

<b>Zeitschrift:</b>	Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Herausgeber:</b>	Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Band:</b>	3 (1929-1930)
<b>Heft:</b>	7
<b>Artikel:</b>	Recherches spectrographiques sur des cendres de sangs et d'organes humains
<b>Autor:</b>	Zbinden, Christian
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-249682">https://doi.org/10.5169/seals-249682</a>

### 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:** 11.02.2026

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

# MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

N° 22

1930

Vol. 3, N° 7

---

## Recherches spectrographiques sur des cendres de sangs et d'organes humains

PAR

Christian ZBINDEN

(Présenté à l'assemblée générale du 19 mars 1930.)

---

### INTRODUCTION

Les premières analyses de sangs et de cendres d'organes ont porté sur les constituants qui existent en forte proportion comme le sodium, le magnésium, le chlore, le soufre et le phosphore. L'attention des chercheurs a cependant été vite attirée par la présence, souvent irrégulière, d'éléments toxiques comme le cuivre, le plomb et le zinc ou d'éléments métalliques rares. Ces traces de métaux ont été longtemps considérées comme substances étrangères à l'organisme, des « indésirables », plutôt que comme des « éléments vitaux ». Leur faible teneur dans la matière vivante paraissait un argument suffisant pour démontrer leur inutilité.

Cependant, des savants comme G. Bertrand, ont pressenti l'importance que pourrait avoir la connaissance des éléments contenus à des doses infinitésimales et qu'ils ont appelés « les infiniment petits chimiques de la matière vivante ».

L'expérience a confirmé que la quantité d'un élément existant dans un organe ne peut, en aucune façon, servir de mesure au rôle qu'il y joue et que certains éléments ne sont essentiels à la vie qu'à des doses extraordinairement faibles. La présence de ces éléments, reconnue dans la suite indéfiniment constante dans un organisme normal, ne peut s'expliquer que par leur préexistence dans les aliments.

L'étude de leur fonction dans les processus physiologiques est devenue, à l'heure présente, l'un des problèmes les plus intéressants de la biologie. Aussi, nous a-t-il semblé qu'il était d'un intérêt tout spécial de faire une étude systématique de la composition minérale du sang et des organes humains en faisant appel au spectrographe comme moyen d'investigation. Ces recherches ont été poursuivies dans le Laboratoire de Chimie minérale de l'Université de Lausanne, sous la direction de M. le Prof. Paul Dutoit, à qui nous exprimons notre vive reconnaissance et nos bien sincères remerciements pour ses précieux conseils. Notre tâche a été grandement facilitée grâce à l'aimable concours de M. le Prof. Dr J.-L. Nicod, Directeur de l'Institut d'Anatomie pathologique, et de M. le Dr Parchet, Directeur de l'Institut de Chimie clinique. Nous leur présentons ici l'expression de notre reconnaissance.

Pour trouver droit de cité dans un laboratoire de chimie biologique, un procédé doit être à la fois simple et précis. La spectrographie, science toute nouvelle encore, répond complètement à ces exigences et bénéficie aussi du sérieux avantage de ne demander qu'une très petite quantité de substance pour déceler des éléments qui s'y trouvent à l'état de traces. N'oublions pas de dire, en passant, qu'elle laisse un témoin : la plaque photographique qui peut être étudiée à loisir.

Quoique encore à ses débuts, c'est à elle que sont dus un certain nombre de travaux qui font autorité par la valeur des résultats acquis. C'est à l'emploi du spectrographe, en effet, que l'on doit les travaux de C. Delezenne (1), qui établissent d'une façon incontestable que le zinc est un constituant normal de la matière vivante et présent dans tout l'organisme animal.

G. Urbain (2), en étudiant le spectre des cendres de laminaires, y découvre des corps insoupçonnés jusqu'alors : l'antimoine, le germanium, le glucinium et le titane, tout en confirmant la présence de l'argent, de l'arsenic, du cobalt, du cuivre, du manganèse, du plomb, du zinc, de l'étain, du gallium et de l'or.

En 1929, Norman C. Wright (3) établit la composition minérale du lait, puis Louis Kahlenberg et John O. Closs (4), lors d'une controverse, prouvent que l'aluminium est un élé-

ment normal de l'organisme et en particulier du tissu cancéreux. Enfin, citons les très récents travaux de Hilde Turnwald et Félix Haurowitz (5): « Ueber die Schwermetalle der menschlichen Leber und ihren spectrographischen Nachweis ».

## PREMIÈRE PARTIE

### Recherches sur les constituants minéraux des cendres de sanguins humains.

#### CHAPITRE I.

##### *Historique.*

Les premières analyses concordaient toutes pour admettre que le chlore et le sodium formaient les 90 % de la partie minérale du sang et que le potassium, le calcium, le magnésium, le soufre, le phosphore, le carbone, un peu de silicium et de fer en constituaient le reste. D'après Lambling, le nombre des éléments, pouvant être considérés comme faisant partie intégrante du plasma, s'élevait à 15, à savoir: le carbone, l'azote, l'hydrogène, l'oxygène, le soufre, le phosphore, le chlore, le fluor, le silicium, le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium, le fer et le cuivre, tandis qu'aujourd'hui c'est à 30 au moins que l'on porte ce nombre.

Nous donnons ici l'ensemble des travaux faits jusqu'à nos jours et qui permettent de supposer que le bore, le cobalt, le cuivre, le fer, le lithium, le manganèse, le nickel, le plomb, le silicium, le zinc et peut-être le titane, sont des constituants normaux, sinon essentiels, du sang humain.

##### *Argent.*

Malaguti, Durochez et Sarzeaud (7) le décèlent dans le sang de bœuf, mais aucune publication ne le confirme et aucune ne le signale dans le sang humain.

##### *Bore.*

En 1896, H. Jay (8) le recherche en vain dans les cendres du bœuf et du mouton, tandis que G. Bertrand et Agulhon (9) le mettent nettement en évidence par l'esthérification

de l'acide borique. Ils reconnaissent ensuite cet acide, après distillation et saponification, par sa réaction sur le papier de curcuma.

#### *Cobalt.*

Sa présence est constatée par G. Bertrand et M. Macheboeuf (10) dans le sang. Ces auteurs le dosent au moyen de la diméthylglyoxyme.

#### *Cuivre.*

Pendant un temps assez long, on s'est refusé à admettre sa présence dans l'organisme. Cette présence semblait être accidentelle et était de ce fait attribuée à des erreurs d'expérience ou aux aliments ingérés. Ce n'est qu'après le travail de Gloezen (1877) et ceux de Bergeron et L'Hote qui le décelèrent: le premier dans le sang du chevreuil sauvage, et le second chez les fœtus (ce qui élimine toute possibilité d'introduction par l'emploi des instruments de cuisine en cuivre), que l'on attribua à ce métal sa place dans le sang normal.

Otto Warburg, en 1927 (12), le dose dans le sérum sanguin en utilisant son action oxydante sur la cystéine. D'après les recherches de cet auteur, la quantité de cuivre serait indépendante de l'âge et du sexe et aurait une valeur de 0,62 à 1,24 mg. par litre. Ces valeurs peuvent cependant subir de grandes variations au cours de l'évolution de certaines maladies comme la tuberculose pulmonaire, la diphtérie, la scarlatine, la leucémie et la néphrite.

R. Schönheimer et F. Oshima (13) portent cette valeur à 1,13-1,44 mg. par kg. de sang.

D'après les recherches entreprises par C.-A. Elvehjem, H. Steenbock et E.-B. Hart en 1929 (14), il semblerait que le cuivre ne se trouverait pas sous la forme d'une combinaison chimique comme le pense G.-B. Zenda (15) et que d'autre part il se concentrerait surtout dans les globules où ils dosent 0,043 mg. pour 100 cc. Titus et Hughes (15) ont montré, il y a quelques mois, que le cuivre et le manganèse étaient utilisés dans la formation de l'hémoglobine.

#### *Fer.*

Sa présence n'a pas été admise par les classiques, mais on sait de nos jours qu'il est un des constituants du globule rouge et que sa présence dans le sang, comme celle du cuivre, est nécessaire.

*Lithium.*

Bunsen et Kirchhoff (17) le découvrent au moyen de l'analyse spectrale dans le sang des animaux, tandis que Folwascny (18) le signale dans le sang total de l'homme en faisant appel à la même méthode.

A. Desgrez et J. Meunier (19) le mettent aussi en évidence dans le sang par l'analyse spectrographique des sels cristallisés du sang total.

*Manganèse.*

Grâce aux travaux de G. Bertrand, parus en 1897, il n'est plus possible de nier le rôle vital du manganèse comme métal d'action de certains oxydants. Parmi tous les corps considérés comme rares, cet élément est certainement celui qui a été le plus de fois reconnu dans « l'économie » tout en étant le plus nié. Son histoire restera longtemps un exemple des objections que l'on peut formuler contre un corps que les analyses révèlent avec certitude dans l'organisme, mais dont il est impossible de préciser le rôle physiologique. Lambling disait que « de petites quantités de manganèse accompagnent souvent le fer dans les végétaux et animaux, mais qu'aucune signification physiologique ne peut lui être reconnue ».

Würzer (20), en 1830 déjà, en parle comme élément possible du sang. Millon effectue les premiers dosages, mais les résultats sont vivement attaqués par Melsens, qui nie sa présence dans le sang. Würzer, en évitant le plus possible les causes d'erreurs, reprend ses anciennes expériences et maintient que le manganèse est un constituant normal du liquide vital. Bientôt après, Hannon admet qu'il y joue un rôle semblable à celui du fer.

Petrequin et Burin-du-Buisson montrent la similitude entre le fer et le manganèse et leur chute commune dans la chlorose, fait qui avait été annoncé par Hannon (21).

Riche (22) dose une quantité de 0,5 à 2,5 mg. de MnO, tandis que Maumené, en 1884, n'en découvre aucune trace dans le caillot et dans 100 gr. de sérum d'une femme en couches et il ajoute que: « la médecine doit renoncer à l'emploi du Mn comme succédané du fer: celui-ci pénètre dans le sang non seulement sans résistance, mais avec faveur, et constitue l'une des bases du milieu vital. Le Mn est un intrus dont le sang peut tolérer des traces, mais le rejette sans cesse parce que

*le métal deviendrait nuisible s'il parvenait à s'y accumuler* » (23).

G. Bertrand et ses élèves (24) ont donné une étude approfondie de sa répartition dans l'organisme et un démenti formel à l'hypothèse de Maumené; ils ont démontré le rôle du manganèse dans la constitution des oxydases et dans les processus d'oxydation.

D'après cet auteur: « les oxydases seraient des combinaisons spéciales du manganèse dans lesquelles le radical acide, sans doute de nature protéique, pourrait varier suivant le ferment et aurait juste l'affinité nécessaire pour maintenir le métal en dissolution, c'est-à-dire sous sa forme la plus propice au rôle qu'il doit remplir. *Le manganèse serait donc le véritable élément actif de l'oxydase, celui qui fonctionne à la fois comme activateur et convoyeur de l'oxygène* » (25).

En 1920, Clarence-H. Reimann et A.-S. Minot (26), puis Keilholz, en 1921 (27), font des dosages et en déduisent une valeur de 0,417 à 0,500 mg. par kg. R.-W. Titus et H.-W. Cave (28) le considèrent comme essentiel à la formation de l'hémoglobine.

Enfin, en 1928, Emil Abderhalden (29) admet dans le sérum du cheval une dose de 1,15 mg. par litre.

### *Nickel.*

Ce n'est qu'en 1925 que G. Bertrand et M. Macheboeuf (30) le décèlent dans le sang en utilisant la diméthylglyoxyme comme réactif et en déterminent une quantité de l'ordre de 2,2 mg. par kg. de cendres du sang de taureau, mais aucun dosage n'est signalé sur le sang humain.

### *Or.*

Très peu de recherches ont été entreprises sur cet élément qui semble se trouver régulièrement dans le sang et même, suivant Ragnar Berg (31), s'y concentrer plus que dans l'urine.

### *Plomb.*

Besanez disait, en 1880, que « l'on devait envisager sa présence dans le sang comme accidentelle et l'attribuer à l'influence des eaux plombifères ». Cependant, en 1848 déjà, Millon donnait la silice, le plomb, le cuivre et le manganèse comme constituants du sang total de l'homme et était conduit

à croire que sa dose était double de celle du cuivre. Ce métal, d'après le même auteur, se concentrerait surtout dans le caillot.

#### *Silicium.*

Millon admet une dose de 1 à 3 % du résidu insoluble des cendres du sang total. Henneberg et Wilson le发现ent à nouveau dans le sang (32).

#### *Titane.*

En 1835, Ress (33) reconnaît des traces de titane dans les cendres du sang humain, mais il fut vite contredit par Marchand (34). Il y a quelques mois, G. Bertrand (36) a repris ces recherches en opérant sur un sang de cheval, de veau, de mouton, de porc, de lapin. Cet élément est impossible à mettre en évidence chez le cheval et le lapin et aucun travail n'a été effectué sur le sang humain. Toutefois, sa présence est probable, comme le pense cet auteur, du fait qu'il se trouve partout et à l'état de traces dans les aliments comme il ressort des analyses de Ragnar Berg (36).

#### *Zinc.*

Si Lechartier et F. Bellamy (37) pensent, en 1877, que le zinc n'est pas introduit accidentellement, c'est cependant G. Bertrand et ses collaborateurs qui ont prouvé les premiers que c'est un constituant normal dont le rôle physiologique est particulièrement important.

Delezenne (1), dans son travail sur la répartition de cet élément dans l'organisme, admet que la dose normale est de 15 à 25 mg. par litre. Quant à sa localisation, cet auteur fait remarquer que le plasma en contient dix fois moins que les globules. La presque totalité de ce métal se trouve concentrée dans les leucocytes, fait qui est confirmé par P. Cristol (38).

---

## PARTIE EXPÉRIMENTALE

### § I. — Technique spectrographique et mode opératoire.

#### CHAPITRE II.

Le spectrographe, dont nous avons fait usage, est un appareil de précision fourni par la maison Hilger, de Londres.

Pour toutes nos recherches, nous avons fait appel à la méthode du Prof. G. Urbain, décrite dans son « Introduction à l'étude de la Spectrochimie » (39) et dans l'« Atlas de Spectres d'arc » de J. Bardet (40). Cette méthode consiste à obtenir un spectre d'émission en introduisant une petite quantité de substance (cendres résultant de la calcination de la matière organique) dans l'arc jaillissant entre deux électrodes de charbon. Il se produit aussitôt une dissociation suivie de l'émission d'un certain nombre de raies spectrales, spécifiques des éléments formant le composé et dont les longueurs d'onde ou, ce qui revient au même, les fréquences sont des constantes.

Sans nous arrêter à la question du réglage de l'appareil, qui est décrit dans l'ouvrage précédemment cité (39), nous n'exposerons ici que les conditions dans lesquelles nous avons opéré.

Le but que l'on se propose, en prenant un spectre, est de déceler la présence d'éléments que l'analyse courante ne permet pas ou que très difficilement de trouver. La recherche consiste à déterminer les longueurs d'onde des différentes raies inscrites sur la plaque photographique au moyen d'un spectre de référence (fer) dont toutes les raies sont exactement connues.

Les carbons, qui doivent servir à la volatilisation de la substance, sont préalablement traités par de l'acide chlorhydrique pur et bouillant afin d'éliminer la plus grande partie des impuretés : magnésium, aluminium, fer, calcium et cuivre toujours présents même dans les électrodes les plus pures. On a eu soin aussi de prendre le spectre de ces électrodes dans les mêmes conditions que celles choisies pour la prise du spectre de la substance, afin de n'être pas induit en erreur par les impuretés des carbons.

Ces précautions étant prises, on place une petite quantité de cendres dans un cratère ménagé dans le charbon inférieur lequel est relié au pôle positif de la source électrique.

Pour l'étude de ces cendres de sang, nous avons varié les conditions d'intensité et de pose afin d'être certain d'obtenir tous les éléments grâce à une volatilisation plus ou moins rapide.

Nous avons employé une intensité de 12 à 15 ampères, un grand diaphragme et un temps de pose de 15 secondes pour les éléments volatils, tandis que pour la recherche des éléments moins volatils, l'intensité était de 4-5 ampères et la pose variait de 45 à 60 secondes.

Les plaques photographiques utilisées extra-minces Σ Lumière 102-254 mm. nous ont donné les meilleurs résultats<sup>1</sup>.

La lecture de ces spectres était faite, soit au microscope si la détermination se faisait avec l'atlas, soit au comparateur s'il s'agissait de déterminer une raie non classée par les tables, mais indiquée dans l'ouvrage d'Exner et Haschek (41).

### § II. — Calcination.

Les calcinations furent toujours faites dans une capsule de platine en prenant toutes les précautions possibles pour éviter l'introduction d'impuretés. Le sang est tout d'abord évaporé sur la petite flamme d'un bec Bunsen, en évitant un boursoufflement trop violent lors de la coagulation des albumines, puis le résidu est calciné en augmentant progressivement la température jusqu'au rouge sombre. Nous avons préféré ne point ajouter des substances oxydantes, dont on ne connaît jamais assez le degré de pureté, mais prolonger la calcination jusqu'à l'obtention de cendres blanches.

<sup>1</sup> Les clichés étaient développés dans un révélateur fort à l'hydroquinone :

Eau . . . . .	1000 cc.
Hydroquinone . . . . .	10 gr.
Sulfate de soude anhydre . . . . .	40 gr.
Carbonate anhydre . . . . .	55 gr.

## CHAPITRE III.

## § I. — Spectres de cendres de sang total et sérum.

*Sang total.*

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	3	3280,8	K	2	3446,5
		3383,0			47,5
Al	6	3082,3	Mg	6	2795,6
		3092,8			2852,2
As	1	2860,6	Mn	5	2593,5
					2605,8
Au	1	—	Ni	5	3414,9
Ca	3	3179,5	Pb	1	2833,2
		3159,0			
Co	2	3405,3	Si	se trouve aussi dans C.	
Cr	1	2677,2	Sn	3	2840,2
Cu	6	3247,7	Ti	3	—
		3274,0			
Fe	Nombreuses raies.		Zn	7	3345,2
				2282,5	
Ge	1	3039,2			

Les raies ultimes établissent la présence de: l'argent, l'aluminium, l'arsenic, le calcium, le cobalt, le chrome, le cuivre, le fer, le germanium, le potassium, le magnésium, le mangane, le nickel, le plomb, l'étain et le zinc. La présence du titane et de l'or ne peut être affirmée. Le peu de raies du chrome, du germanium et du plomb laisse supposer que ces éléments sont à l'état de faibles traces dans le sang.

Il nous a paru intéressant de faire une séparation entre les globules rouges et le plasma et d'étudier séparément les spectres de ces deux parties. Pour les globules, nous ne pouvons attacher qu'une importance toute relative par suite de leur grand pouvoir d'absorption. Dorénavant, nous ne relèverons plus la présence du fer, du magnésium, du calcium et

du potassium, qui sont toujours présents dans le sang et le sérum.

*Globules.*

	Raies ultimes		Raies ultimes
Ag	3280,8 3383,0	Ni	3414,9 à peine visible
Al	3082,2 3092,7	Pb	2833,2 2663,3
Cu	3247,7 3274,0	Si <sub>II</sub>	3262,5 2841,1
Ge	3039,0	Ti	3373,0 3271,6
Mn	2576,2 2605,8	Zn	3345,2

*Sérum.*

Ag	3280,8 3383,0	Ni	3414,9
Al	3082,3 3092,7	Pb	2833,2
Cu	3247,7 3274,0	Ti	3373,0
Cr	2677,2 faible	Zn	3245,8
Mn	2605,8		

Une interprétation grossièrement quantitative semblerait montrer que *l'étain se concentre dans les globules, ainsi que le fer, le manganèse et le plomb*, ce qui est conforme pour ce dernier, à l'hypothèse de Millon; tandis que le *nickel se trouve dans le sérum*.

*Sérum.*

	Raies ultimes		Raies ultimes
Ag	3280,8 3383,0	Ni	3414,9
Al	3082,3 3092,7	Pb	2833,2 faible

Cu	3247,7 3274,0	Sn	3262,5 2840,2 3034,2
Cr	2677,2	Ti	3371,6 3373,0
Mn	2605,8	Zn	3245,7

Comme le sérum précédent, ce sérum est assez riche en nickel, mais l'est plus en titane et étain.

Afin de nous assurer que les corps trouvés étaient bien des constituants normaux du sang, nous avons pris le spectre d'un **sérum de porc** dont voici l'analyse complète :

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	3	3280,8 3383,0	Ni	4	3414,9
Al	2	3082,2 3092,7	Pb	2	2833,2 2863,3
Cu	10	3247,7 3274,0	Sn	8	3262,5 2840,1
Ge	1	3039,2	Ti	2	3373,0
Mn	5	2605,8 2798,4	Zn	3	3345,2

Ce sont les mêmes éléments avec quelques variations comme pour le cuivre et l'étain qui sont en plus forte dose dans le *sérum de porc*.

## § II. — Spectres des précipités d'albumine.

Nous avons cherché à préciser quels sont les éléments qui se trouvent dans le sérum à l'état d'ion et ceux qui forment des complexes avec les molécules organiques. Dans ce but, nous avons précipité les albumines suivant deux techniques : la première consistait à coaguler l'albumine par la chaleur en milieu acétique et la seconde à la floculer par l'acétone.

Pour la première méthode, nous avons travaillé suivant les indications de Biery et M<sup>lle</sup> Moquet (42). Dans un tube de

centrifugeuse contenant 10 cc. de sérum, on ajoute 1-2 gouttes de rouge de méthyle, puis on verse goutte à goutte la quantité d'acide acétique N<sub>100</sub> nécessaire au virage de l'indicateur. On place ensuite le tube au bain-marie jusqu'à la coagulation complète des albumines, puis on centrifuge.

L'analyse spectrographique nous a montré que le précipité contenait de l'argent, du cuivre, du manganèse, du nickel, du plomb, de l'étain, du titane et du zinc; quant au liquide, il possédait les mêmes éléments, mais avec des variations quantitatives très notables. C'est ainsi que *l'argent, le cuivre, le plomb et l'étain étaient en quantité nettement supérieure dans le précipité, tandis que le liquide s'est montré riche en nickel et en titane.*

Le second mode opératoire, qui est plus simple et plus rapide, nous a donné les mêmes résultats, aussi est-ce à lui que nous nous sommes adressés pour ces recherches. Suivant Biéry et Viviano (43), nous avons ajouté à 3 cc. de sérum 10 cc. d'acétone pure; après avoir laissé reposer le précipité, on centrifuge et on le lave plusieurs fois avec l'acétone.

Les résultats sont concordants.

### § III. — Séparation par électrodialyse.

On électrodialyse 10 cc. de sérum contenus dans un récipient en parchemin enduit de collodion et placé entre deux électrodes de platine.

Les cendres du sérum ainsi traité se sont révélées spécialement riches en *argent, en cuivre, en plomb et en étain*, tout en contenant les autres éléments déjà cités; mais les raies du titane étaient moins bien marquées que dans le spectre des cendres du même sérum non électrodialysé.

(Voir planche I.)

### Résumé.

Ces analyses, qui ont porté sur une vingtaine de sangs différents, nous montrent que l'argent, l'aluminium, le cuivre, le manganèse, le nickel, le plomb, l'étain, le titane, le zinc et peut-être le germanium et le chrome sont des constituants normaux du plasma sanguin.

A notre connaissance, ces analyses sont les premières à citer comme éléments normaux du sang humain : l'argent, le chrome, le germanium, l'étain et aussi le titane, dont on n'a fait que supposer la présence.

Ces nouveaux corps, ajoutés à ceux déjà connus, satisfont pleinement l'hypothèse qui veut une similitude entre le milieu marin et le milieu vital, car tous ces éléments ont déjà été décelés soit dans l'eau de mer, soit dans les eaux minérales (44).

D'autre part, il semble possible d'admettre que l'argent, le cuivre, le zinc, le plomb et l'étain se trouvent sous forme de composés avec les albumines, ce qui confirme l'hypothèse de E. Abderhalden (45), pour le cuivre et le fer, et celle de Delezenne pour le zinc.

---

## DEUXIÈME PARTIE

### **Recherches spectrographiques sur les cendres d'organes humains.**

#### **CHAPITRE I.**

##### *Historique.*

##### *Bore.*

G. Bertrand et Agulhon (46) sont les premiers à signaler sa présence dans l'organisme.

En 1923, Giuseppe Moscati (47) le constate régulièrement dans les différents organes: les reins, les testicules, la rate et le foie, avec une concentration croissante des reins au foie. Sa présence est aussi relevée dans le foie et la rate du fœtus.

##### *Cobalt.*

G. Bertrand et M. Macheboeuf (48) notent sa présence dans les organes au moyen de la diméthylglyoxime. D'après eux, cet élément se trouverait réparti dans les proportions suivantes:

Foie	12,0	mg. par kg. de cendres.
Pancréas	27,8	»      »
Rate	43,7	»      »
Rein	20,0	»      »
Cerveau	1,9	»      »
Utérus	6,7	»      »
Muscle	2,7	»      »

Toutefois, Hilde Turnwald et Félix Haurowitz (5) n'en trouvent aucune trace en utilisant le spectrographe; cette absence sera ensuite confirmée par nous.

##### *Cuivre.*

Devergie et Hervy, en cherchant si le cuivre n'était pas présent dans le tube digestif de l'homme lors des cas d'empoisonnement, relèvent sa présence constante dans l'estomac et l'intestin de l'homme. Quelques années après, Devergie évalue à 0,0016 % la quantité de cet élément contenue dans les reins de l'homme.

Barse, Lavaux et Follin (1844) affirment sa présence dans le foie et l'intestin, puis Orphila le constate de nouveau dans le foie humain.

Béchamp, par contre, fait, en 1860, une critique sévère de ces travaux et met en garde les chercheurs contre les réactifs employés.

Bergeron et L'Hote (49) reprennent les recherches abandonnées en prenant toutes les précautions requises et constatent, en 1875, sa présence certaine dans le foie et le rein.

K.-B. Lehmann (50) donne le tableau suivant:

Reins	1,2-210 mg. par kg.
Rate	3,2-516 »
Foie	1,5-1510 »
Cerveau	traces.

En 1922, Meyer-Bodansky (51) travaille sur le cerveau et note sa présence régulière dans cet organe en ajoutant qu'il semble s'y accumuler plus rapidement pendant la vie intra-utérine que plus tard.

G.-B. Zenda (52) le trouve dans l'œil et A. Keilholz (53) apprécie à 1,524-125 mg. par kg. sa dose dans le foie.

C. Vanitall et J.-J. van Ech (54) notent que le cuivre se concentre surtout dans le foie pendant la vie fœtale, fait qui est en rapport avec l'étude de Bodansky. D'après Slowzoff (55), il se trouverait sous forme d'un complexe avec les nucléides.

Hargue (56) dose une quantité de cuivre de 7,2 mg. dans le foie de bœuf, tandis que le foie d'un veau d'une semaine en contenait 34,5 mg. Comme le fait remarquer cet auteur, il semblerait donc que le cuivre joue un rôle physiologique important dans les phénomènes de croissance.

Guérithault (57) trouve que la teneur du foie en cuivre augmente avec l'âge (fœtus: 2 mg.; femme de 70 ans: 4,6 mg. par kg. de matière fraîche).

R. Schönheimer et F. Oshima (13), dans un travail très complet sur la présence de cet élément dans les foies normaux et pathologiques, montrent que sa dose peut varier de 1 à 64 mg. par kg.

Enfin, Hilde Turnwald (5) trouve du cuivre dans le spectre des cendres de foie.

*Fer.*

Sa répartition dans l'organisme est assez uniforme et la plupart des travaux évaluent sa dose à 0,005 %.

Toutefois, la rate se présente comme étant l'organe du métabolisme du fer, suivant les travaux de Sollberger (58), L. Asher et H. Vogel (59) et enfin ceux de K. Nakayama (60).

Lapicque (61) fait aussi remarquer qu'il se concentre dans une proportion notable dans le foie.

D'autre part, l'expérience a montré que la quantité normale de fer contenue dans la rate et le foie pouvait subir des variations importantes dans des cas de leucémie (62) et de diabète (63).

*Lithium.*

Cet élément se trouve régulièrement dans l'organisme et, suivant E. Hermann (64), il serait déjà présent chez le fœtus, puis se concentrerait ensuite dans les poumons de l'homme.

A. Keilholz (53) trouve les valeurs suivantes pour les différents organes :

Foie	0,0623-0,13	mg. par kg.
Pancréas	0,166 -0,207	»
Rate	0,061 -0,083	»
Reins	0,028 -0,07	»
Placenta	0,0553	»
Cœur	0,0167-0,0212	»
Thyroïde	0,196 -0,220	»

*Manganèse.*

Grâce aux travaux de Bertrand, on connaît son rôle de premier ordre dans les processus physiologiques (65).

« La généralité des physiologues, dit G. Bertrand, ont admis que des traces de manganèse, signalées ça et là dans l'organisme par certains observateurs, sont purement accidentelles et sans conséquence physiologique. Il semble, au contraire, à la suite des résultats que nous venons de présenter, que l'*existence constante et la répartition remarquable du manganèse dans les organes soient plutôt de nature à faire attribuer à ce métal une place importante à côté d'autres éléments catalytiques de la matière vivante.* »

Lüming (66) note sa présence dans le pancréas et A. Keilholz (53) dose une quantité de 0,120 mg. par kg. dans le placenta et 0,150-0,220 dans le cœur. Enfin, sa présence dans le foie est relevée par les analyses spectrographiques de Hilde Turnwald (5).

### *Nickel.*

G. Bertrand et M. Macheboeuf (67) sont les premiers à le déceler dans l'organisme animal et à le doser.

Foie	90	mg. par kg. d'organes frais.
Pancréas	41	»
Rate	40	»
Cerveau	22	»
Utérus	< 2	»
Muscle	< 2	»
Rein (femme)	25	»
Rein (homme)	15	»

L'attention de ces auteurs ayant été attirée par la dose particulièrement élevée en cobalt et en nickel du pancréas, ils pensèrent à une intervention probable de ces éléments dans l'action hypoglycémiante de l'insuline (68). Leurs recherches leur montrèrent, en effet, que par l'addition d'une quantité déterminée des sels de cobalt et de nickel, on pouvait améliorer sérieusement l'action de l'insuline. À l'heure actuelle, une thérapeutique nouvelle est fondée sur ce fait.

Comme pour le cobalt, Hilde Turnwald et F. Haurowitz (5) n'en trouvent aucune trace dans le foie.

### *Or.*

S.-M. Cadwell et G. Leanell (69) dosent cet élément par électrolyse.

### *Plomb.*

Devergie et Hervy, en 1838, notent déjà sa présence régulière dans l'estomac, ensuite Barse, Lavaux et Follin le déclinent dans le foie.

Oldmann (70) dose le plomb dans le foie et la rate et cette présence est confirmée par Meillère (71).

*Silicium.*

Le silicium est dosé par Oidtmann dans le foie: 0,18-0,27 mg. pour 100 gr. de cendres et dans la rate: 0,72 %.

Gorup Besanez remarque que le cerveau est l'organe le plus riche en silicium et il le considère comme étant un élément essentiel du cerveau, hypothèse qui a ensuite été reprise par G. Bertrand (72).

Kall et Kunkel (73) et Hugo Schulz (74) le trouvent dans le pancréas. Ce dernier auteur constate sa présence dans la glande thyroïde (75) et son augmentation dans le goître, sans toutefois en déduire une relation possible entre ce corps et l'apparition du goître.

*Etain.*

L'étain existe normalement dans l'organisme humain et ses proportions n'augmentent pas avec l'âge.

E. Misk (76) le trouve dans le foie à une dose de 0,4675 gr. par kg. de matières sèches; chez le fœtus, cette valeur n'est que de 0,3346-0,599. L'estomac et les reins en contiennent 0,0522 gr., les poumons: 0,6316 gr., et le cerveau: 0,0199 gr. D'après cet auteur, l'organisme aurait autant d'étain que de zinc.

*Titane.*

O. Ress, dans une publication parue en 1835, dit l'avoir rencontré dans les capsules surrénales (31).

G. Bertrand et Mme Voronca-Spirit (33) étendent leurs investigations aux organes et le recherchent dans le foie, le cœur, les poumons, les reins, les muscles et parfois dans le cerveau.

Le foie de cheval, de veau, de porc et de mouton s'est toujours révélé comme étant l'organe le plus riche en titane.

*Zinc.*

Cet élément est déjà noté par Lechartier et Bellamy (77) en 1877, puis F. Raoult et H. Breton (78) le décèlent dans le foie de l'homme (10-16 mg. par kg.), sans y attacher aucune importance physiologique.

Comme nous le disions dans la première partie, C. Delezenne fut le premier à le considérer comme constituant normal des organes, tandis que G. Bertrand et ses collaborateurs spécifient son importance physiologique.

Sinicka Giaya (79) multiplie ces recherches et montre que la dose va en décroissant dans l'ordre des organes suivants: cerveau, poumons, estomac, foie, reins, intestin, cœur et rate.

Suivant les analyses de Delezenne (1), les organes les plus riches en zinc sont: les centres nerveux, le thymus, le pancréas, le foie et le rein.

G. Bertrand montre que dans un même organe les proportions de zinc peuvent subir de grandes variations suivant l'âge (80). Sa concentration se ferait surtout pendant la jeunesse pour diminuer ensuite et reprendre dans la vieillesse. D'après les recherches de cet auteur, les ganglions lymphatiques, les testicules et les glandes mammaires seraient les organes les plus riches en zinc et il attribue son rôle physiologique, en particulier dans les processus de régularisation et de sécrétion interne, à sa grande mobilité dans l'organisme.

Chez l'homme, la prostate est plus riche que les testicules et sa teneur en cet élément dépasse de beaucoup celle des organes déjà cités. Pendant l'activité fonctionnelle, le liquide spermatique et les glandes annexes sont très riches et peuvent atteindre une quantité de 2 gr. de zinc par kg. de matières sèches.

G. Bertrand suppose, avec raison, que le zinc joue un rôle important dans l'organisme et principalement dans les fonctions de reproduction.

Chigiano (81) relève la présence du zinc dans le fœtus humain de sept mois et, en 1926, Lutz (82) étudie la répartition complète de ce métal chez l'homme.

Sa présence est aussi relevée, dans le cerveau, par Bodansky (3); il s'y concentrerait, à l'exemple du cuivre, pendant la vie intra-utérine. Enfin, Cristol remarque que la teneur en zinc d'une tumeur cancéreuse est d'autant plus élevée que l'évolution de celle-ci est plus rapide.

Les expériences, entreprises sur le zinc par G. Bertrand et H. Nakamura (83) et effectuées sur des souris, ont montré que la carence est plus étendue dans le cas du zinc que dans le cas du fer.

---

## CHAPITRE II.

## Résultats expérimentaux.

Les conditions dans lesquelles nous avons opéré étant les mêmes que celles du sang, nous donnons de suite les résultats de quelques-unes des analyses que nous avons faites sur des organes prélevés à l'autopsie quelques heures après la mort et qui ont été reconnus comme non pathologiques. Ces organes ont tous été prélevés à l'Institut d'Anatomie Pathologique de l'Université de Lausanne.

## Foie.

Femme: Age 62 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0	P	4	2534,1 2535,7
Al	2	3092,7 3082,2	Pb	2	2833,2
Cr	1	2677,2 fine	Si	spectre riche en silicium	
Cu	5	3247,7 3274,0	Ti	3	3371,6
Fe	spectre extrêmement riche en Fe		Zn	3	3345,2
Mn	2	2603,8 forte			

Ces cendres sont spécialement riches en phosphore, silicium, fer, plomb, manganèse et surtout en zinc. Le cuivre et l'argent sont très nettement marqués.

Absence de nickel, cobalt et étain.

Femme: Age 28 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0	P	4	2534,1 2535,7
Al	2	3092,7 3082,2	Pb	3	2833,2

Au	1	—	Si	spectre riche
Cr	1	2677,2	Sn	peut-être 2840,1 mais se confond avec la raie forte du Fe
Cu	6	3247,7 3274,0	Sr	1 3351,4
Fe	spectre très riche		Ti	2 3371,6
Mn	3	2605,8	Zn	2 3345,2

Spectre surtout riche en: phosphore, silicium, fer, plomb, manganèse et zinc. Comme précédemment, le cuivre et l'argent sont nettement marqués.

Absence de cobalt et nickel.

#### Homme: Age 30 ans.

Aucune différence avec les deux précédents, sauf pour la raie de l'étain, qui est plus marquée.

En résumé, le **foie** semble contenir comme éléments normaux, en plus du calcium, du sodium, du magnésium, du potassium, l'*argent*, l'*aluminium*, le *chrome*, le *cuire*, le *fer*, le *manganèse*, le *phosphore*, le *plomb*, le *silicium*, le *titane* et le *zinc*, avec des traces d'*or* et de *strontium*. (Voir planche II.)

Quant à l'absence de nickel et cobalt, elle confirme les travaux de Hilde Turnwald et F. Haurowitz (5). Cet organe paraît particulièrement riche en phosphore, silicium, fer, cuivre, plomb, manganèse et zinc.

#### Panréas.

#### Femme: Age 30 ans.

	Nombr3 de raies	Raies ultimes		Nombr3 de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0	P	4	2534,1 2554,3 2535,7 2555,0
Al	2	3082,2 faible Pb 3092,7		2	2833,2
Co	1	3409,3	Sn	1	2840,1 fine
Cu	?		Ti	1	—
Fe	raies fines		Zn	1	3345,2
Ni	1	3414,9			

Ce pancréas contient surtout du phosphore et de l'argent, puis du plomb, du zinc et des traces de nickel, cobalt, étain et aluminium.

Absence de manganèse.

Femme: Age 39 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0	Ni	1	3414,9 2534,1 2554,3
Al	2	3092,7 3082,2	P	4	2535,7 2555,0
Au	1	—	Pb	4	2833,2
Co		3409,3	Sn	1	2840,1 tr. faible
Cr	1	2677,2	Ti	2	—
Cu	?		Zn	2	3345,2
Fe	faibles raies				

Surtout du phosphore, de l'argent, puis du plomb; mais absence de manganèse.

Homme: Age 27 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3382,0	P	4	toutes
Al	2	3092,7 3082,2	Pb	5	2833,2
Co	1	3409,3 très nette	Sn	1	2840,1 tr. faible
Cu	?		Ti	2	—
Fe	faibles raies		Zn	2	3345,2
Ni	3	3414,9			

Surtout riche en: phosphore, argent, plomb et zinc.

Les cendres de pancréas contiennent donc uniformément de l'argent, des traces d'aluminium, du cobalt, du fer, du nickel, du phosphore, du plomb, des traces d'étain et de titane et enfin du zinc.

Les cinq éléments dominants semblent être le nickel, le cobalt, le zinc, le plomb et l'argent.

Sur la planche II, nous avons donné deux spectres de pancréas différents, qui démontrent la similitude qui existe entre eux quant à leur teneur minérale.

### Poumon.

Homme: Age 65 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0 fortes	Pb	3	2833,2
Al	4	3082,2 3092,7 fortes	Si	1	2881,7
Cr	1	2677,2 tr.faible	Sn	3	3262,5 2840,1
Cu	3	3247,7 3274,0	Ti	3	3373,0
Fe	nombreuses	raies du fer	Zn	3	3345,2

Praies bien plus faibles que dans les spectres précédents.

Spectre riche en aluminium, argent, plomb, étain, fer, zinc et cuivre.

Absence de manganèse, cobalt et nickel.

Femme: Age 36 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0	Ga	1	2943,7
Al	4	3092,7 3082,2	P	comme dans le spectre précédent.	
Au	1	—	Pb	3	2833,2
Cr	1	2677,2 tr.faible	Sn	2	2840,1
Cu	3	3247,7 3274,0	Ti	2	3373,0
Fe	nombreuses	raies	Zn	2	3345,2

Riche en fer, aluminium, cuivre et argent et, il semble, en titane. Traces de chrome et absence de manganèse, cobalt et nickel.

Femme: Age 71 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0	Pb	2	2833,2 forte
Al	6	3092,7 3082,2 fortes	Sn	2	3262,5 2840,1 fortes
Cu	3	3247,7 3274,0	Ti	9	3373,0
Fe	nombreuses	raies	Zn	3	3345,2
Ga	1	2943,7			
P	raies un peu plus fortes				

Surtout: aluminium, fer, cuivre, plomb, étain, zinc, titane et toujours absence de manganèse, cobalt et nickel.

Ces trois spectres nous montrent que l'on trouve toujours dans les cendres de poumons de l'argent, de l'aluminium, parfois de l'or et du chrome, du cuivre, du fer, peut-être du gallium, du phosphore, du plomb, du silicium, de l'étain, du titane et du zinc. Au point de vue quantitatif, nous remarquons que cet organe est riche en aluminium, argent, surtout en fer et cuivre, plomb, étain et en titane, tandis que l'on n'y trouve que peu de phosphore, des traces d'or, de chrome et de gallium. (Voir planche III.)

Rein.

Homme: Age 19 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0 tr.faibles	Ni	1	3419,9
Al	3	3292,7 3082,2	P	4	2534,1 2554,3 2535,7 2555,0
Co	1	3405,3	Pb	3	2833,2
Cu	?		Ti	2	—
Fe	nombreuses	raies	Zn	1	3345,2
Mn	1	2605,8			

Riche en phosphore, aluminium, fer, zinc, puis étain et plomb, mais traces faibles de cuivre et d'argent.

Femme: Age 58 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes		
Ag	2	3280,8 3383,0	tr.fabl.	P	4	2534,1 2535,7	2554,3 2555,0
Al	3	3092,7 3082,2		Pb	2	2833,2	
Co	1	3405,3		Sn	3	3262,5 2840,1	
Cr	1	2677,2		Zn	2	3345,2	
Cu							
Fe		nombreuses raies					
Mn	1	2605,8					

Contient surtout du phosphore, du fer, du zinc, du plomb et de l'étain.

Ces deux analyses relèvent la présence dans le rein de traces d'argent, de l'aluminium, du cobalt, du chrome, du fer, du manganèse, du phosphore, du plomb, de l'étain, peut-être du titane et enfin du zinc. L'aluminium, le phosphore, le fer, le plomb, l'étain et le zinc semblent s'y concentrer, tandis que le cuivre et l'argent sont à peine observables.

(Voir planche III.)

*Cerveau.*

Homme: Age 24 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes	
Ag	2	3080,8 3383,0	P	4	2534,1 2535,7	2554,3 2535,0
Al	2	3082,2 3092,7	Pb	4	2833,2 forte	
Co	1	3405,3	Sn	5	3262,5 2840,1	fortes
Cr	1	2677,2	Ti	1	—	
Cu	2	3247,7 3274,0	Zn	1	3345,2	
Fe	nombreuses raies					
Ni	1	3414,9				

Ce spectre est riche en phosphore, en fer, en étain et en plomb, mais absence de manganèse.

Homme: Age 75 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes	
Ag	2	3280,8 3383,0	Pb	2	2833,2 forte	
Al	2	3092,7 3082,2	Sn	5	3262,5 2840,1	
Co	1	3405,3	Ti	2	—	
Cr	2	2677,2	Zn	2	3345,2	
Cu	2	3247,7 3274,0	faibles			
Fe	nombreuses raies					
Ni	1	3414,9				

Les éléments principaux sont: le phosphore, le fer, l'étain et le plomb.

Femme: Age 28 ans.

Ce spectre contient les mêmes corps que les deux précédents, avec un peu moins de plomb, mais un peu plus d'argent.

En résumé, nous trouvons régulièrement dans le cerveau une petite quantité d'*argent*, de l'*aluminium*, du *cobalt*, du *chrome*, du *cuivre*, du *fer*, du *nickel*, du *phosphore*, du *plomb*, de l'*étain*, du *titane* et du *zinc*, mais pas de *manganèse*. Les éléments principaux semblent être le phosphore, le fer, l'étain et le plomb.

(Voir planche III.)

### *Rate.*

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0 faibles	P	4	très fortes
Al	3	3092,7 3082,2	Pb	3	2833,2
Co	1	3405,3	Sn	5	3262,5 2840,1 fortes
Cr	1	2677,2 ass. forte	Ti	2	—
Cu	?				
Fe	très riche en fer		Zn	2	3345,2

La *rate* contient donc de l'*argent*, de l'*aluminium*, du *cobalt*, du *chrome*, peut-être du *cuivre*, du *phosphore*, du *plomb*, de l'*étain*, sans doute du *titane* et enfin du *zinc*. Elle se montre d'autre part très riche en phosphore, fer, étain et plomb et pauvre en cuivre et argent.

(Voir planche IV.)

### *Cœur.*

#### Homme: Age 19 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0 tr. faibles	P	4	2534,1 2554,3 2535,7 2555,0 très faibles
Al	4	3092,7 3082,2 fortes	Pb	1	2833,2
Cr	1	2677,2	Sn	4	3262,5 2840,1
Cu	3	3247,7 3274,0 fortes	Zn	2	3345,2 faible
Fe	nombreuses	raies			

Ce spectre est surtout riche en : phosphore, aluminium, fer, cuivre, puis plomb et étain.

Absence de cobalt, nickel, manganèse et titane.

Femme: Age 39 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0	P	4	très fortes
Al	3	3092,7 3082,2	Pb	4	2833,2 forte
Cr	1	2677,2	Sn	4	3262,5 2840,1
Cu	3	3247,7 fortes 3274,0	Ti	3	—
Fe	nombreuses raies		Zn	2	3345,2

Surtout: phosphore, cuivre, aluminium et plomb.

En résumé, les cendres de cœur contiennent régulièrement de l'argent, de l'aluminium, du chrome, du cuivre, du fer, du phosphore, du plomb, de l'étain, un peu de titane et du zinc. L'argent est en très faible quantité, tandis que le cuivre, l'aluminium, le fer et le plomb sont en assez fortes proportions. (Voir planche IV.)

### Testicules.

Age : 48 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0 moyenn.	P	4	2534,1 2554,3 2535,7 2555,0
Al	2	3092,7 faibles 3082,2	Pb	3	2833,2
Co	1	3405,3	Sn	4	3262,5 2840,1
Cu	2	3247,7 3274,0	Ti	3	—
Fe	raies plus faibles que dans les autres organes	Zn	2	3345,2 ass. forte	
Ni	1	3414,9 tr. faibl.			

Contient surtout du phosphore, zinc, cuivre, plomb, étain.  
Absence de manganèse.

Age: 21 ans.

	Nombre de raies	Raies utimes		Nombre de raies	Raies utimes
Ag	2	3280,8 3383,0 moyenn.	P	4	fortes
Al	2	3092,7 3082,2	Pb	4	2833,2
Co	1	3405,3	Sn	10	3262,5 2840,1 tr.faibles
Cr	1	2677,2	Ti	4	3200,1
Cu	3	3247,7 3274,0	Zn	3	3345,2
Fe	comme précédemment.				
Ni	1	3414,9			

Surtout: phosphore, étain, zinc et plomb.

Age: 71 ans.

Ce spectre contient surtout les éléments suivants: phosphore, étain, plomb et zinc.

Ces trois analyses d'organes nous montrent que les testicules contiennent invariablement les éléments minéraux suivants: un peu d'*argent*, des traces d'*aluminium*, de *cobalt* et de *chrome*, du *cuivre*, du *fer*, des traces de *nickel*, du *phosphore*, du *plomb*, de l'*étain*, du *titane* et du *zinc*.

Au point de vue quantitatif, les éléments dominants semblent être: le phosphore, le zinc, le plomb et l'étain.

(Voir planche V.)

*Utérus.*

Age: 21 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0 fortes	P	4	fortes
Al	2	3092,7 3082,2	Pb	3	2833,2
Cr	1	2677,2	Sn	4	3262,5 2840,1
Cu	3	3247,7 3274,0	Ti	3	—
Fe	raies d'intensité moyenne	Zn		3	3345,2 forte

Ces cendres sont spécialement riches en: phosphore, argent et zinc.

Age: 28 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0 fortes	P	4	fortes
Al	3	3092,7 3082,2	Pb	2	2833,2 forte
Cu	2	3247,7 3274,0 faibles	Sn	4	3262,5 2840,1
Fe	spectre riche		Ti	4	3200,1
			Zn	3	3345,2 forte

Ce spectre contient surtout: phosphore, argent, zinc et plomb.

L'utérus est un organe qui, en plus de l'aluminium, du cuivre, du phosphore, de l'étain et du titane, contient une forte proportion d'argent, de fer, de plomb et de zinc, comme nous avons pu nous en rendre compte par les cinq organes étudiés. Absence de cobalt, nickel et manganèse.

(Voir planche V.)

*Ovaires.*

Age: 32 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3283,0	Ni	1	3414,9
Al	3	3092,7 3082,2	P	4	fortes
Co	1	3405,3	Pb	2	2833,2
Cr	1	2677,2	Sn	3	2840,1
Cu	3	3247,7 3274,0	Ti	2	—
Fe	raies plutôt faibles		Zn	3	3345,2

Principalement du phosphore, de l'argent, du cuivre et du zinc.

Age: 36 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes	
Ag	2	3280,8 3383,0	fortes	P	4	fortes
Al	3	3092,7 3082,2	moyenn.	Pb	3	2833,2 forte
Co	1	3405,3		Sn	4	3262,3 2840,1 fortés
Cr	1	2677,2		Zn	4	3345,2 forte
Cu	3	3247,7 3274,0	moyenn.			
Fe	spectre très riche					
Ni	1	3414,9 tr.	faible			

Riche en argent, phosphore, fer, étain et zinc.

Les constituants des ovaires sont donc les mêmes que ceux de l'utérus avec les mêmes proportions de zinc, d'argent, de plomb et un peu plus d'étain.

(Voir planche V.)

*Muscle.*

Homme: Age 24 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes	
Ag	2	3280,8 3383,0	fortes	Ni	1	3414,9
Al	4	3092,7 3082,2		P	4	fortes
Au	1	—		Pb	3	2833,2 forte
Co	1	3405,3		Sn	3	3262,5 2840,1
Cr	1	2677,2		Ti	3	—
Cu	?			Zn	5	3345,2 forte
Fe	spectre riche en fer					

Ces cendres sont riches en phosphore, zinc, argent, plomb et étain. Absence de manganèse et sans doute de cuivre.

Homme: Age 48 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes		
Ag	2	3280,8 3383,0		Ni	1		
Al	3	3092,7 3082,2		P	4	fortes	
Co	1	3405,3		Pb	3	2833,2	
Cr	1	2677,2		Sn	5	3262,5 2840,1	
Cu	?			Ti	1	—	
Fe	spectre riche						
					Zn	5	3345,2 forte

Surtout: phosphore, zinc et plomb.

Les cendres de muscle, que nous avons étudiées, ont toujours donné les raies ultimes des éléments suivants:

Argent, aluminium, cobalt, chrome, fer, nickel (?), phosphore, plomb, étain, peut-être titane et zinc.

Les corps principaux semblent être: le phosphore, le zinc, le plomb, l'étain et l'argent. Le cuivre, par contre, ne paraît pas être un élément normal du muscle, ainsi que le manganèse, que nous n'avons pas décelé. (Voir planche VI.)

*Capsules surrénales.*

Homme: Age 87 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes	
Ag	2	3383,0 3280,8	fortes P	4	2534,1 2535,7	2554,3 2555,0
Al	3	3092,7 3082,2	fortes Pb	6	2833,2 forte	
Co	2	3405,3	Sn	4	3262,5 2840,1 ass. fortes	
Cr	1	2677,2	Ti	2	3200,1	
Cu	2	3247,7 3274,0	Zn	4	3345,2	
Fe	spectre riche en fer					
Ni	1	3414,9				

Spectre surtout riche en phosphore, fer, aluminium, zinc, argent, plomb et en étain.

Femme: Age 48 ans.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0	Ni	1	3414,9
Al	3	3092,7 3082,2	P	4	un peu moins fortes
Co	1	3405,3	Pb	5	2833,2
Cr	1	2677,2	Sn	6	3262,5 2840,1 fortes
Cu	3	3247,7 3274,0	Ti	3	—
Fe	nombreuses raies				
		Zn	3	3345,2	

Surtout du phosphore, de l'aluminium, du fer, du zinc, de l'étain, du plomb et de l'argent.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0	Ni	1	3414,9
Al	3	3092,7 3082,2	P	4	forte
Co	1	3405,3	Pb	4	2833,2
Cr	1	2677,2	Sn	5	3262,5 2840,1
Cu	3	3247,7 3274,0	Ti	1	—
Fe spectre moins riche que Zn les précédents			Zn	3	3345,2

Spectre riche en phosphore, fer, étain, aluminium, plomb et argent.

En résumé, les éléments normaux des **capsules surrénales** sont: l'*argent*, l'*aluminium*, le *cobalt*, le *chrome*, le *cuivre*, le *fer*, le *nickel*, le *phosphore*, le *plomb*, l'*étain*, sans doute le *titane* et le *zinc*. Les éléments dominants semblent être: le phosphore, le fer, l'aluminium, l'argent, l'étain, le plomb et le zinc. (Voir planche VI.)

### Thyroïde.

	Nombre de raies	Raies ultimes		Nombre de raies	Raies ultimes
Ag	2	3280,8 3383,0 fortées	P	4	raies fortes
Al	3	3092,7 3082,2	Pb	3	2833,2 tr. forte
Cr	1	2677,2 tr. nette	Sn	6	3262,5 tr. forte
Cu	un peu		Ti	3	3271,6
Fe	peu riche en cet élément.	Zn		4	3345,2 tr. forte

Les éléments minéraux se trouvant dans les cendres de la **thyroïde** sont: l'*argent*, l'*aluminium*, le *chrome*, un peu de *cuivre*, du *fer*, du *phosphore*, du *plomb*, l'*étain*, le *titane* et le *zinc*.

Cette glande est particulièrement riche en : phosphore, zinc, étain, plomb, argent et peut-être chrome.

(Voir planche VI.)

## CONCLUSION

Ces recherches ont eu pour but de déterminer, au moyen du spectrographe, les corps contenus en très faible quantité dans le sang et les organes humains et autres que le calcium, le potassium, le sodium et le magnésium, dont la présence constante a fait l'objet de nombreux travaux.

Les sanguins et les organes humains, que nous avons étudiés, nous ont montré que l'on pouvait considérer comme éléments normaux de l'organisme les corps suivants:

L'argent, l'aluminium, le cobalt, le chrome, le cuivre, le fer, le manganèse, le nickel, le phosphore, le plomb, le silicium, l'étain, le titane et le zinc. Le bore n'a pu être décelé, bien qu'il soit un constituant normal, car il ne donne aucune raie sensible dans la région spectrale étudiée.

Comme il fallait s'y attendre, nous avons rencontré dans les organes les mêmes éléments que ceux trouvés dans le sang, mais avec des variations assez notables dans leur teneur, ce qui nous a permis d'établir une grossière localisation à laquelle nous n'attachons cependant qu'une importance *très relative*.

Le cobalt, le nickel et le manganèse, qui sont très visibles dans le spectre de sang, le sont à peine dans les organes et en particulier pour le manganèse, dont nous n'avons relevé la présence que deux fois.

L'argent se trouve surtout concentré dans l'utérus, les ovaires, la thyroïde, puis dans le pancréas, les capsules surrénales, les testicules, le muscle, le foie, le cerveau. Par contre, on n'en trouve que des traces dans le cœur, la rate et le rein.

L'aluminium est un des éléments dominants des poumons, du rein, du cœur et des capsules surrénales; on le rencontre aussi dans le foie, le cerveau, la rate, l'utérus, les ovaires, le muscle, la thyroïde et des traces dans les testicules et le pancréas.

Le cobalt a été décelé avec peine. Il est cependant à une forte dose dans le pancréas, puis à une faible dose dans le cerveau, la rate, les testicules, les ovaires, le muscle, les capsules surrénales, la thyroïde et comme traces dans le rein.

Le chrome se trouve surtout dans la thyroïde et la rate, puis dans le foie, le rein, le cerveau, le cœur et les capsules surrénales. Les testicules, l'utérus, les ovaires, le muscle, le pancréas et le poumon n'en contiennent que des traces. Mal-

gré cette localisation, il ne faut pas oublier qu'il est réparti en très petite quantité dans les organes, puisque nous n'avons toujours trouvé que sa raie ultime.

Le *cuivre* est très répandu dans l'organisme et se trouve à une dose assez élevée dans les poumons, le foie, le cœur, ainsi que dans le cerveau, en petite quantité dans les ovaires, les testicules, l'utérus et en traces dans la thyroïde, les capsules surrénales, le pancréas et peut-être dans le rein et la rate.

Le *fer* est évidemment l'élément principal de l'organisme. On le trouve partout, toutefois il semble se concentrer dans la rate, ce qui confirme le rôle de celle-ci, le foie, les poumons et le muscle. Il se trouve aussi dans le rein, le cerveau, le cœur, les capsules surrénales, puis dans le pancréas, l'utérus et faiblement dans les testicules, les ovaires et la thyroïde.

Contrairement à ce que l'on pouvait prévoir, nous n'avons pu déceler le *manganèse* que dans le foie, qui est l'organe le plus riche, et dans le rein.

Le *nickel* se concentre dans le pancréas, ce qui confirme les travaux de Bertrand; on en rencontre dans le cerveau et des traces dans le rein, les testicules, le muscle et les capsules surrénales.

Le *phosphore* est, avec le fer, l'élément dominant de la matière vivante et, en particulier, de la rate, du rein, du cerveau, du cœur, puis des testicules, de l'utérus, des ovaires; enfin du pancréas et du muscle. Le poumon, par contre, n'en contient qu'une très faible quantité.

Le *plomb*. — Le pancréas, le foie et la thyroïde se sont montrés comme étant les organes les plus riches en plomb. Il se trouve aussi dans le poumon, le rein, le cerveau, le cœur, les testicules, le muscle, puis dans la rate, l'utérus et les ovaires.

L'*étain* est l'élément principal du cerveau, de la rate et de la thyroïde. Le foie, les testicules, les ovaires et le muscle en ont une dose assez élevée, enfin on le trouve aussi dans le pancréas, le rein, le cœur, l'utérus et les capsules surrénales.

Quoique à des doses très faibles, le *titane* est uniformément réparti dans l'organisme; il semble se concentrer dans le poumon; on en trouve des traces dans le pancréas, le rein, le cerveau, la rate, le cœur, les testicules, l'utérus, les ovaires, le muscle, les capsules surrénales et la thyroïde.

Le zinc, enfin, se concentre surtout dans les organes génitaux: utérus, ovaires, testicules, et dans la thyroïde. Le foie, le pancréas, le rein, le muscle et les capsules surrénales en contiennent des proportions notables, tandis que les poumons et le cerveau n'en contiennent qu'une très petite quantité. Dans le cœur, on n'en peut déceler que des traces.

Ce tableau nous montre que ces divers éléments se trouvent uniformément répartis dans l'organisme et non irrégulièrement comme il ressort des publications faites jusqu'à nos jours. D'autre part, nous ajoutons que c'est la première fois, à notre connaissance, que l'argent, le chrome, le titane et peut-être le germanium, sont cités comme éléments normaux.

« La chimie des êtres organisés est encore si peu étudiée, dit Vernadsky (81), qu'on peut toujours s'attendre à des découvertes nouvelles: c'est ainsi, par exemple, que ce n'est que récemment qu'on a trouvé des organismes strontianifères, barifères, phosphorifères, d'autres riches en magnésium ou en zinc.» Peut-être la biologie pourra-t-elle en dire autant de chacun des organes qui composent le corps humain et expliquer la relation qui existe entre la présence de certains corps dans un organe et sa fonction physiologique. Cette hypothèse semble vouloir se vérifier depuis les travaux de G. Bertrand sur le rôle du nickel et du cobalt ajoutés à l'insuline.

Depuis ces dernières années, de nombreux travaux ont été effectués sur le rôle physiologique de ces divers éléments métalliques et en particulier sur leur rôle dans les phénomènes de la nutrition. Benzon (87) montre qu'il y a proportionnalité entre le zinc et la vitamine B et Mac Hargue (88) entre le cuivre et la vitamine A. L'huile de foie de morue, en effet, qui est très riche en vitamine A, l'est aussi en cuivre; il en est de même de certaines glandes.

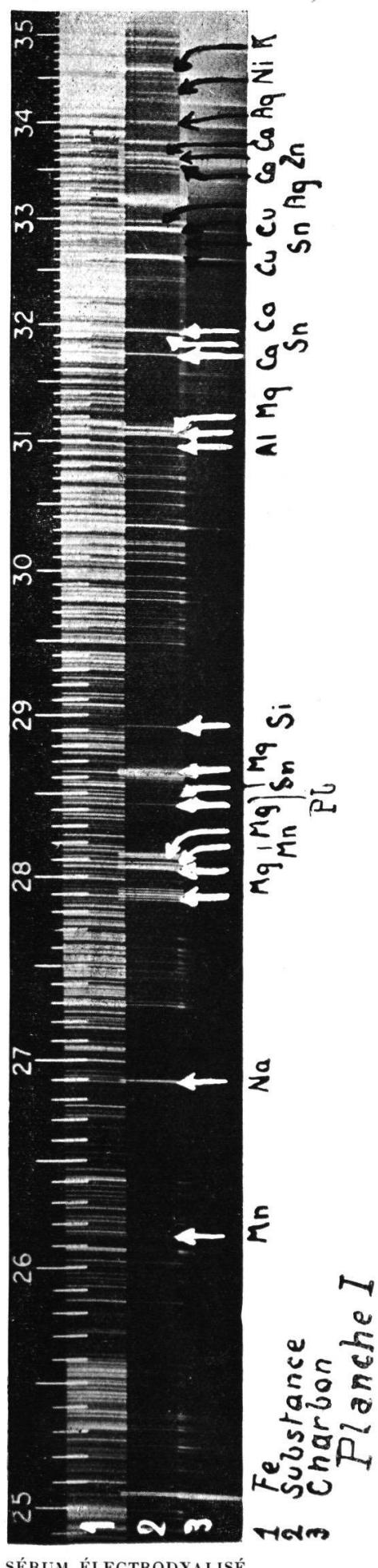
Il y a quelques mois, des auteurs américains établirent le rôle important du cuivre additionné au fer dans la guérison de l'anémie de nutrition (89).

Des travaux ultérieurs montreront certainement que chaque ion métallique de l'organisme, comme le titane et l'argent qui n'ont pas encore été décelés, a un rôle spécifique et de toute importance dans le jeu des processus vitaux.

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) C. DELEZENNE. Thèse Fac. des Sc. Paris 1919. *Ann. Inst. Pasteur* 33 (février 1919).
- (2) G. URBAIN. *C. R.* 168 p. 513.
- (3) NORMAN C. WRIGHT. *Science* (18 janvier 1929).
- (4) LOUIS KAHLENBERG, JOHN O. CLOSS. *Science* (février 1929) p. 186.
- (5) HILDE TURNWALD et FÉLIX HAUROWITZ. *Ztschr. f. physiol. Chem.* 181 p. 176-181.
- (6) ED. BAYLE, R. FABRE et H. GEORGE. *Bull. Soc. chim. biol.* 7 p. 1168 (1925).
- (7) MALAGUTI, DUROCHEZ et SARZEAUD. *C. R.* 29 p. 780.
- (8) H. JAY. *Bull. Soc. chim.* 15 p. 33 (1896).
- (9) G. BERTRAND et H. AGULHON. *Bull. Soc. chim.* 13 p. 395-397.
- (10) G. BERTRAND et M. MACHEBOEUF. *Bull. Soc. chim.* 37 p. 934.
- (11) M. MACHEBOEUF. *Bull. Soc. chim.* 39 p. 942.
- (12) OTTO WARBURG. *Bioch. Ztschr.* 187 p. 255-271.
- (13) R. SCHÖNHEIMER et F. OSHIMA. *Ztschr. f. physiol. Chem.* 180 p. 249-251 (1929).
- (14) C. A. ELVENHEM, H. STEENBOCK et E. B. HART. *Journ. of biol. Chem.* 83 p. 21-28.
- (15) C. B ZENDA. *Biochimica e tier. exper.* 10 p. 390-402.
- (16) R. W. TITUS et J. S. HUGHES. *Journ. of Biol. Chem.* 83 p. 463-467 (1929).
- (17) BUNSEN et KIRCHHOFF. *Ann. Chim. et Phys.* 67 p. 118.
- (18) FOLWASZNY. *Ann. Chim. et Phys.* 62, p. 463.
- (19) DESGREZ et J. MEUNIER. *C. R.* 176 p. 608 (1923).
- (20) WÜRZER. *Schweigger's Journ. d. Chem. Phys.* 58 p. 481.
- (21) HANNON. *Journ. Pharm. Chim.* 16 p. 41 (1849).
- (22) RICHE. *Bull. Acad. Méd.* 1877 p. 1240.
- (23) E. MAUMENÉ. *C. R.* 98 p. 1416.
- (23) G. BERTRAND et M. JAVILLIERS. *Ann. Inst. Pasteur* 26 p. 291 (1912).
- (24) G. BERTRAND et F. MÉDIGRÉCEANU. *Bull. Soc. Chim.* 11 p. 665 (1912).  
G. BERTRAND et R. VLADESCO      »      »      » 29-30 p. 965 (1921).  
G. BERTRAND et M. ROSENBLATT      »      »      » 31-32 p. 125 (1922).
- (25) G. BERTRAND. *C. R.* 124 p. 1355 (1897).
- (26) CLARENCE K. REIMANN et ANNIE S. MINOT. *Journ. of biol. Chem.* 42. p. 329-345.
- (27) A. KEILHOLZ. *Pharm. Weekblad*, 58 p. 1482-95 (1921).
- (28) R. W. TITUS et H. W. CAVE. *Science* 68 p. 410 (1925).
- (29) EMIL ABDERHALDEN. *Ztschr. f. physiol. Chem.* 176. p. 95-100.
- (30) G. BERTRAND et M. MACHEBOEUF. *Bull. Soc. Chim.* 39 p. 444.
- (31) RAGNAR BERG. *Bioch. Ztschr.* 98 p. 422-427.
- (32) HENNEBERG et WILSON d'après STRZYZOWSKI « Sur une périodicité des poids atomiques des éléments principaux constituant l'organisme des êtres supérieurs » p. 4. Masson, Paris 1923.
- (33) RESS. *Journ. f. prakt. Chem.* 5 p. 134 (1835).
- (34) MARCHAND. *Journ. f. prakt. Chem.* 16 p. 378 (1839).
- (35) G. BERTRAND et Mme VORONCA-SPIRT. *C. R.* 189 p. 221 (1929).
- (36) RAGNAR BERG. *Bioch. Ztschr.* 153 p. 461-62.
- (37) LECHARTIER et F. BELLAMY. *C. R.* 84 p. 687 (1877).
- (38) P. CRISTOL. *Bull. Soc. Chim. biol.* 4 p. 23-40 (1923).
- (39) G. URBAIN. « Introduction à l'étude de la Spectrochimie », Hermann, Paris 1911.
- (40) JACQUES BARDET. « Atlas des spectres d'arc », G. Doin, Paris (1926).
- (41) EXNER et HASCHEK. « Die Spektren der Elemente bei normalem Druck », F. Denticke, Leipzig.
- (42) BIERRY et Mlle MOQUET. *C. R. Soc. biol.* 84 p. 330.
- (43) BIERRY et VIVARIO. *C. R. Soc. biol.* 89 p. 13 (1923).

- (44) J. BARDET. Thèse Fac. Sc. Paris (1914).
- (45) EMIL ABDERHALDEN et PAUL MÖLLER. *Ztschr. f. physiol. Chem.* 176 p. 95-100.
- (46) G. BERTRAND et H. AGULHON. *C. R.* 155 p. 248.
- (47) GIUSEPPE MOSCATI. *Arch. di science biol.* 3 p. 279-288.
- (48) G. BERTRAND et MACHEBOEUF. *Bull. Soc. Chim.* 39 p. 444.
- (49) BERGERON et L'HOTE. *C. R.* 80 p. 268 (1874).
- (50) K. B. LEHMANN. « Hygienische Studien über Kupfer ». *Ann. Hyg.* 24 p. 85.
- (51) MEYER BODANSKY. *Journ. of biol. Chem.* 48 p. 361-364.
- (52) C. B. ZENDA. *An di ottalmol* 31 p. 97-107 ou *Ber. Ges. Physiol.* 28 p. 332-333 (1914).
- (53) A. KEILHOLZ. *Pharm. Weekblad* 58 p. 1482-1495.
- (54) L. VANITALL et J. J. VAN ECH. *Ann. de Pharm.* 251 p. 50-55.
- (55) B. STOWTZOFF. « Ueber die Bindung des Kupfers durch die Leber ». *Hofm. Beitr.* II 307-311.
- (58) H. SOLLBERGER. *Bioch. Ztschr.* 55 p. 13-49.
- (59) L. ASHER et W. VOGEL. *Bioch. Ztschr.* 43 p. 386-409.
- (60) K. NAKAYAMA. *Bioch. Ztschr.* 151 p. 119-132.
- (61) L. LAPICQUE. *C. R. Soc. biol.* 47 p. 39.
- (62) J. G. « Zur chemischen Zusammensetzung menschlicher Organe in einigen pathologischen Zuständen ». Diss. Freiburg, 1884.
- (63) ZALSKI. « Zur Pathologie des Zuckerharns u. zum Eisenfrage ». *Virch. Arch.* 104.
- (64) ERICH HERMANN. *Pflüg. Berich.* 109 p. 26-50.
- (65) G. BERTRAND et T. MÉDIGRÉCEANU. *Bull. Soc. Chim.* 11 p. 857.
- (66) LÜNING. « Die anorganischen Bestandteile des Pankreas ». Diss. Würzburg (1899) p. 26.
- (67) G. BERTRAND et M. MACHEBOEUF. *Bull. Soc. Chim.* 37 p. 934.
- (68) G. BERTRAND et M. MACHEBOEUF. *C. R.* 182 p. 1504 (1926).
- (69) CADWELL et G. LEANEL. *Amer. chem. Soc.* 41 p. 1-12.
- (70) Voir GORUP BESANEZ II 224 (1880).
- (71) G. MEILLÈRE. *C. R. Soc. biol.* 55 p. 517-518.
- (72) G. BERTRAND. *Bull. Soc. chim. biol.* 6 p. 656-658 (1924).
- (73) KALL et KUNKEL. « Ueber das Vorkommen von Kieselsäure im menschlichen Organismus ». *Sitz. Ber. Phys. med. Ges. Würzbourg* (1898).
- (74) HUGO SCHULZ. *Bioch. Ztschr.* 70 p. 464-480.
- (75) HUGO SCHULZ. *Bioch. Ztschr.* 47 p. 376-391.
- (76) EMIL MISK. *C. R.* 176 p. 138.
- (77) G. LECHARTIER et F. BELLAMY. *C. R.* 84 p. 687.
- (78) F. RAOULT et H. BRETON. *C. R.* 885 p. 40.
- (79) SINICKA GIAYA. *C. R.* 170 p. 909 (1920).
- (80) G. BERTRAND. *Bull. Soc. chim.* 29 p. 53.
- (81) VLADESCO. Thèse Fac. Sc. Paris (1921).
- (83) G. BERTRAND et NAKAMURA. *Bull. Soc. chim. biol.* 7 p. 833-842.
- (84) P. CRISTOL. *Bull. Soc. chim. biol.* 4 p. 23-40.
- (85) VERNADSKY. *Géochimie* p. 297.
- (86) W. E. DIXON et J. HOYLE. *Journ. Pharm. exp. Therapeutics* 35
- (87) B. BENZON. Thèse Paris (1923).
- (88) MC HARGUE. *Journ. Agric. Research.* 30 p. 193 (1925).  
» *Amer. Journ. of Physiol.* 72 p. 583 (1925).
- (89) WADDELL, H. STEENBOCK, C. A. ELVENHEM, E. B. HART.  
*Journ. of Biol. Chem.* 72 p. 299-320 (1927).  
» » » 83 p. 244-250 (1929).  
» » » 83 p. 251-268 (1929).  
» » » 84 p. 115 (1929)
-



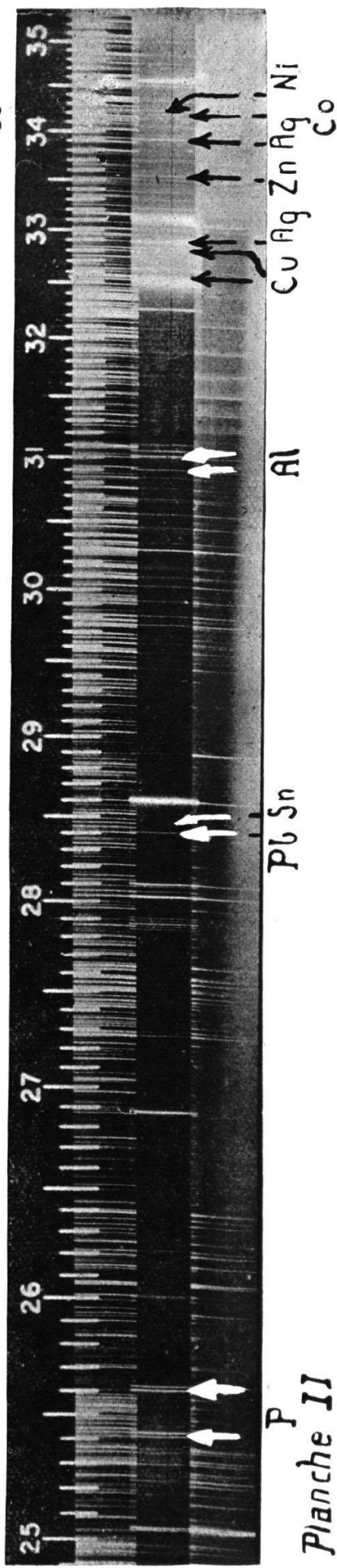
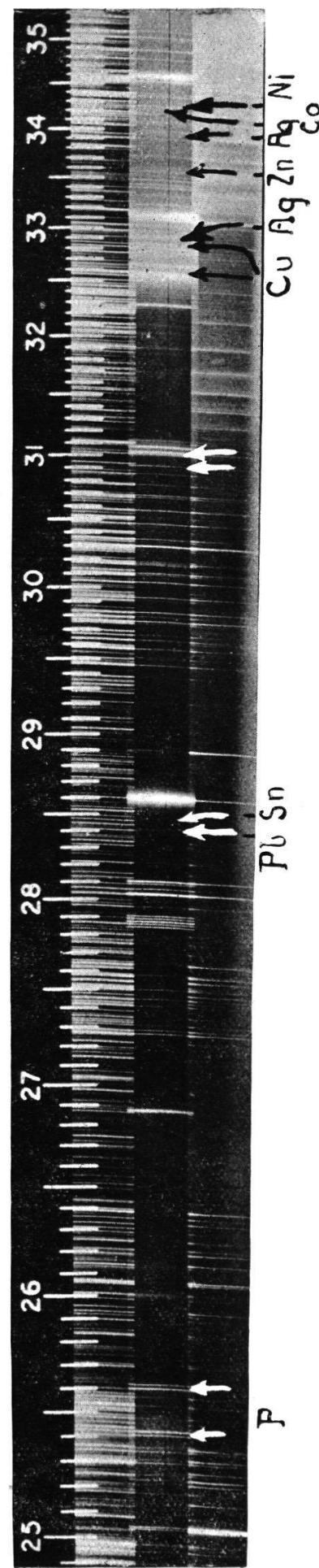
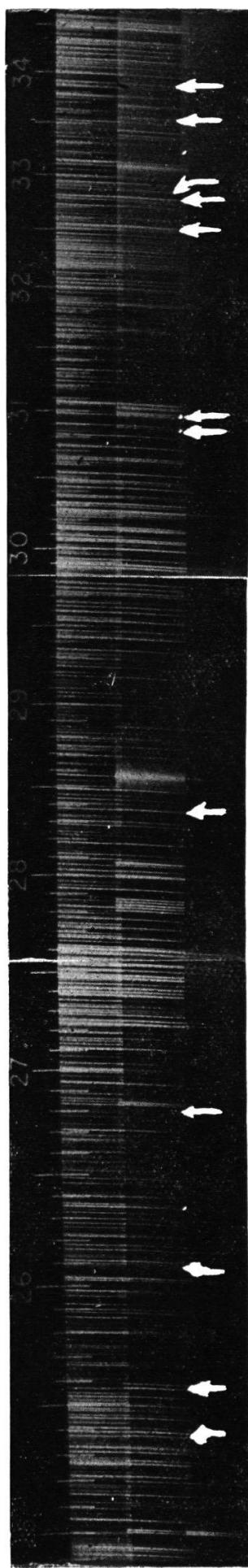


Planche II

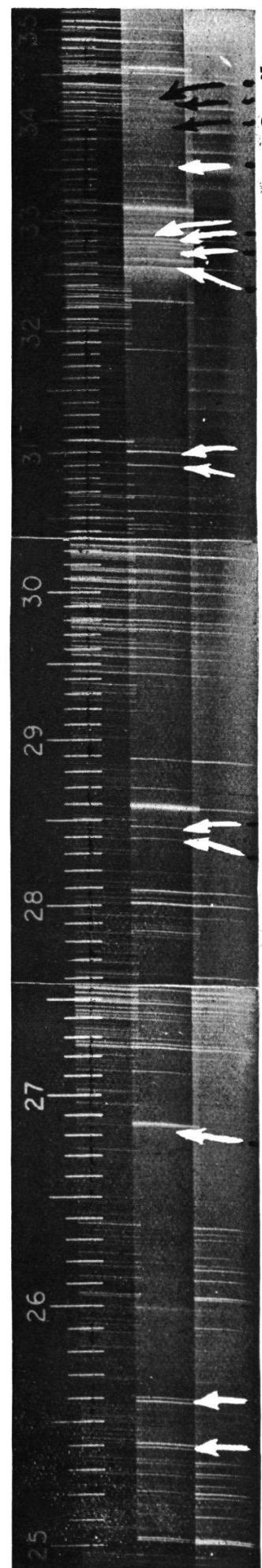
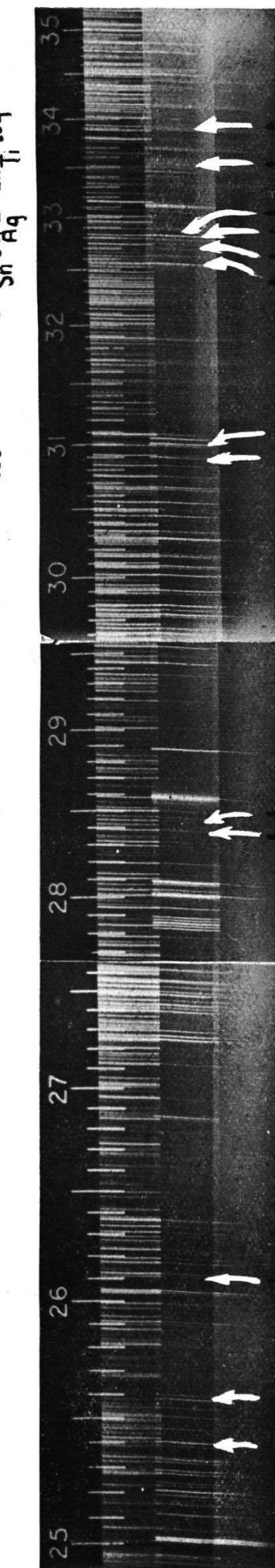
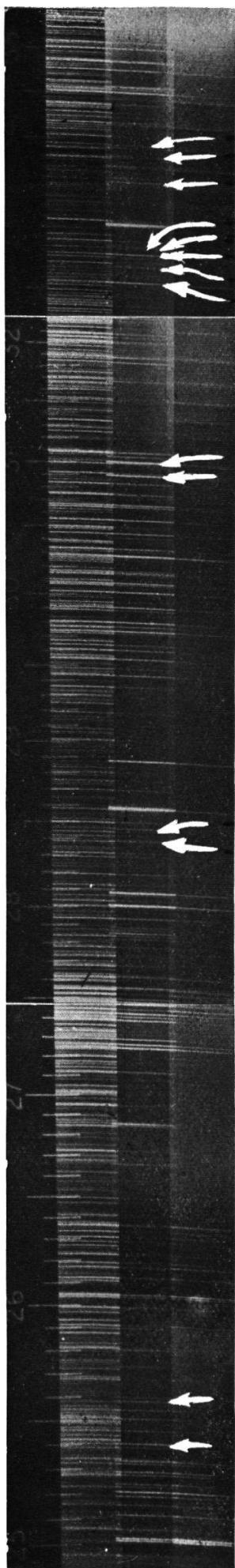


Planche III

Cr

Pb Sn

Al

Cu Sn Ag Zn Ag Ni  
Co

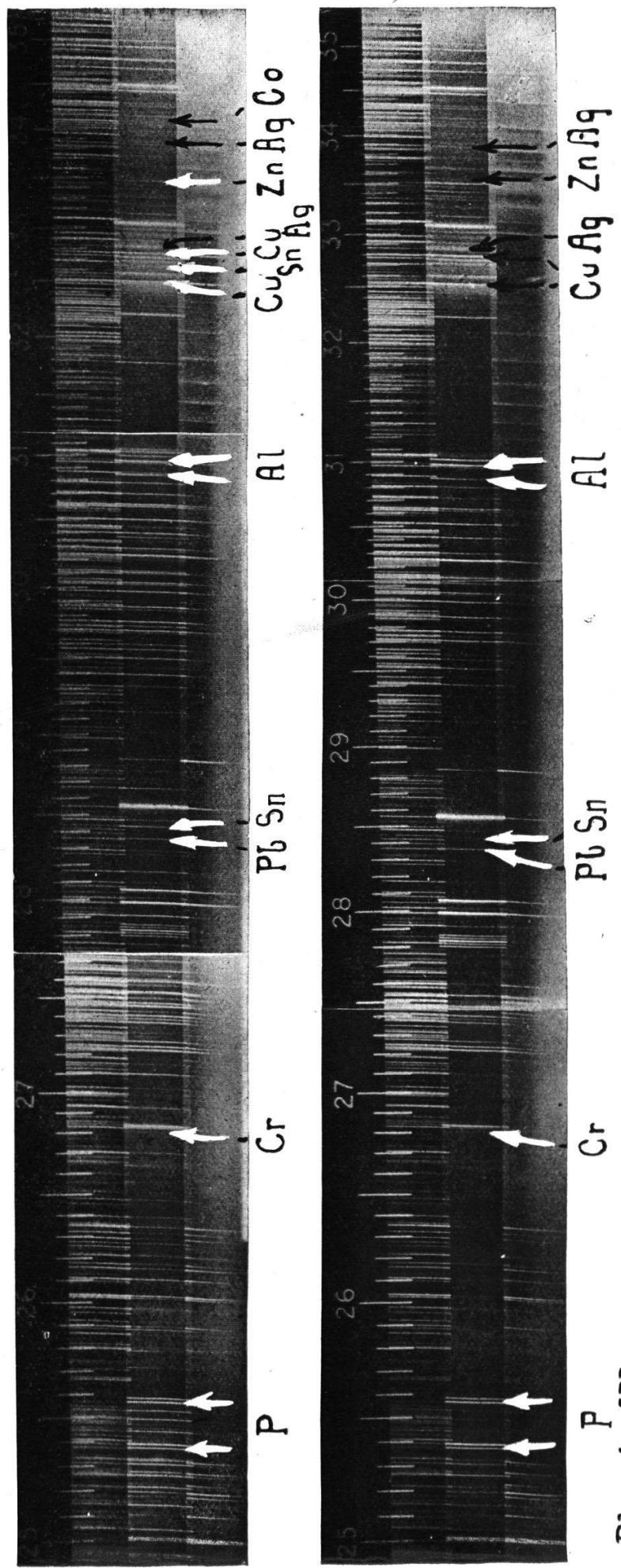


Planche IV

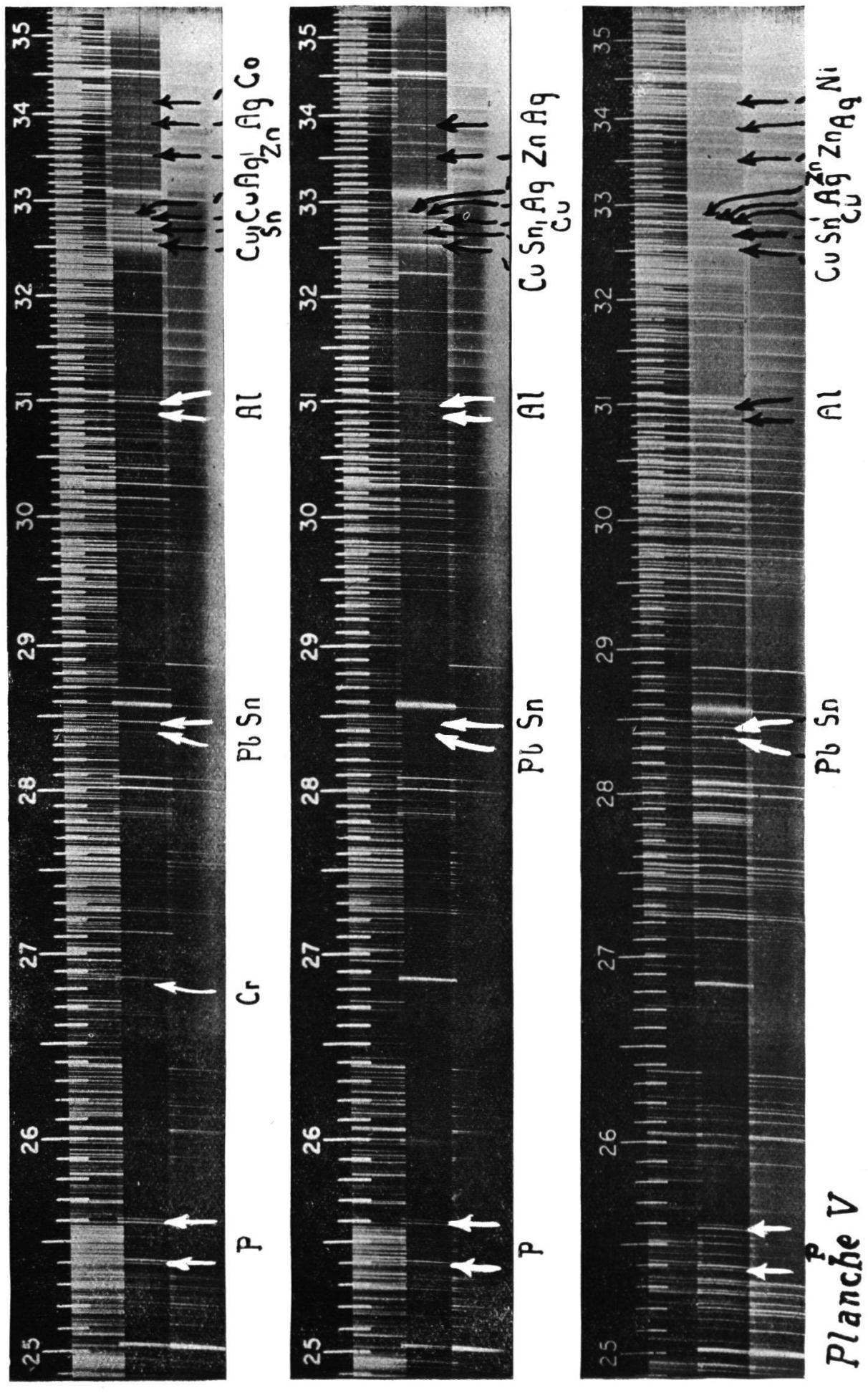
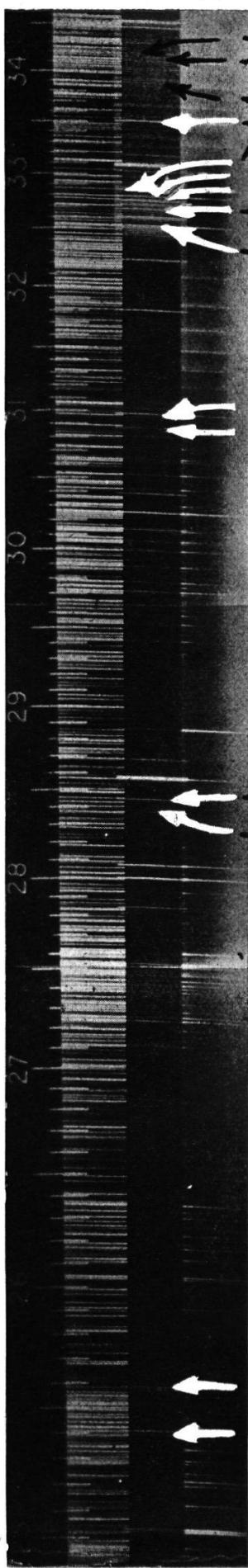


Planche V

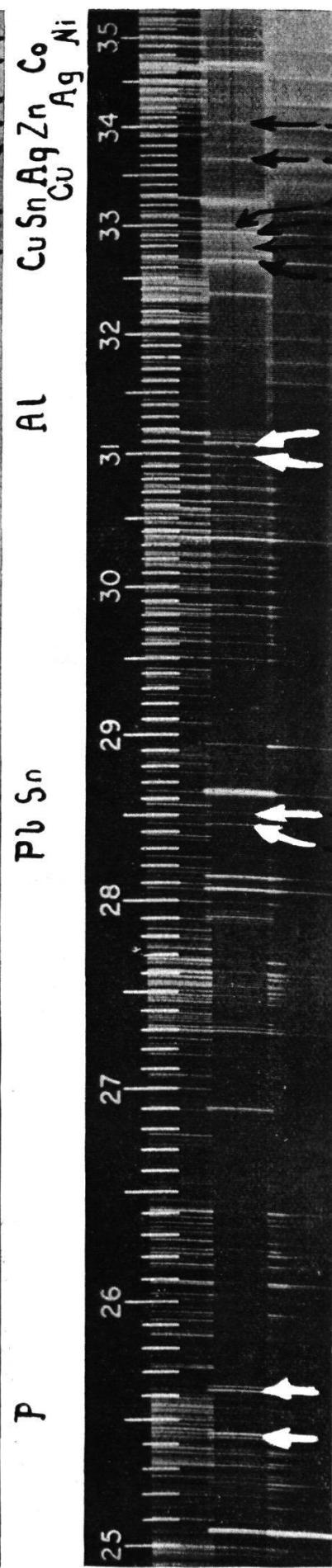
TESTICULE

UTÉRUS

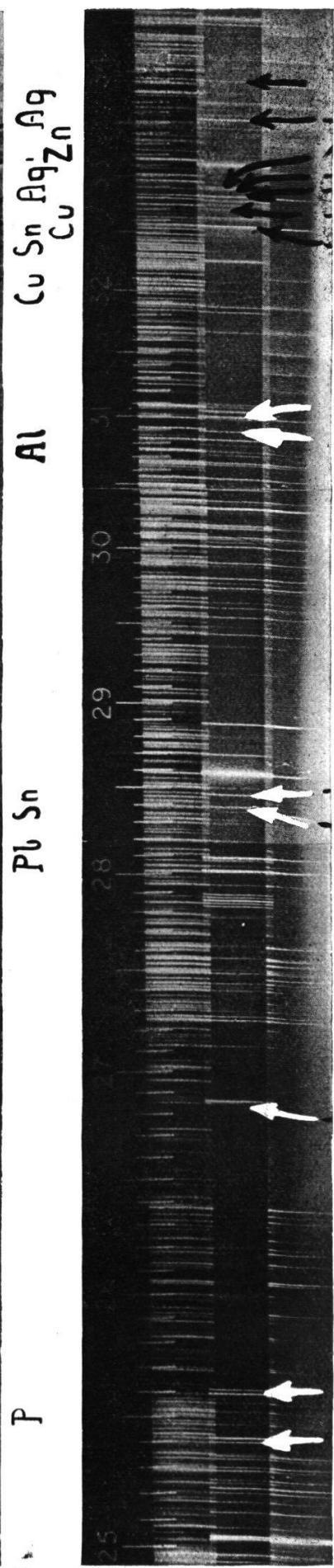
OVAIRE



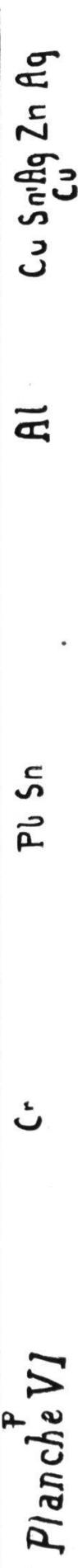
MUSCLE



CAPSULES SURRENALES



THYROÏDE



<sup>P</sup> Planche VI