL Maria | Neurologie |
| 252. Pr. BENAMAR Loubna | Néphrologie |
| 253. Pr. BENAMOR Jouda | Pneumo-phtisiologie |
| 254. Pr. BENELBARHDADI Imane | Gastro-Entérologie |
| 255. Pr. BENNANI Rajae | Cardiologie |
| 256. Pr. BENOUACHANE Thami | Pédiatrie |
| 257. Pr. BENYOUSSEF Khalil | Dermatologie |
| 258. Pr. BERRADA Rachid | Gynécologie Obstétrique |
| 259. Pr. BEZZA Ahmed* | Rhumatologie |
| 260. Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi | Anatomie |
| 261. Pr. BOUHOUCHE Rachida | Cardiologie |
| 262. Pr. BOUMDIN El Hassane* | Radiologie |
| 263. Pr. CHAT Latifa | Radiologie |
| 264. Pr. CHELLAOUI Mounia | Radiologie |
| 265. Pr. DAALI Mustapha* | Chirurgie Générale |
| 266. Pr. DRISSI Sidi Mourad* | Radiologie |
| 267. Pr. EL HAJJOUI Ghziel Samira | Gynécologie Obstétrique |
| 268. Pr. EL HIJRI Ahmed | Anesthésie-Réanimation |
| 269. Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid | Neuro-Chirurgie |
| 270. Pr. EL MADHI Tarik | Chirurgie-Pédiatrique |
| 271. Pr. EL MOUSSAIF Hamid | Ophtalmologie |
| 272. Pr. EL OUNANI Mohamed | Chirurgie Générale |
| 273. Pr. EL QUESSAR Abdeljlil | Radiologie |
| 274. Pr. ETTAIR Said | Pédiatrie |
| 275. Pr. GAZZAZ Miloudi* | Neuro-Chirurgie |
| 276. Pr. GOURINDA Hassan | Chirurgie-Pédiatrique |
| 277. Pr. HRORA Abdelmalek | Chirurgie Générale |
| 278. Pr. KABBAJ Saad | Anesthésie-Réanimation |
| 279. Pr. KABIRI EL Hassane* | Chirurgie Thoracique |
| 280. Pr. LAMRANI Moulay Omar | Traumatologie Orthopédie |
| 281. Pr. LEKEHAL Brahim | Chirurgie Vasculaire Périphérique |
| 282. Pr. MAHASSIN Fattouma* | Médecine Interne |
| 283. Pr. MEDARHRI Jalil | Chirurgie Générale |
| 284. Pr. MIKDAME Mohammed* | Hématologie Clinique |
| 285. Pr. MOHSINE Raouf | Chirurgie Générale |
| 286. Pr. NABIL Samira | Gynécologie Obstétrique |
| 287. Pr. NOUINI Yassine | Urologie |
| 288. Pr. OUALIM Zouhir* | Néphrologie |

289. Pr. SABBAH Farid	Chirurgie Générale
290. Pr. SEFIANI Yasser	Chirurgie Vasculaire Périphérique
291. Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia	Pédiatrie
292. Pr. TAZI MOUKHA Karim	Urologie

Décembre 2002

293. Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane*	Anatomie Pathologique
294. Pr. AMEUR Ahmed *	Urologie
295. Pr. AMRI Rachida	Cardiologie
296. Pr. AOURARH Aziz*	Gastro-Entérologie
297. Pr. BAMOU Youssef *	Biochimie-Chimie
298. Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*	Endocrinologie et Maladies Métaboliques
299. Pr. BENBOUAZZA Karima	Rhumatologie
300. Pr. BENZEKRI Laila	Dermatologie
301. Pr. BENZZOUBEIR Nadia*	Gastro-Entérologie
302. Pr. BERNOUSSI Zakiya	Anatomie Pathologique
303. Pr. BICHRA Mohamed Zakariya	Psychiatrie
304. Pr. CHOHO Abdelkrim *	Chirurgie Générale
305. Pr. CHKIRATE Bouchra	Pédiatrie
306. Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair	Chirurgie Pédiatrique
307. Pr. EL ALJ Haj Ahmed	Urologie
308. Pr. EL BARNOUSSI Leila	Gynécologie Obstétrique
309. Pr. EL HAOURI Mohamed *	Dermatologie
310. Pr. EL MANSARI Omar*	Chirurgie Générale
311. Pr. ES-SADEL Abdelhamid	Chirurgie Générale
312. Pr. FILALI ADIB Abdelhai	Gynécologie Obstétrique
313. Pr. HADDOUR Leila	Cardiologie
314. Pr. HAJJI Zakia	Ophtalmologie
315. Pr. IKEN Ali	Urologie
316. Pr. ISMAEL Farid	Traumatologie Orthopédie
317. Pr. JAAFAR Abdeloihab*	Traumatologie Orthopédie
318. Pr. KRIOULE Yamina	Pédiatrie
319. Pr. LAGHMARI Mina	Ophtalmologie
320. Pr. MABROUK Hfid*	Traumatologie Orthopédie
321. Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss*	Gynécologie Obstétrique
322. Pr. MOUSTAGHFIR Abdelhamid*	Cardiologie
323. Pr. MOUSTAINE My Rachid	Traumatologie Orthopédie
324. Pr. NAITLHO Abdelhamid*	Médecine Interne
325. Pr. OUJILAL Abdelilah	Oto-Rhino-Laryngologie
326. Pr. RACHID Khalid *	Traumatologie Orthopédie
327. Pr. RAISS Mohamed	Chirurgie Générale
328. Pr. RGUIBI IDRISSE Sidi Mustapha*	Pneumophtisiologie
329. Pr. RHOU Hakima	Néphrologie
330. Pr. SIAH Samir *	Anesthésie Réanimation
331. Pr. THIMOU Amal	Pédiatrie
332. Pr. ZENTAR Aziz*	Chirurgie Générale
333. Pr. ZRARA Ibtisam*	Anatomie Pathologique

PROFESSEURS AGREGES :

Janvier 2004

334. Pr. ABDELLAH El Hassan	Ophtalmologie
335. Pr. AMRANI Mariam	Anatomie Pathologique
336. Pr. BENBOUZID Mohammed Anas	Oto-Rhino-Laryngologie
337. Pr. BENKIRANE Ahmed*	Gastro-Entérologie
338. Pr. BENRAMDANE Larbi*	Chimie Analytique
339. Pr. BOUGHALEM Mohamed*	Anesthésie Réanimation
340. Pr. BOULAADAS Malik	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
341. Pr. BOURAZZA Ahmed*	Neurologie
342. Pr. CHAGAR Belkacem*	Traumatologie Orthopédie
343. Pr. CHERRADI Nadia	Anatomie Pathologique
344. Pr. EL FENNI Jamal*	Radiologie
345. Pr. EL HANCHI ZAKI	Gynécologie Obstétrique
346. Pr. EL KHORASSANI Mohamed	Pédiatrie
347. Pr. EL YOUNASSI Badreddine*	Cardiologie
348. Pr. HACHI Hafid	Chirurgie Générale
349. Pr. JABOUIRIK Fatima	Pédiatrie
350. Pr. KARMANE Abdelouahed	Ophtalmologie
351. Pr. KHABOUZE Samira	Gynécologie Obstétrique
352. Pr. KHARMAZ Mohamed	Traumatologie Orthopédie
353. Pr. LEZREK Mohammed*	Urologie
354. Pr. MOUGHIL Said	Chirurgie Cardio-Vasculaire
355. Pr. NAOUMI Asmae*	Ophtalmologie
356. Pr. SAADI Nozha	Gynécologie Obstétrique
357. Pr. SASSENOU ISMAIL*	Gastro-Entérologie
358. Pr. TARIB Abdelilah*	Pharmacie Clinique
359. Pr. TIJAMI Fouad	Chirurgie Générale
360. Pr. ZARZUR Jamila	Cardiologie

Janvier 2005

361. Pr. ABBASSI Abdellah	Chirurgie Réparatrice et Plastique
362. Pr. AL KANDRY Sif Eddine*	Chirurgie Générale
363. Pr. ALAOUI Ahmed Essaid	Microbiologie
364. Pr. ALLALI Fadoua	Rhumatologie
365. Pr. AMAR Yamama	Néphrologie
366. Pr. AMAZOUZI Abdellah	Ophtalmologie
367. Pr. AZIZ Nouredine*	Radiologie
368. Pr. BAHIRI Rachid	Rhumatologie
369. Pr. BARKAT Amina	Pédiatrie
370. Pr. BENHALIMA Hanane	Stomatologie et Chirurgie Maxillo Faciale
371. Pr. BENHARBIT Mohamed	Ophtalmologie
372. Pr. BENYASS Aatif	Cardiologie
373. Pr. BERNOUSSI Abdelghani	Ophtalmologie

374. Pr. BOUKLATA Salwa	Radiologie
375. Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Mohamed	Ophtalmologie
376. Pr. DOUDOUH Abderrahim*	Biophysique
377. Pr. EL HAMZAOUI Sakina	Microbiologie
378. Pr. HAJJI Leila	Cardiologie
379. Pr. HESSISSEN Leila	Pédiatrie
380. Pr. JIDAL Mohamed*	Radiologie
381. Pr. KARIM Abdelouahed	Ophtalmologie
382. Pr. KENDOSSI Mohamed*	Cardiologie
383. Pr. LAAROUSSI Mohamed	Chirurgie Cardio-vasculaire
384. Pr. LYAGOUBI Mohammed	Parasitologie
385. Pr. NIAMANE Radouane*	Rhumatologie
386. Pr. RAGALA Abdelhak	Gynécologie Obstétrique
387. Pr. SBIHI Souad	Histo-Embryologie Cytogénétique
388. Pr. TNACHERI OUZZANI Btissam	Ophtalmologie
389. Pr. ZERAIDI Najia	Gynécologie Obstétrique

AVRIL 2006

423. Pr. ACHEMLAL Lahsen*	Rhumatologie
424. Pr. AFIFI Yasser	Dermatologie
425. Pr. AKJOUJ Said*	Radiologie
426. Pr. BELGNAOUI Fatima Zahra	Dermatologie
427 Pr. BELMEKKI Abdelkader*	Hématologie
428. Pr. BENCHEIKH Razika	O.R.L
429 Pr. BIYI Abdelhamid*	Biophysique
430. Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine	Chirurgie - Pédiatrique
431. Pr. BOULAHYA Abdellatif*	Chirurgie Cardio - Vasculaire
432. Pr. CHEIKHAOUI Younes	Chirurgie Cardio - Vasculaire
433. Pr. CHENGUETI ANSARI Anas	Gynécologie Obstétrique
434. Pr. DOGHMI Nawal	Cardiologie
435. Pr. ESSAMRI Wafaa	Gastro-entérologie
436. Pr. FELLAT Ibtissam	Cardiologie
437. Pr. FAROUDY Mamoun	Anesthésie Réanimation
438. Pr. GHADOUANE Mohammed*	Urologie
439. Pr. HARMOUCHE Hicham	Médecine Interne
440. Pr. HANAFI Sidi Mohamed*	Anesthésie Réanimation
441 Pr. IDRIS LAHLOU Amine	Microbiologie
442. Pr. JROUNDI Laila	Radiologie
443. Pr. KARMOUNI Tariq	Urologie
444. Pr. KILI Amina	Pédiatrie
445. Pr. KISRA Hassan	Psychiatrie
446. Pr. KISRA Mounir	Chirurgie - Pédiatrique

447. Pr. KHARCHAFI Aziz*
 448. Pr. LAATIRIS Abdelkader*
 449. Pr. LMIMOUNI Badreddine*
 450. Pr. MANSOURI Hamid*
 451. Pr. NAZIH Naoual
 452. Pr. OUANASS Abderrazzak
 453. Pr. SAFI Soumaya*
 454. Pr. SEKKAT Fatima Zahra
 455. Pr. SEFIANI Sana
 456. Pr. SOUALHI Mouna
 457. Pr. TELLAL Saida*
 458. Pr. ZAHRAOUI Rachida

Médecine Interne
 Pharmacie Galénique
 Parasitologie
 Radiothérapie
 O.R.L
 Psychiatrie
 Endocrinologie
 Psychiatrie
 Anatomie Pathologique
 Pneumo - Phtisiologie
 Biochimie
 Pneumo - Phtisiologie

Octobre 2007

458. Pr. LARAQUI HOUSSEINI Leila
 459. Pr. EL MOUSSAOUI Rachid
 460. Pr. MOUSSAOUI Abdelmajid
 461. Pr. LALAOUI SALIM Jaafar *
 462. Pr. BAITE Abdelouahed *
 463. Pr. TOUATI Zakia
 464. Pr. OUZZIF Ez zohra *
 465. Pr. BALOUCH Lhousaine *
 466. Pr. SELKANE Chakir *
 467. Pr. EL BEKKALI Youssef *
 468. Pr. AIT HOUSSA Mahdi *
 469. Pr. EL ABSI Mohamed
 470. Pr. EHIRCHIOU Abdelkader *
 471. Pr. ACHOUR Abdessamad *
 472. Pr. TAJDINE Mohammed Tariq *
 473. Pr. GHARIB Noureddine
 474. Pr. TABERKANET Mustafa *
 475. Pr. ISMAILI Nadia
 476. Pr. MASRAR Azlarab
 477. Pr. RABHI Monsef *
 478. Pr. MRABET Mustapha *
 479. Pr. SEKHSOKH Yessine *
 480. Pr. SEFFAR Myriame
 481. Pr. LOUZI Lhoussain *
 482. Pr. MRANI Saad *

Anatomie pathologique
 Anesthésie réanimation
 Anesthésier réanimation
 Anesthésie réanimation
 Anesthésie réanimation
 Cardiologie
 Biochimie
 Biochimie
 Chirurgie cardio vasculaire
 Chirurgie cardio vasculaire
 Chirurgie cardio vasculaire
 Chirurgie générale
 Chirurgie générale
 Chirurgie générale
 Chirurgie générale
 Chirurgie générale
 Chirurgie plastique
 Chirurgie vasculaire périphérique
 Dermatologie
 Hématologie biologique
 Médecine interne
 Médecine préventive santé publique et hygiène
 Microbiologie
 Microbiologie
 Microbiologie
 Virologie

483. Pr. GANA Rachid	Neuro chirurgie
484. Pr. ICHOU Mohamed *	Oncologie médicale
485. Pr. TACHFOUTI Samira	Ophtalmologie
486. Pr. BOUTIMZINE Nourdine	Ophtalmologie
487. Pr. MELLAL Zakaria	Ophtalmologie
488. Pr. AMMAR Haddou *	ORL
489. Pr. AOUI Sarra	Parasitologie
490. Pr. TLIGUI Houssain	Parasitologie
491. Pr. MOUTAJ Redouane *	Parasitologie
492. Pr. ACHACHI Leila	Pneumo phtisiologie
493. Pr. MARC Karima	Pneumo phtisiologie
494. Pr. BENZIANE Hamid *	Pharmacie clinique
495. Pr. CHERKAOUI Naoual *	Pharmacie galénique
496. Pr. EL OMARI Fatima	Psychiatrie
497. Pr. MAHI Mohamed *	Radiologie
498. Pr. RADOUANE Bouchaib *	Radiologie
499. Pr. KEBDANI Tayeb	Radiothérapie
500. Pr. SIFAT Hassan *	Radiothérapie
501. Pr. HADADI Khalid *	Radiothérapie
502. Pr. ABIDI Khalid	Réanimation médicale
503. Pr. MADANI Naoufel	Réanimation médicale
504. Pr. TANANE Mansour *	Traumatologie orthopédie
505. Pr. AMHAJJI Larbi *	Traumatologie orthopédie

Mars 2009

Pr. BJIJOU Younes	Anatomie
Pr. AZENDOUR Hicham *	Anesthésie Réanimation
Pr. BELYAMANI Lahcen *	Anesthésie Réanimation
Pr. BOUHSAIN Sanae *	Biochimie
Pr. OUKERRAJ Latifa	Cardiologie
Pr. LAMSAOURI Jamal *	Chimie Thérapeutique
Pr. MARMADÉ Lahcen	Chirurgie Cardio-vasculaire
Pr. AMAHZOUNE Brahim *	Chirurgie Cardio-vasculaire
Pr. AIT ALI Abdelmounaim *	Chirurgie Générale
Pr. BOUNAIM Ahmed *	Chirurgie Générale
Pr. EL MALKI Hadj Omar	Chirurgie Générale
Pr. MSSROURI Rahal	Chirurgie Générale
Pr. CHTATA Hassan Toufik *	Chirurgie Vasculaire Périphérique
Pr. BOUI Mohammed *	Dermatologie
Pr. KABBAJ Nawal	Gastro-entérologie

Pr. FATHI Khalid	Gynécologie obstétrique
Pr. MESSAOUDI Nezha *	Hématologie biologique
Pr. CHAKOUR Mohammed *	Hématologie biologique
Pr. DOGHMI Kamal *	Hématologie clinique
Pr. ABOUZAHIR Ali *	Médecine interne
Pr. ENNIBI Khalid *	Médecine interne
Pr. EL OUENNASS Mostapha	Microbiologie
Pr. ZOUHAIR Said*	Microbiologie
Pr. L'kassimi Hachemi*	Microbiologie
Pr. AKHADDAR Ali *	Neuro-chirurgie
Pr. AIT BENHADDOU El hachmia	Neurologie
Pr. AGADR Aomar *	Pédiatrie
Pr. KARBOUBI Lamya	Pédiatrie
Pr. MESKINI Toufik	Pédiatrie
Pr. KABIRI Meryem	Pédiatrie
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani *	Pneumo-phtisiologie
Pr. BASSOU Driss *	Radiologie
Pr. ALLALI Nazik	Radiologie
Pr. NASSAR Ittimade	Radiologie
Pr. HASSIKOU Hasna *	Rhumatologie
Pr. AMINE Bouchra	Rhumatologie
Pr. BOUSSOUGA Mostapha *	Traumatologie orthopédique
Pr. KADI Said *	Traumatologie orthopédique

Octobre 2010

Pr. AMEZIANE Taoufiq*	Médecine interne
Pr. ERRABIH Ikram	Gastro entérologie
Pr. CHERRADI Ghizlan	Cardiologie
Pr. MOSADIK Ahlam	Anesthésie Réanimation
Pr. ALILOU Mustapha	Anesthésie réanimation
Pr. KANOUNI Lamya	Radiothérapie
Pr. EL KHARRAS Abdennasser*	Radiologie
Pr. DARBI Abdellatif*	Radiologie
Pr. EL HAFIDI Naima	Pédiatrie
Pr. MALIH Mohamed*	Pédiatrie
Pr. BOUSSIF Mohamed*	Médecine aérologique
Pr. EL MAZOUZ Samir	Chirurgie plastique et réparatrice
Pr. DENDANE Mohammed Anouar	Chirurgie pédiatrique
Pr. EL SAYEGH Hachem	Urologie

Pr. MOUJAHID Mountassir*
Pr. RAISSOUNI Zakaria*
Pr. BOUAITY Brahim*
Pr. LEZREK Mounir
Pr. NAZIH Mouna*
Pr. LAMALMI Najat
Pr. ZOUAIDIA Fouad
Pr. BELAGUID Abdelaziz
Pr. DAMI Abdellah*
Pr. CHADLI Mariama*

Chirurgie générale
Traumatologie orthopédie
ORL
Ophtalmologie
Hématologie
Anatomie pathologique
Anatomie pathologique
Physiologie
Biochimie chimie
Microbiologie

ENSEIGNANTS SCIENTIFIQUES

PROFESSEURS

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Pr. ABOUDRAR Saadia | Physiologie |
| 2. Pr. ALAMI OUHABI Naima | Biochimie |
| 3. Pr. ALAOUI KATIM | Pharmacologie |
| 4. Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma | Histologie-Embryologie |
| 5. Pr. ANSAR M'hammed | Chimie Organique et Pharmacie Chimique |
| 6. Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz | Applications Pharmaceutiques |
| 7. Pr. BOUHOUCHE Ahmed | Génétique Humaine |
| 8. Pr. BOURJOUANE Mohamed | Microbiologie |
| 9. Pr. CHAHED OUAZZANI Lalla Chadia | Biochimie |
| 10. Pr. DAKKA Taoufiq | Physiologie |
| 11. Pr. DRAOUI Mustapha | Chimie Analytique |
| 12. Pr. EL GUESSABI Lahcen | Pharmacognosie |
| 13. Pr. ETTAIB Abdelkader | Zootéchnie |
| 14. Pr. FAOUZI Moulay El Abbes | Pharmacologie |
| 15. Pr. HMAMOUCHE Mohamed | Chimie Organique |
| 16. Pr. IBRAHIMI Azeddine | |
| 17. Pr. KABBAJ Ouafae | Biochimie |
| 18. Pr. KHANFRI Jamal Eddine | Biologie |
| 19. Pr. REDHA Ahlam | Biochimie |
| 20. Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med | Chimie Organique |
| 21. Pr. TOUATI Driss | Pharmacognosie |
| 22. Pr. ZAHIDI Ahmed | Pharmacologie |
| 23. Pr. ZELLOU Amina | Chimie Organique |

** Enseignants Militaires*

Je dédie cette thèse



A la mémoire de mon père

*Je te dédie ce travail en regrettant que tu ne sois pas parmi nous. Tu
seras toujours vivant dans nos cœurs*



A ma très chère mère

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que
j'ai pour toi.*

*Ce travail est le fruit de tes efforts et de ton dévouement dans mon
éducation et ma formation*

J'espère de tout mon cœur qu'en ce jour tu es fière de moi

Que dieu te garde et te procure longue vie



A ma très chère fiancée Yamine

A ma très chère sœur Souad

A mes très chers frères Sâad et Tarik

Puisse ce travail montrer le témoignage de mon profond amour, et mon respect et ma reconnaissance pour votre soutien perpétuel

Je vous souhaite un avenir fleurissant et une vie pleine de bonheur, de santé et de prospérité



A toute la famille Boukili, la famille El Khalfi

A mes très chers ami(e)s

En hommage à tous les moments qu'on a passé ensemble

Aucune dédicace ne pourrait exprimer la profondeur de mon amour pour

vous

Je vous souhaite une vie pleine de succès et de bonheur.

A tous ceux que j'ai omis de citer



Remerciements



A notre maître et président de thèse :

Mr le Professeur Mohammed Faik,

Professeur d'urologie

*Nous sommes très touchés par l'honneur que vous nous faites en
acceptant de présider le jury de cette thèse.*

C'est avec grande joie que nous avons accueilli votre accord

*Que ce travail soit pour nous une occasion de vous exprimer notre
admiration et notre profond respect*



A notre maître et rapporteur de thèse :

Mr le Professeur Larbi Benramdane

Professeur agrégé de chimie analytique

*Nous vous remercions de nous avoir fait l'honneur de nous confier ce
travail*

*Acceptez, cher maître, l'hommage de notre gratitude qui, si grande
qu'elle puisse être, ne sera jamais à la hauteur de votre dévouement*



A notre membre invité de la thèse:

Dr Mounir Charif Chefchaoui

Ancien Professeur assistant au CHU Ibn Sina à Rabat

*Vous m'avez fait le grand honneur et le plaisir d'être le rapporteur
assistant de mon travail*

*Vous m'avez guidé et conseillé tout au long de l'élaboration de ce
travail avec la compétence, la rigueur scientifique et l'extrême
gentillesse qui vous caractérisent*

*Que ce travail, si modeste qu'il soit, puisse être message de mes
sentiments les plus respectueux et de toute ma reconnaissance*



A notre maître et juge de thèse :

Mr le Professeur Yassine Nouini

Professeur d'Urologie

Je suis très honoré de vous compter parmi mon jury de thèse

*Votre gentillesse et simplicité avec laquelle vous avez accepté de nous
juger nous ont beaucoup touché*

*Veillez accepter l'expression de mes sentiments les plus respectueux, de
mon estime et ma profonde reconnaissance*



A notre maître et juge de thèse :

Mr le Professeur Tariq Karmouni

Professeur d'urologie

*C'est pour moi un immense plaisir de vous voir siéger parmi le jury de
notre thèse.*

Vous nous avez porté honneur en acceptant de juger ce modeste travail.

*Veillez accepter l'expression de mes sentiments les plus respectueux, de
mon estime et ma profonde reconnaissance*



*A tous ceux qui ont contribué de près et de loin à l'élaboration de ce
travail, en particulier*

*Mr le Professeur Ahmed Zahidi
Professeur de chimie thérapeutique*

*Veillez accepter mes expressions de gratitude et de reconnaissance les
plus sincères*





Sommaire

Introduction	- 1 -
---------------------------	-------

Etude théorique

Chapitre 1 : Epidémiologie	- 6 -
---	-------

des lithiases urinaires.....	- 6 -
------------------------------	-------

1. Epidémiologie des lithiases urinaires dans les pays industrialisés et en voie de développement - 7 -
2. Epidémiologie des lithiases urinaires au Maroc - 8 -

Chapitre 2: La lithotritie extracorporelle	- 15 -
---	--------

1. Définition de la Lithotritie extracorporelle	- 16 -
---	--------

2. Principe de la lithotritie	- 18 -
-------------------------------------	--------

a. Source ponctuelle	- 18 -
----------------------------	--------

b. Source étendue	- 19 -
-------------------------	--------

3. Présentation du lithotriporteur utilisé dans notre étude	- 20 -
---	--------

3.1. Principes du lithotriporteur électromagnétique (Lithostar Multiline) .	- 20 -
---	--------

3.2. Repérage du calcul	- 23 -
-------------------------------	--------

Chapitre 3 : L'analyse morpho-constitutionnelle	- 25 -
--	--------

des calculs urinaires.....	- 25 -
----------------------------	--------

1. Analyse morpho-constitutionnelle des calculs urinaires :	- 26 -
---	--------

1.1. Etude morphologique	- 26 -
--------------------------------	--------

1.2. Etude constitutionnelle	- 28 -
------------------------------------	--------

Chapitre 4 : Étude des échantillons lithiasiques	- 35 -
1. Définition de la lithogénèse :.....	- 36 -
2. Cristallogenèse.....	- 37 -
2.1. Définition de la cristallogenèse.....	- 37 -
2.2. La cristallisation.....	- 38 -
a - Augmentation de la concentration urinaire	- 38 -
b - Diminution des inhibiteurs de la cristallisation.....	- 39 -
c- Facteurs anatomiques favorisant la cristallisation.....	- 39 -
3. La calculogénèse	- 40 -
4. Les inhibiteurs de la lithogénèse.....	- 40 -
a- Les inhibiteurs à bas poids moléculaires	- 41 -
b- Les inhibiteurs macromoléculaires.....	- 42 -
5. Les promoteurs de la lithogénèse.....	- 43 -
6. Cristallographie des calculs urinaires	- 45 -
□ Etude de la cristallographie sur le plan physico-chimique	- 46 -

Chapitre 5 : Radiographie des calculs urinaires	- 47 -
1. Etude de la cristallographie sur le plan radiographique.....	- 48 -
2. Les critères radiographiques d'un calcul urinaire	- 49 -
a- Le siège ou topographie du calcul dans la voie excrétrice.....	- 49 -
b- La taille des calculs	- 51 -
c- Nature du calcul	- 52 -
d- La forme du calcul.....	- 54 -
3. Intérêt de l'opacification par UIV.....	- 55 -
4. Intérêt des données radiographiques au cours de la LEC	- 56 -

5. Intérêt de la tomodensitométrie	- 57 -
6. Prévisibilité des différences de fragmentation des calculs sur un simple cliché radiologique ASP.....	- 58 -

Chapitre 6 : Étude de la fragmentation des calculs..... - 61 -

1. Mécanisme et théories de fragmentation du calcul	- 62 -
2. Mode d'éclatement des calculs selon la nature chimique.....	- 64 -
2.1. Etude <i>in vivo</i>	- 64 -
2.1.1. Calculs d'oxalate de calcium monohydraté et dihydraté (Whewellite et wheddelite).....	- 64 -
2.1.2. Calculs d'acide urique.....	- 64 -
2.2. Etude <i>in vitro</i>	- 65 -

Etude pratique

1. Introduction.....	- 67 -
2. Méthodologie de travail.....	- 67 -
2.1. Technique d'intervention.....	- 68 -
2.2. Classement des patients.....	- 69 -
a - Groupe 1	- 69 -
b - Groupe 2	- 70 -
c - Groupe 3	- 70 -
2.3. Définition des critères de résultat	- 70 -
3. Résultats de la LEC.....	- 71 -

3.1. Répartition des calculs en fonction de leur siège	- 72 -
3.2. Répartition des calculs en fonction de leurs tailles.....	- 73 -
3.3. Répartition des succès SF en fonction de leurs sièges.....	- 75 -
3.4. Résultats de LEC en utilisant les critères stricts de succès	- 76 -
4. Résultats de la corrélation radio-spectrophotométrie infra rouge	- 77 -
5. Résultats de la corrélation spectrophotométrie infra rouge - Résultats de la LEC	- 80 -
6. Discussion des résultats.....	- 82 -
Conclusion.....	- 91 -

Résumés

Références bibliographiques



Abréviations

LEC	: Lithotritie extracorporelle
NLPC	: Néphrolithotomie percutanée
OC	: Oxalate de calcium
WW	: Whewellite
WD	: Weddellite
Ac. Ur.	: Acide urique
CA	: Carbapatite
Stru	: Struvite
ASP	: cliché abdomen sans préparation
TDM	: Tomodensitométrie
UIV	: Urographie intraveineuse
SPIR	: Spectrophotométrie Infrarouge
CBH	: Centre de biologie des hôpitaux
2,8 DHA	: 2,8 dihydroxyadénine
UH	: Unité Hounsfield
AUA	: American Urological Association
PRF	: Pulse répétition frequency
IR	: Infra rouge
KBr	: Bromure de potassium



Introduction

La lithiase urinaire est une maladie fréquente qui consiste en la formation de calculs dans la voie urinaire. La voie urinaire comprend dans le sens de l'écoulement des urines : les calices supérieurs, moyen et inférieur, le bassinet, l'uretère lombaire, iliaque, et pelvien pour la voie urinaire supérieure et la vessie et l'urètre pour la voie urinaire inférieure. Un calcul urinaire est constitué de substances cristallines, mais aussi d'une trame organique qui représente environ 2 à 3% du poids sec de la plupart des calculs. La cristallisation dépend étroitement de la saturation des urines en produits cristallisables, comme le calcium, l'oxalate, les phosphates, le magnésium, les bicarbonates, l'acide urique, l'urate, le sodium ou la cystine. Diverses substances éliminées dans les urines interviennent donc directement par leur concentration et leur tendance cristalline dans la formation des calculs.

C'est une maladie qui concerne les pays développés, mais aussi certains pays en voie de développement tel que le Maroc. C'est entre 30 et 50 ans que l'apparition de la lithiase est la plus fréquente. En général, l'homme est un peu plus touché que la femme. L'enfant peut également être touché par la lithiase. La lithiase infantile est cependant moins fréquente que chez l'adulte et est souvent révélée par des infections urinaires, des douleurs abdominales ou des hématuries et rarement par des coliques néphrétiques. L'incidence de la lithiase est liée aux habitudes alimentaires avec des différences liées au type de lithiase.

La plupart des calculs sont constitués de calcium, d'oxalate, de phosphate, de struvite, de cystine ou d'acide urique.

Il est normal d'avoir ces produits dans les urines, mais pas sous forme de calculs. Cela arrive le plus souvent chez les personnes qui ne boivent pas suffisamment d'eau et dont l'urine est trop concentrée, et/ou chez ceux qui

mangent certains aliments en grande quantité (produits laitiers, viandes, certains types de légumes) et/ou à *contrario* quand les apports alimentaires en calcium sont insuffisants, c'est-à-dire inférieurs à 850 mg/jour. Les calculs peuvent rester coincés à différents endroits (exemple : dans le rein, à la sortie du rein, dans l'uretère, et à l'entrée de la vessie) et bloquer le passage de l'urine. Celle-ci s'accumule dans les cavités du rein qui augmentent alors la pression, ce qui procure de violentes douleurs (coliques néphrétiques).

Pour qu'un calcul puisse se former, il faut qu'un ou plusieurs facteurs soient réunis :

- Elévation de la concentration urinaire d'un constituant du calcul (calcium, oxalate, urate, cystine) :
 - Soit par augmentation de son élimination ;
 - Soit par diminution de la quantité d'eau dans les urines (par manque de boissons ou par déshydratation), donc par augmentation de sa concentration.
- Un obstacle de la voie urinaire qui entraîne une stagnation de l'urine
- Une anomalie de l'acidité urinaire :
 - Les calculs d'acide urique et de cystine se forment lorsque le pH est acide, inférieur à 5 ;
 - Les calculs phosphocalciques se forment lorsque le pH est alcalin, supérieur à 7.

Lorsque les calculs urinaires sont composés uniquement d'acide urique, des médicaments, un régime alimentaire spécifique ainsi que l'alcalinisation des

urines peuvent faire disparaître les calculs. S'ils sont composés de calcium, les traitements médicaux sont inefficaces. Il arrive toutefois qu'ils s'évacuent eux-mêmes, dans 70 à 80% des cas, poussés par l'urine, lorsque leur taille est comprise entre 4 et 5 mm pendant une durée moyenne de 3 semaines.

Lorsque le traitement médical, associant des anti-inflammatoires, des antispasmodiques, parfois des α bloquants et l'hyperdiurèse, n'arrive pas à une expulsion des calculs de taille inférieure ou égale à 5 mm, l'urologue intervient. De même, l'urologue intervient en proposant une à plusieurs techniques : l'urétéroscopie, la néphrolithotomie percutanée (NLPC) ou la lithotritie extracorporelle (LEC), quand la taille du calcul est supérieure à 5 mm lorsque la douleur ne répond pas au traitement médical (état de mal néphrétique) ou devant une obstruction ou infection. Notre étude s'intéressera aux résultats d'une technique non invasive, **la Lithotritie extracorporelle** et ses rapports avec l'aspect radiologique des calculs et leur composition chimique par spectrophotométrie à transformée de Fourier.

Etude théorique



Chapitre 1 : Epidémiologie des lithiases urinaires

1. Epidémiologie des lithiases urinaires dans les pays industrialisés et en voie de développement

La lithiase urinaire semble être une maladie aussi vieille que l'homme. En effet, on a pu trouver des calculs vésicaux dans les momies égyptiennes ainsi que dans les tombes précolombiennes d'Amérique du sud. [1]

Cependant, la localisation, la fréquence, ainsi que la constitution varieront largement en fonction des conditions climatiques, des conditions socio-économiques, du niveau de médicalisation, ainsi que des habitudes alimentaires qui dominent largement la lithogénèse, sans toutefois méconnaître les causes métaboliques, génétiques, malformatives, médicamenteuses et infectieuses qui se voient de plus en plus dans les pays développés.

Dans les pays occidentaux, la fréquence de la lithiase rénale a triplé durant les cinquantes dernières années et la nature chimique des calculs a changé. Les calculs, le plus souvent constitués de purines à la fin du dix-neuvième siècle, sont aujourd'hui de composition oxalo-calcique dans les trois quarts des cas [2, 3,4]. L'amélioration des conditions de vie, ainsi que les modifications des habitudes alimentaires ont profondément changé l'évolution de la lithiase urinaire dans les pays en voie de développement. [3, 5, 6,7].

En effet, dans ces pays, la lithiase d'urates et de phosphates qui était autrefois localisée dans les voies urinaires basses chez l'enfant, cède la place aujourd'hui à la lithiase rénale de l'adulte composée essentiellement d'oxalate de calcium. [3,7].

Dans les pays en voie de développement comme cela a été le cas pour les pays industrialisés depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, la fréquence de la maladie lithiasique semble augmenter parallèlement avec l'augmentation du niveau de vie [8]. Ceci est dû à l'augmentation d'apport calcique dans l'alimentation pour certains, mais aussi à l'insuffisance de ces apports calciques pour d'autres.

Les études réalisées sur la lithiase urinaire restent peu nombreuses. Elles se sont intéressées à la détermination de la composition des calculs collectés dans certaines régions [9, 10, 11, 12]. Ces études ont montré la prépondérance de l'oxalate de calcium monohydraté comme constituant majoritaire des calculs. Des différences importantes dans la fréquence des autres constituants, en particulier les purines, ont été rapportées [9, 12].

2. Epidémiologie des lithiases urinaires au Maroc

Des études épidémiologiques au Maroc montrent d'une part, un rapprochement des résultats avec ceux des pays industrialisés (dominance masculine, localisation essentiellement haute, prépondérance de l'oxalate de calcium monohydraté) et d'autre part des différences inter-régionales de la composition chimique de certains types de lithiase. Ainsi les calculs d'acide urique sont plus répandus au Moyen Atlas et les calculs de phosphates calciques et ammoniaco-magnésiens s'observent plus au Nord-est et à Fès.

Au Maroc, pays en voie de développement, où l'accès aux soins n'est pas le même sur tout le territoire et où les habitudes alimentaires diffèrent d'une région à l'autre, on pourrait penser que le profil épidémiologique des calculs est différent d'une région à l'autre.

Au Maroc, la lithiase urinaire est une maladie qui touche la santé publique. C'est une pathologie fréquente qui touche 4 à 20% de la population [13]. C'est un motif de consultation fréquent chez les urologues et les néphrologues. Durant les dernières décennies, les changements des habitudes alimentaires ont aidé à l'augmentation de la fréquence de la lithiase urinaire et à la diversification des compositions chimiques des calculs. Elle est représentée en majorité par des calculs de nature oxalo-calcique. [9, 10, 11, 12]

Une étude épidémiologique a été menée entre juillet 2002 et juin 2007 dans notre pays. Les calculs ont été collectés au centre de lithotritie extracorporelle du rein et des voies urinaires de la ville de Meknès, de Fès et au service d'urologie de l'hôpital militaire Moulay Ismaïl, à l'hôpital provincial Mohammed V de Meknès et également auprès des urologues de la ville de Settat et de Fès. L'étude couvre une période de 5 ans pendant laquelle 283 patients ont donné leurs échantillons (calculs ou fragments) pour analyse. La population étudiée est composée de 111 femmes (39,2%) et de 172 hommes (60,8%). L'âge moyen est de $44,45 \pm 12,9$ ans, avec des extrêmes allant de 14 à 90 ans. Ces données montrent, conformément à la littérature, que cette pathologie a une dominance masculine et que le pic de fréquence se situe chez les deux sexes à la quatrième décennie (entre 41 et 50 ans). **Figure 1 et 2**

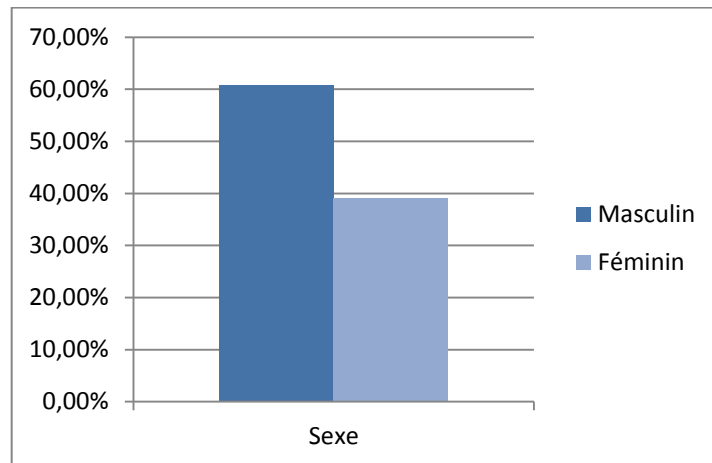


Figure 1 : Distribution de la population lithiasique en fonction du sexe

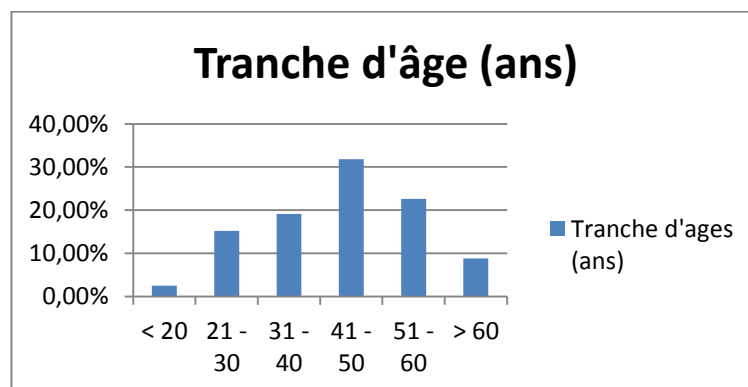


Figure 2 : Distribution de la population lithiasique en fonction de la tranche d'âge (ans)

La population enquêtée est composée de 48% de patients vivants dans la ville de Meknès (lieu de l'étude) et dans les communes avoisinantes. Les autres patients sont répartis de la façon suivante : **Figure 3**

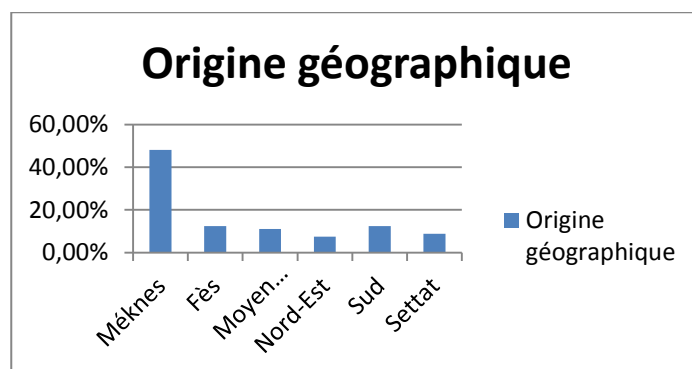


Figure 3 : Distribution de la population lithiasique en fonction de l'origine géographique

Dans cette série de 283 calculs, la localisation de la lithiase est connue pour 276 patients. Cette localisation est essentiellement haute. Elle est rénale dans 82,6%, urétérale dans 10,8% et vésicale dans 6,6% des cas. **Figure 4**

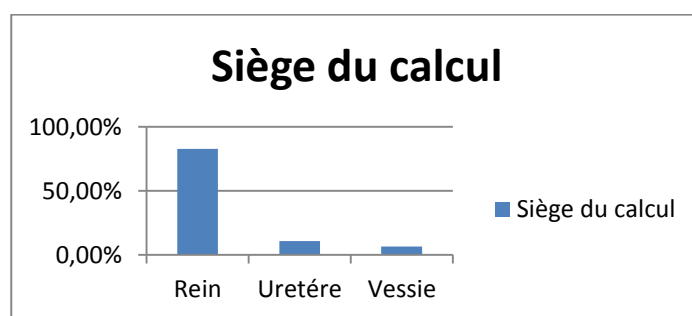


Figure 4 : Distribution de la population lithiasique en fonction de la localisation anatomique des calculs

11% de la population concernée déclare avoir un de leur proche qui a déjà éliminé un calcul. L'association d'antécédents familiaux et de lithiase est significative chez l'homme. De même, la récurrence concerne 25,8% des répondants et elle est significativement plus fréquente chez l'homme. **Figures 6 et 7.**

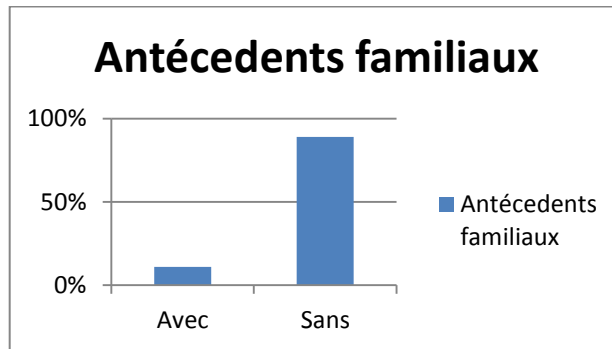


Figure 6 : Distribution de la population lithiasique en fonction des antécédents familiaux

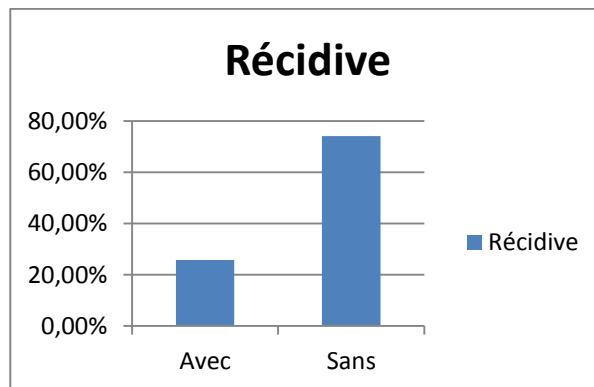


Figure 7 : Distribution de la population lithiasique en fonction du nombre de récurrences

Dans cette étude, le plus intéressant est le résultat de l'analyse par spectrophotométrie infrarouge des calculs qui montre que la Whewellite (oxalate de calcium monohydraté) est le composant principal dans 51,7% des cas, suivie par l'acide urique présent dans 19,1% des cas, puis la Wheddelite dans 18%. **Figure 8.**

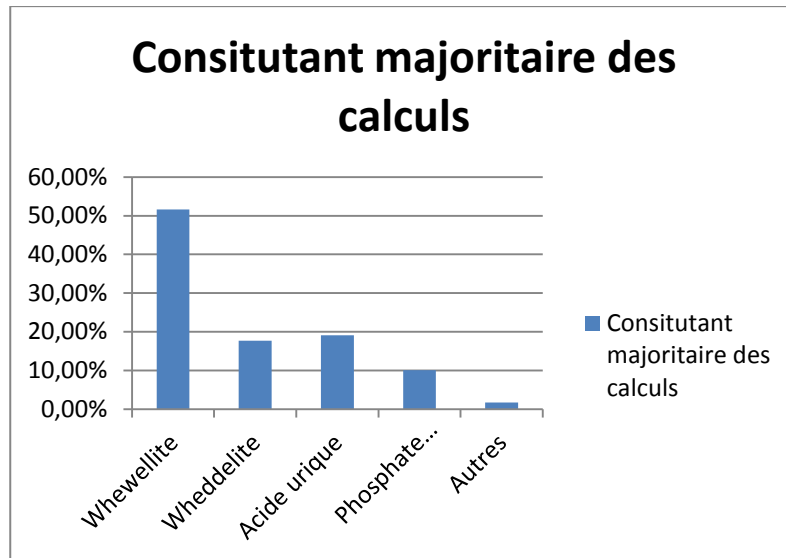


Figure 8 : Distribution de la population lithiasique en fonction du composant majoritaire des calculs

Les résultats de cette étude apportent, d'une part, une confirmation du profil épidémiologique des calculs marocains qui se rapproche de celui des pays industrialisés (dominance masculine, 65% d'hommes pour les calculs de nature Whewellite et 72% d'hommes pour les calculs de nature WD : Wheddelite), et une prépondérance de l'oxalate de calcium monohydraté (WW : Whewellite). On note également que la moyenne d'âge est située entre 30 et 50 ans quelque soit la nature des calculs. **Tableau 1.**

Tableau 1 : répartition des calculs en fonction du sexe, de la tranche d'âge et du lieu d'habitation (à partir des données de l'étude actuelle)

Constituant majoritaire		WW		WD		Ac. Ur.		Autres composants	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Sexe	Masculin	25	65,77	8	72,72	4	57,15	0	0
	Féminin	13	34,23	3	27,28	3	42,85	3	100
Tranche d'âges	<20	1	2,63	0	0	0	0	0	0
	20-30	2	5,27	1	9,09	0	0	0	0
	30-50	22	57,89	8	72,73	2	28,57	3	100
	50-70	13	34,21	2	18,18	5	71,43	0	0
	>70	0	0	0	0	0	0	0	0
Lieu d'habitation	Urbain	29	76,32	8	72,72	6	85,71	3	100
	Rural	9	23,68	3	27,28	1	14,29	0	0
TOTAL		38	100%	11	100%	7	100%	3	100%

L'analyse par spectrophotométrie infrarouge des calculs montre que la Whewellite (oxalate de calcium monohydraté) ayant pour étiologie une hyperoxalurie, est le composant principal dans notre pays, suivie de la Wheddelite (oxalate de calcium dihydraté), dont le processus lithogène est lié à une hypercalciurie. Au troisième rang, on trouve des calculs à base d'acide urique, en relation avec une hyperuraturie ou augmentation de l'acide urique urinaire et à un pH urinaire acide inférieur ou égal à 5.

Ainsi, l'exploration des calculs collectés montre que l'hyperoxalurie et l'hypercalciurie sont fortement impliquées dans le processus lithiasique dans notre pays.



Chapitre 2:
La lithotritie extracorporelle

1. Définition de la Lithotritie extracorporelle

La lithotritie extra corporelle est une technique permettant d'envoyer des ondes de choc à travers le corps pour casser des calculs dans les voies urinaires. Ces ondes de choc sont produites par une chaîne : électrode – éclateur – générateur et le calcul est repéré par un système de repérage radiologique.

Développée depuis 1980 [14, 15], la lithotritie extracorporelle s'est imposée face aux techniques endo-urologiques et chirurgicales dans le traitement des calculs urinaires, de localisation rénale ou urétérale chez l'adulte et/ ou chez l'enfant.

Son indication repose sur des critères tenant compte de la topographie, de la nature et des dimensions des calculs, ainsi que du terrain sur lequel ces calculs se développent.

Le développement de lithotriteurs modernes de troisième génération (hydroélectriques / piézoélectriques / électromagnétiques, à repérage fluoroscopique et échographique couplée) permet d'utiliser la technique en ambulatoire, sans anesthésie ou après une simple prémédication.

Actuellement, les lithotriteurs mobiles et fixes électromagnétiques semblent être les plus performants, en autorisant des traitements efficaces à 80% de succès complets en moyenne, avec une à quatre séances selon le volume des calculs, toutes topographies de calculs et tailles confondues.

Plusieurs facteurs peuvent influencer le taux de succès de la LEC, incluant la taille, la localisation du calcul, la composition du calcul, ainsi que le type d'énergie utilisé par le lithotriteur.

Les indications et la définition des critères d'évaluation des résultats à 3 mois de la LEC se sont précisées depuis 1996. [16]. La lithotritie extracorporelle est reconnue depuis 25 ans comme le traitement de choix de la plupart des calculs rénaux et urétéraux de taille située entre 10 et 20 mm. Depuis les premières utilisations de la LEC, il a été admis que certains calculs de 20 à 30 mm au maximum et les calculs de moins de 10 mm sont de bonnes indications de la technique [17, 18,19].

Cependant, il est nécessaire avant tout usage de connaître les contre-indications de la technique tels que : l'infection urinaire, grossesse, trouble de la coagulation (contrôle de l'usage des anticoagulants), pacemaker en position abdominale. L'onde de choc peut libérer des embolies à partir d'un anévrisme de l'aorte abdominal avec un risque d'ischémie aiguë des membres. L'obésité est une contre-indication relative car le repérage de la lithiase peut devenir difficile et la distance focale F2-source des ondes de choc peut être courte.

Il faut signaler que les complications de la lithotritie sont peu fréquentes. Des douleurs dans les heures suivant la séance doivent faire craindre un obstacle des voies excrétrices par un caillot sanguin, un fragment de lithiase, un empierrement urétéral ou une contusion du parenchyme rénal par l'onde de choc.

2. Principe de la lithotritie

La LEC est basée sur le principe physique de la génération d'une onde de choc dont il existe deux types de source, **ponctuelle ou étendue**.

a. Source ponctuelle

Un éclateur hydroélectrique délivre un courant intense (De 16 à 24 kV) entre deux électrodes (Foyer F1) dans de l'eau dégazée et génère une bulle de vapeur dont l'expansion et l'implosion créent l'onde de choc. Cette onde de choc, après avoir traversée la paroi abdominale, va finir sa course au niveau d'un foyer F2 où se trouve le calcul. **Figure 9**. Dans ce foyer, on définit la zone focale : c'est une aire / zone de haute pression dont le volume est variable en fonction de chaque lithotriporteur.

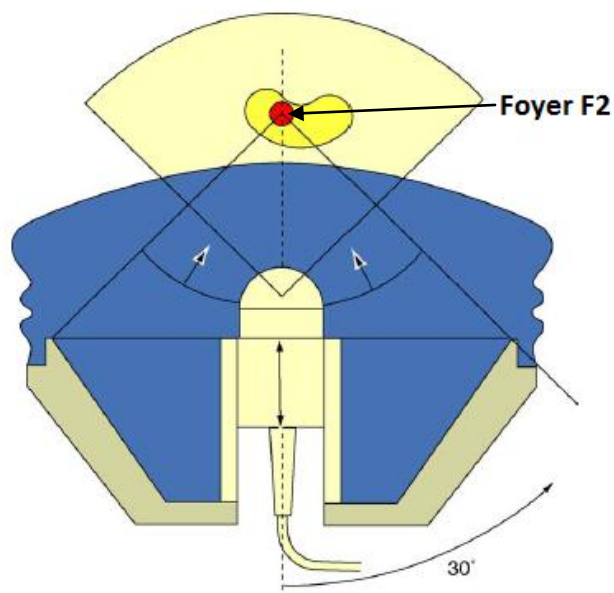


Figure 9 : Ellipsoïde électromagnétique

L'onde aborde le calcul à sa périphérie et produit des effets de compression/traction. La compression fragmente ce dernier par la pression qui

s'applique à sa surface et par la réflexion, d'une onde de détente dépassant les forces de cohésion du calcul qui diffèrent selon la composition du calcul. Il s'ensuit un phénomène de cavitation grâce à la présence de microbulles dans le calcul et autour du calcul lui-même, entraînant une élévation brutale de pression, et donc une fissuration entre les cristaux en fonction de la structure interne et de l'organisation cristalline de chaque type de calcul. La **figure 10** permet d'expliquer ces principes de fragmentation sous l'effet des ondes de choc extracorporelles.

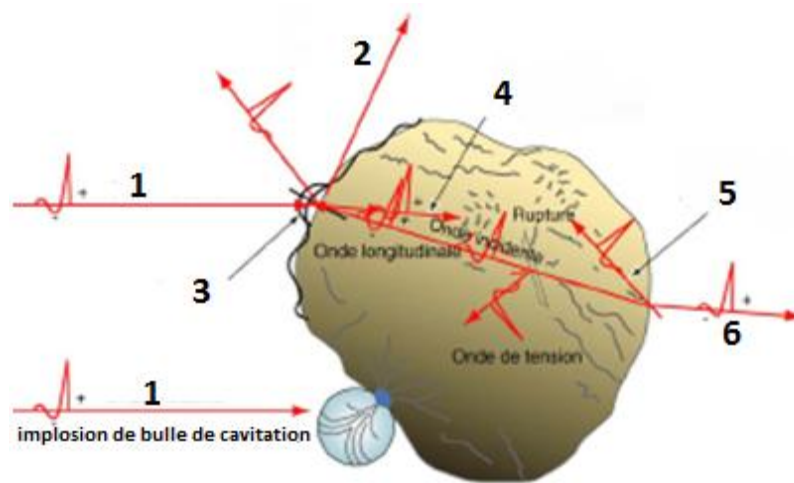


Figure 10 : Principes de fragmentation d'un calcul par les ondes de choc extracorporelles

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| 1 : Onde incidente | 4 : Onde de fissuration |
| 2 : Onde dérivée | 5 : Onde de tension |
| 3 : Onde de surface | 6 : Onde transmise |

b. Source étendue

L'onde de choc est focalisée en sinusoïde qui sera amortie avec une pression un peu moindre que celle obtenue à partir d'une source ponctuelle.

[20,21]. Les générateurs à source étendue émettent à partir d'une surface une onde ultrasonore de forte amplitude, plus précisément une variation sinusoïdale, amortie de la pression avec une pseudo-fréquence élevée. Ces ondes sont ensuite focalisées, soit de manière naturelle si la surface émettrice est une portion de sphère, soit par l'utilisation d'une lentille acoustique, ou d'un paraboloïde de réflexion. Ce n'est qu'au cours de la propagation de l'onde dans un milieu non linéaire, tel que l'eau ou les tissus, qu'elle se transforme peu à peu en onde de choc, d'autant plus rapidement que l'amplitude et la fréquence de l'onde initialement émise est élevée.

3. Présentation du lithotriporteur utilisé dans notre étude

3.1. Principes du lithotriporteur électromagnétique (Lithostar Multiline)

Dans notre étude, on a utilisé un lithotriporteur de troisième génération. Il s'agit du : **SIEMENS Lithostar Multiline**, à repérage fluoroscopique, qui utilise des ondes de choc électromagnétiques et permet un traitement sans anesthésie et sans hospitalisation. **Figure 11.** Les lithotriporteurs électromagnétiques créent une onde de choc par élongation d'une membrane métallique sous l'effet d'une impulsion électrique au sein d'un cylindre d'eau gélifiée. Ce type d'ondes n'est pas générateur de troubles du rythme et permet des cadences de tirs élevées, non asservi à la fréquence cardiaque des patients.



Figure 11 : Le lithotripteur électromagnétique SIEMENS LITHOSTAR Multiline

L'onde de pression est issue du déplacement rapide d'un disque métallique en rapport avec une bobine électromagnétique qui crée un champ magnétique important élevant la pression. L'onde de choc est produite dans un cylindre rempli d'eau et focalisée par une membrane plane ou cylindrique, avec une amplitude de pression variable. Ce sont les types variés de membrane qui permettent de diminuer les pertes d'énergie entre la source et le foyer calcul. La zone focale au foyer F2 est moins large, mais les pressions sont constantes à chaque impulsion. Le principe de l'ellipsoïde électromagnétique est résumé dans la **figure 9**.

Le lithotripteur **SIEMENS Lithostar Multiline** est un lithotripteur de troisième génération qui permet de traiter sans anesthésie dont les caractéristiques principales sont :

Ondes de choc	électromagnétiques
Nom de commerce (*)	Multiline
Profondeur du foyer (mm) F1 - F2	120
Zone focale (mm)	80mm / 5mm
Puissance énergie (mJ)	64 mJ
Pression (MPa)	-----
Fluoroscopie + échographie (+/- au temps réel)	F + E
Mobilité	Non
Syndrome ECG	Non
Fréquence (/min)	variable

La surface focale représente le volume dans lequel, au moins 50% de l'énergie initiale est retrouvée. [22]. La « tache » focale piézo-électrique est nécessairement très étroite (20mm/5mm); le foyer électroacoustique est actuellement très étendu selon une ellipse de 60 mm sur 11 mm. L'ouverture des cuves ellipsoïdales dans les systèmes hydroélectriques a été très notablement agrandie, de 17 à 25 cm en moyenne, ce qui a un double effet antalgique et de réduction du volume de la tache focale (par exemple de 50mm /13mm pour le HM3 Dornier à 20mm/3mm pour le MPL 9000 Dornier).

Par comparaison avec les appareils de premières générations (DORNIER HM3), la focalisation plus importante des ondes de choc (tache focale réduite) des appareils de deuxième et de troisième génération, est en partie responsable d'une fragmentation incomplète, et d'un taux de retraitement plus important (46%) des calculs volumineux et ramifiés. [23, 24]. **Figure 12.**

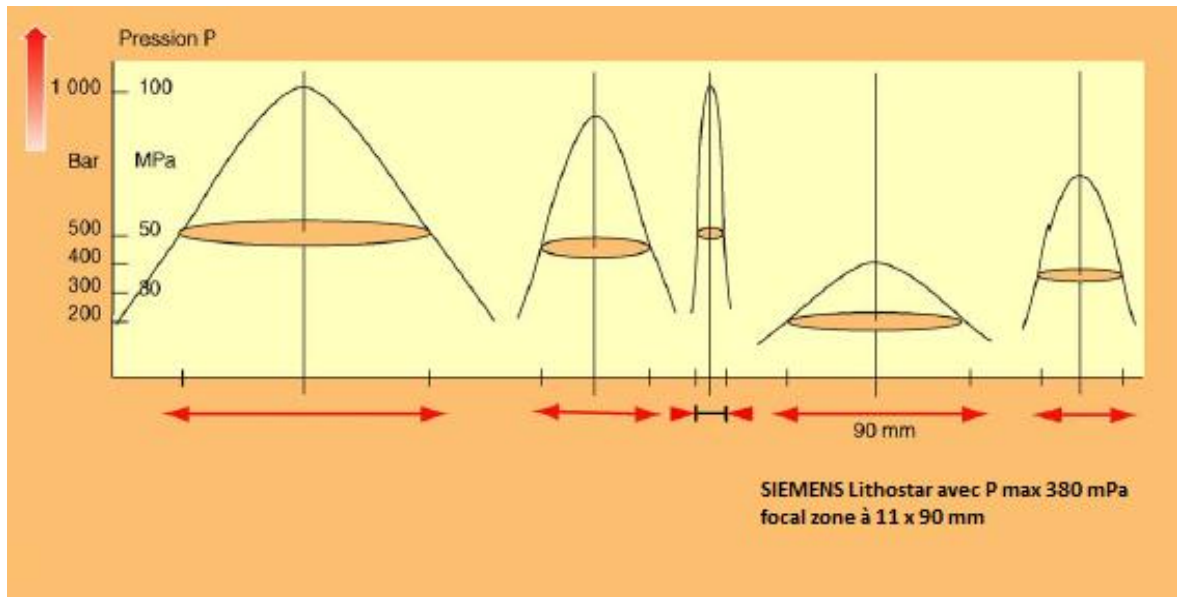


Figure 12: Représentation de la zone focale du SIEMENS Lithostar Multilines par rapport aux autres lithotripteurs

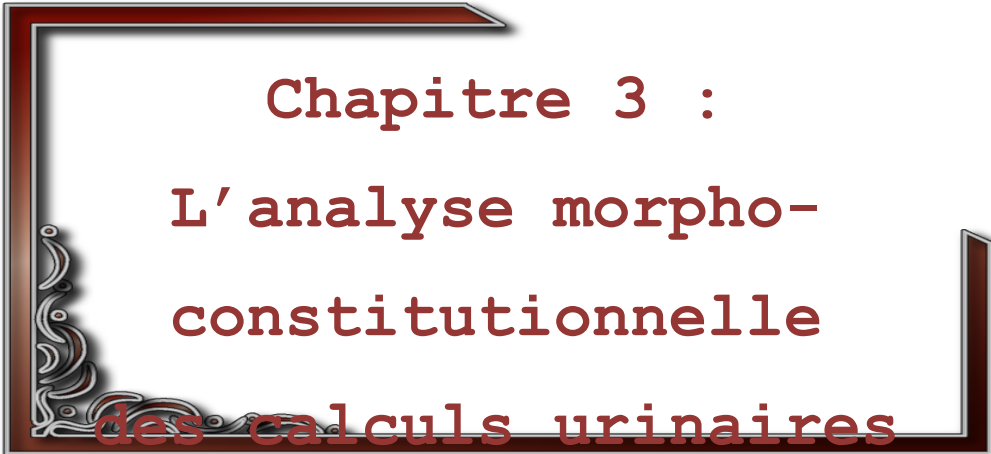
3.2. Repérage du calcul

Le repérage des calculs se fait de deux façons : par fluoroscopie par un bras en C ou par échographie couplée ou non à la tête de tir. L'amplificateur de brillance est fixé sur un arceau mobile dans trois axes pour permettre de placer le calcul dans une mire correspondant à la tache focale du foyer F2. Le calcul doit être radio-opaque afin qu'il puisse être visible. C'est le cas des calculs Whewellite et Wheddelite. Certains calculs composés d'acide urique anhydre et enveloppés d'oxalate de calcium peuvent être repérés à l'aide de la fluorescence. Les structures osseuses comme l'aile iliaque ou le sacrum peuvent nécessiter une position particulière en procubitus.

Si le calcul est opaque, le repérage est réalisé le plus souvent par fluoroscopie en prenant en vue de face (Axes X et Y) pour placer le calcul au centre de la mire. Ensuite, une vue en oblique sous un angle de 30° permet de

localiser le calcul en profondeur (Axe Z) en le plaçant dans la mire de l'écran de l'amplificateur de brillance. Le tir peut alors commencer en demandant au patient de garder une position stable afin d'éviter tout déplacement du calcul en dehors du foyer F2. Un des avantages de cette machine est que, pendant le traitement, on peut vérifier la bonne position du calcul, sans arrêter la machine et faire des réajustements pendant le tir, pour maintenir le calcul dans la zone focale.

Le repérage doit se faire par le médecin traitant ou un assistant qualifié en tenant compte du temps car l'efficacité de la LEC est en corrélation avec le nombre de traitements réalisés par un même opérateur. [25].



Chapitre 3 :
**L'analyse morpho-
constitutionnelle
des calculs urinaires**

1. Analyse morfo-constitutionnelle des calculs urinaires :

1.1. Etude morphologique

C'est une étape d'observation et de description des caractères morphologiques superficiels et internes du calcul avec prélèvement de toutes les zones représentatives telle que la surface, la section, ainsi que les couches périphériques et profondes [32, 33]. L'appareil et le matériel utilisés dans cette étude sont résumés dans la **figure 13**.



Figure 13: Microscope optique et matériel utilisés dans l'étude morphologique

Les figures 14 et 15 permettent de distinguer visuellement les deux types de calculs oxalo-calciques les plus répandus.

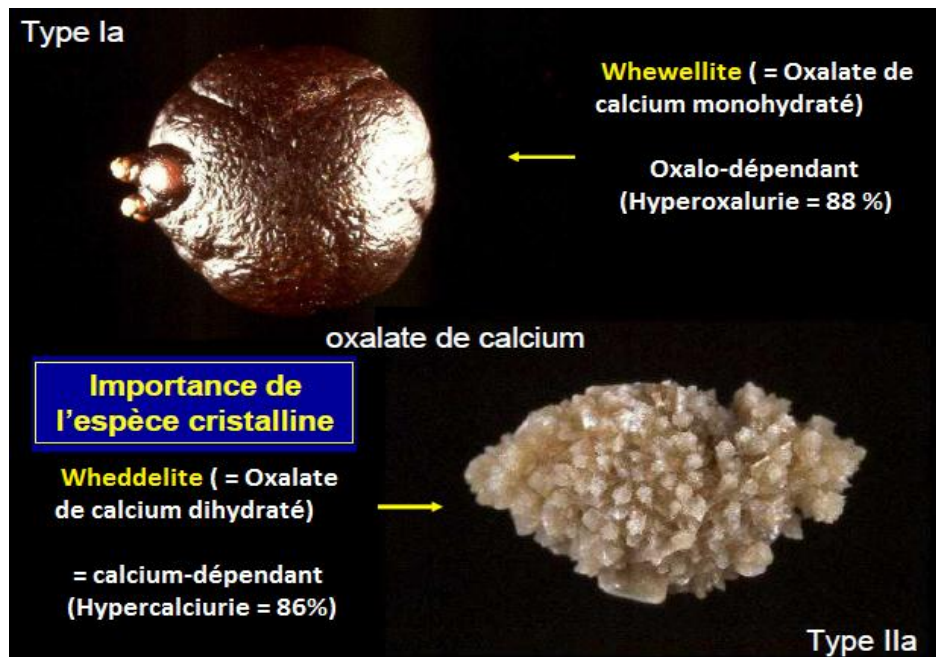


Figure 14 : Importance de l'espèce cristalline (calcique et oxalique)

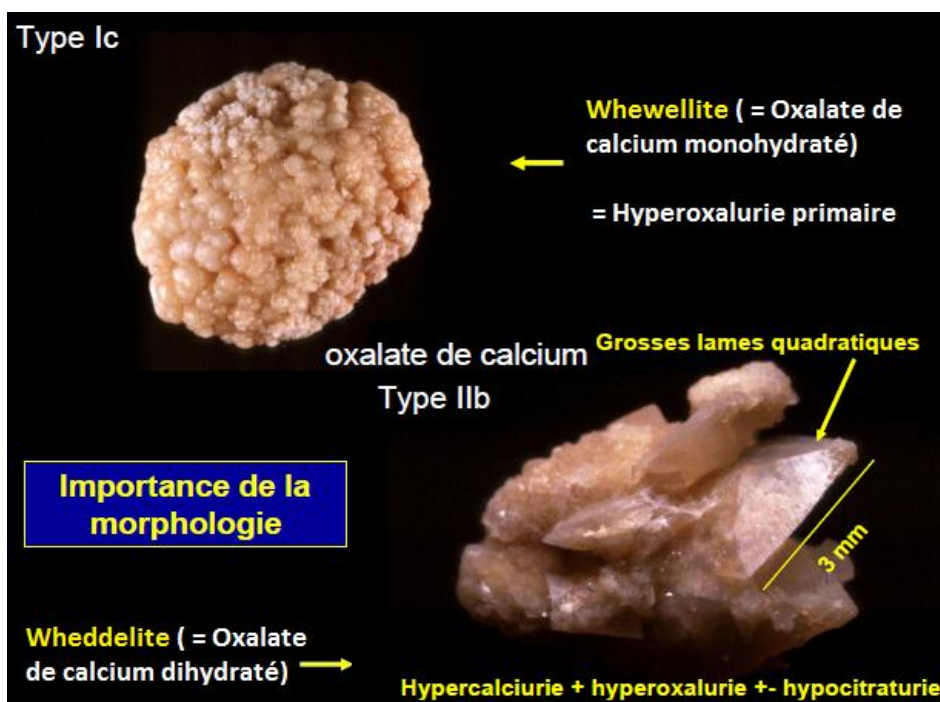


Figure 15 : Importance de la morphologie

Le typage morphologique des calculs est réalisé en déterminant :

- les dimensions
- le poids
- la forme
- la dureté
- la surface : aspect et couleur
- la section : aspect et couleur
- le noyau : différencié ou pas
- calcul : mixte ou pur

1.2. Etude constitutionnelle

Cette étude permet de déterminer la composition séquentielle des calculs et de reconstituer les grandes étapes de la lithogénèse. L'analyse est réalisée en identifiant le composant majoritaire supérieur ou égal à 50% à l'aide d'un spectrophotomètre IR à transformée de Fourier.

Présentation du spectrophotomètre IR à transformée de Fourier

Le spectrophotomètre à transformée de Fourier utilisé dans notre étude est le : JASCO FT/IR – 460 Plus **figure 16**. C'est un appareil qui couvre la région « moyen infrarouge ». Ce domaine infrarouge s'étend de 4000 cm^{-1} à 400 cm^{-1} , soit de $2,5\text{ }\mu\text{m}$ à $25\text{ }\mu\text{m}$ **figure 17**.



Figure 16: Le Spectrophotomètre à transformée de Fourier « JASCO FT/IR – 460 Plus »

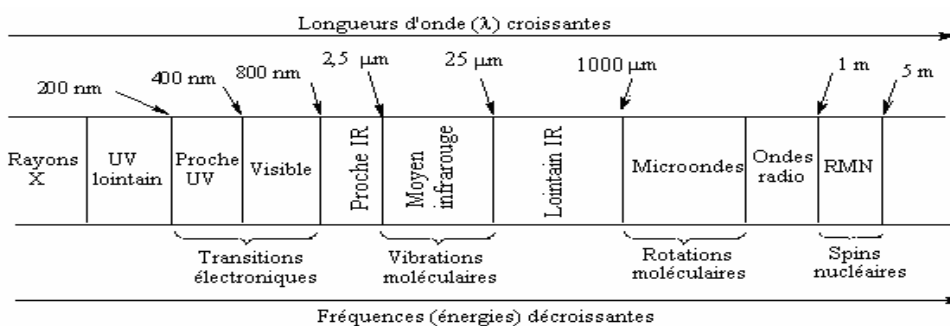


Figure 17: Domaines de l'IR dans le spectre électromagnétique

Les spécificités du spectrophotomètre utilisé dans notre étude sont résumées dans le **tableau 2** :

Tableau 2 : Les spécificités du spectrophotomètre IR « JASCO FT/IR – 460 Plus »

Gamme de mesure	4000 – 400 cm⁻¹
Résolution	0,9, 2, 4, 8, 16 cm⁻¹
Système optique	Faisceau unique
Compartiment de l'échantillon	175 (largeur) × 255 (longueur) × 170 (hauteur) mm
Diamètre du faisceau sur l'échantillon	4 mmf
Trajectoire de la lumière dans le compartiment échantillon	Foyer central, axe de la lumière 70 mmH
Mécanisme d'entraînement de l'interféromètre	Roulement mécanique, entraînement électromagnétique
Séparateur de faisceaux	Ge couvert de substrats de KBr, CaF ₂ en option, Csl en option
Source de lumière	Source de lumière haute intensité, lampe à halogène en option
Détecteur	DLATGS avec élément Peltier (KRS-5), MCT-N (-750 cm ⁻¹), MCT-M (-650 cm ⁻¹), MCT-W (-450 cm ⁻¹), InSb et photodiode en Silicone en option.
Ratio S/N	15000 : 1
Convertisseur A/D	16 bit

Les calculs et les fragments collectés ont été analysés par spectrophotométrie infrarouge selon la technique de pastillage sur un spectrophotomètre à transformée de Fourier décrit précédemment. C'est une technique physique d'analyse qui présente de multiples avantages : sensibilité, simplicité, rapidité et précision. Dans la pratique, on mélange 1 à 2 mg de poudre de calcul avec 300 mg de bromure de potassium (KBr) pressés en

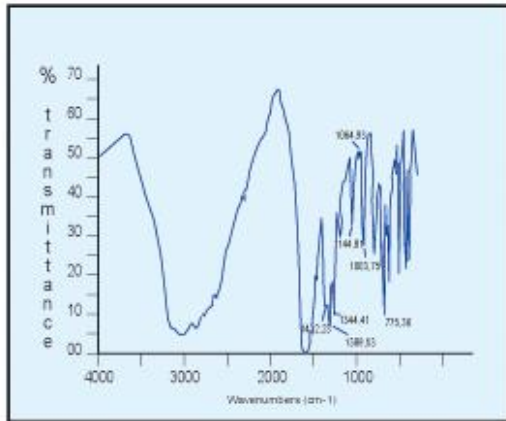
pastille. La technique d'analyse par reflexion peut être aussi utilisée. Elle a l'avantage d'éviter la préparation de l'échantillon.[131]. Une portion représentative du calcul est analysée par infrarouge pour déterminer la composition moléculaire et cristalline, mais également des substances non cristallines, les composants minéraux et organiques, les espèces métaboliques et médicamenteuses.

Au final, ces calculs seront classés en fonction de leur composant majoritaire supérieur ou égal à 50%. Il est important de noter que les résultats obtenus concordent avec ceux des études de grandes séries de calculs analysés dans différents pays industrialisés, par exemple en France où l'oxalate de calcium est le constituant majoritaire à 72% et aussi aux États-Unis dans la région de Chicago où Coe et Parks [42] ont annoncé 69% d'oxalate de calcium comme constituant majoritaire.

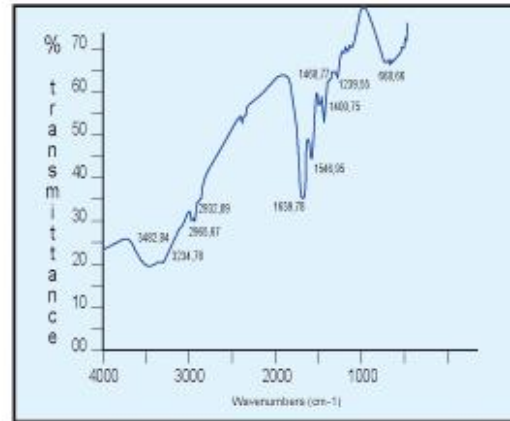
Une espèce chimique possède souvent plusieurs formes cristallines liées à des causes biochimiques et des pathologies différentes. En France, la répartition de la nature des calculs entre les années 2000 et 2004 est :

- **Oxalate de calcium (OC): 72%.**
- **Struvite : 1,8%.**
- **Phosphates de calcium : 14,7%.**
- **Cystine : 1,8%**
- **Acide urique (Ac. Ur.): 9,7%.**

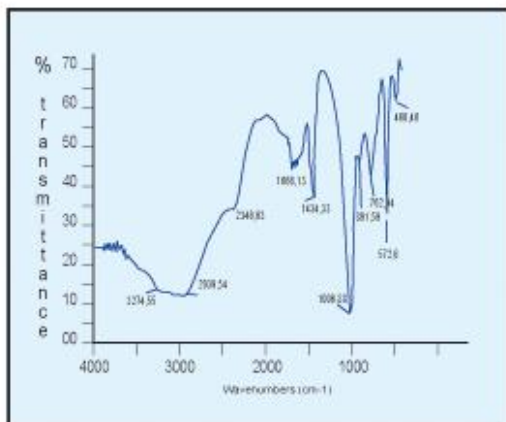
Dans notre étude, l'analyse des calculs urinaires est réalisée par le **Pr L. Benramdane** en collaboration avec le laboratoire d'analyses médicales Centre de Biologie des hôpitaux (CBH), à partir de calculs traités par LEC au centre de lithotritie extracorporelle **ROMANDIE**. Voici quelques exemples de spectres infrarouges [1] :



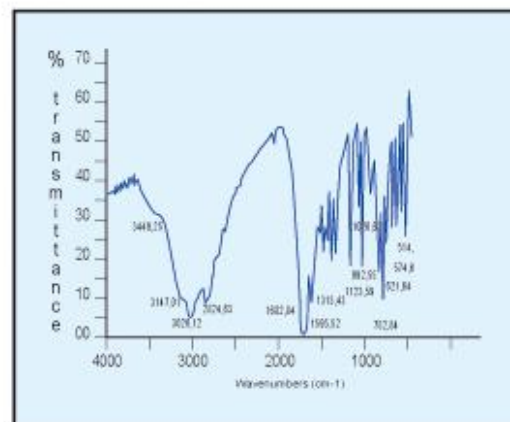
Urate acide d'ammonium



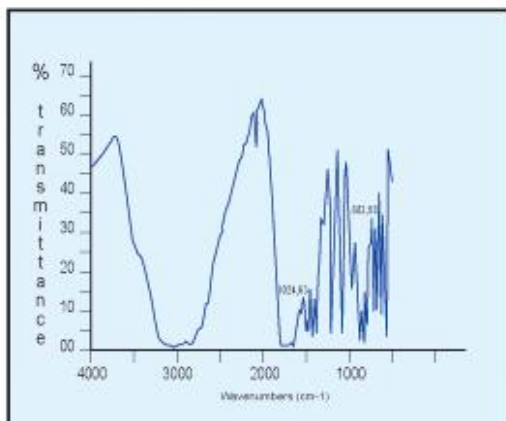
Protéines



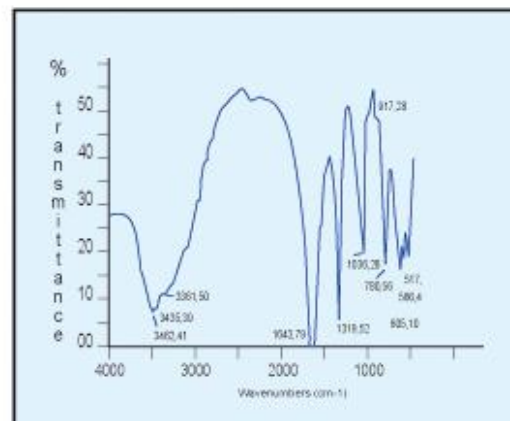
Struvite



Acide urique + whewellite



Acide urique anhydre



Whewellite + carapatite

Figure 18 : exemples de différents spectres infrarouges des calculs urinaires

Enfin, on établit une fiche globale de l'analyse morpho-constitutionnelle de chaque patient porteur d'un ou de plusieurs calculs. **Figures 19 et 20.**


Nom du malade : <input style="width: 200px;" type="text"/>		Age: <input style="width: 50px;" type="text"/>	
Prescripteur : ---			
Date d'enregistrement : <input style="width: 100px;" type="text"/>		N° <input style="width: 100px;" type="text"/>	
Edition du rapport le : <input style="width: 100px;" type="text"/>			
COMPTE RENDU D'ANALYSE DE CALCUL URINAIRE			
		Nombre d'élément..... : <input style="width: 50px;" type="text"/> Localisation..... : <input style="width: 50px;" type="text"/> Mode d'élimination..... : <input style="width: 50px;" type="text"/> Poids..... : <input style="width: 50px;" type="text"/> Dimensions : Longueur..... : <input style="width: 50px;" type="text"/> Largeur..... : <input style="width: 50px;" type="text"/> Epaisseur..... : <input style="width: 50px;" type="text"/>	
<u>Photo du calcul sous loupe</u>			
ANALYSE MORPHOLOGIQUE			
Aspect mixte constitué de :			
	Type 1	Type 2	Type 3
surface			
couleur			
Type morphologique externe			

Figure 19 : Compte rendu de l'analyse morpho-constitutionnelle d'un calcul urinaire (page 1)

SECTION

- Couches moyennes..... :
- Couleur..... :
- Typage..... :
- Masse centrale..... :
- Couleur..... :
- Typage..... :

ANALYSE PAR SPECTROPHOTOMETRIE INFRAROUGE

- Couches superficielles..... :

- Masse centrale..... :

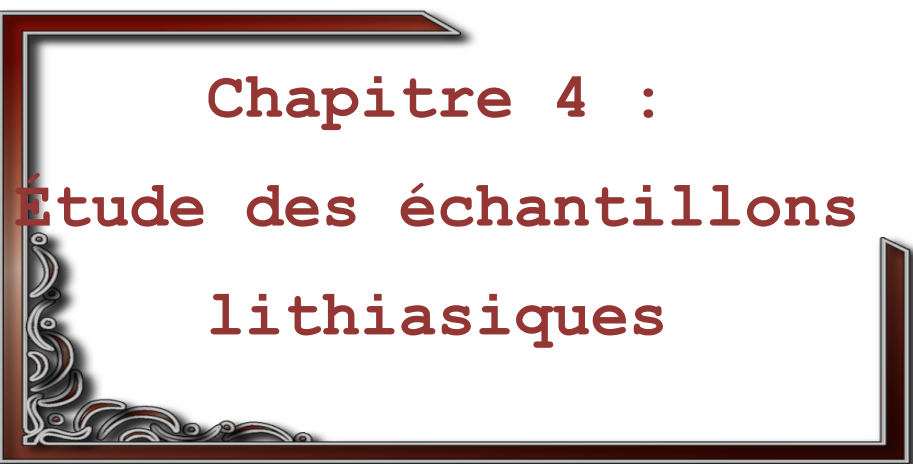
COMPOSITION GLOBALE

Calcul composé de :

CAUSES PROBABLES DU CALCUL

Les caractéristiques morpho-constitutionnelles et la composition séquentielle du calcul peuvent orienter vers les étiologies suivantes :

Figure 20 : Compte rendu de l'analyse morpho-constitutionnelle d'un calcul urinaire (page 2)

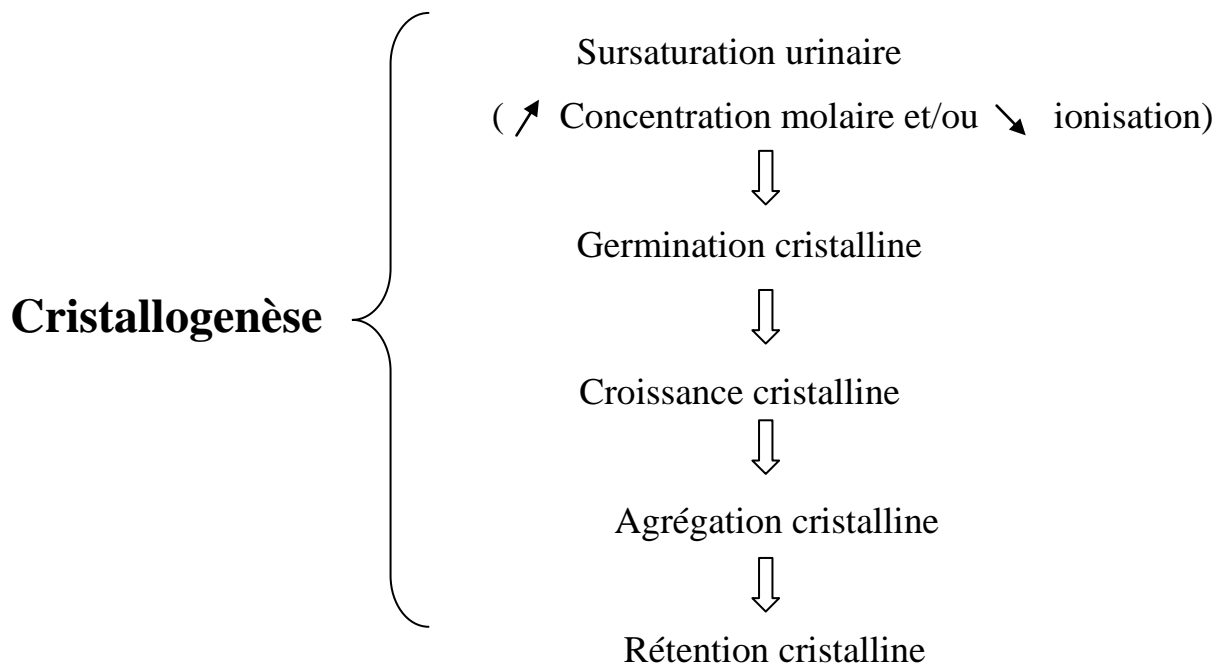


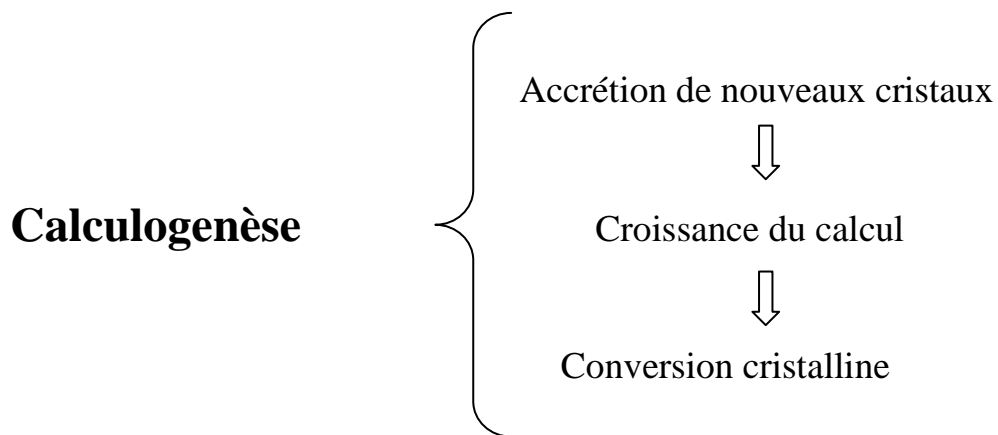
Chapitre 4 :
Étude des échantillons
lithiasiques

1. Définition de la lithogénèse :

La lithogénèse représente l'ensemble des processus qui conduisent à la naissance, à la formation et au développement d'un calcul dans les voies urinaires. On distingue deux grandes parties dans la lithogénèse: la cristallogénèse et la calculogénèse.

Le processus lithogène peut être décomposé en sept étapes qui se succèdent ou s'entremêlent au cours de la formation du calcul. La figure suivante résume les différentes étapes de la lithogénèse ainsi que les différents éléments y participant.





2. Cristallogenèse

2.1. Définition de la cristallogenèse

La cristallogenèse correspond à la formation de cristaux à partir de substances initialement dissoutes dans les urines et ne constitue pas en soi un processus pathologique. [26]

La lumière n'a pas été totalement faite sur le mode de formation des calculs. Cependant, on peut penser que beaucoup de calculs se forment par cristallisation sur une microparticule protéinique et polysaccharidique. Cette dernière n'est vraisemblablement pas présente dans tous les calculs comme les calculs d'acide urique et de cystine. L'état libre ou fixe de ces particules va permettre d'opposer schématiquement deux sites de formation des calculs: les calculs du haut appareil urinaire à flux relativement élevé qui se forment sur des particules fixées au niveau rénal sur la plaque de Randall, et les calculs dont le volume augmente progressivement dans le bassinnet.

2.2. La cristallisation

Pour qu'un calcul puisse apparaître, il faut que certains facteurs particuliers puissent être réunis. Ces facteurs peuvent être divisés en trois groupes :

a - Augmentation de la concentration urinaire

- La baisse de la diurèse provoque une augmentation des concentrations des produits éliminés par l'urine qui peuvent dépasser le seuil de leur solubilité. Cette baisse de la diurèse peut être secondaire à une diminution de la boisson ou à un excès de l'élimination extra-rénale (transpiration).
- Un apport exogène excessif de calcium (abus de laitages), d'oxalates (le jus de fruit en boîte, le thé, le chocolat et le café), de purine (régimes très riches en viande).
- Une insuffisance d'apport exogène (alimentation) de Calcium a les mêmes conséquences.
- Une production endogène excessive de calcium (soit par l'abus de vitamine D, soit lors de certaines maladies dont l'hyperparathyroïdie, l'hypercalcémie paranéoplasique, la maladie de PAGET, la corticothérapie, la sarcoïdose, etc...), d'oxalate (il s'agit essentiellement de l'oxalose, maladie génétique récessive), d'acide urique (il s'agit de la goutte avec hyperuricémie, soit lors de l'administration de produits cytolytiques lors de maladies malignes).
- Une élimination excessive par le rein de calcium, d'acide urique, de cystine et de xanthine (incapacité des reins de réabsorber certains acides aminés).

b - Diminution des inhibiteurs de la cristallisation

Certaines substances inhibitrices de la cristallisation peuvent exister dans les urines normales telles que les pyrophosphates, les citrates et les mucopolysaccharides acides.

Les calculs uriques et cystiniques surviennent quand le pH est acide (pH=5) ; les calculs phosphocalciques à un pH alcalin (pH=7). Quant aux calculs oxaliques, ils peuvent se former à pH variable.

c- Facteurs anatomiques favorisant la cristallisation

Il s'agit de la stase, qui est une des grandes causes favorisant la formation des calculs et de l'infection urinaire. En outre, les anomalies urologiques en cause doivent être recherchées par radiographie (UIV ou Uroscanner). Ces anomalies sont le plus souvent : un diverticule caliciel, une hydronéphrose par anomalie ou obstacle au niveau de la jonction pyélo-urétérale, une hydronéphrose lors des anomalies congénitales des reins (reins en fer à cheval, ectopies rénales, etc.....), un obstacle urétéral, un obstacle à la vidange vésicale (adénome de la prostate ou cancer de prostate, sclérose du col ou vessie neurologique).

Certains germes responsables d'infections urinaires ont la propriété de sécréter ou de faire sécréter des substances protéiques qui vont servir de moule aux calculs. Il s'agit essentiellement du genre *Proteus et Klebsiella* ainsi que d'autres germes qui ont cette propriété lithogène.

3. La calculogénèse

- Définition de la calculogénèse

La rétention des particules cristallines, soit en raison de leur taille, soit, le plus souvent, par fixation à l'épithélium, représente la première étape du processus lithiasique proprement dit. Les interactions entre les cristaux et la surface des cellules épithéliales sont considérées aujourd'hui comme la principale cause de nidation et de formation d'un calcul [27, 28]. L'un des sites privilégiés de cette fixation est la papille rénale qui comporte fréquemment, tout particulièrement chez le sujet lithiasique, des micro-dépôts calciques intra-parenchymateux dont la mise au contact avec l'urine, par effraction de l'épithélium, forme une plaque, dite plaque de Randall (du nom de l'urologue qui en a fait la description pour la première fois [29]) qui représente le principal support à la nucléation hétérogène de l'oxalate de calcium.

4. Les inhibiteurs de la lithogénèse

La lithiase urinaire est le résultat d'un déséquilibre entre des substances cristallisables dites promoteurs, et des substances protectrices de la cristallisation désignés sous le terme d'inhibiteurs. [30].

Les inhibiteurs de la lithogénèse sont des molécules qui augmentent le seuil de sursaturation nécessaire à l'initiation de la nucléation, qui ralentissent la croissance cristalline et qui inhibent la nucléation. Les promoteurs réduisent le produit de formation d'une solution sursaturée [31].

Il est intéressant de connaître le rôle de certains inhibiteurs présents pendant la lithiase urinaire et d'en déterminer le rôle propre de chacun d'entre eux au cours du processus de lithogénèse. Voici quelques métaux rencontrés le plus souvent [32, 33].

a- Les inhibiteurs à bas poids moléculaires

- Zn, Al, Fer ferrique (III) : rôle d'inhibiteur de la cristallisation.
- Si (Silicium) : rôle catalytique et potentiellement initiateur du processus cristallogène.
- Magnésium : Rôle de stabilisants de phase empêchant la transformation de certaines formes en espèces cristallines potentiellement plus agressives par leur taille ou leur morphologie.
- Calcium et Magnésium : promoteurs directs de cristallisation par leur nature, leur abondance et leur affinité pour certains anions.
- Cadmium (Ca), Mercure (Hg) et Plomb (Pb) : rôle néphrotoxique au niveau cellulaire par altération de l'épithélium.
- Les pyrophosphates : ce sont des inhibiteurs qui retardent la croissance des cristaux d'hydroxyapatite par adsorption à leur surface. Leur pouvoir inhibiteur varierait en fonction du pH urinaire.
- Le citrate : complexe le Calcium en réduisant sa capacité à interagir avec l'oxalate ou le phosphate et prévient la nucléation hétérogène de ce dernier [34, 35, 36]. Le citrate inhibe directement la précipitation spontanée de l'oxalate de calcium [37] et prévient son agglomération [38].

b- Les inhibiteurs macromoléculaires

80 à 90% de l'activité inhibitrice des urines vis-à-vis de la cristallisation de l'oxalate de calcium est supportée par les inhibiteurs macromoléculaires. [39]. Le **tableau 3** résume les principaux inhibiteurs macromoléculaires de cristallisation, avec indication de leurs effets sur la croissance et l'agrégation de l'oxalate et du phosphate de calcium.

Tableau 3: Les principaux inhibiteurs macromoléculaires de cristallisation, avec indication de leurs effets sur la croissance et l'agrégation de l'oxalate et du phosphate de calcium [40]

	Oxalate de calcium		Phosphate de calcium	
	Croissance	agrégation	Croissance	agrégation
Sulfate de chondroïtine	++	++	+	+
Sulfate d'héparane	+++	++		++
Néphrocalcine	++	+		
Protéine de Tamm-Horsfall	+	+++		
UP TF1	+	+++		
Inter-α-trypsine inhibiteur	++			
Bikunine (ExUAP)	++			
Uropontine	++		++	

5. Les promoteurs de la lithogénèse

Les principales espèces chimiques impliquées dans la composition des calculs sont : les oxalates, les phosphates, les protéines, les purines, la cystine, la dihydroxy-2,8-adénine (2,8 DHA), la xanthine et certains médicaments comme l'indinavir, les silicates, les sulfonamides.

Le **tableau 4** illustre les principales espèces cristallisables et les principales formes sous lesquelles elles cristallisent [26, 41].

Tableau 4 : Les principales espèces cristallisables et espèces cristallines

	Promoteurs	Substances cristallisables	Espèces Cristallines
Oxalates	Oxalate	Oxalate de Ca ou OC	WW et WD et caoxite
	Calcium	Phosphates de Ca	Carbapatite, Brushite, PACC
Phosphates	Phosphate	Phosphates de Ca et de Mg	Witlockite
	Magnésium	Phosphates ammoniaco-magnésiens	Struvite, dittmarite
	Ammonium	Urate d'ammonium	Urate acide d'ammonium anhydre
Purines	H ⁺	Acide Urique	Uricite, ac. Urique mono et di-hydraté
	Sodium	- Urate de Na	- Urate acide de Na monohydraté
	Potassium	- Urate de K et de Na	- Urate de K et de Na
		- Urate de K	- Urate acide de K anhydre
	Dihydroxy-2,8-adénine	Dihydroxy-2,8-adénine	Dihydroxy-2,8-adénine
	Xanthine + H ⁺	Xanthine	Xanthine
	Cystine + H ⁺	Cystine	Cystine

6. Cristallographie des calculs urinaires

L'imagerie et la connaissance de la composition des calculs urinaires ont toujours été à la base du diagnostic et des décisions thérapeutiques. L'aspect graphique des calculs urinaires fait partie de ce que l'on peut appeler la cristallographie. Cela conditionne les choix technologiques et permet d'évaluer les résultats des différentes techniques de traitement. Ces dernières ont considérablement augmenté en nombre depuis ces 10 dernières années, rendant l'étude graphique et la compréhension de la nature des calculs de plus en plus importante.

La cristallographie des calculs urinaires correspond :

- d'une part à l'étude de la composition et de l'organisation des constituants organiques et minéraux des calculs permettant une approche étio-pathogénique. Elle passe donc par une étape essentielle qui est le recueil et l'analyse des calculs urinaires ou des fragments éliminés après traitement [43, 44].
- d'autre part à la description des moyens de mise en évidence des calculs urinaires et à l'analyse de leurs différents aspects dans le but de faire une meilleure sélection des malades pour les différentes techniques actuelles de traitement.

Cela devrait permettre d'aboutir à une classification reproductible et applicable la plus simple et la plus homogène possible des calculs rénaux et urétéraux. Admise par la communauté urologique, elle aurait pour but d'optimiser la fiabilité et la comparaison des résultats des différentes techniques de traitement utilisées pour un type de calculs donné. Cela permettrait une

meilleure évaluation des résultats au sein d'une équipe et leur comparaison entre les différentes équipes.

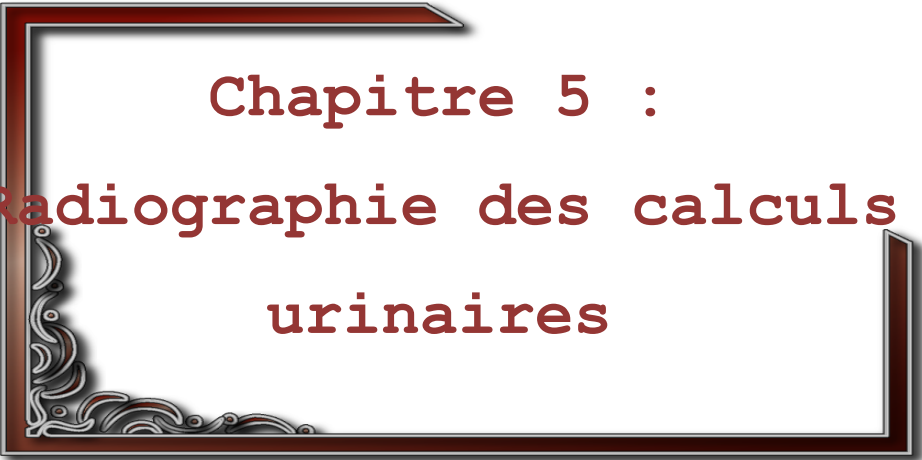
En 1991, une conférence de consensus sur la terminologie des définitions de calculs à utiliser en matière de LEC était proposée par Tolley [45]. Elle prenait en compte de nombreuses données radiologiques mais ne tenait pas compte d'une donnée inhérente au calcul, sa composition, qui actuellement conditionne en partie les indications thérapeutiques.

- **Etude de la cristallographie sur le plan physico-chimique**

En raison du risque imprévisible de récurrences, le recueil des calculs ou des fragments issus des différents traitements urologiques, permet par des méthodes d'analyse physique d'identifier et de quantifier des phases cristallines, ce qui oriente le clinicien de manière plus précise vers l'étiologie.

La cristallographie vise à bien codifier les caractéristiques des calculs, ce qui permettra de travailler pour deux objectifs cliniques : tenter de corréler les différentes compositions lithiasiques à leur résistance aux ondes de choc et essayer d'en prévoir la connaissance avant de les traiter pour éviter les essais successifs de chacune des méthodes et donc diminuer les coûts de traitement ; établir des corrélations entre la composition des calculs urinaires et les différentes étiologies dans le but d'adapter un traitement préventif de la récurrence.

Le but du traitement est de laisser le malade sans aucun fragment résiduel toujours source de récurrence calculeuse qui reste le problème essentiel de la maladie lithiasique.



Chapitre 5 :
Radiographie des calculs
urinaires

1. Etude de la cristallographie sur le plan radiographique

L'étude radiographique des calculs urinaires est d'une grande utilité pour l'urologue afin de mieux définir des critères d'indications thérapeutiques chirurgicales et/ou médicales sur les différents calculs rencontrés. Une fois les calculs traités, les résultats devront être analysés avec des techniques d'imagerie permettant de définir le succès thérapeutique, de façon simple, fiable, reproductible et la plus économique possible. L'imagerie trouve ici sa place pour déterminer si le malade est porteur ou non de calculs résiduels dès le premier traitement, ce qui conditionnera la notion de récurrence vraie ou de simple progression d'un calcul incomplètement traité.

Au début de la pratique de la LEC, tous les calculs caliciels, pyéliqués, et même coralliformes, lui ont été soumis sans trop de discernement dans l'espoir d'une simplification de soins. Il est vite apparu que plus le calcul est volumineux, moins les résultats étaient satisfaisants, avec un taux de fragments résiduels de 34% [46].

Progressivement, les indications de la LEC pour tous les calculs se sont restreintes. Il est admis que les meilleurs résultats sont obtenus pour des calculs rénaux caliciels et pyéliqués de 20 mm au maximum. La nécessité de mesurer chaque calcul est donc devenue une notion indispensable. Une des conclusions de la conférence de consensus de 1991 sur l'utilisation du lithotripteur [45] aboutissait à une définition simplifiée des calculs devant être traités en étudiant leur topographie, leur mesure dans les deux axes, et en totalisant les mesures en cas de calculs multiples. Mais certaines particularités des calculs n'étaient pas étudiées comme leur volume, évalué à partir de l'axe, leur composition ou leur structure.

En plus des critères classiques de topographie et de mesure, un critère supplémentaire, « cristallographique », est apparu comme indissociable de la sensibilité aux ondes de choc : la notion de friabilité des calculs. Un des axes de recherche clinique a donc été d'essayer de prévoir cette résistance/friabilité avant de commencer le traitement. On ne dispose en général que de deux examens, le plus souvent recommandés avant d'intervenir sur le calcul : l'urographie intraveineuse (UIV) et son cliché sans préparation (ASP).

Cette prévision de bonne accessibilité d'un calcul à telle ou telle technique de traitement est en fait complexe et plusieurs critères doivent être analysés.

2. Les critères radiographiques d'un calcul urinaire

Ils sont au nombre de trois : le siège ou topographie du calcul dans la voie excrétrice, la taille des calculs et la composition ou la nature du calcul.

a- Le siège ou topographie du calcul dans la voie excrétrice

En termes de résultats de LEC, il a été constaté que les calculs caliciels inférieurs et intra-diverticulaires étaient ceux qui donnaient la moins bonne élimination des fragments et donc le plus de malades porteurs de fragments résiduels.

Cela a été confirmé par des études prospectives randomisées [47, 48] qui ont montré que les calculs de plus de 10 mm siégeant dans le calice inférieur, surtout dans des cavités dilatées, avaient moins de chance d'être totalement éliminés. Il a été montré que ces fragments résiduels, même inférieurs ou égaux à 5 mm, ne sont pas aussi « cliniquement insignifiants » que cela avait été dit au début de l'expérience de la LEC. [53]. Ces fragments résiduels post-LEC sont

ceux qui ont le plus de risque de récurrence à long terme et qui nécessitent une surveillance plus soignée.

En effet, il est connu de longue date qu'il y a un risque de formation de calculs *de novo* et donc d'accumulation des résidus dans la « chambre à calculs » que réalise un calice inférieur très déclive éventuellement dilaté. Les études de l'anatomie caliciale faites par Sampaio et ses collaborateurs [49] ont montré que la prise en considération de cette donnée, facilement mesurable sur une UIV bien faite, pouvait avoir une importance clinique : un angle infundibulocalicel inférieur de moins de 90° par rapport à la verticale du bassin favorise la rétention de débris calculeux après LEC.

Cette donnée a été depuis confirmée par d'autres équipes qui ont aussi constaté les moins bons résultats avec la LEC qu'avec d'autres techniques plus invasives (néphrolithotomie percutanée [NLPC]/urétérorénoscopie flexible) mais plus efficaces pour des calculs situés dans ce type de calice inférieur [50, 51, 52].

Dans l'uretère lombaire et iliaque, les calculs de moins de 10 mm sont plus facilement accessibles à la LEC *in situ* sans manœuvres préalables. [54]. Dans le cas où le calcul est très obstructif, il peut être nécessaire de le repousser dans le rein par une sonde JJ.

Pour les calculs de l'uretère pelvien compris entre 5 et 10 mm, la controverse persiste encore entre la réalisation d'une LEC en première intention chez l'homme ou d'une urétéroscopie semi-rigide ou souple.

b- La taille des calculs

La taille d'un calcul est devenue un critère indispensable depuis la diffusion de la LEC dont les indications et les résultats sont fonction de l'importance de la masse calculeuse.

Le moyen le plus simple pour évaluer la masse calculeuse est d'utiliser une mesure (en mm) dans les deux plus grands axes du calcul sur un cliché ASP. La réalisation d'un cliché de profil vrai du rein permet de préciser, par une troisième mesure, le volume et la configuration spatiale du calcul. Ce cliché de profil vrai est rarement réalisé systématiquement, alors qu'il devrait faire partie de toute bonne urographie. La bonne lisibilité des clichés est une donnée importante. Les clichés non numérisés donnaient un grossissement de 10% du calcul par rapport à sa taille réelle et permettaient une analyse fine des détails de chaque calcul.

Les clichés numérisés actuels posent, en matière d'étude des calculs urinaires, un problème de standardisation non résolu : ils diminuent la visibilité et la finesse d'analyse en ne donnant du calcul qu'une image rétrécie de presque un tiers par rapport à sa taille réelle. De plus, le coefficient de réduction n'est pas toujours inscrit sur le cliché, ce qui devrait être systématique pour permettre à l'urologue de faire la correction.

Pour les calculs complexes ou coralliformes, il sera difficile d'évaluer la masse calculeuse par une simple ASP. Des logiciels de mesures ont été élaborés mais leur diffusion est limitée et leur utilisation est complexe [55].

Pour les calculs multiples, chaque mesure doit être additionnée et la masse globale sera déterminante pour le choix des techniques utilisables. Le calcul peut ainsi être classé simplement dans une des quatre catégories suivantes, en fonction des mesures obtenues sur l'ASP : calculs de moins de 10 mm, de 11 à 19 mm, de 20 à 30 mm, supérieurs à 30 mm. Le nombre des calculs doit être précisé dans chaque topographie.

Dans l'étude récente précédemment citée de Doré, on a pu sélectionner les malades pouvant être traités par LEC en mesurant la taille des calculs. La taille est mesurée sur la TDM avec autant de précision que sur l'ASP. [56]. Chez l'adulte, le risque de fragmentation incomplète augmente lorsqu'on traite des calculs supérieurs à 30 mm [57], alors qu'on obtient de bons résultats pour les calculs rénaux caliciels (supérieurs et/ou moyens) et les calculs pyéliqués de moins de 20 mm, et même certains cas compris entre 20 et 30 mm [58].

c- Nature du calcul

Il s'agit d'un facteur influençant le taux de succès de la LEC en termes de fragmentation et surtout de la persistance des fragments résiduels [59].

La nature du calcul est difficile à évaluer car les critères permettant cette analyse restent subjectifs. Or la connaissance de cette composition est doublement importante.

- Il a été montré l'existence de relations entre la composition des calculs et les troubles métaboliques lithogènes dont le diagnostic passe par la connaissance de cette composition souvent complexe et hétérogène du calcul.

- La nature cristalline et la structure qui en découle conditionnent la résistance ou la friabilité de ces calculs aux ondes de choc.

La friabilité des calculs urinaires soumis aux ondes de choc extracorporelles est aussi une notion récente liée à l'apparition de l'utilisation courante des ondes de choc. Elle a été assez vite reliée à la composition et à l'organisation interne des calculs [60, 61].

Des différences de fragmentation ont rapidement été constatées empiriquement entre les types de calculs le plus fréquemment rencontrés en pratique clinique. Ces différences de fragmentation ont été vérifiées expérimentalement en utilisant des chocs laser ou des ondes de choc externes [60, 63, 62]. Depuis 10 ans, plusieurs équipes ont tenté d'améliorer les moyens permettant de prévoir la résistance des calculs urinaires aux ondes de choc en analysant les images du calcul sur le simple ASP et sur les premiers temps excrétoires de l'UIV en étudiant des séries limitées de malades [64, 65].

Quelques équipes ont tenté une classification clinique à partir d'un plus grand nombre de calculs, en recherchant une corrélation entre la composition majoritaire (plus de 50% d'un composant donné) des calculs en spectrophotométrie infrarouge, l'aspect radiographique et les résultats d'élimination totale observés après fragmentation plus ou moins facilement obtenue par LEC [65, 66, 67]. Les résultats de ces études étaient assez proches les uns des autres en ce qui concernait les calculs oxalocalciques et phosphatiques le plus couramment rencontrés en clinique.

Ces différences de fragmentation sont certaines et sont considérées comme un argument pour modifier le choix de la technique de traitement utilisée en première intention [68] afin d'éviter les « escalades thérapeutiques » pénibles pour le malade, coûteuses pour tous, et pouvant compliquer la pratique d'une technique qui aurait été plus simple à faire de première intention [69].

On rejoint ici la proposition sur le choix initial de techniques parfois plus agressives mais plus efficaces et finalement peut-être moins coûteuses, en ayant, pour les justifier, des arguments établis sur des données plus précises au sein desquelles l'étude cristallographique des calculs tient sa place.

d- La forme du calcul

La forme du calcul ne semble pas intervenir de façon significative sur la pulvérisation et l'élimination du calcul. Si l'échec de la pulvérisation tient essentiellement à l'homogénéité et à la situation urétérale du calcul, son élimination n'apparaît pas significativement différente quelle que soit son homogénéité. Il faut donc bien distinguer les paramètres de réussite de la pulvérisation et ceux influençant l'élimination des fragments, les premiers conduisant à l'échec initial de la LEC, les seconds favorisant l'élimination partielle, les complications et la récurrence lithiasique [70].

Il faut signaler que l'état des cavités pyélo-calicielles au moment de la LEC constitue un des critères radiologiques prédictifs d'efficacité puisque la dilatation des cavités semble favoriser l'échec et les complications de la LEC [70].

La présence d'obstruction ou d'infection constitue également un facteur de risque dans l'échec du traitement des calculs urinaires par LEC [71, 72].

3. Intérêt de l'opacification par UIV

L'examen attentif des clichés d'urographie apporte des données complémentaires qui permettent de faire la différence entre les calculs d'oxalate de calcium bihydraté et ceux d'oxalate de calcium monohydraté. En effet, les calculs Wheddelite donnent habituellement une image lacunaire sur des clichés avec opacification. Au sein de cette lacune on reconnaît très facilement la trame caractéristique du Wheddelite. Tandis que les calculs Whewellite purs et les calculs de cystine donnent une tonalité semblable à celle de l'urine opacifiée, voire même supérieure à celle-ci.

Cet examen est très utile surtout quand le cliché ASP n'est pas évocateur de la chimie et de la dureté des calculs, ou il apporte, selon qu'il y ait lacune ou non, une orientation en montrant le degré d'éclatement du calcul sous l'effet de l'onde de choc.

L'absence de cette image lacunaire laisse présager des difficultés d'éclatement du calcul. Il faut noter qu'une image lacunaire à l'urographie intraveineuse plaide en faveur de la présence d'un calcul d'oxalate de calcium bihydraté, mais peut révéler aussi un mélange d'éléments cristallins et organiques hydratés, au sein du calcul qui le rend fragile aux ondes de choc.

4. Intérêt des données radiographiques au cours de la LEC [73]

Les données radiologiques en cours de séance confirment le plus souvent les impressions que l'urologue avait au départ avant le commencement du traitement dans la plupart des cas. Ce sont ces contrôles qui vont permettre d'établir le programme thérapeutique car ils permettent d'apprécier l'éclatement des calculs et donneront des présomptions sur leur nature chimique, ce qui guidera au mieux la poursuite du traitement.

Lors des premiers contrôles plusieurs situations sont possibles :

- Obtention d'emblée ou rapide d'un aspect poussiéreux plaidant largement en un calcul friable, ne nécessitant pas le besoin de poursuivre outre mesure le traitement dans la mesure où la pierre est de taille modeste.
- Obtention d'un éclatement de calcul sous forme de gros fragments bien séparés les uns des autres : il s'agit très probablement d'un calcul d'oxalate de calcium monohydraté. Dans ce cas, il convient de faire usage d'un traitement suffisamment prolongé pour obtenir une destruction totale du calcul sous la forme d'un aspect radiologique nuageux des fragments calculeux.
- Obtention d'un aspect poussiéreux associé à des images denses plaidant en faveur d'un mélange d'oxalate de calcium bihydraté et de phosphate de calcium d'une part, ou d'un mélange d'oxalate de calcium bihydraté et d'oxalate de calcium monohydraté d'autre part. Ceci devrait inciter l'urologue à insister sur l'éclatement des zones radiologiquement denses jusqu'à éclatement complet.

5. Intérêt de la tomodensitométrie

La TDM a été proposée, pour l'exploration de la colique néphrétique, en 1995 par Smith [74].

La densité des calculs est mesurée par la tomographie sans contraste assistée par ordinateur. Elle est exprimée en unité Hounsfield (U.H.). La tomographie permet de distinguer les calculs à des densités plus faibles que 0,5%. Ce qui permet de déterminer la composition et la fragilité des calculs et donc le résultat de la LEC [75, 77].

Tous les calculs, même radio transparents, sont hyperdenses [75]. Leurs densités s'échelonnent de 250 UH pour l'acide urique à plus de 1 000 UH pour les calculs à forte teneur calcique. La seule exception est décrite chez le sujet porteur du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) traité par inhibiteur protéasique (Indinavir*) qui produit des calculs urinaires hypodenses et radiotransparents [76].

Joseph et ses associés [78] ont suggéré que les calculs ayant un taux d'atténuation supérieur à 950 HU et ayant reçu 7500 coups, ne réussissent pas à se fragmenter. Gupta et ses associés [79] ont montré que les mauvais résultats de la LEC apparaissent chez des patients qui ont des calculs avec une densité à plus de 750 U.H. et un diamètre supérieur à 11 mm.

Il faut noter que la localisation et la taille du calcul joue également un rôle très important en parallèle avec la densité. En effet, les calculs de taille supérieure à 17 mm et localisés au niveau du calice inférieur sont très résistants à la LEC [80].

Toutefois, Gupta a montré que les calculs, ayant un diamètre supérieur à 20 mm peuvent répondre positivement après un traitement par LEC, mais dépend toujours de la densité [79].

Même si les résultats de cette étude [80] ont montré que la densité et la taille des calculs sont, conjointement, des facteurs de succès du traitement par LEC, la densité du calcul reste le facteur le plus déterminant dans le traitement des calculs de taille inférieure ou égale à 20 mm.

6. Prévisibilité des différences de fragmentation des calculs sur un simple cliché radiologique ASP

Lors de son dernier cours à l'AUA, en 1997, sur l'imagerie des calculs urinaires, Segura [81] a décrit les aspects radiographiques des calculs. Cependant, le taux de fiabilité de lecture par un groupe d'urologues n'avait pas excédé 60% de bonnes réponses pour l'ensemble des radiographies examinées présentant des types de calculs courants. Les prévisions sur la composition des calculs sont difficiles à faire de façon parfaitement reproductible, expliquant certaines discordances dans les résultats à partir des radiographies standard. Elles risquent d'être encore plus difficiles à faire sur des radiographies numérisées, surtout qu'aucune standardisation n'a encore été réalisée.

Le principe consiste, sur la radiographie simple, à comparer la densité des calculs avec la densité de l'os le plus proche (douzième côte ou apophyse transverse), en sachant que des facteurs de biais existent : l'absorption des rayons X lors de la traversée des masses graisseuses de certains malades et

l'ostéoporose éventuelle sont des variables impossibles à maîtriser sur une radiographie de routine.

La radiographie permet de prédire le résultat du traitement par LEC, en comparant la densité du calcul avec celle de l'os. Cependant, cette méthode a de nombreux inconvénients puisque le diamètre et l'apparence des calculs ne peuvent pas être mesurés avec précision, surtout lorsqu'il y a des interférences avec les gaz ou avec les structures osseuses avoisinantes, ce qui rend les mesures de densités subjectives. Cette mesure devient encore plus difficile lorsque le calcul est inférieur à 10 mm [80].

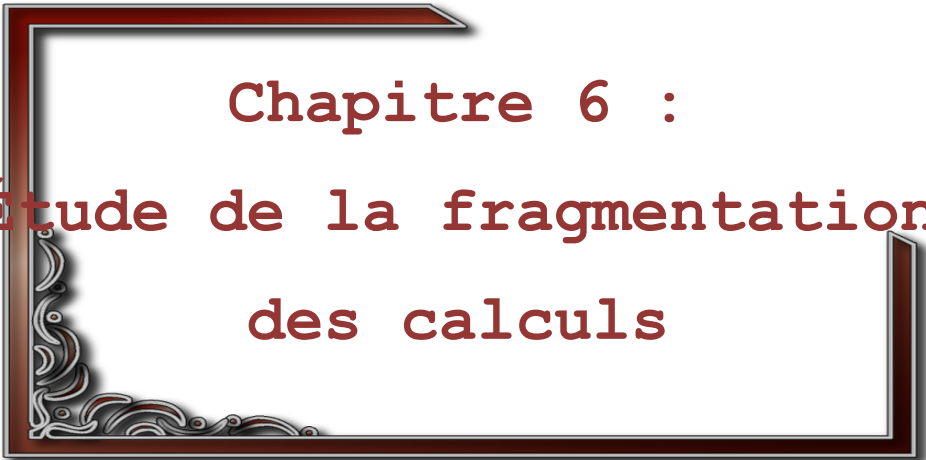
Cependant, et malgré ces difficultés, les calculs ont pu être classés en fonction de leur nature.

Ces distinctions sont simples et même considérées par certains comme un peu simplistes. Elles peuvent être faites par tous les médecins sans supplément d'examen radiographiques, avec un bon rapport coût/efficacité. Elles doivent être nuancées par les caractéristiques propres à chaque malade. La comparaison du calcul avec les aspects radiographiques de l'os pris en référence (côtes ou vertèbres) est aussi tributaire du degré d'opacité du calcul et de la densité osseuse du malade qui varie en fonction du sexe et de l'âge.

Il est connu que des petits calculs d'oxalate de calcium dihydraté peuvent être quasi radiotransparents, bien que constitués de calcium. Il a été démontré qu'à composition moléculaire identique, les calculs de structure compacte sont plus opaques que les structures plus lâches [2]. L'organisation de la structure interne des calculs est aussi à prendre en compte pour la radio-opacité des calculs et leur résistance respective aux ondes de choc [60, 82].

La nature majoritaire probable des calculs reste donc encore difficile à prévoir avec précision, expliquant que d'autres techniques aient été évaluées dans ce but, comme la TDM [80].

Pour cette dernière technique, la limitation est actuellement due à la rareté des sites d'implantation de son matériel très coûteux, ce qui doit en faire réserver l'utilisation à des cas sélectionnés de malades lithiasiques à risque : récurrences, fragments résiduels après chirurgie de calculs complexes ou coralliformes surtout s'ils sont infectés, surveillance de malades cystinuriques.



Chapitre 6 :
Étude de la fragmentation
des calculs

1. Mécanisme et théories de fragmentation du calcul [126]

La fragmentation initiale, similaire à une fracture de tout objet fragile, représente un processus dans lequel des fissures se forment, résultants de pressions générées par une série d'onde de choc appliquées sur le calcul [83]. Ces fissures apparaissent dans des sites où la pression des ondes de choc dépasse un seuil critique. Toutefois, la désintégration apparaît comme le résultat de la croissance et l'union de ces cassures sous l'effet répétitif de la compression et de la décompression. [84]. Outre les mécanismes mis en place décrivant la fragmentation initiale des calculs, plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer ce mécanisme :

- **Les forces de déchirement et de cisaillement** : la phase compressive des ondes de choc générera des gradients de pression, qui finissent par mettre en tension le calcul et le déchirer [83]. La réflexion de l'onde de choc à l'interface urine/calcul avec l'inversion des pressions fissurera également le calcul.
- **L'écaillage** : l'urine autour de la surface distale du calcul représente une interface acoustiquement faible et la phase compressive principale sera réfléchiée comme une onde extensible. L'amplitude de la pression dépend de la différence entre l'impédance et la géométrie de la surface du calcul. Le maximum de tension est produit dans la partie distale, entraînant des cassures [85, 86]. Ce mécanisme est similaire à celui de la congélation d'eau dans du matériel fragile.
- **Pression quasi statique** : Si la zone focale est plus large que le calcul, la pression des ondes migre dans le fluide le long de la surface calculeuse. La première phase compressive peut créer une tension circonférentielle,

qui agit sur le calcul par une pression quasi statique, entraînant une fragmentation binaire avec les premières surfaces cassées, parallèles ou perpendiculaires à l'axe de propagation des ondes de choc. Pour que ce mécanisme soit efficace, la largeur de la zone focale, pour chaque lithotriporteur, doit être plus large que le calcul ; ainsi, l'efficacité de la fragmentation augmente lorsque la largeur de la zone focale dépasse 20 mm, sans utiliser des ondes de choc frontales raides. Cette hypothèse a stimulé les discussions concernant l'importance de la taille des zones focales et les basses pressions, tout en les comparant avec des sources d'énergie à haute pression et de zone focale étroite [87, 88].

- **La cavitation** : Pour une première fragmentation, la cavitation est moins pertinente, mais elle devient importante lorsque ces fragments de calcul sont plus petits. L'érosion induite par la cavitation est spécialement observée dans la surface interne du calcul [86]. La suppression de la cavitation réduit de manière significative l'efficacité de la désintégration par les ondes de choc [89]. Toutefois, la cavitation peut être désavantageuse pour la fragmentation, car elle peut produire des bulles de gaz qui persistent pendant quelques secondes. Ces dernières vont atténuer les impulsions ultérieures [90].
- **La pression dynamique** : les calculs sont fragmentés par des ondes de cisaillement, créés dans le calcul en guidant les ondes de pression à partir des bordures latérales du calcul. Cette théorie est basée sur un modèle qui rassemble tous les phénomènes acoustiques, à l'intérieur et à l'extérieur du calcul, tels que la transmission, la réflexion, la conversion et la diffraction [91]. Sapozhnikov et ses collaborateurs [92] ont présenté un modèle expérimental, démontrant que les forces de cisaillement

apparaissent au niveau des bordures du calcul et appliquent une tension plus grande grâce aux ondes de pression, alors que les ondes de réflexions longitudinales sont moins importantes au niveau de la surface postérieure.

2. Mode d'éclatement des calculs selon la nature chimique

2.1. Etude *in vivo* [65]

2.1.1. Calculs d'oxalate de calcium monohydraté et dihydraté (Whewellite et wheddelite)

Les ondes de choc de la LEC provoquent des cassures du calcul de manière assez anarchique réalisant de gros fragments angulés, triangulaires et quadrangulaires, bien séparés atteignant volontiers 4 à 6 mm de longueur.

Certains calculs sont d'ailleurs constitués d'un mélange d'oxalate de calcium monohydraté, surtout dans la partie centrale, et d'oxalate de calcium bihydraté, localisé surtout à leur périphérie.

Chacune de ces composantes est réduite conformément à sa structure cristalline, en poussière pour les Wheddelite, et en plus gros fragments pour les Whewellite.

2.1.2. Calculs d'acide urique

Les notions d'éclatement des calculs d'acide urique proviennent essentiellement du traitement des calculs mixtes uro-oxaliques qui sont pratiquement toujours des calculs d'acide urique et d'oxalate de calcium monohydraté.

Sous l'effet de la LEC, la fragmentation se fait sous forme de poudre fine d'acide urique, associée à des fragments anguleux d'acide urique pur ou d'un mélange stratifié d'oxalate monohydrate et d'acide urique.

2.2. Etude *in vitro* [65]

Un essai de destruction *in vitro* sur des calculs extraits chirurgicalement, de taille semblable et de nature chimique connue, sont donc nécessaires pour compléter cette étude. Cette dernière se pratique par administration de 100 ondes de choc sur chaque calcul positionné au foyer F2 de l'ellipsoïde (Puissance = 18 KV). Les calculs d'oxalate de calcium dihydraté, d'acide urique sont réduits en poussière fine. Les calculs d'oxalate de calcium monohydraté éclatent en fragments anguleux. Les calculs de Cystine résistent totalement ou éclatent très difficilement en très gros fragments.

Il y a donc une bonne corrélation entre les données cliniques et l'étude *in vitro*.

Dans un deuxième temps, l'étude a permis d'établir des prévisions sur l'éclatement (facilité et degré) des calculs à partir des données radiographiques, parfois chimiques, et d'évaluer ainsi les modalités thérapeutiques de la lithiase rénale par LEC. Ces calculs éclatent en général facilement, ils sont vite réduits en une poudre amorphe faite de fragments homogènes de petite taille qui représentent les lamelles cristallines imbriqués les unes dans les autres dans le calcul initial. Toutefois, lorsqu'on a à traiter de gros calculs bihydratés, la destruction par ondes de chocs provoque à la fois de la poussière cristalline fine et des fragments plus volumineux qui résistent sous forme de concrétions irrégulières, hérissées, de quelques mm d'épaisseur.

Etude pratique

1. Introduction

Dans la littérature médicale, il n'existe aucune étude de corrélation entre les aspects radiographiques sur un simple ASP, le résultat de la spectrophotométrie IR et le résultat de la LEC utilisant un lithotriporteur électromagnétique de troisième génération, et en particulier le **SIEMENS Lithostar Multiline**.

Cette étude rétrospective, consiste à faire une corrélation entre l'aspect radiographique du calcul (densité, homogénéité, contour) en utilisant le plus souvent un simple cliché ASP en pré-LEC, sa nature spectrophotométrique majoritaire (composant majoritaire supérieur ou égal à 50%) et les résultats de la LEC.

Ceci de façon à établir des critères radiographiques pronostiques prédictifs d'efficacité de la LEC les plus simples possibles, afin de mieux sélectionner les malades et d'améliorer les résultats de cette technique de traitement des calculs rénaux et urétéraux.

2. Méthodologie de travail

Une corrélation a été établie entre l'aspect radiographique des calculs (homo/hétérogène, surface lisse/spiculée, contour régulier/irrégulier), leur nature spectrophotométrique majoritaire et les résultats de la LEC. Cette étude permet, ainsi, d'affiner les indications de la LEC afin d'orienter le choix thérapeutique et donc d'améliorer les résultats.

Les calculs étudiés, sont collectés à partir de patients porteurs de calculs rénaux, urétéraux lombaires, iliaques et pelviens traités entre 2008 et 2010, par lithotritie extra corporelle par onde de choc (LEC). Cette étude a été réalisée au

centre de lithotritie extracorporelle **ROMANDIE** à **Casablanca** opérationnel depuis mars 2001.

Le nombre total de patients colligés dans cette étude est de 398 patients dont 158 femmes et 240 hommes, âgés de 18 à 81 ans. Au total, 430 calculs du rein et de l'uretère ont été traités.

2.1. Technique d'intervention

L'intervention se déroule habituellement sans anesthésie, pour une durée allant de trente à quarante minutes. Certains patients ont parfois besoin d'une prémédication par 25 mg d'ATARAX* et/ou la prise d'un antalgique, type Paracétamol.

Grâce à une table mobile dans les trois plans de l'espace et un système de repérage radiographique, le calcul est centré dans la zone focale, matérialisée par une mire de tir sur l'écran de contrôle. Une fois le centrage effectué, le patient, allongé sur son ventre ou sur son dos, ne doit plus bouger.

Les ondes de choc sont ensuite délivrées avec une augmentation progressive de la puissance des chocs. L'intervention est, exceptionnellement arrêtée du fait de douleurs trop importantes dues aux ondes de choc.

Le nombre de chocs maximal par séance est de 3000 à 4000 coups.

L'énergie maximale dépend du siège du calcul, surtout au niveau du rein. Elle ne doit pas dépasser 4 mJ.

La séance suivante se fait, trois semaines plus tard pour le rein et l'uretère lombaire proximal, et deux semaines plus tard pour l'uretère lombaire bas, iliaque et pelvien.

Si le calcul ne casse pas après 4 séances de LEC, ce dernier sera considéré comme non fragmenté, d'où la nécessité de changer de stratégie thérapeutique (chirurgie, endoscopie).

2.2. Classement des patients

Dans notre étude, les dossiers sont classés en 3 groupes :

a - Groupe 1

L'étude a été menée sur 70 dossiers dont la composition des calculs est déterminée par spectrophotométrie par infra rouge (SPIR). Les résultats correspondants seront interprétés en fonction du composant majoritaire (supérieur ou égal à 50%) et quel que soit son résultat final.

Une étude radiologique des clichés ASP, avant la LEC et en post-LEC, est menée par un seul et même urologue. Le classement des calculs en fonction de leurs aspects radiographiques se fait selon les critères suivants :

- **Nombre et localisation du ou des calculs.**
- **Taille** : mesurée en mm en se basant sur l'échelle indiquée sur le cliché ASP.
- **Forme** : rond ou ovale ou bosselé.
- **Contour** : régulier ou irrégulier.
- **Surface** : lisse ou spiculé.
- **Aspect** : homogène ou hétérogène (à centre clair).
- **Densité** : elle est comparée à celle de l'os (une cote ou une apophyse transverse).

Ces critères radiologiques seront comparés aux résultats obtenus en SPIR. L'objectif est de savoir s'il existe des aspects radiologiques permettant de prévoir le composant majoritaire des calculs.

b - Groupe 2

La même étude a été menée uniquement sur les dossiers de succès du groupe 1, obtenus par LEC. 52 dossiers forment le groupe 2. Cette étude a pour but de tenter de déterminer une relation entre la composant majoritaire du calcul identifié par SPIR, l'aspect radiologique des calculs et le résultat de la LEC.

c - Groupe 3

Ce groupe est représenté par des patients guéris qui ont été traités par LEC. Dans ce groupe, la composition par SPIR des calculs n'a pas été identifiée. Les critères radiologiques (obtenus à partir des dossiers du groupe 1) ont été ensuite extrapolés à ces dossiers. Le but est de corréler ces aspects radiologiques au résultat de la LEC pour en tirer les critères radio-prédictifs du succès ou d'échec de la LEC.

2.3. Définition des critères de résultat

Pour chaque patient les résultats seront définis comme suit :

- **SF** : Stone free ou Pas de fragments : L'ASP de guérison le confirme et se caractérise par l'absence de fragments résiduels.
- **FR** : Fragments résiduels.
- **NF** : non fragmenté, et dans lequel les calculs restent en tout point intact sans qu'il y ait la moindre différence de taille entre la première et la dernière séance.

- **PV** : Perdu de vue. Ce sont des cas où l'on a perdu contact avec les patients malgré plusieurs relances téléphoniques. Ce groupe se compose de patients guéris qui n'ont pas voulu réaliser un cliché ASP de guérison pour confirmer le succès de la LEC, ainsi que des patients qui ont présenté un échec, après traitement par LEC, qui ont choisi un autre traitement tel que la chirurgie.

Seuls les patients sans fragments résiduels (SF) ont été considérés comme des succès. Les patients FR, NF et PV ont été classés comme des échecs.

3. Résultats de la LEC

Le nombre moyen des séances est de 3,21 avec une moyenne d'intensité de 1,22 par séance. 77 patients ont été traités en une séance unique et un patient a subi 9 séances, alors que huit et sept séances ont été pratiquées, respectivement, sur cinq et onze patients.

3.1. Répartition des calculs en fonction de leur siège

Le tableau 5 représente la répartition des calculs selon leur siège dans notre série.

Tableau 5 : Répartition des calculs selon le siège

Siège du calcul		Nombre de calculs	%
Caliciel	Supérieur	22	5,12
	Moyen	56	13,02
	Inférieur	36	8,38
Bassinnet		64	14,89
Jonction Pyélo-urétérale		16	3,73
Urétérale lombaire		84	19,54
Pyélo-caliciel	Supérieur	24	5,58
	Moyen	35	8,13
	Inférieur	12	2,79
Coralliforme	Supérieur	1	0,23
	Moyen	10	2,32
	Inférieur	3	0,69
Iliaque		8	1,86
Pelvien		59	13,72
TOTAL		430	100%

3.2. Répartition des calculs en fonction de leurs tailles

La taille des calculs traités, varient de 3 mm à 40 mm. La taille médiane des calculs est de 12,70 mm. Le **tableau 6**, montre la répartition des calculs en fonction de leur taille, avec une majorité de calculs dont la taille est comprise entre 11 et 20 mm.

Tableau 6 : Répartition des calculs en fonction de leurs tailles

Taille des calculs	Nombre de calculs	Pourcentage
< 10 mm	151	35,11
Entre 10 mm et 20 mm	222	51,63
Entre 21 mm et 29 mm	38	8,84
Entre 30 mm et 40 mm	9	2,10
Tailles inconnues	10	2,32
TOTAL	430 calculs	100 %

Les calculs qui ont une taille comprise entre 30 et 40 mm représente 2,10% du total des calculs traités par LEC. 86,74% des calculs ont une taille inférieure ou égale à 20 mm. Le **tableau 7** montre les résultats des cas exceptionnels de calculs dont la taille est supérieure à 30 mm, traités par LEC :

Tableau 7 : Résultats de la LEC des calculs mesurant entre 30 et 40 mm

Taille des calculs	Nombre de calculs	Usage de la sonde JJ	Nombre de séances - intensité	Résultat de la SPIR	Résultat de la LEC
30 mm	3	oui	4 séances – 3,5	-	FR
30 mm	1	oui	2 séances - 3	100% CA	SF
31 mm	1	non	8 séances - 4	Ac Ur anhydre et dihydraté	FR
35 mm	1	non	2 séances - 3	-	NF
38 mm	1	oui	4 séances – 3,5	-	FR
39 mm	1	non	3 séances – 3,5	-	FR
40 mm	1	oui	1 séance - 2	-	NF

Pour les calculs volumineux (taille supérieure à 30mm), on note que l'usage de la sonde JJ et la multiplication des séances, n'affecte pas le résultat du traitement par LEC. Le seul succès est visible chez un patient porteur d'un calcul composé à 100% de carbapatite, friable aux ondes de choc.

3.3. Répartition des succès SF en fonction de leurs sièges

L'étude de l'ensemble des 261 succès complets (rein-uretère SF) a montré que ce groupe se composait de 108 femmes pour 163 hommes avec un âge moyen de 44,76 ans et une répartition presque égale entre le côté gauche (129 rein-uretère) et le côté droit (132 rein-uretère). Ces patients sans fragments résiduels ont subi 2,63 séances en moyenne. La moyenne d'intensité est de 3,43 par séance.

Le **tableau 8** résume la répartition des succès selon le siège du calcul.

Tableau 8 : Répartition des taux de succès en fonction du siège de calcul

Siège du calcul		Nombre de calculs (296 calculs)	Taux de succès
Caliciel	Supérieur	14	14/22= 63,63%
	Moyen	33	33/56= 58,93%
	Inférieur	23	23/36= 63,88%
Bassinnet		38	38/64= 59,38%
Jonction Pyélo-urétérale		10	10/16= 63%
Urétérale lombaire		68	68/84= 80,95%
Pyélo-caliciel	Supérieur	19	19/24= 79,16%
	Moyen	24	24/35= 68,57%
	Inférieur	7	7/12= 58,33%
Coralliforme	Supérieur	1	1/1= 100%
	Moyen	2	2/10= 20%
	Inférieur	0	0/3= 0%
Iliaque		7	7/8= 88%
Pelvien		50	50/59= 84,75%

Le taux de succès du calcul coralliforme supérieur ne peut être interprété correctement car le nombre de dossiers pour cette localisation est insuffisant (un seul patient). Le taux de succès est élevé pour les calculs situés au niveau urétéral lombaire et pelvien. Il est respectivement de 80,95% et de 84,75%.

3.4. Résultats de LEC en utilisant les critères stricts de succès

Le taux de succès de la LEC est variable en fonction de la définition que l'on donne à la guérison. Le **tableau 9** montre les résultats de la LEC en utilisant nos critères stricts de succès.

Tableau 9 : Résultats selon les critères

RESULTAT	Nombre de reins et uretères	%
SF	261	67,27%
FR	79	20,36%
NF	39	10,05%
PV	9	2,32%
TOTAL	388 reins et uretères	100%

Les résultats globaux sont résumés dans le **tableau 10**. Si les fragments résiduels sont inclus comme de bons résultats, surtout pour les petits fragments inférieurs à 4 mm, cela faisait passer le taux de succès de la LEC de 67,27% à 87,63%. De même, ce taux augmenterait si l'analyse des résultats ne tenait pas en compte les perdus de vue.

Tableau 10 : Variations possibles des résultats de la LEC selon la définition des critères de résultats et l'inclusion ou l'exclusion des perdus de vue

	Nombre	%
SF STRICT (= Pas de fragments résiduels)	261/388	67,27%
SF excluant les PV	261/388 – 9	68,87%
SF incluant les FR	261 + 79/388	87,63%
SF - PV + FR	261 + 79/388 - 9	89,71%

Les perdus de vue sont inclus comme des échecs / N = 413 = Nombre de reins traités / n = 9 = Nombre de perdus de vue / n' = 79 = Nombre de FR.

4. Résultats de la corrélation radio-spectrophotométrie infra rouge

Il a été difficile de faire recueillir les fragments éliminés par les patients et de les encourager à faire une analyse par SPIR. Dans 72 dossiers, la composition des calculs est déterminée par spectrophotométrie infrarouge (SPIR). Soixante dix dossiers sur les 72 étudiés, étaient composés majoritairement (plus de 50%) par un composant et ont pu faire l'objet d'une étude radiologique.

Une étude radiologique est effectuée sur 49 calculs de Whewellite (WW), 11 calculs de Weddellite (WD) et 10 calculs d'acide urique anhydre (Ac. Ur). Les autres calculs de carbapatite (CA) et de struvite (STRU) étant en nombre trop faible ne feront pas l'objet de cette étude.

L'étude des 70 patients dont la SPIR avait pu être obtenue (groupe 1) a permis de corréler la nature chimique des calculs aux critères radiographiques définis dans la méthodologie de travail. Les **tableaux 11, 12, 13** montrent les résultats de ces corrélations pour les calculs composés majoritairement de WW, WD et Acide Urique anhydre.

Tableau 11 : Aspect radiologique de la Whewellite

(WW) : 49 cas

WW (n = 49)	N	%
homogène	47	95,92
hétérogène	2	4,08
densité > Os	47	95,92
peu dense	2	4,08
lisse	41	83,67
spiculé	8	16,33

Les calculs WW majoritaire sont le plus souvent rouges, lisses et plus denses que l'os.

Tableau 12 : Aspect radiologique de la Wedellite

(WD) : 11 cas

WD (n = 11)	N	%
homogène	1	9,1
hétérogène	10	90,9
densité > Os	0	0
peu dense	11	100
lisse	2	18,18
spiculé	9	81,82

Les calculs WD majoritaires sont le plus souvent hétérogènes, spiculés et moins denses que l'os. La sensibilité et la spécificité de cette corrélation sont respectivement, de 90% et 86,11%.

Tableau 13 : Aspect radiologique de l'acide urique anhydre

(Ac. Ur.) : 10 cas

AC UR (n = 10)	N	%
homogène	10	100
hétérogène	0	0
densité > Os	0	0
peu dense	10	100
lisse	10	100
spiculé	0	0

Les calculs d'acide urique purs sont radio-transparents et ne sont visibles sur un cliché ASP que lorsqu'ils sont entourés d'une fine couche d'oxalate de calcium. Pour nos dix calculs d'acide urique visibles sur l'ASP, la composition majoritaire est constituée de 80% d'acide urique anhydre associée à plus ou moins 12 à 20% d'oxalate de calcium.

5. Résultats de la corrélation spectrophotométrie infra rouge - Résultats de la LEC

a) Le groupe 2 est constitué de 52 dossiers SF chez lesquels la composition des calculs est déterminée par SPIR. La répartition des succès SF en fonction de leur composant majoritaire est résumée dans le **tableau 14**.

**Tableau 14 : Répartition des succès SF en fonction de leur composant majoritaire
(Supérieur ou égale à 50%)**

	N	%
AC. URIQUE ANHYDRE	6	11,54%
WD	10	19,23%
WW	36	69,23%

Dans ce groupe, les calculs WW majoritaires représentent 69,23% de l'ensemble des SF. Le taux de succès pour les calculs WW majoritaire est de 73,46% (36/49). Le taux de succès pour les calculs WD majoritaire est de 90,91% et celui des calculs d'acide urique anhydre majoritaire est de 60%. Ces valeurs semblent démontrer la corrélation existant entre la nature prédominante du calcul en SPIR et le résultat du traitement de ce calcul par LEC.

b) Ces 52 dossiers SF formant le groupe 2, ont fait l'objet d'une étude radiographique selon les critères définis par la méthode. On constate que les calculs lisses, de densité supérieure à l'os et homogènes (calculs WW majoritaire) étaient majoritairement représentés, par rapport aux calculs spiculés, moins denses que l'os et hétérogènes (calculs WD majoritaire). Les résultats de cette étude sont résumés dans le **tableau 15**.

Tableau 15 : Etude radiologique des 52 cas SF (SPIR CONNUE)

n = 52	N	%
homogène	49	94,23
hétérogène	3	5,77
densité > Os	46	88,46
peu dense	6	11,54
lisse	46	88,46
spiculé	6	11,54

c) L'étude radiographique a été ensuite extrapolée aux 243 dossiers SF traités par LEC, qui forment le groupe 3, et chez lesquels la SPIR n'avait pas pu être réalisée. Les caractères radiologiques homogènes, lisses et plus denses que l'os étaient, significativement majoritaires comme l'avait montré l'étude du groupe 2 (**Tableau 16**).

Tableau 16 : Aspect radiologique des 243 dossiers SF (SPIR inconnue)

n = 243	N	%
homogène	221	90,94
hétérogène	22	9,06
densité > Os	225	92,59
peu dense	18	7,41
lisse	168	69,14
spiculé	75	30,86

6. Discussion des résultats

Dans notre étude le taux de succès de la LEC peut varier de 67,27% à 87,63%. Selon les critères de résultat utilisé, notre résultat est comparable aux autres études dans lesquels le taux atteint 91,3% et une élimination totale des calculs SF à 73,9% après 3 mois du traitement [100].

Les résultats de toutes les séances de LEC doivent être très précis sur l'inclusion des perdus de vue (PV), comme mauvais résultat de la technique, si l'on veut avoir une évaluation réelle de la LEC pour des calculs de taille et de siège donné.

La sélection des calculs à traiter par LEC reste encore difficile. Cela revient à reconnaître quel sera le type de calcul qui pourra, selon sa taille et son siège, être fragmenté et surtout être totalement éliminé uniquement par LEC, si l'on veut tirer au maximum partie de la simplicité annoncée de la technique. Les critères de sélection comme la taille et le siège des calculs avaient déjà été proposés. Les meilleurs résultats de la LEC étaient obtenus pour des calculs dont la taille est inférieure ou égale à 20 mm, et de localisation pyélique, alors que les plus mauvais étaient obtenus pour les calculs caliciels inférieurs. Dans notre étude, on ne retrouve pas le caractère péjoratif de cette localisation calicelle inférieure car le taux de succès complets SF est de 63,88% comparé au taux de succès global qui est de 67,27% toutes localisations confondues.

La nature du calcul pourrait avoir une influence sur les résultats de la LEC. Avant le développement des techniques de fragmentation, il y avait essentiellement quatre classes de calculs : Apatite – Struvite – Cystine – acide urique. Cliniquement, il est difficile pour un urologue de faire la distinction entre un calcul d'oxalate de calcium et un calcul de phosphate de calcium, ou de déterminer le pourcentage du monohydraté ou du dihydraté dans un calcul

d'oxalate de calcium. Quand les techniques de fragmentation se sont développées, les urologues qui pratiquaient une endoscopie ou la LEC, ont commencé à reconnaître certains calculs de calcium qui se fragmentaient facilement, plus rapidement et complètement par peu de chocs que d'autres calculs de calcium de taille similaire, d'où l'introduction de la notion de « Fragilité ». On a montré que la fragilité d'un calcul se détermine par sa composition. Il existe une différence de fragilité entre un calcul WW majoritaire à 100% et un autre WD majoritaire à 100%.

La communauté des urologues a accepté ce principe, car les taux de succès de la LEC étaient uniquement interprétés en fonction de la taille et de la localisation. A présent, on peut faire la distinction entre le calcul d'oxalate de calcium monohydraté qui est lisse, noir, dense et le calcul d'oxalate de calcium dihydraté irrégulier, jaune et de nature cristalline. En outre, les endoscopistes expérimentés peuvent reconnaître les mélanges communs de ces deux natures de calculs : le premier mélange est formé d'oxalate de calcium monohydraté, nodulaire, couvert d'oxalate de calcium dihydraté. Le deuxième mélange est constitué de petits fragments d'oxalate de calcium mono et dihydraté avec une composition semi-cristalline granulaire de couleur marron clair et marron foncé [80].

La connaissance de la fragilité du calcul et de sa composition individuelle permet de prédire et de sélectionner le mode de fragmentation le plus adapté entre la LEC, la néphrolithotomie percutanée et l'urétéroscopie [101, 102]. Cependant, la connaissance exacte de cette composition ne peut être connue avec précision avant la récupération des premiers cristaux éliminés et l'obtention de l'analyse par SPIR.

Bien que la LEC soit le traitement de choix des calculs de moins de 20 mm, certaines compositions de calculs ne sont pas considérées comme favorables pour un traitement par LEC. Toutefois il est difficile de réaliser une identification exacte de la composition du calcul avant le traitement afin de déterminer les chances de fragmentation.

Plusieurs recherches ont été menées afin de corréliser la composition des calculs avec les données radiographiques. Dretler et Plykoff [93] ont réalisé cette étude en corrélant les paramètres cristallographiques des calculs oxalocalciques avec les données radiographiques dans un but de prédire le degré de succès de la LEC pour chaque type de calcul. Ils ont montré que la forme et la radiodensité des calculs sont corrélés à leurs propres compositions. Les calculs plus denses que l'os et de surface lisse, sont le plus souvent composés d'oxalate de calcium monohydraté (Whewellite) qui était moins susceptibles d'être fragmentés par LEC [93].

Trois études cliniques ont déterminé les corrélations radiographiques avec le taux de fragmentation des calculs.

Bon et ses collaborateurs ont étudié les valeurs prédictives tels que la forme et la densité des calculs. Dans cette étude, Bon a réalisé une corrélation entre l'aspect radiologique et le taux de fragmentation du calcul urinaire. Les taux de succès des calculs WD majoritaire et WW majoritaire sont, respectivement, 79,4% et 33,6% [94]. Les formes dihydratées (weddelite) sont relativement friables et en principe aisément accessibles à la lithotritie extracorporelle [94]. En revanche, les formes monohydratées (whewellite) sont beaucoup plus dures et peuvent résister parfois totalement à la fragmentation, quelles que soient les machines utilisées. Même lorsqu'ils se fragmentent, les calculs de whewellite se

cassent souvent en gros fragments, dont certains ne pourront pas s'évacuer spontanément. D'autres migreront dans l'uretère en déclenchant des coliques néphrétiques nécessitant des gestes complémentaires [113].

Dans ces conditions, il peut être utile, pour optimiser le traitement urologique, d'avoir une connaissance préalable de la composition cristalline des calculs, en particulier calcique. Depuis une dizaine d'années, plusieurs équipes ont cherché des moyens de prédire la résistance aux ondes de choc des calculs *in situ* en se basant sur l'aspect radiologique [112], la connaissance de la composition et de la structure de calculs antérieurs recueillis chez le malade ainsi que les anomalies biologiques caractérisées dans les urines [65].

Dans une autre étude, menée par Aeberli et ses associés, aucune corrélation n'a été observée entre la radiodensité des calculs et la fragmentation en utilisant cependant un autre type de lithotriporteur (DORNIER HM-3) [103].

Une étude plus récente est réalisée par Krishnaamurthy et ses collègues [104] pour identifier la corrélation entre la radiodensité d'un calcul solitaire pelvien mesurant moins de 20 mm et le résultat de la LEC. Aucune corrélation n'a été obtenue entre la composition des calculs et leurs données radiographiques. Les calculs de taille inférieure à 10 mm subissent une fragmentation indépendante de leurs aspects radiographiques.

Actuellement, une étude a permis de donner plus de précision à l'estimation du taux de succès de la LEC, en se basant sur les données radiographiques et en réalisant un suivi pendant une durée de 3 mois. On a pu déduire que les calculs ayant une taille inférieure à 15 mm, une surface spiculée et un aspect peu dense par rapport à l'os, sont des données radiographiques favorables pour prédire un taux de succès de LEC élevé. Cette estimation du

taux de succès des calculs, basée sur la radiographie, permet d'obtenir un taux de succès de fragmentation avec une sensibilité et une spécificité respectivement de 84,2% et 80,6%. Ceci permettra alors aux urologues d'évaluer le taux de succès de traitement des calculs urinaires en utilisant la LEC, mais également de prédire la technique la plus fiable pour aboutir à une bonne fragmentation [105].

Nous ne disposons pas de données évaluant le résultat de la LEC pour des calculs d'oxalate de calcium monohydraté et d'oxalate de calcium dihydraté de même taille.

Dans notre étude, l'interprétation des résultats de ces différents groupes (Groupes 1, 2 et 3) a montré que les calculs WW majoritaires sont retrouvés de manière significativement plus élevée par rapport aux calculs WD majoritaire, ce qui est opposé à l'étude de Bon, mais nos résultats sont identiques à ceux de l'étude faite à Meknès [12], où les calculs d'oxalate de calcium monohydratés sont majoritaires.

Nous avons démontré dans notre étude qu'il existe une corrélation entre la SPIR des calculs et leur aspect radiologique. Les calculs WD majoritaires étaient de manière significative peu denses et spiculés (**tableau 12**), alors que les calculs de WW étaient significativement plus denses que l'os et lisses (**tableau 11**), avec une sensibilité et une spécificité respectives, de 90% et 86,11%. D'autres équipes avaient déjà défini des critères assez proches [65, 108, 109].

Dans l'étude de Bon, les taux de succès sont très faibles par rapport à notre étude. Il est de 79,4% pour les calculs WD majoritaires et 33,6% pour les calculs WW majoritaires, alors que ce taux est dans notre étude, respectivement de 90,91% et 79,4%, d'autant plus que la taille de nos calculs est plus grande.

Ceci peut s'expliquer par :

- Une meilleure fragmentation des calculs en se basant sur les propriétés techniques du lithotriporteur SIEMENS Lithostar.
- Le nombre moyen de séances élevé dans notre étude 3,21 contre 1,34 dans l'étude de Bon.

On peut donc avancer l'existence d'une corrélation entre la composition majoritaire des calculs en SPIR, leur aspect radiographique et les résultats de la LEC.

Différentes solutions ont été proposées pour améliorer la qualité des résultats de la LEC :

- Augmentation du nombre des séances pour affiner la fragmentation. Ceci revient à poser la question sur la tolérance à long terme du parenchyme rénal, à la répétition des séances ainsi que les intensités correspondantes [87, 88, 89]. Le fait qu'un malade soit asymptomatique avec des urines stériles, ne le protège pas du risque de destruction à bas bruit du parenchyme rénal. Des malades perdus de vue, avec destruction en moins de six mois du rein traité ont déjà été rapportés [98], mais beaucoup d'études utilisant la scintigraphie rénale au DMSA après traitement par LEC n'ont révélé aucun changement significatif de la fonction rénale, même chez l'enfant, voire de très jeunes enfants, dont les reins sont en pleine croissance active [99].
- Amélioration technique des lithotripteurs en agissant sur les facteurs influençant l'efficacité des ondes de choc [106] :

- **Le générateur des ondes de choc :**

Les sources électromagnétiques et piézoélectriques produisent des ondes de choc stables qui persistent à plus d'un million de chocs ; toutefois, une instabilité acoustique peut avoir lieu [114].

- **L'extension de la zone focale :**

La zone focale est une partie mesurable dans laquelle le pic de pression est égale à la moitié de P_+ , c'est-à-dire -6dB .

Plusieurs fabricants de lithotripteurs ont trouvé le moyen d'ajuster la largeur de la zone focale, pour répondre aux applications cliniques. Dans le lithotriporteur MODULITH SLX-F2, deux tailles différentes ont été utilisées en modifiant la durée de l'impulsion et en utilisant la même source électromagnétique. En modifiant la taille de la zone focale, la plus large (50×9 mm) est utilisée pour les calculs rénaux, tandis que la plus étroite (28×6 mm) est utilisée pour les calculs urétéraux, mais aucun progrès dans l'efficacité clinique n'a été démontré [115, 116]. De nouveaux lithotripteurs utilisant de basses pressions tels que, le LITHOSPACE, le LITHOGOLD et le XX-ES, ont attiré l'attention des chercheurs, car la largeur de la zone focale affecte la fragmentation des calculs [117]. Siemens et Dornier ont créé des lithotripteurs avec des zones focales larges en prolongeant la durée de l'impulsion mais ne permettent pas d'utiliser, dans une seule machine, plusieurs tailles de zone focale [118, 119].

- La qualité du couplage :

Pshchalnikov et ses collaborateurs [120] ont démontré la relation négative linéaire entre l'espace occupé par les bulles d'air sous la membrane de couplage et l'efficacité des ondes de choc. En utilisant des bulles d'air standardisées, Bohris a révélé qu'une réduction de 8% de la zone de couplage donne lieu à 43% de plus d'impulsions afin de conserver la fragmentation [121]. Jain et Shah [122] ont examiné un couplage de média différent en démontrant qu'une bonne fragmentation est obtenue grâce à un gel à ultrason sans bulles d'air contrairement à l'huile de silicone à faible viscosité. Bergsdorf et ses collaborateurs [127] ont démontré qu'une faible viscosité et une quantité importante de gel fournis un meilleur couplage en respectant la fragmentation. La qualité des coussins d'eau est très importante, car la membrane peut être affectée par le gel ou par les produits de nettoyage.

- Localisation et surveillance du calcul :

Les calculs doivent être bien localisés durant le traitement par LEC. Le ciblage est difficile car les mouvements respiratoires peuvent cacher le calcul en dehors de la tête de tir. L'anesthésie générale en arrêtant la respiration est cliniquement efficace, mais très invasive. Les systèmes dotés d'une ceinture de respiration et d'un déclencheur d'ondes de choc (**SIEMENS Lithostar**) ont été abandonnés à cause de l'augmentation de la durée du traitement. Cleveland et ses collaborateurs [128] ont démontré l'impact des mouvements de calcul dans un modèle expérimental dans laquelle une ceinture de compression peut réduire les mouvements respiratoires du rein [123]. Une zone focale plus large réduit le nombre d'impulsions qui n'ont pas touché le calcul. Pour les lithotripteurs à zone focale étroite, une localisation coaxiale à ultrasons en temps réel représente

la solution optimale qui va garantir un couplage adéquat et une bonne localisation [121, 124].

- Impact des taux d'impulsion :

Greenstein et Matzkin [125] ont démontré le rôle du taux d'impulsions à basse et haute énergie. Ils ont montré, qu'à 2 Hz, 46% des tirs sont nécessaires à faible énergie contre 70% à forte énergie. En réduisant la fréquence de répétition des impulsions ou **PRF**, de 120 à 30 coups/minute, la taille des particules diminue alors que leur surface augmente [129]. Des études *in vitro* ont montré que le taux de passage du calcul peut être amélioré de 25% à 2 Hz contre 80% à 1 Hz [130]. Des expériences sur un modèle porcin ont montré que l'intégrité du système vasculaire rénale est protégée en diminuant le taux d'impulsions de 60 à 30 coups/minute [130].

Toutes ces évolutions de techniques augmentent le coût du lithotriporteur déjà élevé par le prix d'achat, le changement de pièces consommables (générateur – éclateur – tête – membrane etc...) et le coût de la maintenance annuelle.

A decorative frame with a dark red border and a white inner border. The frame is open on the top and right sides. The bottom-left corner features a silver, ornate scrollwork design. The word "Conclusion" is centered within the frame in a dark red, serif font.

Conclusion

La lithiase urinaire est une affection fréquente, volontiers récidivante qui touche le jeune adulte de sexe masculin. Depuis 1988, de nombreuses études [65, 107, 108] ont montré que la nature des calculs pouvait avoir une influence sur les résultats de la LEC. La composition chimique et l'architecture interne organisant l'agencement cristallin des différents constituants des calculs entre eux [60, 111], ont été retenues comme explications des différences de fragmentation des calculs par onde de choc externes.

Il faudrait pouvoir prédire, avant la LEC, quel type de calcul pourrait être fragmenté et éliminé facilement. Une fragmentation grossière, ne permettant pas l'élimination complète des fragments, risque d'entraîner des suites compliquées en cas de migration ou d'infection. La connaissance de l'histoire clinique du patient, la nature des calculs émis antérieurement ont été décrits comme des facteurs importants à connaître [110]. Pour un premier traitement par lithotritie, la prévision de la nature prédominante d'un calcul sur la radio simple ASP pourrait être un élément important quoi que difficile à apprécier. Il serait judicieux dans l'avenir d'utiliser d'autres moyens d'exploration tels que la TDM.

Dans cette étude, nous avons démontré l'existence d'une corrélation statistiquement significative, entre l'aspect radiologique du calcul, son composant majoritaire déterminé par SPIR, et le résultat du traitement par LEC. Cette corrélation a permis de différencier entre les calculs d'oxalate de calcium monohydraté qui sont lisses, homogènes et plus denses que l'os, sans lacune à l'urographie intraveineuse, tandis que les calculs d'oxalate de calcium dihydraté sont striés, hérissés, hétérogènes et moins denses que l'os, et donnent souvent une forme lacunaire à l'UIV. Ces critères devraient permettre de sélectionner les

calculs à traiter par LEC avec le maximum de chances de succès, c'est-à-dire une fragmentation fine facilitant une élimination totale, selon des critères stricts de résultats.

Nous proposons, au vu de notre étude, que les calculs WW majoritaires de taille supérieure à 20 mm, homogènes, lisses et plus denses que l'os soient écartés car ces derniers risquent de laisser de gros fragments résiduels après LEC, ce qui améliorerait d'autant nos résultats.



Résumés

Résumé

Titre : Corrélation entre la composition chimique, l'aspect radiologique et le résultat de la lithotritie extracorporelle pour les calculs rénaux et urétéraux

Par : Mr. Anas BEYGRINE

Mots clés : Lithiase urinaire, Lithotritie extracorporelle, spectrophotométrie infrarouge.

La lithotritie extracorporelle par onde de choc est devenue le traitement de la majorité des calculs urinaires. Son indication repose sur des critères tenant compte de la topographie, de la nature et des mesures des calculs, ainsi que du terrain sur lequel ces calculs se développent. Le développement des lithotripteurs modernes a permis d'utiliser cette technique non invasive en ambulatoire, sans anesthésie ou après une simple prémédication.

Du point de vue épidémiologique, cette étude apporte une confirmation de similitude entre le profil marocain et celui des pays industrialisés (Prédominance masculine, prépondérance de l'oxalate de calcium monohydraté).

Une série de 430 calculs, provenant de patients suivis au centre de LEC **ROMANDIE** et âgés de 18 à 81 ans, a été étudiée. Le nombre total de patients est de 398 avec une prédominance masculine (240 hommes et 158 femmes). Ensuite, le composant majoritaire d'une série de soixante douze calculs a été déterminé par spectrophotométrie à transformée de Fourier.

L'objectif de notre travail est d'établir une corrélation entre l'aspect radiologique du calcul, son composant majoritaire supérieur ou égal à 50% déterminé par SPIR et le résultat du traitement par LEC : les calculs WD majoritaire de taille inférieure ou égale à 20 mm, hétérogènes, spiculés et moins denses que l'os, donnent de moins bons résultats par rapport aux calculs WW majoritaire.

Cette corrélation va permettre d'affiner les indications de la LEC afin d'améliorer les résultats.

Summary

Title: Correlation between chemical composition, radiological appearance and the extracorporeal lithotripsy results of kidney and ureteral stones

Author: Mr Beygrine Anas

Key-words: Extracorporeal lithotripsy, urolithiasis, infrared spectrophotometry

Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy is the treatment of the majority of urinary stones. Its indication is based on criteria taking into account the topography, the nature and the calculus measurements, and the field of calculus development. The modern lithotripters developments allow the use of a non invasive technique in ambulatory, without anesthesia or after a simple premedication.

Epidemiologically, this study confirms similitude between Moroccan and industrialized countries profiles (male's predominance, monohydrate calcium oxalate preponderance).

A series of 430 calculi coming from patients followed at the ESWL center ROMANDIE and aged from 18 to 81 years has been studied. The total of patients is 398 with a large male's predominance (240 men and 158 women). The major components of 72 calculi was identified by Infrared Fourier transform spectrophotometry.

The aim of our study is to establish a correlation between calculi radiological aspect, the major component greater than or equal to 50% and identified by infrared spectrophotometry and the treatment outcome by ESWL: calculi with Weddellite major component, smaller than or equal to 20 mm, heterogeneous, with a spiculated surface and less dense than the bone give poorer results than calculi with Whewellite major component..

This correlation will allow the refining of ESWL indications to improve outcomes.

ملخص

العنوان: مقارنة بين التركيب الكيميائي، التصوير الإشعاعي و نتائج تفتيت حصى الكلي و الحالب بدون جراحة
من طرف: السيد : بيكرين أناس

الكلمات الأساسية: التحلي البولي، تفتيت حصى المسالك البولية بدون جراحة، قياس الضوء الطيفي بالأشعة
تحت الحمراء

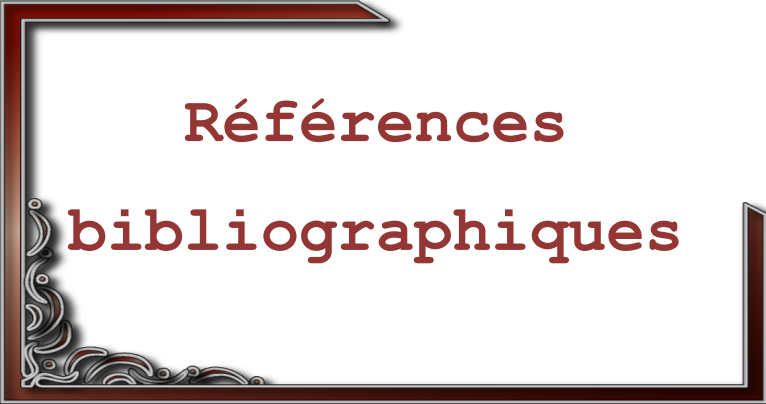
أصبح تفتيت حصى المسالك البولية بدون جراحة لعلاجا لمعظم الحصوات البولية. إن دواعي الإستعمال يسند إلى معايير تأخذ بعين الإعتبار الطبوغرافيا، طبيعة الحصوات البولية، قياس إمتداداتها و كذلك موقع تكونها. مكن إزدهار آلات تفتيت الحصوات العصرية من استعمال هذه التقنية استعجاليا، بدون تخدير أو بعد استعمال بسيط للأدوية.

بدراسة المنظر البوئي للتحصي البولي، مكنت هذه الدراسة من تأكيد تطابق المظهر المغربي مع مظهر الدول المصنعة (تقدم الجنس الذكري على الجنس الأنثوي، التواجد الكثيف للحصاة المتكون أساسيا من أكسلات الكالسيوم أحادي الهدرات).

تمت هذه الدراسة على مجموعة من 430 حصاة لمرضى يعالجون في مركز تفتيت حصى المسالك البولية بدون جراحة روماندي و البالغ سنهم بين 18 و 81 سنة. وصل مجموع المرضى إلى 398 مريضا مع تقدم في العدد للذكور على الإناث ب 240 مريض مقابل 158 مريضة. بعد ذلك تم تحليل المكون الأساسي لمجموعة تتكون من اثني و سبعون حصاة بواسطة قياس الضوء الطيفي بالأشعة تحت الحمراء ذي مبدل فوري (Transformée de Fourier).

الهدف من هذه الدراسة هو إنشاء مقارنة بين مظهر التصوير الإشعاعي للحصاة البولية، و المكون الأساسي المتواجد بنسبة تفوق أو تساوي 50% باستعمال قياس الضوء الطيفي بالأشعة تحت الحمراء و نتائج العلاج بتفتيت الحصى بدون جراحة : بالمقارنة مع الحصاة المتكونة أساسيا من أكسلات الكالسيوم أحادي الهدرات، تم الحصول على نتائج جيدة بالنسبة للحصاة البولية المتكونة أساسا من أكسلات الكالسيوم ثنائي الهدرات، و التي تتميز بقطر يساوي أو يتعدى 20 م م، بتركيبية غير متجانسة، بسطح مسنن و بكثافة لا تتعدى كثافة العظام.

لقد مكنت هذه المقارنة من تحديد مجال استعمال تفتيت حصى المسالك البولية بدون جراحة و ذلك لتحسين نتائج العلاج بواسطة هذه التقنية.



**Références
bibliographiques**

- [1] **El Kabbaj S., Settaf A., Meiouet F.** Analyse des calculs urinaires par spectrophotométrie infrarouge à propos de 218 cas au Maroc – Laboratoire de recherche et d’analyses médicales de la gendarmerie Royale - Biologie et santé 2006.
- [2] **Jungers P, Daudon M, Le Duc A.** Lithiase urinaire (Chapitre 1 : Epidémiologie de la lithiase urinaire). Flammarion Médecine-Sciences, Paris (1989).
- [3] **Ramello A, Vitale C, Marangella M.** Epidemiology of nephrolithiasis. *J Nephrol* 2000 ; volume : 13, S45-S50.
- [4] **Asper R.** Epidemiology and socioeconomic aspects of urolithiasis. *Urol Res* 1984 ; volume : 12 ; pages: 1-5.
- [5] **Hesse A, Siener R, Heynck H, Jahn A.** The influence of dietary factors on the risk of urinary stone formation. *Scanning Microsc* 1993 ; volume : 7, Pages : 1119 - 1127.
- [6] **Borghi L, Meschi T, Amato F, Briganti A, Novarini A, Giannini A.** Urinary volume, water and recurrences in idiopathic calcium nephrolithiasis : a 5- year randomized prospective study. *J Urol* 1996 ; volume : 155, pages : 839-843.

- [7] **Daudon M, Bounxouei B, Santa cruz F, Lette Da Silva S, Diouf B, Angwafoo F 3rd, Talati J, Desrez G.** Composition des calculs observés aujourd'hui dans les pays non industrialisés. *Prog Urol* 2004 ; volume : 14, pages : 1151-1161.
- [8] **Fournier A., Bataille P.** Monographie Lithiase rénale : Avant-propos. *Rev. Prat.*, 1991, volume : 21, pages : 2011-2012.
- [9] **Oussama A, Kzaiber F, Mernari B, Hilmi A, Semmoud A, Daudon M.** Analyse des calculs urinaires de l'adulte dans le moyen Atlas marocain par spectrophotométrie infrarouge à transformée de Fourier. *Prog Urol* 2000; volume : 10, pages : 404-410.
- [10] **Joual A, Rais H, Rabii R, El Mrini M, Benjelloun S.** Epidémiologie de la lithiase urinaire. *Ann Urol* 1997; volume : 31, pages : 80-83.
- [11] **El Kabbaj S, Meiouet F, El Amrani A.** Analyse des calculs urinaires par spectrophotométrie infrarouge : à propos de 218 cas au Maroc. *Biol Santé* 2000 ; Volume : 1, pages : 14-23.
- [12] **Laziri F, Rhazi Filali F, Amechrouq A, Bendifi H.** Exploration des calculs urinaires collectés à Meknès par spectrophotométrie infrarouge à transformée de Fourier. *Phys Chem News* 2007 ; Volume : 34, pages : 79-84.

- [13] **Jungers P., Daudon M., Le Duc A.** Epidémiologie de la lithiase urinaire. Lithiase urinaire. Paris, Flammarion Médecine-Sciences, 1989, pages : 1-34.
- [14] **Bomanji J., Boddy S.A., Britton K.E., Nimmon C.C., Whitfield H.N.** Radionuclide evaluation pre and post extracorporeal shock wave lithotripsy for renal calculi. *J Nucl Med* 1987 ; volume : 28, Pages : 1284 – 1289.
- [15] **Chaussy Ch., Eisenberger F., Wanner K., Foramann B., Hepp W., Schmiedt E. Brendel W.** Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. Volume 316. Issue 8207. Pages : 1265 – 1268.
- [16] **B. Doré.** Techniques et indications de la lithotritie extracorporelle (LEC) en urologie. – Service d’urologie, Pavillon C. Guérin, CHU de Poitiers, La Milétrie, 86021 Poitiers, France.
- [17] **Chaussy C, Fuchs G.** La lithotritie extracorporelle dans le traitement de la lithiase rénale. *J Urol* 1986;volume : 92, pages : 339–343.
- [18] **Rassweiler JJ, Renner C, Chaussy C, Thüroff S.** Treatment of renal stones by extracorporeal shockwave lithotripsy. *Eur Urol* 2001; volume : 39, pages : 187–199.

- [19] **Tiselius HG, Ackermann D, Alken P, Buck C, Conort P, Galluci M.** Guidelines on urolithiasis. *Eur Urol* 2001; volume : 40, pages : 362–371.
- [20] **Meria P, Cathignol D, LeDuc A.** Lithotritie extra corporelle. *Encycl Méd Chir* (Elsevier SAS, Paris), Techniques chirurgicales - Urologie, 41-090C, 1996: Pages : 1 - 10.
- [21] **Rassweiler JJ, Nakada SY, Saltzman B, Tailly GG, Timoney A, Zhong P.** Shock wave lithotripsy Technology. In: Segura J, Conort P, Khoury S, Pak C, Preminger GM, Tolley D, editors. *Stone disease*. 1st International consultation on stone disease. Paris; 2003. Pages : 289-356.
- [22] **Rassweiller J., Westhauser A., Bub P., Eisenberger F.** Second generation lithotripters. A Comparative study. *J. Endourol.* 1988, volume : 2, Page : 193.
- [23] **Dore B., Daudon M., Biserte J.** La lithiase urinaire de l'enfant. *Prog. Urol.* 1999, volume : 9, pages : 96-113.
- [24] **Stapleton F.B., Kroovand R.L.** Stones in childhood. In: *Kidney Stones. Medical and Surgical Management*. Edited by Coe F.L., Favus M.J., Pak C.Y.C., Parks J.C. and G.M. Preminger. Philadelphia, Lippincott-Raven Publishers, 1996, chapter 51, pages : 1065-1080.

- [25] **Logarakis NF, Jewett MA, Luymes J, Honey RJ.** Variation in clinical outcome following shockwave lithotripsy. *J Urol* 2000; volume : 163, pages : 721–725.
- [26] **Daudon M. et al.** La lithogénèse. *Prog Urol* (2008) ; volume : 18 ; Pages : 815 – 827.
- [27] **Atmani F., Opalko FJ., Khan SR.** Cellular membranes present in the whole human urine promote heterogeneous nucleation of calcium oxalate crystals. In: Jungers P, Daudon M (eds). *Renal Stone Disease. Crystallization process, pathophysiology, metabolic disorders and prevention.* Paris, Elsevier, 1997, volume 4, pages : 143-144.
- [28] **Berland Y.** La lithiase urinaire oxalocalcique idiopathique: nouvelles approches physiopathologiques. *Néphrologie* 1999; volume : 20, pages : 363-369.
- [29] **Randall A.** An hypothesis for the origin of renal calculus. *N Engl J Med* 1936; volume : 214, pages : 234-237.
- [30] **Hennequin C. et al.** Les inhibiteurs de la lithogénèse. *Option/Bio* supplément du N194, Octobre 1997.

- [31] **Doddametikurke Ramegowda Basavaraj et al.** The rôle of urinary kidney stone Inhibitors and Promoters in the Pathogenesis of calcium containing renal stones. EAU-EBU Update Series 2007 ; volume : 5, Pages : 126 – 136.
- [32] **D. Bazin.** Lithiase rénale : de la nature du calcul à la cause de la maladie lithiasique. Lure, université Paris-sud, Orsay.
- [33] **M. Daudon,** Lithiase rénale : de la nature du calcul à la cause de la maladie lithiasique. Service de biochimie A, Hôpital Necker, Paris.
- [34] **Meyer JL, Smith LH.** Growth of calcium oxalate crystals. II. Inhibition by natural urinary crystal growth inhibitors. *Invest Urol.*; volume : 13(1). Jul 1975. Pages : 36 – 39.
- [35] **Khashayar Sakhaee, Michael Nicar, Kathy Hill and Charles Y C Pak.** Contrasting effects of potassium citrate and sodium citrate therapies on urinary chemistries and crystallization of stone-forming salts. Section on Mineral Metabolism, Department of Internal Medicine, The University of Texas Health Science Center at Dallas, Southwestern Medical School, Dallas, Texas. Volume : 24, pages : 348–352. October 1982.

- [36] **Charles Y., Pak C., Fuller C., B.S.** Idiopathic Hypocitraturic Calcium-Oxalate Nephrolithiasis Successfully Treated with Potassium Citrate. Volume 104, N°1. January 1986. Pages: 33 – 37.
- [37] **Michael J. Nicar, Kathy Hill, Charles Y.C. Pak M.D.** Inhibition by citrate of spontaneous precipitation of calcium oxalate *in vitro*. Journal of Bone and Mineral Research. Volume 2, Issue 3, Pages: 215 – 220. June 1987.
- [38] **D.J. Kok , S.E. Papapoulos , O.L.M. Bijvoet.** Excessive crystal agglomeration with low citrate excretion in recurrent stone-formers. The Lancet, Volume 327, Issue 8489, Pages 1056 - 1058, volume : 10. May 1986.
- [39] **Hennequin C. et al.** Les inhibiteurs de la cristallisation. «Eurobiologiste » 1993. Tome 27, N° 203 ; Page : 47 – 55.
- [40] **Jungers P., Daudon M., Conort P.** Lithiase rénale : diagnostic et traitement. Edition Flammarion. Paris, 1999.
- [41] **Daudon M.** Comment analyser un calcul et comment interpréter le résultat. «Eurobiologiste 1993 ». Tome 27, N°203. Pages : 35-46.

- [42] **Joan H Parks, Mark Coward and Fredric L Coe.** Correspondence between stone composition and urine supersaturation in nephrolithiasis. *Kidney International* (1997). Volume : 51, Pages : 894–900.
- [43] **Das G, Hallson PC, Kasidas GP, Samuel CT, Viridi JS, Wickham JEA.** Chemical analysis of post lithotripsy stone fragments: a critical evaluation. *Br J Urol* 1993 ; volume : 72, pages : 498-502.
- [44] **Daudon M, Nguyen HV, Reveillaud RJ, Teillac P, Lombard M, Joerg A et al.** Faut-il toujours analyser les fragments de calculs expulsés après lithotritie extracorporelle ? *Presse Méd* 1990 ; Volume : 19, pages : 251-254.
- [45] **Tolley DA, Wallace DM, Tiptaft RC.** First UK consensus conference on lithotripter terminology.1989. *Br J Urol* 1991 ; volume : 67, pages : 9-12.
- [46] **B. Doré, M. Daudon.** Cristallographie des calculs urinaires – aspects néphrologiques et urologiques. Elsevier. Paris, 1999.
- [47] **Lingeman JE.** Prospective randomized trial of extracorporeal shock wave lithotripsy and percutaneous nephrolithotomy for lower pole nephrolithiasis: initial long-term followup. *J Endourol* 1997 ; volume : 11 (suppl 1), page : 95.

- [48] **Lingeman JE, Siegel YI, Steele B, Nyhuis AW, Woods JR.** Management of lower pole nephrolithiasis: a critical analysis. *J Urol* 1994 ; volume : 151, pages : 663-667.
- [49] **Sampaio FJ, Arago AH.** Inferior pole collecting system anatomy: its probable role in extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 1992 ; volume : 147, pages : 322-324.
- [50] **Elbahnasy AM, Shalway AL, Hoenig DM, Elashry OM, Smith DS, McDougall EM et al.** Lower calyceal stone clearance after shock wave lithotripsy or ureteroscopy: the impact of lower pole radiographic anatomy. *J Urol* 1998 ; volume : 159, pages : 676-682.
- [51] **Havel D, Saussine C, Fath C, Lang H, Faure F, Jacqmin D.** Single stones of lower pole of the kidney. *Eur Urol* 1998 ; volume : 33, pages: 396-400.
- [52] **Sabnis RB, Naik K, Patel SH, Desai MR, Bapat SD.** Extracorporeal shock wave lithotripsy for lower calyceal stones: can clearance be predicted? *Br J Urol* 1998 ; volume : 80, pages : 853-857.
- [53] **Streem SB, Yost A, Mascha E.** Clinical implications of clinically insignificant stone fragments after extracorporeal shockwave lithotripsy. *J Urol* 1996 ; volume : 155, pages : 1186-1190.

- [54] **Gardner GL, Doremus RH.** Crystal growth inhibitors in human urine: effect on calcium oxalate kinetics. *Invest Urol* 1978 ; volume : 15, pages : 478-485.
- [55] **Akermann DA, Fuhrmann R, Pfluger D, Studer UE, Zingg EJ.** Prognosis after extracorporeal shock wave lithotripsy of radiopaque renal calculi: a multivariate analysis. *Eur Urol* 1994 ; volume : 25, pages : 105-109.
- [56] **Narepalem N, Sundaram CP, Boridy IC, Yan Y, Heiken JP, Clayman RV.** Comparison of helical computerized tomography and plain radiography for estimating urinary stone size. *J Urol* 2002; volume : 167, pages : 1235–1238.
- [57] **Hubert J, Blum A, Cormier L, Claudon M, Regent D, Mangin P.** Three-dimensional CT scan reconstruction of renal calculi. A new tool for mapping out staghorn calculi and follow-up of radiolucent stones. *Eur Urol* 1997; volume : 31, pages : 297–301.
- [58] **Amiel JA, Peyrottes AY, Dujardin T, Benizri EJ, Toubol J.** Exclusive piezoelectric lithotripsy in the treatment of calculi larger than 30 mm (partial or complete coralliform, pyelic calculi). *Ann Urol* 1990; volume : 24, pages : 317–321.

- [59] **Ansari MS, Gupta NP, Seth A, Hemal AK, Dogra PN, Singh TP.** Stone fragility: its therapeutic implications in shock wave lithotripsy of upper urinary tract stones. *Int Urol Nephrol* 2003; volume : 35, pages : 387–392.
- [60] **Léger P, Daudon M, Magnier M.** Expérience « *in vitro* » de lithotripsie piézoélectrique à repérage ultrasonique sur le lithotriporteur EDAP LT 01. *J Urol* 1990 ; volume : 96, pages : 353-364.
- [61] **Zhong P, Preminger GM.** Mecanisms of differing stone fragility in extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Endourol* 1994 ; volume : 8, pages : 263-268.
- [62] **Doré B, Romain JP, Ingrand P, Irani J, Aubert J.** Étude expérimentale de la fragmentation des calculs urinaires par ondes de choc laser pulsé, en fonction de leur nature chimique. *Prog Urol* 1995 ; volume : 5, pages : 663-670.
- [63] **Dretler SP.** Stone fragility, a new therapeutic distinction. *J Urol* 1988 ; volume : 139, pages : 1124-1127.
- [64] **Tobelem G, Economou C, Thomas J, Arvis G.** Incidence des données chimiques et radiographiques sur le traitement de la lithiase rénale par lithotritie extracorporelle par ondes de choc externes. *Ann Urol* 1987 ; volume : 21, pages : 362-367.

- [65] **Vallancien G, Veillon B, Brisset JM.** Relation between the frequency of piezo-electric shock-wave lithotripsy and the quality of renal stone fragmentation. In vitro study and clinical implication. *J Urol* 1989 ; volume : 141 : résumé.
- [66] **Bon D, Doré B, Irani J, Duverger P, Aubert J.** Corrélation entre la composition chimique, la densité et les résultats de la lithotritie extracorporelle pour les calculs rénaux et urétéraux lombaires. *Prog Urol* 1992 ; volume : 2, pages : 577-586.
- [67] **Bon D, Doré B, Irani J, Marroncle M, Aubert J.** Radiographic prognostic criteria for extracorporeal shock-wave lithotripsy: a study of 485 patients. *Urology* 1996 ; volume : 48, pages : 556-561.
- [68] **Grasso M, Loisodes P, Beaghtler M, Bagley D.** The case for primary endoscopic management of upper urinary tract calculi: a critical review of 121 extracorporeal shock wave lithotripsy failures. *Urology* 1995 ; volume : 45, pages : 363-371.
- [69] **Bon D, Doré B, Irani J, Aubert J.** Percutaneous nephrolithotomy after failure of extracorporeal shock wave lithotripsy: a retrospective study. *J Endourol* 1997 ; volume : 11 (suppl 1), S99.

- [70] **Abdulmassih Z., Di Stefano D., Helenon O.** Lithotritie extracorporelle des calculs urinaires. Résultats et critères radiologiques d'efficacité. A propos de 700 cas. *Journal de radiologie* ; Volume 71 ; Numéro : 3 ; pages : 207 – 213. Paris.
- [71] **Bon D ; Dore B., Irani J. et al.** Radiographic pronostic criteria for extracorporeal shock-wave lithotripsy. *Urology* 1996 ; volume : 48, pages : 556.
- [72] **Martin TV, Soda RE.** Shockwave lithotripsy. In walsh PC, Retick AB, Vaughan ED JR, Wein AJ, eds, *Campbeils urology*. Philadelphia : WB Saunders Inc, 1998. Pages : 2735 – 2752.
- [73] **J. Thomas, E. Thomas, J.A. Taboury, E. Taillandier, M. Kulski, G. Arvis, L. Boccon-Gibod, A. Steg.** Lithiases urinaires, Confrontation radiochimique, possibilités et limites d'interprétation de la constitution physico-chimique des calculs d'après leur aspect radiologique. *Annal. Urologie*, 1983. 20. N° 5. Pages : 349 – 352.
- [74] **Smith RC, Rosenfield AT, Choe KA et al.** Acute flank pain : comparison of non-contrast-enhanced CT and intravenous urogrphy. *Radiology* 1995 ; volume : 194, pages : 784 – 794.

- [75] **Mostafavy MR, Ernst RD, Saltzman B.** Accurate determination of chemical composition of urinary calculi by spiral computerized tomography. *J Urol* 1998 ; volume : 159, pages : 673-675.
- [76] **Blake SP, McNicholas MMJ, Raptopoulos V.** Non opaque crystal deposition causing ureteric obstruction in patients with HIV undergoing indinavir therapy. *AJR* 1998 ; volume : 171, pages : 717-720.
- [77] **Dretler SP.,** Stone fragility – a new therapeutic distinction. *J Urol* 1988, volume : 139, pages : 1124-1127.
- [78] **Joseph P.,Mandal AK, Sharma SK,** CT attenuation value of renal calculus : can it predict successful fragmentation of the calculus by extracorporeal shockwave lithotripsy ? A preliminary study. *J Urol* 2002 ; volume : 167, pages : 1968.
- [79] **Gupta NP, Ansari MS, Kesarvani P.** Role of computed tomography with no contrast medium enhancement in predicting the outcome of extracorporeal shockwave lithotripsy for urinary calculi. *Br J Urol* 2005 ; volume : 95, pages : 1285-1288.
- [80] **Tarawneh E., Awad Z., Hani A., Haroun AA., Hadidy A., Mahafza W. Samarah O.** Factors affecting urinary calculi treatment by extracorporeal Shock Wave Lithotripsy. *Saudi J Kidney Dis Transpl* 2010 ; volume : 21 (4), pages : 660-665.

- [81] **Segura JW.** Radiologic evaluation of the stone patient. AUA, 92nd Annual meeting. *Urolithiasis*, Office of Education, 1997.
- [82] **Iwata H, Iio S, Nishio S, Takeushi M.** Architecture of mixed calcium oxalate dihydrate and monohydrate stones. *Scan Microsc* 1992; volume : 6, pages : 231-237.
- [83] **Chaussy C., Brendel W., Schmiedt E.** Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *Lancet* 1980, volume 2, pages : 1265 – 1268.
- [84] **Lokhandwalla M., Sturtevant B.** Fracture mechanics model of stone comminution in ESWL and implications for tissue damage. *Phys Med Biol* 2000, volume 25, pages : 1923-1940.
- [85] **Zhong P., Xi XF, Zhu SL, Cocks FH, Preminger GM.** Recent developments in SWL physics research. *J endourol* 1999, volume 13, pages : 611 – 617.
- [86] **Crum LA.** Cavitation microjets as a contributory mechanism for renal calculi disintegration in ESWL. *J Urolo* 1988, volume 140, pages : 1587 – 1590.

- [87] **Fuchs G., Brendel W., Miller K.,Einsenberger F.** Extracorporeal shockwave lithotripsy : one-year experience with the dornier lithotripter. *Eur Urol* 1985, volume 11, pages : 145-149.
- [88] **Rassweiler J., Köhrmann U., Heine G., Back W., Wess O., Alken P.** Modulith SL 10/20 – Experimental introduction and first clinical experience with a new interdisciplinary lithotripter. *Eur Urol* 1990, vollume 18, pages : 237 – 241.
- [89] **Delius M., Brendel W.** A mechanism of gallstone destruction by extracorporeal shock waves. *Naturwissenschaften* 1988, volume 75, pages : 200-2001.
- [90] **Pishalnikov YA, Sapozhnikov OA, Willians Jr JC, et al.** Cavitation bubble cluster activity in the breackage of kidney stones by lithotripter shock waves. *J endourol* 2003, volume 17, pages : 435-446.
- [91] **Cleveland RO, Sapozhnikov AO.** Modeling elastic wave propagation in kidney stones with application to shock wave lithotripsy. *J acoust Soc Am* 2005, volume 118, pages : 2667-2676.
- [92] **Sapozhnikov AO, Maxwell AD, Mac Conaghy, Bailey MR.** A mechanism analysis of stone fracture in lithotripsy. *J acoust Soc* 2007, volume 121, pages : 1190-1202.

- [93] **Stroller ML.** Urinary stone disease. Tanagho EA and Mcanineh JW. Smith's general urology 17th ed. New York Lange medical Books/McGraw-Hill ; 2008. Pages : 246 – 277.
- [94] **Atala A., Steinbock GS.** Extracorporeal shock-wave lithotripsy of renal calculi. *Am J Surg.* 1989, volume : 157, pages : 350 – 358.
- [95] **Coulangue C., Siles S., Rossi D., Vaillant J.L. , Soler B. , Kaphan G., Rampal M.** Scintigraphie rénale quantitative au DMSA après LEC. *Ann. Urol.* 1990, volume : 24, pages : 322-325.
- [96] **Lingerman J.E., Wood J.R., Toth P.D.** Blood pressure changes following ESWL and other forms of treatment for nephrolithiasis. *JAMA,* 1990, volume : 263, pages : 1789-1794.
- [97] **Williams C.M., Thomas W.C.** Permanently decreased renal blood flow and hypertension after lithotripsy. *N.E.J.M.,* 1989, volume : 321, pages : 1269-1270.
- [98] **Hardy M.R., MacLeod D.G.** Silent renal obstruction with severe functional loss after ESWL : A report about two cases. *J. Urol.,* 1987, volume : 137, page : 91.

- [99] **O. Traxer, H. Lottmann, F. Archambaud, B. Helal, B. Mercier-Pageyral.** Scintigraphie au DMSA après lithotritie extracorporelle par ondes de choc chez l'enfant. *Journal de pédiatrie et de puériculture*. Volume 12, numéro 2. Pages : 94 – 99.
- [100] **Irani D., Eshratkhah R., Amin-Sharifi A.** Efficacy of extracorporeal shock wave lithotripsy monotherapy in Complex Urolithiasis in the Era of Advanced Endourologic Procedures. *Urology Journal UNRC/IUA*. Volume 2 ; N° 1, Pages 13 – 19. Winter 2005. Iran.
- [101] **Dretler SP, Polykoff G.** Calcium oxalate stone morphology: fine tuning our therapeutic distinctions. *J Urol*. 1996; volume : 155, pages : 828-833.
- [102] **Bon D, Dore B, Irani J, Marroncle M, Aubert J.** Radiographic prognostic criteria for extracorporeal shock-wave lithotripsy: a study of 485 patients. *Urology*. 1996; volume : 48, pages : 556-560.
- [103] **Aeberli D, Muller S, Schmutz R, Schmid HP.** Predictive value of radiological criteria for disintegration rates of extracorporeal shock wave lithotripsy. *Urol Int*. 2001; volume : 66, pages : 127-130.
- [104] **Krishnamurthy MS, Ferucci PG, Sankey N, Chandhoke PS.** Is stone radiodensity a useful parameter for predicting outcome of extracorporeal shockwave lithotripsy for stones < or = 2 cm? *Int Braz J Urol*. 2005; volume : 31, pages : 3-8.

- [105] **Arshadi H., Dianat S.S., Ganjehei L.** Accuracy of radiological features for predicting extracorporeal Shock wave Lithotripsy Success for treatment of Kidney calculi. *J Urology* Vol 6. N°2. Spring 2009. Pages : 88 – 91.
- [106] **Conort P., Ledenko N., Cour F., Barre Ph., Richard F., Chatelain C.** : 500 cas consécutifs de traitement des calculs urétéraux par LEC in situ - Succès et échecs. Poster n° 3, 84ème congrès AFU Paris, 1990.
- [107] **Dore B., Grange Ph., Aubert J.** La lithotritie extracorporelle par onde de choc hydro-électrique. Analyse de 137 dossiers d'une première année d'expérience. *Acta Urologica Belgica*, 1989, volume : 57, pages : 743-754.
- [108] **Dretler S.P.** Stone fragility, a new therapeutic distinction. *J. Urol.*, 1988, volume : 57, pages : 743-754.
- [109] **Murata S., Watanabe H., Takahashi T.** Studies on the application of micro explosion to medicine and biology- II Construction and strength of urinary calculi. *Jap. J. Urol.*, 1977, volume : 68, pages : 249-257.
- [110] **Nesbit J.A., Nelson J.A., York J.P., Wise H.A., Drago J.R., Klump R.** Predictability of stone hardness and power required for fragmentation of calcium oxalate. *J. Urol.*, 1989, volume : 141, résumé.

- [111] **Vallancien G., Veillon B., Brisset J.M.** Relation between the frequency of piezoelectric shock waves and the quality of renal stone fragmentation in vitro study and clinical implication. *J. Urol.*, 1989, volume : 141, résumé.
- [112] **Bon D., Doré B., Irani J., Duverger P., Aubert J.** Corrélation entre la composition chimique, densité et résultats de la lithotritie extra corporelle pour les calculs rénaux et urétéraux lombaires. *Prog. Urol.*, 1992, volume : 2, pages : 577-586.
- [113] **Grasso M., Loisodes P., Beaghtler M., Bagley D.** The case for primary endoscopic management of upper urinary tract calculi : a critical review of 121 extracorporeal shock wave lithotripsy failures *Urology*, 1995, volume : 45, pages : 363-371.
- [114] **Pishchalnikov YA, McAteer R., VonderHaard J., Pshchalnikova IV., Willians JC., Evan AP.** Detection of significant variation in acoustic output of an electromagnetic lithotripter. *J Urol* 2006, volume 176, pages : 2294 – 2298.
- [115] **Wess O.** Storz Medical- shock wave technology for medical applications. In : Chaussy C., Haupt G., Jocham D., Köhrmann KU, editors. Therapeutic energy applications in urology II : standards and recent developments. Stuttgart, Germany : Thieme ; 2010. Pages : 78 – 81.

- [116] **De Sio M., Autorino R., Quarto G. et al.** A new transportable shock-wave lithotripsy machine for managing urinary stones : a single centre experience with a dual-focus lithotripter. *BJU Int* 2007, volume 100, pages : 1137 – 1141.
- [117] **Eisenmenger W., Du XX, Tang C. et al.** The first clinical results of « wide focus and low-pressure » *ESWL*. *Ultrasound. Med Biol* 2002, volume 28, pages : 769 – 774.
- [118] **Lanski M., Ulucan N., Burnes L.** Lithoskop : discover the future of urology today. In : Chaussy C., Haupt G., Jocham D., Köhrmann KU, editors. Therapeutic energy applications in urology II : standards and recent developments. Stuttgart, Germany. Thieme, 2010. Pages : 71-77.
- [119] **HofsäB S., Rheinwald M.** Dornier MedTech : update on products for urology. In : Chaussy C., Haupt G., Jocham D., Köhrmann KU, editors. Therapeutic energy applications in urology II : standards and recent developments. Stuttgart, Germany. Thieme, 2010. Pages : 57 - 69.
- [120] **Pishchalnikov YA, Neucks JS, Von der Haar RJ, Pishchalnikova IV, Williams Jr JC, McAteer JA.** Air pockets trapped during routine coupling in dry head lithotripsy can significantly decrease the delivery of shock wave energy. *J Urol* 2006, volume : 176, pages : 2706 – 2710.

- [121] **Bohris C.** Quality of coupling in ESWL significantly affects the disintegration capacity- how to achieve good coupling with ultrasound gel. In : Chaussy C., Haupt G., Jocham D., Köhrmann KU, editors. Therapeutic energy applications in urology II : standards and recent developments. Stuttgart, Germany. Thieme, 2010. Pages : 61 - 64.
- [122] **Jain A., Shah TK.** Effect of air bubbles in the coupling medium on efficacy of extracorporeal shock wave lithotripsy. *Eur Urol* 2007, volume 51, pages : 1680- 1687.
- [123] **Rassweiler JJ, Bergsdorf T., Bohris C. et al.** Consensus : shock wave technology and application – state of the art in 2010. In : Chaussy C., Haupt G., Jocham D., Köhrmann KU, editors. Therapeutic energy applications in urology II : standards and recent developments. Stuttgart, Germany. Thieme, 2010. Pages : 37 - 52.
- [124] **Rassweiler JJ, Tailly GG, Chaussy C.** Progress in lithotripter technology. *EAU Update Series* 2005, volume 3, pages : 17 – 36.
- [125] **Greenstein A., Matzkin H.** Does the rate of extracorporeal shock wave delivery affect stone fragmentation ? *Urology* 1999, volume 54, pages : 430 – 432.

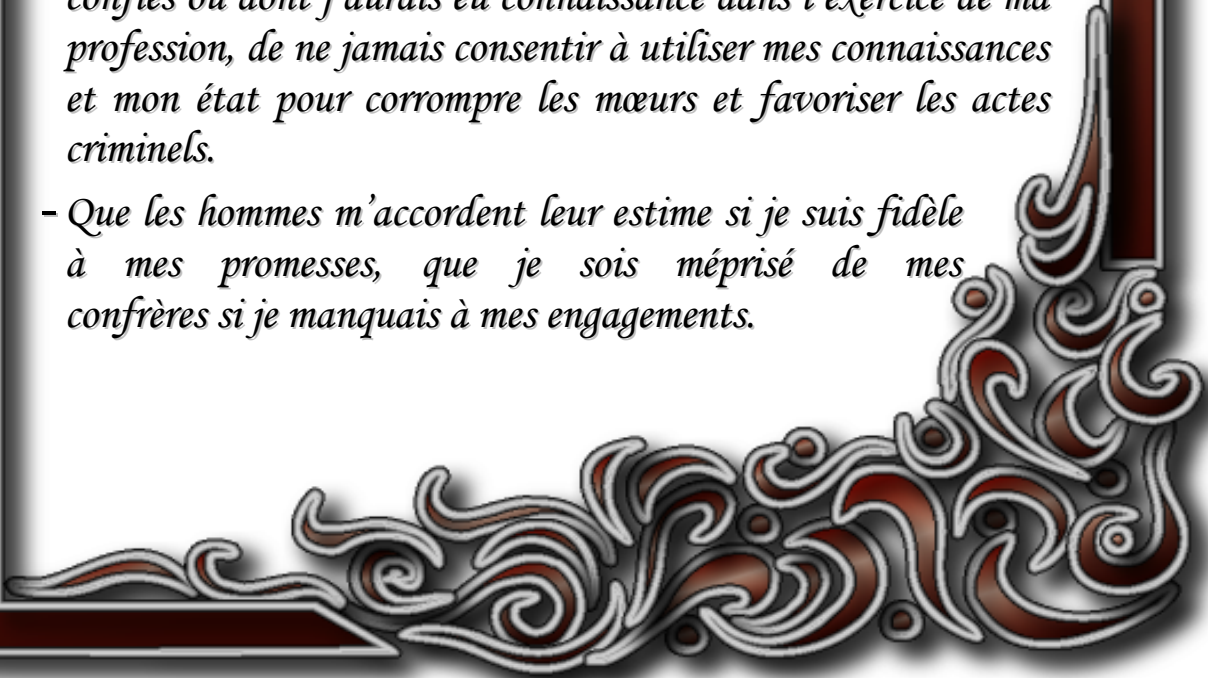
- [126] **Rassweiler Jens J., Knoll T., Köhrmann K., McAteer James A., Lingeman James E., Cleveland Robin O., Bailey Michael R., Chaussy C.** Shock wave technology and application : An update. presented at the urolithiasis session at the European Association of Urology Congress, Barcelona Spain. 17 April 2010, *European urology* volume 59, pages : 784 – 796.
- [127] **Bergsdorf T., Chaussy C., Thüroff S.** Energy coupling extracorporeal shock wave lithotripsy-the impact of coupling quality on disintegrationn efficaclevelandy. *J Endourol* 2008, volume 22 (suppl), A 161.
- [128] **Cleveland RO, Anglade R, Babayn RK.** Effect of stone motion on *in vitro* comminution efficiency of a Storz Modulith SLX. *J Endourol* 2004, volume 18, pages : 629 - 633.
- [129] **Paterson RF, Lifshiz DA, Lingeman JE, et al.** Stone fragmentation during shock wave rate : studies with a new animal model. *J Urol* 2002, volume : 168, pages : 2211 – 2215.
- [130] **Pishchalnikov YA, McAteer JA, Willians Jr JC, Pishalnikova I, vonDerHaar RJ.** Why Stone break better at slow shock wave rate than at fast rat : *In vitro* study with a research electrohydraulic lithotripter. *J Endourol* 2006, volume : 20, pages : 537 – 541.

- [131] **L. Benramdane, M. Bouatia, M. O. B. Idrissi, M. Draoui.** Infrared Analysis of Urinary Stones, Using a Single Reflection Accessory and a KBr Pellet Transmission. *Spectroscopy Letters: An International Journal for Rapid Communication*, 1532-2289, Volume 41, Issue 2, 2008, Pages 72 – 80.

Serment de Galien

Je jure en présence des maîtres de cette faculté :

- *D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*
- *D'exercer ma profession avec conscience, dans l'intérêt de la santé public, sans jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.*
- *D'être fidèle dans l'exercice de la pharmacie à la législation en vigueur, aux règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- *De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession, de ne jamais consentir à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.*
- *Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses, que je sois méprisé de mes confrères si je manquais à mes engagements.*



جامعة محمد الخامس
كلية الطب والصيدلة
- الرياض -

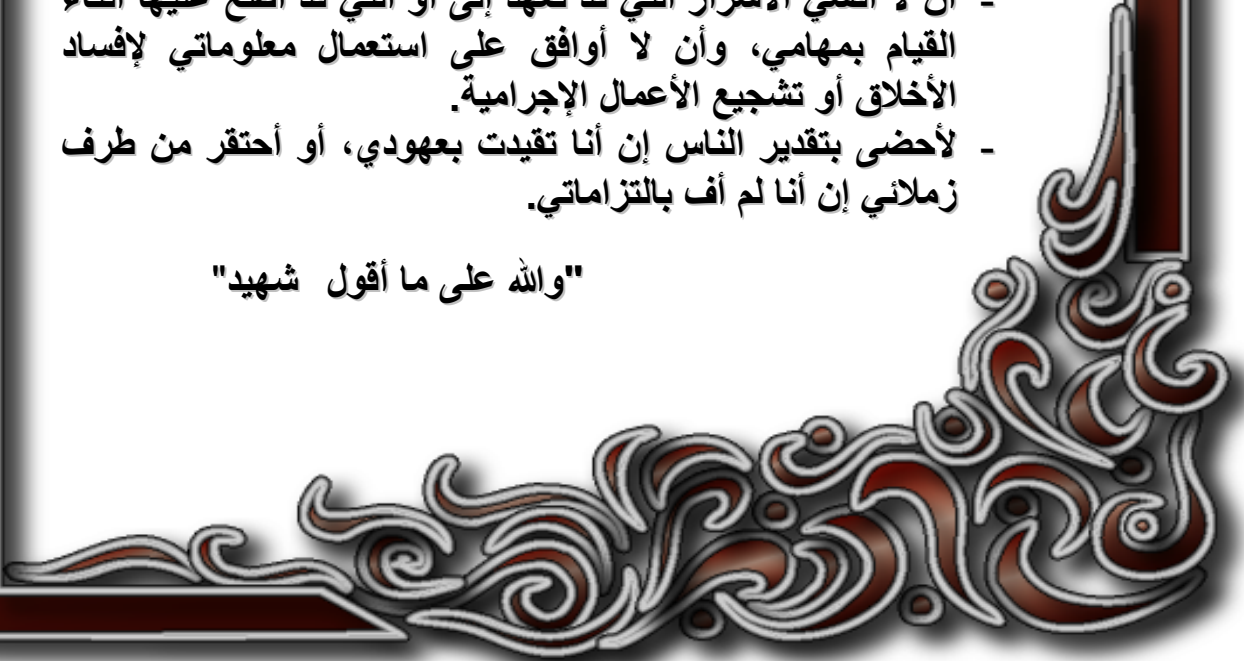
قسم الصيدلي

بسم الله الرحمن الرحيم

وأحس بالله العظيم

- أن أراقب الله في مهنتي
- أن أبجل أساتذتي الذين تعلمت على أيديهم مبادئ مهنتي وأعترف لهم بالجميل وأبقى دوماً وفيًا لتعاليمهم.
- أن أزاول مهنتي بوازع من ضميري لما فيه صالح الصحة العمومية، وأن لا أقصر أبداً في مسؤوليتي وواجباتي تجاه المريض وكرامته الإنسانية.
- أن ألتزم أثناء ممارستي للصيدلة بالقوانين المعمول بها وبأدب السلوك والشرف، وكذا بالاستقامة والترفع.
- أن لا أفشي الأسرار التي قد تعهد إلي أو التي قد أطلع عليها أثناء القيام بمهامي، وأن لا أوافق على استعمال معلوماتي لإفساد الأخلاق أو تشجيع الأعمال الإجرامية.
- لأحضى بتقدير الناس إن أنا تقيدت بعهودي، أو أحتقر من طرف زملائي إن أنا لم أف بالتزاماتي.

"والله على ما أقول شهيد"



أطروحة رقم: 77

سنة : 2011

مقاربة بين التركيبة الكيميائية ،
مظهر التصوير الإشعاعي و نتائج تفتيت حصى الكلي
و الحالب بدون جراحة

أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم:

من طرفه

السيد : أناس بيكرين

المزاد يوم 04 أكتوبر 1982 بالدار البيضاء

لنيل شهادة الدكتوراه في الصيدلة

الكلمات الأساسية: التحلي البولي – تفتيت حصى المسالك البولية بدون جراحة – قياس الضوء الطيفي
بالأشعة تحت الحمراء.

تحت إشراف اللجنة المكونة من الأساتذة

رئيس

السيد : محمد فائق

أستاذ في جراحة المسالك البولية

مشرف

السيد : العربي بنرمضان

أستاذ في الكيمياء التحليلية

السيد : ياسين النويني

أستاذ في جراحة المسالك البولية

السيد : طارق فرموني

أستاذ مبرز في جراحة المسالك البولية

السيد : منير شريف شفشاوني

عضو مشرف

أعضاء