



Thèse

1899

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

Recherches expérimentales sur la digestion artificielle de l'albumine

Pupo, Carlos

How to cite

PUPO, Carlos. Recherches expérimentales sur la digestion artificielle de l'albumine. Doctoral Thesis, 1899. doi: 10.13097/archive-ouverte/unige:27336

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:27336>

Publication DOI: [10.13097/archive-ouverte/unige:27336](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:27336)

TRAVAIL DU LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE DE
L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE

RECHERCHES
EXPÉRIMENTALES
SUR LA
DIGESTION ARTIFICIELLE
DE
L'ALBUMINE
PAR
CARLOS PUPO

THÈSE INAUGURALE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE GENÈVE POUR OBTENIR
LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

GENÈVE
IMPRIMERIE F. TAPONNIER
Rue de Carouge, 19
1899

A MONSIEUR LE PROFESSEUR

Don Luis Schaenau

Ancien Directeur du Lycée Costa Rica

Hommage respectueux et dévoué

A Monsieur Léon Mafsol

Directeur du Laboratoire de Bactériologie et Sérothérapie

A MONSIEUR LE DOCTEUR
Don Pedro Léon Páez

A ma Mère

I

INTRODUCTION ET HISTORIQUE

Nous nous proposons, dans le présent travail, d'étudier l'influence que l'élimination des produits digestifs exerce sur la dissolution de l'albumine.

Nous nous sommes également occupé de déterminer dans quelle mesure les différents facteurs d'une digestion artificielle peuvent influencer la marche et la rapidité de la désintégration de la substance employée.

L'étude de cette question que nous avons entreprise dans le laboratoire de physiologie de l'Université de Genève, nous a été proposée par M. le prof. Prevost et M. le Dr Battelli, son assistant ; qu'il me soit permis de les remercier ici pour les utiles conseils et les directions qu'ils ont bien voulu nous donner.

Divers appareils ont été proposés dans le but d'arriver à une imitation aussi parfaite que possible du processus physiologique. Mais ces moyens, quels qu'ils soient, s'éloignent considérablement par leurs imperfections des conditions dans lesquelles s'opère une digestion normale. C'est ce que nous aurons l'occasion de démontrer en examinant les travaux des auteurs qui se sont occupés de cette question.

En 1875, Kronecker¹ donne la description d'une « étuve à digestion avec appareil à diffusion » c'est le nom que son auteur lui donne, et dont il s'est servi quelques années avant au Laboratoire de Chimie de l'Institut de Berlin. Cette étude a pour but : 1° de terminer aussi vite que possible la digestion d'une quantité comparativement grande des matières alimentaires ; 2° de permettre l'élimination des produits ; 3° de recevoir le ferment efficace aussi peu diminué que possible. L'appareil se compose d'un entonnoir dont le tube est coupé, muni à son bord supérieur de trous qui ont la dimension d'un *pfennig* ; dans son intérieur et plié en forme de filtre se trouve le dialyseur en papier parchemin ; l'entonnoir plonge dans un verre plein de liquide fourni par une bouteille de Mariotte qui lui est adaptée. Grâce à un tube à soupape et à un autre tube indicateur, chaque fois que, par un robinet, on vide le verre, il se remplit mécaniquement du liquide contenu dans le vase de Mariotte. Le verre qui contient l'entonnoir est placé dans un réceptacle en tôle plein d'eau dont la température peut être maintenue à 40° au moyen d'un régulateur à mercure. Kronecker fit une série d'expériences dont le but était l'étude de la production des peptones pendant la digestion des albuminoïdes. Nous n'insistons pas sur les résultats de Kronecker, n'ayant pas de rapport avec le but que nous nous proposons dans ce travail.

En 1873, Wolffhügel² emploie un certain temps l'appareil de Kronecker, mais bientôt il y fait plusieurs

¹ Beitrage z. Anatomie und Physiologie. Festgabe von Ludwig.

² Pflüger's Archiv, Bd. VII.

modifications dont le but était d'offrir une surface plus grande de diffusion et de faire le dialysat plus accessible; ce qu'il obtient en augmentant la surface du dialyseur et en ajoutant un tube en caoutchouc à l'entonnoir, tube qui était fermé à l'extérieur par un bouchon de verre.

Les recherches de Wolffhügel consistent en une étude comparative des acides nitriques et chlorhydriques dans la digestion de la fibrine, de la formation des peptones qui s'en suit et de la diffusibilité de la pepsine. L'auteur constate que celle-ci ne diffuse pas et que l'acide chlorhydrique agit bien plus vite que le nitrique et doit lui être préféré.

Kühne qui a fait un grand nombre de travaux ¹ sur la digestion artificielle confirme à plusieurs reprises la gêne ou perturbation produite dans le cours d'une digestion pancréatique par l'accumulation des produits et étudie chacun des produits formés avec les procédés variés de digestions artificielles des albuminoïdes. Il se servait pour ses recherches d'un simple tube dialyseur en parchemin. Les résultats d'un certain nombre de ses expériences, quant au résidu non digéré, sont d'accord avec ceux de Scheridan Lea ².

Cet auteur insiste sur la nécessité de s'approcher autant que possible des conditions normales de la digestion qui manquent dans les procédés artificiels. Dans ce but, il fait construire un appareil qui est sans

¹ Kühne: Lehrb d. physiol. Chem., 1860.

Kühne: Zeitschrift für Biologie, Bd. XX, XXII et XXIX.

Kühne: Verhand d. naturh. med. Ver. ju. Heidelberg III, 1868.

² Scheridan Lea. Journal of Physiology. London, mars 1890.

doute bien supérieur à ceux des auteurs précédents. En voici la description :

Il se compose : 1° d'un flacon en verre d'une hauteur de 0^m65 et d'un diamètre de 0^m15 environ, pourvu de trois tubulures ; 2° d'un réceptacle en cuivre plein d'eau qu'on peut chauffer à la température désirée. Ce réceptacle contient un serpentín parcouru par un courant d'eau chaude qui va dans le flacon antérieur et sort par une de ses tubulures. Un second cylindre est placé dans le flacon et pourvu à la partie inférieure d'un tube de sortie ; dans ce cylindre il y a un tube en papier parchemin recourbé en forme de fer à cheval, comme le dialyseur de Kühne et auquel un moteur imprime un mouvement alternatif de haut en bas et de bas en haut. Il va sans dire que la substance qui doit être digérée se place dans le dialyseur, lequel est entouré d'un liquide qui a la même composition que le suc digestif employé. Lea démontre dans ses expériences sur la digestion de l'amidon par la salive, que lorsque celle-ci a lieu dans des conditions qui entraînent un éloignement très considérable des produits (maltose), la rapidité de la digestion est considérablement augmentée ; la quantité totale d'amidon changée en sucre est plus grande et le résidu de dextrine est moindre que dans les conditions différentes où les produits ne sont pas écartés du foyer de la digestion. Il démontre aussi ces mêmes principes pour la digestion de l'albumine et de la fibrine par le suc pancréatique.

Finalement, en 1893, R. H. Chittenden et Georges L. Amermann ¹ publient une étude comparative très

¹ Journal of Physiology. Vol XIV. A comparison of artificial and natural gastric digestion.

complète sur les digestions gastriques naturelles et artificielles. Eux aussi font remarquer qu'il est impossible de conduire une expérience de digestion artificielle de manière à avoir des conditions exactement les mêmes que celles du processus naturel et que c'est surtout l'accumulation des produits qui constitue la différence la plus importante et en même temps la plus difficile à supprimer.

Chittenden choisit l'appareil de Scheridan Lea pour ses expériences. Il emploie le blanc d'œuf dilué, la fibrine sèche et l'albumine coagulée. Le suc gastrique est fait avec une solution d'acide chlorydrique à 2 ‰ et un gramme environ de pepsine par litre.

Ses recherches ont pour but de savoir si l'absence d'une peptonisation complète dans le cours d'une digestion artificielle est due à l'accumulation des produits digestifs.

II

Les méthodes que nous venons d'exposer sont loin de remplir les conditions multiples qui président à une digestion normale. Si nous considérons celle-ci d'une manière schématique nous y trouvons les quatre facteurs principaux suivants, qui dépendent directement de l'estomac lui-même :

1° Mouvements du contenu et du contenant.

2° Rénovation et apport constant des sucs digestifs.

3° Eloignement constant par le pylore et par la muqueuse des produits liquides.

4° Température régulière pendant tout le processus digestif.

Kühne et d'autres auteurs affirmèrent, il y a une trentaine d'années, que ces conditions étaient très difficiles à réaliser au moyen d'un appareil quelconque. Elles sont cependant d'une importance capitale : en effet, les mouvements maintiennent les substances qui se digèrent mélangées convenablement avec le suc digestif, en outre ils facilitent l'absorption des produits et la sécrétion du suc gastrique.

L'éloignement des produits de la digestion a lieu au fur et à mesure qu'ils se forment et ceci, comme nous aurons l'occasion de le démontrer, est très important, car ces produits empêchent l'action ultérieure des ferments. Finalement il y a les portions successives de suc gastrique qui viennent s'ajouter continuellement, mais comme Scheridan Lea l'a fait justement remarquer, elles n'ont pas toujours la même composition, car elles varient en quantité et qualité en relation avec la nature et le volume de la matière qui se digère, comme si l'estomac possédait une sorte « d'intuition chimique ».

Aucun des dispositifs que nous avons décrits ne remplit ces conditions.

En effet, le dialyseur de Kühne, aussi bien que les appareils de Lea, Kronecker et Wolffhügel réalisent l'éloignement des produits mais seulement en utilisant la difusibilité de ceux-ci à travers une membrane de parchemin, ce qui n'est pas suffisant. En outre, dans l'étuve de Kronecker il n'y a pas de mouvements permettant le mélange des sucs et des matières, pas plus que dans le tube dialyseur de Kühne.

Dans celui de Scheridan, les mouvements ne sont pas assez énergiques et n'imitent qu'imparfaitement le péristaltisme de l'estomac. Finalement tous ces appareils manquent d'un dispositif qui permette l'apport et le renouvellement constant des sucs digestifs. Ils sont donc bien éloignés des conditions normales de la digestion gastrique.

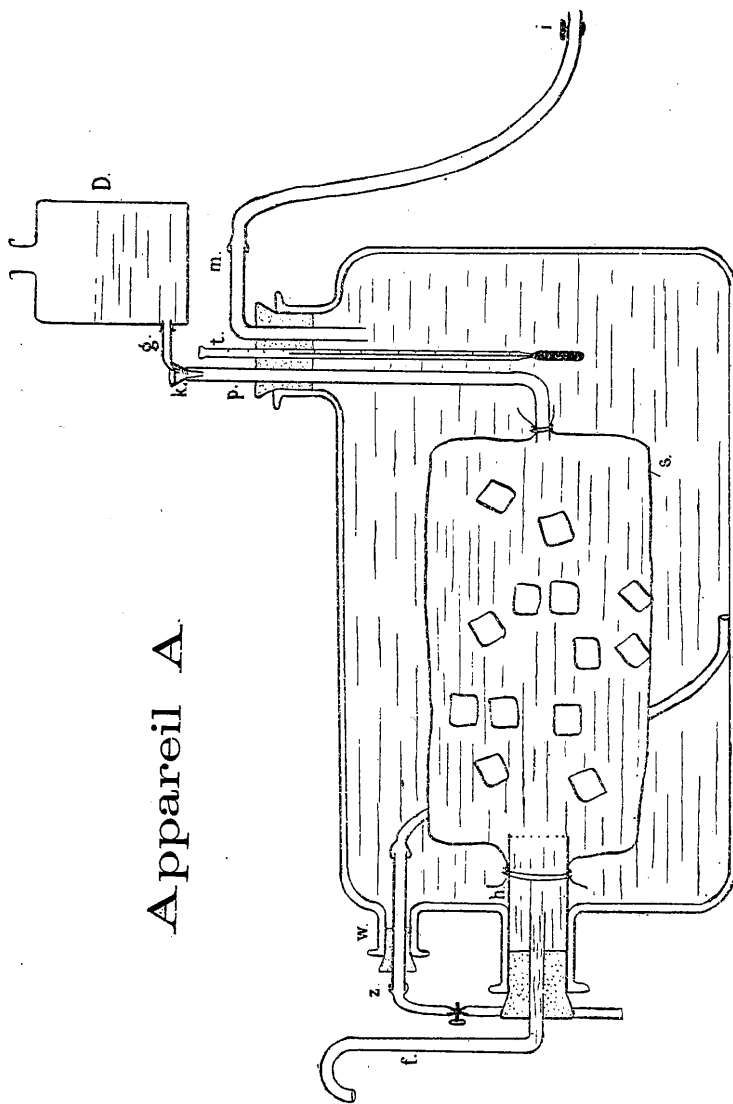
Recherches personnelles

Pour les motifs que nous venons d'exposer, nous n'avons pas songé à utiliser un des moyens quelconques dont les auteurs précédents se sont servis. Nous avons eu alors recours à la méthode suivante :

Méthode d'expérimentation. — Notre appareil se compose d'un flacon A de 0^m30 sur 0^m16 en diamètre, pourvu de trois ouvertures.

Dans l'intérieur se trouve suspendu horizontalement un sac en papier parchemin d'une contenance de 200 cc. environ. Une des ouvertures du sac est reliée au tube *h*. Celui-ci, d'une longueur de 10 centimètres et d'un diamètre de 4 centimètres, est muni à son extrémité interne d'une toile de mousseline *b*. De l'autre côté pénètre à travers d'un bouchon le tube *f*.

Appareil A.



Par l'autre extrémité du sac en papier parchemin sort un tube *p*, qui en se recourbant vient se terminer à l'extérieur par le petit entonnoir *k*, lequel est deux ou trois centimètres plus haut que l'orifice du tube *f*. A côté du tube *p* et passant par le même bouchon se trouvent un thermomètre et un tube en verre. Celui-ci est en communication avec un tuyau en caoutchouc, aboutissant à un soufflet actionné par un moteur à eau.

Les différentes parties de cet appareil étant reliées entre elles, par des tubes en verre et en caoutchouc, il est facile de sortir et rentrer le sac avec les substances en étude au commencement et à la fin de chaque expérience.

Quant au suc digestif nous l'introduirons par l'entonnoir *k* et le liquide qui doit entourer le dialyseur par l'ouverture *w*. Une fois le flacon rempli, nous plaçons le tube *z*, qui en faisant syphon quand on enlève la pince, sert à vider le flacon. Celui-ci repose sur un bain de sable chauffé par deux becs de Bunsen qui nous permettent d'élever la température au degré désiré; on arrive vite par la pratique à savoir la hauteur que doivent avoir les flammes pour que la température se maintienne à 40°.

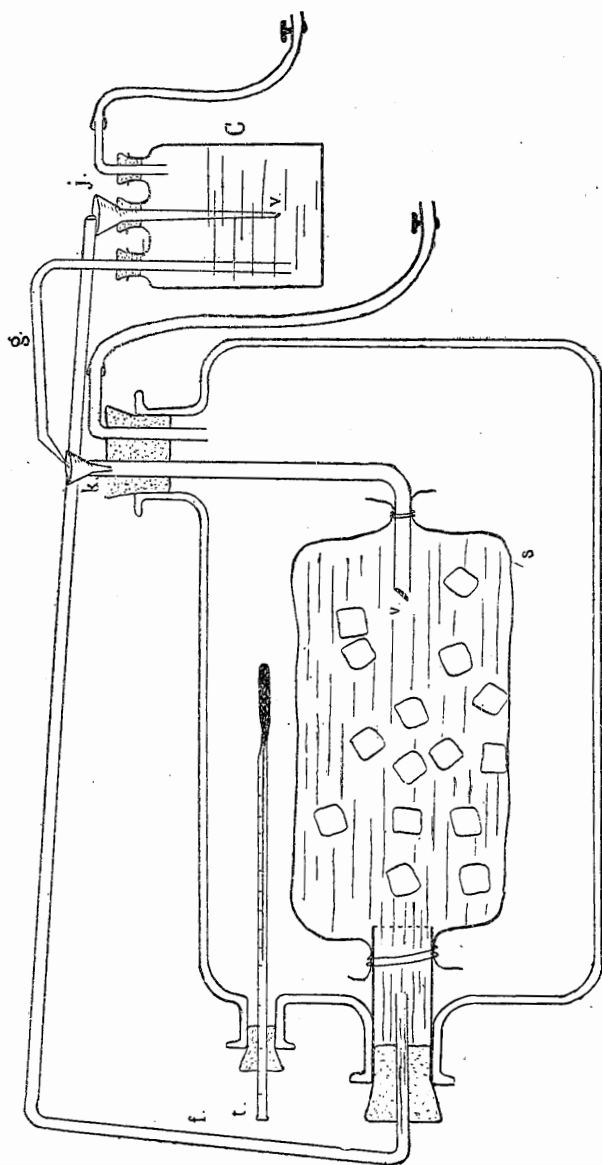
Nous suspendons au moyen d'un support une bouteille pouvant contenir 450 cc., pourvue à sa partie inférieure d'un tube effilé permettant au liquide de s'écouler goutte à goutte; un petit bec de gaz chauffe ce liquide si on le désire. Ce qui du reste n'est pas indispensable car le suc digestif tombant très lentement, a le temps de se chauffer en contact avec celui du dialyseur.

Il est facile de se rendre compte de la manière de fonctionner de cet appareil.

Dans le sac en papier parchemin nous plaçons les substances qui doivent être digérées avec le suc digestif. En faisant marcher le moteur, à chaque évolution du soufflet, il se produira dans le flacon *A* une augmentation de pression dont le résultat sera la compression du sac dans tous les sens, ce qui déterminera le brassage pour ainsi dire de l'albumine avec les suc digestifs ; ceux-ci ont, par suite de la diminution de volume momentanée du sac, une tendance à sortir par le tube *f*. Si le dialyseur ne se vide pas c'est grâce à la hauteur de cette tubulure que l'on pourra faire varier à volonté dans une certaine mesure, en inclinant le tube *f* d'un côté ou de l'autre.

Quand le sac est rempli et le moteur en marche, on verra à chaque évolution du soufflet le liquide osciller dans l'intérieur du sac et dans le tube *f*. Nous avons déjà dit que la hauteur de ce tube peut être facilement modifiée ; nous lui donnerons donc des dimensions telles que dans ces oscillations maximales le liquide arrive juste à son extrémité. Grâce à ce dispositif, les nouvelles quantités de suc qui descendent lentement de la bouteille pendant toute la durée de l'expérience, se mélangeront avec le contenu du sac. Mais comme par cet apport lent et constant le liquide contenu dans le sac se trouve incessamment augmenté, une portion de liquide exactement égale à celle qui entre sera expulsée par le tube *f* et reçue dans un verre. La toile de mouseline empêche que les particules d'albumine non dissoutes soient entraînées dehors ; il n'y aura donc que les produits dissous par le suc gastrique qui seront éliminés. Au moyen de cet appareil nous pouvons réaliser plusieurs facteurs importants de la digestion gas-

Appareil B



trique. En effet, nous écartons de la digestion les produits résultant de la transformation de l'albumine, non seulement par dialyse, comme on avait fait jusqu'à présent, mais aussi mécaniquement, comme cela arrive dans l'estomac. En outre nous avons l'apport lent mais constant des nouvelles quantités de suc gastrique frais doué par conséquent de toute sa force digestive. Il vient se mettre en contact avec l'albumine grâce au brassage qui se produit par le dispositif que nous venons de décrire. En dernier lieu, avec le bain de sable on peut maintenir la température au degré désiré.

A côté de l'appareil que nous venons de décrire s'en trouve un autre, *B*; dont le but principal est de faire revenir au point de départ les produits digestifs momentanément éloignés. Pour cela le tube *f* se recourbe et est mis en communication avec l'entonnoir du flacon *C* où se trouve le suc digestif qui doit couler pendant l'expérience. Ce flacon a deux autres ouvertures fermées par des bouchons en caoutchouc à trou. Par l'une d'elles passe le tube *g* qui déverse lentement dans l'entonnoir par une pointe effilée le liquide contenu dans la bouteille *C*. Par l'autre ouverture passe un tube court qui est relié au soufflet par un tuyau en caoutchouc. Les petites valvules *v*, *v'* placées à l'extrémité des tubes empêchent le liquide de remonter aux entonnoirs. L'augmentation de pression produite dans le flacon chaque fois que la roue du soufflet fait un tour, a pour résultat de lancer le liquide dans le tube *g*; comme celui-ci se termine par une pointe très fine, une goutte ou deux peuvent seulement sortir. Quant aux autres parties de l'appareil, leur disposition et manière de fonctionner sont les mêmes que dans celui

que nous avons décrit auparavant. Seulement comme nous n'y faisons pas de dialyse nous avons remplacé le tube z de A par un thermomètre.

Par ce mécanisme il se produit une circulation entre le liquide du sac et celui du flacon C .

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES

Nous avons déjà insisté sur ce fait que les changements chimiques des albuminoïdes inhérents à la digestion ont lieu plus rapidement dans le processus naturel que dans l'artificiel. Mais tout en tenant compte de cela, la question pour nous est de savoir *dans quelle mesure* l'accumulation des produits affecterait la marche de la digestion, en prenant comme point de repère, non pas les produits ultimes normaux, mais seulement la quantité d'albumine dissoute. Il est vrai que la dissolution de l'albumine ne constitue pas le dernier terme de la digestion. Ainsi que Chittenden l'a démontré ¹ elle n'est en aucune façon synonyme de peptonisation complète et celle-ci peut se continuer longtemps après la désintégration de l'albuminoïde. Mais cette dissolution, totale ou non, constitue néanmoins une des plus importantes étapes du processus proteolitique, elle est facile à constater et peut nous renseigner sur la marche d'une digestion. En tout cas, et sans vouloir conclure *a priori*, les conclusions pourront être étendues au processus complet, car il est probable que si une des phases de digestion, et non la moins importante, se trouve consi-

¹ Chittenden. — Loc. cit.

dérablement influencée par un motif quelconque, le processus général s'en trouvera affecté.

Nous diviserons nos expériences en séries et dans chacune d'elles nous étudierons un des facteurs suivants:

Influence de l'élimination de produits de la digestion de l'albumine sur la dissolution de cette substance.

1° Mécaniquement par le tube *f*.

2° Par dialyse.

3° Influence des mouvements imprimés aux substances en digestion.

4° Influence de ces quatre facteurs réunis en comparaison avec un flacon au repos à l'étuve.

Première série

Dans notre première série les appareils sont disposés comme suit :

Appareil A. — Produits de la digestion éliminés définitivement à mesure qu'ils se forment entraînés qu'ils sont par le suc gastrique. Le flacon *A* est vide, dans cet appareil nous avons remplacé le dialyseur par un sac en caoutchouc, par conséquent il n'y a pas de dialyse.

Appareil B. — Sac fait aussi en caoutchouc mou, flacon *B* vide, pas de dialyse. Les produits reviennent au point de départ. Le moteur fonctionne pour les deux appareils pendant toute la durée des expériences.

Le suc gastrique employé est fait avec la muqueuse d'estomacs de porcs finement hachée et infusée à la température du laboratoire pendant 24 heures dans une

solution aqueuse d'acide chlorhydrique à 3 ‰. Décantation, filtration.

La substance étudiée est l'albumine provenant des œufs cuits dans l'eau bouillante pendant 5 minutes et coupée en cubes de 8 à 10 millimètres de côté environ.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE

9 h. 10. — Nous mettons dans chacun des deux sacs 15 gr. d'albumine et 125 gr. de suc préparé comme nous venons de l'indiquer et préalablement chauffé à 40°. Dans chacun des deux flacons *C* et *D* 100 gr. du même suc, soit un total de 225 gr. agissant sur l'albumine. La température des flacons *A* et *B* est de 40°. Celle des bouteilles où se trouve la provision de suc gastrique oscille entre 30 et 35°. Mais nous avons déjà expliqué pourquoi cela n'a pas d'inconvénient.

10 h. 10. — On arrête l'expérience. Voici les résultats :

A) Le sac de cet appareil est vidé, soigneusement rincé et le contenu est filtré. Le résidu d'albumine non digéré qui restait dans le filtre est de 14 gr. 85.

B) Le résidu non digéré de ce sac fut séparé de la même façon que précédemment, il était de 14 gr. 86.

L'albumine ayant été très peu altérée, les arêtes n'étaient pas émoussées, il y avait seulement un léger gonflement.

EXP. II.

10 h. 15. — Nous plaçons dans chacun des deux sacs 20 gr. d'albumine et 125 de suc gastrique. Dans chacun des flacons *C* *D*, 125 gr. du même suc. A l'heure indiquée, la température est de 40° et le moteur se met en marche.

11 h. 15. — On ouvre les appareils et on pèse les

résidus non digérés de chacun des sacs, en prenant les précautions déjà exposées dans la première expérience.

Résultats :

A) Résidu non digéré. La quantité d'albumine est la même qu'au commencement de l'expérience. Elle a subi seulement un léger gonflement.

B) Nous avons fait la même constatation pour l'autre sac.

EXP. III.

2 h. 45. — On place 15 gr. d'albumine préparée comme nous l'avons déjà dit avec 125 gr. de suc gastrique et 100 dans les flacons C D. A 4 h. 25 nous arrêtons l'expérience, ayant trouvé les résultats suivants :

Appareil A.	14 gr. 60
» B.	14 gr. 58

EXP. IV.

8 h. 30. — 15 gr. d'albumine sont placés dans chacun des appareils avec les quantités habituelles de suc gastrique, soit 225 gr., dont 100 gr. correspondent au flacon qui doit fournir le suc pendant l'expérience et le reste au suc dans lequel s'opère la digestion.

11 h. 30. — Fin de l'expérience. L'albumine trouvée dans le sac A est de 10 gr. 05

» B » 10 gr. 05

EXP. V.

Cette expérience dont les conditions sont exactement les mêmes que précédemment, quant à la durée et à la quantité de matières employées, donne cependant des résultats bien différents. En effet, nous trouvons comme résidu non digéré :

en A :	8 gr. 92
en B :	8 gr. 90

Ici la dissolution de l'albumine a suivi une marche plus rapide. Cela tient sans doute à la puissance digestive du suc employé, qui n'était pas le même que dans l'expérience précédente. Il nous est arrivé d'obtenir avec les muqueuses d'estomac de cochon, des sucs d'une force digestive très variable, quoique la technique de leur préparation fût toujours la même. C'est là un fait trop connu pour que nous insistions d'avantage.

EXP. VI, VII ET VIII.

Ces trois expériences ont été faites avec les mêmes quantités d'albumine (15 gr.) et de suc gastrique pendant trois heures. Il y a cependant les remarques suivantes à faire : le blanc d'œuf a été bouilli pendant 4 minutes pour les exp. VI et VII, et pour la VIII^{me} l'ébullition a été prolongée pendant 12 minutes.

Voici le résidu non digéré trouvé dans chacune d'elles :

VI. A. 8 gr. 90
B. 8 gr. 95

VII. A. 8 gr. 94
B. 8 gr. 92

VIII. A. 10 gr. 71
B. 10 gr. 88

La comparaison de ces résultats nous démontre combien la dissolution de l'albumine a été plus lente dans l'expérience VIII. Cela tient, non pas à un affaiblissement dans le pouvoir digestif du suc puisque c'est le même qui a servi dans les trois expériences. Il est probable que c'est la coction prolongée de l'albumine qui l'avait rendu moins facile à digérer.

EXP. IX.

8 h. — 18 gr. d'albumine sont digérés avec 125 gr. de suc et 200 gr. qui s'écoulent des flacons réservoirs.
12 h. — On arrête l'expérience.

Résultats :

A. Résidu non digéré : 4 gr. 13
B. » » » » : 4 gr. 82

EXP. X.

8 h. 40. — 20 gr. d'albumine sont digérés pendant 5 heures. Pendant ce temps 300 gr. de suc ont agi sur l'albumine, dont 125 ont été mis au commencement de l'expérience dans chaque sac, préalablement chauffé à 40°. Le reste s'est écoulé lentement des réservoirs C D.
1 h. 40. — Le résidu non digéré est en

A. de 2 gr. 95
B. de 5 gr. 25

EXP. XI.

Nous répétons la même expérience le lendemain avec un autre suc ; toutes les autres conditions restent les mêmes.

Les résultats sont différents, c'est ce qui du reste vient confirmer encore une fois ce que nous avons dit à propos des exp. VI, VII et VIII.

Résidu non digéré en A. 1 gr. 25
» » » » B. 2 gr. 20

EXP. XII.

7 h. 55. — 15 gr. d'albumine sont digérés avec 350 gr. de suc, distribué comme dans les expériences antérieures.

1 h. 55. — On examine l'état de la digestion. Le résidu non digéré en A 0 gr. 60
B 2 gr. 95

Nous remettons tout en place ayant soin de remettre chaque portion d'albumine avec les liquides qui lui correspondent préalablement chauffés à 40°. Cela nous prend 35 minutes.

3 h. 30. — On examine de nouveau prenant les mêmes précautions.

A. Résidu non digéré 0 gr. 30
B. » » » 2 gr. 40

Après avoir tout remis en place la digestion se continue.

5 h. — A. Résidu : 0 gr. 10
B. » : 2 gr. 15

6 h. 15. L'albumine du suc A est dissoute, en B, il en reste encore 2 gr. 12

Si nous examinons les résultats obtenus dans cette série, nous voyons, en comparant les trois premières expériences avec les cinq suivantes, que pendant les deux premières heures de la digestion la dissolution de l'albumine est très lente, presque insignifiante. Mais à partir de la troisième heure elle marche rapidement. Ainsi, dans les expériences I, II et III il y a seulement quelques centigrammes de dissous, mais dans l'expérience IV et suivantes qui durent trois heures, il y a 5 à 6 gr. qui se sont dissoutes pendant la troisième heure.

C'est alors aussi que nous commençons à constater une différence sensible entre les résultats obtenus dans chacun des appareils comme on peut s'en convaincre en regardant le tableau comparatif.

En outre, l'expérience XII nous démontre que tandis

qu'en 8 h. 45 15 grammes d'albumine dans l'appareil où nous pratiquons l'élimination des produits sont entièrement dissous ; dans le même temps 12,88 gr. se sont dissous en B.

Série I bis.

Voulant avoir un suc gastrique de composition plus uniforme et dont la préparation fut plus facile et rapide, nous avons eu recours à la pepsine du commerce. Après en avoir essayé quelques échantillons, nous nous sommes arrêtés à celle de E. Merck, comme étant la plus active parmi celles que nous possédions. La disposition des appareils est la même que dans la série précédente, et le but que nous nous proposons est aussi d'étudier l'influence de l'élimination mécanique des produits résultant de la transformation de l'albumine pendant la digestion peptique. Le suc gastrique est fait avec la solution titrée d'acide chlorhydrique à 3 ‰ et 0,35 gr. de pepsine par litre.

EXP. I, II ET III.

15 gr. d'albumine sont digérés pendant 1, 2 et 3 heures avec 275 gr. de suc digestif.

Voici les résidus d'albumine que nous avons trouvé dans les flacons A et B à la fin de chaque heure :

1 ^{re} heure	A.	14 gr. 90
»	B.	14 gr. 91
2 ^{me}	A.	14 gr. 05
»	B.	14 gr. 10
3 ^{me}	A.	9 gr. 06
»	B.	9 gr. 10

EXP. IV.

9 h. — 17 gr. d'albumine sont digérés par 350 de sucs, dans les proportions habituelles.

1 h. — Les résidus non digérés sont en

A. 4 gr. 30

B. 4 gr. 62

EXP. V.

8 h. 30. — On fait digérer 20 gr. d'albumine dans 400 de suc gastrique, dont 150 sont mis au commencement de l'expérience dans chacun des sacs et le reste dans les réservoirs.

1 h. 30. — On trouve comme résidu non digéré :

A. 2 gr. 70

B. 4 gr. 55

EXP. VI.

Cette expérience a eu la même durée que la précédente, mais les quantités d'albumine et de suc ont été la moitié moindre. Nous avons retrouvé :

A. 1 gr. 33

B. 2 gr. 16

EXP. VII.

8 h. — 15 gr. d'albumine sont digérés avec 375 gr. de suc gastrique distribués comme dans les expériences antérieures.

2 h. — Le résidu non digéré est en

A. 0 gr. 30

B. 2 gr. 07

On remet tout en place et on continue la digestion pendant une heure et demie.

4 h. — L'albumine en A est tout à fait dissoute. En B il reste encore 1 gr. 90

A 8 h. on avait placé aussi à l'étuve à 40° un flacon contenant 3 gr. d'albumine et 75 gr. de suc gastrique, ce qui est proportionnel à 15 d'albumine et 375 de suc que nous avons placés dans les sacs à digestion. Au bout de sept heures et demie, temps qui a suffi pour la complète désintégration de l'albumine dans l'appareil dont les produits sont éloignés, celle du flacon avait les arêtes émoussées et les bords transparents, il en restait 1 gr. 85.

EXP. VIII.

8 h. 5. — 40 gr. d'albumine sont digérés avec 500 gr. de suc dont 150 préalablement chauffés à 40°, sont mis immédiatement dans chacun des sacs au commencement de l'expérience ; le reste dans les réservoirs C, D. En même temps on place les quantités proportionnelles de suc et d'albumine dans des flacons à l'étuve, c'est-à-dire 4 gr. du premier et 50 de la seconde.

5 h. 50. — Il en reste en

A. 11 gr. 60

B. 17 gr. 09

Dans les flacons : 2 gr. 01

Les résultats obtenus dans cette série nous démontrent : a) qu'à partir de la troisième heure, la dissolution de l'albumine a lieu plus rapidement dans l'appareil où les produits digestifs sont écartés ; b) que cette désintégration ne suit pas une marche uniformément progressive, elle est très lente pendant les deux premières heures et marche rapidement à partir de ce moment ; c) elle nous montre aussi l'influence des mouvements imprimés aux substances en digestion, comme on peut s'en convaincre en comparant les

résultats de l'expérience VII, B, avec le résidu du flacon IX et les résidus de l'exp. VIII, dans l'appareil B, avec celui du flacon VIII.

Série II.

Dans cette série nous voulons étudier l'influence de l'éloignement des produits digestifs, effectué seulement par la diffusion à travers la membrane de papier parcheminé. Nous ne pratiquons pas l'éloignement mécanique tel que nous l'avons fait dans les séries précédentes. Il s'en suit qu'il n'y aura pas de suc dans les réservoirs.

La quantité de suc gastrique qui a agi sur l'albumine est proportionnelle à certaines de nos expériences, mais pas à toutes, puisque les portions d'albumine et de suc ont très souvent varié.

Les sacs en caoutchouc ont été remplacés par d'autres en papier parchemin. Le flacon A a été rempli d'une solution d'acide chlorhydrique à 3 ‰, tandis que l'autre restait vide.

Quant au suc gastrique employé et à la manière de préparer l'albumine, les conditions sont restées identiques à celles que nous avons déjà exposées.

EXP. I A IX.

15 gr. d'albumine sont digérés par 200 de suc gastrique. Ces quantités correspondent ou sont en relation avec celles que nous avons employées dans les expériences.

Nous avons mis des flacons à l'étuve contenant 4 gr.

d'albumine et 50 de suc, quantités proportionnelles à 15 et 200.

Voici les résultats que nous avons obtenus à la fin de chacune des expériences.

EXP. I. Durée, 2 heures.

Résidu non digéré en A 14 gr. 80, B 14 gr. 80.

EXP. II. durée, 3 h. A. 14 gr. 10 B. 14 gr. 13

» III. » 4 h. A. 10 gr. 15 B. 10 gr. 05

» IV. » 4 h. A. 8 gr. 46 B. 8 gr. 91

» V. » 5 h. A. 8 gr. 28 B. 8 gr. 05

» VI. » 6 h. A. 6 gr. 02 B. 6 gr. 86

» VII. » 7 h. A. 6 gr. 30 B. 7 gr. 10

» VIII. » 8 h. A. 7 gr. 05 B. 8 gr. 20

» IX. » 9 h. 40 A. 5 gr. 46 B. 7 gr. 45

Dans les flacons placés à l'étuve il en restait au bout de 9 h. 40 dans l'un d'eux 2 gr. 21, dans l'autre 2 gr. 18.

L'eau du dialyseur a été changée en moyenne toutes les deux heures.

Les résultats de cette série nous montrent l'influence de la dialyse sur la marche de la digestion. Dans l'expérience que nous avons poussée pendant un temps plus considérable (IX) nous voyons une différence de 1 gr. 99 entre les deux appareils au bout de 9 h. 40.

Cette différence était bien plus considérable au bout

d'un temps plus court dans la série où nous avons étudié l'éloignement mécanique. Il est vrai qu'ici il nous manque un facteur qui a aussi son importance; la rénovation du suc digestif.

La digestion a été en général bien plus lente que dans les séries précédentes, ce qui serait jusqu'à un certain point expliqué par la quantité plus grande de suc gastrique qui a agi sur l'albumine dans ces expériences.

Nous ne nous expliquons pas les résultats pour ainsi dire paradoxaux des expériences III et V.

Série III

Il nous reste à étudier l'action combinée de ces deux moyens d'éloignement, le moyen mécanique et la dialyse agissant ensemble.

Dans les flacons à l'étuve, nous le répétons, nous avons mis des quantités d'albumine qui sont cinq ou six fois plus petites que dans les sacs à digestion; mais le suc gastrique a été aussi diminué proportionnellement.

EXP. I

20 gr. d'albumine sont digérés avec 125 gr. de suc gastrique; en outre 375 gr. du même suc sont placés dans les réservoirs *C D*. 2 gr. d'albumine sont placés dans le flacon à l'étuve avec 50 cc. de suc gastrique.

Résultats :

A) Au bout de 7 $\frac{1}{2}$ h. l'albumine était tout à fait dissoute. Suivant les indications de Kühne nous avons changé l'eau du dialyseur aussi souvent que possible, en moyenne toutes les deux heures. L'examen du dialysat pratiqué à plusieurs reprises, après concentration ne nous donne pas la réaction du biuret. Quant

au liquide du dialyseur aussi bien que celui des autres flacons, on y trouve, d'après les méthodes usuelles la présence de syntonine, albumoses et peptones.

B) Au bout de 13 $\frac{1}{2}$ h. il restait encore dans ce sac 0,35 d'albumine.

C) Quant au flacon ce n'est qu'après 22 heures que la dissolution de l'albumine est complète.

EXP. II, III ET IV

20 gr. d'albumine sont digérés pendant 4, 5 et 6 heures dans 300 de suc gastrique réparti comme dans l'expérience précédente. L'eau du dialyseur est changée toutes les deux heures.

Voici les résultats :

4 ^{me} heure	A 5 gr. 10	B 9 gr. 50
5 ^{me} »	A 2 gr. 30	B 4 gr. 70
6 ^{me} »	A 0 gr. 70	B 2 gr. 60

EXP. V

25 gr. d'albumine sont digérés par 375 de suc.

3 gr. d'albumine sont placés avec 57 gr. de suc dans deux flacons à l'étuve.

Résultats :

A) Au bout de 8 h. $\frac{1}{2}$ la dissolution de l'albumine est presque complète; il ne reste que quelques petites lames transparentes qui flottent dans un liquide nuageux; on remet tout en place et une demi-heure après la dissolution était achevée. L'eau du dialyseur est changée en en prélevant des quantités variant de 500 gr. à un litre et les remplaçant aussitôt par la solution d'acide chlorhydrique; l'eau est renouvelée en moyenne toutes les deux heures.

B) Le résidu non digéré au bout de 9 h. est 2 gr. 87. Nous remettons tout en place et continuons la digestion dans cet appareil pendant 5 heures; le résidu était alors de 0,82.

C) Il faut 20 heures pour la dissolution complète de l'albumine des flacons.

EXP VI

40 gr. d'albumine sont digérés pendant 9 h. 40 par 500 de suc gastrique dont 150 dans chaque sac à digestion et le reste dans les réservoirs.

Résultats :

A	résidu non digéré	2 gr. 06
B	»	10 gr. 33

Dans les flacons à l'étuve nous avons mis 4 gr. d'albumine et 50 gr. de suc. Un de ces flacons a été agité à plusieurs reprises, tandis que l'autre est resté toujours au repos. Au bout de 9 h. 40 de séjour à l'étuve le résidu était dans le flacon qui n'avait pas été agité de 2 gr. 18, dans l'autre de 1 gr. 85.

Nous avons répété ces expériences à plusieurs reprises et toujours nous avons obtenus des résultats analogues.

Considérations générales

En examinant les résultats obtenus nous remarquons dans toutes les séries que l'éloignement des produits ne commence à avoir une influence sur la marche de la dissolution de l'albumine qu'à partir de la troisième heure.

Ce fait est probablement dû à ce que pendant les deux premières heures la quantité des produits dissous n'est pas assez considérable pour pouvoir exercer une gêne sensible dans l'action des ferments; en effet, nous voyons, en jetant un coup-d'œil sur les tableaux que nous donnons ci-après, que les différences entre les résul-

tats des appareils *A* et *B* coïncident précisément avec la dissolution d'une quantité notable d'albumine. En outre les produits de l'appareil *B* sont au commencement de la digestion pour ainsi dire écartés du foyer où ils se sont produits; car si ces produits reviennent au point de départ, ils sont alors dilués dans une quantité considérable de suc gastrique frais et c'est seulement quand celui-ci se trouve assez chargé de ces produits que leur influence se fait sentir.

Ces expériences nous montrent aussi que la désintégration de l'albumine dans la digestion peptique est bien plus rapide dans l'appareil *A* que dans le *B* et dans celui-ci que dans le flacon à l'étuve, nous faisant apprécier l'influence que chacun des facteurs étudiés a sur la marche de la digestion.

Nos résultats ne sont pas d'accord avec ceux de Chittenden, Amerman et Kühne. En effet, pour ces auteurs les différences entre le dialyseur et le flacon à l'étuve ne sont pas si considérables. Mais cela tient à plusieurs causes : d'abord nous ne nous sommes pas servis des mêmes appareils. Avec celui que nous avons décrit, les mouvements imprimés à la masse digestive sont très énergiques; en outre, nous y avons ajouté d'autres éléments de premier ordre : la rénovation et l'apport constant de suc gastrique frais ainsi que l'élimination des produits par le dispositif que nous avons décrit. Ces considérations suffiraient déjà pour nous expliquer les différences entre le résultat final de nos recherches et celui des auteurs cités; mais il y a d'autres facteurs qui, bien que d'une influence moins constante et moins facile à déterminer, peuvent néanmoins jouer un rôle considérable dans les expériences de digestion artifi-

cielle; telles sont par exemple la nature et la composition du suc gastrique employé, le mode de préparation de l'albumine ou de n'importe quelle autre substance, le nombre de fois qu'on change l'eau qui entoure le dialyseur, la nature du papier parchemin et la température à laquelle se fait la digestion.

Quant à vouloir déduire de ces expériences « *in vitro* » la marche des mêmes phénomènes dans l'organisme vivant ou de déterminer l'action plus ou moins prépondérante de tel ou tel facteur, la question est plus délicate, parce qu'il y a une quantité d'éléments à prendre en considération. Il est vrai que, dans une certaine mesure, ce sont peut-être les mêmes facteurs qui agissent dans le processus physiologique et dans l'artificiel; car si hors du corps, comme nous l'avons vu maintes fois au cours de ce travail, la digestibilité, la nature et quantité d'une substance albuminoïde déterminent dans une mesure considérable la marche de la digestion artificielle; ces mêmes facteurs doivent se faire sentir et peut-être sur une plus vaste échelle, pendant les changements chimiques qui accompagnent une digestion naturelle.

Nous voyons d'après les résultats obtenus que plus on approche des conditions physiologiques de la digestion, plus la dissolution de l'albumine a lieu rapidement, et que par conséquent dans l'organisme vivant la marche de la digestion de l'albumine doit être différente, car quel que soit le parchemin employé il ne pourra jamais imiter la merveilleuse activité des cellules vivantes.

Nous donnons ci-après le tableau comparatif des expériences qui feront mieux saisir les résultats obtenus.

TABLEAU COMPARATIF DES EXPÉRIENCES

SÉRIE I

On étudie l'influence de l'éloignement mécanique

N°	Durée	Alb.	Résidu non digéré		N°	Durée	Alb.	Résidu non digéré	
			App. A	App. B				App. A	App. B
I	1 heure	15 gr.	14, ⁸⁵	14, ⁸⁶	IX	4 heures	18 gr.	4, ¹³	4, ⁸²
II	1 »	15 »	15	15	X	5 »	20 »	2, ⁹⁵	5, ²⁵
III	2 »	15 »	14, ⁶⁰	14, ⁵⁸	XI	5 »	20 »	1, ²⁵	2, ²⁰
IV	3 »	15 »	10, ⁰⁵	10, ⁰⁵	XII	6 »	15 »	0, ⁶⁰	2, ⁹⁵
V	3 »	15 »	8, ⁹⁰	8, ⁹²		7 »		0, ³⁰	2, ⁴⁰
VI	3 »	15 »	8, ⁹⁰	8, ⁹⁵		8 »		0, ¹⁰	2, ¹⁵
VII	3 »	15 »	8, ⁸⁴	8, ⁹²		8 h. 45		—	2, ¹²
VIII	3 »	15 »	10, ⁷¹	10, ⁸⁸					

SÉRIE I BIS

Comme dans la série I

N°	Durée	Alb.	Résidu non digéré	
			App. A	App. B
I	1 heure	15 gr.	14, ⁹⁰	14, ⁹¹
II	2 »	15 »	14, ⁰⁵	14, ¹⁰
III	3 »	15 »	9, ⁰⁶	9, ¹⁰
IV	4 »	17 »	4, ³⁰	4, ⁶²
V	5 »	20 »	2, ⁷⁰	4, ⁵⁵
VI	5 »	20 »	1, ³³	2, ¹⁶
VII	6 »	15 »	0, ³⁰	2, ⁰⁷
	7 h. 30	15 »	—	1, ⁹⁰
VIII	9 heures	40 »	11, ⁶⁰	17, ⁰⁹
	9 h. 40	4 »	2, ⁰¹	—
Flacons à l'étuve				
IX	7 h. 30	3 »	1, ⁸⁵	

SÉRIE II

On étudie l'influence de la dialyse

N°	Durée	Alb.	Résidu non digéré	
			App. A	App. B
I	2 heures	15 gr.	14, ⁸⁰	14, ⁸⁰
II	3 »	15 »	14, ¹⁰	14, ¹³
III	4 »	15 »	10, ¹⁵	10, ⁰⁵
IV	5 »	15 »	8, ⁴⁶	8, ⁹¹
V	6 »	15 »	8, ²⁸	8, ⁰⁵
VI	7 »	15 »	6, ⁰²	6, ⁸⁵
VII	8 »	15 »	6, ³⁰	7, ¹⁰
VIII	9 »	15 »	7, ⁰⁵	8, ²⁰
IX	9 h. 40	15 »	5, ⁴⁶	7, ⁴⁵

SÉRIE III

On étudie l'influence de la dialyse, de l'éloignement et des mouvements

N°	Durée	Alb.	Résidu non digéré		N°	Durée	Alb.	Résidu non digéré	
			App. A	App. B				App. A	App. B
I	7 h. 30	20 gr.	dissoute		V	8 h. 30	25 »	dissoute	2, ⁸⁷
	13 h. 30	20 »	—	0, ³⁵		14 heures	25 »	—	0, ⁸²
II	4 heures	20 »	5, ¹⁰	9, ⁵⁰	VI	9 h. 40	40 »	2, ⁰⁶	10, ³³
III	5 »	20 »	2, ³⁰	4, ⁷⁰	Flacons	20 heures	3 »	Dissolution	
IV	6 »	20 »	0, ⁷⁰	2, ⁶⁰		9 h. 40	4 »	1, ⁸⁵	2, ¹⁸
Flacon	22 »	2 »	Dissolution					(agité)	(m. c.)

CONCLUSIONS

1° L'accumulation des produits résultant de la transformation de l'albumine pendant une digestion peptique, retarde dans une mesure très considérable la dissolution de cette substance.

2° Des moyens employés pour éliminer ces produits, c'est celui que nous appelons « mécanique » qui exerce la plus grande influence.

3° L'éloignement des produits par dialyse est très incomplet.

4° C'est en combinant ces deux facteurs avec les mouvements des substances en digestion qu'on obtient les digestions les plus rapides.
