

L'urine est \pm foncée; l'addition d'un alcali provoque une coloration bleu violet.

7. *Iode* (sous forme d'*iodure*). Plusieurs procédés :

a) On trempe un papier amidonné dans l'urine et on le place sur le goulot d'un flacon, débouché, d'acide nitrique fumant. Le papier bleuit;

b) On ajoute quelques gouttes d'acide nitrique fumant à l'urine: l'iode est mis en liberté; en agitant avec quelques gouttes de chloroforme, celui-ci dissout l'iode et se colore en violet (au fond du tube);

c) On peut faire cette dernière réaction en laissant tomber dans l'urine une goutte de solution de nitrite de potassium, puis une goutte d'acide sulfurique; il se forme de l'acide nitrique nitreux, et l'iode est mis en liberté.

8. *Résine* (dans la térébenthine et divers baumes); l'urine se trouble par l'acide nitrique; le précipité se dissout par l'alcool.

9. *Rhubarbe* (voir *Acide chrysophanique*).

10. *Santonine*. L'urine est jaune; un alcali donne une coloration rouge pourpre. La santonine ne se dissout pas dans l'éther (caractère distinctif de l'acide chrysophanique).

11. *Sené* (voir *Acide chrysophanique*).

12. *Tannin*. Le perchlorure de fer ajouté à l'urine donne une coloration bleu noir.

13 *Térébenthine*. L'urine dégage l'odeur de la violette; elle se trouble par l'acide nitrique (résine).

V. — MARCHE A SUIVRE DANS L'EXAMEN QUALITATIF D'UNE URINE

A. ON PROCÈDE A L'INSPECTION.

1. } Quantité et Densité.
2. } Couleur. { jaune { pâle. normale. foncée (mat. col. biliaire, médicaments).
rouge (uraté, sanglante, biliaire)
autre que le jaune et le rouge (verte, brune, etc.) } sang. mat. col. biliaire. acide phénique.
- } Réaction. { très acide (urates, acide urique).
acide, normale.
neutre.
alcaline (présence d'ammoniaque ou d'alcalis fixes).
3. Transparence. { claire ou trouble.

B. PUIS ON FAIT L'ANALYSE CHIMIQUE.

LOIS. — 1° Chaque fois qu'un trouble assez abondant disparaît complètement par la chaleur seule, ce trouble est constitué par des urates; on dit que *l'urine est uraté*;

2° Lorsqu'une urine claire se trouble en étant portée à l'ébullition, ou que dans une urine trouble le trouble augmente, celui-ci est dû :

a) à de l'*albumine* s'il persiste ou augmente par l'addition d'acide nitrique;

b) à des *carbonates* s'il disparaît avec effervescence par l'addition d'acide nitrique;

c) à des *phosphates* s'il disparaît sans effervescence par l'addition d'acide nitrique.

(Souvent, il y a en même temps des carbonates *et* des phosphates.)

Voici comment on opère l'analyse :

Dans un tube à réaction, on verse deux ou trois centimètres cubes d'urine que l'on porte à l'ébullition; puis, on y ajoute quelques gouttes d'acide nitrique.

Le tableau ci-dessous indique tous les cas qui peuvent se présenter :

	1° ON FAIT BOUILLIR	2° ON AJOUTE L'ACIDE NITRIQUE	CONCLUSION.
A. L'urine est claire.	1. Il ne se produit rien.	1. Il ne se produit rien. 2. L'urine se trouble.	Pas d'albumine; donc, pas de sang, pas de pus. Albumine. L'urine étant claire, probablement ni sang ni pus.
	2. L'urine se trouble.	1. Le trouble disparaît avec vive effervescence. 2. Le trouble disparaît sans effervescence. 3. Le trouble persiste ou augmente.	Le trouble était dû à des carbonates. Le trouble était dû à des phosphates. Le trouble est dû à l'albumine.
B. L'urine est trouble.	1. Le trouble disparaît.	La transparence persiste souvent avec effervescence.	Le trouble était dû à des urates.
	2. Le trouble persiste ou augmente.	1. Le trouble disparaît complètement avec vive effervescence.	Le trouble était dû à des carbonates.
		2. Le trouble disparaît complètement sans effervescence.	Le trouble était dû à des phosphates.
3. Le trouble disparaît d'abord, mais reparait si l'on continue à chauffer.	3. Le trouble disparaît en partie avec ou sans effervescence. 4. Le trouble ne disparaît pas du tout ou augmente.	Le trouble est dû à de l'albumine, des carbonates, et des phosphates. L'urine renferme de l'albumine, et probablement du pus ou du sang.	
		Le premier trouble est dû à des urates. Le second trouble est dû à des carbonates, ou des phosphates, ou de l'albumine, ou toutes ces substances réunies : c'est l'acide nitrique qui décide.	

On sait maintenant si l'urine renferme de l'albumine.

Après l'épreuve de l'albumine, on recherche *toujours* le sucre.

En combinant les résultats de l'inspection et ceux de l'analyse rapide, on décide s'il y a lieu de faire une expérience de contrôle ou une autre recherche spéciale : bile, sang, pus, etc.

C. RESTE ENFIN L'EXAMEN MICROSCOPIQUE.

On procède à cet examen : 1° chaque fois que l'urine renferme de l'albumine; 2° lorsqu'elle présente un trouble de nature douteuse.

Nous avons vu antérieurement la forme et la signification des éléments figurés.

Les *calculs* seront étudiés dans la leçon spécialement réservée à l'examen de tous les calculs (urinaires, biliaires, salivaires).

B. — ANALYSE QUANTITATIVE

Voici l'ordre que nous suivrons dans l'étude de l'analyse quantitative de l'urine :

I. — Règles générales.

II. — Dosage des éléments pathologiques.

- | | |
|------------------------|--|
| 1. Albumine. | 1° Réduction d'une liqueur cupropotassique titrée. |
| | 2° Déviation de la lumière polarisée. Saccharimètre de Soleil. |
| 2. Sucre. | 1° Polaristroscope de Wild. |
| | 2° Fermentation de l'urine sucrée. |
| 3. Urée. | 3° Evaluation approximative. |
| | 4° Procédé. |
| 4. Chlorures. | 1° Calculs. |
| | 2° Calcul simplifié. |
| 3. Acide phosphorique. | 3° Evaluation de l'urée par le calcul seul. |
| | 4° Signification clinique. |
| 2. Chlorures. | 1° Procédé. |
| | 2° Observations pratiques. |
| 3. Acide phosphorique. | 3° Calculs. |
| | 4° Signification clinique. |
| 1. Urée. | 1° Procédé. |
| | 2° Calculs. |
| 2. Chlorures. | 3° Dosage des phosphates alcalino-terreux. |
| | 4° Remarques concernant les phosphates en liberté. |
| 3. Acide phosphorique. | 5° Signification clinique. |

III. — Dosage de quelques éléments contenus dans l'urine à l'état normal.

I. — RÈGLES GÉNÉRALES.

A. *L'analyse doit porter sur toute l'urine émise pendant vingt-quatre heures.*

Il y a pour cela trois raisons principales :

1° La masse totale de l'urine rendue en vingt-quatre heures varie considérablement, à l'état pathologique surtout; nous avons vu qu'elle s'étend de cent centimètres cubes à dix et douze litres par jour, et même plus. Si l'on analyse un élément quelconqué, normal ou pathologique, et que l'on recherche sa proportion dans dix centimètres cubes, par exemple, on pourra obtenir, *pour une même quantité de substance éliminée en vingt-quatre heures*, des chiffres qui seront dans le rapport de 1 : 120. En d'autres termes, l'analyse faite sans tenir compte du volume total de l'urine donne la *concentration* de celle-ci, mais n'indique pas la quantité *réelle* de matériaux éliminés.

L'évaluation *par litre*, comme on le fait trop souvent, est donc une très mauvaise méthode, attendu que la quantité totale de l'urine peut être dix fois moindre, comme elle peut être douze fois plus grande; dans le premier cas, le chiffre fourni par l'analyse devrait être divisé par dix; dans le second cas, il devrait être multiplié par douze.

Dans des cas exceptionnels, où l'urine de 24 heures n'a pas pu être recueillie d'une manière complète, il est cependant possible de faire certaines constatations utiles :

a) le chiffre de la *densité* permet d'évaluer à peu près la quantité totale de l'urine émise en réalité dans les 24 heures (voir ce que nous avons dit à ce propos pages 34 et 35);

b) les *quantités relatives* de certaines substances peuvent avoir une signification très précise : notamment le rapport des chlorures à l'urée qui est de 1 : 2,5 à l'état normal, et le rapport de l'acide phosphorique à l'urée qui est environ de 1 : 10.

2° L'urine n'est pas émise en quantités égales et à espaces égaux dans la journée. D'après l'urine d'une seule miction, il n'est donc pas possible de se rendre compte du volume total éliminé.

3° La composition de l'urine n'est pas la même à tous les moments de la journée. Il faut donc non seulement connaître la masse totale, mais il faut opérer le dosage sur un échantillon pris dans toute la masse.

B. *L'analyse doit être répétée pendant plusieurs jours consécutifs.*

En faisant l'analyse pendant un seul jour, on est exposé aux causes d'erreur suivantes :

1° L'urine peut renfermer *exceptionnellement* une proportion anormale d'une substance déterminée.

2° La récolte peut être mal faite :

Soit en introduisant une certaine quantité d'urine appartenant à la veille; soit en anticipant sur l'urine du lendemain; soit encore en ne donnant pas la masse totale complète, (urine perdue au moment des selles, par exemple).

Toutes ces causes disparaissent, ou sont fortement atténuées, lorsqu'on poursuit le dosage pendant quelques jours consécutifs.

Parfois, il est utile de continuer l'analyse plus longtemps,

par exemple lorsque la sécrétion d'un élément suit une marche régulièrement descendante, ou ascendante (marche des chlorures après une opération faite dans une cavité close : ovariectomie, hystérectomie, etc.); ou lorsqu'elle reflète l'état d'une lésion qui échappe à l'observation directe, comme l'ulcère de l'estomac.

D'autre fois enfin, l'analyse doit être reprise pendant quelques jours, à des intervalles \pm éloignés : tous les mois, tous les trois mois, par exemple. Ce procédé s'applique surtout dans les affections lentes, de nature douteuse, et dont il y a lieu d'étudier la marche ou le caractère.

C. *La lecture du niveau des liquides* (éprouvettes, burettes, densimètres, etc) *doit toujours se faire de la même manière :*

1° *Placer le récipient dans une position parfaitement verticale ;*

2° *Noter le degré de l'échelle correspondant à la partie plus inférieure du ménisque concave formé à la surface libre du liquide.*

On facilite cette lecture en tenant une feuille de papier blanc derrière la colonne de liquide.

Toutes les méthodes de dosage que nous donnons ci-dessous sont des méthodes *volumétriques*, dont l'exactitude est largement suffisante, et qui peuvent être très aisément employées en clinique.

II. — ÉLÉMENTS PATHOLOGIQUES

I. — DOSAGE DE L'ALBUMINE

Le procédé le plus pratique est celui d'*Esbach*, basé sur la propriété que possède l'acide picrique de précipiter l'albumine. On se sert d'un tube à réaction (*tube d'Esbach* : voir la figure ci-contre), portant vers son milieu un trait horizontal et la lettre U ; à la partie supérieure se trouvent un second trait et la lettre R ; enfin, la partie inférieure du tube est graduée de bas en haut, et de 1 jusqu'à 7 généralement. Les degrés de cette échelle sont de hauteurs inégales et représentent chacun 1 gramme d'albumine pour un litre de l'urine examinée.

Voici comment on procède :

On verse de l'urine albumineuse jusqu'au trait U ; on ajoute, jusqu'au trait R, du réactif à base d'acide picrique, composé comme suit :

Acide picrique, chimiquement pur, 1

Acide citrique, » » 2

Eau distillée, Q. S., pour faire 100 de solution ;

Puis, on ferme le tube au moyen d'un bouchon en caoutchouc, on le retourne avec précaution¹ une douzaine de fois de suite, de manière à obtenir un mélange parfait, et on le laisse reposer dans la position verticale pendant 24 heures. Au bout de ce

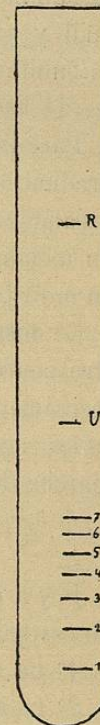


Fig. 29.

¹ Il faut retourner le tube, et non pas agiter, pour éviter l'introduction de bulles d'air dans la masse ; la présence de ces bulles entrave la précipitation et le tassement réguliers de l'albumine coagulée, et une partie de celle-ci vient surnager à la surface du liquide. Dans un cas semblable, l'opération est nulle.

temps, l'albumine précipitée par le réactif a formé un dépôt dont la limite supérieure correspond à l'un des chiffres de la graduation; celui-ci représente le nombre de grammes d'albumine contenus dans *un litre* de l'urine (en expérience. Il suffit de multiplier ce chiffre par la quantité totale d'urine recueillie en 24 heures, pour connaître la valeur exacte de l'albumine excrétée. (Si le dépôt a atteint le chiffre 4 et qu'il y ait eu 1500 centimètres cubes d'urine excrétés, l'albumine est égale à $4 \times 1,5$ c'est-à-dire 6 grammes pour les 24 heures.)

Parfois, le dépôt dépasse le chiffre le plus élevé de la graduation; il faut alors recommencer l'essai, en diluant au préalable l'urine d'une égale quantité d'eau distillée. On verse du mélange jusqu'au trait U, et l'on opère comme ci-dessus; on multiplie le résultat final par 2.

Ce dosage, qui donne des résultats très satisfaisants, doit être poursuivi pendant quelques jours sans interruption, et recommencé de temps en temps, autant que possible à intervalles égaux, afin qu'on puisse constater directement la marche de l'affection.

II. — DOSAGE DU SUCRE

Il y a de nombreux procédés; ils sont tous basés sur l'une de ces trois opérations :

- 1° La réduction d'une *liqueur cupropotassique titrée* ;
- 2° La déviation de la *lumière polarisée*, par la solution de sucre ;
- 3° La *fermentation* de l'urine sucrée.

1° RÉDUCTION D'UNE LIQUEUR CUPROPOTASSIQUE TITRÉE

La solution la plus employée est la *liqueur de Fehling*, préparée comme suit :

Dans :	Eau distillée,	200 grammes,
On dissout :	Sulfate de cuivre pur et cristallisé,	34 ^{gr} , 630 ;
Puis, dans :	Lessive de soude caustique (densité 1,120),	600 grammes,
On dissout :	Tartrate de potasse pur et cristallisé,	173 grammes ;

On ajoute peu à peu la seconde solution à la première, et l'on étend d'eau distillée jusqu'à obtenir exactement un litre :

10 centimètres cubes de cette liqueur sont réduits par 5 centigrammes de sucre de diabète (glucose).

Pour opérer le dosage, on mesure très exactement, dans une éprouvette graduée de 50 centimètres cubes de capacité, 10 centimètres cubes de la liqueur de Fehling, on y ajoute 2 à 3 centimètres cubes de lessive de soude, et de l'eau distillée jusqu'à ce que l'on obtienne 50 centimètres cubes de mélange.

On verse le tout dans un matras à fond plat que l'on place sur une toile métallique, et on porte le liquide à l'ébullition.

On mesure d'autre part 10 centimètres cubes de l'urine à analyser, on y ajoute 1 à 2 centimètres cubes de sous-acétate de plomb, on agite, puis on ajoute encore une solution étendue de carbonate de soude jusqu'à ce que l'on ait un volume total de 50 centimètres cubes. L'urine est donc diluée au $\frac{1}{5}$ et l'on tiendra compte de cette dilution pour l'interprétation des résultats de l'analyse. On filtre ce dernier mélange et l'on verse la solution filtrée dans un burette graduée.

La liqueur de Fehling, étendue, étant maintenue en ébul-

lition très légère, on y laisse tomber goutte à goutte l'urine, en s'arrêtant de temps à autre, jusqu'à ce que la coloration bleue ait complètement disparu et que le liquide soit devenu *totale-ment incolore*; à ce moment, tout le cuivre contenu dans les 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling est précipité sous forme d'oxyde cuivreux rouge.

L'urine employée à cet effet renferme cinq centigrammes de sucre; pour connaître cette quantité d'urine, on divise par 5 le volume de liquide enlevé à la burette (puisque l'urine a été diluée au 1/5) et on calcule par une proportion la quantité de sucre contenue dans la masse totale de l'urine des 24 heures.

Ce procédé présente deux inconvénients principaux :

- 1° L'opération est longue et doit se faire très minutieusement ;
- 2° La liqueur titrée s'altère toujours au bout d'un temps \pm long.

2° DÉVIATION DE LA LUMIÈRE POLARISÉE PAR LA SOLUTION DE SUCRE

On fait usage de deux appareils à polarisation :

- a) Le *saccharimètre de Soleil* ;
- b) Le *polaristroscope de Wild*.

a) Lorsqu'on se sert du saccharimètre de Soleil, on mesure 100 centimètres cubes de l'urine à analyser; on y ajoute 10 centimètres cubes de sous-acétate de plomb¹, et l'on agite bien le mélange, dans le but de débarrasser l'urine de toutes les substances qui pourraient donner lieu à des erreurs : l'albumine, les urates, la matière colorante, etc.; celle-ci est

¹ On emploie l'acétate basique de plomb (sous-acétate de plomb ou extrait de Saturne), qui se présente sous la forme d'un liquide transparent, à réaction alcaline, $(C^2H^3O^2)^2Pb, PbO + 2H^2O$, et non pas l'acétate neutre de plomb ou sel de Saturne, $(C^2H^3O^2)^2Pb + 3H^2O$, prismes blancs peu solubles dans l'eau.

entraînée mécaniquement, et l'urine filtrée est absolument transparente et incolore.

On remplit du liquide filtré l'un des tubes annexés à l'instrument, et on le renferme de manière à ne pas emprisonner d'air; il ne reste plus qu'à l'examiner au polarimètre.

Avant de procéder à cette analyse, il faut *toujours* vérifier si l'appareil est en bon état.

Pour cela, on y introduit un tube semblable au premier, mais renfermant de l'eau distillée, et l'on met l'index au zéro de l'échelle; à ce moment, si l'on regarde au travers de la colonne liquide, on doit voir un *disque uniformément coloré*.

S'il n'en est pas ainsi, on règle l'appareil par une double opération :

- 1° Au moyen d'une vis spéciale (située au-dessous de l'oculaire), on rétablit l'uniformité de couleur ;
- 2° On ramène l'échelle au zéro (au moyen d'une petite vis située à la droite de l'observateur).

On remplace alors le tube renfermant l'eau distillée par celui qui contient l'urine à analyser, et l'on constate que le disque est séparé en deux moitiés dont les couleurs sont d'autant plus nettement tranchées que la solution est plus riche en sucre.

En agissant sur la vis dont il est question ci-dessus au 1°, on obtient de nouveau, après quelques tâtonnements, un disque d'une seule et même coloration. A ce moment, on lit le nombre de degrés marqués sur l'échelle, et chacun de ceux-ci correspond à 2,24 grammes de glucose pour 1000 centimètres cubes d'urine.

Avant de terminer l'analyse, on fait passer devant l'œil toutes les couleurs du prisme (en agissant sur une 3° vis située

tout près de l'oculaire) et l'on constate si le disque reste bien *uniformément* coloré dans ses deux moitiés, pour toutes les couleurs. Si pour l'une de celles-ci il y avait une différence, on rétablirait l'égalité des teintes, et c'est le chiffre obtenu après cette dernière opération qui serait le plus exact. Ces écarts résultent de la différence de sensibilité de la rétine pour les diverses couleurs.

On multiplie donc le nombre de degrés obtenu par 224, puis par la quantité totale d'urine émise en vingt-quatre heures, et l'on retranche cinq décimales.

$25^{\circ} \times 224 \times 5000$ centim. cubes d'urine = 280 grammes de sucre.

Il y a à ce procédé deux causes d'erreur :

1° L'appréciation est basée sur des modifications de couleur ; or, le degré de perception de celles-ci variant notablement d'une personne à une autre, il en résulte que différents observateurs n'arrivent pas au même chiffre dans l'examen d'une même urine. L'écart est souvent de cinquante à quatre-vingts grammes, et plus même pour les personnes qui ne sont pas suffisamment exercées ;

2° Il existe fréquemment dans l'urine des diabétiques des substances qui dévient à gauche la lumière polarisée (acide lévogyre, lévulose, etc.). Les résultats sont d'autant plus inexacts que ces substances sont en plus grande quantité dans le liquide analysé.

On peut obvier à la première cause d'erreur en employant :

a) le *polaristroscope de Wild*.

Lorsqu'on examine une solution sucrée dans cet instrument, on aperçoit un disque très vivement éclairé en jaune (l'appareil est éclairé par la lumière monochromatique donnée par les sels de sodium) et traversé par des stries noires, hori-

zontales et parallèles. Au moyen d'une vis, on fait pâlir ces lignes de plus en plus, et lorsqu'elles ont complètement disparu, l'opération est terminée ; on lit le nombre de degrés auquel on est arrivé ; chacun de ceux-ci représente 9,92 grammes de glucose par litre d'urine.

C'est un appareil assez compliqué et d'un maniement délicat.

3° FERMENTATION DE L'URINE SUGRÉE

On fait fermenter la glucose en ajoutant à l'urine de la levure de bière ; il se forme de l'alcool qui reste en solution et de l' CO^2 qui se dégage. La fermentation dans une atmosphère tiède est généralement terminée au bout de 15 à 20 heures.

Il y a trois procédés :

a) On pèse l'urine avant la fermentation et après celle-ci ; chaque gramme en moins représente $2^{\text{gr}},045$ de sucre.

b) Ou bien on prend la *densité* de l'urine avant et après la fermentation ; chaque degré en moins correspond à $2^{\text{gr}},19$ de sucre pour 1,000 centimètres cubes d'urine.

Ces deux procédés exigent des précautions trop grandes pour être utilisés en clinique.

c) Le troisième procédé consiste à *recueillir* l' CO^2 ; ce procédé est rendu pratique et applicable à la clinique par le saccharimètre d'*Einhorn*¹.

On verse de l'urine dans un petit tube jaugé, et on ajoute environ un gramme de levure fraîche ; on agite bien le

¹ Chez Drostén, rue du Marais, 49, à Bruxelles.