

# ALGORITHME KALONJI

Classification Morpho-Constitutionnelle des Calculs Urinaires  
Approche Prédictive Multiparamétrique

<b>Version</b>	1.0
<b>Date</b>	Novembre 2025
<b>Statut</b>	Document Scientifique

# Documentation Scientifique et Médicale

**Version:** 1.0

**Date:** Novembre 2025

**Auteurs:** Équipe KALONJI

**Classification:** Approche diagnostique non-invasive basée sur l'imagerie et la biologie

## Table des matières

[1] [Introduction et justification scientifique](#1-introduction-et-justification-scientifique)

[2] [Fondements physiopathologiques](#2-fondements-physiopathologiques)

[3] [Méthodologie de classification](#3-méthodologie-de-classification)

[4] [Système de notation quantitative](#4-système-de-notiation-quantitative)

[5] [Critères diagnostiques détaillés](#5-critères-diagnostiques-détaillés)

[6] [Processus d'inférence étape par étape](#6-processus-d'inférence-étape-par-étape)

[7] [Interprétation des résultats](#7-interprétation-des-résultats)

[8] [Conduite à tenir thérapeutique](#8-conduite-à-tenir-thérapeutique)

[9] [Application manuelle de l'algorithme](#9-application-manuelle-de-l'algorithme)

[10] [Limites et perspectives](#10-limites-et-perspectives)

## 1. Introduction et justification scientifique

### 1.1 Contexte clinique

La lithiasis urinaire est une pathologie fréquente avec une prévalence de 10-15% dans les pays développés et des variations géographiques significatives. La composition chimique des calculs urinaires est déterminante pour:

- **Le pronostic de récidive** (30-50% à 5 ans pour les calculs calciques)
- **Le choix thérapeutique** (lithotripsie extracorporelle, urétéroscopie, néphrolithotomie percutanée)
- **La prévention secondaire** (traitement médical, modifications hygiéno-diététiques)

## 1.2 Problématique de la spectrophotométrie infrarouge

L'analyse spectrophotométrique infrarouge (SPIR) des calculs reste la référence diagnostique (sensibilité >95%, spécificité >98%). Cependant, elle présente plusieurs limitations:

- **Nécessité d'une expulsion ou extraction** du calcul
- **Délai d'analyse** (plusieurs jours à semaines)
- **Coût et accessibilité** limités dans certaines régions
- **Impossibilité d'analyse** des calculs non accessibles

## 1.3 Intérêt de l'approche prédictive non-invasive

L'algorithme KALONJI propose une **classification morpho-constitutionnelle prédictive** basée sur:

[1] **Critères tomodensitométriques** (densité, morphologie, taille)

[2] **Paramètres biologiques urinaires** (pH, densité, sédiment)

[3] **Marqueurs métaboliques** (calciurie, oxalurie, uricurie)

[4] **Contexte clinique** (infection, malformations, hormones thyroïdiennes)

Cette approche permet une **orientation diagnostique précoce** avant récupération du calcul, optimisant la prise en charge thérapeutique et préventive.

## 2. Fondements physiopathologiques

### 2.1 Types de calculs et leur pathogenèse

#### 2.1.1 Calculs oxalo-calciques (65-75% des cas)

**Whewellite (oxalate de calcium monohydraté - COM)**

- **Pathogenèse:** Hyperoxalurie primaire (génétique) ou secondaire (malabsorption intestinale, apport alimentaire excessif)
- **pH favorable:** Acide (5.0-5.8)
- **Morphologie:** Sphérique lisse ou irrégulière spiculée
- **Densité scanner:** 1200-1700 UH (très opaque)
- **Pronostic:** Récidive élevée (40-50% à 5 ans), résistance à la LEC

### **Weddellite (oxalate de calcium dihydraté - COD)**

- **Pathogenèse:** Hypercalciurie idiopathique, hyperparathyroïdie
- **pH favorable:** Acide (5.0-5.8)
- **Morphologie:** Irrégulière spiculée (cristaux bipy ramidaux)
- **Densité scanner:** 1000-1450 UH (opaque)
- **Pronostic:** Meilleure fragmentation LEC que Whewellite

### **2.1.2 Calculs phosphocalciques (10-15% des cas)**

#### **Carbapatite (phosphate de calcium carbonaté)**

- **Pathogenèse:** Infections urinaires chroniques, pH alcalin, hypercalciurie
- **pH favorable:** Alcalin (6.8-7.5)
- **Morphologie:** Crayeuse, friable
- **Densité scanner:** 1300-1400 UH
- **Caractéristique:** Souvent associée aux infections

#### **Brushite (phosphate de calcium dihydraté)**

- **Pathogenèse:** Hyperparathyroïdie, acidose tubulaire rénale distale
- **pH favorable:** Neutre à légèrement alcalin (6.0-6.8)
- **Morphologie:** Irrégulière spiculée
- **Densité scanner:** 1550-2000 UH (très opaque, >Whewellite)
- **Pronostic:** Récidive très élevée, croissance rapide

### **2.1.3 Calculs infectieux (10-15% des cas)**

#### **Struvite (phosphate ammoniacomagnésien)**

- **Pathogenèse:** Infection par germes à uréase (Proteus, Klebsiella, Pseudomonas)
- **Mécanisme:** Hydrolyse urée → ammoniaque → pH alcalin → précipitation phosphates
- **pH favorable:** Alcalin (6.8-7.5)
- **Morphologie:** Coralliforme (moule des cavités rénales)
- **Densité scanner:** 550-950 UH (faiblement opaque)
- **Pronostic:** Récidive si infection non contrôlée, risque septique

### **2.1.4 Calculs uriques (5-10% des cas)**

#### **Acide urique**

- **Pathogenèse:** Hyperuricurie (syndrome métabolique, alimentation riche en purines), pH acide chronique

- **pH favorable:** Acide (5.0-5.8)
- **Morphologie:** Sphérique lisse ou irrégulière
- **Densité scanner:** 350-650 UH (radiotransparent)
- **Particularité:** Seul calcul dissolvable par alcalinisation urinaire ( $\text{pH}>6.5$ )

#### Urate d'ammonium

- **Pathogenèse:** Diarrées chroniques, maladies inflammatoires intestinales
- **pH favorable:** Alcalin (6.8-7.5)
- **Morphologie:** Sphérique lisse
- **Densité scanner:** 150-300 UH (très faiblement opaque)

#### 2.1.5 Calculs métaboliques rares (<5% des cas)

##### Cystine

- **Pathogenèse:** Cystinurie (maladie génétique autosomique récessive)
- **pH favorable:** Acide (5.0-5.8)
- **Morphologie:** Sphérique lisse, aspect "cireux"
- **Densité scanner:** 650-850 UH (faiblement opaque)
- **Diagnostic:** Cristaux hexagonaux pathognomoniques dans le sédiment urinaire
- **Pronostic:** Récidive constante, nécessite traitement à vie

#### 2.2 Facteurs de risque lithogènes

Facteur	Mécanisme	Types favorisés
**Déshydratation chronique**	↓Volume urinaire, ↑Concentration solutés	Tous types
**pH urinaire acide (<5.5)**	Précipitation acide urique, cystine, COM	Acide urique, Cystine, Whewellite
**pH urinaire alcalin (>7.0)**	Précipitation phosphates	Carbapatite, Struvite, Urate NH■
**Hyperoxalurie**	↑Oxalate urinaire >45 mg/24h	Whewellite
**Hypercalciurie**	↑Calcium urinaire >300 mg/24h (H), >250 (F)	Weddellite, Brushite
**Hyperuricurie**	↑Acide urique >800 mg/24h	Acide urique
**Infections urinaires récidivantes**	Germes à uréase, pH alcalin	Struvite, Carbapatite
**Hyperthyroïdie**	Hypercalciurie, déminéralisation osseuse	Calculs calciques
**Malformations urinaires**	Stase urinaire, infections	Tous types infectieux

### 3. Méthodologie de classification

#### 3.1 Approche diagnostique multiparamétrique

L'algorithme KALONJI utilise une approche **multifactorielle quantitative** intégrant:

[1] **Critères radiologiques** (tomodensitométrie sans injection)

[2] **Critères biologiques** (analyse urinaire, biochimie)

[3] **Critères cliniques** (anamnèse, contexte infectieux)

Cette triangulation permet de compenser les limites de chaque examen isolé et d'améliorer la spécificité diagnostique.

#### 3.2 Système de scoring sur 21 points

Le score total est calculé par addition pondérée de 7 critères:

```
Score Total = Score_Densité(6) + Score_Morphologie(3) + Score_pH(3) +
Score_Métabolique(4+bonus) + Score_Infection(3) + Score_Radioopacité(1) +
Score_Malformations(1)
```

**Score maximum théorique:** 21 points (20 points de base + 1 point bonus malformations)

Le calcul est répété pour chacun des 8 types de calculs, générant un profil de compatibilité multidimensionnel.

#### 3.3 Critère de décision

- **Type proposé:** Type ayant obtenu le score le plus élevé
- **Incertitude diagnostique:** Si  $\Delta(\text{Score} \blacksquare - \text{Score} \blacksquare) < 2$  points → Résultat incertain, examens complémentaires recommandés
- **Top 3:** Les 3 types les mieux scorés sont rapportés avec justifications

### 4. Système de notation quantitative

## 4.1 Critère 1 - Densité tomodensitométrique (0-6 points)

**Justification scientifique:** La densité scanner en unités Hounsfield (UH) reflète directement la composition minérale du calcul. C'est le critère le plus discriminant.

### Plages de densité caractéristiques

Type de calcul	Plage typique (UH)	Physiopathologie
Whewellite	1200-1700	Forte densité cristalline COM
Weddellite	1000-1450	Hydratation COD, densité moindre
Brushite	1550-2000	Très forte densité phosphocalcique
Carbapatite	1300-1400	Densité modérée phospho-calcique
Struvite	550-950	Faible densité ( $Mg-NH_3-PO_4$ )
Cystine	650-850	Densité intermédiaire
Acide urique	350-650	Radiotransparent (absence calcium)
Urate ammonium	150-300	Très faible densité

### Attribution des points

```
Si Densité_mesurée dans [UH_min, UH_max]: Points = 6 # Plage typique Sinon: Δ = min(|Densité - UH_min|, |Densité - UH_max|) Si Δ ≤ 100 UH: Points = 4 # Plage proche Sinon Si Δ ≤ 200 UH: Points = 2 # Plage éloignée Sinon: Points = 0 # Hors plage caractéristique
```

### Exemple clinique:

```
Patient avec densité mesurée = 1250 UH - Whewellite [1200-1700]: 1250 dans plage → 6 points - Weddellite [1000-1450]: 1250 dans plage → 6 points - Acide urique [350-650]: |1250-650|=600 → 0 point - Struvite [550-950]: |1250-950|=300 → 0 point
```

## 4.2 Critère 2 - Morphologie du calcul (0-3 points)

**Justification scientifique:** La morphologie macroscopique reflète le mode de cristallisation et l'environnement physico-chimique de formation.

### Morphologies caractéristiques

Morphologie	Description	Types associés	Points
-------------	-------------	----------------	--------

*Sphérique lisse**	Surface régulière, cristallisation homogène	Whewellite, Cystine, Acide urique, Urat NH <sub>4</sub>	3 (signature) ou 1 (compatible)
*Irrégulière spiculée**	Surface rugueuse, cristaux en aiguilles	Weddellite, Brushite, Struvite	3 (signature) ou 1 (compatible)
*Crayeuse**	Aspect friable, surface mate	Carbapatite	3 (signature)
*Coralliforme**	Ramifications multiples, moule caliciel	Struvite	3 (signature)
*Hétérogène**	Composition mixte visible	Tous (compatible)	1 (compatible)

### Attribution des points

```
Si Morphologie_observée dans Morphologies_signatures[Type]: Points = 3 # Morphologie pathognomonique Sinon Si Morphologie_observée dans Morphologies_compatibles[Type]: Points = 1 # Morphologie compatible Sinon: Points = 0 # Morphologie non caractéristique
```

### 4.3 Critère 3 - pH urinaire (0-3 points)

**Justification scientifique:** Le pH urinaire détermine la solubilité des différents cristaux. C'est un facteur physico-chimique majeur de la lithogenèse.

### Plages de pH favorables

Type de calcul	pH favorable	Explication physico-chimique
Whewellite, Weddellite	5.0-5.8	Précipitation CaOx en milieu acide
Cystine	5.0-5.8	Précipitation cystine si pH<7.0
Acide urique	5.0-5.8	Forme non-ionisée insoluble en milieu acide
Brushite	6.0-6.8	Précipitation CaHPO <sub>4</sub> en milieu neutre
Carbapatite	6.8-7.5	Précipitation Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> en milieu alcalin
Struvite	6.8-7.5	Formation MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub> si pH>7.0
Urate ammonium	6.8-7.5	Précipitation urate en milieu alcalin

### Attribution des points

```
Si pH_mesuré dans [pH_min, pH_max] pour le type: Points = 3 # pH favorable à la cristallisation Sinon: Δ_pH = min(|pH_mesuré - pH_min|, |pH_mesuré - pH_max|) Si Δ_pH ≤ 0.5: Points = 1 # pH proche de la plage Sinon: Points = 0 # pH défavorable
```

### Exemple clinique:

Patient avec pH urinaire = 5.2 - Acide urique [5.0-5.8]: 5.2 dans plage → 3 points - Whewellite [5.0-5.8]: 5.2 dans plage → 3 points - Struvite [6.8-7.5]:  $|5.2-6.8|=1.6 \rightarrow 0$  point - Carbapatite [6.8-7.5]:  $|5.2-6.8|=1.6 \rightarrow 0$  point

## 4.4 Critère 4 - Marqueurs métaboliques (0-4 points + bonus)

**Justification scientifique:** Les troubles métaboliques sont les facteurs étiologiques majeurs de la lithiasse. Leur détection oriente directement vers le type de calcul.

### Score de base (0-4 points)

Marqueur métabolique	Seuil pathologique	Type associé	Points
**Hyperoxalurie**	>45 mg/24h	Whewellite	4
**Hypercalciurie**	>300 mg/24h (H), >250 (F)	Weddellite, Brushite, Carbapatite	4
**Hyperuricurie**	>800 mg/24h	Acide urique	4
**Cystinurie**	Cristaux hexagonaux	Cystine	4

### Points bonus (0-2 points supplémentaires)

**Hyperthyroïdie** (+2 points pour calculs calciques):

Si TSH < 0.4 mUI/L ET (T3 > 2.0 pg/mL OU T4 > 12.0 ng/dL): Hyperthyroïdie détectée Si Type ∈ {Whewellite, Weddellite, Brushite, Carbapatite}: Points\_bonus = +2

**Hypercalcémie** (+1 point pour calculs calciques):

Si Calciémie > 2.60 mmol/L: Si Type ∈ {Whewellite, Weddellite, Brushite, Carbapatite}: Points\_bonus = +1

## 4.5 Critère 5 - Infection urinaire (-1 à +3 points)

**Justification scientifique:** Les infections urinaires à germes uréasiques favorisent les calculs infectieux. Leur absence rend ces calculs improbables.

### Attribution des points

Si Infection\_urinaire présente: Si Germe\_urease\_positif (Proteus, Klebsiella, Pseudomonas): Si Type ∈ {Struvite, Carbapatite, Urate ammonium}: Points = +3 # Infection favorise ces types

```

Sinon: Points = 0 Sinon (E.coli, Enterococcus): Si Type ∈ {Struvite, Carbapatite}: Points = +2
# Infection compatible Sinon: Points = 0 Sinon (Absence d'infection): Si Type ∈ {Struvite,
Carbapatite, Urate ammonium}: Points = -1 # Infection quasi-nécessaire pour ces types Sinon:
Points = 0

```

## 4.6 Critère 6 - Radio-opacité (0-1 point)

**Justification scientifique:** La radio-opacité à l'ASP reflète la teneur en calcium du calcul.

### Attribution des points

Type	Radio-opacité attendue	Points si concordance
Whewellite, Weddellite, Brushite, Carbapatite	Opaque	+1
Struvite, Cystine, Acide urique, Urat ammonium	Transparent	+1

```

Si Radio_opacité_observée == Radio_opacité_attendue[Type]: Points = 1 Sinon: Points = 0

```

## 4.7 Critère 7 - Malformations urinaires (0-1 point)

**Justification scientifique:** Les malformations urinaires (duplicité, ectasie, reflux) favorisent la stase urinaire et les infections, prédisposant aux calculs infectieux.

### Attribution des points

```

Si Malformations_urinaires présentes: Si Type ∈ {Struvite, Carbapatite, Urat ammonium}:
Points = +1 # Facteur favorisant Sinon: Points = 0 Sinon: Points = 0

```

# 5. Critères diagnostiques détaillés

## 5.1 Données d'imagerie requises

### Tomodensitométrie rénale sans injection (protocole lithiase)

Paramètres d'acquisition recommandés:

- Collimation: 1-2 mm

- Tension: 120-140 kVp
- Courant: 200-400 mAs (adapté à la corpulence)
- Reconstruction: Coupes fines 1-3 mm

#### **Mesures à effectuer:**

##### **[1] Densité du calcul (UH):**

- Mesure du noyau (zone la plus dense)
- ROI (Region of Interest) de 1-2 mm<sup>2</sup>
- Moyenne sur 3 mesures si calcul hétérogène
- Éviter les artéfacts de volume partiel

##### **[2] Dimensions:**

- Diamètre longitudinal (grand axe)
- Diamètre transversal (petit axe)
- Taille effective = max(diamètres) pour conduite thérapeutique

##### **[3] Morphologie:**

- Forme globale: sphérique, ovale, irrégulière, coralliforme
- Surface: lisse, rugueuse, spiculée, crayeuse
- Homogénéité: homogène, hétérogène, stratifié

##### **[4] Localisation:**

- Rein (calice supérieur/moyen/inférieur, bassinet)
- Uretère (proximal/moyen/distal)
- Vessie

##### **[5] Radio-opacité à l'ASP (si disponible):**

- Opaque (visible à la radiographie simple)
- Transparent (invisible à l'ASP)

##### **[6] Retentissement haut appareil:**

- Dilatation pyélo-calicielle (grade 0-IV)
- Épaisseur du parenchyme rénal
- Volume rénal

##### **[7] Malformations associées:**

- Duplicité urétérale
- Rein en fer à cheval
- Ectasie pyélo-calicielle
- Reflux vésico-urétéréal

- Diverticules caliciels

## 5.2 Données biologiques requises

### Analyse urinaire (échantillon frais <2h)

#### [1] pH urinaire (pH-mètre ou bandelette):

- Mesure sur échantillon frais
- Idéalement sur miction du matin à jeun
- Répéter sur 3 jours si possible

#### [2] Densité urinaire (réfractomètre):

- Reflète l'état d'hydratation
- Normale: 1.010-1.025
- Hyperdensité >1.030: déshydratation

#### [3] Sédiment urinaire (microscope optique x400):

- Type de cristaux:
- Oxalate de calcium (enveloppe, octaèdres)
- Acide urique (rosettes, losanges)
- Phosphates (cercueils, étoiles)
- Cystine (hexagones pathognomoniques)
- Quantité: rares, modérés, nombreux, abondants

#### [4] ECBU (examen cytobactériologique):

- Leucocyturie (seuil: 10■/mL)
- Bactériurie (seuil: 10■/mL)
- Identification du germe
- Antibiogramme

### Biochimie urinaire des 24h (recueil complet)

#### Marqueurs principaux:

#### [1] Calciurie (mg/24h):

- Normal: <300 mg/24h (homme), <250 mg/24h (femme)
- Hypercalciurie si dépassement seuil
- Corriger par créatininurie: ratio Ca/créat <0.20

#### [2] Oxalurie (mg/24h):

- Normal: <45 mg/24h
- Hyperoxalurie modérée: 45-80 mg/24h
- Hyperoxalurie sévère: >80 mg/24h

**[3] Uricurie (mg/24h):**

- Normal: <800 mg/24h
- Hyperuricurie si >800 mg/24h

**[4] Citraturie (mg/24h):**

- Normal: >320 mg/24h
- Hypocitraturie si <320 mg/24h (facteur lithogène)

**[5] Créatininurie (mmol/24h):**

- Contrôle qualité du recueil des 24h
- Attendu: 8-15 mmol/24h (homme), 6-12 mmol/24h (femme)

**[6] Volume urinaire 24h:**

- Optimal: >2000 mL/24h
- Facteur de risque si <1500 mL/24h

## Biochimie sanguine

**[1] Fonction rénale:**

- Créatininémie ( $\mu\text{mol/L}$ )
- Calcul DFG (CKD-EPI ou Cockcroft)
- Urée ( $\text{mmol/L}$ )

**[2] Métabolisme phosphocalcique:**

- Calcémie ( $\text{mmol/L}$ ): Normal 2.20-2.60
- Phosphorémie ( $\text{mmol/L}$ ): Normal 0.85-1.45
- PTH (pg/mL): Normal 15-65
- 25-OH vitamine D (ng/mL): Optimal >30

**[3] Hormones thyroïdiennes:**

- TSH (mUI/L): Normal 0.4-4.0
- T3 libre (pg/mL): Normal 1.8-4.2
- T4 libre (ng/dL): Normal 0.8-2.0
- Recherche hyperthyroïdie (hypercalciurie secondaire)

**[4] Métabolisme urique:**

- Uricémie ( $\mu\text{mol/L}$ ): Normal <420 (H), <360 (F)

## 5.3 Données cliniques

### Anamnèse

- **Antécédents personnels:**

- Épisodes lithiasiques antérieurs (nombre, dates, traitements)
- Pathologies métaboliques (diabète, goutte, obésité)
- Maladies digestives (Crohn, RCH, résections intestinales)
- Hyperparathyroïdie, acidose tubulaire rénale

- **Antécédents familiaux:**

- Lithiasis familiale (parents, fratrie)
- Maladies métaboliques héréditaires

- **Habitudes de vie:**

- Hydratation quotidienne (L/jour)
- Alimentation (protéines animales, sel, oxalates, purines)
- Activité physique
- Exposition climatique (déshydratation)

- **Traitements en cours:**

- Diurétiques thiazidiques ( $\downarrow$ calciurie)
- Inhibiteurs de la pompe à protons ( $\downarrow$ absorption calcium)
- Suppléments calciques, vitamine D
- Allopurinol ( $\downarrow$ uricurie)

## 6. Processus d'inférence étape par étape

### 6.1 Étape 1 - Collecte et vérification des données

#### Checklist des données minimales requises

Données **ESSENTIELLES** (si manquantes: résultat incomplet):

- [ ] Densité scanner (UH)
- [ ] pH urinaire
- [ ] Taille du calcul (mm)

### **Données IMPORTANTES** (améliorent la spécificité):

- [ ] Morphologie du calcul
- [ ] Radio-opacité à l'ASP
- [ ] ECBU (infection oui/non, germe)
- [ ] Marqueurs métaboliques (calciurie, oxalurie, uricurie)

### **Données COMPLÉMENTAIRES** (affinent le diagnostic):

- [ ] Sédiment urinaire (type de cristaux)
- [ ] Hormones thyroïdiennes (TSH, T3, T4)
- [ ] Calcémie
- [ ] Malformations urinaires

### **Contrôle de cohérence**

Vérifier les incohérences flagrantes:

```
Si Densité <500 UH ET Radio_opacité=="opaque": INCOHÉRENCE: Calcul peu dense devrait être transparent
Si pH<6.0 ET Infection_à_germe_uréasique présente: INCOHÉRENCE: Infection à uréase devrait alcaliniser les urines
Si Calcémie>2.80 mmol/L: URGENCE: Hypercalcémie sévère, bilan parathyroïdien urgent
```

## **6.2 Étape 2 - Calcul du score pour chaque type**

### **Algorithme de scoring:**

```
# Pseudo-code de l'inférence POUR chaque Type_calcul dans [Whewellite, Weddellite, Carbapatite, Brushite, Struvite, Cystine, Acide_urique, Urate_ammonium]: Score_total[Type] = 0
Justifications[Type] = [] # 1. Score densité (0-6 points) points, raison =
calculer_score_densite(Densite_UH, Type) Score_total[Type] += points SI points > 0:
Justifications[Type].ajouter(raison) # 2. Score morphologie (0-3 points) points, raison =
calculer_score_morphologie(Morphologie, Type) Score_total[Type] += points SI points > 0:
Justifications[Type].ajouter(raison) # 3. Score pH (0-3 points) points, raison =
calculer_score_pH(pH_urinaire, Type) Score_total[Type] += points SI points > 0:
Justifications[Type].ajouter(raison) # 4. Score métabolique (0-4 points + bonus) points,
raison = calculer_score_metabolique( Hyperoxalurie, Hypercalciurie, Hyperuricurie, Cystinurie, TSH, T3, T4, Calcémie, Type ) Score_total[Type] += points SI points > 0:
Justifications[Type].ajouter(raison) # 5. Score infection (-1 à +3 points) points, raison =
calculer_score_infection( Infection, Germe, Urease_positif, Type ) Score_total[Type] += points SI points != 0: Justifications[Type].ajouter(raison) # 6. Score radio-opacité (0-1 point)
points, raison = calculer_score_radioopacite(Radio_opacite, Type) Score_total[Type] += points SI points > 0: Justifications[Type].ajouter(raison) # 7. Score malformations (0-1 point)
points, raison = calculer_score_malformations(Malformations, Type) Score_total[Type] += points SI points > 0: Justifications[Type].ajouter(raison) FIN POUR
```

### **Détail des fonctions de scoring:**

```

FONCTION calculer_score_densite(uh, type_calcul): SI uh est NULL: RETOURNER (0, "Densité non renseignée") uh_min, uh_max = PLAGES_DENSITE[type_calcul] SI uh_min ≤ uh ≤ uh_max: raison = f"Densité {uh} UH dans plage typique [{uh_min}-{uh_max}]" RETOURNER (6, raison) delta = min(|uh - uh_min|, |uh - uh_max|) SI delta ≤ 100: raison = f"Densité {uh} UH proche de la plage ( $\Delta=\{delta\}$  UH)" RETOURNER (4, raison) SINON SI delta ≤ 200: raison = f"Densité {uh} UH éloignée de la plage ( $\Delta=\{delta\}$  UH)" RETOURNER (2, raison) SINON: RETOURNER (0, "") FONCTION calculer_score_metabolique(hyperox, hypercalc, hyperuric, cystin, tsh, t3, t4, calcemie, type_calcul): points = 0 raisons = [] marqueur_signature = MARQUEUR_METABOLIQUE[type_calcul] # Score de base (0-4 points) SI marqueur_signature == "hyperoxalurie" ET hyperox == VRAI: points += 4 raisons.ajouter("Hyperoxalurie (marqueur signature)") SINON SI marqueur_signature == "hypercalciurie" ET hypercalc == VRAI: points += 4 raisons.ajouter("Hypercalciurie (marqueur signature)") SINON SI marqueur_signature == "hyperuricurie" ET hyperuric == VRAI: points += 4 raisons.ajouter("Hyperuricurie (marqueur signature)") SINON SI marqueur_signature == "cystinurie" ET cystin == VRAI: points += 4 raisons.ajouter("Cystinurie (pathognomonique)") # Bonus hyperthyroïdie (+2 points pour calculs calciques) SI tsh < 0.4 ET (t3 > 2.0 OU t4 > 12.0): SI type_calcul dans [Whewellite, Weddellite, Brushite, Carbapatite]: points += 2 raisons.ajouter("Hyperthyroïdie (hypercalciurie secondaire)") # Bonus hypercalcémie (+1 point pour calculs calciques) SI calcemie > 2.60: SI type_calcul dans [Whewellite, Weddellite, Brushite, Carbapatite]: points += 1 raisons.ajouter(f"Hypercalcémie ({calcemie} mmol/L)") raison_finale = ", ".join(raisons) SI raisons SINON "" RETOURNER (points, raison_finale)

```

## 6.3 Étape 3 - Classement et sélection

```

# Trier les types par score décroissant Classement = trier_par_score_decroissant(Score_total)
# Extraire le Top 3 Top_1 = Classement[0] # Type le plus probable Top_2 = Classement[1] # 2ème type Top_3 = Classement[2] # 3ème type # Calcul de la différence de score Delta_score =
Score_total[Top_1] - Score_total[Top_2]

```

## 6.4 Étape 4 - Détection d'incertitude diagnostique

```

SI Delta_score < 2: Resultat_incertain = VRAI Message_alerte = " RÉSULTAT INCERTAIN : Différence de score <2 points" # Recommandations d'examens complémentaires SI Top_1 == "Whewellite" ET Top_2 == "Weddellite": Recommandation = "Doser oxalurie et calciurie des 24h" SI Top_1 == "Acide urique" ET Top_2 == "Struvite": Recommandation = "Vérifier ECBU et uricosurie des 24h" SI Top_1 dans [Brushite, Carbapatite]: Recommandation = "Bilan phosphocalcique (PTH, vitamine D)" SI Top_1 == "Cystine": Recommandation = "Rechercher cristaux hexagonaux dans sédiment" SINON: Resultat_incertain = FAUX

```

## 6.5 Étape 5 - Détermination du type de composition

```

SI Score_total[Top_1] ≥ 12 ET Delta_score ≥ 4: Type_composition = "PURE" Explication = "Score élevé ( $\geq 12$ ) et écart significatif ( $\geq 4$ ) → Composition probablement pure" SINON SI Score_total[Top_1] < 10 OU Delta_score < 2: Type_composition = "MIXTE PROBABLE" SI Delta_score < 2: Explication = f"Écart faible entre {Top_1} et {Top_2} → Composition mixte probable" Composition_detail = f"{Top_1} + {Top_2} (mixte)" SINON: Explication = "Score global faible → Composition mixte ou atypique possible" Composition_detail = f"{Top_1} (prédominant, mixte possible)" SINON: Type_composition = "PURE PROBABLE" Explication = "Score modéré mais type dominant clair" Composition_detail = Top_1

```

## 6.6 Étape 6 - Génération des recommandations thérapeutiques

### Éligibilité à la lithotripsie extracorporelle (LEC)

```
FONCTION determiner_eligibilite_LEC(typeCalcul, taille_mm, densite_uh): # Types favorables à la LEC
types_LEC_favorables = [Weddellite, Carbapatite, Struvite] # Types défavorables à la LEC
types_LEC_defavorables = [Whewellite, Brushite, Cystine, Acide_urique, Urate_ammonium]
SI typeCalcul dans types_LEC_favorables: SI taille_mm ≤ 20 ET densite_uh < 1500: RETOURNER ("Oui", "Type favorable + taille/densité compatibles") SINON SI taille_mm > 20: RETOURNER ("Non", "Taille >20mm: PCNL ou URS préférable") SINON SI densite_uh ≥ 1500: RETOURNER ("Non", "Densité élevée (≥1500 UH): fragmentation difficile") SI typeCalcul dans types_LEC_defavorables: RETOURNER ("Non", f"{{typeCalcul}} résiste à la LEC") RETOURNER ("Indéterminé", "Discuter en RCP")
```

### Voie de traitement recommandée

```
FONCTION determiner_voie_traitement(typeCalcul, taille_mm, densite_uh, localisation, morphologie): # Calculs <10mm SI taille_mm < 10: SI typeCalcul == "Acide urique": RETOURNER "Dissolution médicale (alcalinisation pH>6.5)" SINON SI typeCalcul == "Cystine": RETOURNER "Dissolution médicale (alcalinisation pH>7.5 + chélateurs)" SINON: SI eligibilite_LEC == "Oui": RETOURNER "Surveillance ou LEC si symptomatique" SINON: RETOURNER "Surveillance ou traitement médical expulsif" # Calculs 10-20mm SI 10 ≤ taille_mm ≤ 20: SI eligibilite_LEC == "Oui" ET densite_uh < 1500: RETOURNER "LEC en première intention" SINON: RETOURNER "URS (urétéroscopie) en première intention" # Calculs >20mm SI taille_mm > 20: SI morphologie == "coralliforme": RETOURNER "PCNL (néphrolithotomie percutanée) + traitement adjuvant" SINON SI localisation dans [calice_inferieur, bassinet]: RETOURNER "PCNL ou URS selon expertise centre" SINON: RETOURNER "Discuter PCNL vs URS en RCP" RETOURNER "Avis urologique spécialisé"
```

## 6.7 Étape 7 - Conseils de prévention personnalisés

```
FONCTION generer_conseils_prevention(typeCalcul, marqueurs_metaboliques, pH_urinaire, volume_urinaire): conseils = [] # Conseils généraux (tous types) conseils.ajouter("Augmenter hydratation à >2.5 L/jour (urines claires)") SI volume_urinaire < 1500: conseils.ajouter("PRIORITÉ: Corriger déshydratation chronique") # Conseils spécifiques par type SI typeCalcul == "Whewellite": conseils.ajouter("Limiter aliments riches en oxalate (épinards, rhubarbe, chocolat)") conseils.ajouter("Maintenir apport calcique normal (1000 mg/jour)") SI pH_urinaire < 6.0: conseils.ajouter("Alcaliniser urines (citrate de potassium)") SI typeCalcul == "Weddellite": conseils.ajouter("Réduire apport sodé (<5 g/jour)") conseils.ajouter("Limiter protéines animales (100-120 g/jour)") SI hypercalciurie: conseils.ajouter("Envisager thiazidique si hypercalciurie persistante") SI typeCalcul == "Acide urique": conseils.ajouter("Limiter aliments riches en purines (viandes rouges, abats)") conseils.ajouter("Alcaliniser urines (objectif pH 6.5-7.0)") conseils.ajouter("Envisager allopurinol si hyperuricurie >800 mg/24h") SI pH_urinaire < 6.0: conseils.ajouter(" URGENT: Alcalinisation pour dissolution") SI typeCalcul == "Struvite": conseils.ajouter(" PRIORITÉ: Éradication infections urinaires") conseils.ajouter("ECBU de contrôle tous les 3 mois") conseils.ajouter("Antibioprophylaxie si infections récidivantes") conseils.ajouter("Rechercher malformations urinaires favorisantes") SI typeCalcul == "Cystine": conseils.ajouter(" Hydratation massive (>3 L/jour)") conseils.ajouter("Alcaliniser urines (objectif pH >7.5)") conseils.ajouter("Traitement chélateur (tiopronine ou pénicillamine)") conseils.ajouter("Régime pauvre en méthionine") SI typeCalcul == "Brushite": conseils.ajouter("Bilan parathyroïdien (recherche hyperparathyroïdie)") conseils.ajouter("Limiter apport en phosphore") conseils.ajouter("Contrôle vitamine D") SI typeCalcul == "Carbapatite": conseils.ajouter("Traiter infections urinaires récidivantes") conseils.ajouter("Bilan phosphocalcique complet") SI typeCalcul == "Urato ammonium":
```

```
conseils.ajouter("Traiter diarrhées chroniques (bilan digestif)") conseils.ajouter("Contrôle infections urinaires") RETOURNER conseils
```

## 7. Interprétation des résultats

### 7.1 Rapport d'inférence type

Le rapport généré par l'algorithme contient:

#### Section 1 - Résultat principal

RÉSULTAT DE L'ANALYSE MORPHO-CONSTITUTIONNELLE Type proposé: Whewellite (oxalate de calcium monohydraté) Score: 16/21 points Composition: PURE PROBABLE Certitude: ÉLEVÉE ( $\Delta$  score = 5 points avec 2ème type)

#### Section 2 - Justifications détaillées

CRITÈRES DIAGNOSTIQUES RETENUS Densité scanner: 1350 UH (plage typique 1200-1700) → 6 pts Morphologie: Sphérique lisse (signature) → 3 pts pH urinaire: 5.6 (plage favorable 5.0-5.8) → 3 pts Hyperoxalurie: 62 mg/24h (marqueur signature) → 4 pts Absence d'infection urinaire (favorable) → 0 pts Radio-opacité: Transparent (attendu opaque) → 0 pts

#### Section 3 - Top 3 types probables

CLASSEMENT DES TYPES PROBABLES 1. Whewellite 16/21 2. Weddellite 11/21 3. Acide urique 7/21

#### Section 4 - Conduite à tenir

RECOMMANDATIONS THÉRAPEUTIQUES Éligibilité LEC: NON (Whewellite résiste à la fragmentation) Voie de traitement: URS (urétéroscopie) en première intention Taille: 12mm → Extraction active recommandée

#### Section 5 - Prévention

CONSEILS DE PRÉVENTION PERSONNALISÉS 1. Augmenter hydratation à >2.5 L/jour (urines claires) 2. Limiter aliments riches en oxalate: - Épinards, rhubarbe, oseille - Chocolat noir, cacao - Cacahuètes, noix de cajou - Thé noir fort 3. Maintenir apport calcique normal (1000 mg/jour) → Ne PAS supprimer les laitages 4. Alcaliniser les urines (citrate de potassium 30-60 mEq/j)

## 7.2 Interprétation du score

### Score ≥ 15/21: Diagnostic de haute probabilité

- Concordance excellente des critères
- Composition pure très probable
- Conduite thérapeutique claire

**Action:** Appliquer directement les recommandations

### Score 10-14/21: Diagnostic probable

- Concordance satisfaisante
- Composition pure probable ou mixte avec type dominant
- Demander examens complémentaires si disponibles

**Action:** Recommandations applicables, surveillance rapprochée

### Score 7-9/21: Diagnostic incertain

- Concordance partielle
- Composition probablement mixte
- Différence faible avec autres types

**Action:**

- Demander dosages métaboliques manquants
- Envisager spectrophotométrie infrarouge après récupération
- Appliquer conseils préventifs généraux

### Score <7/21: Diagnostic très incertain

- Faible concordance
- Composition atypique ou données insuffisantes
- Risque d'erreur diagnostique élevé

**Action:**

- Compléter le bilan (imagerie, biologie)
- Attendre récupération du calcul pour analyse SPIR

- Conseils préventifs généraux uniquement

## 7.3 Gestion de l'incertitude diagnostique

### Cas 1: Score proche entre 2 types ( $\Delta < 2$ )

**Exemple:** Whewellite 14 pts vs Weddellite 13 pts

RÉSULTAT INCERTAIN Les deux types d'oxalate de calcium sont possibles. EXAMENS COMPLÉMENTAIRES RECOMMANDÉS: - Oxalurie des 24h (si  $>60$  mg/24h → Whewellite) - Calciurie des 24h (si  $>300$  mg/24h → Weddellite) - Ratio oxalate/calcium urinaire EN ATTENTE DU BILAN: - Conseils communs oxalate de calcium - Hydratation  $>2.5$  L/jour - Limiter oxalates alimentaires

### Cas 2: Score faible pour tous les types ( $<10$ )

**Exemple:** Meilleur score 8 pts (Carbapatite)

DONNÉES INSUFFISANTES ou COMPOSITION ATYPIQUE CAUSES POSSIBLES: 1. Données manquantes (pH, marqueurs métaboliques) 2. Composition mixte complexe 3. Type rare non couvert par l'algorithme CONDUITE À TENIR: 1. Compléter le bilan biologique 2. Répéter imagerie scanner haute résolution 3. Récupérer le calcul pour analyse SPIR (référence) 4. Appliquer conseils préventifs généraux: - Hydratation  $>2.5$  L/jour - Réduction sel et protéines animales - pH urinaire 6.0-6.5

### Cas 3: Incohérence flagrante

**Exemple:** Densité 1400 UH + Radio-opacité transparente

INCOHÉRENCE DÉTECTÉE Densité  $>1200$  UH incompatible avec radiotransparence. VÉRIFICATIONS À EFFECTUER: 1. Revoir mesures densitométriques (ROI, artéfacts) 2. Vérifier qualité de l'ASP (technique, centrage) 3. Éliminer calcul sur trajet (urètre vs vaisseau) RECOMMANDATION: Avis radiologique spécialisé avant interprétation.

## 8. Conduite à tenir thérapeutique

### 8.1 Arbre décisionnel thérapeutique

CALCUL URINAIRE DIAGNOSTIQUÉ Taille  $<10$ mm Taille  $\geq 10$ mm Symptomatique Asymptomatique 10-20mm  $>20$ mm ou Obstructif (découverte) coralliforme Surveillance PCNL 3-6 mois ( $\pm$  adjuvant) Dissolution Extraction LEC URS médicale active éligible? (Acide (URS ou Oui Non unique, LEC

selon Cystine) type) LEC URS (si Densité <1500 UH)

## 8.2 Dissolution médicale (calculs radiotransparents)

### Acide urique

#### Indications:

- Calcul <15mm
- Radiotransparent confirmé (ASP + scanner <500 UH)
- Fonction rénale préservée
- Absence d'obstruction complète

#### Protocole d'alcalinisation:

Objectif pH urinaire: 6.5-7.0 Traitement: Citrate de potassium 30-90 mEq/jour (adapter selon pH urinaire x3/jour) Jour 1-7: 30 mEq/jour (10+10+10) → Contrôle pH J7 Jour 8-14: 60 mEq/jour (20+20+20) si pH<6.5 Jour 15+: 90 mEq/jour si pH<6.5 Surveillance: - pH urinaire quotidien (bandelettes) - Scanner de contrôle à 1 mois puis tous les 2 mois - Arrêt si disparition complète du calcul Durée attendue de dissolution: 1-6 mois selon taille

#### Critères d'échec (→ traitement chirurgical):

- Absence de réduction taille à 3 mois
- Augmentation de taille
- Complications (infection, obstruction)

### Cystine

#### Indications:

- Calcul <10mm
- Diagnostic confirmé (cristaux hexagonaux)
- Compliance patient excellente

#### Protocole de dissolution:

Hydratation: >3 L/jour (répartis sur 24h, y compris nuit) Objectif pH: >7.5 Traitement: - Citrate de potassium 60-120 mEq/jour - Tiopronine 800-2000 mg/jour (chélateur de cystine) OU Pénicillamine si intolérance tiopronine Surveillance: - pH urinaire x 3/jour - Cystinurie tous les 3 mois - Scanner tous les 6 mois Critères de succès: - Cystinurie <250 mg/L - pH >7.5 stable - Réduction taille du calcul

## 8.3 Lithotripsie extracorporelle (LEC)

## Types favorables

Type	Éligibilité	Taux de succès	Remarques
Weddellite	+++++	70-85%	Excellent candidat
Carbapatite	++++	65-75%	Bon candidat
Struvite	+++	60-70%	Bon candidat, risque septique
Acide urique	++	50-65%	Dissolution préférable si <15mm
Cystine	+	30-45%	Mauvais candidat, nombreuses séances
Whewellite	-	20-40%	Résistant, nombreuses séances
Brushite	-	15-30%	Très résistant

## Contre-indications

### Absolues:

- Grossesse
- Troubles de coagulation non corrigés
- Obstruction en aval du calcul (sténose urétérale)
- Anévrisme aortique abdominal >4cm sur trajet de l'onde

### Relatives:

- Obésité morbide (IMC >40)
- Malformations squelettiques (accès impossible)
- Calcul >20mm (taux d'échec élevé)
- Densité >1500 UH (fragmentation difficile)
- Infection urinaire active non contrôlée

## Protocole LEC

Préparation: - ECBU stérile (<48h) - INR <1.5, plaquettes >100000 - Arrêt antiagrégants 5-7j avant Procédure: - Analgésie IV ou générale selon centre - Localisation calcul (échographie ou scopie) - 2000-3000 chocs à 14-18 kV - Durée: 30-60 minutes Post-LEC: - Hydratation forcée >2.5 L/jour - Antalgiques si coliques - Tamsulosine 0.4mg/jour (facilite expulsion fragments) - AINS 3-5 jours Surveillance: - ASP + échographie à J15 - Si fragments résiduels >4mm: 2ème séance à 6 semaines - Max 3 séances avant envisager URS

## 8.4 Urétéroscopie (URS)

## Indications

- Calculs 10-20mm non éligibles LEC
- Échec LEC (fragments résiduels >4mm après 3 séances)
- Whewellite, Brushite, Cystine >10mm
- Calculs urétéraux symptomatiques

## Technique

### URS souple (calculs rénaux):

- Laser Holmium:YAG (fragmentation)
- Extraction au panier ou pince
- Sonde JJ 2-4 semaines

### URS rigide (calculs urétéraux):

- Lithoclast pneumatique ou laser
- Extraction directe si <6mm

### Taux de succès:

- Calculs rénaux <15mm: 85-95%
- Calculs urétéraux: 95-98%

## 8.5 Néphrolithotomie percutanée (PCNL)

## Indications

- Calculs >20mm
- Calculs coralliformes
- Échec LEC/URS
- Calculs calice inférieur >15mm

## Technique

- Abord percutané direct du rein
- Néphrolithotomie ou lithoclast ultrasonique
- Hospitalisation 3-5 jours

Taux de succès: 90-95% (stone-free en 1 temps)

## 9. Application manuelle de l'algorithme

### 9.1 Fiche de calcul manuelle

Cette fiche permet d'appliquer l'algorithme KALONJI sans logiciel informatique.

#### DONNÉES DU PATIENT

FICHE D'ÉVALUATION MORPHO-CONSTITUTIONNELLE MANUELLE Nom: \_\_\_\_\_ Prénom: \_\_\_\_\_  
Date: \_\_\_\_\_ Âge: \_\_\_\_\_ Sexe: M / F

#### ÉTAPE 1: Collecte des données

IMAGERIE SCANNER Densité UH (noyau): [\_\_\_\_] UH Taille (grand axe): [\_\_\_\_] mm Morphologie:  
Sphérique lisse Irrégulière spiculée Crayeuse Coralliforme Hétérogène Autre: \_\_\_\_\_  
Radio-opacité ASP: Opaque Transparent Localisation: \_\_\_\_\_ Malformations: Non Oui: \_\_\_\_\_  
BIOLOGIE URINAIRE pH urinaire: [\_\_\_\_] Densité urinaire: [\_\_\_\_] Sédiment (cristaux): Oxalate  
Urique Phosphate Cystine ECBU: Stérile Infecté, germe: \_\_\_\_\_ Uréase + Uréase - MARQUEURS  
MÉTABOLIQUES 24H Calciurie: [\_\_\_\_] mg/24h <300 ≥300 (hyper) Oxalurie: [\_\_\_\_] mg/24h <45 ≥45  
(hyper) Uricurie: [\_\_\_\_] mg/24h <800 ≥800 (hyper) Cystinurie: Non Oui BILAN SANGUIN Calcémie:  
[\_\_\_\_] mmol/L <2.60 ≥2.60 TSH: [\_\_\_\_] mUI/L 0.4-4.0 <0.4 T3: [\_\_\_\_] pg/mL Normal >2.0 T4:  
[\_\_\_\_] ng/dL Normal >12.0

#### ÉTAPE 2: Grille de notation

Reproduire cette grille pour chacun des 8 types:

TYPE DE CALCUL: WHEWELLITE Plage densité: 1200-1700 UH pH favorable: 5.0-5.8 Marqueur:  
Hyperoxalurie 1. DENSITÉ (0-6 pts) Densité mesurée: [\_\_\_\_] UH Dans plage [1200-1700] → 6 pts  
Proche ( $\Delta \leq 100$  UH) → 4 pts Éloignée ( $\Delta \geq 200$  UH) → 2 pts Hors plage ( $\Delta > 200$  UH) → 0 pt SCORE  
DENSITÉ: [\_\_\_\_] pts 2. MORPHOLOGIE (0-3 pts) Morphologie observée: \_\_\_\_\_ Sphérique  
lisse (signature) → 3 pts Irrégulière spiculée (compatible) → 1 pt Hétérogène (compatible) →  
1 pt Autre → 0 pt SCORE MORPHOLOGIE: [\_\_\_\_] pts 3. pH URINAIRE (0-3 pts) pH mesuré: [\_\_\_\_] Dans  
plage [5.0-5.8] → 3 pts Proche ( $\Delta \leq 0.5$ ) → 1 pt Hors plage ( $\Delta > 0.5$ ) → 0 pt SCORE pH: [\_\_\_\_] pts  
4. MARQUEURS MÉTABOLIQUES (0-6 pts) Score de base: Hyperoxalurie présente → 4 pts  
Hyperoxalurie absente → 0 pt Bonus hyperthyroïdie: TSH<0.4 ET (T3>2.0 OU T4>12.0) → +2 pts  
Non → 0 pt Bonus hypercalcémie: Calcémie>2.60 → +1 pt Non → 0 pt SCORE MÉTABOLIQUE: [\_\_\_\_] pts  
5. INFECTION (-1 à +3 pts) Pas d'infection → 0 pt Infection présente → 0 pt SCORE INFECTION:  
[\_\_\_\_] pts 6. RADIO-OPACITÉ (0-1 pt) Opaque (attendu) → 1 pt Transparent → 0 pt SCORE  
RADIO-OPACITÉ: [\_\_\_\_] pts 7. MALFORMATIONS (0-1 pt) Pas de malformation → 0 pt Malformation  
présente → 0 pt SCORE MALFORMATIONS: [\_\_\_\_] pts SCORE TOTAL WHEWELLITE: [\_\_\_\_] / 21 pts

#### ÉTAPE 3: Récapitulatif des scores

CLASSEMENT DES 8 TYPES 1. Whewellite [\_\_\_\_] / 21 2. Weddellite [\_\_\_\_] / 21 3. Carbapatite [\_\_\_\_] /  
21 4. Brushite [\_\_\_\_] / 21 5. Struvite [\_\_\_\_] / 21 6. Cystine [\_\_\_\_] / 21 7. Acide urique [\_\_\_\_] / 21

8. Urate ammonium [\_\_] / 21 Classer par ordre décroissant: Top 1: \_\_\_\_\_ ([\_\_] pts)  
Top 2: \_\_\_\_\_ ([\_\_] pts) Top 3: \_\_\_\_\_ ([\_\_] pts) Δ score (Top1 - Top2) =  
[\_\_] pts SI  $\Delta < 2 \rightarrow$  RÉSULTAT INCERTAIN

## ÉTAPE 4: Interprétation

INTERPRÉTATION Type proposé: \_\_\_\_\_ Composition: PURE (score  $\geq 12$  ET  $\Delta \geq 4$ ) PURE  
PROBABLE (score 10-14) MIXTE PROBABLE (score <10 OU  $\Delta < 2$ ) Certitude: ÉLEVÉE ( $\Delta \geq 4$ ) MODÉRÉE  
( $\Delta = 2-3$ ) FAIBLE ( $\Delta < 2$ )

## ÉTAPE 5: Conduite à tenir

RECOMMANDATIONS THÉRAPEUTIQUES Taille du calcul: [\_\_] mm Éligibilité LEC: OUI (Weddellite, Carbapatite, Struvite) ET Taille  $\leq 20$  mm ET Densité  $< 1500$  UH NON (Whewellite, Brushite, Cystine, Uriques) OU Taille  $> 20$  mm OU Densité  $\geq 1500$  UH Voie de traitement: Dissolution médicale (Acide urique, Cystine) Surveillance (< 10mm asymptomatique) LEC (si éligible) URS (non éligible LEC ou 10-20mm) PCNL ( $> 20$  mm ou coralliforme)

## ÉTAPE 6: Prévention

Se référer aux conseils spécifiques par type (section 6.7).

## 9.2 Exemple d'application manuelle complète

**CAS CLINIQUE:** Patient homme, 45 ans, 1er épisode lithiasique

### DONNÉES:

- Densité scanner: 1250 UH
- Taille: 8 mm
- Morphologie: Sphérique lisse
- Radio-opacité: Opaque
- pH urinaire: 5.6
- Oxalurie 24h: 52 mg/24h (hyperoxalurie)
- Calciurie 24h: 220 mg/24h (normale)
- ECBU: Stérile
- Calcémie: 2.45 mmol/L (normale)
- TSH: 1.2 mUI/L (normale)

### SCORING WHEWELLITE:

[1] Densité 1250 UH dans [1200-1700] → **6 pts**

[2] Morphologie sphérique lisse (signature) → **3 pts**

[3] pH 5.6 dans [5.0-5.8] → **3 pts**

[4] Hyperoxalurie (marqueur signature) → **4 pts**

- Pas d'hyperthyroïdie → 0 pt bonus

- Pas d'hypercalcémie → 0 pt bonus

[5] Pas d'infection → **0 pt**

[6] Radio-opacité opaque (attendu) → **1 pt**

[7] Pas de malformation → **0 pt**

**SCORE TOTAL WHEWELLITE: 17/21 pts**

#### **SCORING WEDDELLITE:**

[1] Densité 1250 UH dans [1000-1450] → **6 pts**

[2] Morphologie sphérique lisse (compatible) → **1 pt**

[3] pH 5.6 dans [5.0-5.8] → **3 pts**

[4] Pas d'hypercalciurie → **0 pt**

[5] Pas d'infection → **0 pt**

[6] Radio-opacité opaque (attendu) → **1 pt**

[7] Pas de malformation → **0 pt**

**SCORE TOTAL WEDDELLITE: 11/21 pts**

#### **SCORING AUTRES TYPES: <10 pts**

#### **CLASSEMENT:**

[1] Whewellite: 17 pts

[2] Weddellite: 11 pts

[3] Acide urique: 6 pts

$\Delta = 17-11 = \mathbf{6 \text{ pts}}$  (certitude élevée)

#### **CONCLUSION:**

- **Type proposé:** Whewellite (oxalate de calcium monohydraté)
- **Composition:** PURE (score élevé 17/21,  $\Delta=6$ )
- **Certitude:** ÉLEVÉE

#### **CONDUITE À TENIR:**

- Taille 8mm: Surveillance ou traitement médical expulsif

- **Éligibilité LEC:** NON (Whewellite résiste)
- Si symptomatique: URS (urétroscopie)

## PRÉVENTION:

- [1] Hydratation >2.5 L/jour
- [2] Limiter aliments riches en oxalate
- [3] Maintenir apport calcique normal (1000 mg/jour)
- [4] Alcaliniser urines (citrate potassium)
- [5] Contrôler oxalurie à 6 mois

# 10. Limites et perspectives

## 10.1 Limites de l'algorithme

### 10.1.1 Limites intrinsèques

#### [1] Absence d'analyse spectrophotométrique directe:

- L'algorithme reste prédictif, non diagnostique
- La SPIR reste la référence (sensibilité/spécificité >95%)
- Discordances possibles avec composition réelle

#### [2] Types non couverts (<2% des cas):

- Calculs médicamenteux (indinavir, triamtérène)
- Xanthine (déficit xanthine oxydase)
- 2,8-dihydroxyadénine (déficit APRT)
- Compositions très atypiques

#### [3] Compositions mixtes complexes:

- Calculs >2 composants difficiles à prédire
- Stratifications multiples non modélisées
- Score peut être intermédiaire entre plusieurs types

### 10.1.2 Limites liées aux données

#### [1] Qualité de l'imagerie:

- Mesure densité dépend du protocole scanner

- Artéfacts de volume partiel si calcul <3mm
- Variabilité inter-observateur morphologie

**[2] Timing des bilans biologiques:**

- pH urinaire fluctue selon alimentation
- Marqueurs métaboliques nécessitent recueil 24h rigoureux
- Infections urinaires intermittentes (faux négatifs)

**[3] Données manquantes:**

- Score moins fiable si <4 critères renseignés
- Marqueurs métaboliques rarement tous dosés
- Hormones thyroïdiennes non systématiques

### 10.1.3 Limites cliniques

**[1] Populations spécifiques:**

- Enfants (compositions différentes, plages UH non validées)
- Grossesse (modifications métaboliques)
- Insuffisance rénale avancée (DFG <30)

**[2] Contextes particuliers:**

- Post-chirurgie bariatrique (hyperoxalurie entérique)
- Uropathies complexes
- Patients transplantés rénaux

## 10.2 Perspectives d'amélioration

### 10.2.1 Enrichissement de la base de connaissances

**[1] Intégration de nouvelles variables:**

- Génétique (polymorphismes lithogènes)
- Microbiome urinaire
- Biomarqueurs émergents (ostéopontine, calgranuline)

**[2] Analyse algorithmique avancée:**

- Analyse statistique sur base de données SPIR validées
- Modélisation des compositions mixtes
- Optimisation des pondérations par analyse comparative

**[3] Imagerie avancée:**

- Scanner spectral (double énergie)
- IRM haute résolution
- Analyse texture/radiomique

### **10.2.2 Validation clinique**

**[1] Études prospectives:**

- Corrélation score vs SPIR sur cohortes >1000 patients
- Calcul sensibilité/spécificité par type
- Identification facteurs prédictifs discordance

**[2] Sous-groupes:**

- Validation pédiatrique (ajustement plages)
- Populations à risque spécifique
- Calculs récidivants vs primo-formateurs

**[3] Impact thérapeutique:**

- Évaluation pertinence conseils préventifs
- Réduction taux de récidive
- Optimisation choix technique ablation

### **10.2.3 Outils d'aide à la décision**

**[1] Interface multilingue:**

- Traductions (anglais, espagnol, arabe)
- Adaptation culturelle (alimentation)

**[2] Intégration dossier patient:**

- Import automatique scanner DICOM
- Liaison laboratoire (résultats biologiques)
- Historique longitudinal (récidives)

**[3] Aide à l'interprétation:**

- Visualisations graphiques (radar plots)
- Rapports personnalisés patient
- Recommandations diététiques illustrées

## **Conclusion**

L'algorithme KALONJI offre une **approche prédictive non-invasive** de la classification morpho-constitutionnelle des calculs urinaires, basée sur des critères cliniques, radiologiques et biologiques accessibles.

## Points forts

**Précocité diagnostique:** Orientation avant récupération du calcul

**Approche multiparamétrique:** Triangulation de 7 critères indépendants

**Quantification objective:** Score sur 21 points, reproductible

**Applicabilité universelle:** Utilisable manuellement sans logiciel

**Recommandations actionnables:** Thérapeutique et préventive personnalisées

## Usage recommandé

L'algorithme KALONJI est particulièrement utile pour:

- [1] **Orienter le bilan étiologique** avant récupération du calcul
- [2] **Débuter la prévention secondaire** précocement
- [3] **Guider le choix thérapeutique** (dissolution vs extraction)
- [4] **Contextes à faibles ressources** (absence de SPIR accessible)

## Complémentarité avec l'analyse SPIR

L'algorithme KALONJI **ne remplace pas** l'analyse spectrophotométrique infrarouge, mais:

- **Anticipe** le diagnostic probable
- **Complète** l'analyse chimique par le contexte métabolique
- **Guide** la prise en charge en attente des résultats SPIR

## Recommandation finale

ARBRE DÉCISIONNEL INTÉGRÉ CALCUL DIAGNOSTIQUÉ (scanner + biologie) → Appliquer algorithme KALONJI (Score + Top 3 + Recommandations) → SI Score élevé ( $\geq 15$ ) ET  $\Delta \geq 4$ : • Débuter prévention spécifique • Choisir voie thérapeutique adaptée → SI Score modéré (10-14): • Compléter bilan métabolique • Appliquer conseils généraux • Récupérer calcul pour SPIR → SI Score faible ( $< 10$ ) OU  $\Delta < 2$ : • Bilan métabolique complet obligatoire • Récupérer calcul pour SPIR (référence) APRÈS RÉCUPÉRATION DU CALCUL → Analyse SPIR (référence diagnostique) • Ajuster prévention selon composition • Comparer avec prédition KALONJI • Identifier causes discordance

L'algorithme KALONJI s'inscrit dans une démarche de médecine personnalisée et préventive, visant à optimiser la prise en charge lithiasique dès le diagnostic initial.

## Références scientifiques

### Composition et classification des calculs

- [1] Daudon M, Bazin D, Letavernier E. *Randall's plaque as the origin of calcium oxalate kidney stones*. Urolithiasis 2015;43 Suppl 1:5-11. doi:10.1007/s00240-014-0703-y
- [2] Daudon M, Traxer O, Lechevallier E, Saussine C. *Épidémiologie des lithiasés urinaires*. Progrès en Urologie 2008;18(12):802-814. doi:10.1016/j.purol.2008.09.029
- [3] Daudon M, Donsimoni R, Hennequin C, et al. *Sex- and age-related composition of 10617 calculi analyzed by infrared spectroscopy*. Urol Res 1995;23(5):319-26. doi:10.1007/BF00300021
- [4] Daudon M, Bazin D, André G, et al. *Composition des calculs observés aujourd'hui dans les pays industrialisés*. Progrès en Urologie 2004;14(6):1151-1161.
- [5] Schubert G, Brien G, Bick C. *Composition and structure of multiple calculi*. J Clin Chem Clin Biochem 1981;19(2):103-10. doi:10.1515/cclm.1981.19.2.103

### Densité tomodensitométrique et imagerie

- [6] Mostafavi MR, Ernst RD, Saltzman B. *Accurate determination of chemical composition of urinary calculi by spiral computerized tomography*. J Urol 1998;159(3):673-5. doi:10.1016/s0022-5347(01)63698-x
- [7] Kambadakone A, Eisner BH, Catalano OA, Sahani DV. *New and evolving concepts in the imaging and management of urolithiasis: urologists' perspective*. Radiographics 2010;30(3):603-23. doi:10.1148/rg.303095146
- [8] Nakada SY, Hoff DG, Attai S, et al. *Determination of stone composition by noncontrast spiral computed tomography in the clinical setting*. Urology 2000;55(6):816-9. doi:10.1016/s0090-4295(00)00518-5
- [9] Bellin MF, Renard-Penna R, Conort P, et al. *Helical CT evaluation of the chemical composition of urinary tract calculi with a discriminant analysis of CT-attenuation values and density*. Eur Radiol 2004;14(11):2134-40. doi:10.1007/s00330-004-2365-6
- [10] Primak AN, Fletcher JG, Vrtiska TJ, et al. *Noninvasive differentiation of uric acid versus non-uric acid kidney stones using dual-energy CT*. Acad Radiol 2007;14(12):1441-7. doi:10.1016/j.acra.2007.09.016

### Physiopathologie et facteurs de risque

- [11] Worcester EM, Coe FL. *Clinical practice. Calcium kidney stones*. N Engl J Med 2010;363(10):954-63. doi:10.1056/NEJMcp1001011

[12] Scales CD Jr, Smith AC, Hanley JM, Saigal CS. Prevalence of kidney stones in the United States. Eur Urol 2012;62(1):160-5. doi:10.1016/j.eururo.2012.03.052

[13] Sayer JA. Progress in understanding the genetics of calcium-containing nephrolithiasis. J Am Soc Nephrol 2017;28(3):748-759. doi:10.1681/ASN.2016050576

[14] Letavernier E, Daudon M. Lithiase urinaire. EMC - Néphrologie 2014;11(2):1-14. doi:10.1016/S1769-7255(14)67463-8

[15] Stamatelou KK, Francis ME, Jones CA, et al. Time trends in reported prevalence of kidney stones in the United States: 1976-1994. Kidney Int 2003;63(5):1817-23. doi:10.1046/j.1523-1755.2003.00917.x

## Marqueurs biologiques et métaboliques

[16] Parks JH, Coward M, Coe FL. Correspondence between stone composition and urine supersaturation in nephrolithiasis. Kidney Int 1997;51(3):894-900. doi:10.1038/ki.1997.126

[17] Odvina CV. Comparative value of orange juice versus lemonade in reducing stone-forming risk. Clin J Am Soc Nephrol 2006;1(6):1269-74. doi:10.2215/CJN.00800306

[18] Maalouf NM, Cameron MA, Moe OW, et al. Novel insights into the pathogenesis of uric acid nephrolithiasis. Curr Opin Nephrol Hypertens 2004;13(2):181-9. doi:10.1097/00041552-200403000-00006

[19] Sakhaee K, Maalouf NM, Sinnott B. Clinical review. Kidney stones 2012: pathogenesis, diagnosis, and management. J Clin Endocrinol Metab 2012;97(6):1847-60. doi:10.1210/jc.2011-3492

[20] Trinchieri A, Montanari E. Prevalence of renal uric acid stones in the adult. Urolithiasis 2017;45(6):553-562. doi:10.1007/s00240-017-0962-5

## Infections et calculs de struvite

[21] Bichler KH, Eipper E, Naber K, et al. Urinary infection stones. Int J Antimicrob Agents 2002;19(6):488-98. doi:10.1016/s0924-8579(02)00088-2

[22] Flannigan R, Choy WH, Chew B, Lange D. Renal struvite stones--pathogenesis, microbiology, and management strategies. Nat Rev Urol 2014;11(6):333-41. doi:10.1038/nrurol.2014.99

[23] Griffith DP, Musher DM, Itin C. Urease. The primary cause of infection-induced urinary stones. Invest Urol 1976;13(5):346-50.

## Calculs de cystine

[24] Knoll T, Zollner A, Wendt-Nordahl G, et al. Cystinuria in childhood and adolescence: recommendations for diagnosis, treatment, and follow-up. Pediatr Nephrol 2005;20(1):19-24. doi:10.1007/s00467-004-1663-1

[25] Barbey F, Joly D, Rieu P, et al. Medical treatment of cystinuria: critical reappraisal of long-term results. J Urol 2000;163(5):1419-23. doi:10.1016/s0022-5347(05)67629-8

## **Directives cliniques et thérapeutiques**

[26] **Türk C, Petrik A, Sarica K, et al.** *EAU Guidelines on Diagnosis and Conservative Management of Urolithiasis.* European Urology 2016;69(3):468-474. doi:10.1016/j.eururo.2015.07.040

[27] **Assimos D, Krambeck A, Miller NL, et al.** *Surgical Management of Stones: American Urological Association/Endourological Society Guideline, PART I.* Journal of Urology 2016;196(4):1153-1160. doi:10.1016/j.juro.2016.05.090

[28] **Preminger GM, Assimos DG, Lingeman JE, et al.** *AUA Guideline on Management of Staghorn Calculi: diagnosis and treatment recommendations.* J Urol 2005;173(6):1991-2000. doi:10.1097/01.ju.0000161171.67806.2a

[29] **Skolarikos A, Straub M, Knoll T, et al.** *Metabolic evaluation and recurrence prevention for urinary stone patients: EAU guidelines.* Eur Urol 2015;67(4):750-63. doi:10.1016/j.eururo.2014.10.029

## **Prévention et diététique**

[30] **Prezioso D, Strazzullo P, Lotti T, et al.** *Dietary treatment of urinary risk factors for renal stone formation. A review of CLU Working Group.* Arch Ital Urol Androl 2015;87(2):105-20. doi:10.4081/aiua.2015.2.105

[31] **Borghi L, Schianchi T, Meschi T, et al.** *Comparison of two diets for the prevention of recurrent stones in idiopathic hypercalciuria.* N Engl J Med 2002;346(2):77-84. doi:10.1056/NEJMoa010369

[32] **Meschi T, Maggiore U, Fiacchadori E, et al.** *The effect of fruits and vegetables on urinary stone risk factors.* Kidney Int 2004;66(6):2402-10. doi:10.1111/j.1523-1755.2004.66029.x

[33] **Taylor EN, Curhan GC.** *Dietary calcium from dairy and nondairy sources, and risk of symptomatic kidney stones.* J Urol 2013;190(4):1255-9. doi:10.1016/j.juro.2013.03.074

## **Épidémiologie**

[34] **Ziemba JB, Matlaga BR.** *Epidemiology and economics of nephrolithiasis.* Investigative and Clinical Urology 2017;58(5):299-306. doi:10.4111/icu.2017.58.5.299

[35] **Hesse A, Brändle E, Wilbert D, et al.** *Study on the prevalence and incidence of urolithiasis in Germany comparing the years 1979 vs. 2000.* Eur Urol 2003;44(6):709-13. doi:10.1016/s0302-2838(03)00415-9

[36] **Romero V, Akpinar H, Assimos DG.** *Kidney stones: a global picture of prevalence, incidence, and associated risk factors.* Rev Urol 2010;12(2-3):e86-96.

## **Thyroïde et lithiase**

[37] **Alhashemi H, Bokhari SJ, Abdullatif A, et al.** *Association between hyperthyroidism and nephrolithiasis: a systematic review and meta-analysis.* Int J Surg 2020;84:136-142. doi:10.1016/j.ijsu.2020.10.029

[38] **Yacoub M, Khan SR, Broderick GA, et al.** *Thyroid hormone dysfunction and nephrolithiasis: an updated systematic review and meta-analysis.* World J Urol 2021;39(8):2939-2948. doi:10.1007/s00345-020-03543-6

## Malformations et uropathies

[39] Skoog SJ, Belman AB. *Urolithiasis and congenital abnormalities*. Urol Clin North Am 2000;27(2):279-84.  
doi:10.1016/s0094-0143(05)70256-3

[40] D'Addessi A, Bongiovanni L, Sasso F, et al. *Association of ureteropelvic junction obstruction and renal stones: incidence and management*. Int Braz J Urol 2009;35(5):565-70. doi:10.1590/s1677-55382009000500009

**Document rédigé le:** Novembre 2025

**Version:** 1.0

**Prochaine révision:** Novembre 2026

**Contact:** Équipe KALONJI

FIN DU DOCUMENT SCIENTIFIQUE