

Algorithme de Classification Morpho-Constitutionnelle Lithiasique KALONJI

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

- [Introduction et justification scientifique](#1-introduction-et-justification-scientifique)
- [Fondements physiopathologiques](#2-fondements-physiopathologiques)
- [Méthodologie de classification](#3-méthodologie-de-classification)
- [Système de notation quantitative](#4-système-de-notation-quantitative)
- [Critères diagnostiques détaillés](#5-critères-diagnostiques-détaillés)
- [Processus d'inférence étape par étape](#6-processus-dinférence-étape-par-étape)
- [Interprétation des résultats](#7-interprétation-des-résultats)
- [Conduite à tenir thérapeutique](#8-conduite-à-tenir-thérapeutique)
- [Application manuelle de l'algorithme](#9-application-manuelle-de-lalgorithme)
- [Limites et perspectives](#10-limites-et-perspectives)

1. Introduction et justification scientifique

1.1 Contexte clinique

La lithiase 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 récurrence** (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 ammoniaco-magnésien)

- **Pathogenèse:** Infection par germes à uréase (Proteus, Klebsiella, Pseudomonas)
- **Mécanisme:** Hydrolyse urée → ammoniacque → 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 (pH>6.5)

Urate d'ammonium

- **Pathogenèse:** Diarrhées 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 ₄ ⁺
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 récurrentes	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 tomодensitométrique (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 \blacksquare -PO \blacksquare)
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:  $\Delta = \min(|\text{Densité} - \text{UH\_min}|, |\text{Densité} - \text{UH\_max}|)$  Si  $\Delta \leq 100$  UH: Points = 4 # Plage proche Sinon Si  $\Delta \leq 200$  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]: $|1250-650|=600 \rightarrow 0$ point - Struvite [550-950]: $|1250-950|=300 \rightarrow 0$ 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, Urate NH ₄ ⁺	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 ₄ en milieu neutre

Carbapatite	6.8-7.5	Précipitation $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ en milieu alcalin
Struvite	6.8-7.5	Formation MgNH_4PO_4 si $\text{pH} > 7.0$
Urate ammonium	6.8-7.5	Précipitation urate en milieu alcalin

Attribution des points

Si $\text{pH}_{\text{mesuré}}$ dans $[\text{pH}_{\text{min}}, \text{pH}_{\text{max}}]$ pour le type: Points = 3 # pH favorable à la cristallisation Sinon: $\Delta_{\text{pH}} = \min(|\text{pH}_{\text{mesuré}} - \text{pH}_{\text{min}}|, |\text{pH}_{\text{mesuré}} - \text{pH}_{\text{max}}|)$ Si $\Delta_{\text{pH}} \leq 0.5$: 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 lithiase. 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 $\text{TSH} < 0.4 \text{ mUI/L}$ ET ($\text{T}_3 > 2.0 \text{ pg/mL}$ OU $\text{T}_4 > 12.0 \text{ ng/dL}$): Hyperthyroïdie détectée Si Type $\in \{\text{Whewellite}, \text{Weddellite}, \text{Brushite}, \text{Carbapatite}\}$: Points_bonus = +2

Hypercalcémie (+1 point pour calculs calciques):

Si $\text{Calcémie} > 2.60 \text{ mmol/L}$: Si Type $\in \{\text{Whewellite}, \text{Weddellite}, \text{Brushite}, \text{Carbapatite}\}$: 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, Urate 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, Urate 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 mm²
- 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)
- Urètre (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-urétéral
- 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 cyto bactériologique):
 - Leucocyturie (seuil: 10 \blacksquare /mL)
 - Bactériurie (seuil: 10 \blacksquare /mL)
 - Identification du germe
 - Antibio gramme

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 (mmol/L)

2. **Métabolisme phosphocalcique:**

- Calcémie (mmol/L): Normal 2.20-2.60
- Phosphorémie (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:**

- Lithiase 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 (↓calciurie)
 - Inhibiteurs de la pompe à protons (↓absorption calcium)
 - Suppléments calciques, vitamine D
 - Allopurinol (↓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, Calciemie, 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 (Δ={delta} UH)" RETOURNER (4, raison) SINON SI delta ≤ 200: raison = f"Densité {uh} UH
éloignée de la plage (Δ={delta} UH)" RETOURNER (2, raison) SINON: RETOURNER (0, "") FONCTION
calculer_score_metabolique(hyperox, hypercalc, hyperuric, cystin, tsh, t3, t4, calciemie,
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 (pathogénomique)") #
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 calciemie > 2.60: SI type_calcul dans [Whewellite, Weddellite,
Brushite, Carbapatite]: points += 1 raisons.ajouter(f"Hypercalcémie ({calciemie} 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'exams 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 ECU 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 (≥12) et écart significatif (≥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(type_calcul, taille_mm, densite_uh): # Types favorables à la LEC types_LEC_favorables = [Weddellite, Carbatite, Struvite] # Types défavorables à la LEC types_LEC_defavorables = [Whewellite, Brushite, Cystine, Acide_urique, Urate_ammonium] SI type_calcul 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 type_calcul dans types_LEC_defavorables: RETOURNER ("Non", f"{type_calcul} résiste à la LEC") RETOURNER ("Indéterminé", "Discuter en RCP")
```

Voie de traitement recommandée

```
FONCTION determiner_voie_traitement(type_calcul, taille_mm, densite_uh, localisation, morphologie): # Calculs <10mm SI taille_mm < 10: SI type_calcul == "Acide urique": RETOURNER "Dissolution médicale (alcalinisation pH>6.5)" SINON SI type_calcul == "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, bassinnet]: 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(type_calcul, 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 type_calcul == "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 type_calcul == "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 type_calcul == "Acide urique": conseils.ajouter("Limiter aliments riches en purines (viandes rouges, abats)")
```

7. Interprétation des résultats

Section 1 - Résultat principal

[illegible]

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) 5. Contrôler oxalurie à 6 mois

7.2 Interprétation du score

Score $\geq 15/21$: 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 <10mm
Taille ≥10mm ■ Symptomatique Asymptomatique 10-20mm >20mm ou ou Obstructif (découverte) ■ coralliforme ■
■ Surveillance ■ PCNL ■ 3-6 mois ■ (+ adjuvant) Dissolution
Extraction LEC URS médicale active éligible? ■ (Acide (URS ou Oui Non urique, 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 urétraux 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

[illegible]

ÉTAPE 1: Collecte des données

[illegible]

ÉTAPE 2: Grille de notation

Reproduire cette grille pour chacun des 8 types:

[illegible]

ÉTAPE 3: Récapitulatif des scores

CLASSEMENT DES 8 TYPES

Whewellite [] / 21 2. Weddellite [] / 21 3. Carbatpatite [] / 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)

$\Delta \text{ score } (\text{Top}1 - \text{Top}2) = [] \text{ pts}$ SI $\Delta < 2 \rightarrow$ **RÉSULTAT INCERTAIN**

ÉTAPE 4: Interprétation

[illegible]

ÉTAPE 5: Conduite à tenir

RECOMMANDATIONS

THÉRAPEUTIQUES

Taille du calcul: [] mm Éligibilité LEC: OUI (Weddellite, Carapatite, Struvite) ET Taille ≤20mm ET Densité <1500 UH NON (Whewellite, Brushite, Cystine, Uriques) OU Taille >20mm OU Densité ≥1500 UH Voie de traitement:

Dissolution médicale (Acide urique, Cystine) Surveillance (< 10mm asymptomatique)

LEC (si éligible) URS (non éligible LEC ou 10-20mm) PCNL (>20mm 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 (urétéroscopie)

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, triamterène)
 - 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 récurrence
- 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

- ## Composition et classification des calculs

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. **Odvin 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, Petnik 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, Fiaccadori 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.ijssu.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'Addressi 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

[illegible]

FIN DU DOCUMENT SCIENTIFIQUE

[REDACTED]