



ORDRE PROFESSIONNEL DES
TECHNOLOGISTES MÉDICAUX
DU QUÉBEC



INFORMATIONS PRATIQUES POUR L'ANALYSE MICROSCOPIQUE DES URINES

SUPPLÉMENT





**ORDRE PROFESSIONNEL DES
TECHNOLOGISTES MÉDICAUX
DU QUÉBEC**



**ORDRE
DES CHIMISTES
DU QUÉBEC**

SUPPLÉMENT D'INFORMATIONS PRATIQUES POUR L'ANALYSE MICROSCOPIQUE DES URINES

Ordre professionnel des technologistes médicaux du Québec (OPTMQ)
281, avenue Laurier Est, Montréal (Québec) H2T 1G2
Tél. : 514 527-9811 Sans frais : 800 567-7763 Téléc. : 514 527-7314
Courriel : info@optmq.org Internet : www.optmq.org

Ordre des chimistes du Québec (OCQ)
Place du Parc, 300, rue Léo-Pariseau, bureau 2199, Montréal (Québec) H2X 4B3
Tél. : 514 844-3644 Téléc. : 514 844-9601
Courriel : information@ocq.org Internet : www.ocq.qc.ca

Dépôt légal – 3^e trimestre 2013
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
Bibliothèque et Archives Canada
ISBN : 978-2-9814023-0-1 (version imprimée)
ISBN : 978-2-9814023-1-8 (version PDF)

Reproduction autorisée avec mention de la source et avis à l'OPTMQ ou à l'OCQ

AVANT-PROPOS

Le présent document est un supplément d'informations pratiques traitant de l'analyse microscopique des urines. Ce supplément a été élaboré conjointement par l'Ordre professionnel des technologistes médicaux du Québec (OPTMQ) et l'Ordre des chimistes du Québec (OCQ) avec la collaboration de l'Association des médecins biochimistes du Québec (AMBQ).

Ce supplément est un outil de référence pratique à l'intention des personnes effectuant l'analyse microscopique de l'urine. Il ne remplace pas la réglementation en vigueur et est diffusé à titre informatif uniquement. Il traite uniquement de certains éléments précis du sédiment. Plusieurs ouvrages beaucoup plus exhaustifs sont actuellement offerts et devraient être consultés si l'information présentée dans ce supplément ne suffit pas.

Nous remercions sincèrement les organismes et les personnes qui ont collaboré à la révision scientifique de ce document, notamment, l'Association des cytologistes du Québec (Étienne Caron, T.M.), l'AMBQ (D^{rs} Jean Dubé, Nadine Kadri et Philippe Lehouillier) l'Association des néphrologues du Québec, l'Association québécoise d'établissements de santé et de services sociaux (Céline Plamondon et Josée Ferland), le Bureau de normalisation du Québec (Dominique Lapointe), l'OCQ (D^{rs} Philippe Desmeules et Gaston Lalumière, biochimistes cliniques), l'OPTMQ, la Société québécoise de biologie clinique (D^{rs} Hélène Ammann, Daniel Gauthier et Robert Robitaille, biochimistes cliniques), Élyse Levert, Frédéric Pelletier, ainsi que les technologistes médicaux Martine Beaupré, Julie Bérubé, Brigitte Longchamps et Annie-Claude Tremblay.

Toutes les images dont la provenance n'est pas indiquée dans ce supplément proviennent de la collection personnelle de Monsieur Richard Dion, M.Sc., enseignant à la retraite du département de Technologie de laboratoire médical au Collège de Rosemont et ont été reproduites avec sa permission. Les hyperliens figurant dans le texte étaient opérationnels quand ce document a été imprimé.

L'inclusion du nom d'un fournisseur, d'une entreprise, d'un produit ou d'un service dans ce document ne doit pas être interprétée comme un cautionnement dudit fournisseur, entreprise, produit ou service, tout comme le fait de ne pas inclure le nom d'un fournisseur, d'une entreprise, d'un produit ou d'un service ne doit pas être interprété comme une désapprobation.

Les membres du sous-comité de biochimie,

Marie-Josée Béliveau, T.M.

Sarah Castonguay, T.M.

Marie-Josée Champagne, Ph.D., CSPQ, Présidente du comité de biochimie clinique de l'OCQ

Richard Dion, M.Sc.

Anne-Marie Martel, T.M., chargée de dossiers scientifiques à l'OPTMQ

Réal Petit, T.M.

Julie St-Cyr, MDCM, FRCPC, AMBQ

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	II
TABLE DES MATIÈRES.....	III
PARTIE 1 MÉTHODES UTILES POUR FACILITER L'ANALYSE MICROSCOPIQUE DE L'URINE.....	1
Section 1.1 Élimination des éléments envahissants qui masquent le sédiment	1
Section 1.2 Colorations utiles	3
Section 1.3 Conservation des sédiments urinaires particuliers.....	6
PARTIE 2 THÉORIE SOUS-TENDANT LA MICROSCOPIE.....	7
Section 2.1 La microscopie par contraste de phase	7
Section 2.2 La lumière polarisée	9
PARTIE 3 LES ÉLÉMENTS DU SÉDIMENT URINAIRE.....	12
Section 3.1 Principaux types de sédiments	12
Section 3.1.1 Sédiment compatible avec une cystite infectieuse	13
Section 3.1.2 Sédiment compatible avec une contamination par les voies urinaires externes.....	14
Section 3.1.3 Sédiment non spécifique compatible avec une néphropathie.....	15
Section 3.1.4 Sédiment mixte compatible avec un syndrome néphrotique et néphrétique	16
Section 3.1.5 Sédiment compatible avec une nécrose tubulaire aiguë	18
Section 3.1.6 Sédiment compatible avec une néphrite tubulo-interstitielle aiguë	19
Section 3.2 Cristallurie	21
Section 3.2.1 Cristaux trouvés dans un sédiment urinaire acide à neutre	22
Section 3.2.2 Cristaux trouvés dans un sédiment urinaire alcalin	23
Section 3.2.4 Tableau des cristaux trouvés dans le sédiment urinaire	25
BIBLIOGRAPHIE	29
LIVRES DE RÉFÉRENCE ET ATLAS	31

PARTIE 1 : MÉTHODES UTILES POUR FACILITER L'ANALYSE MICROSCOPIQUE DE L'URINE

Note : Les noms de commerce de réactifs, les noms de fabricants ou de fournisseurs ainsi que les numéros de produits mentionnés dans cette partie sont inclus uniquement dans le but d'aider le lecteur à trouver plus facilement le produit mentionné pour la technique décrite. L'inclusion du nom d'un réactif, d'un fabricant ou d'un fournisseur ne doit pas être interprétée comme un cautionnement et les numéros de produit peuvent être appelés à changer sans préavis.

Section 1.1 : Élimination des éléments envahissants qui masquent le sédiment

Principe

Cette section présente des techniques d'élimination des éléments qui, par leur abondance, masquent le sédiment et rendent son examen quasi impossible. Certains de ces éléments peuvent apparaître à cause de la conservation de l'échantillon au réfrigérateur ou d'un délai de conservation excédant les recommandations établies. Il faut insister sur l'importance de respecter les exigences préanalytiques afin de recourir le moins souvent possible aux techniques qui suivent.

Ce ne sont pas tous les éléments qui peuvent être éliminés. Par exemple, il n'existe aucun moyen de se débarrasser des leucocytes très abondants. Dans ces circonstances, la seule façon de faire consiste à diminuer la densité de l'élément obscurcissant en diluant une portion du culot. Cette technique a pour but de déceler la présence éventuelle d'autres éléments d'importance clinique. Elle influe sur la quantification des éléments. Il faut donc prendre soin de bien noter les valeurs originales.

Il est conseillé de toujours conserver une portion du culot original avant d'appliquer ces techniques.

Réactifs à utiliser

- acide acétique à 2 %
- hydroxyde de sodium (NaOH) à 1 %
- solution de Hank's additionnée d'antibiotique
- réactif hémolysant : Les réactifs de lyse concentrés utilisés en hématologie peuvent donner de bons résultats.

A- Élimination des urates

Les urates précipitent quand l'échantillon est réfrigéré. Une fois concentré dans le culot, le volume résiduel sera probablement trop faible pour dissoudre les urates, d'où l'importance d'effectuer la dissolution sur un échantillon non centrifugé. Le moyen le plus simple est d'exposer l'échantillon complet à une température de 40 °C pendant une quinzaine de minutes.

Les urates sont des cristaux amorphes insolubles à un pH situé entre 5,5 et 7,0. En dessous de 5,5, les urates se transforment en acide urique. On peut exploiter cette particularité pour clarifier le culot, mais avec plus ou moins de succès.

Technique : Prélever 3 gouttes de culot et ajouter une goutte d'acide acétique à 2 %. (1) (p: 149-150)

Une autre technique est basée sur le fait que les urates sont beaucoup plus solubles en milieu alcalin. Il faut utiliser une solution alcaline pour augmenter le pH, mais un tel ajout entraîne souvent un problème équivalent de phosphates amorphes. Il faut éviter l'ammoniaque, qui entraîne la formation de triples phosphates.

Technique : Prélever 3 gouttes de culot et ajouter une goutte de NaOH à 1 % (ou plus, la quantité à ajouter dépendant de la quantité d'urate).

Note : La référence mentionne une concentration de NaOH à 10%, ce qui est trop concentré pour les volumes utilisés. (1)

B- Élimination des cristaux d'acide urique

L'élimination des cristaux d'acide urique peut être nécessaire, car certains de ces cristaux sont assez gros pour empêcher la lamelle de se poser normalement sur le sédiment.

Technique : Prélever 3 gouttes de culot et ajouter une goutte de solution de Hank's additionnée d'antibiotique.

Si le pouvoir tampon de la solution de Hank's n'est pas assez grand pour permettre d'éliminer les cristaux d'acide urique, la solution de NaOH à 1 % peut être une bonne option de rechange. (1) (p: 149-150)

C- Élimination des phosphates amorphes et des triples phosphates

La présence de phosphates amorphes est une conséquence d'un pH alcalin de l'urine, tandis que celle de triples phosphates (struvite) découle de l'alcalisation de l'urine par l'ammoniac. L'ammoniac est généralement produit par la dégradation de l'urée par les bactéries.

Technique : Prélever 3 gouttes de culot et ajouter une goutte d'acide acétique à 2 %.

Un tableau des solubilités peut être consulté dans l'ouvrage intitulé *Urinalysis and Body Fluids, A Color Text and Atlas* de Ringsrud K.M. et Linné J.J.

D- Élimination des érythrocytes

Dans certaines conditions, il est possible d'éliminer les érythrocytes qui cachent les autres éléments du sédiment. Il existe plusieurs méthodes pour hémolyser spécifiquement les érythrocytes.

Technique : Prélever 3 gouttes de culot et ajouter 20 ul de réactif hémolysant. (2)

La majorité des érythrocytes ressembleront alors à de petites sphères et on pourra discerner les éléments qui autrement seraient masqués.

Section 1.2 : Colorations utiles

Principe

Il est déconseillé d'ajouter le colorant à tout le culot que l'on veut préserver pour des analyses subséquentes. Avant de réaliser une coloration, on devrait privilégier l'examen en contraste de phase.

Réactifs à utiliser

- acide acétique à 2 %
- colorant Sternheimer-Malbin (violet de crystal, safranine) : Ce colorant est offert par plusieurs sources commerciales.
- PBS : solution saline dans un tampon phosphate (phosphate buffered saline) (3)
- Bleu de toluidine à 0,15 % : 150 mg de bleu de toluidine dissous dans 100 ml de tampon commercial PBS (4)
- préparation de la solution de Hank's additionnée d'antibiotique : ajouter 1 % v/v de solution d'antibiotique pour culture cellulaire à la solution de Hank's (5)
 - Solution de Hank's : solution saline équilibrée de Hank's (Hank's Balanced Salt Solution) sous forme liquide, 10X, sans calcium ni magnésium, avec rouge de phénol (disponible chez Fisher Scientific : No. SH3003102, HyClone : No. SH30031.02)
 - Antibiotiques : Sigma (A9909) ou Streptomycine 1 g/L (S9137) ou autre mélange d'antibiotique commercial pour culture cellulaire
- méthanol à 95 %
- colorant de Hansel (6) ou de Wright pour éosinophiles (Bleu de méthylène, éosine)
- réactif de travail pour la coloration des granulocytes (coloration de Leder)

A- Acide acétique

Bien que ce ne soit pas une coloration comme telle, l'ajout d'acide acétique augmente grandement le contraste et la visibilité des noyaux, spécialement ceux des polynucléaires.

Technique : Prélever 3 gouttes de culot et ajouter une goutte d'acide acétique à 2 %. (1) (p :86)

B- Coloration du sédiment

Plusieurs colorants supravitaux servent à colorer le sédiment. Le colorant de Sternheimer-Malbin et la solution de bleu de toluidine à 0,15 % sont les plus populaires. (1) (p :101)

Ces deux colorants ayant tendance à précipiter lorsqu'ils sont ajoutés à des urines fortement alcalines, il est judicieux d'acidifier la fraction du culot avant d'ajouter le colorant (acide acétique à 2 %). (1) (p :86)

Le principal facteur à considérer est la quantité d'éléments à colorer. Plus il y a d'éléments qui vont adsorber le colorant, plus grand est le volume de colorant nécessaire. Toutefois, trop de colorant rend la lecture difficile, car les éléments seront trop foncés.

Technique

- Prélever 3 gouttes de culot.
- Ajouter 1 ml de tampon PBS (ou de solution de Hank's additionnée d'antibiotique).
- Ajouter 1 ou 2 gouttes de colorant selon la quantité d'éléments à colorer.
- Centrifuger et aspirer l'excès de surnageant pour ramener le culot à son volume initial (étape optionnelle).

C- Coloration des éosinophiles

La coloration de Hansel permet de mettre en évidence les éosinophiles dans l'urine. On peut également la remplacer par la coloration de Wright, mais il semble que les éosinophiles dans l'urine réagissent mieux au colorant de Hansel qu'au colorant de Wright. (7,8)

Les directives du fabricant devraient être suivies. La technique suivante est présentée à titre d'exemple.

Technique

- Préparer un frottis du sédiment nature ou dilué 50 : 50 (de préférence avec une centrifugeuse Cytospin[®]).
- Laisser sécher complètement à la température ambiante (20-25°C).
- Fixer 5 secondes avec du méthanol à 95 %.
- Éliminer le méthanol en inclinant la lame.
- Ajouter 25 gouttes de colorant de Hansel ou de Wright sur la lame et attendre 45 secondes.
- Ajouter 25 gouttes d'eau sur la lame et attendre 30 secondes.
- Rincer à l'eau et nettoyer le dessous de la lame au méthanol.
- Laisser sécher.
- Examiner au microscope (à l'aide d'un objectif à l'huile) en ajoutant une goutte d'huile ou en appliquant une lamelle à l'aide d'un milieu de montage (p. ex., Eukitt[®]).

D- Coloration des granulocytes à l'estérase de chloroacétate de naphthol AS-D (coloration de Leder) (9)

Pour distinguer les granulocytes dans une population mixte, il peut être utile de colorer ces éléments. La coloration est particulièrement utile à l'identification sans équivoque des granulocytes dans les cylindres. (10)

Les lysosomes des granulocytes contiennent une estérase spécifique ayant le chloroacétate de naphthol AS-D pour substrat. Le naphthol libéré réagit avec le diazonium (Fast Red Violet LB), entraînant la formation de dépôts rouges.

Préparation du réactif de travail pour la coloration des granulocytes

- Mélanger 0,1 ml de solution de nitrite et 0,1 ml de solution Fast Red Violet LB.
- Attendre 2 minutes (formation du diazonium).
- Ajouter 4 ml d'eau à 37 °C et mélanger.
- Ajouter 0,5 ml de tampon Trizmal® (pH 6,3) et mélanger.
- Ajouter 0,1 ml de chloroacétate de naphthol AS-D et mélanger.
- La solution devient rouge. Si un précipité se forme, centrifuger ou filtrer le réactif.

Note : Ces réactifs se trouvent dans la trousse Naphtol AS-D Chloroacetate Esterase de Sigma, numéro 91C.

Technique

- Déposer de 100 à 200 µl du culot dans un tube.
- Ajouter 2 ml du réactif de travail.
- Incuber à 37 °C pendant 15 minutes.
- Les noyaux peuvent être colorés en ajoutant 2 gouttes de bleu de méthylène (facultatif).
- Centrifuger et examiner le culot entre lame et lamelle.

Résultat

Les granulocytes et les mastocytes prennent une coloration rouge cerise tandis que le reste est incolore ou prend la teinte rosée du réactif. La coloration rouge orangé est due à l'adsorption non spécifique du réactif. Les macrophages donnent à l'occasion une réaction positive probablement due à la phagocytose de débris de granulocytes.

Cylindre contenant des granulocytes :



Notez la présence de cellules tubulaire (incolore).

Section 1.3 : Conservation des sédiments urinaires particuliers ⁽¹¹⁾

Principe

Cette technique permet de conserver le sédiment urinaire pendant une quinzaine de jours.

Note : Avec le temps, certains échantillons seront envahis par des levures.

Réactifs à utiliser

Solution de Hank's additionnée d'antibiotique (voir la page 3)

Technique

- Ajouter 10 ml de solution de travail Hank's additionnée d'antibiotique au culot.
- Mélanger.
- Centrifuger l'échantillon.
- Décanter le surnageant pour ramener le culot à son volume initial.
- Conserver au réfrigérateur.
- Pour réexaminer, mélanger et étaler 20 µl de la suspension.

PARTIE 2 : THÉORIE SOUS-TENDANT LA MICROSCOPIE

Section 2.1 : La microscopie par contraste de phase^(12, 13, 14)

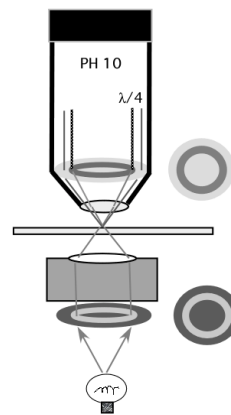
Principe

La microscopie par contraste de phase (microscopie photonique par transmission) à l'état frais (liquide entre lame et lamelle) permet de voir les écarts de contraste entre les éléments figurés de l'échantillon. Lorsqu'un élément est pâle, non coloré et transparent, il peut être difficile de le distinguer de son milieu surtout si les bords ne sont pas ou peu réfringents.

D'après la théorie d'ABBE, l'image issue d'un objet microscopique transparent est formée de la juxtaposition de deux images différentes. La première image est directe et issue des parties uniformes de l'objet et la deuxième image est produite par la diffraction due aux irrégularités de l'objet.

Fritz Zernike a eu l'idée de produire artificiellement un décalage de phase entre ces deux images.

Pour arriver à un tel résultat, on ajoute un anneau sous le condensateur du microscope pour que l'image issue du condensateur se superpose exactement à l'anneau (lame de phase annulaire) situé dans l'objectif. L'anneau de l'objectif est fait d'un matériau spécial qui retarde de $\frac{1}{4}$ de longueur d'onde le rayon qui la traverse.



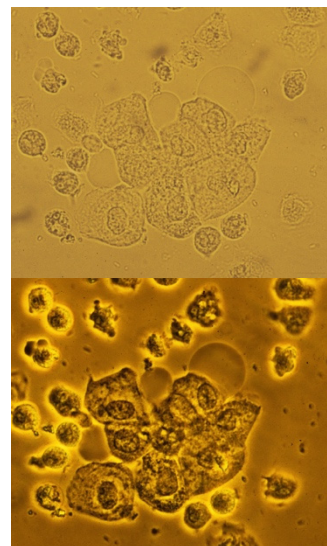
La microscopie en contraste de phase est donc un système optique qui transforme les différences d'indices de réfraction (phase) en intensité de gris (contraste), permettant ainsi de voir des objets autrement invisibles. La taille de l'anneau du condensateur doit être complémentaire à celle de l'anneau de l'objectif.

Avantages

La microscopie par contraste de phase permet d'améliorer la détection des éléments et/ou des anomalies suivants ⁽¹³⁾ (p : 33) :

- cylindres hyalins
- dysmorphocytose des érythrocytes
- noyaux des cellules (pourvu que celles-ci ne soient pas trop vacuolées)

Note : Le contraste de phase est d'une utilité limitée quand les sédiments renferment de nombreux débris ou en présence de cristallurie importante. Lorsque l'indice de réfraction (phase) d'un élément est très différent, on observe un halo autour de l'élément qui peut nuire à la lecture. ⁽¹⁵⁾

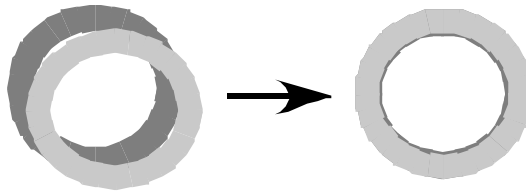


Réglage des anneaux de phase

Pour que l'image obtenue soit optimale, il faut simplement régler la convergence des anneaux.

Technique

- Sélectionner un objectif « Ph » de faible grossissement.
- Sélectionner l'anneau de condensateur spécifique de l'objectif.
- Retirer un des oculaires et le remplacer par la lunette de centrage (fourni avec les accessoires du microscope).
- Régler la lunette de centrage pour avoir une image nette de l'anneau de l'objectif.
- Avec les vis de réglage du condensateur, superposer les anneaux.



- Vérifier les autres objectifs. Il n'est normalement pas nécessaire de refaire ce réglage pour chaque objectif.
- Remettre l'oculaire en place.

Section 2.2 : La lumière polarisée ⁽¹⁶⁾

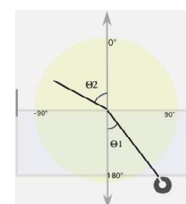
La réfraction

L'indice de réfraction d'une substance transparente « n » est le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide « C » et la vitesse de la lumière dans cette substance « V_x ». La vitesse de la lumière qui transite dans un milieu est toujours inférieure à C , qui est une constante.

L'indice de réfraction $n = C/V_x$, est une propriété physicochimique de la matière. Il est toujours plus grand que 1. Plus l'indice de réfraction est élevé, plus la vitesse de la lumière est ralentie par le milieu; on parle alors de retard. L'indice de réfraction de l'air est de 1,0003 et celui de l'eau pure est de 1,333. L'indice ordinaire des cristaux (certains en ont plus d'un) varie entre 1,4 et 2,6.

La loi de la réfraction

Lorsqu'un rayon lumineux passe d'un milieu à un autre dont l'indice de réfraction est différent, sa trajectoire (rayon émergent) subit une déviation qui varie selon les indices de réfraction des milieux et l'angle d'attaque (rayon incident).



La lumière naturelle, lumière polarisée

La lumière est constituée d'ondes électromagnétiques. De manière générale, une onde est caractérisée par sa longueur d'onde (couleur) et sa phase (train d'ondes).

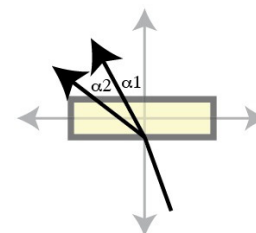
La lumière naturelle vibre dans une multitude de plans de vibration.



Lorsqu'un rayon lumineux passe par un filtre polarisant, tous les plans de vibration qui ne se sont pas parallèles au sens du filtre sont absents de la lumière émergente. La lumière qui émerge d'un filtre polarisant est dite polarisée. Cette lumière représente environ 50 % de la lumière incidente.

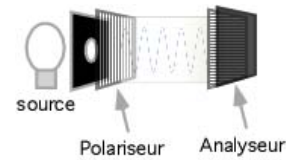
Biréfringence

Certaines substances qui possèdent deux indices de réfraction sont dites anisotropes. Les milieux anisotropes (réseaux cristallins) dédoublent et modifient l'orientation du plan de polarisation de la lumière qui les traverse. Ces substances ont un axe privilégié appelé axe optique.

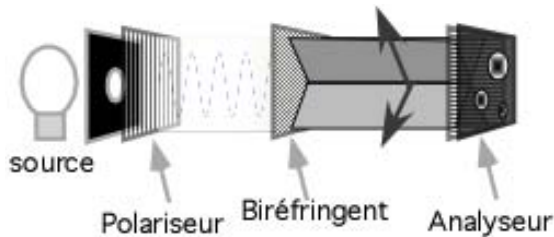


Analyse de la lumière polarisée

Si on place un deuxième filtre polarisant (l'analyseur) devant un polariseur dont l'axe est à 90° (croisés, à l'extinction), on obtient une absence de lumière émergente. Ce phénomène tient au fait qu'aucun photon émergeant du polariseur ne vibre dans l'axe de l'analyseur.

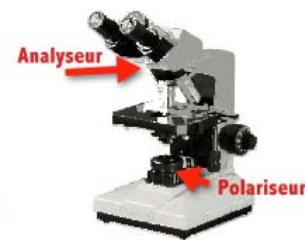


Si on place, entre le polariseur et l'analyseur à 90° , un élément biréfringent, celui-ci décomposera la lumière polarisée en deux plans distincts, polarisé et perpendiculaire. Ces plans n'étant plus dans l'axe fermé de l'analyseur, la lumière issue de l'élément biréfringent sera donc visible à la sortie. La lumière émergente de l'analyseur permettra d'observer plusieurs phénomènes, dont la variation de couleur (acide urique), les lignes d'interférence, l'irisation et les sphérules cruciformes (p. ex. : croix de Malte).



La microscopie en lumière polarisée ⁽¹⁷⁾

Pour faire une analyse microscopique en lumière polarisée, il faut donc deux filtres polarisants, le polariseur et l'analyseur. Dans les microscopes de base, il faut placer l'analyseur dans la tête du microscope (lorsque l'on enlève la tête, il est relativement facile de repérer l'endroit où le placer). L'analyseur doit être positionné de la manière décrite dans la notice d'utilisation. Certains microscopes sont pourvus d'un mécanisme conçu pour guider l'insertion de l'analyseur dans le chemin optique. Avec ces microscopes, il n'est pas nécessaire de laisser l'analyseur en place entre deux analyses d'échantillons différents. L'installation et la désinstallation de l'analyseur n'est pas particulièrement facile dans un microscope de base.



Plusieurs fournisseurs offrent des microscopes complètement équipés, avec contraste de phase et lumière polarisée.

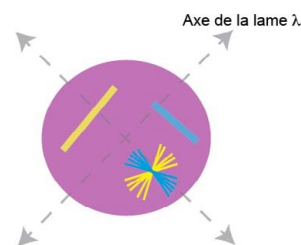
Filtre lambda

Le filtre lambda est un filtre additionnel que l'on peut ajouter à la lumière polarisée pour faciliter la différenciation entre l'acide urique et le pyrophosphate dans le liquide synovial et l'identification de certains cristaux dans l'urine (tels que certains médicaments). (18)

Le filtre lambda est aussi appelé lame de retard, lame témoin, lame de gypse (rouge d'ordre 1) ou filtre de compensation.

Après l'insertion d'un filtre lambda dans le chemin optique du microscope, le fond du champ passe du noir sombre (filtre croisé) à la couleur magenta. L'utilisation d'un filtre lambda en microscopie de liquides biologiques à l'état frais permet de déterminer le signe (positif ou négatif) de la biréfringence. Cette valeur est une caractéristique de la structure interne du cristal.

Après avoir orienté les filtres polarisants à l'extinction (fond noir), on insère le filtre lambda dans son logement et on tourne la lame (ordinairement complètement à gauche) de telle façon que la couleur des cristaux orientés parallèlement ou perpendiculairement au plan du filtre lambda vont déterminer le signe de la biréfringence (certaines références utilisent les points cardinaux pour illustrer ceci). Tourner la lame complètement à droite pour inverser les couleurs et confirmer l'identification.



L'acide urique est un cristal uniaxe négatif, qui apparaît jaune lorsqu'il est orienté parallèlement au plan du filtre lambda et bleu lorsqu'il est orienté perpendiculairement au plan du filtre lambda.

Le pyrophosphate est uniaxe positif et apparaît bleu lorsqu'il est orienté parallèlement au plan du filtre lambda et jaune lorsqu'il est orienté perpendiculairement au plan du filtre lambda.

Cette propriété est également utilisée dans l'identification des cristaux d'Indinavir. (19)

Pour plus d'explications sur la physique optique et les descriptions sur les comportements des éléments figurés en lumière polarisée, le lecteur est invité à consulter des ouvrages spécialisés sur ce sujet.

PARTIE 3 : LES ÉLÉMENTS DU SÉDIMENT URINAIRE

Section 3.1 : Principaux types de sédiments

Comme les autres analyses effectuées au laboratoire de biologie médicale, l'examen du sédiment urinaire est très utile au diagnostic différentiel des maladies du système urinaire. (20) Pour que le clinicien soit en mesure de reconnaître la maladie en cause dans le rapport, les éléments qui caractérisent cette maladie doivent être présents. Par exemple, la mention « cylindre érythrocytaire » dans un cas d'hématurie oriente vers un problème qui relève de la néphrologie plutôt que de l'urologie. (20, 21, 22)

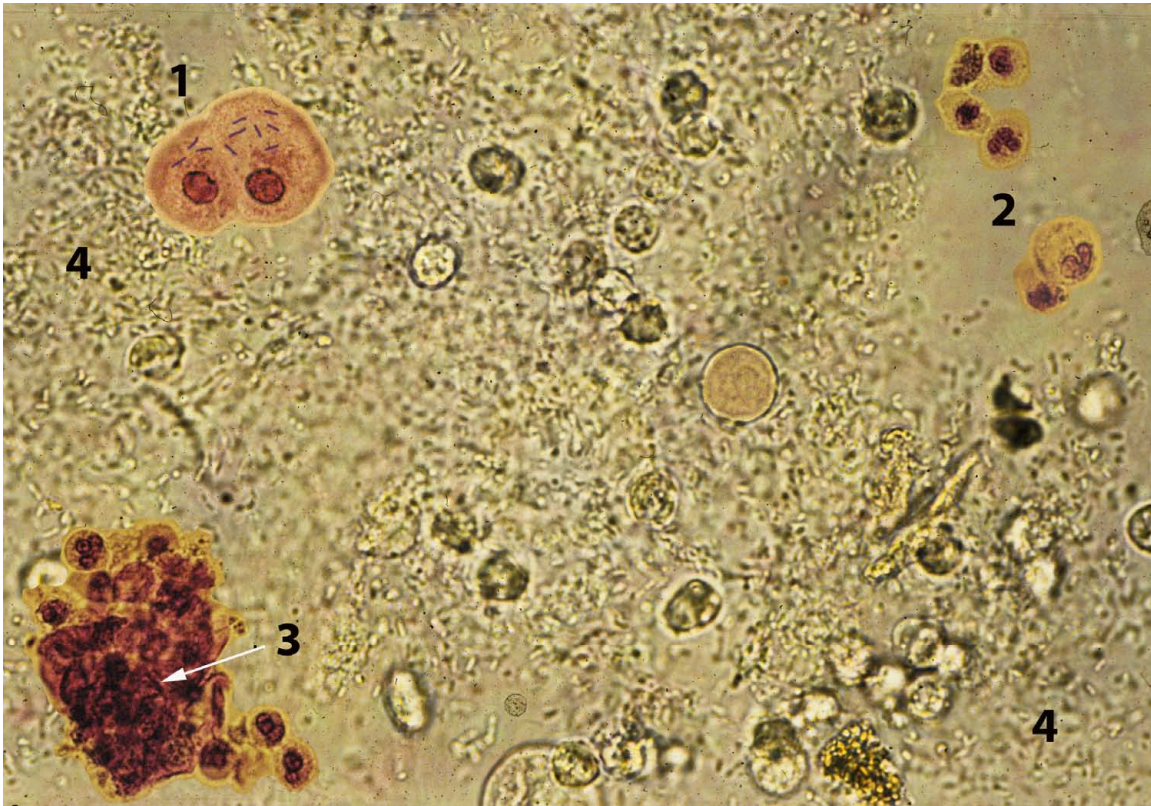
L'identification des éléments figurés trouvés dans le sédiment repose normalement sur des paramètres comme la forme, la taille, la couleur, la granularité, etc. Cette façon de faire a ses limites, car des éléments de même nature peuvent avoir un aspect différent selon l'osmolalité, le pH et, surtout, la durée de leur séjour *in vivo* dans l'urine (stase).

Les résultats d'analyses effectuées au laboratoire peuvent être utiles à l'interprétation du sédiment. (24) Certains sédiments ont des caractéristiques que l'on peut regrouper pour établir un type. (23) (p : 224-225) Les types ne sont pas des tentatives de diagnostic, mais l'illustration d'un tout qui projette une image cohérente. Naturellement, les sédiments sont souvent des superpositions complexes de ces types. Ainsi, un sédiment néphrotique (avec présence de corps ovalaires graisseux et cylindres graisseux) pourrait aussi contenir des cylindres granuleux, des cylindres cellulaires et des cellules tubulaires (non spécifiques) sans changer l'impression générale.

Les images qui suivent sont des compositions faites à partir de plusieurs photographies. Imaginez une image de base (fond) sur laquelle on ajoute des sélections recadrées d'éléments qui proviennent d'autres photographies (couches). Bien qu'il soit préférable de choisir des photographies provenant d'un même spécimen et réalisées dans les mêmes conditions, rares sont les microphotographies où tous les éléments figurent dans un même champ. Le but de cet exercice est de concentrer sur une seule image les éléments caractéristiques d'un type de sédiment, afin de voir les éléments significatifs dans leur contexte.

À moins d'avis contraire, les images et photographies ont été créées par Richard Dion, M.Sc. Elles ont été reproduites avec sa permission. Sauf lorsque précisé autrement dans le texte, les microphotographies ont été obtenues avec un facteur de grossissement de 400.

Section 3.1.1 Sédiment compatible avec une cystite infectieuse



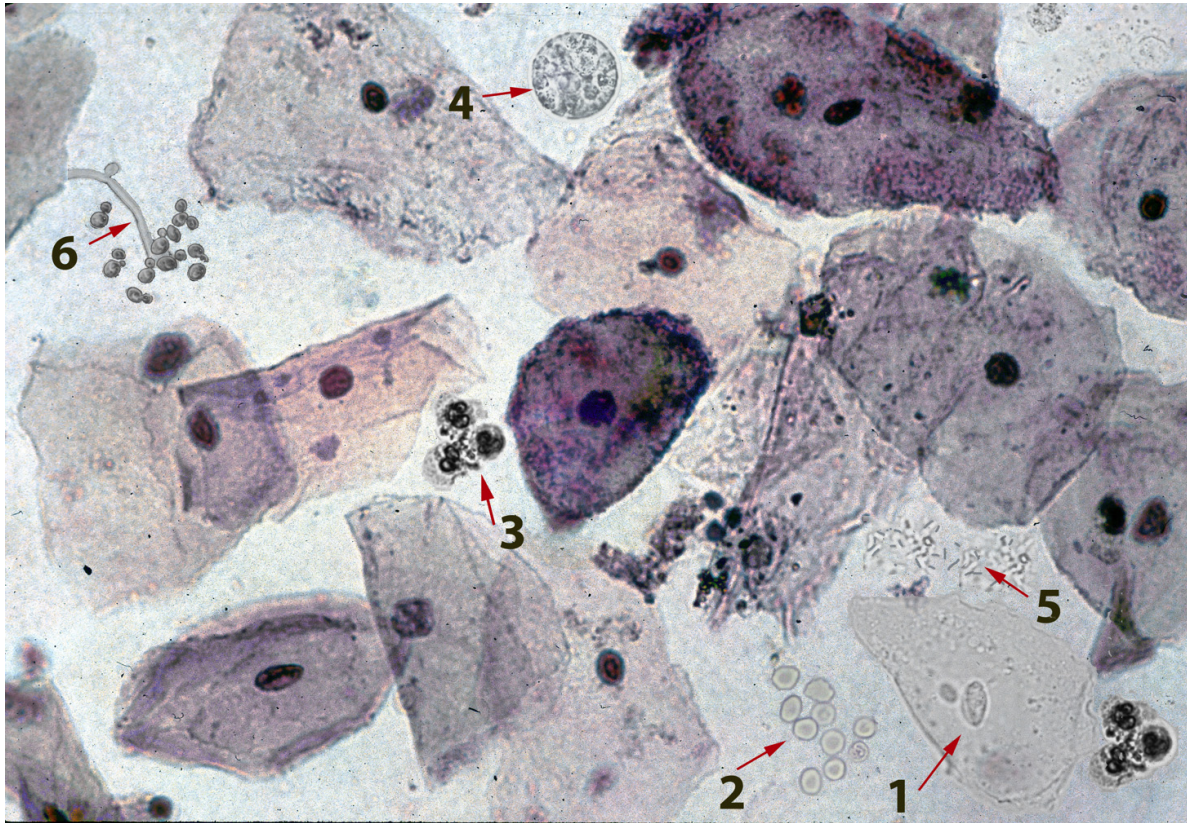
Description de la planche

Les éléments suivants peuvent se trouver dans le sédiment urinaire en présence de cystite infectieuse :

1. Cellules transitionnelles (dans certains cas, enrobées de bactéries)
2. Leucocytes (de nombreux à abondants, formant parfois un tapis)
3. Pus (masse informe avec prédominance des leucocytes)
4. Bactéries (souvent abondantes)

La présence d'érythrocytes est variable.

Section 3.1.2 Sédiment compatible avec une contamination par les voies urinaires externes



Description de la planche

Les éléments suivants peuvent se trouver dans le sédiment urinaire en cas de contamination par les voies urinaires externes :

1. Cellules pavimenteuses abondantes
2. Érythrocytes
3. Leucocytes
4. Macrophages
5. Bactéries
6. Levures

Ce type de sédiment est souvent trouvé chez la femme. La présence de cellules pavimenteuses abondantes peut invalider les résultats relatifs aux leucocytes et au sang obtenus sur bandelette réactive de même qu'invalider l'observation au microscope de bactéries et de levures puisque tous ces éléments pourraient provenir d'une contamination externe et non d'une atteinte de l'appareil urinaire. La présence de cylindres pathognomoniques^a demeure révélatrice d'une atteinte rénale.

^a Qualifie une caractéristique spécifique d'un signe ou d'un symptôme et permettant d'identifier sans équivoque une maladie. Source: Grand Dictionnaire Terminologique de l'Office de la langue française.

Section 3.1.3 Sédiment non spécifique compatible avec une néphropathie



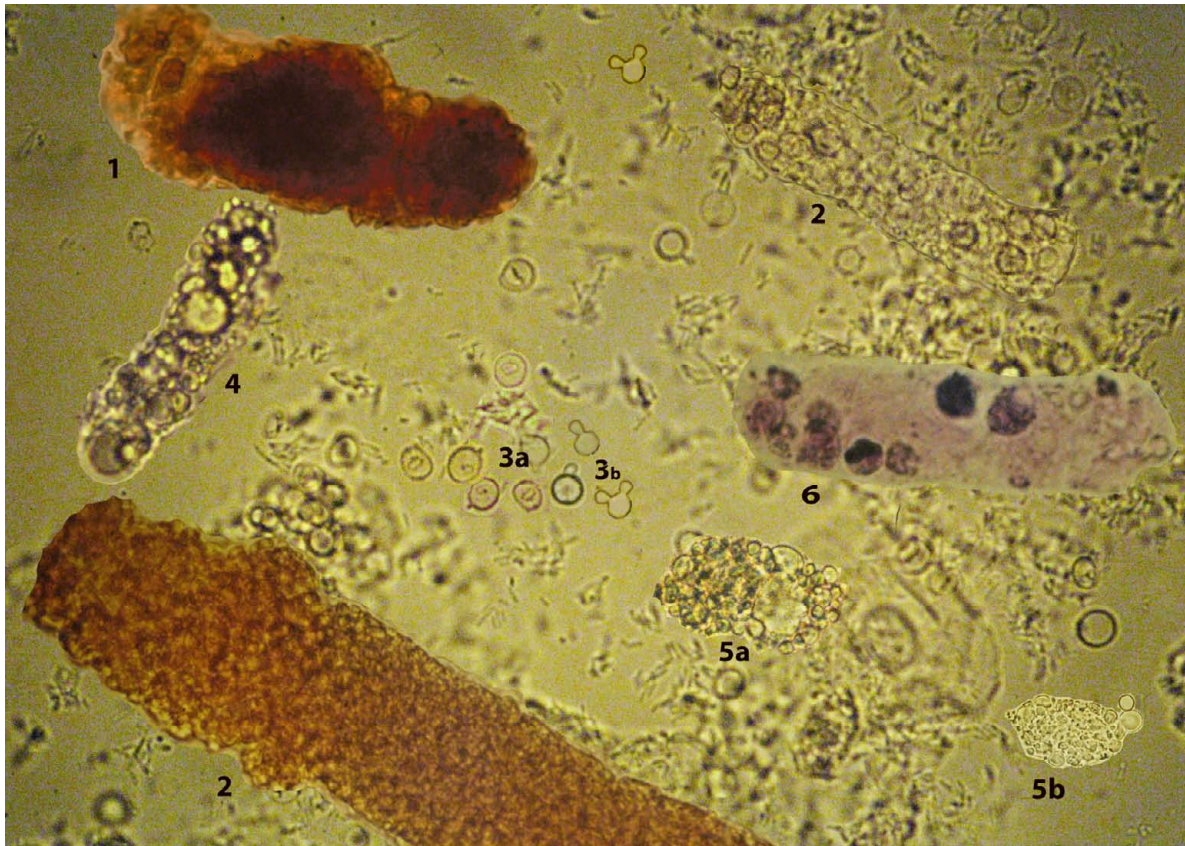
Description de la planche

Les éléments suivants peuvent se trouver dans le sédiment urinaire non spécifique compatible avec une néphropathie (25):

1. Cylindres hyalins
2. Cylindres granuleux
3. Cylindres cellulaires (3a : bleu de toluidine, 3b : sans coloration)
4. Cellules tubulaires (coloration de Wright et bleu de toluidine)
5. Cylindres cireux (5a- Sternheimer-Malbin 5b- sans coloration)
6. Cellule tubulaire nécrosée (coloration de Wright)

Ce type de sédiment est le plus fréquent dans une atteinte rénale. Il témoigne d'un problème sans plus de spécification. On l'observe souvent en présence d'insuffisance rénale. La majorité des sédiments de ce type ne contiendront pas de cylindres cireux.

Section 3.1.4 Sédiment mixte compatible avec un syndrome néphrotique et néphrétique



Description de la planche

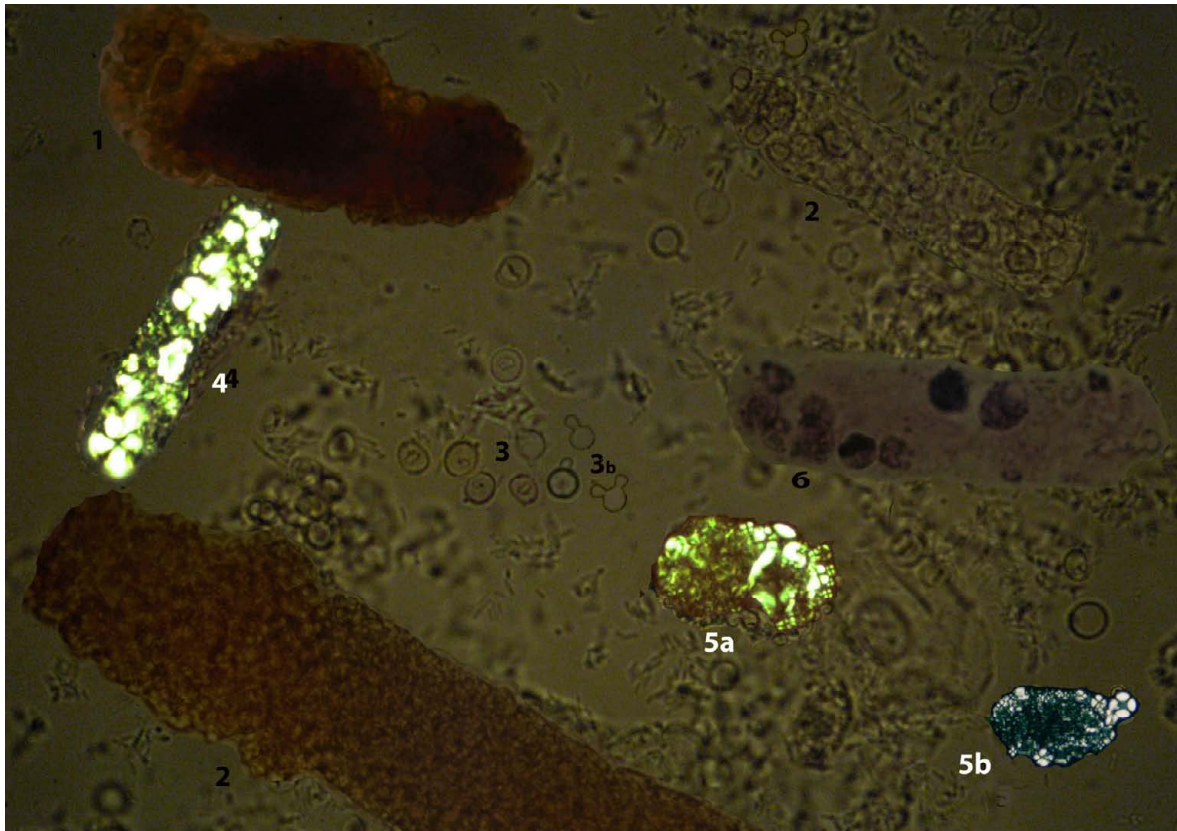
1. Cylindres hématiniques (image de cet élément fournie par Dr Michel Lebrun, reproduite avec sa permission)
2. Cylindres érythrocytaires
3. Hématurie avec dysmorphocytose importante (13, 25, 26, 27, 28)
(3a: Dysmorphocytose, 3b: Acanthocytes [cellules G1] [Mickey Mouse])
4. Cylindres gras
5. Corps ovaires gras (5a et 5b)
6. Cylindre mixte : leucocytes, érythrocytes, cellules tubulaires (bleu de toluidine)

Éléments de la composante néphrétique :	Éléments de la composante néphrotique :
Hématurie et taux élevé de dysmorphocytose. La caractéristique la plus éloquente est la présence de cylindres érythrocytaires.	Cylindres gras Corps ovaires gras Lipidurie
La présence de cylindres leucocytaires est fréquente (néphrite).	La caractéristique de ce contexte néphrotique est la protéinurie > 3,5 g/jour.

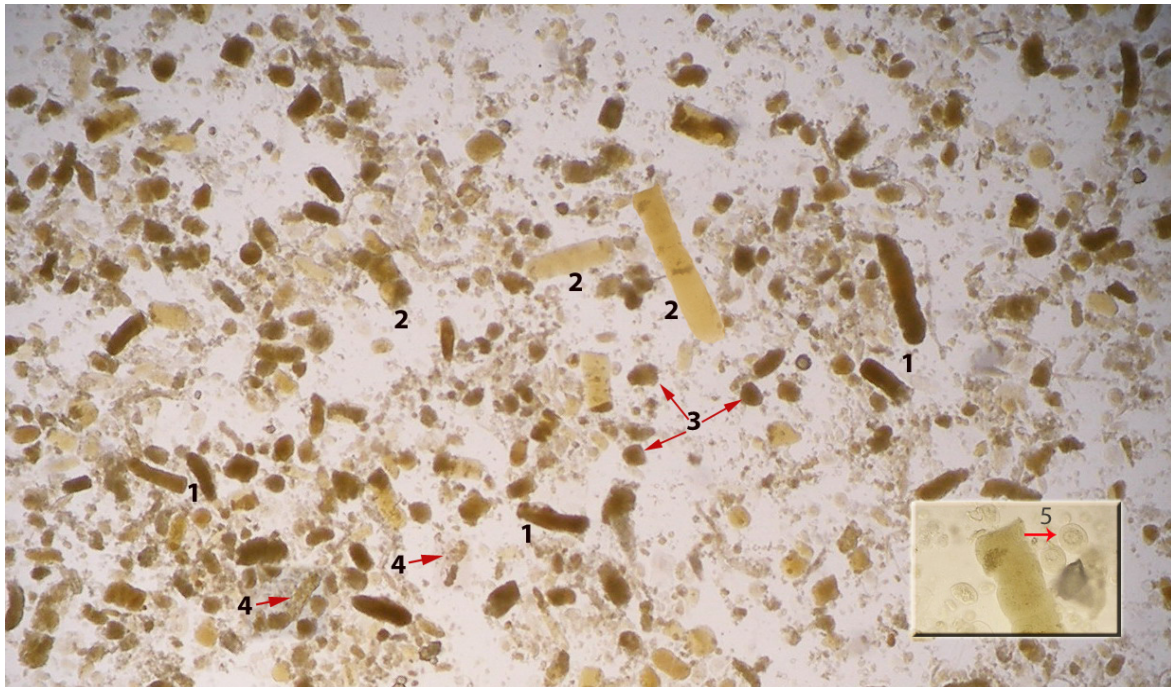
La lipidurie peut, selon le cas, se manifester par des gouttelettes de lipides libres (corps biréfringents), ou incluses dans des cellules tubulaires (corps ovalaires gras), dans des macrophages ou dans un cylindre (cylindre gras).

Sous lumière polarisée, l'identification de la lipidurie est habituellement une tâche facile.

Voici des éléments de la planche précédente en lumière polarisée (simulation):



Section 3.1.5 Sédiment compatible avec une nécrose tubulaire aiguë



Microphotographie d'une nécrose tubulaire aiguë associée à un syndrome hépato-rénal (sans coloration, 10X).
Source : collection du Dr Serban Nicolescu, ALMINA LABORATORY, TARGOVISTE, ROUMANIE. Image reproduite avec sa permission.

Description de la planche (Facteur de grossissement de 100)

Les éléments suivants peuvent se trouver dans le sédiment urinaire en présence de nécrose tubulaire aiguë (23, 29):

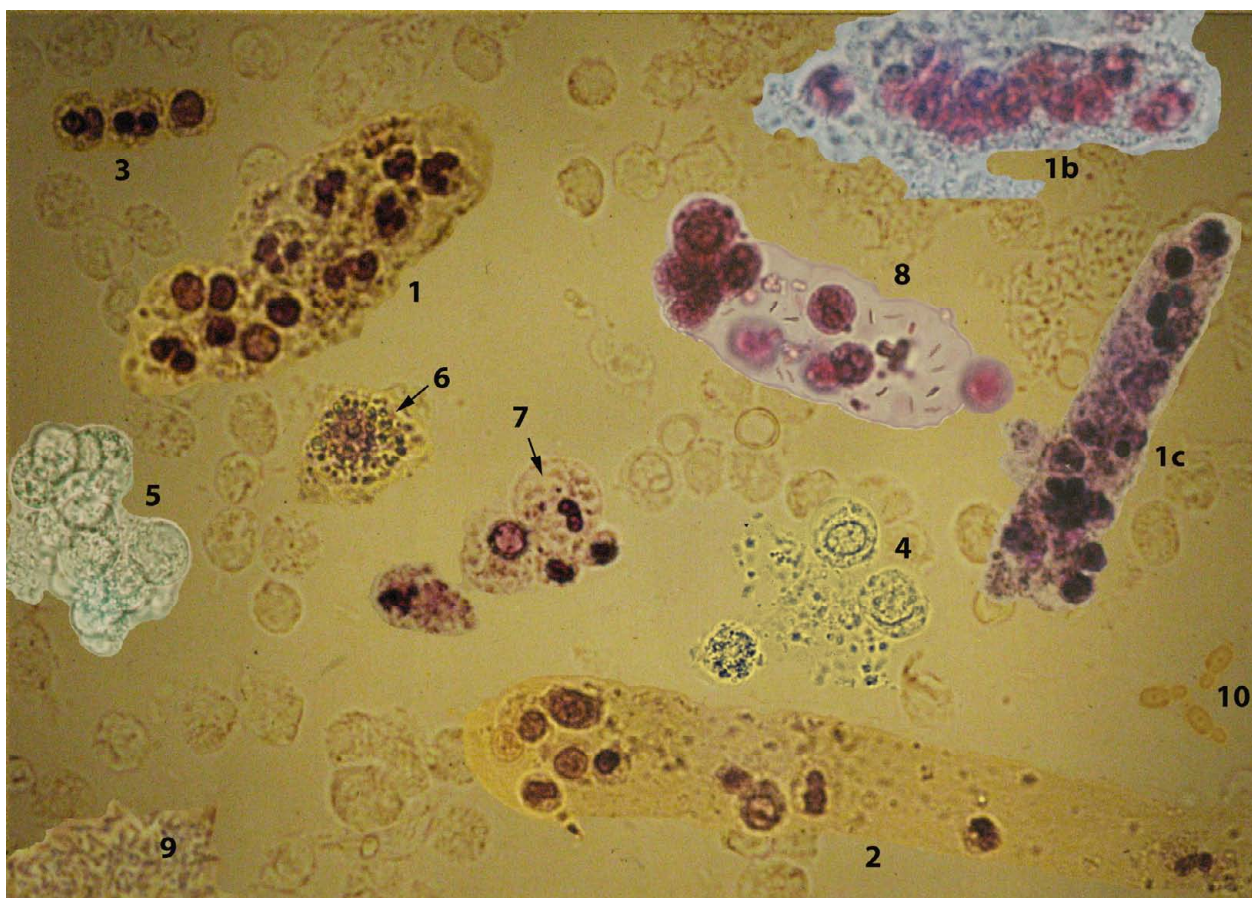
1. Cylindres granuleux pigmentés nombreux (*Muddy Brown Cast* aussi nommé *Dirty Brown Cast*)
2. Cylindres cireux
3. Cellules tubulaires nécrosées
4. Cylindres cellulaires (difficiles à percevoir à ce grossissement)
5. Cellules tubulaires rénales (médaillon) (Facteur de grossissement de 400)

Présence d'hématurie

Ce type de sédiment se caractérise par la présence de pigments hémoglobinuriques (p. ex. : méthémoglobine) dans la granulation des cylindres. En présence de nécrose tubulaire aiguë, le sédiment ne contient pas uniquement des cylindres pigmentés, mais également de nombreuses cellules tubulaires (normales, nécrosées et pigmentées) ainsi que des cylindres cellulaires et cireux.

La nécrose tubulaire aiguë peut être d'origine ischémique ou toxique. (29)

Section 3.1.6 Sédiment compatible avec une néphrite tubulo-interstitielle aiguë



Description de la planche

Les éléments suivants peuvent se trouver dans le sédiment urinaire en présence de néphrite tubulo-interstitielle aiguë (30, 31) :

1. Cylindres leucocytaires (1 : bleu de toluidine, 1b : chloroacétate estérase, 1c : bleu de toluidine)
2. Cylindre mixte cellulaire-leucocytaire
3. Leucocytes nombreux
4. Cellules tubulaires
5. Pus (présence non systématique)
6. Macrophage
7. Leucocytes de grande taille, d'aspect scintillant (*glitter cells*), apparaissant pâle à la coloration. Ces cellules sont aussi parfois appelées « Fresh ».

L'hématurie est fréquente.

En présence de pyélonéphrite : Cylindre mixte contenant des bactéries (No 8)

En présence d'infection urinaire : Bactéries (No 9) ou levures (No 10)

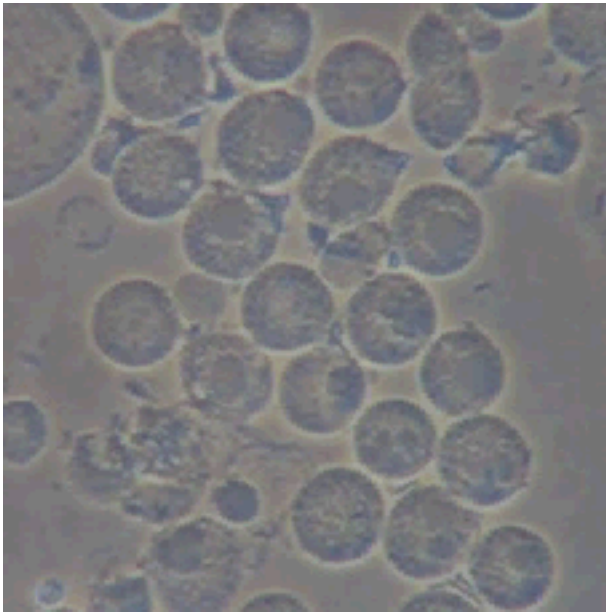
En présence d'une néphrite interstitielle allergique (souvent médicamenteuse) : l'éosinophilurie (éosinophiles libres et dans des cylindres). (7, 8)

La caractéristique principale de ce sédiment est la présence de cylindres leucocytaires. Cette identification est facilitée par la coloration des granulocytes avec l'estérase Naphtyl AS-D chloroacétate qui est relativement spécifique à cette lignée cellulaire (voir l'élément 1b).

L'observation d'éléments évocateurs d'infection des voies urinaires peut être due à une pyélonéphrite ou à une cystite compliquant le tableau. Le cylindre de bactéries et le cylindre leucocytaire sont le signe d'une atteinte corticale. La présence de leucocytes scintillants (*glitter cells*) est fréquente dans ce contexte.

Les levures sont à surveiller chez le diabétique et les sujets immunodéprimés.

Illustration de leucocytes scintillants :



L'illustration animée de cette image est visible à l'adresse suivante :

<http://optmq.org/illustration-de-leucocytes-scintillants/>

Animation reproduite avec la permission de D^r André Audet.

Section 3.2 Cristallurie (32, 33, 34)

Hormis la cystine, les antirétroviraux, l'oxalate de calcium monohydraté, la tyrosine et la leucine, la plupart des cristaux trouvés dans un sédiment ont peu d'intérêt clinique en l'absence d'antécédents précis. Une multitude de situations bénignes sont susceptibles de causer la formation de cristaux. ⁽¹³⁾

Beaucoup de cristaux trouvés dans l'urine ne sont pas présents dans un échantillon examiné immédiatement après la miction (p. ex. : oxalate de calcium). L'alcalinisation et la réfrigération favorisent la formation de cristaux. Il faut interpréter une cristallurie persistante en tenant compte de l'évaluation clinique du cas. Certains médicaments sont parfois présents sous forme cristalline dans l'urine. Leur présence est ordinairement sans signification clinique, mais certains médicaments sont connus pour être une cause d'obstruction chez le patient mal hydraté (ex. antirétroviraux).

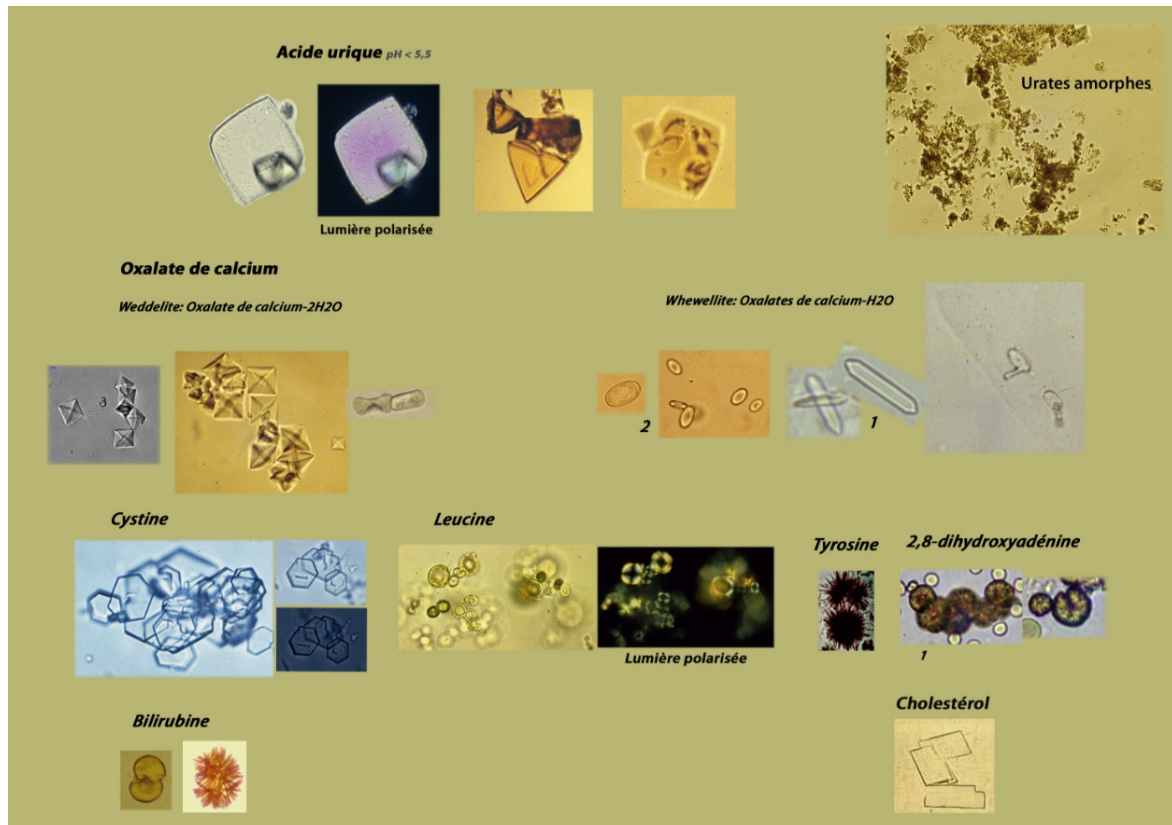
Il est impossible de dissoudre dans 1 à 2 litres d'eau la quantité de calcium, de phosphate et d'oxalate présente dans les urines de 24 heures. Il faut donc conclure à la présence de substances qui inhibent la cristallisation. Les principaux inhibiteurs connus sont le pyrophosphate, le citrate, le magnésium et certaines macromolécules. La protéine de Tamm-Horsfall (uromoduline) semble jouer un rôle inhibiteur important dans la formation des calculs d'oxalate de calcium. L'urine est donc une solution sursaturée en équilibre.

La formation des cristaux peut être due aux facteurs suivants :

- augmentation de la concentration au-delà de la capacité de sursaturation. Sa cause la plus fréquente est une diminution de la dilution (hydratation insuffisante), mais une augmentation de l'élimination peut aussi entraîner la formation de cristaux;
- diminution de la capacité de sursaturation. Cette diminution peut être le résultat d'une baisse de la quantité d'inhibiteur, de la neutralisation des inhibiteurs par une concentration en électrolytes ou en d'autres substances, ou d'un changement de pH;
- présence de cristaux qui favorisent la formation d'une autre espèce cristalline. Certains cristaux ont un effet promoteur. C'est le cas des urates qui favorisent la formation d'oxalate de calcium. Les mécanismes proposés sont la nucléation hétérogène et la concurrence pour les sites inhibiteurs.

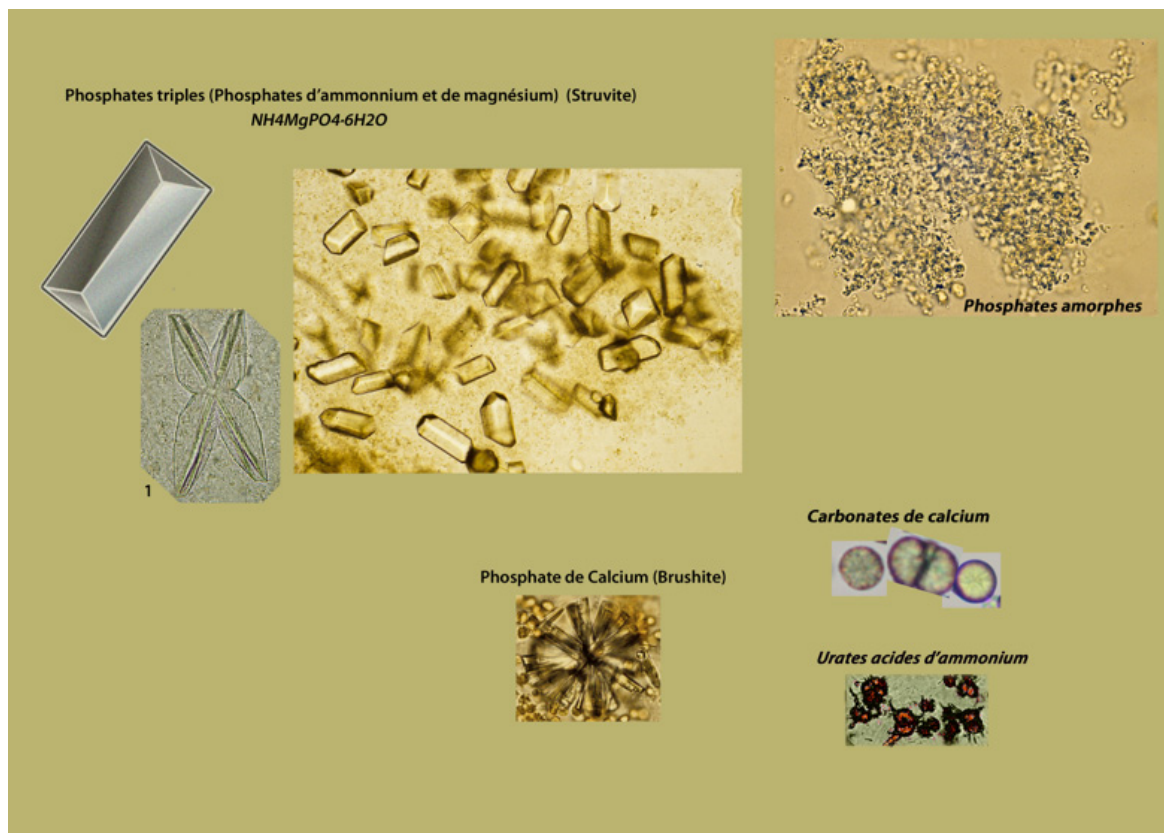
Certains cristaux sont trouvés exclusivement dans les urines acides et d'autres dans les urines alcalines. Les cristaux amorphes sont souvent identifiés grâce au pH. Ainsi, si l'urine est alcaline, on identifie des phosphates amorphes, tandis que si elle est acide, on identifie des urates amorphes. Il faut cependant considérer qu'à forte concentration, la cristallisation des phosphates amorphes et des triples phosphates est possible à un pH de 6,5.

Section 3.2.1 Cristaux trouvés dans un sédiment urinaire acide à neutre



1. Images de la collection du D^r André Audet, reproduites avec sa permission.
2. Images de la collection du D^r Serban Nicolescu, ALMINA LABORATORY, TARGOVISTE, ROUMANIE, reproduites avec sa permission.

Section 3.2.2 Cristaux trouvés dans un sédiment urinaire alcalin



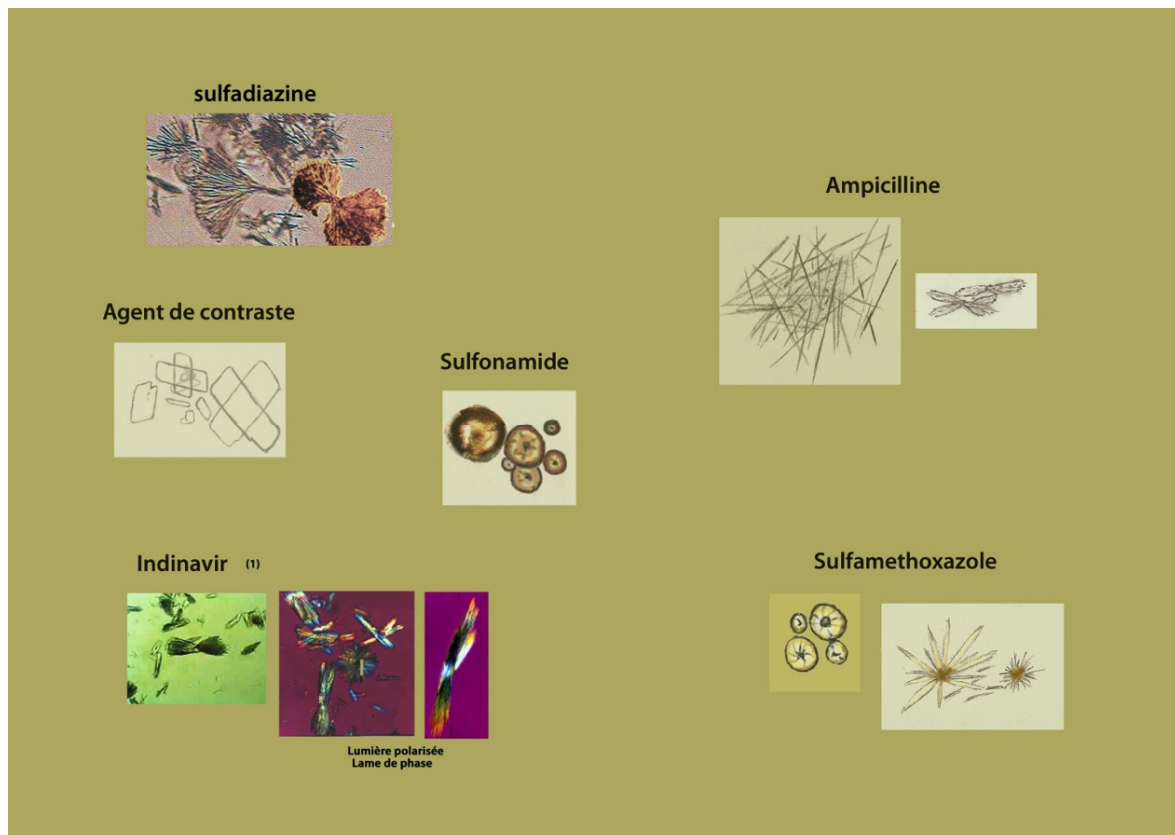
1. Image de la collection du D^r Serban Nicolescu, ALMINA LABORATORY, TARGOVISTE, ROUMANIE, reproduite avec sa permission.

Section 3.2.3 Cristallurie médicamenteuse

Dans la majorité des cas, une légère cristallurie d'origine médicamenteuse ou une cristallurie due à l'emploi d'agents de contraste en imagerie par rayons X n'a pas de portée clinique. Par contre, une cristallurie abondante associée à une hématurie, à la présence de cylindres autres qu'hyalins et à une cellularité marquée pourrait témoigner d'une atteinte obstructive. La présence de cylindres avec inclusions cristallines indique clairement que la cristallisation est intrarénale. En revanche, celle de cristaux dans la matrice d'un cylindre peut être sans gravité et ne pas contribuer à l'évaluation clinique du cas.

Plusieurs médicaments ont tendance à cristalliser chez le patient insuffisamment hydraté. La plupart de ces substances cristallisent en milieu acide, souvent à un pH autour de 5,0. Les sulfamidés (sulfaméthoxazole, acétylsulfadiazine, sulfadiazine) ou les antirétroviraux sont les médicaments plus souvent observés sous forme cristallisée. (19)

Il importe d'identifier les cristaux médicamenteux en présence d'insuffisance rénale aiguë quand on soupçonne la précipitation intratubulaire du médicament d'être la source de l'obstruction.



1. Images de la collection de Jorge Martínez de la Cámara y Salmerón, reproduites avec sa permission. Les images pleines grandeurs peuvent être vues à l'adresse suivante : <http://optmq.org/cristaux-indinavir/>

Section 3.2.4 Tableau des cristaux trouvés dans le sédiment urinaire

Cristaux trouvés dans les urines acides

Cristal	pH	Couleur	Forme des cristaux	Solubilité à la chaleur	Solubilité dans le NaOH à 10 %	Solubilité dans l'acide acétique (glacial)
Acide urique	Acide (< 5,5)	Jaune ou rouge brun Plus rarement en hexagone incolore	Forme variable Biréfringent en lumière polarisée, variation de couleur selon l'épaisseur : rose-bleu	Soluble à 60 °C	Soluble	Insoluble
Oxalate de calcium dihydraté (weddelite)	Acide ou alcalin	Incolore	Octaèdre (en enveloppe) Biréfringent	S.O.	S.O.	Insoluble (soluble avec HCl)
Oxalate de calcium monohydraté (whewellite)	Acide	Incolore	Ovoïde avec centre déprimé ou hexagone allongé Biréfringent	S.O.	S.O.	S.O.
Urates acides	Acide (> 5,5)	Brun	Agrégat de petites sphères, ressemblant aux urates Biréfringent	Soluble à 60 °C	S.O.	Se transforme en acide urique
Urates amorphes	Acide	Rose à rouge	Petits cristaux sans forme définie Biréfringent	Soluble à 60 °C	Soluble	Se transforme en acide urique
Urates monosodiques	Acide	Incolore	Aiguilles minces ou précipité amorphe Biréfringent	S.O.	S.O.	S.O.

S.O. : Sans objet

Section 3.2.4 Tableau des cristaux trouvés dans le sédiment urinaire (suite)

Cristaux trouvés dans les urines alcalines

Cristal	pH	Couleur	Forme des cristaux	Solubilité à la chaleur	Solubilité dans le NaOH à 10 %	Solubilité dans l'acide acétique (glacial)
Biurate d'ammonium	Alcalin	jaune foncé ou brun	Sphère ou en pomme épineuse (stramoine commune, <i>thorn apples</i>) Biréfringent	Soluble à 60 °C avec acide	S.O.	Se transforme en acide urique
Carbonate de calcium	Alcalin	Incolore	Petite sphère en paire ou à quatre unités Biréfringent	S.O.	S.O.	Soluble avec effervescence
Phosphates amorphes	Alcalin	Incolore	Granules sans forme définie	Insoluble	S.O.	Soluble
Phosphate de calcium (brushite)	Alcalin	Incolore	Prisme mince souvent en rosette Biréfringent	Insoluble	S.O.	Soluble
Triple phosphates (struvite)	Alcalin ou neutre	Incolore	Prisme de 3 à 6 faces (couvercle de cercueil) Feuilles minces (moins fréquent) Biréfringent	S.O.	S.O.	Soluble

S.O. : Sans objet

Section 3.2.4 Tableau des cristaux trouvés dans le sédiment urinaire (suite)

Cristaux d'origine physiologique (métabolique)

Cristal	pH	Couleur	Forme des cristaux	Test de confirmation
Bilirubine	Acide	Jaune très foncé à rouge	Aiguilles sans forme précise, lamelles rhombiques Faiblement biréfringent	S.O.
Cholestérol	acide ou neutre	Incolore	Lamelle rectangulaire avec un coin encoché (observé dans les grandes protéinuries après réfrigération) Biréfringent	S.O.
Cystine	Acide	S.O.	Transparent, lamelle hexagonale Peu biréfringente (dépend de l'épaisseur)	Réaction au nitroprossiate (nitroferri cyanure) : donne une couleur rouge pourpre
2,8-dihydroxyadénine	Acide	Jaune à brun. Ressemble à l'acide urique	Cristaux en aiguilles, en baguettes ou en lamelles agrégées de grandes dimensions (> 50 µm) Biréfringence forte	S.O.
Hémosidérine	Acide ou neutre	Brun doré	Granules, en amas Présent dans des cellules et des cylindres	Réaction au bleu de Prusse (test de Roux)
Leucine	Acide	Jaune	Très rarement observé Sphères d'aspect huileux, striées et cercles concentriques (sphérule) Peut ressembler à une cellule; fortement biréfringente (croix de Malte)	Analyse des acides aminés urinaires
Tyrosine	Acide	S.O.	Rarement observé Aiguilles fines souvent disposées en rosette. Trouvée avec la leucine (problèmes hépatiques graves)	Réaction au nitrosonaphtol : donne une couleur orange

S.O. : Sans objet

Section 3.2.4 Tableau des cristaux trouvés dans le sédiment urinaire (suite)

Cristaux d'origine iatrogénique (médicaments, drogues)

Cristal	pH	Couleur	Forme des cristaux	Test de confirmation
Acétylsulfadiazine	Acide	Jaune à brun	Apparence de gerbe de blé avec attache excentrique	S.O.
Acétylsulfaméthoxazole	Acide	Brun	Sphère dense ou sphère avec divisions irrégulières	S.O.
Acyclovir	Alcalin (7,5)	Incolore	Aiguilles fines	Spectroscopie, infrarouge, histoire clinique.
Agent de contraste (radiographie) (Renografin, Hypaque)	Acide	Incolore	Lamelle incolore Peut ressembler au cholestérol Forte biréfringence	Densité élevée ($> 1,035$) sur un spécimen d'aspect dilué. Faux positifs au test des protéines par l'acide sulfosalicylique.
Ampicilline	Acide	Incolore	Aiguilles fines et longues; formant des amas En forme de gerbe après réfrigération Biréfringent	S.O.
Indinavir	Neutre (6,5-7,5)	Incolore	Aiguilles agrégées, lamelles agrégées en rosette Biréfringent	S.O.
Sulfadiazine	Acide	Brun	Globules denses Biréfringent	S.O.
Sulfamidés	Acide	Jaune à brun	Variable suivant le produit, mimétisme avec l'acide urique, les urates amorphes et le biurate Biréfringent	S'hydrolyse à la chaleur en milieu acide. Réaction de diazotation (méthode de <i>Bratton et Marshall</i>). Résultat : couleur pourpre.

S.O. : Sans objet

BIBLIOGRAPHIE

1. RINGSRUD, Karen M., LINNÉ, Jean J. *Urinalysis and Body Fluids A ColorText and Atlas*, Mosby, St-Louis, Missouri, 1995.
2. INSTITUT DE CARDIOLOGIE DE MONTRÉAL. *Trucs et astuces du sédiment urinaire*, DOC-B.5.05.03.URINE5, Version A. 2005-12-15. Consulté dans la collection de documents sur le site de la Société québécoise de biologie clinique (SQBC). www.sqbc.qc.ca. Texte adapté et reproduit avec la permission de la SQBC.
3. COLD SPRING HARB PROTOC. *Phosphate-buffered saline (PBS)* doi:10.1101, pdb.rec8247, 2006. <http://cshprotocols.cshlp.org/content/2006/1/pdb.rec8247>. Consulté en ligne le 1^{er} mai 2013.
4. MOLECULAR STATION. *Toluidine blue stain* <http://www.molecularstation.com/protocol-links/articles/Toluidine-Blue-Stain-32.html>. Consulté en ligne le 1^{er} mai 2013.
5. DIFFERENCE BETWEEN.NET. *Difference Between PBS and HBSS* <http://www.differencebetween.net/science/difference-between-pbs-and-hbss/>. Consulté en ligne le 1^{er} mai 2013.
6. LIDE LABORATORIES INC. *Medical Diagnostic Products. HANSEL Stain Package Insert*. http://www.lidelabs.com/lidelabs12_007.htm. Consulté en ligne le 1^{er} mai 2013.
7. NOLAN, CR 3rd, ANGER, MS, KELLEHER, SP. Eosinophiluria--a new method of detection and definition of the clinical spectrum. *N Engl J Med*. 1986; 315(24): 1516-9.
8. NOLAN, CR 3rd, KELLEHER, SP. Eosinophiluria. *Clin Lab Med*. 1988 Sep;8(3):555-65.
9. MOLONEY, William C., McPHERSON, Kenneth, FLIEGELMAN, Lila. Esterase Activity in Leukocytes Demonstrated by the Use of Naphthol AS-D Chloroacetate Substrate. *J Histochem Cytochem*. 8:200, 1960.
10. DION, Richard. Identification de cylindres leucocytaires avec l'Estérase Naphtol AS-D-Chloroacétique. Congrès de la SQBC. *Annales de Biochimie Clinique du Québec* 1989;12.
11. INSTITUT DE CARDIOLOGIE DE MONTRÉAL. *Procédure opératoire normalisée de conservation des spécimens particuliers*. PON-B-5.05.03.URINE2, Version A. 2006-03-16. Consulté dans la collection de documents sur le site de la Société québécoise de biologie clinique. www.sqbc.qc.ca.
12. BRADBURY, Paul. *An Introduction to Microscopy*. Stevenson scientific publication. BC Canada, 1990.
13. FOGAZZI, Giovanni, B. *The Urinary Sediment. An Integrated View*. Third Edition, Milan, Italy, Elsevier Srl, 2010.
14. NIKON MICROSCOPYU. *Introduction to Phase Contrast Microscopy*. <http://www.microscopyu.com/articles/phasecontrast/phasemicroscopy.html>. Consulté en ligne le 1^{er} mai 2013.
15. MICROSCOPE MASTER. *Phase Contrast Microscope. Application in Microscopy; Advantages and Disadvantages* <http://www.microscopemaster.com/phase-contrast-microscope.html>. Consulté en ligne le 1^{er} mai 2013.
16. INSTITUT D'AUTOMATISATION INDUSTRIELLE L'ŒIL SERVICE INFORMATIQUE. *La polarisation*. http://php.iai.heig-vd.ch/~lzo/optique/cours/Polarisation_09.pdf. Consulté en ligne le 1^{er} mai 2013.
17. DEFERNE, Jacques. *Principe et description du microscope polarisant* <http://www.kasuku.ch/pdf/microscope/4-principe.pdf>. Consulté en ligne le 1^{er} mai 2013.

18. LUSSIER, André, DE MÉDICIS, Rinaldo, VACLAV, Richter. *Atlas des cellules et des cristaux du liquide synovial*. Université de Sherbrooke. Version 1 (1-07-2010). [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Atlas des cellules et cristaux du liquide synovial-A-Lussier.pdf](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Atlas_des_cellules_et_cristaux_du_liquide_synovial-A-Lussier.pdf). Consulté en ligne le 1^{er} mai 2013.
19. KOPP, Jeffrey B. et al. Crystalluria and Urinary Tract Abnormalities Associated with Indinavir. *Ann Intern Med*. July 15, 1997;127(2):119-125.
20. VERDESCA, Simona et al. How a skilful and motivated urinary sediment examination can save the kidneys. *Nephrol Dial Transplant*. 2007 22(6):1778-81.
21. SIMERVILLE, Jeff, A., MAXTED, William, C., PAHIRA, John, J. Urinalysis: A Comprehensive Review. *Am Fam Physician*. 2005;71 :1153-62.
22. GUIDELINES AND PROTOCOLS ADVISORY COMMITTEE. *Microscopic Hematuria*. British Columbia Medical Association and Medical Services Commission. April 22, 2009.
23. FOGAZZI, Giovanni, B., et al. Urinalysis: Core Curriculum 2008. *American Journal of Kidney Diseases*. Vol. 51, No 6 (June) 2008: 1052-67.
24. KDIWAVVOU. *Urinalysis in the diagnosis of renal disease*. <http://fr.slideshare.net/kdiwavvou/23-urinalysis-in-the-diagnosis-of-renal-disease>. Consulté en ligne le 1^{er} mai 2013.
25. BRENNER, Barry, M. *Brenner and Rector's The Kidney*, 8th Edition. Saunders, NY, USA. 724-756 (2007).
26. NAGAHAMA, D. et al. A useful new classification of dysmorphic urinary erythrocytes. *Clin Exp Nephrol*. 2005, Dec; 9(4):304-9.
27. ZAMAN, Zahur, PROESMANS, Willem. Dysmorphic erythrocytes and G1 cells as markers of glomerular hematuria. *Pediatr Nephrol* (2000) 14:980-984.
28. WANDEL, E., KOHLER, H. Acanthocytes in urinary sediment-a pathognomonic marker? *Nephrol Dial Transplant* (1998) 13: 206-207.
29. ESSON Matthew, L., SCHRIER, Robert, W. Diagnosis and Treatment of Acute Tubular Necrosis. *Ann Intern Med*. 2002; 137 : 744-752.
30. GAUTHIER, Th., WAUTERS, J.-P. Les néphrites interstitielles aiguës. *Revue Médicale Suisse*. N° -711, 23/02/2000.
31. GOLDMAN, Lee, SCHAFER, Andrew I. *Goldman's Cecil Medicine*. Philadelphia, PA. Saunders Elsevier, 2008.
32. FOGAZZI G. B. Crystalluria: a neglected aspect of urinary sediment analysis. *Nephrol Dial Transplant*. (1996) 11: 379-387.
33. DAUDON, M., JUNGERS, P., LACOUR, B. Intérêt clinique de l'étude de la cristallurie. *Ann Biol Clin*. 2004, 62 : 379-93.
34. HABER, Meryl, H. et al. *Urinary Sediment: An Illustrated Field Guide Based on Proficiency Testing*. College of American Pathologist Press. 2011. p : 214-324.

LIVRES DE RÉFÉRENCE ET ATLAS

Les livres de référence et atlas qui suivent peuvent être consultés afin d'obtenir de plus amples renseignements sur ce sujet.

CILLESSEN, F., VAN DER MEER, W. *Atlas Of Urine Sediments*. Elsevier Science Ltd. CD-ROM format, 1999.

FOGAZZI, Giovanni et al. *The Urinary Sediment: An Integrated View*, Second Edition. Oxford University Press. 2000.

HABER, Meryl H. *Urinary Sediment: A Textbook Atlas/Book Only*. American Society of Clinical pathology Press. 1981.

HABER, Meryl H et al., *Color Atlas of the Urinary Sediment: An Illustrated Field Guide Based on Proficiency Testing*. College American Pathologist. 2010.

KING, S. Susan, DI LORENZO, S. D. Marjorie. *Urinalysis and Body Fluids*. Fifth Edition, F.A. Davis Company, 2008.

MUNDT, Lillian A., SHANAHAN, Kristy. *Graff's Textbook of Urinalysis and Body Fluids*, Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, Pennsylvania, 2010.

RINGSRUD Karen M., LINNÉ Jean J. *Urinalysis and Body Fluids A ColorText and Atlas*, Mosby, St-Louis Missouri, 1995.