

mélange et on l'introduit petit à petit dans le tube à fermentation, jusqu'à ce qu'il remplisse entièrement le cylindre gradué.

On laisse reposer pendant 15 à 20 heures dans une chambre à température ordinaire, et on lit, soit sur l'échelle de droite, le nombre de centimètres cubes d' CO_2 produit, sur l'échelle de gauche le chiffre de *grammes de glucose contenus dans 100 centimètres cubes de l'urine examinée*.

Si l'urine renferme plus de 1 % de glucose, il faut la diluer avant l'analyse; voici la technique à suivre à cet effet :

Lorsque la densité de l'urine est inférieure à 1018, il n'est pas nécessaire de la diluer ;

Pour une densité de 1018 à 1024, diluer 2 fois ;

» » » » 1024 à 1028, » 5 fois ;

» » » » 1028 à 1038, » 10 fois ;

Les chiffres indiqués à l'appareil devront nécessairement être multipliés par le degré de la dilution.

4° MOYENS RAPIDES D'ÉVALUER APPROXIMATIVEMENT LA QUANTITÉ DE SUCRE CONTENUE DANS UNE URINE DIABÉTIQUE

En présence des difficultés ou des causes d'erreur que nous avons signalées dans la plupart des procédés existants, nous avons fait plusieurs séries de recherches dans le but de trouver un moyen facile et rapide de déterminer la quantité de sucre contenue dans une urine.

Nous avons vu précédemment que si l'on divise en deux groupes toutes les substances contenues dans l'urine *normale*, l'un de ces groupes renfermant l'urée, les chlorures et l'acide phosphorique, l'autre renfermant les autres substances (sulfates, carbonates, etc.), la quantité totale des substances

du premier groupe est à la quantité totale des substances du second groupe comme 100 est à 58.

Dans les urines sucrées ce rapport n'est plus le même, et il résulte d'un très grand nombre d'analyses que nous avons faites, que dans ces dernières urines les substances dosées sont aux substances non dosées comme 100 : 92.

On sait, d'autre part, que si l'on multiplie les deux derniers chiffres de la densité d'une urine par 2,33¹, on obtient la quantité totale de matières dissoutes dans un litre de cette urine.

Dès lors, voici comment on procède à l'évaluation du sucre :

On prend la densité de l'urine sucrée; on multiplie les deux derniers chiffres par 2,33 et le produit obtenu par la masse de l'urine; on a ainsi une première quantité A qui représente le total des matières en solution dans l'urine de vingt-quatre heures.

Après avoir dosé l'urée, les chlorures et l'acide phosphorique, on multiplie la somme de trois résultats par 0,92, ce qui donne l'ensemble des substances dissoutes *non analysées*; on réunit les deux quantités, on les soustrait de A et l'on connaît la richesse du sucre.

Exemple :

1°	Masse totale de l'urine	6000 centimètres cubes.
	Densité	1,030
	Total des matières dissoutes	$30 \times 2,33 \times 6 = 419$ gr. (Quantité A).
2°	Urée, chlorures et acide phosphorique (dosés), ensemble	60 gram.
	Substances non dosées	$60 \times 0,92 = 55$ grammes.
	Total des matières autres que le sucre	$60 + 55 = 115$ grammes.
3°	Sucre	$419 - 115 = 304$ grammes.

Ce procédé donne des résultats suffisamment approximatifs, car la seule erreur qui pourrait être commise provien-

¹ Ce chiffre est applicable également aux solutions de glucose; voir les tables des densités de Steinheil.

drait d'un écart dans le rapport des substances dosées aux substances non dosées¹, et ne serait que de *quelques grammes*; en effet, *l'erreur n'est multipliée par aucun facteur*, tandis que dans toutes les autres méthodes, une erreur insignifiante faite pendant l'opération du dosage se trouve être multipliée par des facteurs importants (nombre de degrés, volume de l'urine) et prend des proportions parfois très grandes dans le résultat final.

On peut encore se rendre compte, d'une manière approximative, des quantités de sucre éliminées chaque jour par le procédé suivant :

Après avoir constaté par l'analyse qualitative qu'une urine est sucrée, on prend sa densité, on multiplie les deux derniers chiffres de celle-ci par 2,33 et le produit par le volume total de l'urine (en litres).

On déduit du chiffre obtenu les quantités ci-dessous :

Pour	3 litres d'urine	. . .	70 grammes;
»	4 » »	. . .	85 »
»	5 » »	. . .	100 »
»	6 » »	. . .	115 »
»	7 » »	. . .	130 »
»	8 » »	. . .	145 »
»	9 » »	. . .	160 »
»	10 » »	. . .	175 »
»	11 » »	. . .	190 »
»	12 » »	. . .	205 »
»	13 » »	. . .	220 »
»	14 » »	. . .	235 »

le reste représente la quantité de sucre contenue dans l'urine.

¹ C'est la seule inconnue du problème; le rapport 100 : 92 est une moyenne de 125 analyses dont les valeurs extrêmes ont été 100 : 79 et 100 : 106.

Supposons, par exemple, que le malade ait excrété 6 litres d'urine et que celle-ci ait une densité de 1,034,

Elle renfermera $(2,33 \times 34 \times 6) - 115 = 360$ grammes de sucre.

III. — DOSAGE DE QUELQUES ÉLÉMENTS CONTENUS DANS L'URINE A L'ÉTAT NORMAL

I. — DOSAGE DE L'URÉE

1° PROCÉDÉ

Pour le dosage de l'urée, on se sert d'une seule solution, c'est une *solution d'hypobromite de soude* (BrONa), contenant un excès d'alcali caustique.

Soude caustique à la chaux, 60 grammes;

Brome pur, 20 centimètres cubes;

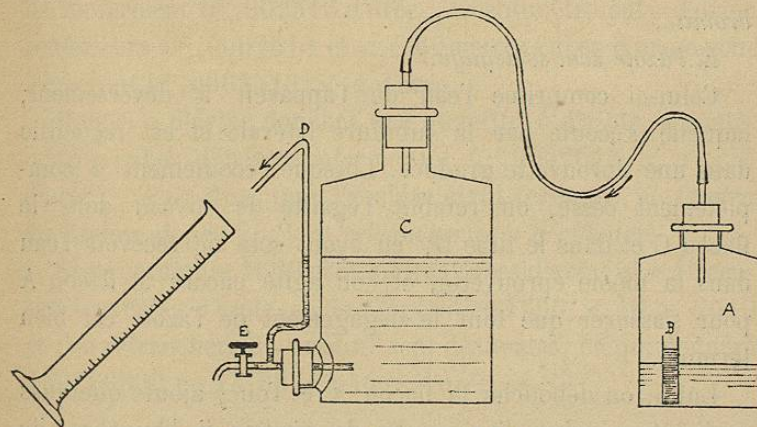


Fig. 30. — Uréomètre à déversement de M. Depaire.

Eau distillée, Q. S. pour obtenir 1 litre de solution.

Dans un flacon A d'une contenance de quatre cents à

vingt-cinq centimètres cubes environ, on verse une cinquantaine de centimètres cubes de la solution ci-dessus; puis, on mesure *exactement* 10 centimètres cubes d'urine, que l'on introduit dans un godet de gutta-percha B, et au moyen d'une pince on place celui-ci verticalement dans le flacon A.

Le flacon A est mis en communication par un tube de caoutchouc avec l'appareil à déversement C renfermant de l'eau distillée. Au moment où l'on établit la communication, l'air est comprimé dans les deux récipients, et l'eau s'élève dans le tube latéral D; on rétablit le niveau dans ce tube au moyen du robinet E.

Puis, on opère le mélange de l'urine avec la solution d'hypobromite de soude, en inclinant le flacon A de manière à renverser le godet.

L'hypobromite a la propriété de décomposer l'urée (COAz^2H^4) en H^2O , CO^2 et Az.

L'eau et l'acide carbonique restent dans la solution d'hypobromite,

Et l'azote seul se dégage.

Celui-ci comprime l'eau de l'appareil à déversement, laquelle s'écoule par la tubulure latérale et est recueillie dans une éprouvette graduée. Lorsque l'écoulement a complètement cessé, on rétablit l'égalité de niveau dans le flacon C et dans le tube D, en ayant soin de recevoir l'eau dans la même éprouvette, et l'on agite encore le flacon A pour s'assurer que tout le dégagement de l'azote est bien terminé.

Enfin, on débouche le flacon A et l'on y ajoute quelques centimètres cubes d'urine afin de vérifier si l'hypobromite s'y trouvait en excès: dans l'affirmative, il se produit une vive effervescence (par suite d'un nouveau dégagement d'azote); dans le cas contraire, il faudrait recommencer

toute l'analyse en employant une plus grande quantité de solution d'hypobromite.

Chaque centimètre cube d'eau recueilli dans l'éprouvette correspond à un centimètre cube d'azote dégagé; il nous reste à voir ce que cela représente d'urée:

1 gramme d'urée donne 370 centimètres cubes d'azote.

1 c. c. d'azote provient donc de $\frac{1}{370}$ d'urée ou $0^{\text{sr}},002702$.

Mais, dans l'urine, d'autres substances que l'urée contribuent au dégagement de l'azote (acide urique dissous et créatinine); on a déterminé leur proportion, et l'on a calculé qu'un centimètre cube d'azote mis en liberté par l'action de l'hypobromite sur l'urine, ne correspond en réalité qu'à $0^{\text{sr}},002513$ d'urée.

2° CALCULS

Si 10 centimètres cubes donnent 1 centimètre cube d'azote, ils renferment $0^{\text{sr}},002513$ d'urée; 1 centimètre cube d'urine renfermera $0^{\text{sr}},0002513$ et a centimètres cubes d'urine renfermeront $0^{\text{sr}},0002513 \times a$ d'urée.

Mais si a d'urine donnent une quantité b d'azote, a centimètres cubes d'urine renfermeront $0^{\text{sr}},0002513 \times a \times b$ d'urée; c'est-à-dire que l'analyse étant terminée, il faudra multiplier ab par 2513 et retrancher sept décimales.

Si a représente 1500 centimètres cubes d'urine et b 40 centimètres cubes d'azote, on fera l'opération $1500 \times 40 \times 2513$ et l'on retranchera du produit sept décimales, ce qui donnera 150780000 ou 15,08 grammes d'urée.

3° CALCUL SIMPLIFIÉ

Si l'on supprime les deux derniers chiffres de la fraction $0,0002513$, l'opération indiquée ci-dessus devient:

$$\text{c'est-à-dire } \frac{0,00025 \times ab}{100000} = \frac{25 \times ab}{25 \times 4000} = \frac{ab}{4000}$$

Cela revient donc à multiplier le chiffre d'azote par la quantité d'urine, à diviser par 4 et à retrancher trois décimales.

$$\frac{1500 \times 40}{4000} = 15 \text{ grammes. (Erreur de 8 centigram.)}$$

Pour rétablir le chiffre exact, il suffit de diviser par 2 le nombre de grammes obtenus; le quotient représente les centigrammes qu'il faut ajouter au premier résultat.

15 grammes étant le nombre approximatif, 15^{gr},08 sera le chiffre exact.

$$\begin{aligned} \text{Supposons } a &= 1850 \\ b &= 47 \end{aligned}$$

l'urée = $\frac{1850 \times 47}{4000} = 21^{\text{gr}},73$; il faut ajouter $\frac{21}{2}$, c'est-à-dire 11 centigr., et l'on obtient 21^{gr},84; l'opération exacte $1850 \times 47 \times 0,0002513$ donne 21^{gr},85.

Le calcul que nous proposons est donc suffisamment précis, et il présente l'avantage d'être extrêmement simple et rapide.

Lorsque l'urine renferme de l'acide urique cristallisé, des urates en liberté, ou de l'albumine, il faut, pour avoir des résultats irréprochables, séparer ces corps soit par la filtration seule pour les deux premiers, soit par la chaleur et la filtration pour le troisième; cette opération n'est pas longue, car elle ne doit se faire que sur une douzaine de centimètres cubes. — Sans elle, une certaine proportion d'azote provenant de la décomposition de ces substances pourrait s'ajouter à l'azote de l'urée, et forcer un peu le chiffre de cette dernière.

Nous devons déclarer, cependant, que l'écart dans ces cas n'est pas bien considérable.

On pourrait se servir aussi de l'uréomètre de Southall qui est basé également sur la décomposition de l'urée par l'hypobromite de soude et dont le principe est semblable à celui du saccharimètre d'Einhorn; l'Az est recueilli dans un tube fermé et gradué. Mais l'appareil est d'un maniement assez incommode et ne vaut pas l'appareil à déversement.

4° ÉVALUATION DE L'URÉE PAR LE CALCUL SEUL

Nous avons dit que chaque degré du densimètre représente 2^{gr},33 de matière dissoute par litre d'urine. Nous avons recherché quelle est la quantité moyenne d'urée contenue dans ces 2^{gr},33, et nous avons constaté, expérimentalement, qu'elle est de 0^{gr},92 à 0^{gr},95 (c'est-à-dire 40 % environ) dans une urine non sucrée.

De telle sorte qu'en multipliant le volume total de l'urine par la densité, et le produit par 0,93, on obtient très approximativement le chiffre de l'urée excrétée. Les résultats de cette opération sont surtout exacts lorsqu'elle est poursuivie pendant plusieurs jours consécutifs et que l'on prend la moyenne.

Si la quantité d'urée obtenue par l'analyse était notablement supérieure ou inférieure à la proportion que nous venons d'indiquer, il y aurait lieu de rechercher la cause de cet écart.

5° SIGNIFICATION CLINIQUE

Nous verrons la signification clinique de l'azoturie au chapitre VII (État de la nutrition).

II. — DOSAGE DES CHLORURES

1° PROCÉDE

On mesure exactement, au moyen d'une pipette jaugée, 2 centimètres cubes de l'urine à analyser, on les introduit dans un petit verre conique à pied, et on ajoute quelques gouttes de la solution suivante :

Chromate neutre de potassium (jaune), 10 grammes ;
Eau distillée, 90 grammes.

Puis on laisse tomber goutte à goutte, d'une burette graduée en dixièmes de centimètre cube, une solution de nitrate d'argent, titrée de telle façon que *chaque centimètre cube représente 10 milligrammes de chlorure de sodium*, ou 6 milligrammes environ de chlore¹.

Chaque fois qu'une goutte de cette solution arrive au contact du mélange, il se produit un précipité rouge de chromate d'argent, lequel disparaît par l'agitation et est remplacé par un précipité blanc de chlorure d'argent.

Si l'on continue à laisser tomber la solution titrée en remuant sans cesse le mélange au moyen d'un bâtonnet de verre, on observe la succession des deux phénomènes aussi longtemps qu'il y a des chlorures en liberté dans l'urine. Mais dès que ceux-ci sont totalement précipités sous forme

¹ Si l'on était certain de la pureté du nitrate d'argent employé, cette solution serait facilement préparée : il suffirait de dissoudre 29gr,075 de nitrate argentique cristallisé ou fondu, dans une quantité suffisante d'eau distillée pour obtenir 1000 centimètres cubes de solution.

En pratique, il faut toujours commencer par dissoudre les 29gr,075 de nitrate d'argent dans une quantité d'eau distillée *moindre*; pour simplifier les calculs, on fait 900 centimètres cubes de solution.

On prépare ensuite une solution de chlorure de sodium chimiquement pur à 40 pour mille, et d'après le volume de la solution de nitrate nécessaire à la précipitation d'une certaine quantité de chlorure sodique, on déduit combien d'eau distillée il faut ajouter à la solution de nitrate d'argent pour obtenir le titre voulu.

de chlorure d'argent insoluble, la coloration rouge du chromate d'argent persiste, et la masse *vire au rouge*; c'est le signe indiquant que l'opération est terminée.

2° OBSERVATIONS PRATIQUES

a) Il faut avoir soin de ne pas *forcer la coloration* qui marque la fin de l'analyse; il faut donc cesser l'addition du nitrate d'argent non pas lorsque tout le mélange est devenu rouge, mais *dès qu'il prend une teinte légèrement orangée*, surtout vers les bords; déjà à ce moment on a ajouté du nitrate en excès, et par conséquent la limite finale du dosage est rigoureusement dépassée. Lorsque la masse du liquide est orange, on constate que *le bord du ménisque est déjà rouge*.

b) Cette recherche ne doit jamais être pratiquée à la lumière du gaz ou d'une lampe à flamme jaune; dans ces conditions, il est très difficile d'apprécier la fin de l'opération, et l'on s'expose à des erreurs graves.

c) Parfois, la réduction du chromate d'argent en chlorure tarde un peu à se faire; il est donc prudent de ne pas terminer trop rapidement l'analyse, et de s'assurer en continuant à agiter le mélange pendant quelques instants, que toute réaction chimique a cessé. Sans cette précaution, les résultats seraient souvent trop faibles.

d) Il faut toujours noter par *écrit* le chiffre de l'échelle d'où l'on est parti en commençant l'analyse, et celui auquel on est arrivé à la fin de l'opération; on soustrait le premier du second, et l'on connaît la quantité de solution de nitrate d'argent employée.

Pour la lecture, il faut se rappeler que les burettes sont graduées *de haut en bas* et que le niveau de la colonne de

liquide se détermine toujours par le chiffre situé au-dessus.

e) Enfin l'urine, renferme parfois de si petites quantités de chlorures qu'il est presque impossible de faire le dosage sur deux centimètres cubes : une goutte de la solution titrée suffit à produire une coloration rouge déjà trop intense. Dans ce cas, on opère sur une plus grande quantité d'urine, dix centimètres cubes par exemple, et pour ne pas changer les calculs que nous allons indiquer, on divise immédiatement le résultat obtenu par cinq.

3° CALCULS

Nous avons dit que la solution de nitrate d'argent est titrée de telle façon qu'un centimètre cube de cette solution représente dix milligrammes de NaCl.

Si pour saturer les deux centimètres cubes d'urine sur lesquels on opère, il faut employer un centimètre cube de la solution de nitrate, ces deux centimètres cubes d'urine renferment 10 milligrammes = 0^{gr},01 de chlorure ;

$$1 \text{ centimètre cube d'urine renfermera } \frac{0^{\text{gr}},01}{2} = 0^{\text{gr}},005$$

et a centimètres cubes d'urine renfermeront $0^{\text{gr}},005 \times a$.

Mais si, pour saturer les deux centimètres cubes d'urine, il a fallu une quantité b de solution de nitrate d'argent,

$$a \text{ renfermera } 0^{\text{gr}},005 \times a \times b \text{ de chlorure de sodium,}$$

c'est-à-dire $\frac{5}{1000} \times ab = \frac{1}{200} \times ab = \frac{ab}{200}$

On multiplie donc la masse totale d'urine par la quantité de solution de nitrate d'argent employée et on divise par 200 (on divise par deux et on retranche deux décimales).

Exemple : 1500 centimètres cubes d'urine ;
1,6 centimètre cube de solution de nitrate d'argent ;

$$\frac{1500 \times 1,6}{200} = \frac{2400}{200} = 12 \text{ grammes de chlorure de sodium}$$

ou $15 \times 0,8 = 12$.

Chaque degré du densimètre correspond en moyenne à 0^{gr},42 de chlorure de sodium par litre d'urine, à condition que celle-ci ne renferme pas de sucre.

4° SIGNIFICATION CLINIQUE

Une diminution *rapide* et progressive de la sécrétion des chlorures, accompagnée d'une *élévation de la température*, indique :

1° L'extension d'une inflammation (ulcère de l'estomac, pneumonie, etc.);

2° L'imminence suppurative.

Lorsque la sécrétion est inférieure à un gramme de chlorure par jour, le pronostic est grave.

3° Dès qu'il y a tendance à la réparation organique (diminution de l'inflammation), le chiffre des chlorures se relève, avant que l'on ait introduit aucune modification dans le régime du malade, pourvu que celui-ci ne soit pas encore en état d' inanition, par une diète prolongée.

Dans ces conditions le chiffre de l'urée est égal, souvent même supérieur au chiffre normal, alors même que le malade ne prend aucun aliment; le rapport des chlorures à l'urée qui, physiologiquement, est de 1 : 2,5 (12^{gr} : 30^{gr} par exemple), devient 1 : 4, 1 : 8, 1 : 15 et beaucoup plus. Si, comme nous en avons vu des cas nombreux, le malade

* Nos expériences personnelles nous ont démontré qu'il est indispensable de tenir compte de la marche de la température; car une hypochlorurie accompagnée d'une température normale ou inférieure à 37° dépend généralement de l'inanition (épuisement des chlorures de l'organisme).

fournit à certains moments 0^{gr},80 de chlorures et 30^{gr} d'urée, le rapport devient 1 : 38 environ. Ce rapport constitue donc un signe d'une extrême sensibilité et nous y attachons dans les affections aiguës une grande importance. Inutile de dire que dans l'interprétation de ce signe, il faut tenir compte de la température du malade et du régime auquel il est soumis (diète absolue, diète lactée, etc.).

Nous avons fait imprimer des feuilles quadrillées, destinées à l'inscription simultanée, dans les maladies aiguës, 1^o de la température, 2^o du rapport des chlorures à l'urée, 3^o de l'azote éliminé pendant la diète, et du rapport de l'azote éliminé à l'azote ingéré pendant la période de réparation.

Dans les conditions normales, ces trois diagrammes marchent *parallèlement* ; au début : température élevée, rapport des chlorures à l'urée élevé également, grande quantité d'azote éliminée ; puis plus tard la température descend, le rapport des chlorures à l'urée descend également, et l'azote éliminé diminue. Mais dès qu'il se produit un incident quelconque, immédiatement on constate une perturbation dans le diagramme ; ou bien tous les chiffres montent anormalement, ou bien le parallélisme est brusquement interrompu.

Ces feuilles rendent surtout des services dans les affections de longue durée, comme la fièvre typhoïde, par exemple.

III. — DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE

1^o PROCÉDÉ

L'opération est basée sur les trois principes suivants :

a) L'acétate d'urane en présence d'une solution (acétique) de phosphates donne un précipité blanc jaunâtre de phosphate d'urane ;

b) Le phosphate d'urane en présence du ferrocyanure jaune de potassium ne donne PAS DE PRÉCIPITÉ ;

c) L'acétate d'urane, au contraire, en présence du ferrocyanure jaune de potassium, donne un précipité rouge brun (couleur chocolat), ± foncé.

On se sert de trois solutions dont une titrée :

1^o Acétate d'urane, 40 grammes.

Eau distillée, 750 grammes.

Cette solution doit être titrée de telle manière qu'un centimètre cube représente cinq milligrammes d'acide phosphorique.

2^o Acétate de soude cristallisé, 10 grammes.

Acide acétique concentré, 10 grammes.

Eau distillée, Q. S. pour obtenir 500 grammes de solution.

3^o Ferrocyanure jaune de potassium, 10 grammes.

Eau distillée, 90 grammes.

Voici comment on procède :

On mesure 50 centimètres cubes d'urine auxquels on ajoute 10 centimètres cubes de solution acétique, et l'on verse le tout dans une capsule de porcelaine que l'on chauffe soit à la vapeur, soit au bain de sable, jusqu'à ce que le mélange atteigne une T° de 60° environ.

Alors, on y laisse tomber une petite quantité (1/2 centimètre cube par exemple) de la solution titrée d'acétate d'urane, on mélange au moyen d'un bâtonnet de verre, et l'on porte une goutte du liquide sur une assiette blanche ; à cette petite quantité d'urine, on ajoute une goutte de la solution de ferrocyanure jaune, et s'il ne se produit pas de précipité brunâtre, c'est qu'il n'y a pas encore d'acétate d'urane en excès, et l'on recommence la même opération.