

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 38 (1902)
Heft: 144

Artikel: La dépression de la constante capillaire des urines pathologiques
Autor: Amann, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-266763>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

LA DÉPRESSION DE LA CONSTANTE CAPILLAIRE DES URINES PATHOLOGIQUES

PAR LE

Dr J. AMANN,

Expert chimiste-bactériologue, à Lausanne.

I. INTRODUCTION

On a commencé, il y a quelques années, à appliquer à l'étude des liquides physiologiques, les méthodes physico-chimiques si élégantes et si délicates qui ont transformé la chimie moderne par la notion de la dissociation électrolytique de la molécule et l'application aux solutions, des lois de la mécanique cinétique des gaz.

C'est surtout au point de vue de la pression osmotique que les deux liquides physiologiques principaux, le sang et l'urine, ont été étudiés. L'étude cryoscopique simultanée de ces deux liquides, quoique relativement récente, a fourni déjà des résultats très remarquables : elle nous renseigne mieux que tout autre sur le fonctionnement de l'un des organes principaux de l'organisme, le rein.

J'ai eu l'idée, il y a quelques mois, d'entreprendre l'étude des propriétés capillaires de l'urine, ou autrement dit, de sa *tension superficielle*, par la méthode expérimentale très simple de l'égouttement.

Cette méthode étudiée, il y a longtemps déjà, par Duclaux, Terquem, Quincke et d'autres, est susceptible, comme l'ont démontré les expériences récentes de MM. Forch, à Darmstadt; Guye et Perrot, à Genève, de fournir des résultats suffisamment exacts, moyennant certaines précautions.

Elle consiste à déterminer la tension superficielle en admettant, suivant la deuxième loi de Tate, qu'elle est proportionnelle au poids des gouttes tombant librement.

Mais ceci n'est exact, comme l'a démontré Quincke, que si l'on considère la goutte tout entière, au moment précis où elle va se détacher de son support, car, lorsqu'elle tombe, la séparation se fait, non point à la surface du support, mais au sein de la goutte elle-même, de telle sorte qu'une portion variable de celle-ci reste adhérente au support.

En outre, Frankenheim déjà a démontré que le poids des gouttes varie avec la vitesse d'écoulement : il augmente lorsque cette vitesse croît.

Pour tenir compte de ces facteurs, M. Forch établit expérimentalement la relation qui lie les variations du poids des gouttes aux variations du temps de manière à tenir compte de ce dernier.

MM. Guye et Perrot, de leur côté, apportent à la formule déduite de la loi de Tate, qui donne la tension superficielle F du liquide étudié, en fonction du poids des gouttes de ce liquide, de son poids spécifique D , du poids des gouttes d'un autre liquide type dont la tension superficielle γ et le poids spécifique d sont connus :

$$F = \gamma \frac{n}{d} \cdot \frac{D}{N},$$

deux corrections dont ils ont déterminé empiriquement les valeurs : l'une en fonction du nombre des gouttes n et N , pour un volume constant du liquide type et du liquide étudié (ce qui revient au même que le poids des gouttes), l'autre en fonction de la durée moyenne de formation de la goutte.

Il va sans dire que la valeur des termes correctifs dépend du mode opératoire et de l'appareil employé.

II. DESCRIPTION DE L'APPAREIL EMPLOYÉ

Après de nombreux essais, faits avec des compte-gouttes semblables à ceux employés par MM. Forch, Guye et Perrot, j'ai réussi à réaliser un *stalagmomètre* très simple, qui donne des résultats fort satisfaisants sous le rapport de la constance des conditions expérimentales capables d'influer sur les poids des gouttes, ou, ce qui revient au même, sur leur volume.

Cet appareil est composé, en substance, d'une burette divisée en dixième de centimètres cubes, fermée en haut par un robinet de verre rodé et portant à l'extrémité inférieure un ajutage spécial qui est la partie originale de l'appareil. Cet ajutage est formé tout simplement par un tube capillaire thermométrique, à paroi épaisse, dont la longueur varie suivant la nature des liquides à étudier. Le diamètre du canal capillaire est de 0,33 millimètres, le diamètre extérieur du tube de 3 millimètres. La longueur du tube, qui doit être déterminée expérimentalement, est telle que la vitesse moyenne d'écoulement est égale pour les différents liquides et comprise entre 2 et 4 secondes par goutte.

On voit que le but rempli par cet ajutage spécial est de faire intervenir la résistance due à la viscosité du liquide comme régulateur de l'écoulement.

Les gouttes se forment dans une éprouvette, dont l'air est saturé des vapeurs du liquide étudié ou du dissolvant (eau), afin d'éliminer l'action perturbatrice de l'évaporation. Un thermomètre, dont la cuvette est placée dans cette même enceinte, donne la température exacte du milieu dans lequel se forment les gouttes. Le tout est entouré d'un manchon de verre, dans lequel circule un courant d'eau à température constante. Il est bon, en outre, de prendre les précautions nécessaires pour éviter tout ébranlement pendant la durée de l'expérience.

Le petit flacon, dans lequel les gouttes sont recueillies, porte un trait de jauge à son col; il est évasé à l'orifice en

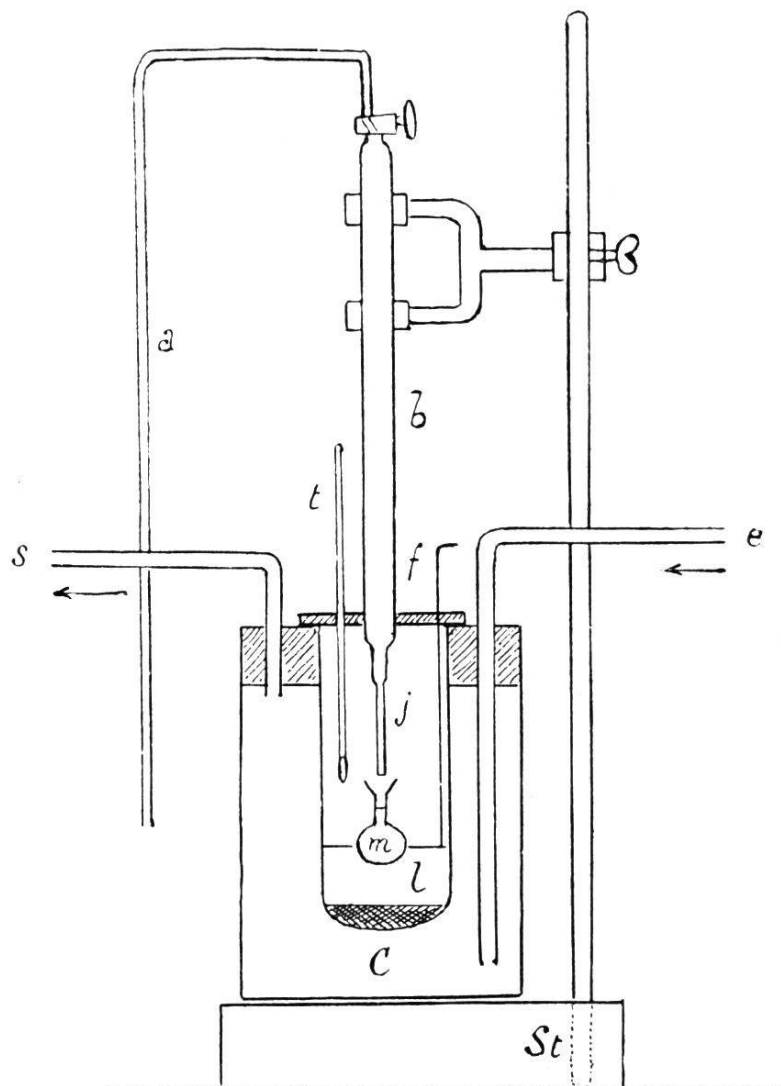


Figure schématique en coupe verticale du Stalagmomètre du Dr Amann.

LÉGENDE. — *b* Burette divisée, avec robinet. — *a* Tube d'aspiration (verre et caoutchouc) pour le remplissage de la burette. — *j* Ajutage capillaire de la burette. — *m* Flacon jaugé recevant les gouttes, reposant sur un tampon d'ouate imbibée du liquide étudié et tenu en équilibre par 3 bouts de fil de laiton. — *f* Tige de laiton servant à placer et retirer le flacon *m*. — *t* Thermomètre. — *l* Epreuve-laboratoire. — *c* Cuve-thermostat à circulation d'eau. — *e* Tuyau d'entrée de l'eau de la conduite. — *s* Tuyau de sortie de l'eau de la conduite. — *St* Statif.

forme d'entonnoir. Sa contenance ¹, jusqu'au trait de jauge, est d'environ 10 cc. Il est soigneusement desséché à l'in-

¹ Qui n'a pas besoin, du reste, d'être connue exactement. Dans beaucoup de cas, un flacon de 5 cc. suffit.

térieur avant d'être placé dans l'éprouvette, exactement au-dessous du tube capillaire d'où s'écoulent les gouttes. Une fois en place, il suffit d'ouvrir le robinet de la burette, remplie toujours au même niveau, pour que l'égouttement commence. On compte le nombre N de gouttes nécessaires pour remplir exactement le petit flacon jusqu'au trait de jauge. En même temps, au moyen d'un chronoscope ou d'une montre à secondes, on mesure le temps écoulé entre la chute de la première et celle de la dernière goutte; ce temps, divisé par $N - 1$, donne la durée moyenne de formation de chaque goutte.

Le contrôle de la vitesse d'écoulement a pour but de s'assurer que les conditions expérimentales sont égales pour le liquide type (eau) et pour le liquide étudié (urine). Si, par une cause accidentelle, la durée de formation des gouttes était trop différente dans l'un et l'autre cas, il vaudrait mieux rejeter l'observation et la recommencer, de manière à obtenir des valeurs pas trop différentes de ces durées.

La constante de l'appareil, c'est-à-dire le produit γn peut être déterminé une fois pour toutes par une dizaine d'expériences faites à la même température avec l'eau distillée, qui donnent le nombre n de gouttes pour ce liquide dont la tension superficielle γ est connue. Il est facile de calculer, au moyen des données de M. Volkmann (l. c.), les valeurs du produit γn pour les différentes températures.

La tension superficielle des liquides variant rapidement avec la température, il est évident que celle-ci devra être maintenue constante pendant toute la durée de l'expérience et qu'elle devra être la même pour l'eau et le liquide étudié.

Cette méthode très simple m'a donné des résultats assez exacts pour qu'il ne soit pas nécessaire d'apporter aucune correction à la formule qui sert à calculer la tension superficielle en fonction du nombre de gouttes pour le volume constant, du poids spécifique et de la tension superficielle

du liquide pris comme type, pourvu que les conditions expérimentales de température et de pression hydrostatique soient les mêmes d'ailleurs.

Comme liquide type, j'ai choisi, tout naturellement, l'eau distillée, dont la tension superficielle a été déterminée avec beaucoup de soin par M. Volkmann, pour les températures comprises entre 0 et 40 degrés.

Comme exemple de l'exactitude obtenue, je citerai les chiffres suivants, relatifs à la solution normale de NaCl.

$$t = 11^{\circ},3, \text{ P. sp. } D = 1,041.$$

Nombre des gouttes $N = 198$; pour l'eau $n = 194$.

Tension superficielle de l'eau à $11^{\circ},3 = 73,91$ dynes.

$$\Gamma = 73,91 \cdot \frac{194}{198} \cdot 1,041 = 75,40 \text{ dynes.}$$

La tension superficielle de la solution normale de NaCl, déterminée par M. Forch, et ramenée à la température de l'expérience, est de 75,54 dynes : la différence n'est donc que de 0,14 dynes, soit 0,18 %. Dans l'expérience ci-dessus, les temps de formation étaient très peu différents : pour la goutte d'eau $3''42$ et pour celle de solution NaCl $3''62$.

Mais, même lorsque les tensions superficielles, et par conséquent le nombre des gouttes pour les deux liquides, sont très différents, comme dans l'exemple ci-dessous, la formule brute donne, sans aucune correction, des résultats encore satisfaisants :

$$\text{Benzène } t = 12^{\circ},2 ; p. \text{ sp. } 0,8876.$$

Nombre des gouttes pour le Benzène $N = 448$ (temps $3''57$)

» » pour l'eau $n = 196$ (temps $3''65$)

$$\Gamma = 73,78 \cdot \frac{196}{448} \cdot 0,8876 = 28,66 \text{ d.}$$

D'après M. Volkmann, la tension superficielle du benzène à $12^{\circ}5$ est de 29,16 d. MM. Guye et Perrot donnent

le chiffre 28,41 d. à 16°6, soit environ 28,90 d. à 12°2. La différence est ici d'environ 1,2 à 1,75 ‰.

Ces résultats remarquablement favorables sont dus, sans doute, à ce que l'on considère un nombre relativement considérable de gouttes et que les erreurs se compensent en grande partie. Ces erreurs sont, du reste, à peu près les mêmes pour le liquide étudié et le liquide type, lorsqu'ils ne sont pas très différents. Nous sommes, par conséquent, en droit de compter sur une exactitude très satisfaisante dans la détermination de la tension superficielle de l'urine, par la méthode employée, avec l'eau comme liquide type.

La tension superficielle de l'urine ne différant pas beaucoup de celle de l'eau, l'ajutage de la pipette peut rester le même pour les deux liquides.

III. LA TENSION SUPERFICIELLE DE L'URINE

Une fois en possession de cet appareil, je me suis mis à étudier les variations de la tension superficielle des urines normales et pathologiques.

La tension superficielle de l'urine normale idéale, considérée comme une solution aqueuse d'urée et de sels inorganiques : chlorure de sodium, sulfates et phosphates alcalins et alcalino-terreux, dans les proportions normales, peut être calculée *à priori*, si l'on connaît les *cohésions moléculaires*¹ de ces composants et la tension de l'eau.

¹ La tension superficielle de l'eau pure étant γ , et Γ celle d'une solution d'une substance quelconque, renfermant un nombre de grammes égal au poids moléculaire M de cette substance, dissout dans un litre d'eau, la *cohésion moléculaire* (Traube) de la substance en question sera $\gamma - \Gamma$.

Pour un poids quelconque P dissout par litre, la cohésion moléculaire sera

$$\frac{P}{M} (\gamma - \Gamma).$$

Elle aura une valeur *positive* pour les substances qui *élèvent* la tension superficielle de l'eau et une valeur *négative* pour celles qui *abaissent* cette tension superficielle.

Les valeurs des cohésions moléculaires du chlorure et du sulfate de sodium ont été déterminées par plusieurs physiciens.

J'ai trouvé que la cohésion moléculaire de l'urée était de $-0,03$ d., celle du phosphate monopotassique $+1,30$ d.

Ces données vont nous permettre de calculer approximativement la tension superficielle d'une urine normale idéale, telle qu'elle serait excrétée par un organisme idéal, fonctionnant parfaitement et dans laquelle, par conséquent, le déchet azoté tout entier se retrouverait à l'état d'urée. Pour 100 gr. de solides en solution, nous pouvons admettre pour cette urine la composition suivante :

<i>Urée.</i>	50	gr.
<i>Chlorure de sodium.</i>	. .	20	gr.
<i>Phosphate monopotassique</i>	12,5	gr. correspondant à	
			6,5 gr. P_2O_5 .
<i>Sulfate de sodium</i>	. . .	9,0	gr. correspondant à
			5,0 gr. SO_3 .

Ces composants, dissous dans l'eau pure, de manière à avoir 1 litre de solution, élèveront la tension superficielle de l'eau de $0,83$ d.

Chaque gramme du mélange ci-dessus, représentant les solides en dissolution dans l'urine, produira donc une élévation de la tension superficielle de $0,0082$ d.

Or, en admettant, d'autre part, que l'urine normale présente un poids spécifique de 1020 et renferme 45 gr. de solides dissous par litre, la tension de cette urine se calculera comme suit :

T. s. de l'eau à 15^0	73,39	d.
Élévation $45 \times 0,0082$. . .	0,37	d.
Tension superficielle de l'urine	.	73,76	d.

IV. RELATION ENTRE LA TENSION SUPERFICIELLE
ET LA CONSTITUTION MOLÉCULAIRE. APPLICATION A L'URINE
HUMAINE

Les travaux de plusieurs physiciens, parmi lesquels je ne citerai que Mendéléieff, Wilhelmy, Quincke, Dupré, Traube, Valson, Ostwald, ont mis au jour certaines relations générales intéressantes qui existent entre les propriétés capillaires des solutions et la constitution moléculaire des corps dissous. Sans m'étendre sur ce sujet, qui est loin, du reste, d'être élucidé complètement, je dirai qu'en résumé, les corps dissous peuvent être rangés dans deux catégories :

Les uns élèvent la tension superficielle du dissolvant. Ce sont principalement les sels inorganiques.

Les autres, au contraire, abaissent cette tension. Ce sont surtout les corps organiques.

L'intensité de cette élévation ou de cet abaissement de la tension superficielle du dissolvant est, toutes choses égales d'ailleurs, sensiblement proportionnelle au poids du corps contenu dans l'unité de volume de la solution ou, en d'autres termes, à la concentration de celle-ci.

Pour les corps organiques, l'abaissement de la tension superficielle qu'ils déterminent en solution, est, nous l'avons déjà dit, d'autant plus accusée, en général, que leur poids moléculaire est plus élevé et qu'ils sont plus riches en carbone ¹.

Ces notions, appliquées à l'urine, envisagée comme une

¹ On sait qu'on peut calculer le poids moléculaire M des liquides, en fonction de la tension superficielle γ , au moyen de la formule de R. d'Eötvös :

$$\gamma \sqrt[3]{\left(\frac{M}{D}\right)^2} = 0,227 (\theta - T)$$

D densité ; θ température critique ; T température de l'observation.

solution de différentes substances, les unes normales, les autres anormales au point de vue physiologique, nous amènent aux intéressants résultats suivants.

Les sels inorganiques : chlorure de sodium, phosphates et sulfates, qui, à l'état normal, forment environ le 30 % des solides en solution, doivent avoir pour effet d'*élever* la tension superficielle de l'urine par rapport à celle de l'eau.

Les substances organiques : urée, créatinine, acides urique et hippurique, hydrates de carbone, pigments, etc., etc., doivent, au contraire, *abaisser* la tension superficielle de l'urine.

Or, on constate, par l'expérience, que l'urine présente, dans la règle, une tension notablement inférieure à celle de l'eau, ceci malgré le relèvement assez considérable produit par les sels inorganiques et la faiblesse de la dépression due à l'urée.

La dépression, souvent considérable, de la tension superficielle de l'urine doit être attribuée, par conséquent, à l'ensemble des corps organiques autres que l'urée et que l'on est convenu d'appeler les *substances extractives*.

Au point de vue physiologique, ces substances doivent être considérées comme un déchet anormal, provenant du fonctionnement imparfait de l'organisme : on les a appelées, à ce titre, les *scories de la nutrition* (les *leucomaines* de Gautier). Leur nature et leurs proportions sont différentes dans la plupart des états pathologiques¹.

Ces considérations m'amènent à formuler la loi suivante, d'une importance capitale pour le sujet qui nous occupe :

La dépression de la tension superficielle de l'urine est due à la présence, dans ce liquide, des substances extrac-

¹ Certaines de ces substances extractives, encore mal connues, jouent, sans doute, le rôle d'antiseptique et leur présence constante dans l'urine a pour but de prévenir la décomposition microbienne de ce liquide à l'intérieur de l'organisme.

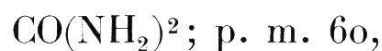
tives, qui doivent être considérées comme l'indice du fonctionnement imparfait de l'organisme. Cette dépression est d'autant plus accusée que l'urine contient une plus forte proportion de ces substances et que la complexité moléculaire de celles-ci, pour une proportion donnée, est plus élevée, de telle sorte qu'une valeur anormale de l'abaissement de la tension superficielle de l'urine doit être regardée comme l'indice certain d'un état pathologique.

Nous verrons du reste, tout à l'heure, que l'urine physiologique, c'est-à-dire celle excrétée à l'état de santé, a normalement une tension superficielle inférieure à celle de l'eau. Une partie des substances extractives doit, par conséquent, être considérée comme normale et l'abaissement de cette proportion normale doit être envisagée comme un symptôme pathologique, au même titre que l'exagération de cette proportion¹.

V. LES SUBSTANCES QUI ABAISSENT LA TENSION SUPERFICIELLE DE L'URINE

Examinons maintenant de plus près ces substances, qui ont pour effet d'abaisser la tension superficielle de l'urine par rapport à celle de l'eau.

I. Nous avons vu que l'*urée*



qui constitue, au point de vue physiologique, le plus important des solides organiques dissous, en tant qu'elle représente le produit azoté normal et parfaitement élaboré

¹ Je remarquerai, en passant, qu'il y a là une différence fondamentale avec la dépression du point de congélation. Celui-ci, en effet, est abaissé par *toutes* les molécules présentes dans la solution et cet abaissement dépend du *nombre* de ces molécules, tandis que la tension superficielle paraît n'être abaissée que par les composants *anormaux*, les *normaux* tendant, au contraire, soit à la relever, comme les sels inorganiques, soit à l'abaisser très peu comme l'urée.

de la dénutrition, a, d'après mes expériences, une cohésion moléculaire négative relativement très faible. Du fait de la présence de l'urée, même dans la proportion un peu forte de 30 gr. par litre, la tension superficielle de l'urine n'est abaissée que de

$$-0,03 \cdot \frac{30}{60} = -0,015 \text{ dyne,}$$

dépression tout à fait insignifiante.

II. Les autres composés amidés de l'urine, tels que les *acides urique* et *hippurique*, les *pigments normaux*, l'*urobiline*, l'*uroérythrine*, etc., etc., exercent une action relativement considérable sur les propriétés capillaires de l'urine.

L'*acide urique*, dont le poids moléculaire (168) est beaucoup plus élevé que celui de l'urée, doit avoir une cohésion moléculaire négative notablement plus considérable. Je n'ai pu, jusqu'ici, la déterminer, vu la très faible solubilité de ce corps dans l'eau.

La cohésion moléculaire de l'*acide hippurique* $C_6H_5.CO.NH.CH_2.COOH$ (p. m. 179) est, d'après mes mesures, de $-139,6$ dynes, ce qui représente, pour chaque gramme de cet acide dissout par litre d'urine, une dépression de $0,78$ d.

Quant à l'influence des pigments urinaires, elle est mise en lumière par l'expérience sommaire suivante :

L'extrait étheré de 1 litre d'urine, provenant d'un adulte en bonne santé, évaporé à siccité et redissout dans un litre d'eau distillée, a produit un abaissement de la tension superficielle égal à $2,65$ d. (Je remarquerai que ce traitement par l'éther était loin d'avoir extrait tout le pigment de l'urine.)

Je n'ai pas encore mesuré l'action de la créatinine.

III. *Les acides et pigments biliaires : acides glycocholique, taurocholique, cholalique, bilirubine, biliverdine,*

etc., etc., à molécule très complexe et poids moléculaire élevé, ont une action considérable sur les propriétés capillaires de l'urine. Il résulte de mes expériences que chaque gramme de bile purifiée et desséchée (*Natr. choleinic.* de la Pharmacopée allemande), dissout par litre d'eau, détermine un abaissement de la tension superficielle de ce liquide égal à 1,505 d.¹

IV. *Les acides et oxyacides de la série grasse : acides lactique, diacétique, oxybutyrique et l'acétone.*

L'action des acides gras est d'autant plus prononcée que leur poids moléculaire est plus élevé. C'est ainsi, d'après M. Forch (l. c.), que les cohésions moléculaires des acides de la série aliphatique sont les suivantes :

Acide formique . . .	CH_2O_2	p. m.	46	—	5,73 d.
» acétique . . .	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	»	60	—	13,49 »
» butyrique . . .	$\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2$	»	88	—	56,70 »
» valérianique . .	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$	»	102	—	184,50 »
L'acétone, d'après mes observations . .				—	19,03 »

V. *Les oxyacides aromatiques et les acides sulfoconjugués des phénols, les dérivés de l'indoxyle et du scatoxyle, etc.,* qui prennent naissance par la putréfaction des albuminoïdes dans le canal digestif et se trouvent en quantité relativement considérable dans l'urine dans certains cas pathologiques et spécialement dans l'entérite.

L'acide *phénylsulfurique* $\text{C}_6\text{H}_4.\text{OH}.\text{SO}_2.\text{OH}$, (p. m. 174), a, d'après mes mesures, une cohésion moléculaire égale à — 25.76 d.

Les deux *oxyacides aromatiques* principaux, contenus dans l'urine humaine, sont, d'après les travaux de Baumann et de Salkowsky, les acides *p. oxyphénylacéti-*

¹ Cette influence de la bile sur les propriétés capillaires de l'urine avait, du reste, déjà été signalée d'une manière empirique par plusieurs auteurs ; mais elle n'avait, à ma connaissance, pas encore été mesurée.

que $\text{HO} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$ et *p. oxyphénylpropionique* $\text{HO} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}_2\text{H}_4 \cdot \text{COOH}$. Ils doivent être considérés comme des produits de dédoublement de la molécule d'albumine, intermédiaires entre la tyrosine et les phénols.

Je n'ai pu, jusqu'ici, mesurer les constantes capillaires de ces acides; par contre, j'ai mesuré celles de l'acide *p. oxybenzoïque* $\text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{OH} \cdot \text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$ (p. m. 138) de la même série et trouvé sa cohésion moléculaire égale à $-107,6$ d.

VI. L'*albumine* (*sérine* et *globuline*) qui passe au travers du filtre rénal dans la néphrite, ne produit, d'après mes expériences, qu'une très faible dépression de la tension superficielle, de même que, grâce à l'énormité de sa molécule, elle n'abaisse que fort peu le point de congélation. Il en est probablement de même des *peptones*, *albumose*, etc.

VII. Le *sucré* (*glucose*) qui apparaît en quantité souvent très considérable dans les formes diverses du diabète, n'exerce, malgré son poids moléculaire relativement élevé (180), qu'une action très faible sur les propriétés capillaires de l'urine. J'ai trouvé que le glucose anhydre a une cohésion moléculaire positive égale à $+3,384$ d., ce qui correspond à une élévation de la tension superficielle de $0,00188$ d. par gramme dissout par litre.

Le sucre diabétique agit donc en sens contraire des autres substances extractives de l'urine sur les propriétés capillaires de celle-ci.

Comme on le voit, l'abaissement assez considérable de la tension superficielle de l'urine représente la somme des actions de nombreuses substances, dont la proportion, pour chacune d'entre elles, est très faible, mais dont la cohésion moléculaire négative est relativement très forte.

Cet abaissement

$$\Delta F = F - \gamma$$

peut être considéré comme représentant, en quelque sorte, l'*anomalie de composition* de l'urine : l'urine idéale parfaite, devant avoir une tension superficielle au moins égale à celle de l'eau.

VI. LA CONSTANTE CAPILLAIRE

Les calculs se simplifient notablement lorsque, au lieu de la tension superficielle, on considère une autre constante à laquelle la tension superficielle est reliée par une relation très simple : la *Constante capillaire* H de Laplace :

$$H = \frac{2 F}{g D}$$

F = tension superficielle en dynes ; D = poids spécifique ; g = constante de la gravité.

Cette constante H représente la hauteur de la colonne de liquide soulevée par l'action capillaire, dans un tube cylindrique de 1 mm. de rayon intérieur.

Si, dans la formule ci-dessus, nous remplaçons F par sa valeur, exprimée en fonction de la tension superficielle γ du liquide type par la formule déjà considérée :

$$F = \frac{\gamma n}{d} \cdot \frac{D}{N} ,$$

il vient

$$H = \frac{2 \gamma}{g d} \cdot \frac{n}{N} ,$$

où $\frac{2 \gamma}{g d}$ est précisément la constante capillaire h du liquide type, donc, en définitive :

$$H = h \cdot \frac{n}{N}$$

La constante capillaire du liquide étudié est égale à

celle de l'eau, multipliée par le rapport entre les nombres de gouttes au volume constant pour l'eau et le liquide étudié.

La détermination et le calcul de la constante capillaire d'un liquide quelconque reviennent donc uniquement à déterminer le nombre N de gouttes du liquide au volume constant, ce nombre de gouttes n pour l'eau étant une constante de l'appareil.

La valeur de la constante capillaire de l'eau à différentes températures, ayant été déterminée avec beaucoup de soin par M. Volkmann, il est facile de calculer ces valeurs pour toutes les températures t comprises entre 6° et 40° par la formule

$$h = 15,223 - 0,0278 (t-6)$$

calculée par l'interpolation des données de M. Volkmann.

Les variations de la constante capillaire, pour les solutions aqueuses, ont été étudiées par Quincke, Traube, Dupré, Valson et d'autres. Elles paraissent dépendre plus directement de la constitution moléculaire des corps dissous que ce n'est le cas pour la tension superficielle.

En déterminant la constante capillaire des urines normales et pathologiques, on voit que cette constante présente, dans la règle, des valeurs inférieures à celle de l'eau pure. La dépression de la constante capillaire des urines pathologiques est plus accusée encore que l'abaissement correspondant de la tension superficielle.

VII. NOTATION CONVENTIONNELLE DE LA DÉPRESSION DE LA CONSTANCE CAPILLAIRE DES URINES

Au lieu d'indiquer les valeurs absolues (exprimées en mm) de la constante capillaire de l'urine, je crois plus pratique et plus expéditif d'exprimer conventionnellement cette constante *en pour cent de celle de l'eau pure*, ce qui sim-

plifie encore le calcul. On obtient ainsi la *constante capillaire relative* H_ρ , en posant $h = 100$:

$$H_\rho = 100 \frac{n}{N}$$

Pratiquement, il suffit, du reste, de considérer comme caractéristique des urines pathologiques la valeur de la dépression ρ de cette constante capillaire relative :

$$\rho = H_\rho - 100$$

Soit, par exemple, $n = 196$ le nombre des gouttes d'eau, et $N = 228$ celui des gouttes d'une urine nécessaires pour remplir le petit flacon jusqu'au trait de jauge, la constante capillaire relative de l'urine en question sera

$$H_\rho = 100 \frac{196}{228} = 86 \%$$

et la dépression correspondante

$$\rho = 86 - 100 = -14$$

Pour l'urine élaborée à l'état de santé, j'ai trouvé, comme moyenne d'un très grand nombre d'observations, que cette dépression de la constante capillaire relative oscillait autour de 10 % (8 à 12 %). Elle est, dans la règle, notablement plus considérable pour les urines pathologiques.

L'action des substances dissoutes sur la tension superficielle du dissolvant, dépendant de la proportion dans laquelle elles sont contenues dans la solution, il est clair que la tension superficielle et, avec elle, la constante capillaire de l'urine, dépendront, toutes autres choses égales d'ailleurs, de sa concentration ou, autrement dit, d'une fonction de son poids spécifique.

Nous avons vu que l'abaissement de la tension superficielle et, partant, la dépression de la constante capillaire, doivent être attribuées à peu près exclusivement aux substances extractives de l'urine. Il paraît naturel, par conséquent, de rapporter la dépression ρ au poids des substances extractives contenues dans un litre d'urine. Ce poids est fourni par l'analyse ou peut-être calculé, à défaut de celle-ci, en fonction du poids spécifique.

J'ai donné, dans un travail publié en 1900 dans la *Revue médicale de la Suisse romande*, la formule d'interpolation qui permet de calculer, avec une approximation suffisante, le poids des solides en solution dans un litre d'urine en fonction du poids spécifique. Or, en admettant, ce qui est conforme à l'expérience dans le plus grand nombre des cas, que les substances organiques représentent le 60 % environ des solides dissous, dont 50 % d'urée, il reste, à l'état normal, 10 % environ pour les substances extractives.

Une urine dont le poids spécifique est, par exemple, de 1020, contient environ 41,60 gr. de solides en solution par litre, dont 4,16 gr. de substances extractives.

Nous obtiendrons, par conséquent, la *dépression spécifique* ρ/E des *matières extractives* en divisant la dépression observée ρ par le poids E de ces dernières (pour un litre d'urine). Le chiffre ainsi obtenu, représentera la dépression produite par chaque gramme de matière extractive contenue dans un litre d'urine.

Cette dépression spécifique sera, par exemple, en reprenant les chiffres de l'exemple précédent :

$$\text{P. sp. 1020 : Matières extract. E} = 4,16 : \text{Dépression } \rho = 14,0 : \text{Dépression spécifique } \rho/E = \frac{14}{4,16} = 3,36$$

Comme la dépression de la constante capillaire est, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, d'environ 10 % à l'état

normal, et que l'urine physiologique normale contient par litre environ 5 gr. de substances extractives, il s'en suit, qu'à l'état normal, la dépression spécifique des substances extractives est d'environ 2.

VIII. DÉPRESSION RELATIVE DE LA CONSTANTE CAPILLAIRE DANS LES URINES PATHOLOGIQUES

Voyons maintenant, pour terminer, quelles sont les variations observées de la dépression spécifique dans certains cas pathologiques.

A. *Diabète*. — Chez les diabétiques, cette dépression n'est pas due (nous l'avons déjà constaté) au sucre présent dans l'urine. Comme elle dénonce, dans la règle, la présence, dans le sang et dans l'urine, des acides de la série grasse et de l'acétone, son élévation constitue toujours un pronostic fâcheux, en tant que la présence de ces substances constitue une menace des accidents spéciaux au diabète, et principalement du coma diabétique. Voici quelques observations particulièrement instructives à ce point de vue.

DIABÈTE	Glucose par litre.	Subst. extractives.	Dépression ∇	Dépression spécifique.
I. Diabète simple (à l'origine) .	10,40	3,00	8,4	2,80
II. Diabète simple (plus avancé).	50,60	3,39	9,0	2,66
III. Diabète avec complication d'accidents goutteux. . .	3,20	4,38	14,0	3,20
IV. Diabète, après disparition tem- poraire du sucre	0,00	4,16	17,4	4,18
V. Diabète, une semaine avant la mort dans le coma . . .	19,53	4,75	24,0	5,04

B. *Albuminurie*. — Je ne possède, jusqu'ici, qu'un nombre assez restreint d'observations relatives à l'albumi-

nurie consécutive aux néphrites d'origines diverses. Voici les principales :

NÉPHRITES	Albumine par litre.	Subst. extractives.	Dépression <i>V</i>	Dépression spécifique.
I. Néphrite apoplectique (femme âgée)	0,12	1,44	2,0	1,38
II. Néphrite chronique (jeune fille)	traces	4,05	8,5	2,06
III. Néphrite <i>a frigore</i>	traces	1,99	6,1	3,06
IV. Pyélo-néphrite et cystite . .	1,10	2,26	8,4	3,82
V. Néphrite infectieuse <i>post par-</i> <i>tum</i> , six jours avant la mort.	5,68	1,90	12,0	6,32

Ici aussi, nous observons, en général, des valeurs anormalement élevées de la dépression capillaire. Celle-ci n'étant pas due à l'albumine qui, nous l'avons constaté, n'exerce qu'une action très faible sur les propriétés capillaires de l'urine, elle doit être attribuée à des substances extractives spéciales dont la nature est, du reste, encore inconnue.

Dans les cas de néphrite chronique, chez des sujets fortement anémiques (n° II), la dépression capillaire présente parfois une valeur normale, d'autrefois, elle peut même être abaissée au-dessous de 2, comme dans le cas n° I du tableau ci-dessus.

C. *Entérites*. — Ce sont les cas d'entérites qui m'ont fourni jusqu'ici, le plus grand nombre d'observations de dépression anormale de la constante capillaire. Je résume dans le tableau ci-après quelques-unes des plus caractéristiques.

C'est principalement dans les cas où l'entérite est accompagnée de phénomènes secondaires conséquents à l'autointoxication, que la dépression de la constante capillaire est bien accusée et la dépression spécifique élevée. Ce fait est dû, sans doute, dans la grande majorité des cas,

à la présence dans l'urine des combinaisons spéciales de la série aromatique : phénols, oxyacides, indoxyle, scatoxyle, etc., etc., qui prennent naissance dans l'intestin par suite des procès anormaux de putréfaction que subissent les albuminoïdes. Ces corps passent dans le torrent circulatoire, sont transformés par le foie, pour la plus grande partie, en dérivés sulfoconjugués non toxiques, et sont éliminés par la peau et le rein.

ENTÉRITES	Coefficient d'auto- intoxicat.	Substances extractives.	Dépression ∇	Dépression spécifique.
I. Constipation habituelle. . . .	200	4,16	9,9	2,40
II. Entérite chronique avec troubles nerveux	254	5,08	15,1	2,70
III. Entérite chronique (adulte)	472	4,70	15,2	3,22
IV. Entérite chronique avec anémie grave (enfant)	495	2,06	7,5	3,64
V. Entérite tuberculeuse; mort quelques jours plus tard	373	5,88	25,0	4,26
VI. Entérite avec anémie grave (enfant); mort quelques jours plus tard	1220	3,72	18,0	4,84
VII. Pérityphlite mal guérie, rechute menaçante	528	3,09	19,7	6,36

Sous la désignation de *Coefficient d'autointoxication* (*C. de Combe*), j'indique, dans le tableau ci dessus, la quantité en milligrammes des substances aromatiques principales (phénols, indigo et scatol) excrétées pour 100 grammes d'urée. Chez l'adulte, à l'état normal, ce coefficient est environ 160. On remarque, en général, un certain parallélisme entre les variations de ce coefficient et celles de la constante capillaire, celle-ci donne, dans le cas particulier de l'entérite, un complément et une confirmation précieux aux indications fournies par les coefficients de Baumann et de Combe sur l'autointoxication d'origine gastro-intestinale.

D. *Hépatites*. — Dans les affections du foie, la constante capillaire de l'urine présente, en général, une dépression très marquée, due à la présence dans ce liquide, soit des composés biliaires, soit des corps spéciaux qui caractérisent l'insuffisance hépatique : urobiline, uroérythrine, etc., corps qui ont, comme nous l'avons vu, une cohésion moléculaire négative très élevée.

Mes observations d'urines du type hépatitique ne sont pas assez nombreuses pour me permettre d'insister plus longuement à ce sujet. Je dois me contenter de citer les deux observations suivantes concernant des urines bilieuses, avec des valeurs anormalement élevées de la dépression :

- I. Insuffisance hépatique. S. extr. $E = 6,44$; dépression $\mathcal{P} = -24,8$
Dépression spécifique $\mathcal{P}/E = 3,84$
- II. Ictère (adulte). S. extr. $E = 6,16$; dépression $\mathcal{P} = -32,5$
Dépression spécifique $\mathcal{P}/E = 5,28$

E. *Anémie*. — Dans l'anémie par inanition ou atrophie, j'ai constamment observé que la constante capillaire de l'urine était, au contraire de ce que l'on remarque en général, peu déprimée ou même, dans les cas graves, qu'au lieu d'être déprimée, elle présentait une légère élévation sur celle de l'eau pure (valeurs positives de \mathcal{P}). Ici aussi, mes observations sont encore peu nombreuses : je n'en citerai que trois caractéristiques :

Anémie par atrophie (vieillard). P.sp.	1014,6	$\mathcal{P} = -4,50$	$\mathcal{P}/E = -1,50$
Anémie par inanition (enfant)	1007,5	» $+2,28$	» $+1,34$
Anémie et neurasthénie (adulte)	1008,4	» $-2,00$	» $-2,38$
Anémie grave (adulte)	1011,0	» $-2,00$	» $-0,92$

IX. RÉCAPITULATIONS ET CONCLUSIONS

Les thèses établies dans ce travail, sont les suivantes :

1. La tension superficielle des liquides peut être mesurée avec une exactitude suffisante par la méthode très simple de l'égouttement, moyennant certaines précautions.

a) en faisant intervenir, comme régulateur de l'écoulement, l'influence de la viscosité, au moyen d'un ajutage spécial, consistant en un tube capillaire à canal très mince et à paroi épaisse, dont la longueur variable est telle que la vitesse d'écoulement soit sensiblement égale pour les différents liquides ;

b) en considérant un nombre de gouttes assez grand (100 à 200).

Dans ces conditions, la formule qui donne la valeur de la tension superficielle en fonction de celle connue d'un liquide type, n'a besoin d'aucune correction.

2. La *tension superficielle* et la *constante capillaire* de l'urine humaine sont, en général, plus faibles que celles de l'eau.

3. L'abaissement de la tension superficielle, ainsi que la dépression de la constante capillaire de l'urine, sont produites principalement par les *substances extractives* en solution dans ce liquide. Ces substances sont précisément celles qui représentent le déchet anormal de la nutrition et qui caractérisent l'imperfection du fonctionnement de l'organisme. La dépression est d'autant plus forte que la proportion de ces substances est plus élevée et qu'elles ont une complexité moléculaire plus considérable.

Les composants normaux de l'urine, par contre, n'exercent qu'une action très faible sur ses propriétés capillaires, ou même, comme c'est le cas pour les sels inorganiques, tendent à élever la valeur de la tension superficielle.

L'abaissement $\Delta F = F - \gamma$ de cette dernière est, en quelque sorte, la mesure de l'anomalie de la composition de l'urine.

4. Pour l'urine élaborée à l'état de santé, la *constante capillaire relative* H_φ est égale à environ 90 % de celle de l'eau pure, la dépression F est, par conséquent, de 10 %.

Cette dépression \mathcal{P} , rapportée au poids E des substances extractives contenues dans un litre d'urine (poids fourni soit par l'analyse, soit, à défaut de celle-ci, par l'estimation à 10 % environ des solides en solution), est ce que j'appelle la *dépression spécifique* \mathcal{P}/E . Sa valeur, à l'état de santé, oscille autour du chiffre 2 (1,6 à 2,4).

5. La dépression \mathcal{P} et la dépression spécifique \mathcal{P}/E présentent des valeurs relativement considérables dans le diabète, les néphrites, les entérites, l'hépatitisme, etc., etc. Elles sont, au contraire, peu élevées pour les urines des anémiques. Dans certains cas d'anémie grave, la constante capillaire de l'urine peut même être plus élevée que celle de l'eau, la dépression $\mathcal{P} = H_p - 100$ prend alors une valeur positive.

*
* * *

En résumé, il paraît bien, d'après mon expérience, il est vrai encore relativement courte, que nous possédons dans la détermination de la constante capillaire de l'urine, un nouveau réactif physico-chimique très sensible, propre à nous renseigner sur la formation des substances anormales dans l'organisme, par suite d'un fonctionnement défectueux de celui-ci.

Comme la détermination de cette constante par la méthode de l'égouttement est une opération des plus simples, elle me paraît pouvoir rendre au clinicien des services importants, en lui fournissant rapidement et facilement une mesure du degré d'anomalie de la composition de l'urine, et par conséquent de celle du sang. Ces renseignements seront d'autant plus appréciables qu'ils concernent des substances qui, dans la règle, ne sont pas décelées par l'analyse chimique sommaire usuelle.

Lausanne, en mars 1902.

BIBLIOGRAPHIE

VOLKMANN. *Wiedemann's Annalen*, 1894, 53, page 633 ; 1895, 56, page 457.

FORCH. *Wiedemann's Annalen*, 1899, 68, page 801.

GUYE Ph.-A. et PERROT. *Archives des Sc. phys. et nat.*, XI, n° 3, page 225 ; n° 4, page 345.

— — — *Comptes rendus Acad. des Sc.* du 29 avril 1901.

AMANN. *Revue médicale de la Suisse romande*, 1900, n° 1.

Voir aussi l'excellent article *Capillarité*, de M. L. BOURGEOIS, dans le 2^e supplément au Dictionnaire de chimie de Wurtz et Friedel.



