









ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

# ŒUVRES DE M. BERTHELOT

## OUVRAGES GÉNÉRAUX

- La Synthèse chimique**, 8<sup>e</sup> édition, 1897, in-8°. Chez Félix Alcan.
- Essai de Mécanique chimique**, 1879; 2 forts volumes in-8°. Chez Dunod.
- Sur la force des matières explosives d'après la thermochimie**, 3<sup>e</sup> édition, 1883; 2 volumes in-8°. Chez Gauthier-Villars.
- Traité pratique de Calorimétrie chimique**, in-18, 1893. Chez Gauthier-Villars et G. Masson.
- Thermochimie : Données et lois numériques**, 1898, 3 volumes in-8°. Chez Gauthier-Villars.
- Traité élémentaire de Chimie organique**, en commun avec M. Jungfleisch, 4<sup>e</sup> édition, 1899; 2 volumes in-8°. Chez Dunod.
- Science et Philosophie**, 1886, in-8°. Chez Calmann Lévy.
- Les Origines de l'Alchimie**, 1885, in-8°. Chez Steinheil.
- Collection des anciens Alchimistes grecs**, texte et traduction, avec la collaboration de M. Ch.-Em. Ruelle, 1887-1888 : 3 volumes in-4°. Chez Steinheil.
- Introduction à l'étude de la Chimie des Anciens et du moyen-âge**, 1889, in-4°. Chez Steinheil.
- La Révolution chimique, Lavoisier**, 1890, in-8°. Chez Félix Alcan.
- Histoire des Sciences : La Chimie au moyen-âge**, 3 volumes in-4°, 1893; chez Leroux : *Transmission de la science antique; L'Alchimie syriaque; L'Alchimie arabe.*
- Science et Morale**, in-8°, 1897. Chez Calmann Lévy.
- Renan et Berthelot : Correspondance**, in-8°, 1898. Chez Calmann Lévy.

## LEÇONS PROFESSÉES AU COLLÈGE DE FRANCE

- Leçons sur les méthodes générales de Synthèse en Chimie organique**, professées en 1864, in-8°. Chez Gauthier Villars.
- Leçons sur la thermochimie**, professées en 1865. Publiées dans la *Revue des Cours scientifiques*. Chez Germer-Baillièrè.
- Même sujet**, en 1880. *Revue scientifique*. Chez Germer-Baillièrè.
- Leçons sur la Synthèse organique et la thermochimie**, professées en 1881-1882. *Revue scientifique*. Chez Germer-Baillièrè.

## OUVRAGES ÉPUIÉS

- Chimie organique fondée sur la synthèse**, 1860; 2 forts volumes in-8°. Chez Mallet-Bachelier.
- Leçons sur les principes sucrés**, professées devant la Société chimique de Paris en 1862, in-8°. Chez Hachette.
- Leçons sur l'isomérisie**, professées devant la Société chimique de Paris en 1863, in-8°. Chez Hachette.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

---

CHALEUR ANIMALE

---

148 pp

PRINCIPES CHIMIQUES

DE LA

PRODUCTION DE LA CHALEUR  
CHEZ LES ÊTRES VIVANTS

---

II

DONNÉES NUMÉRIQUES

PAR

M. BERTHELOT

Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences

---

PARIS

MASSON et C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

GAUTHIER-VILLARS,

IMPRIMEUR-ÉDITEUR

Quai des Grands-Augustins,

(Tous droits réservés)

BIBLIOTHÈQUE DE L'ÉCOLE N. P. "LÉZ" DE 0:58:57

5313

*OUVRAGES DE L'AUTEUR PARUS  
DANS LA COLLECTION DE L'ENCYCLOPÉDIE*

---

- I. Traité pratique de Calorimétrie chimique.**
- II. Chaleur Animale. Principes chimiques de la Production de la Chaleur chez les Êtres vivants. Notions générales.**
- III. Chaleur Animale. Principes chimiques de la Production de la Chaleur chez les Êtres vivants. Données numériques.**



## LIVRE SECOND

---

### CHAPITRE PREMIER

---

#### CHALEUR DE COMBUSTION DU CARBONE SOUS SES DIFFÉRENTS ÉTATS DIAMANT, GRAPHITE, CARBONE AMORPHE

Les chapitres qui vont suivre sont consacrés aux données numériques fondamentales sur lesquelles repose la thermochimie des êtres vivants, celle de l'homme et des animaux supérieurs en particulier.

En voici l'objet :

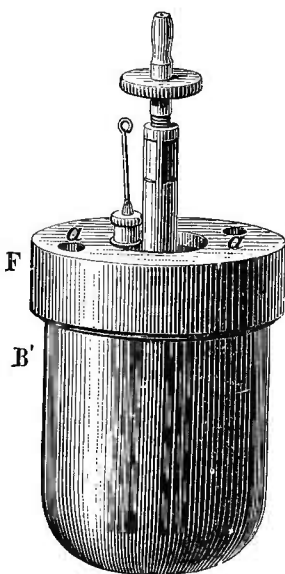
*Chapitre 1<sup>er</sup>* : Chaleur de combustion du carbone sous ses différents états (<sup>1</sup>).

---

(<sup>1</sup>) En commun avec M. Petit.

*Chapitre II* : Chaleur de combustion et de formation des composés minéraux et des com-

posés carbonés binaires et ternaires non azotés, susceptibles de servir d'aliments, ou de prendre naissance dans l'économie animale. Hydrates de carbone et corps gras.



*Fig. 1*  
Bombe calorimétrique.

*Chapitre III* : Chaleur de combustion et de formation des principes azotés à molécule bien définie, susceptibles d'exister dans l'économie animale et congénères.

*Chapitre IV* : Chaleur de combustion et de formation des corps albuminoïdes et congénères; leur rôle dans la production de la chaleur animale.

Les données exposées dans ces chapitres ont été déterminées à l'aide de la *bombe calorimétrique*, instrument dont je me borne à reproduire ici les figures. Pour la méthode elle-même et les détails du procédé, je renverrai à mon

*Traité pratique de calorimétrie chimique*, p. 128 et suivantes (1).

La chaleur de combustion du carbone est l'une des données fondamentales de la Thermo-chimie; elle l'est par elle-même, et surtout parce que cette chaleur de combustion, jointe à celle de l'hydrogène, permet de calculer les chaleurs de formation des composés organiques depuis les éléments, d'après les principes de calcul développés dans le présent ouvrage. Elle joue un rôle non moins essentiel dans l'évaluation de la chaleur animale.

L'existence des états allotropiques multiples du carbone, cristallisés et amorphes, complique ces problèmes, en même temps qu'elle en augmente l'intérêt.

Nous allons donner des mesures précises de la

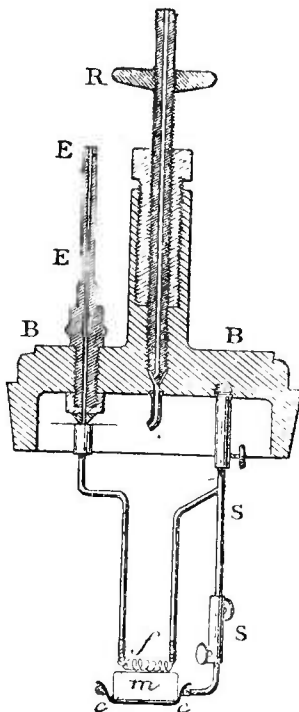


Fig. 2.  
Disposition intérieure.

(1) Chez Gauthier-Villars et Masson.

chaleur de combustion du carbone à l'aide des méthodes nouvelles, fondées sur l'emploi de la bombe calorimétrique.

Nous ne nous reporterons pas jusqu'aux lointains essais de Lavoisier et Laplace, ni jusqu'aux chiffres inexacts de Dulong, qui avaient faussé l'évaluation théorique de la chaleur animale, en raison de la production, non soupçonnée d'abord, d'une certaine dose d'oxyde de carbone, dans la combustion de ce dernier élément. Mais il convient de rappeler les expériences plus correctes de Favre et Silbermann <sup>(1)</sup>, lesquelles ont fait foi jusqu'à ce jour et n'avaient été encore reprises par personne avant nous, à cause de la grande difficulté de ce genre de déterminations. Cependant, ces expériences présentent de grandes imperfections. Dans leur exécution, en effet, la formation d'une proportion variable d'oxyde de carbone renfermant de 2 à 35 centièmes du carbone total, la lenteur des combustions, qui duraient jusqu'à quarante-huit minutes, enfin la nécessité de pesées multiples et d'une combustion complémentaire, ont rendu les mesures calorimétriques de ces auteurs extrêmement pénibles : ces circonstances jetaient sur leurs résultats une incertitude

---

(1) *Ibid.*, 3<sup>e</sup> série, t. XXXIV, p. 411.

qu'il nous a paru nécessaire d'écarter. La chose est d'autant plus utile qu'il s'agit d'une valeur capitale pour les études purement chimiques, relatives aux composés carbonés, aussi bien que pour les évaluations concernant la chaleur animale. En effet, la chaleur de formation des composés organiques est la différence entre la chaleur de combustion de leurs éléments combustibles, carbone et hydrogène, et celle de la chaleur de combustion du composé.

Or, la chaleur de combustion de l'hydrogène, donnant naissance à une molécule (18 grammes) d'eau, peut être regardée comme fixée à  $+69^{\text{Cal}}_{\text{o}}$ ; d'après la moyenne des expressions faites par un grand nombre d'observateurs (*Thermochimie : Données et lois numériques*; t. II, p. 45); mais la chaleur de combustion du carbone, sous ses différentes formes, n'avait pas été reprise. Voici nos résultats.

En raison de la grande importance du sujet, je donnerai tous les détails des mesures pour trois cas particuliers.

I. CARBONE AMORPHE TIRÉ DU CHARBON  
DE BOIS

Commençons par le *carbone amorphe*. Nous l'avons préparé avec du charbon de bois, convenablement divisé, et traité successivement par l'acide chlorhydrique bouillant, par l'acide fluorhydrique, par le chlore au rouge blanc, puis calciné dans le four Perrot. Le produit final (séché à 130°) était exempt d'hydrogène; il renfermait, sur 100 parties : 99,34 de carbone pur et 0,66 de cendres (évaluées par des pesées distinctes).

Voici les analyses :

I. — 0<sup>gr</sup>,3024 de charbon ont été desséchés à 130°, pesés dans un tube qui avait été chauffé simultanément dans l'étuve, puis bouché ensuite et ce charbon a été brûlé aussitôt, sans avoir été exposé à l'air libre à la température ordinaire même pendant un instant (afin d'éviter toute absorption d'humidité). Ce poids fourni :

	CO <sup>2</sup>	1 <sup>gr</sup> ,1011
soit		
	C	0, 3003
	Cendres.	0, 0020
		<hr/>
		0, 3023

II. — 0<sup>sr</sup>,3085 du même corps ont fourni :

CO <sup>2</sup>	1 <sup>sr</sup> ,1244
soit	
C	0, 3066
Cendres.	0, 0020
	<hr/>
	0, 3826

Cela fait en centièmes :

C	99 <sup>sr</sup> ,30	99 <sup>sr</sup> ,38
Cendres	0, 66	0, 65
	<hr/>	<hr/>
	99, 96	100, 03

Un tel charbon, si on le laisse refroidir au contact de l'air libre, attire l'humidité atmosphérique avec une promptitude extraordinaire. Il a suffi de le transporter à découvert, de la balance dans le tube à combustion, pour qu'il ait fixé ainsi, dans deux essais : 3,2 et 2,9 centièmes d'eau. Cette eau, si l'on n'y prenait garde, ferait croire à la présence de l'hydrogène dans le charbon. Elle se reconnaît d'ailleurs aisément à deux circonstances :

1° Un échantillon de charbon, séché à 130° et pesé dans un tube bien clos, puis exposé à l'air, fournit ensuite à l'analyse un poids supérieur à celui du charbon réel. En outre, le poids de l'eau récoltée dans l'analyse, par le tube à ponce

sulfurique, est précisément égal au poids de l'eau qu'a fixée le même charbon, refroidi en vase clos, puis laissé au contact de l'air; lequel poids d'eau peut être mesuré directement;

2° Si l'on pèse, au contraire, le charbon au contact de l'air, sans précaution spéciale, le poids de l'eau recueillie dans le tube à ponce sulfurique, pendant la combustion, est précisément égal à l'excès du poids du charbon analysé sur les poids réunis du carbone réel et des cendres trouvés par l'analyse. Ce dernier caractère appartient d'ailleurs aussi aux hydrates de carbone. Mais le charbon calciné ne le présente pas en général.

La combustion du charbon purifié, dans la bombe calorimétrique, au sein de l'oxygène comprimé à 25 atmosphères, s'effectue sans difficulté : elle est totale et instantanée. La mesure calorimétrique proprement dite ne dure que quatre minutes.

Nous avons exécuté 6 déterminations. Voici le détail de ces déterminations :

*Combustion du charbon purifié.*

Séché à 120-130° jusqu'à poids constant; pesé dans un tube bouché, qu'on a laissé refroidir sous cloche, au-dessus d'un vase renfermant de l'acide sulfurique concentré.



I.

08<sup>r</sup>,437 charbon brut ; cendres = 08<sup>r</sup>,0028 (0,66 0/0).  
 Carbone réel = 08<sup>r</sup>,4342.

*Période préliminaire.*

0 minute	17 <sup>o</sup> ,360	3 minutes.	17 <sup>o</sup> ,360
1 "	17, 360	4 "	17, 360
2 "	17, 360		

*Combustion.*

5 minutes.	18, 600 +	7 minutes.	18, 820 +
6 "	18, 782 +	8 "	18, 818 +

*Période postérieure.*

9 minutes.	18 <sup>o</sup> ,810	12 minutes.	18 <sup>o</sup> ,785
10 "	18, 802	13 "	18, 775
11 "	18, 795	14 "	18, 770

Refroidissement initial par minute :

$$\Delta t_0 = 0,000.$$

Refroidissement final, par minute :

$$\Delta t_n = + 0,008.$$

Correction du refroidissement :

$$\Delta t = + 0,026.$$

Variation de la température non corrigée :

$$\theta = 18<sup>o</sup>,818 - 17<sup>o</sup>,360 = 1<sup>o</sup>,458.$$

Variation de la température corrigée :

$$T = 1^{\circ},484.$$

Valeur en eau du calorimètre (oxygène compris, etc.):

$$M = 2\,398,4.$$

Poids de l'acide azotique formé :

$\text{AzO}^3\text{H}$  équivaut à  $5^{\text{c}},5\text{K}^2\text{O}$  au  $\frac{1}{20}$  d'équivalent

Soit l'acide =  $0^{\text{sr}},0173$ .

Chaleur totale observée			$q_1 = 3\,559^{\text{cal}},2$
Chaleur dégagée par la combustion du fer	22 <sup>cal</sup> ,4	}	$q_2 = 26,3$
Chaleur dégagée par la formation de $\text{AzO}^3\text{H}$ étendu	3,9		
Chaleur réelle due à la combustion du carbone			$3\,532,9$
Pour 1 gramme	$\frac{3\,532,2}{0,4342}$		$= 8\,136^{\text{cal}},6$ .

## II.

Charbon séché pendant 3 heures, à  $120-130^{\circ}$ .  
 $0^{\text{sr}},9468$  brut; cendres =  $0^{\text{sr}},0063$  ( $0,66\%$ ).

Carbone réel =  $0^{\text{sr}},9405$ .

### *Période préliminaire.*

0 minute.	17 <sup>o</sup> ,720	3 minutes.	17 <sup>o</sup> ,713
1 "	17, 717	$4\frac{1}{2}$ "	17, 710
2 "	17, 715		

*Combustion.*

5 $\frac{1}{2}$ minutes.	20°,300+	7 $\frac{1}{2}$ minutes.	20°,858+
6 $\frac{1}{2}$ " "	20, 800+	8 $\frac{1}{2}$ " "	20, 850

*Période postérieure.*

9 $\frac{1}{2}$ minutes.	20°,834	13 $\frac{1}{2}$ minutes.	20°,770
10 $\frac{1}{2}$ " "	20, 820	14 $\frac{1}{2}$ " "	20, 750
11 $\frac{1}{2}$ " "	20, 800	15 $\frac{1}{2}$ " "	20, 738
12 $\frac{1}{2}$ " "	20, 785		

$$\Delta t_0 = + 0,002, \quad \Delta t_n = + 0,016,$$

$$\Delta t = + 0,055.$$

$$\theta = 20°,850 - 17°,710 = 3°,140.$$

$$T = 3°,205. \quad M = 2\ 398,4.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 13<sup>cc</sup>,4 K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>gr</sup>,0422.

Chaleur totale.

$$q_1 = 7\ 686^{\text{cal}},8$$

Chaleur de combustion du

fer

$$\left. \begin{array}{l} 22^{\text{cal}},4 \\ 9, 6 \end{array} \right\} q_2 = 32, 0$$

Chaleur due à AzO<sup>3</sup>H étendu.

Chaleur réelle due au carbone.

$$q = \overline{7\ 654, 8}$$

$$\text{Pour 1 gramme.} \quad \frac{7\ 654,2}{0,9405} = 8\ 139^{\text{cal}},4.$$

III.

Charbon séché 4 heures dans l'étuve, à 120-130°.

0<sup>gr</sup>,8817 brut; cendres = 0<sup>gr</sup>,0059 (0,66 0/0).

Carbone réel = 0<sup>gr</sup>,8758.

*Période préliminaire.*

0 minute	17°.037	3 minutes.	17°,052
1 "	17, 042	4 "	17, 057
2 "	17, 047		

*Combustion.*

5 minutes.	19°,537+	7 minutes.	20°,000+
6 "	19, 937+	8 "	20, 000+

*Période postérieure.*

9 minutes.	19°,985	14 minutes.	19°,920
10 "	19, 970	15 "	19, 915
11 "	19, 960	16 "	19, 900
12 "	19, 947	17 "	19, 880
13 "	19, 940		

$$\Delta t_0 = - 0,005, \quad \Delta t_n = + 0,013.$$

$$\Delta t = + 0,041.$$

$$\theta = 20,000 - 17,057 = 2°,943.$$

$$T = 2°,984, \quad M = 2\ 399,8.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 12<sup>cc</sup>,2 K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 08r,0378.

Chaleur totale.

Chaleur due au fer.

Chaleur due à AzO<sup>3</sup>H étendu.

Chaleur réelle due au carbone.

Pour 1 gramme.

$$q_1 = 7\ 160^{\text{cal}},3$$

$$\left. \begin{array}{l} 22^{\text{cal}},4 \\ 8, 6 \end{array} \right\} q_2 = 31, 0$$

$$q = 7\ 129, 3$$

$$\frac{7\ 129,3}{0,8758} = 8\ 140^{\text{cal}},6.$$

IV.

Charbon séché 3 heures dans l'étuve, à 130°.  
08<sup>r</sup>,8466 brut; cendres = 08<sup>r</sup>,0056 (0,66 0/0).

Carbone réel = 08<sup>r</sup>,841.

*Période préliminaire.*

0 minute	16°,480	5 minutes.	16°,500
1 "	16, 482	6 "	16, 500
2 "	16, 485	7 "	16, 505
3 "	16, 490	8 "	16, 508
4 "	16, 495		

*Combustion.*

9 minutes.	18°,800+	11 minutes.	19°,343+
10 "	19, 323+	12 "	19, 343+

*Période postérieure.*

13 minutes.	19°,333	16 minutes.	19°,303
14 "	19, 323	17 "	19, 288
15 "	19, 313	18 "	19, 283

$$\Delta t_0 = - 0,0035, \quad \Delta t_n = + 0,010,$$

$$\Delta t = + 0,028.$$

$$\theta = 19,343 - 16,508 = 2°,835.$$

$$T = 28<sup>r</sup>,863, \quad M = 2\ 399,8.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 9<sup>cc</sup>,9 KK<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 08<sup>r</sup>,0308.

Chaleur totale.		$q_1 = 6\ 870^{\text{cal}},5$
Fer.	$22^{\text{cal}},4$	} $q_2 = 29. 5$
AzO <sup>3</sup> H	7, 1	
Chaleur réelle due au carbone.		$q = 6\ 841, 0$
« Pour 1 gramme.	$\frac{6.841}{0,841}$	$= 8\ 134^{\text{cal}},3.$

## V.

Carbone séché 4 heures dans l'étuve, à 130°,  
08<sup>r</sup>,6573. brut; cendres = 08<sup>r</sup>,0044 (0,66 %/0).

Carbone réel = 08<sup>r</sup>,6529.

*Période préliminaire.*

0 minute	16°,798	3 minutes.	16°,798
1 "	16, 798	4 "	16, 798
2 "	16, 798		

*Combustion.*

5 minutes.	18°,500+	7 minutes.	19°,880+
6 "	18, 880+	8 "	18, 995+

*Période postérieure.*

9 minutes.	18°,984	12 minutes.	18°,960
10 "	18, 980	13 "	18, 950
11 "	18, 967	14 "	18, 942

$$\Delta t_0 = 0,0, \quad \Delta t_n = + 0,010,$$

$$\Delta t = + 0,032.$$

$$\theta = 18^{\circ},995 - 16,798 = 2^{\circ},197.$$

$$T = 2^{\circ},229, \quad M = 2\,399,8.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 17<sup>cc</sup>,8 K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>gr</sup>,0466.

Chaleur totale.  $Q_1 = 5\,349^{\text{cal}},1$

Fer.  $22^{\text{cal}},4$  }  $Q_2 = 33, 1$

AzO<sup>3</sup>H  $10, 9$  }

Chaleur réelle due au carbone.  $Q = 5\,316, 0$

$$\text{Pour 1 gramme. } \frac{5\,316}{0,6529} = 8\,141^{\text{cal}},8.$$

VI.

Charbon séché 5 heures dans l'étuve, à 130°.  
0<sup>gr</sup>,8166 brut; cendres = 0<sup>gr</sup>,0053 (0,66 0/0).

Carbone réel = 0<sup>gr</sup>,8113

*Période préliminaire.*

0 minute	16°,960	4 minutes.	16°,978
1 "	16, 993	5 "	16, 980
2 "	16, 970	6 "	16, 984
0 "	16, 973	7 "	16, 988

*Combustion.*

8 minutes.	19°,100+	10 minutes.	19°,723+
9 "	19, 693+	11 "	19, 717+

*Période postérieure.*

12 minutes.	19°,703	16 minutes.	19°,663
13 "	19, 693	17 "	19, 643
14 "	19, 683	18 "	19, 637
15 "	19, 669	19 "	19, 626

$$\Delta t_0 = - 0,004, \quad \Delta t_n = + 0,0115.$$

$$\Delta t = - 0°,016 + 0°,051 = + 0°,035.$$

$$\theta = 19,717 - 16,988 = 2°,729.$$

$$T = 2°,764, \quad M = 2\ 399,8.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 19<sup>cc</sup>,2 K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>gr</sup>,0573.

Chaleur totale.

$$q_1 = 6\ 633^{\text{cal}},0$$

Fer.

$$22^{\text{cal}},4$$

AzO<sup>3</sup>H

$$12, 9$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} q_2 = 35, 3$$

Chaleur réelle due au carbone.

$$q = 6\ 597, 9$$

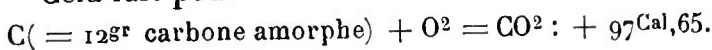
$$\text{Pour 1 gramme.} \quad \frac{6\ 597,7}{0,8113} = 8\ 131^{\text{cal}},5.$$

En résumé, nous avons trouvé, pour le carbone amorphe, préparé au moyen du charbon de bois :

Expériences	Poids du carbone réel brûlé	Chaleur de combustion rapportée à 1 gr.
I	0 <sup>gr</sup> ,8113	8 131 <sup>cal</sup> ,5
II	0, 6529	8 141, 8
III	0, 8410	8 134, 3
IV	0, 8758	8 140, 6
V	0, 9405	8 139, 4
VI	0, 4242	8 136, 6
Moyenne.		<u>8 137<sup>cal</sup>,4</u>



Cela fait pour



Ce nombre est le même à pression constante et à volume constant.

Fabre et Silbermann avaient trouvé en moyenne :

Pour 1 gramme d'un carbone analogue : 8 080 calories.

Soit pour C = 12<sup>sr</sup> : + 96<sup>Cal</sup>,96.

L'écart avec notre chiffre est de 7 millièmes environ. Étant donnée la complication de leurs mesures, il est surprenant qu'il ne soit pas plus élevé.

## II. GRAPHITE CRISTALLISÉ

Nous avons employé du graphite cristallisé, provenant de la fabrication de la fonte de fer, et dont M. Güntz avait eu l'obligeance de nous procurer 1 kilogramme. Il a été purifié par des traitements réitérés au moyen de l'acide chlorhydrique ; puis lavé et séché à l'étuve. Son analyse, dans cet état, a fourni, sur 100 parties :

C	99,79
Cendres	0,21
Hydrogène	0,02

Par exemple : 0<sup>gr</sup>,7919 de ce graphite ont fourni

CO <sup>2</sup>	28 <sup>gr</sup> ,8978
-----------------	------------------------

c'est-à-dire

C	0, 7902
Cendres	0, 0017
Eau	0, 0016

Voici les données des deux expériences préliminaires, faites avec le graphite décrit ci-dessus, avec le concours de la naphthaline destinée à l'allumer, ainsi qu'il sera dit tout à l'heure. Dans la combustion, il a été tenu compte non seulement des cendres, mais des écailles de graphite non brûlées, qui subsistent parfois.

### I.

#### *Graphite.*

Graphite brut	08 <sup>gr</sup> ,8466
Naphtaline	0, 2085
Graphite réel brûlé	0, 8441

#### *Période préliminaire.*

0 minute	10°,200	3 minutes.	10°,200
1 "	10, 200	4 "	10, 200
2 "	10, 200		

*Combustion.*

5 minutes.	12°, 100+	8 minutes.	13°, 785+
6 " . .	13, 580+	9 " "	13, 777+
7 " "	13, 770+		

*Période postérieure.*

10 minutes.	13°, 700	13 minutes.	13°, 710
11 " "	13, 743	14 " "	13, 691
12 " "	13, 725		

$$\Delta t_0 = 0,00, \quad \Delta t_n = + 0,017,$$

$$\Delta t = + 0,0678.$$

$$\theta = 130,777 - 10,200 = 30,577.$$

$$T = 30,6448, \quad M = 2\,398,4.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 8<sup>cc</sup>,3 K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>gr</sup>,0258.

Chaleur totale		$q_1 = 8\,742^{\text{cal}},0$
" due au fer.	22 <sup>cal</sup> ,4	} $q_2 = 2\,050,7$
" à la naphthaline	2 022, 45	
" à l'ac. AzO <sup>3</sup> H étendu	5, 86	
Chaleur réelle due au carbone.		$q = \overline{6\,191^{\text{cal}},3}$

Pour 1 gramme. .  $\frac{6\,691,3}{0,8441} = 7\,929^{\text{cal}},1.$

II.

Graphite brut	0 <sup>gr</sup> ,7911
Naphtaline	0, 139
Graphite réel brûlé .	0, 7846

*Période préliminaire.*

0 minute	10°,590	3 minutes.	10°,590
1 "	10, 592	4 "	10, 600
2 "	10, 595		

*Combustion.*

5 minutes.	12°,000+	7 minutes.	13°,700+
6 "	13, 460+	8 "	13, 720+

*Période consécutive.*

9 minutes.	13°,709	12 minutes.	13°,678
10 "	13, 700	13 "	13, 670
11 "	13, 685	14 "	13, 660

$$\Delta t_0 = - 0,0025, \quad \Delta t_n = + 0,010,$$

$$\Delta t = - 0,01 + 0,036, \quad \Delta t = + 0,026.$$

$$\theta = 13°,720 - 10,600 = 3°,120.$$

$$T = 3°,146, \quad M = 1\,398,4.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 9<sup>cc</sup> K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>gr</sup>,0283.

Chaleur totale.

		$q_1 = 7\,545^{\text{cal}},3$
" due au fer.	$22^{\text{cal}},4$	} $q_2 = 1\,377, 1$
" à la naphtha-	1 348, 3	
line.		
" à l'ac. AzO <sup>3</sup> H étendu	6, 4	
Chaleur réelle due au carbone.		$q = 6\,168^{\text{cal}},2$

$$\text{Pour 1 gramme.} \quad \frac{6\,168,2}{0,7846} = 7\,863^{\text{cal}},2.$$

D'après ces deux mesures, la combustion de ce graphite a fourni, pour 1 gramme de carbone réel (2 expériences) : 7 894<sup>cal</sup>,4.

Les combustions calorimétriques ont été exécutées avec le concours d'un poids auxiliaire de naphthaline, destiné à en produire l'inflammation.

En effet, comme la petite spirale de fer incandescente ne suffisait pas pour enflammer le graphite, nous avons dû le mélanger avec un corps plus aisément combustible : nous avons choisi la naphthaline, composé dont la chaleur de combustion, déterminée par la même méthode dans quatre séries d'expériences, faites par trois groupes d'opérateurs différents et avec trois instruments distincts, peut être regardée comme connue avec une très grande exactitude<sup>(1)</sup>. Pour 1 gramme, elle s'élève à  $9\,692^{\text{cal}},1$  à volume constant. Le poids de ce combustible auxiliaire a varié du tiers au cinquième de celui du graphite.

Dans ce but, après avoir pesé le graphite sur la lame de platine percée de petits trous et emboutie, qui lui sert de support pendant la combustion, on y ajoute un peu de naphthaline : on chauffe légèrement pour la fondre et la répartir dans la masse du graphite, auquel elle forme

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 6<sup>e</sup> série, t. XIII, p. 303 et 306.

enduit. On pèse de nouveau, après refroidissement, pour avoir le poids exact de la naphthaline additionnelle. Puis on procède à la combustion.

Celle-ci ne brûle pas toujours complètement le graphite ; il en reste parfois des écailles, représentant quelques milligrammes au plus, que l'on pèse avec soin après la combustion. La lame de platine doit ensuite reproduire un poids identique au poids initial : ce que l'on a pris soin de vérifier très exactement après chaque combustion. Parfois, cette lame retient à sa surface quelques petits globules de fer magnétique, qu'il convient de détacher, avant de faire cette vérification.

Le graphite précédent semblant conserver encore un peu d'hydrogène, nous avons cru utile, pour plus d'exactitude, de le chauffer au rouge un instant en présence de l'air : ce qui l'a débarrassé, en effet, de la trace d'hydrogène qu'il retenait jusque-là ; une sorte de pétilllement de la matière en accompagne le départ. Le graphite purifié a été ensuite brûlé dans la bombe calorimétrique, toujours avec le concours de la naphthaline.

Voici le détail de ces déterminations :

I.

*Graphite.*

Naphtaline.	0 <sup>sr</sup> ,2651
Graphite réel brûlé	0, 9716

*Période préliminaire.*

0 minute	10 <sup>o</sup> ,265	2 minutes.	10 <sup>o</sup> ,265
1 "	10, 265	3 "	10, 265

*Combustion.*

4 minutes.	10 <sup>o</sup> ,265 +	7 minutes.	14 <sup>o</sup> ,460 +
5 "	12, 250 +	8 "	14, 505 +
6 "	14, 180 +		

*Période consécutive.*

9 minutes.	14 <sup>o</sup> ,487	12 minutes.	14 <sup>o</sup> ,425
10 "	14, 465	13 "	14, 405
11 "	14, 445		

$$\Delta t_0 = 0, \quad \Delta t_n = + 0,020,$$

$$\Delta t = + 0,058.$$

$$\theta = 14<sup>o</sup>,505 - 10<sup>o</sup>,265 = 4<sup>o</sup>,240.$$

$$T = 4<sup>o</sup>,298, \quad M = 2\,398,4.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 7<sup>cc</sup> K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>sr</sup>,022.

Chaleur totale.		$q_1 = 1\ 028,4$ Cal,7
Fer.	22 <sup>cal,4</sup>	} $q_2 = 2\ 598,$ 9
Naphtaline	2 571, 5	
AzO <sup>3</sup> H étendu.	5	
Chaleur réelle due au carbone		$q = 7\ 685$ Cal,8
Pour 1 gramme.	$\frac{7\ 685,8}{0,9716}$	$= 9\ 710^{\text{cal,4}}$ .

## II.

0<sup>gr,4882</sup> graphite.

0, 0918 naphtaline.

Pas de résidu de graphite après la combustion.

Cendres, 0,21 0/0.

Graphite réel brûlé = 0<sup>gr,4872</sup>.

*Période préliminaire.*

0 minute	10°,340	2 minutes.	10°,340
1 "	10, 340	3 "	10, 340

*Combustion.*

4 minutes.	11°,500+	6 minutes.	12°,295+
5 "	12, 210+	7 "	12, 300+

*Période consécutive.*

8 minutes.	12°,292	11 minutes.	12°,265
9 "	12, 283	12 "	11, 250
10 "	12, 275	13 "	11, 255
14 "	11, 242		



$$\Delta t_0 = 0,0, \quad \Delta t_n = + 0,0085.$$

$$\Delta t = - 0,00262.$$

$$\theta = 12,300 - 10,340 = 1^{\circ},960.$$

$$T = 1^{\circ},9862, \quad M = 2\,398,4.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 5<sup>cc</sup>,1 K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>gr</sup>,0157.

Chaleur totale.

Fer.

Naphtaline

AzO<sup>3</sup>H étendu.

$$\left. \begin{array}{l} 22^{\text{cal}},4 \\ 890, 5 \\ 3, 6 \end{array} \right\} \begin{array}{l} q_1 = 4\,763^{\text{cal}},7 \\ q_2 = 916, 5 \end{array}$$

Chaleur réelle due au carbone.

Pour 1 gramme.

$$q = 3\,847^{\text{cal}},2$$

$$\frac{3\,847,2}{0,4872} = 7\,896^{\text{cal}},5.$$

0<sup>gr</sup>,8654 graphite brut.

0, 1801 naphtaline.

Graphite réel brûlé (par la perte de poids) = 0<sup>gr</sup>,8626.

Graphite non brûlé = 0<sup>gr</sup>,0010.

Vérification  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Graphite brut} \quad 0^{\text{gr}},8654 \\ \text{A déduire (cendres)} \quad 0, 0018 \\ \text{Non brûlé (pesé séparément).} \quad 0, 0010 \end{array} \right.$

Le poids de la capsule de platine a été retrouvé identique.

*Période préliminaire.*

0 minute	10 <sup>o</sup> ,880	3 minutes.	10 <sup>o</sup> ,880
1 "	10, 880	4 "	10, 880
2 "	10, 880		

*Combustion.*

5 minutes.	13 <sup>o</sup> ,300+	8 minutes.	14 <sup>o</sup> ,412+
6 "	14, 320+	9 "	14, 400+
7 "	14, 405+		

*Période consécutive.*

10 minutes.	14 <sup>o</sup> ,380	14 minutes.	14 <sup>o</sup> ,320
11 "	14, 360	15 "	13, 304
12 "	14, 345	16 "	14, 290
13 "	14, 328		

$$\Delta t_0 = 0,0, \quad \Delta t_n = + 0,015,$$

$$\Delta t = + 0,0637.$$

$$\theta = 14,400 - 10,880 = 3^o,520.$$

$$T = 3^o,5837, \quad M = 2\,398,4.$$

AzO<sup>3</sup>H équivalent à 11<sup>cc</sup>,8 K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>sr</sup>,0376.

Chaleur totale.

$$q_1 = 8\,595^{\text{cal}},0$$

Fer.

$$22^{\text{cal}},4$$

Naphtaline

$$174, 7$$

AzO<sup>3</sup>H étendu

$$8, 4$$

Chaleur réelle due au carbone.

$$q_2 = 1\,777, 0$$

$$q = \overline{6\,817^{\text{cal}},2}$$

Pour 1 gramme.

$$\frac{6\,817,2}{0,8626} = 7\,900^{\text{cc}},6.$$

## IV.

0<sup>sr</sup>,6785 graphite brut.

0, 1517 naphtaline.

Graphite réel brûlé = 0<sup>sr</sup>,677.

Poids de la capsule vérifié après combustion.

*Période préliminaire.*

0 minute	10°, 165	2 minutes.	10°, 175
1 " "	10, 170	3 " "	10, 180

*Combustion.*

4 minutes.	12°, 800+	6 minutes.	13°, 980+
5 " "	13, 800+	7 " "	14, 010+

*Période consécutive.*

8 minutes.	14°, 000	11 minutes.	13°, 970
9 " "	13, 990	12 " "	13, 960
10 " "	13, 985	13 " "	13, 950

$$\Delta t_0 = - 0,005, \quad \Delta t_n = + 0,010,$$

$$\Delta t = - 0,0452 = + 0,020 + 0,0252.$$

$$\theta = 14°, 010 - 10°, 180 = 2°, 838.$$

$$T = 2°, 8552, \quad M = 2\ 398,4.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 6<sup>cc</sup>,2 K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>gr</sup>,021.

Chaleur totale		$q_1 = 6847^{\text{cal}},3$
Fer	22 <sup>cal},4</sup>	} $q_2 = 1498, 6$
Naphtaline	1471, 5	
AzO <sup>3</sup> H étendu	4	$q = 5348, 7$
Chaleur réelle due au carbone		
Pour 1 <sup>gr</sup> .	$\frac{5348,7}{0,677} = 7900^{\text{cal}},6.$	

## V

0<sup>gr</sup>,7944 graphite brut.  
 0, 2024 naphthaline.  
 Graphite réel brûlé (par la perte de poids) = 0<sup>gr</sup>,7913.  
 Non brûlé = 0<sup>gr</sup>,0014.

Vérification	}	Graphite brûlé	0,7913
		Cendres	0,0017
		Graphite non brûlé	0,0014
			<u>0,7944</u>

Poids de la capsule de platine retrouvé identique.

*Période préliminaire*

0 minute	10 <sup>o</sup> ,095	3 <sup>e</sup> minute.	11 <sup>o</sup> ,000
1 "	11, 000	4 "	11, 000
2 "	11, 000	5 "	11, 000

*Combustion*

6 <sup>e</sup> minute.	13 <sup>o</sup> ,000 +	8 <sup>e</sup> minute.	14 <sup>o</sup> ,380 +
7 "	14, 200 +	9 "	14, 400 +

*Période consécutive*

10 <sup>e</sup> minute.	14 <sup>o</sup> ,385	13 <sup>e</sup> minute.	14 <sup>o</sup> ,350
11 "	14, 375	14 "	14, 538
12 "	14, 362		

$$\Delta t_0 = 0, \quad \Delta t_n = + 0,0125,$$

$$\Delta t = + 0,038,$$

COMBUSTION DU CARBONE

33

$$\theta = 14^{\circ},400 - 11^{\circ},000 = 3^{\circ},400.$$

$$T = 3^{\circ},438, \quad M = 2398,4.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 11<sup>cc</sup>, 4K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>gr</sup>,0359.

Chaleur totale	$q_1 = 8246^{\text{cal}}$
Fer.	22 <sup>cal</sup> ,4
Naphtaline	1963, 8
AzO <sup>3</sup> H étendu.	8, 1
	} $q_2 = 1993, 8$
Chaleur réelle due au carbone	$q = 6252, 2$
Pour 1 <sup>gr</sup> .	$\frac{6252,2}{0,7913} = 7900^{\text{cal}},9.$

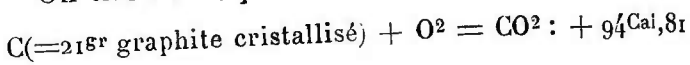
Voici le résumé des déterminations exécutées sur le graphite :

Poids du carbone graphite (1)	Chaleur de combustion rapportée à 1 gramme
I	0 <sup>gr</sup> ,9716      7910 <sup>cal</sup> ,4
II	0, 4872      7896, 5
III	0, 8626      7900, 6
IV	0, 6770      7900, 6
V	0, 7913      7900, 9
Moyenne.	7901 <sup>cal</sup> ,2

(1) Cendres déduites.

Les écarts extrêmes s'élèvent à moins de 2 millièmes.

On tire de là, pour



Favre et Silbermann ont trouvé, en moyenne, pour 1 gramme de graphite de deux origines différentes :  $7796^{\text{cal}}$  et  $7762^{\text{cal}}$  ;

Soit pour C =  $12^{\text{gr}}$  :  $93^{\text{Cal}},55$  et  $93^{\text{al}},14$ .

L'écart de ces chiffres et de nos mesures s'élève, pour le nombre extrême, à près de 2 centièmes. Ces auteurs avaient employé comme combustible auxiliaire du charbon de bois, formant le tiers du poids du graphite.

### III. DIAMANT

Nous attachions une grande importance à mesurer la chaleur de combustion du diamant, à cause de l'intérêt théorique qui s'attache à cette forme du carbone cristallisé, si différente des deux autres par la plupart de ses caractères. Mais son prix élevé rend les essais de ce genre extrêmement coûteux. Nous avons opéré ainsi sur le diamant cristallisé (du Cap) et sur le diamant noir, non clivable, qui porte le nom de *bort*.

La combustion du diamant s'est effectuée sans difficulté, en opérant sur des fragments

concassés et associés à une dose de naphthaline, qui a varié entre 11 et 16 centièmes du poids du diamant, c'est-à-dire qu'elle a été bien moindre qu'avec le graphite. Les cendres de ce diamant s'élevaient à 0,12 pour 100.

Voici les données numériques :

## I

*Diamant du Cap.* — Concassé en menus morceaux au mortier d'acier, puis lavé à l'acide chlorhydrique, lavé à l'eau pure et finalement lavé et séché. On l'a brûlé avec le concours d'un peu de naphthaline, sur une plaque de platine emboutie et perforée de petits trous. On a employé

0<sup>gr</sup>,8816 diamant brut,  
0, 1168 naphthaline.

Après combustion, on a pesé la plaque, sur laquelle se trouvait un peu de diamant non brûlé et les cendres de la portion brûlée. On a obtenu ainsi un excès de poids :

Résidu (diamant non brûlé et cendres). 0<sup>gr</sup>,0230

On a déduit cet excès du poids du diamant initial. Puis on a détaché ce résidu et on a vérifié que la plaque reprenait son poids initial; elle ne retenait pas de globule d'oxyde de fer incrusté, provenant de la combustion du fil métallique. En définitive, on a trouvé :

Diamant brûlé = 0<sup>gr</sup>,8586.*Période préliminaire*

0 minute.	16°,280	3 <sup>e</sup> minute.	16°,287
1 "	16, 282	4 "	16, 288
2 "	16, 285	5 "	16, 290

*Combustion*

6 <sup>e</sup> minute.	17°,400 +	8 <sup>e</sup> minute.	19°,500 +
7 "	18, 700 +	9 "	19, 553 +

*Période consécutive*

10 <sup>e</sup> minute.	19°,540	13 <sup>e</sup> minute.	19°,500
11 "	19, 525	14 "	19, 490
12 "	19, 515	15 "	19, 475

$$\Delta t_0 = - 0,002, \quad \Delta t_n = + 0,013,$$

$$\Delta t = - 0,008 + 0,039 = + 0,031.$$

$$\theta = 19°,553 - 16,290 = 3°,263.$$

$$T = 3°,294, \quad M = 2399,6.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 8<sup>cc</sup>,8K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>gr</sup>,028.

Chaleur totale		$q_1 = 7904^{\text{cal}},6$
Fer	22 <sup>cal</sup> ,4	} $q_2 = 1161, 6$
Naphtaline	1133, 0	
AzO <sup>3</sup> H étendu	6, 2	

Chaleur réelle due au carbone  $q = 6743$ 

$$\text{Pour 1<sup>gr</sup>.} \quad \frac{6743}{0,8586} = 7853^{\text{cal}},6$$



II

0<sup>gr</sup>,3785 diamant brut,  
 0, 0409 naphtaline.  
 Résidu (diamant non brûlé et cendres). 0<sup>gr</sup>,0121  
 Diamant brûlé = 0,3754.

*Période préliminaire*

0 minute.	15 <sup>o</sup> ,545	3 <sup>e</sup> minute.	15 <sup>o</sup> ,555
1 "	15, 548	4 "	15, 558
2 "	15, 552	5 "	15, 562

*Combustion*

6 <sup>e</sup> minute.	16 <sup>o</sup> ,100 +	8 <sup>e</sup> minute.	16 <sup>o</sup> ,940 +
7 "	16, 800 +	9 "	16, 956 +

*Période consécutive*

10 <sup>e</sup> minute.	16 <sup>o</sup> ,950	13 <sup>e</sup> minute.	16 <sup>o</sup> ,935
11 "	16, 943	14 "	16, 927
12 "	16, 940	15 "	16, 920

$$\Delta t_0 = - 0,0034, \quad \Delta t_n = + 0,006,$$

$$\Delta t = - 0,0136 + 0,0263 = + 0,0127.$$

$$\theta = 16<sup>o</sup>,956 - 15<sup>o</sup>,562 = 1<sup>o</sup>,394,$$

$$T = 1<sup>o</sup>,4067, \quad M = 2398,4.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 3<sup>cc</sup>,4K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>gr</sup>,0107.

Chaleur totale		$q_1 = 3372^{\text{cal}},8$
Fer	$22^{\text{cal}},4$	} $q_2 = 421, 5$
Naphtaline .	$396, 7$	
AzO <sup>3</sup> H étendu.	$2, 4$	
Chaleur réelle due au carbone		$q = 2951, 3$
Pour 1 <sup>gr</sup> .	$\frac{2951,3}{0,3754}$	$= 7861^{\text{cal}},4.$

## III

Diamant brut	$08^{\text{r}},7295$
Naphtaline	$0, 1315$
Résidu (diamant non brûlé et cendres)'. Diamant brûlé =	$0, 0137$ $08^{\text{r}},7158.$

*Période préliminaire*

0 minute .	$16^{\circ},485$	3 <sup>e</sup> minute.	$16^{\circ},485$
1 "	$16, 485$	4 "	$16, 485$
2 "	$16, 485$	5 "	$16, 485$

*Combustion*

6 <sup>e</sup> minute.	$17^{\circ},700 +$	8 <sup>e</sup> minute.	$19^{\circ},310 +$
7 "	$18, 800 +$	9 "	$19, 345 +$

*Période consécutive*

10 <sup>e</sup> minute.	$19^{\circ},335$	13 <sup>e</sup> minute.	$19^{\circ},305$
11 "	$19, 325$	14 "	$19, 295$
12 "	$19, 315$	15 "	$19, 285$

COMBUSTION DU CARBONE

39

$$\Delta t_0 = 0,0, \quad \Delta t_n = + 0,010,$$

$$\Delta t = + 0,027.$$

$$\theta = 19,345 - 16,485 = 2^{\circ},860,$$

$$T = 2^{\circ},807, \quad M = 2399,6.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 5<sup>cc</sup>,4K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>gr</sup>,0107.

Chaleur totale		$q_1 = 6928^{\text{cal}},0$	
Fer	22 <sup>cal</sup> ,4	}	$q_2 = 1300, 4$
Naphtaline	1275, 6		
AzO <sup>3</sup> H étendu	3, 7		
Chaleur réelle due au carbone		$q_2 = 5627, 6$	
Pour 1 <sup>gr</sup> .	$\frac{5627,6}{0,7158} = 7862^{\text{cal}},2.$		

IV

Diamant brut	:	:	0 <sup>gr</sup> ,8300
Naphtaline			0, 1264
Résidu.			10, 070
Diamant brûlé = 0 <sup>gr</sup> ,8138.			

*Période préliminaire*

0 minute	15 <sup>o</sup> ,900	3 <sup>e</sup> minute.	15 <sup>o</sup> ,902
1 "	15, 900	4 "	15, 905
2 "	15, 902	5 "	15, 905

*Combustion*

6 <sup>e</sup> minute.	16 <sup>o</sup> ,700 +	8 <sup>e</sup> minute.	18 <sup>o</sup> ,700 +
7 "	17, 800 +	9 "	19, 067 +

*Période consécutive*

10 <sup>e</sup> minute.	19°,055	14 <sup>e</sup> minute.	19°,010
11 //	19, 045	15 //	18, 995
12 //	19, 034	16 //	18, 982
13 //	19, 020		

$$\Delta t_0 = - 0,001, \quad \Delta t_n = + 0,012,$$

$$\Delta t = - 0,004 + 0,029 = + 0,025.$$

$$\theta = 19^{\circ},067 - 15^{\circ},905 = 13^{\circ},162,$$

$$T = 3^{\circ},187, \quad M = 2399 \text{ g.}$$

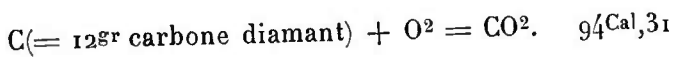
AzO<sup>3</sup>H équivaut à 5<sup>cc</sup>,4K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>sr</sup>,017.

Chaleur totale		$q_1 = 7647^{\text{cal}},8$
Fer	22 <sup>cal</sup> ,4	} $q_2 = 1252, 2$
Naphtaline	1226, 1	
AzO <sup>3</sup> H étendu	3, 7	
Chaleur réelle due au carbone.		$q = 6395, 6$
Pour 1 <sup>sr</sup> .		7858 <sup>cal</sup> ,8

En résumé, nous avons obtenu avec le diamant cristallisé :

Poids du carbone diamant	Chaleur de combustion rapportée à 1 gramme
0 <sup>sr</sup> ,8586 .	7853 <sup>cal</sup> ,6
0, 3754 .	7861, 4
0, 7158 .	7862, 2
0, 8138 .	7858, 8
Moyenne.	7859 <sup>cal</sup> ,0

Les résultats extrêmes ne s'écartent que d'un millième. On tire de là



Deux expériences ont été faites avec le diamant bort. En voici les données :

I

*Diamant bort*

Diamant bort	08 <sup>r</sup> ,4220
Naphtaline .	0, 1171
Résidu. .	0, 0017
Diamant réel brûlé = 08 <sup>r</sup> ,4203.	

*Période préliminaire*

0 minute	15 <sup>o</sup> ,340	3 <sup>e</sup> minute.	15 <sup>o</sup> ,340
1 "	15, 340	4 "	15, 340
2 "	15, 340		

*Combustion*

5 <sup>e</sup> minute.	16 <sup>o</sup> ,300 +	7 <sup>e</sup> minute.	17 <sup>o</sup> ,158 +
6 "	16, 820 +	8 "	17, 179 +

*Période consécutive*

9 <sup>e</sup> minute.	17 <sup>o</sup> ,170	13 <sup>e</sup> minute.	17 <sup>o</sup> ,143
10 "	17, 170	14 "	17, 125
11 "	17, 152	15 "	17, 115
12 "	17, 143		

## CHALEUR DES ÊTRES VIVANTS

$$\Delta t_0 = 0,0, \quad \Delta t_n = + 0,009,$$

$$\Delta t = + 0,024.$$

$$\theta = 17^{\circ},179 - 15^{\circ},340 = 1^{\circ},839,$$

$$T = 1^{\circ},863, \quad M = 2398,4.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 6<sup>cc</sup>,2K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>sr</sup>,0195,

Chaleur totale  $q_1 = 4468^{\text{cal}},2$

Fer	22 <sup>cal</sup> ,4	}	$q_2 = 1162, 6$
Naphtaline	1135, 9		
AzO <sup>3</sup> H étendu	4, 3		

Chaleur réelle due au carbone  $q = 3305^{\text{cal}},6$

Pour 1<sup>sr</sup>.  $\frac{3305,6}{0,4203} = 7864^{\text{cal}},7.$

## II

Diamant bort 0<sup>sr</sup>,5023

Naphtaline 0, 1088

Résidu. 0, 0066

Diamant réel brûlé = 0<sup>sr</sup>,4957.

*Période préliminaire*

0 minute.	15 <sup>o</sup> ,490	3 <sup>e</sup> minute.	15 <sup>o</sup> ,498
1 "	15, 490	4 "	15, 500
2 "	15, 495		

*Combustion*

5 <sup>o</sup> minute.	16 <sup>o</sup> ,400 +	7 <sup>o</sup> minute.	17 <sup>o</sup> ,540 +
6 "	17, 400 +	8 "	17, 550 +

*Période consécutive*

9 <sup>e</sup> minute.	17°,540	12 <sup>e</sup> minute.	17°,510
10 "	17, 530	13 "	17, 500
11 "	17, 520		

$$\Delta t_0 = - 0,0025, \quad \Delta t_n = + 0,010,$$

$$\Delta t = - 0,01 + 0,036,$$

$$\Delta t = + 0,026.$$

$$q = 170,550 - 150,500 = 20,050.$$

$$T = 20,076 \quad M = 2398,4.$$

AzO<sup>3</sup>H équivaut à 9<sup>cc</sup>,2K<sup>2</sup>O au  $\frac{1}{20}$  d'équiv. = 0<sup>sr</sup>,029.

Chaleur totale		$q_1 = 4979^{\text{cal}},0$
Fer	22 <sup>cal</sup> ,4	} $q_2 = 1084, 3$
Naphtaline	1055, 3	
AzO <sup>3</sup> H	6, 6	

Chaleur réelle due au carbone  $q = 3894^{\text{cal}},7$

$$\text{Pour } 1^{\text{sr}}. \quad \frac{3894,7}{0,4957} = 7857,1.$$

En résumé, nous avons obtenu pour le bort :

Poids du carbone diamant bort	Chaleur de combustion pour 1 gramme
0 <sup>sr</sup> ,4203 .	7864 <sup>cal</sup> ,7
0, 4957 .	7857, 1
	7860 <sup>cal</sup> ,9
Pour C + 12 <sup>sr</sup> .	94 <sup>Cal</sup> ,34

C'est le même chiffre sensiblement que pour le diamant ordinaire.

Favre et Silbermann ont fait seulement deux combustions, avec 2 grammes de diamant en tout, mêlé avec 1<sup>er</sup>,5 de charbon : ce qui diminue beaucoup la précision. Ils ont trouvé pour 1 gramme : 7770<sup>cal</sup> et 7878<sup>cal</sup>. Ils ont préféré le premier chiffre, seul reproduit dans leur Tableau final et qui conduit, pour C = 12 grammes, à 93<sup>Cal</sup>,24. Mais ces résultats étaient insuffisants.

Le tableau suivant résume nos propres résultats :

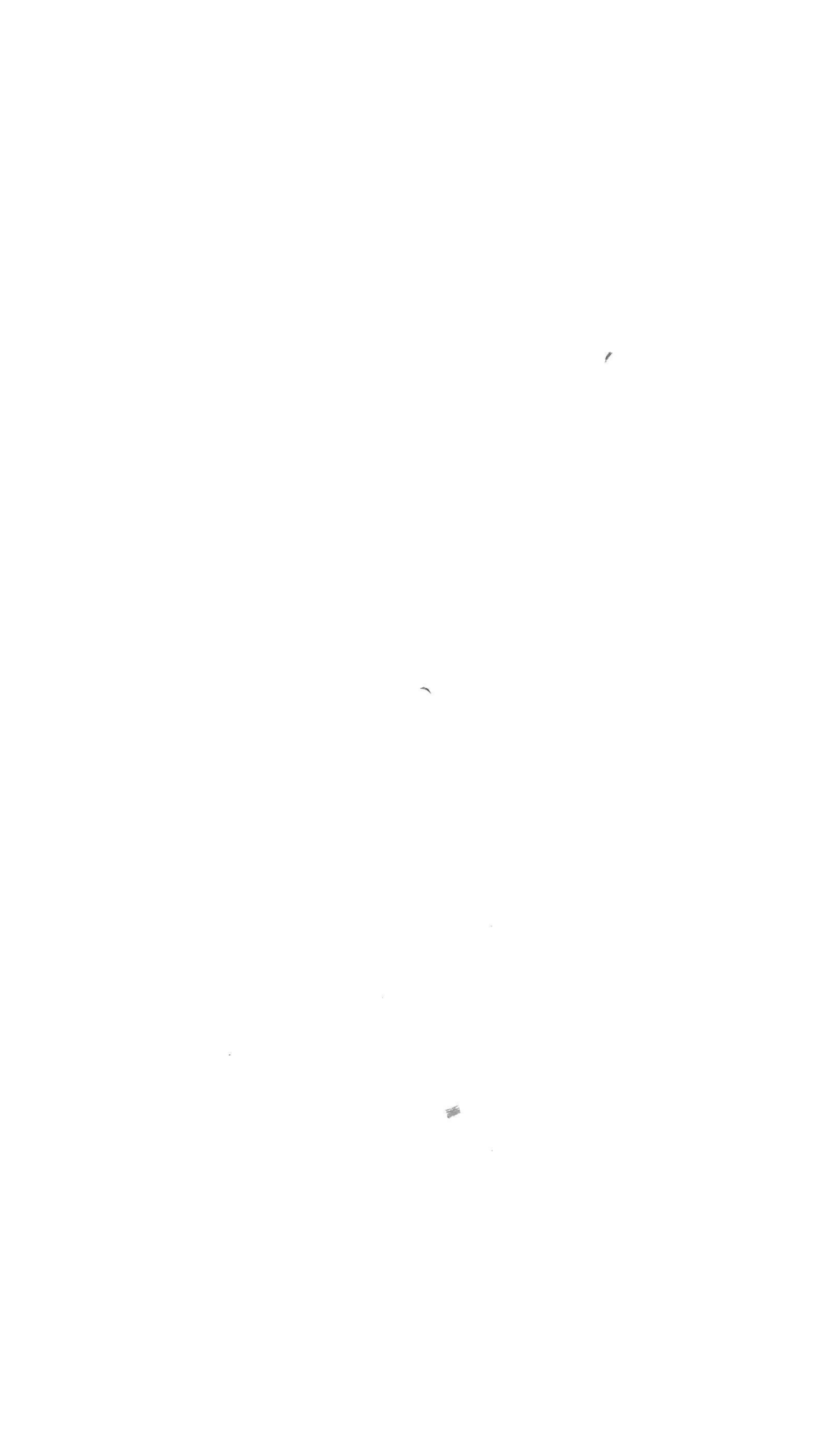
Variétés	Chaleur moléculaire de combustion (pour 12 grammes)
Carbone amorphe .	97 <sup>Cal</sup> ,65
Graphite cristallisé. .	94, 81
Diamant. .	94, 31

Ces trois variétés fournissent donc des résultats différents : l'écart surpasse 3<sup>Cal</sup>,24, ou 3 centièmes, pour le carbone amorphe ; il est d'un demi-centième pour le graphite. Telle est la chaleur qui se dégagerait, si l'on ramenait ces deux variétés à l'état de diamant. Les valeurs



anciennes adoptées jusqu'ici pour la chaleur de combustion du carbone doivent donc être augmentées dans une proportion très sensible, laquelle modifie les calculs relatifs à la chaleur animale, et accroît en même temps les chaleurs de formation de tous les composés organiques depuis leurs éléments, spécialement depuis le carbone amorphe, telles qu'elles ont été calculées jusqu'à ce jour.

---



## CHAPITRE II

---

CHALEUR DE COMBUSTION  
ET DE FORMATION DES COMPOSÉS MINÉRAUX  
ET DES COMPOSÉS CARBONÉS BINAIRES  
ET TERNAIRES NON AZOTÉS, SUSCEPTIBLES  
DE SERVIR D'ALIMENTS  
OU DE PRENDRE NAISSANCE DANS L'ÉCONOMIE  
ANIMALE : HYDRATES DE CARBONE  
ET CORPS GRAS

La chaleur animale est produite par les métamorphoses et par l'oxydation des matières alimentaires, spécialement des trois groupes fondamentaux : corps gras, hydrates de carbone et composés albuminoïdes. Pour en définir l'origine et le développement, il est donc nécessaire de connaître la chaleur dégagée par chacune de ces métamorphoses en particulier, chaleur

qui se déduit elle-même, suivant les principes de la Thermo-chimie, de la connaissance des chaleurs de combustion et de formation des divers principes contenus dans les éléments et dans l'économie humaine. C'est dire assez quelle importance présente la détermination de ces chaleurs de combustion.

Les nouvelles méthodes que j'ai employées à cet effet, et spécialement l'emploi de la bombe calorimétrique, ont permis de l'aborder d'une façon générale, et pour des corps qui échappaient pour la plupart, en raison de leur fixité et de leur difficile inflammabilité, aux anciennes méthodes fondées sur l'emploi de l'oxygène libre.

L'emploi du chlorate de potasse, à l'aide duquel on avait essayé de tourner la difficulté, n'avait fourni que des résultats trop imparfaits pour pouvoir servir de base à des déductions exactes.

Au contraire, l'oxygène, comprimé à 25 atmosphères dans mes nouveaux appareils, ne souffre aucune exception et donne lieu aux mesures les plus précises. Dès à présent, les chaleurs de formation et de combustion des divers composés organiques, et en particulier celles des hydrates de carbone et des principaux corps gras, ainsi que celles des principes azotés et albuminoïdes mis

en œuvre dans les organismes animaux ont été déterminées exactement depuis vingt ans, en grande partie dans mon laboratoire et par mes élèves et amis. Divers chimistes allemands et russes, spécialement Stohmann, sont venus, avec un zèle qui les honore, étudier à Paris la bombe calorimétrique, et ils ont apporté un contingent considérable à cette œuvre capitale. Je me propose de donner ici des tableaux résumant les principales données, utiles à connaître pour l'ordre d'études envisagé dans le présent ouvrage. Je commencerai par les principes ternaires oxygénés; puis je traiterai les corps azotés, amides, nitriles, albuminoïdes, dans une série de chapitres spéciaux.

Dans le présent chapitre, je donnerai donc les tableaux des chaleurs de combustion et des chaleurs de formation des principes formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, susceptibles de se rencontrer parmi les aliments; ou bien d'être introduits ou formés au sein de l'économie, dans des conditions usuelles. Je les ferai précéder de quelques données plus générales, qui se retrouvent non moins fréquemment, soit dans la théorie, soit dans la pratique, pendant les études de chimie physiologique.

J'ajouterai que les chiffres qui vont être présentés sont tirés de mon ouvrage intitulé : *Ther-*

*mochimie* : *Données et lois numériques* <sup>(1)</sup>, ouvrage où l'on indique comment ils ont été obtenus directement, ou déduits de données expérimentales.

J'y ai ajouté quelques données.

Toutes les chaleurs de formation des composés organiques sont calculées depuis le carbone, pris à l'état de diamant. Elles seraient accrues de  $+ 3^{\text{Cal}},34$  par atome de carbone ( $C = 12^{\text{gr}}$ ), si l'on partait du carbone amorphe.

On les présentera à la fois pour les corps isolés et pour les corps dissous, condition qui est celle d'un grand nombre de composés contenus dans les liquides organiques.

On transcrira également les chaleurs de combustion, à la fois pour le cas où l'acide carbonique se dégage à l'état de gaz, et pour le cas, réalisé transitoirement dans l'économie, où il demeure dissous : ce qui dégage en plus  $+ 5^{\text{Cal}},6$  par molécule de  $\text{CO}^2$ , soit 44 grammes.

La Calorie ici employée exprime la quantité de chaleur capable d'élever d'un degré 1 kilogramme d'eau, pris à  $15^{\circ}$

---

(1) 2 Volumes in-8°, chez Gauthier-Villars, 1897.

DONNÉES GÉNÉRALES

---

Formation de l'eau, H<sup>2</sup>O (18 grammes)

H <sup>2</sup> + O = H <sup>2</sup> O liquide, à 15°	+ 69	Cal, 0
" H <sup>2</sup> O gazeuse, à 15°	+ 58,	3
" H <sup>2</sup> O solide, à 0°	+ 70,	4

*Eau oxygénée*, H<sup>2</sup>O<sup>2</sup> (34 grammes)

H <sup>2</sup> O liquide + O = H <sup>2</sup> O <sup>2</sup> dissoute	- 21,	7
---	-------	---

---

*Ozone*, Oz (48 grammes)

3O = Oz (gaz).	- 30,	7
----------------	-------	---

Les combustions produites par l'ozone, dégagent + 30Cal,7 de plus que l'oxygène libre. Elles peuvent se produire de deux manières : tantôt en utilisant les trois atomes d'oxygène ; tantôt en utilisant un seul atome d'oxygène, les deux autres atomes devenant libres. Mais l'excès thermique demeure le même.

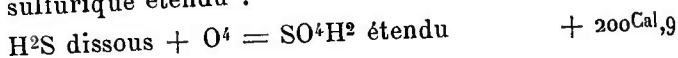
---

*Hydrogène sulfuré*, H<sup>2</sup>S (34 grammes)

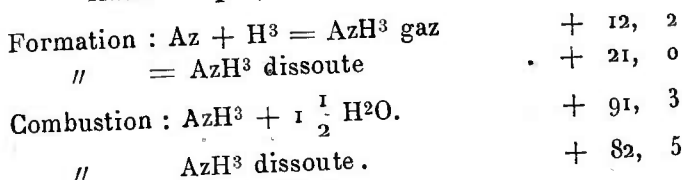
Formation : H <sup>2</sup> + S solide = H <sup>2</sup> S gaz .	+ 4,	8
" = H <sup>2</sup> S dissous	+ 9,	5

Combustion avec dépôt de soufre (Eaux minérales sulfureuses au contact de l'air),  
H<sup>2</sup>S dissous + O = H<sup>2</sup>O + S : dégage. + 50, 5

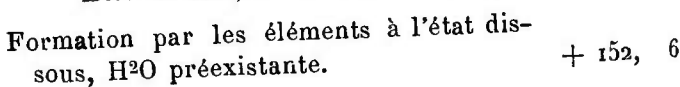
Combustion lente avec formation d'acide sulfurique étendu :



*Ammoniaque, AzH<sup>3</sup>* (17 grammes)



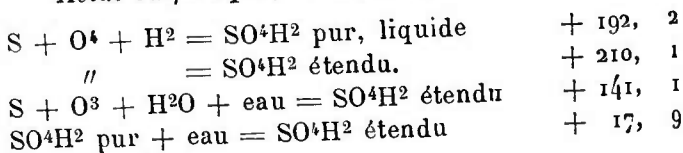
*Bicarbonate, CO<sup>2</sup>.H<sup>2</sup>O.AzH<sup>3</sup>* (96<sup>gr</sup>)



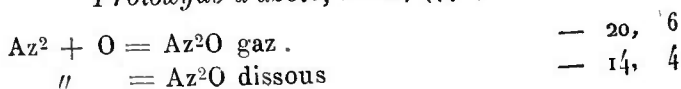
*Acide sulfureux, SO<sup>2</sup>* (64 grammes)



*Acide sulfurique, SO<sup>4</sup>H<sup>2</sup>* (98 grammes)

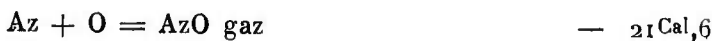


*Protoxyde d'azote, Az<sup>2</sup>O*, (44<sup>gr</sup>)



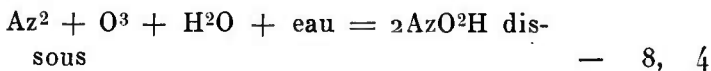


*Bioxyde d'azote, AzO* (30 grammes)

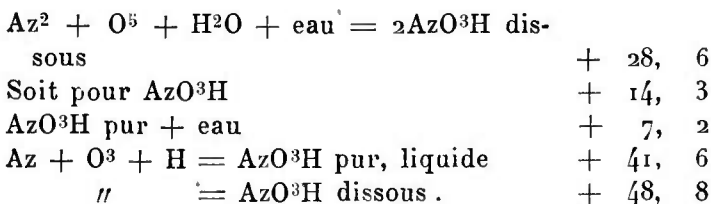


Les combustions produites par les oxydes de l'azote dégagent respectivement + 20Cal,6 pour Az<sup>2</sup>O et + 21Cal,6 pour AzO, de plus que celles produites par l'oxygène libre.

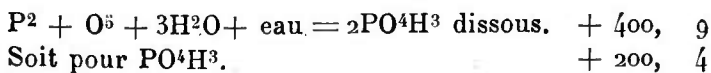
*Acide azoteux, AzO<sup>2</sup>H* (47 grammes)



*Acide azotique, AzO<sup>3</sup>H* (63 grammes)



*Acide phosphorique, PH<sup>3</sup>O<sup>4</sup>* (98 grammes)



*Acide carbonique, CO<sup>2</sup> (44 grammes)*

Avec le carbone diamant :		
C + O <sup>2</sup> = CO <sup>2</sup> gaz		+ 94Cal,31
CO <sup>2</sup> dissous		+ 99, 9
Avec le carbone amorphe :		
C + O <sup>2</sup> = CO <sup>2</sup> gaz		+ 97, 65
CO <sup>2</sup> dissous		+ 103, 25
Dissolution de CO <sup>2</sup> dans l'eau.		+ 5, 6

---

*Oxyde de carbone, CO (28 grammes)*

Formation avec le carbone diamant :		
C + O = CO gaz		+ 26, 1
Formation avec le carbone amorphe :		
C + O = CO gaz.		+ 29, 45
Combustion : CO + O = CO <sup>2</sup> .		+ 68, 2

---

*Sulfure de carbone, CS<sup>2</sup> (76 grammes)*

C + S <sup>2</sup> = CS <sup>2</sup> gaz.		- 25, 4
CS <sup>2</sup> liquide		- 19, 0

---

*Azoture de carbone ou cyanogène,*

C <sup>2</sup> Az <sup>2</sup> (52 grammes)		
C <sup>2</sup> + Az <sup>2</sup> = C <sup>2</sup> Az <sup>2</sup> ou Cy <sup>2</sup> gaz		- 73, 9
Cy <sup>2</sup> dissous .		+ 67, 1
Combustion, gaz		+ 262, 5

---

*Acide cyanhydrique (nitrile formique)*

CHAz (27 grammes)	
C + Az + H = CAzH gaz	— 30,5
CAzH dissous.	— 24,4
Combustion, gaz.	+ 159,6
dissous	+ 153,1

---

*Acide cyanique (acide carbimique)*

CHAzO (43 grammes)	
C + Az + H + O = CAzHO dissous	+ 37,0
Combustion, CO <sup>2</sup> gaz	+ 91,8

*Cyanale d'ammoniaque, CHAzO.AzH<sup>3</sup>*  
(60 grammes)

C + H <sup>4</sup> + Az <sup>2</sup> + O = CHAzO.AzH <sup>3</sup> dissous	+ 68,9
---	--------

*Cyanamide, CH<sup>2</sup>Az<sup>2</sup>* (42 grammes)

C + H <sup>2</sup> + Az <sup>2</sup> = CH <sup>2</sup> Az <sup>2</sup> cristallisé	— 8,3
dissous	— 11,9
Combustion : corps pur, CO <sup>2</sup> gaz.	+ 171,5

---

Voici maintenant les tableaux des chaleurs de formation et de combustion des principaux composés organiques, formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène; les composés azotés étant traités à part. On suppose toujours CO<sup>2</sup> gazeux :

## I. CARBURES D'HYDROGÈNE FONDAMENTAUX

Noms	Formule	Poids	Formation par les éléments	Combustion
<i>Formène</i>	CH <sup>4</sup>	14gr	+ 18Cal,9 gaz	+ 213Cal,5
<i>Éthane</i>	C <sup>2</sup> H <sup>6</sup>	30	+ 23, 3 gaz	+ 372, 3
<i>Éthylène</i>	C <sup>2</sup> H <sup>4</sup>	28	- 14, 6 gaz	+ 341, 1
<i>Acétylène</i>	C <sup>2</sup> H <sup>2</sup>	26	- 58, 1 gaz	+ 315, 7 gaz
			- 52, 8 dissous	+ 310, 4 dissous
<i>Amylène.</i>	C <sup>5</sup> H <sup>10</sup>	70	+ 7, 3 gaz	+ 809, 2 gaz
<i>Diamylène</i>	C <sup>10</sup> H <sup>20</sup>	140	+ 12, 5 liquide	+ 804, 0 liquide
<i>Benzine</i>	C <sup>6</sup> H <sup>6</sup>	78	+ 36, 9 liquide	+ 1596, 2
<i>Toluène</i>	C <sup>7</sup> H <sup>8</sup>	92	- 11, 3 gaz	+ 784, 1 gaz
<i>Térébenthène</i>	C <sup>10</sup> H <sup>16</sup>	136	- 4, 1 liquide	+ 776, 9 liquide
<i>Camphène</i>	C <sup>10</sup> H <sup>16</sup>	136	+ 2, 3 liquide	+ 933, 8
<i>Naphtaline.</i>	C <sup>10</sup> H <sup>8</sup>	128	+ 4, 2 liquide	+ 1490, 8
			+ 25, 8 cristall.	+ 1469, 2
			- 22, 8 cristall.	+ 1241, 8

## II. ALDÉHYDES

Noms	Formules	Points	Formation par les éléments		Combustion
<i>Aldéhyde méthylque</i>	CH <sup>2</sup> O	30gr	+ 25Cal,	4 gazeux	+ 143Cal, 0 gazeux
<i>Trioxyméthylène</i>	C <sup>3</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	90	+ 40,	4 dissous	+ 128, 0 dissous
<i>Aldéhyde éthylque.</i>	C <sup>2</sup> H <sup>4</sup> O	44	+ 121,	2 solide	+ 368, 6
<i>Paraldéhyde</i>	C <sup>6</sup> H <sup>12</sup> O <sup>3</sup>		+ 51,	1 gazeux	+ 275, 5 gazeux
<i>Aldéhyde benzoïque</i>	C <sup>7</sup> H <sup>6</sup> O	132	+ 57,	1 liquide	+ 269, 5 liquide
<i>Aldéhyde cinnamique.</i>	C <sup>9</sup> H <sup>8</sup> O	132	+ 60,	7 dissous	+ 265, 9 dissous
			+ 166,	6 liquide	+ 813, 2
			+ 25,	4 liquide	+ 841, 7
			+ 11,	8 liquide	+ 1112, 9
<i>Glyoxal</i>	C <sup>2</sup> H <sup>2</sup> O <sup>2</sup>	58	+ 85Cal,	2 solide	+ 172Cal, 4 solide
<i>Furfurol</i>	C <sup>3</sup> H <sup>4</sup> O <sup>2</sup>	96	+ 84,	0 dissous	+ 173, 6 dissous
<i>Aldéhyde salicylique</i>	C <sup>7</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	122	+ 49,	7 liquide	+ 559, 8
<i>Vanilline.</i>	C <sup>8</sup> H <sup>8</sup> O <sup>3</sup>	152	+ 59,	5 liquide	+ 807, 6
			+ 115,	7 cristal.	+ 914, 7
<i>Acétone</i>	C <sup>3</sup> H <sup>6</sup> O	58	+ 66Cal,	3 liquide	+ 423Cal, 6 liquide
<i>Camphre.</i>	C <sup>10</sup> H <sup>16</sup> O	152	+ 68,	8 dissous	+ 421, 1 dissous
<i>Quinon</i>	C <sup>6</sup> H <sup>4</sup> O <sup>2</sup>	108	+ 80,	3 solide	+ 1413Cal, 7
			+ 47,	0 cristal.	+ 656Cal, 8 solide
			+ 43,	0 dissous	+ 660, 8 dissous

## III. ALCOOLS

Noms	Formule	Poids	Formation par les éléments	Combustion
<i>Alcool méthylique</i>	$\text{CH}_4\text{O}$	32 <sup>gr</sup>	+ 6rCal, 7 liquide + 63, 7 dissous + 59, 8 gazeux	+ 170Cal, 6 liquide + 168, 6 dissous
<i>Alcool éthylique</i>	$\text{C}^2\text{H}^6\text{O}$	46	+ 69, 9 liquide + 72, 4 dissous. + 62, 8 gazeux	+ 325, 7 liquide + 323, 2 dissous + 658, 4 gazeux
<i>Éther ordinaire</i>	$(\text{C}^2\text{H}^5)_2\text{O}$	74	+ 70, 5 liquide + 76, 4 dissous + 78, 6 liquide	+ 651, 7 liquide + 645, 8 dissous
<i>Alcool propylique normal</i>	$\text{C}^3\text{H}^8\text{O}$	60	+ 81, 7 dissous + 85, 5 liquide + 88, 4 dissous	+ 480, 3 liquide + 477, 3 dissous + 636, 7 liquide + 633, 8 dissous
<i>Alcool isobutylique</i>	$\text{C}^4\text{H}^{10}\text{O}$	74		

<i>Alcool amylique ordinaire</i>	$C^5H^{12}O$	88 <sup>sr</sup>	+ 91Cal,6 liquide + 94, 4 dissous + 177, 6 solide	+ 793Cal,6 liquide + 791, 1 dissous + 2504, 2
<i>Alcool éthaique</i>	$C^{16}H^{34}O$	242	+ 40, 8 liquide + 123, 0 solide	+ 895, 3 + 1509, 2
<i>Alcool benzylque</i>	$C^{10}H^{20}O$	156	+ 97, 0 solide	+ 1467, 0
<i>Menthol</i>	$C^{10}H^{18}O$	154	+ 127, 8 solide	+ 3842, 3
<i>Bornéol</i>	$C^6H^4O$	372		
<i>Cholestérine</i>				
<i>Glycol</i>	$C^2H^6O^2$	62 <sup>sr</sup>	+ 112Cal,3 liquide + 114 dissous	+ 283Cal,3 liquide + 281, 6 dissous
<i>Saligénine</i>	$C^7H^8O^2$	124	+ 90, 1 solide + 86, 9 dissous	+ 846, 0 solide + 849, 2 dissous
<i>Terpine</i>	$C^{10}H^{20}O^2$	172	+ 176, 3 solide	+ 1456, 7
<i>Glycérine</i>	$C^3H^8O^3$	92	+ 161, 7 liquide + 163, 2 dissous	+ 397, 2 liquide + 395, 7 dissous
<i>Érythrite</i>	$C^4H^{10}O^4$	122	+ 219, 7 solide + 214, 4 dissous	+ 502, 6 solide + 497, 3 dissous
<i>Arabitol</i>	$C^5H^{12}O^5$	152	+ 273, 5 solide	+ 612
<i>Mannite</i>	$C^6H^{14}O^6$	182	+ 320, 3 solide + 315, 7 dissous	+ 728, 5 solide + 733, 1 dissous

## IV. HYDRATES DE CARBONE

Noms	Formules	Poids	Formation par les éléments	Combustion
<i>Arabinose</i>	$C^5H^{10}O^5$	15ogr	+ 259Cal, 4 solide	+ 557Cal, 7
<i>Xylose</i>	$C^5H^{10}O^5$	150	+ 255, 8 solide	+ 560, 7
<i>Glucose</i>	$C^6H^{12}O^6$	180gr	+ 302Cal, 6 solide	+ 677Cal, 2 solide
<i>Léruleose.</i>	$C^6H^{12}O^6$	180	+ 300, 4 dissous	+ 679, 4 dissous
<i>Galactose</i>	$C^6H^{12}O^6$	180	+ 303, 9 solide	+ 675, 9
<i>Sorbine</i>	$C^6H^{12}O^6$	180	+ 309, 9 solide	+ 669, 9
<i>Inosite</i>	$G^6H^{12}O^6$	180	+ 370, 9 solide	+ 668, 6
		180	+ 313, 3 solide	+ 665, 5
<i>Saccharose</i> (sucre de canne).	$C^{12}H^{22}O^{11}$	342gr	+ 535Cal, 6 solide	+ 1355Cal, 0 solide
			+ 534, 8 dissous	+ 1355, 8 dissous



<i>Lactose</i> (sucre de lait) :	$C_{12}H_{24}O_{12}$	360gr	+ 599Cal, 8 solide + 596, 1 dissous + 538, 1 solide + 538, 9 solide	+ 1359Cal, 8 solide + 1363, 5 dissous + 1350, 7 + 1349, 9
<i>Maltose</i>	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342		
<i>Trehalose</i>	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342		
<i>Melitose</i> (ou raffinose).	$C_{18}H_{32}O_{16}$	504gr	+ 775Cal, 3 solide + 766, 9 dissous + 758, 4 solide	+ 2026Cal, 1 solide + 2034, 5 dissous + 2043
<i>Mélesitose</i>	$C_{18}H_{32}O_{16}$ + $H_2O$			
<i>Dextrine.</i>	$(C_6H_{10}O_5)_n$	162n	+ 243Cal, 6 × n sol. + 243, 3 × n dis. + 231, 4 × n sol. + 231, 3 × n dis. + 225, 9 × m sol. + 231, 9 × m sol. + 230, 4 × p sol.	+ 667Cal, 2 × n sol. + 667, 5 × n dis. + 678, 3 × n sol. + 678, 4 × n dis. + 684, 9 × m + 678, 9 × m + 680, 4 × p
<i>Inuline</i>	"	162n		
<i>Amidon</i>	"	162m		
<i>Glycogène</i>	"	162m		
<i>Cellulose</i> (coton)	"	162p		

## V. ACIDES MONOBASIQUES (1)

Noms	Formules	Poids	Formation par les éléments		Combustion
<i>Acide formique</i>	$\text{CH}_2\text{O}_2$	46 <sup>sr</sup>	+ 101Cal, 5 liquide	+ 61Cal, 7 liquide	
<i>Acide acétique</i>	$\text{C}^2\text{H}_4\text{O}_2$	60	+ 101, 6 dissous	+ 209, 4 liquide	
<i>Ether acétique.</i>	$\text{C}^2\text{H}_5(\text{C}^2\text{H}_3\text{O}_2)$	88	+ 117, 2 liquide	+ 209, 0 dissous	
<i>Acide propionique</i>	$\text{C}^3\text{H}_6\text{O}_2$	74	+ 117, 6 dissous	+ 537, 1 liquide	
<i>Acide butyrique</i>	$\text{C}^4\text{H}_8\text{O}_2$	88	+ 116, 1 liquide	+ 534, 0 dissous	
<i>Acide valérique ordinaire</i>	$\text{C}^5\text{H}_{10}\text{O}_2$	102	+ 119, 2 dissous	+ 367, 4 liquide	
<i>Acide caproïque</i>	$\text{C}^6\text{H}_{12}\text{O}_2$	116	+ 122, 5 liquide	+ 366, 8 dissous	
			+ 123, 1 dissous	+ 524, 4 liquide	
			+ 128, 8 liquide	+ 523, 8 dissous	
			+ 129, 4 dissous	+ 674, 0 liquide	
			+ 142, 5 liquide	+ 673, 3 dissous	
			+ 143, 2 dissous	+ 830, 2 liquide	
			+ 149, 6 liquide		

<i>Acide benzoïque</i>	$C^7H^6O^2$	130gr	+ $94Ca$ , 2 solide + 87, 7 dissous	+ $772Ca$ , 9 solide + 779, 4 dissous
<i>Acide caprique</i>	$C^{10}H^{20}O^2$	172 <sup>gr</sup>	+ $174Ca$ , 7 solide	+ 1 458Ca, 3
<i>Acide myristique</i>	$C^{14}H^{28}O^2$	228	+ 200, 3 solide ou + 224, 5	+ 2 085, 9 ou + 2 061, 7
<i>Trimyristine</i>	$C^3H^5$	722	+ 608, 6 solide	+ 6 601, 9
<i>Acide margarique ou palmitique</i>	$(C^{14}H^{27}O^2)^3$		ou + 560, 0	ou + 6 650, 5
	$C^{16}H^{32}O^2$	256	+ 241, 0 solide	+ 2 371, 8
<i>Acide stéarique</i>	$C^{18}H^{36}O^2$	284	ou + 214, 4	ou + 2 398, 4
<i>Acide oléique</i>	$C^{18}H^{34}O^2$	282	+ 261, 6 solide ou + 227, 6	+ 2 677, 8 ou + 2 711, 8
			+ 188, 0 liquide	+ 2 682

(<sup>1</sup>) Les chaleurs de combustion des acides gras à molécule élevée, d'après les meilleurs expérimentateurs, offrent des différences de près d'un centième, attribuables à la difficulté de les purifier. De même celles des corps gras neutres. On a donné ici deux des principales valeurs obtenues.

## VI. ACIDES BIBASIQUES

Noms	Formules	Poids	Formation par les éléments	Combustion
<i>Acide oxalique</i>	$C^2H^2O^4$	90 <sup>gr</sup>	+ 197 Cal, 6 solide	+ 60 Cal, 0 solide
<i>Acide malonique.</i>	$C^3H^4O^4$	104	+ 195, 3 dissous	+ 62, 3 dissous
<i>Acide succinique</i>	$C^4H^6O^4$	118	+ 213, 7 solide	+ 207, 2 solide
<i>Acide glutarique</i>	$C^5H^8O^4$	132	+ 208, 1 dissous	+ 212, 8 dissous
<i>Acide adipique</i>	$C^6H^{10}O^4$	146	+ 229, 8 solide	+ 354, 4 solide
<i>Acide sébacique</i>	$C^{10}H^{18}O^4$	202	+ 223, 4 dissous	+ 360, 8 dissous
<i>Acide camphorique</i>	$C^{10}H^{16}O^4$	200	+ 231, 4 solide	+ 516, 1 solide
			+ 226, 0 dissous	+ 521, 5 dissous
			+ 241, 9 solide	+ 668, 9
			+ 270, 9 solide	+ 1293, 4
			+ 253, 2 solide	+ 1241, 8
<i>Acide aconitique (tribasig.)</i>	$C^6H^6O^6$	174	+ 294, 8 solide	+ 478, 0
<i>Acide mellique (hexabasig.)</i>	$C^{12}H^{12}O^{12}$	342	+ 550, 4 solide	+ 788, 2

Noms	Formule	Poids	Formation par les éléments		Combustion
<i>Acide glycollique</i>	$C^2H^4O^3$	76gr	+ 160Cal, 3 solide	+ 166Cal, 3 solide	
<i>Acide glyoxylique</i>	$C^2H^4O^4$	92	+ 157, 5 dissous	+ 169, 1 dissous	
<i>Acide lactique.</i>	$C^3H^6O^3$	90	+ 201, 1 solide	+ 125, 5 solide	
<i>Acide mésovalique</i>	$C^3H^2O^6$	136gr	+ 198, 6 dissous	+ 128, 2 dissous	
<i>Acide tarttronique</i>	$C^3H^4O^5$	120	+ 167, 4 liquide	+ 329, 5	
<i>Acide tartrique</i>	$C^4H^6O^6$	150	+ 292Cal, 7 solide	+ 128Cal, 3	
<i>Acide lévulique</i>	$C^5H^8O^3$	116	+ 165, 8 solide	+ 255, 1 solide	
<i>Acide pyromucique.</i>	$C^5H^4O^3$	112	+ 161, 4 dissous	+ 259, 5 dissous	
<i>Acide mucique</i>	$C^6H^{10}O^8$	115	+ 302, 3 solide	+ 281, 0 solide	
<i>Acide citrique.</i>	$C^6H^8O^7$	192	+ 298, 9 dissous	+ 284, 4 dissous	
<i>Acide salicylique</i>	$C^7H^6O^3$	138	+ 170, 1 solide	+ 577, 1 solide	
<i>Acide gallique</i>	$C^7H^6O^5$	170	+ 166, 5 dissous	+ 581, 7 dissous	
<i>Acide quinique</i>	$C^7H^{12}O^8$	192	+ 115, 7 solide	+ 493, 8	
<i>Acide humique</i>	$C^{18}H^{16}O^7$	344	+ 426, 9 solide	+ 483, 9	
<i>" anhydride.</i>	$C^{18}H^{14}O^6$	326	+ 366, 9 solide	+ 474, 9 solide	
			+ 364, 8 dissous	+ 477 dissous	
			+ 132, 1 solide	+ 735, 0 solide	
			+ 125, 7 dissous	+ 741, 4 dissous	
			+ 233, 0 solide	+ 631, 1	
			+ 240, 4 solide	+ 833, 4	
			+ 266, 2 solide	+ 1983, 2	
			+ 182, 5 solide	+ 1968, 5	

## VIII. PHÉNOLS

Noms	Formules	Poids	Formation par les éléments	Combustion
<i>Phénol</i>	$C^6H^6O$	94 <sup>gr</sup>	+ 36Cal, 8 solide + 34, 2 dissous	+ 736Cal, 0 solide + 738, 6 dissous
<i>Résorcine</i>	$C^6H^6O^2$	110	+ 89, 45 solide + 85, 6 dissous	+ 683, 4 solide + 687, 8 dissous
<i>Hydroquinon</i>	$C^6H^6O^2$	110	+ 87, 3 solide + 82, 9 dissous	+ 685, 5 solide + 689, 9 dissous
<i>Pyrocatechine.</i>	$C^6H^6O^2$	110	+ 87, 6 solide + 139, 5 solide	+ 685, 2 solide + 633, 3 solide
<i>Pyrogallol</i>	$C^6H^6O^3$	126	+ 136, 6 dissous	+ 636, 2 dissous

## SELS ORGANIQUES

Les acides organiques peuvent être introduits dans l'économie sous deux formes : à l'état libre, ou à l'état de sels, tels que les sels de potasse et de soude principalement. Dans ce dernier cas, ils en sortent, pour la plupart, transformés par l'oxydation en acide carbonique et bicarbonate de potasse,  $\text{CO}^3\text{KH}$ . Cette transformation exige un calcul spécial, qu'il est utile de donner ici.

Soit un acide,  $\text{C}^n\text{H}^{2p}\text{O}^q$ , supposé monobasique, sa chaleur de formation par les éléments étant égale à  $F$ , dans l'état dissous. Soit encore  $Q$ , la chaleur de formation par les éléments de l'hydrate alcalin, tel que  $\text{KOH}$  ou  $\text{NaOH}$ , auquel il s'unit pour former un sel soluble ; soit enfin  $N$ , sa chaleur de neutralisation, laquelle est en général comprise entre 13 Calories et 14 Calories, les produits étant un sel de potasse dissous,  $\text{C}^n\text{H}^{2p-1}\text{KO}^q$ , et une molécule d'eau,  $\text{H}^2\text{O}$ .

La chaleur de formation (par les éléments) de ce sel dissous, sera :  $F + Q + N - 69$ .

La chaleur de combustion de l'acide, avec production d'acide carbonique dissous et d'eau, étant, d'ailleurs

$$+ 99,9 n + 69 p - F$$

Celle de son sel potassique dissous, avec production d'acide carbonique dissous et de bicarbonate dissous, sera

$$+ 99,9 n + 69 p - F + 11,1 - N ;$$

elle différera de celle de l'acide, seulement par la différence  $11,1 - N$ , c'est-à-dire par un nombre généralement négatif et voisin de 3 à 4 Calories : valeur à peu près négligeable dans presque tous les cas, vis-à-vis de la chaleur de combustion totale ; du moins pour les acides qui renferment plusieurs atomes de carbone.

Si le sel était bibasique, l'écart serait doublé, etc.

Dans le cas où l'on établit le calcul de la chaleur de combustion en supposant l'acide carbonique gazeux,  $(n - 1)$  molécules seulement de  $\text{CO}^2$  prendront cet état, 1 molécule d'acide carbonique étant fixée par la potasse : ce qui porte l'écart à  $+ 16,7 - N$ . Il change alors de signe, c'est-à-dire qu'il prend une valeur positive, environ 3 à 4 Calories par atome de potassium.

#### CORPS GRAS NATURELS

Ce sont des glycérides, c'est-à-dire des éthers et acides gras. Pour 1 gramme, la composition



pondérale de la plupart d'entre eux est voisine de

$$C = 0,765 ; \quad H = 0,120 ; \quad O = 0,115$$

Dans ces conditions, 1 gramme dégage en brûlant, environ

$$+ 9^{\text{Cal}},500 ; \text{CO}^2 \text{ étant gazeux,}$$

$$+ 9^{\text{Cal}},857 ; \text{CO}^2 \text{ étant dissous.}$$

Formation par les éléments, rapportée à 1 gramme de matière : environ  $0^{\text{Cal}},6143$ .

La combustion du beurre dégage un peu moins, en raison de la présence de la butyrine et analogues, qui sont moins carbonées, soit pour 1 gramme

$$9^{\text{Cal}},231 ; \text{CO}^2 \text{ étant gazeux,}$$

$$9^{\text{Cal}},58 ; \text{CO}^2 \text{ étant dissous.}$$

Les huiles végétales, dégagent en moyenne, pour 1 gramme brûlé,

$$9^{\text{Cal}},520 ; \text{CO}^2 \text{ étant gazeux,}$$

$$9^{\text{Cal}},877 ; \text{CO}^2 \text{ étant dissous.}$$

#### HYDRATES DE CARBONE

La combustion d'un hydrate de carbone solide dégage en moyenne, pour un poids de matière

renfermant un gramme de carbone :  $+ 9^{\text{Cal}},470$  ; c'est-à-dire un excès supérieur d'un cinquième à la chaleur de combustion,  $+ 7^{\text{Cal}},96$ , du carbone élémentaire que cet hydrate renferme. On ne tenait pas compte de ces excès dans les anciens calculs relatifs à la chaleur animale. La réserve d'énergie qui en résulte joue un grand rôle dans leurs transformations.

---

## CHAPITRE III

---

CHALEUR DE COMBUSTION ET DE FORMATION  
DES PRINCIPES AZOTÉS  
A MOLÉCULE BIEN DÉFINIE,  
SUSCEPTIBLES D'EXISTER  
DANS L'ÉCONOMIE ANIMALE, ET CONGÉNÈRES :  
AMIDES, AMINES, NITRILES, ETC.

Les dédoublements et transformations des principes albuminoïdes constitutifs du corps humain, donnent lieu à des composés azotés plus simples, à molécule bien définie, appartenant aux trois groupes suivants :

*Amides simples*, dérivés de l'union de l'ammoniaque avec les acides ;

*Amines* ou *alcalis*, dérivés de l'union de l'ammoniaque avec les alcools à fonction simple, ou à fonction mixte.

Ces amines fournissent à leur tour des *alcalamides*, en s'unissant aux acides.

Enfin, les *nitriles* et les *imides* dérivent des amides et des alcalamides, par une nouvelle perte d'eau. Ces derniers composés jouent surtout un rôle important dans la thermogenèse : à la fois, parce qu'ils entrent dans la constitution des albuminoïdes, et parce qu'ils sont susceptibles de dégager des quantités de chaleur considérables, lors de leur combinaison avec les éléments de l'eau.

Les chaleurs de formation et de combustion de ces divers groupes ont été, pour la plupart, mesurées dans mon laboratoire, spécialement en ce qui touche les nitriles.

Observons que les chaleurs de combustion qui suivent se rapportent à une combustion totale, avec formation d'acide carbonique, d'eau et d'azote. Si l'azote se sépare à l'état combiné, par exemple à l'état d'urée dissoute, comme il arrive dans l'économie animale, où les combustions sont lentes et accomplies vers la température ordinaire, il conviendra de diminuer la chaleur de combustion totale des principes azotés, de la chaleur de combustion des combinaisons subsistantes, telles que l'urée. Nous allons donner ce calcul. Soit l'urée  $\text{CH}^4\text{Az}^2\text{O} = 60$  grammes. Sa

combustion à l'état pure, dégage + 151<sup>Cal</sup>,5. Si l'urée demeure dissoute, tandis que l'acide carbonique est éliminé simultanément dans l'état gazeux, la combustion produit + 155<sup>Cal</sup>,1.

Enfin, pour l'urée dissoute et l'acide carbonique demeuré également dissous, on a + 160<sup>Cal</sup>,7.

Telles sont les valeurs qui doivent être déduites, dans le calcul de la chaleur animale.

Dans les cas de ce genre, deux atomes d'azote  $Az^2 = 28$  grammes sont éliminés sous forme d'urée, au lieu de devenir libres, comme dans une combustion totale. Pour 1 gramme d'azote éliminé sous cette forme, cela fait, l'urée et l'acide carbonique supposés libres : + 5<sup>Cal</sup>,539 ;

Ou bien s'ils sont dissous : + 5<sup>Cal</sup>,739,

Un calcul analogue s'applique aux cas où l'azote s'élimine de l'économie animale sous la forme d'acide urique, ou de tout autre produit de combustion incomplète ; la chaleur de combustion de ces composés devant être retranchée de celle du composé albuminoïde.

Donnons la formule générale de ces calculs.

Admettons, comme dans la 1<sup>re</sup> partie (p. 162), que l'albumine renferme sur 100 parties

$$\begin{aligned} C &= 52,5 ; & H &= 6,5 ; & Az &= 16,5 ; \\ & & O &= 24,5. \end{aligned}$$

Supposons qu'elle se transforme par oxydation, de telle façon que la totalité de son azote passe dans un principe, contenant sur 100 parties

$$C = a; \quad H = b; \quad Az = c; \quad O = d;$$

Le surplus du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène de l'albumine étant éliminé sous forme d'eau et d'acide carbonique. Nous aurons les équations suivantes, pour 100 parties d'albumine produisant un poids  $x$  du principe azoté complémentaire,  $y$  d'acide carbonique,  $z$  d'eau, le tout en se combinant avec poids  $w$  d'oxygène.

Carbone	$52,5 = ax + \frac{3}{11} y.$
Hydrogène	$6,5 = bx + \frac{1}{9} z.$
Azote.	$16,5 = cx.$
Oxygène	$24,5 + w = dx + \frac{8}{11} y + \frac{8}{9} z.$

D'où :

$$x = \frac{16,5}{c}.$$

$$y = \frac{11}{3} \left( 52,5 - 16,5 \times \frac{a}{c} \right).$$

$$z = 9 \left( 6,5 - 16,5 \frac{b}{c} \right).$$

Comme on le voit d'abord, pour que la transformation soit possible, sans autre production complémentaire, on doit avoir certaines relations.

Ainsi  $\frac{a}{c} < \frac{52,5}{16,5} = 3,182$  en poids; ou en atomes : 3,7; c'est-à-dire que le rapport du carbone à l'azote, dans le principe nouveau, doit être moindre que le rapport du même élément dans l'albumine : condition qui exclut la formation *isolée* de certains composés, l'acide hippurique par exemple, composé où le rapport

$$\frac{a}{c} = 7,7.$$

De même, il semble que l'on devrait avoir  $\frac{b}{c} < \frac{6,5}{16,5} = 0,393$  en poids, ou en atomes : 5,5, par la valeur du rapport de l'hydrogène à l'azote, dans le principe nouveau. Toutefois cette dernière condition n'est qu'apparente; car on peut toujours admettre qu'il y a fixation d'eau, aux dépens des liquides de l'économie, pendant la combustion lente de l'albumine : ce qui revient à attribuer à  $x$  une valeur négative.

Quant à l'oxygène, on peut toujours attribuer à  $w$  une valeur positive et même considérable. Les seuls composés organiques pour lesquels  $w$  soit négatif, c'est-à-dire qui contiennent plus d'oxygène que n'en réclame leur combustion totale, sont des dérivés nitriques, tels que la nitroglycérine, lesquels n'existent pas dans les êtres

vivants. En effet, tous les principes immédiats azotés des êtres vivants dérivent en définition par déshydratation, de l'ammoniaque, qui est un composé oxydable, et de composés hydrocarbonés également oxydables jusqu'à la limite extrême de l'acide carbonique et de l'eau.

Précisons ces formules, en les appliquant à la combustion de l'albumine, avec formation d'urée ou d'acide urique, pris comme exemples. Il suffit de calculer  $x$ , pour en déduire la chaleur de combustion correspondante.

(1) 100 grammes d'urée renferment :

$$C = 20,00 ; \quad H = 6,67 ; \quad Az = 46,67 ;$$

$$O = 26,66. \quad \text{Dès lors} \quad x = 0,354.$$

Carbone correspondant	6,78
-----------------------	------

Hydrogène correspondant	2,26
-------------------------	------

$$\frac{a}{c} = 0,43 ; \quad \frac{b}{c} = 0,14.$$

Chaleur de combustion, pour le poids 0<sup>sr</sup>,354 :

$$+ 0^{\text{Cal}},895.$$

C'est cette quantité qu'il convient de retrancher de la chaleur de combustion totale de 1 gramme d'albumine, laquelle s'élève à : 5<sup>Cal</sup>,77 ;



il reste donc  $4^{\text{Cal}},875$ .

(2) 100 grammes d'acide urique renferment :

$$\begin{aligned} \text{C} &= 35,72; & \text{H} &= 2,38; & \text{Az} &= 33,33; \\ \text{O} &= 28,57. & \text{Dès lors} & & x &= 0,50, \end{aligned}$$

Carbone correspondant	17,8
Hydrogène correspondant	1,2

$$\frac{a}{c} = 1,07; \quad \frac{b}{c} = 0,714.$$

Chaleur de combustion, pour le poids  $0^{\text{sr}},50$  :

$$+ 1^{\text{Cal}},37.$$

Pour cette quantité qu'il convient de retrancher de la combustion totale de 1 gramme d'albumine. Il reste donc  $4^{\text{Cal}},40$ .

Voici les tableaux des chaleurs de formation des principes azotés, à molécule bien définie, susceptible d'exister dans l'économie animale, tels qu'amides, alcalamides, uréïdes, nitrites, amines, etc. :

## I. AMIDES

Noms	Formule	Poids	Formation par les éléments	Combustion
<i>Amide formique</i> .	$\text{CH}^3\text{AzO}$	45 <sup>r</sup>	+ 64Cal, 2 dissous	+ 139Cal, 2 dissous
<i>Amide acétique</i> .	$\text{C}^2\text{H}^5\text{AzO}$	59	+ 72, 9 solide	+ 288, 1 solide
<i>Amide propionique</i> .	$\text{C}^3\text{H}^7\text{AzO}$	73	+ 71, 1 dissous	+ 289, 9 dissous
<i>Amide benzoïque</i> . . .	$\text{C}^7\text{H}^7\text{AzO}$	121	+ 88, 4 solide	+ 436, 0
			+ 49, 3 solide	+ 852, 3
<i>Amide oxalique</i> .	$\text{C}^2\text{H}^4\text{Az}^2\text{O}^2$	88	+ 129, 7 solide	+ 196, 9
<i>Acide oxamique</i> .	$\text{C}^2\text{H}^3\text{AzO}^3$	89	+ 163, 3 solide	+ 128, 8 solide
<i>Amide succinique</i> .	$\text{C}^4\text{H}^8\text{Az}^2\text{O}^2$	116	+ 156, 3 dissous	+ 135, 8 dissous
<i>Imide succinique</i> .	$\text{C}^4\text{H}^5\text{AzO}^2$	99	+ 143, 5 solide	+ 509, 7
<i>Taurine ou amide iséthionique</i> .			+ 110, 5 solide	+ 439, 2
	$\text{C}^2\text{H}^7\text{AzSO}^3$	125	+ 188, 5 solide	+ 382, 9 (1)
<i>Acide aspartique</i> .	$\text{C}^4\text{H}^7\text{AzO}^4$	133	+ 231, 9 solide	+ 386, 8 solide
<i>Asparagine</i> .	$\text{C}^4\text{H}^8\text{Az}^2\text{O}^3$	132	+ 224, 7 dissous	+ 594, 0 dissous
			+ 205, 1 solide	+ 478, 1

(1) Avec formation de  $\text{SO}^4\text{H}^2$  étendu.

II. ALCALAMIDES

Noms	Formules	Poids	Formation par les éléments	Combustion
<i>Acide hippurique (benzoylcollamide)</i>	$C^9H^9AzO^3$	179 <sup>sr</sup>	+ 146 <sup>Cal</sup> , 3 solide	+ 1012 <sup>Cal</sup> , 9
<i>Sarcosine (glycolméthylamine)</i>	$C^3H^7AzO^2$	89	+ 123, 2 solide	+ 401, 2
<i>Créatine (uréide de la sarcosine).</i>	$C^{14}H^{19}Az^3O^2$	131	+ 127, 7 solide	+ 560, 0
			+ 125, dissous	+ 562, 3 dissous

## III. URÉIDES ET CONGÉNÈRES

Noms	Formule	Poids	Formation par les éléments	Combustion
<i>Urée ou amide carbonique</i>	$\text{CH}^4\text{Az}^2\text{O}$	60 <sup>gr</sup>	+ 80Cal, 8 solide	+ 151Cal, 5 solide
<i>Cyanamide</i>	$\text{CH}^2\text{Az}^2$	42	+ 77, 2 dissous — 8, 3 solide — 11, 9 dissous	+ 154, 1 dissous + 176, 6 solide + 180, 2 dissous
<i>Imide carbonique ou acide cyanique</i>	$\text{CHAzO}$	43	+ 37, 0 dissous	+ 918 dissous
<i>Acide sulfocyanique</i>	$\text{CHAzS}$	59	— 18, 5 dissous	//
<i>Acide cyanurique</i>	$(\text{CHAzO})^3$	129	+ 165, 1 solide + 161, 9 dissous	+ 152, 3 solide + 153, 5 dissous
<i>Formylurée</i>	$\text{C}^2\text{H}^4\text{Az}^2\text{O}^2$	88	+ 119, 3 solide + 112, 1 dissous	+ 207, 3 solide + 214, 5 dissous
<i>Acétylurée</i>	$\text{C}^3\text{H}^6\text{Az}^2\text{O}^2$	102	+ 129 solide	+ 360 solide
<i>Acide oxaluréique</i>	$\text{C}^3\text{H}^4\text{Az}^2\text{O}^4$	132	+ 122, 2 dissous + 213, 2	+ 366, 8 dissous + 207, 7
<i>Imide (acide parabanique)</i>	$\text{C}^3\text{H}^2\text{Az}^2\text{O}^3$	114	+ 139, 2 solide + 134, 1 dissous	+ 212, 7 solide + 217, 8 dissous

<i>Ac. glycolurique. (hydantoïq.)</i>	$C^3H^6Az^2O^3$	118gr	+ 181Cal, 6 solide	+ 308Cal, 4 solide
<i>Imide glycolurique ou glycolylurée (hydantoïne)</i>	$C^3H^4Az^2O^2$	100	+ 175, 1 dissous	+ 314, 9 dissous
<i>Allantoïne</i>	$C^4H^6Az^4O^3$	158	+ 109, 0 solide	+ 311, 9 solide
<i>Imide malonylurique</i>	$C^4H^4Az^2O^3$	128	+ 102, 9 dissous	+ 318 dissous
<i>Diurèide pyruvique</i>	$C^5H^8Az^4O^3$	172	+ 170, 4 solide	+ 413, 8 solide
<i>Imide mésocaturique (alloxane)</i>	$C^4H^4Az^2O^5$	160	+ 162, 6 dissous	+ 421, 6 dissous
<i>Acide urique</i>	$C^5H^4Az^4O^3$	168	+ 161, 8 solide	+ 353, 4
<i>Xanthine</i>	$C^5H^4Az^4O^2$	162	+ 180, 6 solide	+ 566, 9
<i>Guanine.</i>	$C^5H^5Az^5O$	151	+ 238, 0 solide	+ 276, 5 solide
<i>Théobromine ou diméthylxanthine</i>	$C^7H^8Az^4O^2$	180	+ 234, 5 dissous	+ 278 dissous
<i>Caféine ou triméthylxanthine</i>	$C^8H^{10}Az^4O^2$	194	+ 148, 1 solide	+ 461, 4
			+ 91, 0 solide	+ 508, 5
			+ 57, 4 solide	+ 586, 6
			+ 90, 1 solide	+ 846
			+ 83, 4 solide	+ 1016, 0 solide
			+ 80, 7 dissous	+ 1018, 7 dissous

## IV. NITRILES

Noms	Formules	Poids	Formation par les éléments	Combustion
<i>Nitrile formique ou acide cyanhydrique</i>	CHAz	27 <sup>gr</sup>	— 30Cal,5 gaz — 24, 8 liquide — 24, 4 dissous	+ 159Cal,3 gaz + 153, 6 liquide + 158, 2 dissous
<i>Nitrile acétique</i>	C <sup>2</sup> H <sup>3</sup> Az	41	+ 0, 45 liquide	+ 291, 65
<i>Nitrile propionique.</i>	C <sup>3</sup> H <sup>5</sup> Az	55	+ 8, 7 liquide	+ 446, 7
<i>Nitrile benzoïque</i>	C <sup>7</sup> H <sup>5</sup> Az	103 <sup>gr</sup>	+ 31Cal,1 liquide	+ 865Cal,9
<i>Nitrile phénylacétique</i>	C <sup>8</sup> H <sup>7</sup> Az	117	— 27, 9 liquide	+ 1023, 8
<i>Nitrile toluïque (ortho)</i>	C <sup>8</sup> H <sup>7</sup> Az	117	— 34, 8 liquide	+ 1030, 7
<i>Nitrile glycollique</i>	C <sup>2</sup> H <sup>3</sup> AzO	57 <sup>gr</sup>	+ 36Cal,1 liquide	+ 257Cal,0
<i>Nitrile lactique . . .</i>	C <sup>4</sup> H <sup>5</sup> AzO	71	+ 35, 1 liquide	+ 419, 9
<i>Nitrile oxalique ou cyanogène</i>	C <sup>2</sup> Az <sup>2</sup>	52 <sup>gr</sup>	— 73Cal,9 gaz — 68, 5 liquide	+ 262Cal,5 gaz + 257, 1 liquide
<i>Nitrile malonique</i>	C <sup>3</sup> H <sup>2</sup> Az <sup>2</sup>	66	— 67, 1 dissous	+ 255, 7 dissous
<i>Nitrile succinique</i>	C <sup>4</sup> H <sup>4</sup> Az <sup>2</sup>	80	— 42, 3 solide	+ 395, 1
<i>Nitrile glutarique</i>	C <sup>5</sup> H <sup>6</sup> Az <sup>2</sup>	94	— 29, 8 solide + 243 liquide	+ 545, 0 + 699, 8

IV bis. HYDRATATION DES NITRILES

Noms	Hydratation	Chaleur dégagée
<i>Nitrile formique dissous.</i>	+ 2H <sub>2</sub> O = sel ammoniacal dissous.	+ 21Cal,0
<i>Nitrile acétique liquide</i>	+ 2H <sub>2</sub> O	+ 12, 7
<i>Nitrile benzoïque liquide</i>	+ 2H <sub>2</sub> O	+ 17, 7
<i>Nitrile toluïque liquide</i>	+ 2H <sub>2</sub> O	+ 17, 7
<i>Nitrile glycollique dissous</i>	+ 2H <sub>2</sub> O	+ 16, 6
<i>Nitrile lactique liquide</i>	+ 2H <sub>2</sub> O = sel ammoniacal dissous.	+ 20Cal,0
<i>Nitrile oxalique dissous.</i>	+ 4H <sub>2</sub> O	+ 53, 2
<i>Nitrile malonique liquide</i>	+ 4H <sub>2</sub> O	+ 51, 0
<i>Nitrile succinique liquide</i>	+ 4H <sub>2</sub> O	+ 42, 7

## V. SÉRIE DE L'INDOL ET DU PYRROL

Noms	Formules	Poids	Formation par les éléments	Combustion
<i>Indol</i>	$C^8H^7Az$	117	- 26Cal,8 solide	+ 1022Cal,8
<i>Dioxindol</i>	$C^8H^7AzO^2$	149	+ 80, 2 solide	+ 915, 7
<i>Isatine</i>	$C^8H^5AzO^2$	147	+ 59, 0 solide	+ 867, 8
<i>Isathyde.</i>	$C^{10}H^{12}Az^2O^4$	296	+ 145, 0 solide	+ 1777, 8
<i>Indigoïne.</i>	$C^{10}H^{10}Az^2O^2$	262	+ 41, 0 solide	+ 1812, 6
<i>Pyrrrol</i>	$C^4H^5Az$	67	- 18Cal,0 liquide	+ 568Cal,0
<i>Phénylpyrrrol</i>	$C^{10}H^9Az$	143	- 30, 6 liquide	+ 1284, 1



VI. AMINES

Noms	Formules	Poids	Formation par les éléments		Combustion
<i>Méthylamine</i>	$\text{CH}_5\text{Az}$	31 <sup>gr</sup>	+ 9 <sup>Cal</sup> , 9 gaz	+ 256 <sup>Cal</sup> , 9 gaz	
<i>Triméthylamine.</i>	$(\text{CH}_3)_3\text{Az}$	59	+ 22(environ) dissous	+ 245 gaz	
<i>Éthylamine.</i>	$\text{C}^2\text{H}^7\text{Az}$	45	+ 1, 4 gaz	+ 590 gaz	
<i>Amylamine</i>	$\text{C}^5\text{H}^{13}\text{Az}$	87	+ 5, 6 liquide	+ 586, 4 liquide	
<i>Benzylamine</i> . . . . .	$\text{C}^7\text{H}^9\text{Az}$	107	+ 14, 3 dissous	+ 578, 9 dissous	
<i>Aniline</i>	$\text{C}^6\text{H}^7\text{Az}$	93 <sup>gr</sup>	+ 27, 0 liquide	+ 406, 1 liquide	
<i>Toluidine</i> . . . . .	$\text{C}^7\text{H}^9\text{Az}$	107	+ 33, 3 dissous	+ 399, 8 dissous	
<i>Pyridine</i>	$\text{C}^5\text{H}^5\text{Az}$	79 <sup>gr</sup>	+ 52, 4 liquide	+ 867, 6 liquide	
<i>Piperidine</i>	$\text{C}^6\text{H}^{11}\text{Az}$	85	+ 57, 4 dissous	+ 862, 6 dissous	
<i>Quinoléine</i>	$\text{C}^9\text{H}^7\text{Az}$	129	+ 2, 0 liquide	+ 968, 6 liquide	
<i>Igdo-quinoléine.</i>	$\text{C}^9\text{H}^{11}\text{Az}$	133	+ 11 <sup>Cal</sup> , 2 liquide	+ 818 <sup>Cal</sup> , 5 liquide	
<i>Nicotine.</i> . . . . .	$\text{C}^{10}\text{H}^{14}\text{Az}^2$	162	+ 11, 4 dissous	+ 818, 3 dissous	
<i>Guanidine</i>	$\text{CH}^4\text{Az}^3$	58	+ 5, 9 liquide	+ 964, 7	
			+ 21 <sup>Cal</sup> , 1 liquide	+ 665 <sup>Cal</sup> , 1 liquide	
			+ 19, 0 dissous	+ 663 dissous	
			+ 24, 5 liquide	+ 826, 5 liquide	
			+ 31, 0 dissous	+ 820 dissous	
			+ 32, 8 liquide	+ 1123, 0 liquide	
			+ 31, 8 dissous	+ 1124, 0 dissous	
			+ 0, 4 liquide	+ 1227, 8	
			+ 1, 8 liquide	+ 1427, 9	
			+ 19 <sup>Cal</sup> , 2 solide	+ 247 <sup>Cal</sup> , 6 solide	
			+ 20, 4 dissous	+ 245, 4 dissous	

## VII. AMINES-ACIDES

Noms	Formules	Poids	Formation par les éléments	Combustion
<i>Glycollamine</i> ou <i>glycocolle</i> ( <i>amine oxyacétique</i> ).	$C^2H^5AzO^2$	75 <sup>gr</sup>	+ 126Cal, 2 solide + 122, 5 dissous	+ 235Cal, 9 solide + 238, 6 dissous
<i>Alanine</i> ( <i>amine oxypropio- nique</i> ).	$C^3H^7AzO^2$	89	+ 136, 1 solide	+ 389, 2
<i>Leucine</i> ( <i>amine oxyhexyli- que</i> ).	$C^6H^{13}AzO^2$	131	+ 158, 4 solide	+ 855, 9
<i>Tyrosine</i> ( <i>amine hydrocou- marique-para</i> ).	$C^9H^{11}AzO^3$	181	+ 157 solide	+ 1071, 2

Comparons la chaleur totale de combustion des principes azotés, depuis les plus importants parmi ceux qui peuvent exister dans l'économie humaine, à la chaleur qui résulterait du mode de calcul proposé autrefois par Dulong et adopté par un grand nombre de physiologistes : calcul d'après lequel le carbone d'un composé organique dégagerait autant de chaleur que s'il était libre, tandis que l'oxygène serait supposé combiné à une dose équivalente d'hydrogène suivant les proportions de l'eau ; cette dernière étant supposée séparable en nature, lors de la combustion totale. Enfin on admettait que l'excès d'hydrogène, sur ces proportions, dégage la même quantité de chaleur que s'il était libre. Entre la chaleur totale de combustion, trouvée par expérience, et la chaleur évaluée d'après cet ancien mode de calcul, voici les différences, évaluées bien entendu, pour les poids moléculaires respectifs des divers principes azotés à molécule bien définie, qui jouent un rôle important dans l'évaluation de la chaleur animale :

*Différences des poids moléculaires*

Urée	— 11,8
Glycollamine	+ 11, 8
Alanine	+ 2, 8
Leucine	— 20, 4
Asparagine.	+ 1, 9
Acide aspartique	+ 33, 2
Acide urique	+ 37, 0
Acide hippurique	+ 60, 7
Tyrosine.	+ 50, 0

On voit combien ce mode de calcul était à la fois incorrect et incertain.

Voici encore la chaleur dégagée par la combustion des composés précédents, les corps étant dissous et le calcul fait dans l'hypothèse où tout leur azote serait éliminé à l'état d'urée. Pour les cas où la chaleur de dissolution propre des composés est inconnue, on l'a évaluée par approximation. En outre, nous regarderons l'acide carbonique comme dissous; cette condition étant celle des combustions intermédiaires, opérées dans l'épaisseur des tissus, au sein de l'organisme animal.

Composés	Formules	Corps purs			Tous corps dissous, y compris CO <sup>2</sup>		
		Combustion totale	Azote changé en urée	Déficit	Combustion totale	Azote changé en urée	Déficit
<i>Glycollamine</i>	C <sup>2</sup> H <sup>5</sup> AzO <sup>2</sup>	+ 234,9	+ 159,2	75,7	+ 249,7	169,35	80,35
<i>Alanine</i>	C <sup>3</sup> H <sup>7</sup> AzO <sup>2</sup>	+ 389,2	+ 313,5	75,7	+ 410 env.	330	80,35
<i>Leucine</i>	C <sup>6</sup> H <sup>13</sup> AzO <sup>2</sup>	+ 855,9	+ 780,4	75,7	+ 894 env.	814	80,35
<i>Tyrosine.</i>	C <sup>9</sup> H <sup>11</sup> AzO <sup>3</sup>	+ 1071,2	+ 995,5	75,7	+ 1128 env.	1048	80,35
<i>Asparagine.</i>	C <sup>4</sup> H <sup>8</sup> Az <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	+ 448,1	+ 296,6	151,5	+ 476 env.	315	160,7
<i>Acide aspartique.</i>	C <sup>4</sup> H <sup>7</sup> AzO <sup>4</sup>	+ 368,8	+ 311,1	75,7	+ 416,5	336	80,35
<i>Acide hippurique.</i>	C <sup>9</sup> H <sup>9</sup> AzO <sup>3</sup>	+ 1012,9	+ 937,2	75,7	+ 1079 env.	999	80,35
<i>Acide urique</i>	C <sup>5</sup> H <sup>4</sup> Az <sup>4</sup> O <sup>3</sup>	+ 461,4	+ 158,4	303,0	+ 494 env.	163	321,4

Ce procédé de transformation mérite d'autant plus attention, qu'il répond chez l'homme à plus des quatre cinquièmes de l'azote éliminé.

On voit que la chaleur ainsi dégagée est inférieure à la chaleur de combustion totale et elle l'est de quantités considérables, qui s'élèvent au tiers pour la glycollamine et l'asparagine; au treizième seulement, pour l'acide hippurique et la tyrosine. Mais elles peuvent monter jusqu'aux deux tiers pour des corps très azotés, tels que l'acide urique.

On voit encore par là à quel point étaient imparfaits les anciens procédés employés pour calculer la chaleur animale, et combien l'urée joue un rôle important dans cette évaluation; car elle constitue la forme d'élimination pour les 80 ou 85 centièmes de l'azote, éliminé par l'organisme humain.

Relevons encore quelques chiffres, relatifs à l'oxydation graduelle des albuminoïdes, sans production d'azote libre.

L'albumine, prise à un certain degré de dessiccation renferme, nous l'avons dit (1<sup>re</sup> partie, p. 162) :

52,5 centièmes de carbone,  
6,5 d'hydrogène,  
et 16,5 centièmes d'azote.

De là résulte que le rapport atomique du carbone à l'azote, dans cette substance, est sensiblement celui de 3,7 : 1. La chaleur dégagée par la combustion totale de 1 gramme d'albumine, offrant cette composition, sera 5<sup>Cal</sup>,770 :

le poids de l'oxygène fixé étant 1<sup>gr</sup>,675, le poids de l'acide carbonique produit, 1<sup>gr</sup>,925.

Le rapport  $\frac{CO^2}{O}$  (quotient respiratoire) en volume = 0,84.

Ceci posé, parmi les composés azotés que l'albumine est susceptible de former chez les êtres vivants, nous en prendrons seulement cinq, savoir :

1° la sarcosine,  $C^3H^7AzO^2$ , où le rapport atomique du carbone à l'azote est égal à 3,7, c'est-à-dire le même que dans l'albumine ;

2° l'asparagine,  $C^4H^8Az^2O^3$ , où ce rapport est 2 : 1 ;

3° la glycollamine,  $C^2H^3AzO^2$ , où ce rapport est le même que le précédent ;

4° l'allantoïne,  $C^4H^6Az^4O^3$ , où ce rapport est 1 : 1 ;

5° enfin l'urée,  $CH^4Az^2O$ , où ce rapport est celui de  $\frac{1}{2}$  : 1.

Envisageons une combustion incomplète, donnant naissance à l'un des composés azotés définis

que je viens de citer, et telle que le surplus du carbone et de l'hydrogène de l'albumine soit changé en acide carbonique gazeux et eau, l'azote demeurant à l'état de combinaison dissoute. En opérant sur 1 gramme d'albumine, il se dégagera :

Principes azotés	Calories	Poids d'oxygène absorbé	Poids de CO <sup>2</sup> formé	Rapport CO <sup>2</sup> : O en volume
<i>Sarcosine</i>	. + 1 Cal,00	0 <sup>sr</sup> ,260	0 <sup>sr</sup> ,380	1,07
<i>Asparagine.</i>	. + 3, 07	0, 830	0, 991	0,86
<i>Glycollamine</i>	. + 2, 96	0, 826	0, 967	0,85
<i>Allantoïne</i>	. + 4, 53	1, 298	1, 408	1,00
<i>Urée</i>	. + 4, 60	1, 392	1, 665	0,70
<i>Azote libre</i>	. + 5, 77	1, 675	1, 925	0,84

Dans des oxydations moins avancées, donnant par exemple naissance à du glucose et à de l'urée, la chaleur dégagée peut tomber à + 0<sup>Cal</sup>,3, l'oxygène consommé à 0<sup>sr</sup>,180; l'acide carbonique étant nul.

La déperdition est plus forte encore, pour le cas où les 15 ou 20 centièmes de l'azote total sont susceptibles d'être éliminés sous d'autres formes, telles que l'acide urique, ou l'acide hippurique.

Soit l'acide urique notamment, chaque atome



(14 grammes) de l'azote éliminé sous cette forme donnera lieu dans la combustion à un déficit de  $115^{\text{Cal}},2$ , tous corps séparés de l'eau ; ce déficit surpasserait 122 Calories, si l'acide carbonique demeurerait dissous. L'influence des autres composés polyazotés serait analogue (voir plus haut).

Avec l'acide hippurique, la perte de chaleur est bien plus élevée encore, en raison de la richesse de ce corps en carbone. En effet, calculée d'après l'azote seul, elle s'élèverait à  $1012^{\text{Cal}},9$  par chaque atome d'azote (14 grammes) éliminée sous cette forme, tous les corps séparés de l'eau. Elle monterait même à 1079 Calories, tous corps dissous. En réalité, elle est plus forte que ce calcul ne l'indique ; attendu que la formation de l'acide hippurique exige la formation de composés complémentaires autres que l'eau et l'acide carbonique (voir p. 75). Il y aurait dès lors un déficit thermique très considérable, observable chez les herbivores ; si, par compensation, une portion de l'azote n'était pas éliminée, comme il est probable, à l'état libre dans leur intestin : ce point n'est pas, d'ailleurs, entièrement éclairci.

En tout cas, le déficit correspondant à l'excrétion de l'acide urique est déjà très notable et il rend compte, jusqu'à un certain point, de l'in-

fluence d'un excès d'alimentation pour former de semblables produits de combustion incomplète ; il explique dès lors les perturbations physiologiques et pathologiques si caractérisées, qui en accompagnent l'apparition.

---

## CHAPITRE IV

—

### CHALEUR DE FORMATION ET DE COMBUSTION DES CORPS ALBUMINOIDES ET CONGÉNÈRES CONTENUS DANS LES ÊTRES VIVANTS : LEUR ROLE DANS LA PRODUCTION DE LA CHALEUR ANIMALE (1)

Les principes azotés forment la masse dominante des tissus animaux et ils jouent dans le développement des végétaux un rôle essentiel. Leur importance en Chimie physiologique, spécialement pour la production de la chaleur animale, ne saurait être exagérée : c'est ce qui nous a engagés à en mesurer la chaleur de combustion dans la bombe calorimétrique. L'opéra-

---

(1) Les expériences ont été faites avec la collaboration de M. André.

tion est prompte, facile, précise, comme d'ordinaire.

On croit devoir reproduire ici tout le détail des expériences, à cause de l'intérêt du sujet pour les études qui font l'objet du présent ouvrage.

La comparaison des résultats demande quelque précaution, parce qu'elle ne saurait être rapportée à des formules moléculaires certaines, celles des matières albuminoïdes étant fort élevées et controversées. De là la nécessité de s'en tenir aux mesures relatives à l'unité de poids, sans remonter jusqu'à des poids moléculaires douteux : réserve d'autant plus imposée qu'il s'agit de principes fixes et incristallisables, dont la pureté absolue ne saurait être garantie au même degré que celle des corps définis volatils ou cristallisés. Il y a plus : l'état d'hydratation, et par suite la richesse même en carbone et autres éléments, varie de plusieurs centièmes, pour un poids donné de matière, suivant la température à laquelle les albuminoïdes ont été desséchés. C'est pourquoi nous avons cru utile de rapporter toutes nos chaleurs de combustion, non seulement à 1 gramme de matière, mais surtout et de préférence à 1 gramme de carbone; la proportion de cet élément donnant lieu à des comparaisons plus assurées.

En effet, les chaleurs de formation depuis les éléments sont aisées à calculer, lorsqu'on connaît les chaleurs de combustion. Elles peuvent être évaluées, soit pour l'unité de poids du principe immédiat, soit pour l'unité de poids de l'un des éléments, tel que le carbone, ou l'azote ;

Soit pour les poids moléculaires du dit principe immédiat, tel qu'on l'a envisagé.

Mais elles sont influencées à un tel degré par les moindres impuretés, et les poids moléculaires eux-mêmes sont si incertains, que l'évaluation exacte de ces chaleurs de formation, rapportées aux poids moléculaires, ne nous a pas paru comporter beaucoup d'intérêt, dans l'état présent de la science. Quant à l'emploi des chaleurs de combustion, dans le calcul de la chaleur animale, il est subordonné à la nature des produits éliminés par l'économie, et spécialement à la forme sous laquelle l'azote est rejeté au dehors. Nous avons donné ce calcul pour le cas le plus général, celui où l'azote se sépare sous forme d'urée, en rapportant les résultats, tant à l'unité de poids de la matière animale, et spécialement des produits usités comme aliments, qu'à l'unité de poids du carbone que ces produits renferment.

Exposons d'abord les résultats observés avec

les seize matières azotées ou principes immédiats qui suivent :

Albumine d'œuf,	Jaune d'œuf,
Fibrine du sang,	Fibrine végétale
Chair musculaire,	Gluten,
Hémoglobine,	Colle de poisson,
Caséine du lait,	Fibroïne,
Osséine,	Laine,
Chondrine,	Chitine,
Vitelline,	Tunicine.

Nous avons préparé nous-mêmes douze de ces principes ; quatre nous ont été donnés fort obligeamment par M. Schützenberger, qui les avait préparés en vue de ses recherches classiques sur les albuminoïdes.

Pour chacun, nous signalerons en général :

- 1° Le procédé de préparation ;
- 2° L'analyse du produit mis en œuvre ; chose indispensable pour des substances de ce genre, dont l'état d'hydratation varie suivant le procédé de préparation et le mode de dessiccation ;
- 3° La chaleur de combustion rapportée, d'une part, à 1 gramme de matière, et, d'autre part, à un poids de matière contenant 1 gramme de carbone : ce qui fournit, ainsi qu'il a été dit, un procédé de comparaison plus assuré et indépendant de toute supposition sur l'état d'hydratation.

Cette combustion est totale, dans nos expériences ; c'est-à-dire que, non seulement le car-

bone est ramené à l'état d'acide carbonique et l'hydrogène à l'état d'eau ; mais le soufre est changé en acide sulfurique étendu, et le phosphore en acide phosphorique. Nous avons spécialement vérifié qu'il en est ainsi pour les combustions accomplies dans la bombe calorimétrique.

Enfin, on a rapporté les chaleurs de combustions obtenues, à la réaction d'un poids donné de matière, tel qu'un gramme sur l'oxygène à volume constant ; puis on les a réduites à leur valeur, à pression constante, par un procédé de calcul certain : c'est-à-dire fondé uniquement sur la connaissance de la composition centésimale de la matière brûlée, et indépendant de toute formule hypothétique, ainsi qu'il sera exposé plus loin, en parlant de l'albumine.

On donnera également le calcul des chaleurs de combustion, évaluées pour le cas où tout l'acide carbonique demeurerait dissous : ce qui est le cas des combustions opérées dans la profondeur des tissus vivants. Puis on fera un calcul analogue, en supposant l'azote éliminé à l'état d'urée dissoute, comme il arrive pour la majeure partie du poids de cet élément, tel qu'il est éliminé au sein de l'économie humaine. Enfin le dernier calcul sera fait dans une double hypothèse, celle où l'acide carbonique, produit en même temps

que l'urée, se dégage aussitôt dans l'état gazeux, et celle où cet acide carbonique demeurerait dissous.

Observons que la dernière hypothèse fournit des données plus voisines de celles qui déterminent la production locale de la chaleur animale, dans les conditions physiologiques.

Entrons dans le détail.

### I. ALBUMINE

Nous avons opéré sur de l'albumine d'œuf coagulée et desséchée à 100°, préparée et purifiée par M. Schützenberger.

Voici les résultats que nous ont fournis nos analyses de ce produit, en centièmes :

Éléments	1	2	3	Moyenne
C	51,51	//	51,82	51,77
H	6,91	//	7,15	7,03
Az (1)	15,43	//	//	15,43
S(2)	1,66	1,59	1,59	1,62
O	//	//	//	24,15
				<hr/> 100,00
	Cendres en plus			1,01

(1) Dosé par la chaux sodée.

(2) Dosé dans la bombe à l'état d'acide sulfurique ; c'est-à-dire après combustion par l'oxygène comprimé à 25 atmosphères.



La richesse en carbone de l'albumine analysée par les différents auteurs varie et s'élève jusqu'à 54 centièmes. Mais ce dernier nombre a été observé sur des échantillons desséchés à 140°, au lieu de 100°. L'hydrogène et l'azote concordent sensiblement. De même, le soufre dosé par les anciennes méthodes (de 1,9 à 1,6 suivant les auteurs).

Voici les combustions opérées dans la bombe calorimétrique, sur l'échantillon précédent. Les poids sont rapportés, par le calcul, à la matière privée de cendres :

Données	I	II	III	IV
$p$	0,879833	0,8718	0,9138	0,9473
$\Sigma\mu$	2399,3	2399,3	2399,3	2399,3
$\Delta t$	2°,347	2,115	2,182	2 231
$Q'$	5631 <sup>cal</sup> ,16	5074,52	5235,27	5352,84
Fer.	22,4 { 42 <sup>cal</sup> ,3	22,4 { 40 <sup>cal</sup> ,0	22,4 { 40 <sup>cal</sup> ,9	22,4 { 41 <sup>cal</sup> ,5
Ac. azot. (dosé).	19,9 {	17,6 {	18,5 {	19,1 {
$Q$	5588,86	5034,52	5194,37	5311,34
Pour 1 <sup>gr</sup> à v. c.	5683 <sup>cal</sup> ,7	5774 <sup>cal</sup> ,6	5684,3	5606,8
Moyenne pour 1 gramme à volume constant.				5687 <sup>cal</sup> ,4

Ce chiffre se rapporte à 1 gramme, brûlé à volume constant, vers 9°; le soufre étant changé en acide sulfurique étendu, et l'acide carbonique dégagé sous forme gazeuse.

Il est facile de rapporter la chaleur de combustion de l'albumine à une pression constante, sans faire intervenir aucune formule hypothétique.

En effet, 24<sup>gr</sup>,15 d'oxygène contenu dans l'albumine employée suffisent à brûler 3<sup>gr</sup>,02 d'hydrogène. Le surplus de la combustion est effectué par l'oxygène libre. Or celui qui brûle le carbone (1) n'entre pas en compte, car il fournit sensiblement un volume d'acide carbonique égal au sien : ce qui ne change pas la pression.

Reste dès lors à tenir compte de l'oxygène qui disparaît, en formant d'une part de l'eau, aux dépens de l'excès d'hydrogène, et, d'autre part, de l'acide sulfurique étendu, aux dépens du soufre. Cela fait, pour les 4<sup>gr</sup>,01 d'hydrogène excédent, 32<sup>gr</sup>,04 d'oxygène, ou une molécule sensiblement : ce qui répond à un accroissement de chaleur dégagée égal à 0<sup>Cal</sup>,56, à 9° ; plus, pour 1<sup>gr</sup>,62 de soufre, 2<sup>gr</sup>,43 d'oxygène, ou  $\frac{3}{10}$  de molécule sensiblement : ce qui répond encore à 0<sup>Cal</sup>,04 : en tout + 0<sup>Cal</sup>,60.

Mais l'azote qui devient libre dans la combustion produit un effet inverse : soit pour 15<sup>gr</sup>,4 ou  $\frac{55}{100}$  de molécule : — 0<sup>Cal</sup>,31.

---

(1) Il en serait autrement avec une matière contenant trop peu d'hydrogène ; mais le calcul, quoique un peu différent, est également aisé à réaliser d'après les mêmes principes.

L'effet total, c'est-à-dire la différence entre les chaleurs de combustion à pression constante et à volume constant répond donc, en définitive, à  $0^{\text{cal}},29$ , pour 100 grammes d'albumine brûlée ; soit pour 1 gramme :  $2^{\text{cal}},9$ .

La *chaleur de combustion* de l'albumine employée dans ces expériences, étant rapportée à une pression constante, pour l'unité de poids de la matière employée, devient dès lors :  $5690^{\text{cal}},3$ .

On voit combien cette correction est petite, et comprise dans la limite des erreurs d'expérience. Elle est d'ailleurs à très peu près la même pour les autres principes albuminoïdes et elle tend à devenir nulle pour les principes, tels que la chitine, dont la composition se rapproche des hydrates de carbone.

Dans le cas où l'on admettrait que l'acide carbonique est demeuré entièrement dissous <sup>(1)</sup>, la

(1) Douze grammes de carbone produisent une molécule d'acide carbonique, laquelle dégage 5600 calories, en se dissolvant dans un liquide aqueux. Dès lors, on calcule la chaleur de dissolution, pour le poids de l'acide carbonique produit dans le cas actuel, d'après la formule suivante :

$$\frac{P}{12} \times 5600 \text{ calories} = 466^{\text{cal}},7 \times P.$$

P étant le poids du carbone contenu dans 1 gramme de matière. Pour  $0^{\text{gr}},518$  de carbone, cela fait  $241^{\text{cal}},7$ .

chaleur dégagée par la combustion de 1 gramme d'albumine s'élèverait à 5 932 calories.

L'albumine analysée contenait 51,8 centièmes de carbone (p. 100). Si on rapportait les calculs à une albumine renfermant 52,5 de carbone; comme on l'a fait dans d'autres parties du présent ouvrage, sa chaleur de combustion deviendrait 5 767 calories. On voit la nécessité de tout rapporter au poids de carbone.

Pour un poids d'albumine contenant 1 gramme de carbone, la chaleur de combustion à pression constante sera, en définitive, l'acide carbonique étant gazeux .

10 991 calories.

S'il était dissous, on aurait : 11 458 calories.

Cela ferait pour le poids moléculaire correspondant à la formule  $C^{72}H^{112}Az^{18}SO^{22}$  de Lieberkühn, l'acide carbonique étant gazeux 9 497 Calories.

Cet acide supposé dissous 10 002 ;

Pour l'une des formules de M. Schützenberger :

$C^{240}H^{387}Az^{65}S^3O^{75}$  :  $CO^2$  gaz : 32 546 calories ;

$CO^2$  dissous 33 990 calories.

La *Chaleur de formation* de l'albumine par les éléments, depuis le carbone-diamant, est facile à déduire des chiffres ci-dessus. On obtient :

874 calories pour 1 gramme d'albumine ;

Et 1 689 calories, pour le poids d'albumine qui renferme 1 gramme de carbone.

soit, pour la formule de Lieberkühn : 1 460 Cal.

Et pour celle de M. Schützenberger : 4 866 Cal.

Le tout sous les réserves signalées plus haut.

C'est surtout dans l'étude des dédoublements, opérés par la méthode de M. Schützenberger, que les derniers chiffres prennent de l'intérêt.

*Combustion avec formation d'urée.* — L'azote étant éliminé sous forme d'urée dissoute, la chaleur de combustion, rapportée à 1 gramme d'albumine pure (de la composition ci-dessus), diminue de 833 calories. Ce qui la réduit à 4 857 calories, à pression constante, l'acide carbonique supposé gazeux.

Si cet acide était dissous, on aurait... 5 099 cal.

Si on rapporte la chaleur de combustion au poids d'albumine qui contient 1 gramme de carbone, sa valeur absolue, diminue de 1 610 calories, lorsqu'on la rapporte à l'urée : cela la réduit, CO<sup>2</sup> étant gazeux, à

9 381 calories ;

CO<sup>2</sup> et urée dissous à 9 985 calories.

L'élimination de l'azote de l'albumine sous forme d'urée fait donc perdre près de 15 centièmes, ou 1 septième environ de la chaleur de combustion totale de cette substance.

La perte dépasserait 20 centièmes, si l'azote était éliminé sous la forme d'acide urique.

Le tableau suivant résume les indications précédentes :

Chaleur de combustion, à pression constante							
Combustion totale, l'azote éliminé à l'état gazeux				Combustion, l'azote éliminé sous forme d'urée dissoute			
Pour 1 gramme d'albumine		Pour 1 gramme de carbone de l'albumine		Pour 1 gramme d'albumine		Pour 1 gramme de carbone de l'albumine	
CO <sub>2</sub> gaz.	CO <sub>2</sub> dissous	CO <sub>2</sub> gaz.	CO <sub>2</sub> dissous	CO <sub>2</sub> gaz.	CO <sub>2</sub> dissous	CO <sub>2</sub> gaz.	CO <sub>2</sub> dissous
Cal	Cal	Cal	Cal	Cal	Cal	Cal	Cal
5690,6	5932	10991	11458	4857	5099	9381	9985

Observons en terminant que les chiffres précédents sont applicables à tout échantillon d'albumine, lorsqu'on le rapporte à 1 gramme de carbone brûlé. Mais si l'on opérait avec un échantillon desséché, de façon à renfermer une proportion centésimale de cet élément, supérieure ou inférieure à 51,77 centièmes, il fau-

draît accroître ou augmenter proportionnellement les chaleurs de combustion et de formation.

La même remarque s'applique à tous les principes azotés qui vont suivre ; mais leur analyse étant donnée, le calcul exact est facile.

## II. FIBRINE DU SANG

Nous avons opéré sur la fibrine du sang de veau, recueillie à l'abattoir de la Villette et apportée aussitôt au Laboratoire du Collège de France. On l'a lavée et malaxée avec de l'eau, jusqu'à ce que celle-ci passât incolore, c'est-à-dire jusqu'à élimination totale du sang interposé. On l'a séchée alors vers 100°, au bain-marie ; puis on l'a épluchée à la main, pour la débarrasser de diverses impuretés, mélangées mécaniquement. On l'a alors épuisée par l'éther, de façon à éliminer la graisse ; puis on l'a séchée à 115°. Dans cet état, elle s'est laissée pulvériser ; puis on l'a desséchée de nouveau, à la même température.

Voici la composition de l'échantillon qui avait subi ces traitements et sur lequel les combustions ont été opérées :

*Composition des échantillons*

Éléments	I	II	Moyenne
C.	51,17	51,10	51,13
H	6,88	6,93	6,90
Az <sup>(1)</sup>	17,57	17,43	17,50
S <sup>(2)</sup>	1,19		1,19
O			23,28
			100,00
Cendres en plus		1,23	

Trois combustions ont été exécutées dans la bombe calorimétrique (les cendres étant déduites des poids donnés ci-dessous) :

Données	I	II	III
$p$	15 <sup>r</sup> ,0917	0,9757	1,0779
$\Sigma\mu$	2399,5	2399,5	2399,5
$\Delta t$	2 <sup>o</sup> ,524	2,262	2,515
$Q'$	6056,34	5427,67	6034,74
Fer	22,4	22,4	22,4
Acide azot. dosé.	21,1 <sup>(3)</sup>	18,8	19,7
$Q$	6012 <sup>cal</sup> ,84	5386,47	5992,04
Pour 1 <sup>r</sup> à v. c.	5507 <sup>cal</sup> ,7	5520,6	5558,9
Moyenne	$\left. \begin{array}{l} 5529^{\text{cal}},1 \text{ à volume constant.} \\ 5532^{\text{cal}},4 \text{ à pression constante.} \end{array} \right\} \text{CO}_2 \text{ gaz}$		
1 gramme.	5760 <sup>cal</sup> ,4 CO <sup>2</sup> dissous.		

(1) Dosé en volume ; procédé Dumas.

(2) Dosé dans la bombe, sous forme d'acide sulfurique.

(3) Dosé par la différence du titre acide, comme plus



On aura, pour le poids de fibrine qui contient 1 gramme de carbone brûlé, à pression constante,

CO<sup>2</sup> dissous 10 820 calories ;

CO<sup>2</sup> gaz 11 287 calories.

*Chaleur de formation par les éléments.* —

Pour 1 gramme de fibrine 918 calories.

Pour le poids de fibrine contenant 1 gramme de carbone . 1 796 calories.

*Combustion avec formation d'urée.* — La perte en chaleur, pour 1 gramme de fibrine, est de 946 calories ; ce qui réduit la chaleur de combustion, à pression constante : CO<sup>2</sup> et urée dissous, 4 586 calories ; CO<sup>2</sup> gaz, 4 824 calories.

Pour le poids de fibrine contenant 1 gramme de carbone, la chaleur de combustion devient

CO<sup>2</sup> gaz . 8 970 calories ;

CO<sup>2</sup> et urée dissous 9 437 calories.

### III. CHAIR MUSCULAIRE

Viande de bœuf (filet) hachée, lavée à l'alcool, puis à l'éther, séchée, pulvérisée, séchée à 115°.

---

haut. Dans la combustion (II), on a en outre dosé spécialement l'acide azotique, sous forme de bioxyde d'azote : le résultat (0<sup>gr</sup>,0712 Az<sup>2</sup>O<sup>5</sup>) a été concordant avec le dosage indirect.

Composition de l'échantillon, sur 100 parties :

Éléments	I	II	III	Moyenne
C	53,74	53,68		53,71
H	7,30	7,47		7,38
Az <sup>(1)</sup>	18,19			18,19
S <sup>(2)</sup>	1,09	1,19 <sup>(2)</sup>	1,26 <sup>(3)</sup>	1,18
P <sup>(3)</sup>	0,67	0,62		0,65
O				18,89
				100,0
	Cendres en plus			2,45

Trois combustions dans la bombe calorimétrique :

Données	I	II	III
$p$	18 <sup>r</sup> ,1142	18 <sup>r</sup> ,2351	18 <sup>r</sup> ,2589
$\Sigma p$	2399,5	2399,5	2399,5
$\Delta t$	2 <sup>o</sup> ,676	2 <sup>o</sup> ,980	3 <sup>o</sup> ,016
$Q'$	6421,06	7150,5	7236,89
Fer	22,4	22,4	22,4
Acide az. dosé.	22,1	24,5	25,0
	} 44 <sup>cal</sup> ,5	} 46 <sup>cal</sup> ,9	} 47 <sup>cal</sup> ,4
$Q$	6376,6	7103,6	7189,5
Pour 18 <sup>r</sup> à v. c.	5722 <sup>cal</sup> ,9	5751,4	5710,9
Moyenne pour 1 gramme.	$\left. \begin{array}{l} 5728^{\text{cal}},4 \text{ à volume constant.} \\ 5731^{\text{cal}},4 \text{ à pression constante.} \\ 6017^{\text{cal}},8 \text{ CO}_2 \text{ dissous.} \end{array} \right\} \text{CO}_2 \text{ gaz}$		

(1) En volume.

(2) Combustion dans la bombe.

(3) Détermination au moyen du carbonate de soude

Pour le poids de chair qui contient 1 gramme de carbone : à pression constante

CO<sup>2</sup> gaz 10 671 calories ;

CO<sup>2</sup> dissous 11 138 calories.

*Chaleur de formation par les éléments.* —

Pour 1 gramme de chair 1 137 calories.

Pour le poids de chair contenant 1 gramme de carbone 2 117 calories.

*Combustion avec formation d'urée.* — Perte en chaleur, pour 1 gramme de chair : 982 calories ; ce qui réduit la chaleur de combustion, à pression constante, aux valeurs suivantes :

CO<sup>2</sup> gaz. 4 749 calories ;

CO<sup>2</sup> et urée dissous 5 036 calories.

Pour le poids de chair contenant 1 gramme de carbone, perte en chaleur 1 830 calories.

Chaleur de combustion correspondante :

CO<sup>2</sup> gaz. 8 841 calories ;

CO<sup>2</sup> et urée dissous 9 308 calories.

et de l'oxygène, *Ann. de Ch. et de phys.*, 6<sup>e</sup> série, t. XV, p. 121).

Les procédés d'analyse étant les mêmes pour tous les corps azotés, on n'en reproduira pas l'indication dans ce qui suit.

## IV. HÉMOGLOBINE DU CHEVAL (1).

Séchée à 115°. *Composition de l'échantillon :*

Éléments	I	II	Moyenne
C	55,54	55,44	55,48
H	7,18	7,42	7,30
Az	17,64	//	17,64
S	1,11	//	1,11
P	0,82	//	0,82
O	//	//	17,62
Cendres insensibles			

Trois combustions :

Données	I	II	III
$p$	1 <sup>er</sup> ,0776	0 <sup>er</sup> ,9325	1 <sup>er</sup> ,0957
$\Sigma\mu$	2 399,5	2 399,5	2 399,5
$\Delta t$	2 <sup>o</sup> ,672	2 <sup>o</sup> ,310	2 <sup>o</sup> ,722
$Q'$	6 411 <sup>cal</sup> ,46	5 547,56	6 531,44
Fer	22,4	22,4	22,4
Acide azot.	23,0	20	23,4
$Q$	6 366 <sup>cal</sup> ,1	5 505,2	6 485,6
Pour 1 <sup>er</sup> a v. c.	5 907 <sup>cal</sup> ,4	5 903,4	5 919,1
Moyenne pour 1 gramme.	$\left. \begin{array}{l} 5\ 910^{\text{cal}} \text{ à volume constant.} \\ 5\ 914^{\text{cal}},8 \text{ à pression constante.} \\ 6\ 173^{\text{cal}},9 \text{ CO}_2 \text{ dissous.} \end{array} \right\} \text{CO}_2 \text{ gaz}$		

(1) Donnée par M. Bouchardat.

Valeur rapportée à 1 gramme de carbone, à pression constante :

CO<sup>2</sup> gaz 10 617 calories ;  
 CO<sup>2</sup> dissous 11 084 calories.

*Chaleur de formation par les éléments* : pour 1 gramme d'hémoglobine 1 066<sup>cal</sup>.

Valeur rapportée à 1<sup>er</sup> de carbone : 1 931<sup>cal</sup>,4.

*Combustion avec formation d'urée* : pour 1<sup>er</sup> d'hémoglobine (en moins, 951), à pression constante :

CO<sup>2</sup> gaz 4 964 calories ;  
 CO<sup>2</sup> et urée dissous 5 223 calories.

Pour 1<sup>er</sup> de carbone, etc. (en moins, 1 715) :

CO<sup>2</sup> gaz. 8 902 calories ;  
 CO<sup>2</sup> et urée dissous 9 369 calories.

V. CASÉINE DU LAIT (1)

Séchée à 115°. *Composition de l'échantillon* :

Éléments	I	II	III	IV	Moyenne
C	50,83	//	50,79	//	50,81
H.	6,92	//	7,07	//	7,00
Az	15,37	//	//	//	15,37
S	1,58	1,62	1,61	1,70	1,63
P	1,18	//	//	//	1,18
O	//	//	//	//	24,01
	Cendres en plus.			0,64	

(1) Donnée par M. Schützenberger.



Valeur rapportée à 1 gramme de carbone, etc. :

CO<sup>2</sup> gaz 11 080 calories ;

CO<sup>2</sup> dissous 11 547 calories.

*Chaleur de formation par les éléments* : pour

1<sup>er</sup> de caséine 927<sup>cal</sup>,5.

Valeur rapportée à 1<sup>er</sup> de carbone 1 825<sup>cal</sup>.

*Combustion avec formation d'urée* : pour

1<sup>er</sup> de caséine (830, en moins) à pression constante :

CO<sup>2</sup> gaz 4 799 calories ;

CO<sup>2</sup> et urée dissous 5 038 calories.

Pour 1 gramme de carbone, etc. (en moins, 1600) :

CO<sup>2</sup> gaz . 9 580 calories ;

CO<sup>2</sup> et urée dissous 9 947 calories.

## VI. OSSÉINE (1)

Séchée à 115°. *Composition de l'échantillon* :

Éléments	I	II	Moyenne
C .	50,16	50,05	50,10
H. .	6,99	7,03	7,01
Az .	17,91	"	17,91
S. .	0,38	0,38	0,38
O. .	"	"	24,60
Cendres en plus			0,29

(1) Donnée par M. Schützenberger. Purifiée par l'éther.

Trois combustions dans la bombe calorimétrique :

Données	I	II	III
$p$	. 0 <sup>sr</sup> ,8274	0 <sup>sr</sup> ,7855	0 <sup>sr</sup> ,9069
$\Sigma\mu$	. 2399,3	2399,3	2399,3
$\Delta t$	. 1 <sup>o</sup> ,878	1 <sup>o</sup> ,791	2 <sup>o</sup> ,060
$Q'$	. 4505, cal, 89	4297,15	4942,56
Fer	. 22,4	22,4	22,4
Acide azot.	. 15,1	14,4	16,6
$Q$	. 4468,39	4260,35	4903,56
Pour 1 <sup>sr</sup> à v. c.	. 5400,5	5423,7	5406,9
Moyenne	$\left\{ \begin{array}{l} 5410^{\text{cal}},4 \text{ à volume constant.} \\ 5414^{\text{cal}} \text{ à pression constante.} \end{array} \right\} \text{CO}^2 \text{ gaz}$		
pour 1 gramme.	$\left\{ \begin{array}{l} 5410^{\text{cal}},4 \text{ à volume constant.} \\ 5414^{\text{cal}} \text{ à pression constante.} \\ 5647^{\text{cal}},8 \text{ CO}^2 \text{ gaz.} \end{array} \right.$		

Valeur rapportée à 1<sup>sr</sup> de carbone, etc., à pression constante :

CO <sup>2</sup> gaz	10 806 calories ;
CO <sup>2</sup> dissous	11 273 calories.

*Chaleur de formation par les éléments* : pour  
 1<sup>sr</sup> d'osséine 954<sup>cal</sup>  
 Valeur rapportée à 1<sup>sr</sup> de carbone. 1 904<sup>cal</sup>.

*Combustion avec formation d'urée* : pour  
 1 gramme (en moins, 970), à pression constante :



CO <sup>2</sup> gaz	4 544 calories ;
CO <sup>2</sup> dissous.	4 678 calories.

Pour 1 gramme de carbone, etc. (en moins, 1930) :

CO <sup>2</sup> gaz.	8 976 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	9 343 calories.

#### VII. CHONDRINE DE VEAU.

Cartilages costaux du veau, finement découpés et mis à bouillir avec de l'eau pendant une heure environ ; décantation ; le résidu mis de nouveau à bouillir, etc. Ces opérations ont été répétées six à sept fois sur 500 grammes de cartilages.

Toutes les eaux étant évaporées au bain-marie, le résidu se prend en masse. Division de la masse et séchage au bain-marie, jusqu'à ce que la matière prenne un aspect corné et dur. Cette matière a été broyée, puis traitée par l'alcool et l'éther, enfin séchée à 115°

*Composition de l'échantillon (séché à 115°) :*

Éléments	I	II	III	IV	V	VI	Moyenne
C	52,01	51,50	50,46	50,66	50,58	50,13	50,89
H	7,09	7,22	7,33	7,11	6,98	7,12	7,14
Az	15,60	„	„	„	„	„	„
S	1,91	2,02	„	„	„	„	2,00
P	0,49	0,42	„	„	„	„	0,45
O	„	„	„	„	„	„	23,93
Cendres en plus.						6,35	

Trois combustions dans la bombe calorimétrique.

Données	I	II	III
$p$	18 <sup>r</sup> ,0731	18 <sup>r</sup> 3885	08 <sup>r</sup> ,9399
$\Sigma\mu$	2399,5	2399,5	2399,5
$\Delta't$	2°,370	3°,082	2°,081
$Q'$	5763,60	7472,04	5055,75
Fer	22,4	22,4	22,4
Acide azot.	15,5	20	13,6
$Q$	5725,7	7429,6	5019,7
Pour 18 <sup>r</sup> à v. c.	5335,6	5350,8	5340,7
Moyenne	$\left\{ \begin{array}{l} 5342^{\text{cal}},4 \text{ à volume constant.} \\ 5345^{\text{cal}},8 \text{ à pression constante.} \\ 5583^{\text{cal}},8 \text{ CO}_2 \text{ dissous.} \end{array} \right\} \text{CO}_2 \text{ gaz}$		

Valeur rapportée à 1<sup>er</sup> de carbone, etc. : à pression constante,

CO <sup>2</sup> gaz	10 544 calories ;
CO <sup>2</sup> dissous	11 011 calories.

*Chaleur de formation par les éléments* : pour 1 gramme de chondrine. . . . . 1 226 calories.

*Combustion avec formation d'urée* : pour 1 gramme de chondrine (en moins, 840) : à pression constante :

CO <sup>2</sup> gaz.	4 506 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	4 744 calories.

Pour 1 gramme de carbone, etc. (en moins, 1 620) :

CO <sup>2</sup> gaz	8 924 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	9 391 calories.

#### VIII. VITELLINE.

Le jaune d'œuf coagulé par la chaleur, divisé, séché dans le vide (voir plus loin), a été traité par l'alcool froid, jusqu'à ce que ce liquide ne se colorât plus, puis ensuite par l'éther, jusqu'à disparition de la matière grasse. Séché dans le vide à la température ordinaire.

*Composition de l'échantillon :*

Éléments	I	II	Moyenne
C	52,01	51,60	51,80
H	7,61	7,50	7,55
Az.	15,47	//	15,47
S	1,26	1,25	1,25
P	1,66	//	1,66
O	//	//	22,27
Cendres en plus			4,40

Trois combustions dans la bombe calorimétrique :

Données	I	II	III
$p$	18 <sup>r</sup> ,0971	1,0474	1,0167
$\Sigma\mu$	2399,5	2399,5	2399,5
$\Delta t$	20,659	2,542	2,467
$Q'$	6380,27	6099,53	5919,57
Fer	22,4	22,4	22,4
Acide azotique	16,2	15,1	15,1
$Q$	6341,7	6061,5	5882,1
Pour 18 <sup>r</sup> à v. c.	5780 <sup>cal</sup> ,4	5776,5	5785,4
Moyenne pour 1 gramme	$\left. \begin{array}{l} 5780^{\text{cal}},6 \text{ à volume constant.} \\ 5784^{\text{cal}},1 \text{ à pression constante.} \\ 6025^{\text{cal}},8 \text{ CO}_2 \text{ dissous.} \end{array} \right\} \text{CO}_2 \text{ gaz}$		

Valeur rapportée à 1<sup>er</sup> de carbone, etc. :

CO <sup>2</sup> gaz	11 166 calories ;
CO <sup>2</sup> dissous	11 633 calories.

*Chaleur de formation par les éléments ; pour*

1 gramme de vitelline	1 055 <sup>cal.</sup>
-----------------------	-----------------------

Valeur rapportée à 1 <sup>er</sup> de carbone	2 037 <sup>cal.</sup>
---	-----------------------

*Combustion avec formation d'urée : pour*

1 gramme de vitelline (en moins, 830) à pression constante :

CO <sup>2</sup> gaz	4 954 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	5 195 calories.

Pour 1 gramme de carbone, etc. (en moins, 1 870) :

CO <sup>2</sup> gaz.	8 576 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	9 763 calories.

#### IX. JAUNE D'ŒUF

Nous avons cru utile de joindre à la détermination précédente celle du jaune d'œuf brut, coagulé par la chaleur, puis divisé et séché à froid dans le vide pendant plusieurs jours, en divisant chaque jour la matière.

L'importance de cette substance, au point de vue de la nutrition de l'embryon, est toute particulière.

Composition de l'échantillon, sans aucun autre traitement (c'est-à-dire avec les matières grasses) :

Éléments	1	2	3	Moyenne
C	67,14	67,93	67,16	67,41
H	10,37	10,14	10,10	10,20
Az.	7,65	"	"	7,65
S	0,47	0,30	"	0,39
P	1,82	"	"	1,82
O	"	"	"	12,53
Cendres en plus.				2,64

Trois combustions dans la bombe calorimétrique :

Données	I	II	III
$p$	15 <sup>r</sup> ,0460	0,9653	1,1272
$\Sigma p$	2399,5	2399,5	2399,5
$\Delta t$	30,547	3,273	3,841
$Q'$	8511,03	7853,56	9216,48
Fer	22,4	22,4	22,4
Acide azot.	16,5	15,2	17,8
$Q$	8472,1	7816,0	9171,3
Pour 15 <sup>r</sup> à v. c.	8099 <sup>cal</sup> ,5	8096,9	8140,7
Moyenne	$\left. \begin{array}{l} 8112^{\text{cal}},4 \text{ à volume constant.} \\ 8124, \quad 2 \text{ à pression constante.} \\ 8538, \quad 7 \text{ CO}_2 \text{ dissous.} \end{array} \right\} \text{CO}_2 \text{ gaz}$		

Valeur rapportée à 1 gramme de carbone, etc.,  
à pression constante :

CO <sup>2</sup> gaz	12 052 calories ;
CO <sup>2</sup> dissous	12 519 calories.

*Chaleur de formation par les éléments* : pour  
1 gramme de jaune d'œuf 828<sup>cal</sup>  
Valeur rapportée à 1<sup>er</sup> de carbone 1 228<sup>cal</sup>.

*Combustion avec formation d'urée* : pour  
1 gramme de jaune d'œuf (en moins, 420), à pres-  
sion constante.

CO <sup>2</sup> gaz.	7 704 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	8 119 calories.

Pour 1 gramme de carbone, etc. (en moins,  
620),

CO <sup>2</sup> gaz	11 632 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous.	11 899 calories.

Ces chiffres sont beaucoup plus forts que ceux de la vitelline, à cause de la présence des corps gras. Au contraire, la chaleur de formation par les éléments est plus faible, pour la même raison.

## X. FIBRINE VÉGÉTALE.

Une portion du gluten de l'échantillon suivant (XI) a été séchée et concassée, puis traitée par l'alcool bouillant, jusqu'à ce que la liqueur filtrée ne donnât plus de dépôt ; puis on a traité par l'éther bouillant. On a séché à froid la matière, on l'a pulvérisée et séchée à 115°.

*Composition de l'échantillon :*

Éléments	1	2	Moyenne
C	53,73	53,69	53,71
H	7,23	7,39	7,31
Az.	17,44	17,43	17,43
S	1,10	0,97	1,05
P	0,39	//	0,39
O	//	//	20,11
Cendres en plus			0,28

Cinq combustions dans la bombe calorimétrique :



Données	I	II	III	IV	V
$p$	05r,9240	1,0293	1,0930	0,9222	0,8965
$\Sigma\mu$	2399,5	2399,5	2399,5	2399,5	2399,5
$\Delta t.$	20,254	2,523	2,666	2,280	2,187
$Q'$	5408,47	6054,12	6397,25	5471,02	5247,86
Fer	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4
Acide azotique	12,5	36cal,4	37cal,3	46cal,3	44cal,35
$Q$	5373,6	6017,7	6360,0	5424,8	5203,5
Pour 1gr à v. c.	5809cal,8	5846,4	5818,8	coton-poudre 11,4	coton-poudre 9,75

La combustion de cette fibrine a donné lieu à des écarts plus sensibles qu'aucun autre principe albuminoïde ; ce qui nous a engagés à faire deux mesures spéciales, avec le concours d'une petite quantité de coton-poudre, ainsi qu'il est indiqué dans le tableau de la page précédente. Les résultats sont demeurés du même ordre de grandeur.

Moyenne	$\left. \begin{array}{l} 5\,832^{\text{cal}},3 \text{ à volume constant.} \\ 5\,836, \quad 5 \text{ à pression constante.} \\ 6\,087, \quad 1 \text{ CO}^2 \text{ dissous.} \end{array} \right\} \text{CO}^2 \text{ gaz}$
pour	
1 gramme.	

Valeur rapportée à 1 gramme de carbone, à pression constante :

CO <sup>2</sup> gaz	10 807 calories ;
CO <sup>2</sup> dissous	11 274 calories.

*Chaleur de formation par les éléments :* pour  
 1 gramme de fibrine végétale 970<sup>cal.</sup>  
 Valeur rapportée à 1<sup>er</sup> de carbone. 1 806<sup>cal.</sup>

*Combustion avec formation d'urée :* pour  
 1 gramme de fibrine végétale (en moins, 950),  
 à pression constante :

CO <sup>2</sup> gaz .	4 986 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	5 137 calories.

Pour 1 gramme de carbone, etc. (en moins,  
1 760),

CO <sup>2</sup> gaz	9 047 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	9 514 calories.

#### XI. GLUTEN BRUT.

Retiré de la farine sous un filet d'eau ; puis repris, sous un filet d'eau, trois à quatre fois. Séché à froid, concassé, pulvérisé et séché de nouveau à 115°.

---

*Composition de l'échantillon :*

Éléments	4	2	Moyenne
C	54,98	55,25	55,11
H	7,61	7,39	7,53
Az.	15,53	15,92	15,73
S	0,90	1,10	1,00
P	//	0,33	0,33
O	//	//	20,30
Cendres en plus.			0,21

## Quatre combustions :

Données	I	II	III	IV
$p$	18 <sup>r</sup> ,1321	0,964	0,9447	0,9446
$\Sigma p$	2399,5	2399,5	2399,5	2899,5
$\Delta t$	2,830	2,430	2,386	2,382
$Q'$	6790,02	5830,96	5725,37	5715,78
Fer	22,4	22,4	22,4	22,4
Ac. az. dosé (1)	15,4	3,1	12,8	12,9
	37 <sup>cal</sup> .81 coton-p.	44 <sup>cal</sup> .3	57 <sup>cal</sup> .0	42 <sup>cal</sup> .8
$Q$	6752,2	5786,7	5668,4	5673,0
Pour 1g <sup>r</sup> à v.c.	5964,3	6002,7	6000,1	5994,2
Moyenne	5990 <sup>cal</sup> .3 à volume constant.			} CO <sup>2</sup> gaz;
pour	5904, 8 à pression contante.			
1 gramme.	6252 CO <sup>2</sup> dissous.			

Valeur rapportée à 1<sup>er</sup> de carbone, etc. : à pression constante :

CO <sup>2</sup> gaz	10 878 calories ;
CO <sup>2</sup> dissous	11 345 calories.

*Chaleur de formation par les éléments :*  
pour 1 gramme de gluten 999<sup>cal</sup>,4.

Valeur rapportée à 1<sup>er</sup> de carbone. 1 795<sup>cal</sup>.

*Combustion avec formation d'urée :* pour 1 gramme de gluten (en moins, 750), à pression constante :

CO <sup>2</sup> gaz	5 245 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	5 502 calories.

Pour 1 gramme de carbone (en moins, 1 540),

CO <sup>2</sup> gaz	9 338 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	9 805 calories.

## XII. COLLE DE POISSON DE RUSSIE OU ICHTHYOCOLLE

Achetée dans le commerce ; traitée par l'éther froid, séchée à 115°.

*Composition de l'échantillon :*

Éléments	1	2	Moyenne
C.	48,52	48,55	48,53
H	6,92	6,91	6,91
Az	18,54	18,36	18,45
S	0,57	„	0,57
O	„	„	25,54
Cendres en plus.			0,74

## Trois combustions dans la bombe calorimétrique :

Données	I	II	III
$p$ .	187,1417	1,2108	1,1834
$\Sigma p$ .	2399,5	2399,5	2399,5
$\Delta t$ .	2°,516	2,655	2,606
$Q'$ .	6037,14	6370,67	6253,10
Fer	22,4	22,4	22,4
Acide azotique (087,0831 AzO <sup>5</sup> ).	43 <sup>cal</sup> ,6	44 <sup>cal</sup> ,9	44 <sup>cal</sup> ,4
$Q$ .	21,2	22,5	22,0
Pour 1 gramme	5993,7	6325,8	6208,7
	5249 <sup>cal</sup> ,6	5224,4	5246,4
Moyenne } pour 1 gramme. } Moyenne } pour 1 gramme. }	5240 <sup>cal</sup> ,1 à volume constant. 5242 à pression constante; 5268, 4 CO <sup>2</sup> dissous.		CO <sup>2</sup> gaz;

Valeur rapportée à 1 gramme de carbone, etc.,  
à pression constante :

CO<sup>2</sup> gaz 10 800 calories ;  
CO<sup>2</sup> et urée dissous 11 267 calories.

*Chaleur de formation par les éléments :*  
pour 1 gramme d'ichthyocolle. 991<sup>cal.</sup>

Valeur rapportée à 1<sup>er</sup> de carbone. 2 026<sup>cal.</sup>

*Combustion avec formation d'urée :* pour  
1 gramme d'ichthyocolle (en moins, 1 050),

CO<sup>2</sup> gaz 4 192 calories ;  
CO<sup>2</sup> et urée dissous 5 218 calories.

Pour 1 gramme de carbone (en moins, 2 160),

CO<sup>2</sup> gaz 8 640 calories ;  
CO<sup>2</sup> et urée dissous 9 117 calories.

## XIII. FIBROINE

Dégraissée à l'éther, séchée à 115°.

*Composition de l'échantillon :*

Éléments	1	2	Moyenne
C.	48,31	47,87	48,09
H	6,46	6,27	6,37
Az	17,96	"	17,96
S.	0,17	"	0,17
O	"	"	27,41
Cendres en plus.		0,35	





CO <sup>2</sup> gaz	4 077 calories ;
CO <sup>2</sup> dissous.	4 201 calories.

Pour 1 gramme de carbone (en moins, 2 120),

CO <sup>2</sup> gaz	8 479 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	8 946 calories.

## XIV. LAINE

Dégraissée à l'éther ; donnée par M. Schützenberger ; séchée à 115°.

*Composition de l'échantillon :*

Éléments	1	2	Moyenne
C.	49,89	50,43	50,18
H	6,89	6,97	6,93
Az	18,29	"	18,29
S	3,71	3,59	3,65
P	0,0	"	"
O	"	"	20,97
Cendres en plus.		0,64	

Cinq combustions, dont l'une a été perdue.

Données	I	II	III	IV
$p$	0 <sup>gr</sup> ,8782	0,9843	1,0006	0,9538
$\Sigma p$	2399,5	2399,5	2399,5	2399,5
$\Delta t$	2 <sup>o</sup> ,049	2,296	2370	2,198
$Q'$	4916,64	5509,30	5686,86	5274,14
Fer	22,4	22,4	22,4	22,4
Ac. azot.	13,3	14,9	15,1	14,4
$Q$	4880,94	5472,0	5649,36	5237,34
Pour 1 <sup>gr</sup> à v.e.	5557 <sup>cal</sup> ,9	5559,2	5648 9	5491,0
Moyenne	5564 <sup>cal</sup> ,2 à volume constant.			CO <sup>2</sup> gaz;
pour	5567, 3 à pression constante.			
1 gramme.	5801, 5 CO <sup>2</sup> dissous.			

Valeur rapportée à 1 gramme de carbone, à pression constante :

CO<sup>2</sup> gaz 11 099 calories ;

CO<sup>2</sup> dissous 11 566 calories.

*Chaleur de formation par les éléments* : pour 1 gramme de laine 928<sup>cal</sup>.

Valeur rapportée à 1<sup>gr</sup> de carbone. 1 849<sup>cal</sup>.

*Combustion avec formation d'urée* : pour 1 gramme de laine, (en moins 1 040), à pression constante :

CO<sup>2</sup> gaz 4 537<sup>cal</sup>.

CO<sup>2</sup> et urée dissous. 4 841<sup>cal</sup>,5.

Pour 1 gramme de carbone (en moins, 2 090) :

CO <sup>2</sup> gaz	9 009 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	9 476 calories.

## XV. CHITINE

Carapaces de homards et de crabes, lavées à l'eau, bouillies ensuite avec de l'eau, puis épluchées et traitées par HCl dilué, froid d'abord, ensuite bouillant. Traitements répétés trois fois, puis traitement par la soude étendue à chaud. Lavage à l'eau. Dernier traitement par HCl concentré bouillant et lavage à l'eau. Séché à 115°.

*Composition de l'échantillon :*

Éléments	1	2	Moyenne
C.	46,76	46,89	46,82
H	6,77	6,75	6,76
Az	7,77	''	''
S.	0,15	''	0,15
Cendres en plus.		0,30	

Trois combustions dans la bombe calorimétrique :

Données	I	II	III
$p.$	. 1 <sup>er</sup> ,3007	1,5751	1,3221
$\Sigma\mu$	. 2399,5	2399,5	2399,5
$\Delta t$	. 2,546	3,068	2,581
$Q'$	. 6109,13	7361,67	6193,11
Fer	. 22,4	22,4	22,4
Acide azotique .	. 17,2	20,9	12,6
$Q.$	. 6069,5	7318,4	6158,1
Pour 1 gramme à volume constant.	4666 <sup>cal</sup> ,3	4646,2	4654,0
Moyenne pour 1 gramme.	$\left\{ \begin{array}{l} 4655^{\text{cal}} \text{ à volume constant et à pression constante ; CO}^2 \text{ gaz ;} \\ 4873, 5, \text{ CO}^2 \text{ dissous.} \end{array} \right.$		

Valeur rapportée à 1 gramme de carbone, à volume constant et à pression constante :

CO<sup>2</sup> gaz 9 943 calories ;

CO<sup>2</sup> dissous 10 410 calories.

*Chaleur de formation par les éléments* : pour 1 gramme de chitine 1 263<sup>cal</sup>.

Valeur rapportée à 1<sup>er</sup> de carbone . 2 697<sup>cal</sup>.

*Combustion avec formation d'urée* : pour 1 gramme de chitine (en moins, 420), à pression constante et à volume constant :

CO<sup>2</sup> gaz 4 235<sup>cal</sup>.

CO<sup>2</sup> et urée dissous. 4 453<sup>cal</sup>,5.

Pour 1 gramme de carbone (en moins, 900) :

CO <sup>2</sup> gaz	9 043 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	9 510 calories.

## XVI. TUNICINE

Ascidies <sup>(1)</sup>, dont on a pris la tunique. Traitement par l'eau bouillante, puis par HCl concentré, trois à quatre fois ; puis par la soude étendue ; lavage à l'eau ; traitement de nouveau par HCl, lavage à l'eau prolongé, puis découpage en menus morceaux.

Derniers traitements par alcool et éther. Séché à 115°.

*Composition de l'échantillon :*

Éléments	1	2	Moyenne
C	45,41	45,69	45,55
H	6,56	6,65	6,60
Az	1,88	//	1,88
S.	0,50	//	0,50
P	0,14	//	0,14
Oxygène			45,33
Cendres.		4,49 en plus	

(1) Données obligeamment par M. Marion, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Quatre combustions dans la bombe calorimétrique :

Données	I	II	III	IV
$p$ .	. 15 <sup>r</sup> ,3171	1,1821	1,2317	1,3115
$\Sigma p$	. 2399,5	2399,5	2399,5	2399,5
$\Delta t$	. 2 <sup>o</sup> ,298	2,074	2,117	2,280
$Q'$	. 5514 <sup>cal</sup> ,05	4976 <sup>cal</sup> ,56	5079,74	5470,86
Fer	. 22,4 } 33 <sup>cal</sup> ,3	22,4 } 32 <sup>cal</sup> ,2	22,4 } 32 <sup>cal</sup> ,7	22,4 } 33 <sup>cal</sup> ,
Acide azotique .	. 10,9	9,8	10,3	10,9
$Q$ .	. 5481 <sup>cal</sup> ,7	4944,4	5047,0	5437,6
Pour 1 <sup>er</sup> à v. c.	. 4161 <sup>cal</sup> ,2	4182,5	4097,6	4146,0
Moyenne pour 1 gramme.	{ 4146 <sup>cal</sup> ,8 à volume constant et à pression constante ; CO <sup>2</sup> gaz ; { 4359, 3 CO <sup>2</sup> dissous.			

Ce nombre est peu différent de la cellulose, qui nous a donné 4210 calories (CO<sup>2</sup> gaz).

Valeur rapportée à 1 gramme de carbone, à pression constante et à volume constant :

CO<sup>2</sup> gaz . . . . . 8 978 calories ;

CO<sup>2</sup> et urée dissous . . . . . 9 445 calories.

*Chaleur de formation par les éléments :* pour 1 gramme de tunicine . . . . . 1 741<sup>cal</sup>.

Valeur rapportée à 1<sup>er</sup> de carbone. . . . . 3 822<sup>cal</sup>.

*Combustion avec formation d'urée ;* pour 1 gramme de tunicine (en moins, 100), à pression constante et à volume constant :

CO <sup>2</sup> gaz	4 046 <sup>cal</sup> ,8 ;
CO <sup>2</sup> dissous	4 259 <sup>cal</sup> .
Pour 1 gramme de carbone (en moins, 220) :	
CO <sup>2</sup> gaz.	8 758 calories ;
CO <sup>2</sup> et urée dissous	9 225 calories.

Le tableau suivant résume nos résultats :

Noms des matières	Chaleur de combustion				Pour 1 gramme carbone de la matière, l'azote étant éliminé sous forme d'urée		Déficit dans le cas de l'urée
	Pour 1 gramme de matière		Pour 1 gramme carbone de la matière		CO <sub>2</sub> gaz	CO <sub>2</sub> dissous	
	CO <sub>2</sub> gaz	CO <sub>2</sub> dissous	CO <sub>2</sub> gaz	CO <sub>2</sub> dissous			
Albumine	5691	5932	10991	11458	9381	9985	15 cent.
Fibrine du sang.	5532	5760	10820	11287	8970	9435	17 "
Chair musculaire (dégraissée).	5731	6018	10671	11138	8841	9308	17 "
Hémoglobine .	5915	6174	10617	11084	8902	9369	16 "
Caséine .	5629	5868	11080	11547	9580	9947	15 "
Osséine	5414	5648	10806	11273	8976	9343	17 "
Chondrine .	5346	5584	10544	11011	8924	9391	15 "
Vitelline	5784	6026	11166	11633	8576	9763	14 "
Jaune d'œuf	8124	8539	12052	12519	11632	11899	5 "
Fibrine végétale.	5836,5	6087	10807	11274	9047	9514	16 "
Gluten brut	5995	6252	10878	11345	9338	9805	14 "
Colle de poisson.	5242	5268	10800	11267	8640	9117	20 "
Fibroïne	5097	5321,5	10599	11066	8479	8946	20 "
Laine	5567	5801,5	11099	11566	9009	9476	19 "
Chitine	4655,5	4873,5	9943	10410	9043	9510	9 "
Tunicine	4147	4359	8978	9445	8758	9225	2,4 "

D'après Stohmann, on a encore :

Noms des matières	Chaleur de combustion	
	Pour 1 gramme de matière	Pour 1 gramme de carbone
Albumine cristallisée. .	5672	10804
Légumine .	5793	10885
Syntonine .	5908	11014
Peptone .	5299	10576

La valeur moyenne de la chaleur de combustion pour les *corps albuminoïdes*, susceptibles de jouer un rôle alimentaire, tels que l'albumine, la fibrine du sang, l'hémoglobine, la chair musculaire, la caséine, l'osséine, la vitelline, la fibrine végétale, est

Pour 1 gramme de matière :

CO<sup>2</sup> gaz . . . . . 5 691 calories,

et pour un poids de ces substances contenant 1 gramme de carbone :

CO<sup>2</sup> gaz . . . . . 10 870 calories ;

CO<sup>2</sup> dissous . . . . . 11 337 calories ;

valeurs moyennes, qui peuvent être adoptées, les dernières surtout, pour les principes albuminoïdes en général.



La déperdition de chaleur, due à l'élimination de l'azote sous forme d'urée, s'élève en moyenne à 16 centièmes ; ou à un sixième environ de la chaleur de combustion totale de ces diverses substances.

Quant à l'évaluation de la chaleur de combustion des matières alimentaires et par conséquent de leur valeur alibile, telles qu'on les emploie dans la consommation, elle ne saurait être l'objet de calculs rigoureux, d'après la seule connaissance de leur poids, en raison de la variabilité de la quantité d'eau contenue dans ces matières.

Envisageons maintenant la chaleur de combustion moyenne des *hydrates de carbone*. D'après nos déterminations, elle s'élève à 682 Calories, pour les poids moléculaires des hydrates de carbone qui renferment 6 atomes de carbone. Cela fait, pour le poids des hydrates de carbone renfermant 1 gramme de carbone :

CO <sup>2</sup> étant gazeux .	9 470 calories ;
CO <sup>2</sup> dissous	9 933 calories.

Ces chiffres, rapportés à l'unité de poids des aliments, varient nécessairement, en raison de l'état d'hydratation différente des hydrates de carbone, c'est-à-dire selon que ces aliments sont

introduits à l'état de fécule, de glycogène, de sucre de canne, de glucose, etc. ; état dont il est nécessaire de tenir compte dans les calculs. Un tel état d'hydratation inégal ne modifie d'ailleurs que dans une faible proportion la chaleur de combustion d'un poids donné du carbone contenu dans les hydrates. Mais il influe d'une façon considérable sur la chaleur de combustion d'un poids donné des matières alimentaires. La chaleur de combustion de ces dernières et leur valeur alibile, dans le cas des hydrates de carbone, pas plus que dans le cas des albuminoïdes, ne saurait donc être évaluée rigoureusement d'après la seule connaissance de leur poids.

On remarquera que la chaleur de combustion du carbone contenu dans les hydrates précédents surpasse d'un cinquième environ la chaleur de combustion du carbone élémentaire, constitutif de cet ordre de composés ; excès d'autant plus important à signaler que l'on n'en tenait pas compte dans les anciens calculs relatifs à la chaleur animale. J'ai déjà insisté plus d'une fois sur cet excédent thermique, qui répond à une réserve d'énergie remarquable, car elle est l'origine de la chaleur dégagée dans la plupart des fermentations.

Venons aux *corps gras* proprement dits. Leurs chaleurs de combustion sont comprises, d'après les déterminations connues,

CO<sup>2</sup> étant gazeux : entre 12 200 calories et 12 500 calories environ, pour chaque gramme de carbone contenu dans le principe hydrocarboné :

CO<sup>2</sup> étant dissous. 12 667 à 12 967 calories.

Le chiffre le plus élevé répond à la composition moyenne des graisses naturelles.

Ce chiffre d'ailleurs répond, pour 1 gramme du corps gras lui-même, à

CO <sup>2</sup> gaz	9 500 calories environ ;
CO <sup>2</sup> dissous	9 855 calories.

Mais l'évaluation rapportée à 1 gramme de carbone nous paraît préférable.

En tout cas, ce sont là nécessairement les plus fortes chaleurs de combustion, pour 1 gramme de carbone contenu dans les principes fondamentaux des animaux ou des aliments; attendu que les corps gras ne renfermant que peu d'oxygène déjà combiné et dès lors susceptible de faire disparaître, en tout ou partie, l'influence calorifique de l'hydrogène. La valeur calorimétrique des corps gras, sous un poids donné, est donc maxima ; mais, par contre, ce sont les principes

dont la combustion totale absorbe la dose la plus forte d'oxygène.

Ainsi les trois nombres moyens suivants :

12 500 calories, pour les corps gras ;

10 870 calories, pour les albuminoïdes ;

9 470 calories, pour les hydrates de carbone ;

représentent le pouvoir calorifique respectif des poids de ces divers principes contenant 1 gramme, c'est-à-dire une même proportion de carbone ; en supposant les matières sèches et l'acide carbonique gazeux.

Si ce dernier était dissous, tous ces nombres devraient être accrus de 467 calories.

Si l'on préférerait rapporter le pouvoir calorifique à 1 gramme des principes eux-mêmes, il faudrait les amener à un état tel qu'ils fussent privés de l'eau qu'ils perdent vers 120°. D'après ce mode de calcul, on aurait à peu près :

9 500 calories en moyenne, pour les corps gras,

5 700 calories, pour les albuminoïdes,

4 200 calories, pour les hydrates de carbone (fécule et congénères) ;  $\text{CO}^2$  étant dégagé dans tous les cas sous forme gazeuse.

Mais parmi les nombres ainsi calculés, dans l'hypothèse d'une combustion totale et de l'acide carbonique gazeux, ceux qui concernent les

albuminoïdes sont en réalité trop forts d'un sixième, dès que l'on envisage ces corps comme producteurs de chaleur animale, à cause de la formation de l'urée ; tandis que les quantités de chaleur calculées pour les hydrates de carbone et les corps gras s'appliquent intégralement à la génération physiologique de cette chaleur.

Ajoutons enfin que ces données sont vérifiables pour un organisme en pleine activité, qui consomme ses aliments, qui les brûle complètement (l'urée exceptée), et qui se retrouve chaque jour, ou bien après une série d'un petit nombre de jours, dans un état identique à celui qu'il présentait à l'origine.

L'influence des excréments proprement dits ne les modifie que faiblement, parce que les excréments ne constituent chez l'homme qu'une fraction assez faible du poids total des aliments.

Mais il en serait autrement pour un organisme malade ou amoindri, et qui ne brûlerait pas complètement les matières alimentaires introduites du dehors.

Les troubles qui résultent de ces dernières circonstances peuvent être d'ailleurs, soit généraux, soit locaux : ils sont généraux pour les organismes qui n'ont plus, faute d'un exercice

musculaire et d'une activité respiratoire suffisants, la propriété de brûler suffisamment les corps gras. Ceux-ci se déposent alors de tous côtés, sous forme adipeuse, et encombrent l'organisation, les tissus musculaires en particulier. Les aliments gras, qui possèdent à poids égal la puissance calorifique la plus considérable, sont aussi ceux qui cessent les premiers de fournir leur énergie à une organisation affaiblie.

Un déficit thermique très marqué se produit pareillement, lorsque l'organisme élimine des hydrates de carbone, c'est-à-dire lorsqu'il ne développe plus à un degré suffisant les agents capables de détruire à la fois les hydrates introduits par l'alimentation, ainsi que ceux que l'organisme fabrique lui-même, dans le tissu hépatique. De là une diminution dans la production de la chaleur animale; diminution qui paraît liée, plus spécialement que la précédente, avec l'état pathologique d'un système d'organes particuliers.

Ces observations s'appliquent, pour une part au moins, à la combustion incomplète des principes azotés, lorsqu'ils sont introduits en trop grande abondance, par une alimentation excessive, au sein d'un organisme affaibli, ou qui n'est pas soumis à l'exercice d'une grande activité

fonctionnelle, et spécialement musculaire. De tels aliments ne sont plus alors brûlés complètement dans l'ensemble de l'économie.

En outre, l'insuffisance fonctionnelle des organes qui procèdent à l'élaboration finale des principes azotés, celle des reins en particulier, concourt à en permettre l'élimination en nature. Celle-ci a lieu sous forme d'albumine non modifiée, ou de peptones imparfaitement digérées, dans les cas les plus graves. D'une façon plus générale, elle se manifeste sous la forme de produits incomplètement brûlés, tels que l'acide urique et congénères ; produits dont le séjour et la diffusion dans l'organisme développent de graves perturbations, des altérations locales, des engorgements, des formations de dépôts, concrétions et précipités divers, etc.

Remarquons que toutes ces perturbations coïncident avec une diminution dans la puissance génératrice de chaleur de l'organisme, qui devient par là même de plus en plus sensible aux influences extérieures de refroidissement et autres. Il y a plus : par le seul fait que la machine animale développe une dose de chaleur insuffisante, elle est de moins en moins apte à fonctionner et à brûler entièrement ses aliments : en vertu de ces enchaînements vicieux, si fréquents dans la mé-

canique ordinaire, aussi bien que dans la mécanique des êtres vivants.

Les données nouvelles exposées dans le présent ouvrage, relativement à la chaleur animale, comportent une infinité d'autres applications ; mais il suffira des indications précédentes pour donner une première idée du rôle véritable des divers groupes de principes alimentaires, spécialement envisagés au point de vue de leurs chaleurs de combustion et de formation, d'une part, et, d'autre part, des énergies physiologiques dont les principes alimentaires sont l'origine.

---



## TABLE DES MATIÈRES

---

	Pages
CHAP. I. <i>Chaleur de combustion du carbone sous ses différents états : Diamant, graphite, carbone amorphe.</i>	5
CHAP. II. <i>Chaleur de combustion et de formation des composés minéraux et des composés carbonés binaires et ternaires non azotés, susceptibles de servir d'aliments, ou de prendre naissance dans l'Économie animale. Hydrates de carbone et corps gras</i>	47
CHAP. III. <i>Chaleur de combustion et de formation des principes azotés à molécule bien définie, susceptibles d'exister dans l'Économie animale, et congénères : Amides, Amines, Nitriles, etc.</i>	71
CHAP. IV. <i>Chaleur de formation et de combustion des corps albuminoïdes et congénères : leur rôle dans la production de la chaleur animale</i>	95

---



---

Saint-Amand (Cher). — Imp. DESTENAY, BUSSIÈRE frères

---



**MASSON ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS**  
**LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE**  
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS — VI<sup>e</sup> ARR.

---

---

P. n° 664.

(Janvier 1911)

(C<sup>ons</sup> L. H. D.)

**EXTRAIT DU CATALOGUE (1)**

**Diagnostic et Traitement**  
des  
**Maladies de l'Estomac**

Par le Dr Gaston LYON

Ancien chef de Clinique médicale à la Faculté de Médecine de Paris.

Un volume in-8° de 724 pages, avec figures. Cartonné toile. 12 fr.

---

---

Vient de paraître :

**Traité élémentaire**  
de **Clinique Thérapeutique**

Par le Dr Gaston LYON

HUITIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

Un volume grand in-8° de XII-1791 pages. Relié toile.

25 fr.

---

---

**Formulaire Thérapeutique**

PAR MM.

**G. LYON**

Ancien chef de clinique à la Faculté.

**P. LOISEAU**

Ancien prép<sup>r</sup> à l'École de Pharmacie.

Avec la collaboration de MM. L. DELHERM et Paul-Émile LÉVY

SEPTIÈME ÉDITION, REVUE

Un volume in-18 tiré sur papier très mince, relié maroquin souple. 7 fr.

---

---

(1) La librairie envoie gratuitement et franco de port les catalogues suivants à toutes les personnes qui en font la demande : — Catalogue général avec table générale analytique. — Catalogue des ouvrages d'enseignement. Les livres de plus de 5 francs sont expédiés franco au prix du Catalogue. Les volumes de 5 francs et au-dessous sont augmentés de 10 0/0 pour le port. Toute commande doit être accompagnée de son montant.

MASSON ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS

# Petite Chirurgie Pratique

Th. TUFFIER

Professeur agrégé  
à la Faculté de Médecine de Paris,  
Chirurgien de l'hôpital Beaujon.

PAR

P. DESFOSSES

Ancien interne des hôpitaux de Paris,  
Chirurgien du Dispensaire  
de la Cité du Midi.

TROISIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFOUNDUE

1 vol. petit in-8° de XII-570 pages, avec 325 fig., cart. à l'angl. 10 fr.

# Précis de Technique Opératoire

PAR LES PROSECTEURS DE LA FACULTÉ DE PARIS

AVEC INTRODUCTION PAR LE P<sup>r</sup> PAUL BERGER

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REVUE ET AUGMENTÉE

Tête et Cou, par CH. LENORMANT. (3<sup>e</sup> édit.) — Thorax et membre supérieur par A. SCHWARTZ. — Abdomen, par M. GUIBÉ. — Appareil urinaire et appareil génital de l'Homme, par PIERRE DUVAL (3<sup>e</sup> édition). — Appareil génital de la Femme, par R. PROUST. — Membre inférieur, par G. LABEY. — Pratique courante et Chirurgie d'urgence, par VICTOR VEAU (3<sup>e</sup> édition).

7 vol., cart. toile. Chaque vol. illustré de plus de 250 fig. 4 fr. 50

# TRAITÉ DE GYNÉCOLOGIE

Clinique et Opératoire

Par Samuel POZZI

Professeur de Clinique Gynécologique à la Faculté de Médecine de Paris.  
Membre de l'Académie de Médecine, Chirurgien de l'hôpital Broca.

QUATRIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE.

AVEC LA COLLABORATION DE F. JAYLE

2 vol. gr. in-8° de XVI-1500 pages avec 894 fig., reliés toile. 40 fr.

# PRÉCIS D'OBSTÉTRIQUE

PAR MM.

A. RIBEMONT-DESSAIGNES

Professeur à la Faculté de Médecine  
Accoucheur de l'hôpital Beaujon.

G. LEPAGE

Professeur agrégé à la Faculté  
Accoucheur de l'hôpital de la Pitié

SIXIÈME ÉDITION. Avec 568 fig., dont 400 dessinées par M. RIBEMONT-DESSAIGNES

1 vol. grand in-8° de 1420 pages, relié toile.

30 fr.

RÉCENTES PUBLICATIONS (Janvier 1911)

SIXIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE DU  
**Traité de  
Chirurgie d'urgence**

PAR

**Félix LEJARS**

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris,  
Chirurgien de l'hôpital Saint-Antoine, Membre de la Société de chirurgie.

1 vol. grand in-8° de VIII-1185 pages avec 994 figures, et 20 planches  
hors texte, relié toile. **30 fr.**

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFONDUE

**Traité de  
Technique Opératoire**

PAR

**CH. MONOD**

Agrégé à la Faculté de Paris.

ET

**J. VANVERTS**

Chirurgien des hôpitaux de Lille

2 vol. grand in-8° formant ensemble XII-2016 pag. avec 2337 fig.  
dans le texte **40 fr.**

**MÉDECINE OPÉRATOIRE**

DES

**VOIES URINAIRES**

Anatomie Normale et  
Anatomie Pathologique Chirurgicale

Par **J. ALBARRAN**

Professeur de clinique des Maladies des Voies urinaires  
à la Faculté de Médecine de Paris, Chirurgien de l'Hôpital Necker.

Un volume grand in-8° de XII-991 pages, avec 561 figures dans le texte  
en noir et en couleurs. Relié toile. **35 fr.**

MASSON ET C<sup>o</sup>, ÉDITEURS

# La Période Post-Opératoire

## Soins, Suites et Accidents

PAR

**Salva MERCADÉ**

Ancien interne. Lauréat (médaillé d'or) des hôpitaux de Paris.

1 vol. grand in-8°, de vi-550 pages, avec 82 fig. dans le texte . 12 fr.

# Manuel de Dentisterie Opératoire

PAR

**Edward C. KIRK, D. D. S.**

Professeur de clinique dentaire à l'Université de Philadelphie.

**ADAPTATION FRANÇAISE**

par **Raymond LEMIERE**

Docteur en Médecine et chirurgien dentiste de l'Université de Paris.

1 vol. gr. in-8° de vi-856 pages, avec 875 figurés dans le texte. 30 fr.

# Abrégé d'Anatomie

PAR

**P. POIRIER**

Professeur à la Faculté de Paris.

**A. CHARPY**

Professeur à la Faculté de Toulouse.

**B. CUNÉO**

Professeur agrégé à la Faculté de Paris.

3 volumes in-8° formant ensemble 1620 pages avec 976 figures en noir et en couleurs, richement reliés toile. 50 fr.

Vient de paraître :

# Le Vade-Mecum du Médecin-Expert

PAR

**A. LACASSAGNE**

Professeur de Médecine légale  
à l'Université de Lyon

**L. THOINOT**

Professeur de Médecine légale  
à la Faculté de Paris

1 volume in-18, de xii-265 pages, relié peau.

6 fr.



Vient de paraître :

# Traité des Maladies du Nourrisson

PAR

**Le Docteur A. LESAGE**  
Médecin des Hôpitaux de Paris

1 volume in-8° de vi-736 pages, avec 68 figures dans le texte. 10 fr.

# Traité des Maladies de l'Enfance

Deuxième édition, revue et augmentée, publiée sous la direction de MM. J. GRANCHER et J. COMBY, 5 volumes grand in-8°, avec figures 112 fr.

TOME I. 22 fr. — TOME II. 22 fr. — TOME III. 22 fr. — TOME IV. 22 fr. — TOME V. 24 fr.

Vient de paraître :

# Cent cinquante Consultations Médicales pour les Maladies des Enfants

Par le D<sup>r</sup> Jules COMBY  
Médecin de l'hôpital des Enfants-Malades.

1 vol. in-16 de iv-292 pages, cartonné toile. 3 fr. 50

**CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD**

# Traité de Médecine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

**BOUCHARD** | **BRISSAUD**

Deuxième édition. 10 volumes grand in-8°. 160 fr.

Chaque volume est vendu séparément :

Tome I, 16 fr.; Tome II, 16 fr.; Tome III, 16 fr. Tome IV, 16 fr.  
Tome V, 18 fr.; Tome VI, 14 fr.; Tome VII, 14 fr., Tome VIII, 14 fr.  
Tome IX, 18 fr.; Tome X, avec table analytique des 10 volumes, 18 fr.

MASSON ET C<sup>o</sup>, ÉDITEURS

**Aide-Mémoire** ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣  
♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ **de Thérapeutique**

PAR

**G.-M. DEBOVE — G. POUCHET — A. SALLARD**

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REVUE ET AUGMENTÉE

CONFORME AU CODEX DE 1908

1 vol. in-8° de VIII-911 pages, relié toile

18 fr.

**Traité élémentaire** ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣  
♣ ♣ ♣ ♣ ♣ **de Clinique Médicale**

Par **G.-M. DEBOVE**

et **A. SALLARD**

Ancien interne des Hôpitaux.

1 vol. grand in-8° de 1296 pages avec 275 figures, relié toile. 25 fr.

Vient de paraître

**Leçons de** ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣  
♣ ♣ ♣ ♣ **Pathologie digestive**

PAR

**M. LOEPER**

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris  
Médecin des Hôpitaux.

1 vol. in-8° de VIII-301 pages, broché

6 fr.

Vient de paraître :

**Précis Élémentaire**  
**d'Anatomie, de Physiologie** ♣ ♣ ♣ ♣  
♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ **et de Pathologie**

PAR

**P. RUDAUX**

Ancien chef de clinique de la Faculté de Médecine

DEUXIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFOUDUE

1 vol. in-8° de XXII-783 pages avec 538 fig. dans le texte.

9 fr.

Vient de paraître :

# Manuel des Maladies du Foie ✧ ✧ ✧ ✧ ✧ et des Voies Biliaires

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE  
**G.-M. DEBOVE**

Doyen honoraire de la Faculté de Médecine.

**Ch. ACHARD**

Professeur de Pathologie générale  
à la Faculté, Médecin des Hôpitaux.

**J. CASTAIGNE**

Professeur agrégé à la Faculté,  
Médecin des Hôpitaux.

Par **J. CASTAIGNE** et **M. CHIRAY**

1 vol. de 884 pages, avec 300 fig. dans le texte..

20 fr.

# Manuel des Maladies ✧ ✧ ✧ ✧ ✧ ✧ ✧ ✧ ✧ ✧ du Tube Digestif

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

**G.-M. DEBOVE**

**Ch. ACHARD**

**J. CASTAIGNE**

**TOME I : Bouche, Pharynx, Œsophage, Estomac,**

par MM. G. PAISSEAU, F. RATHERY, J.-Ch. ROUX.

1 vol. gr. in-8° de 725 pages, avec figures dans le texte. 14 fr.

**TOME II : Intestin, Péritoine, Glandes salivaires, Pan-**  
**créas,** par MM. M. LÉPER, Ch. ESMONET, X. GOURAUD, L.-G. SIMON,  
L. BOIDIN et F. RATHERY.

1 vol. gr. in-8° de VIII-808 pages, avec 116 figures dans le texte. 14 fr.

# Manuel des Maladies des Reins ✧ ✧ ✧ ✧ ✧ ✧ ✧ et des Capsules Surrénales

SOUS LA DIRECTION DE MM. Debove, Achard et Castaigne

Par **J. CASTAIGNE**, E. FEUILLÉE, A. LAVENANT,

**M. LÉPER**, R. OPPENHEIM, F. RATHERY.

1 vol. grand in-8°, de VIII-792 pages, avec fig. dans le texte. 14 fr.

COLLECTION DE PRÉCIS MÉDICAUX

(VOLUMES IN-8<sup>o</sup>, CARTONNÉS TOILE ANGLAISE SOUPLE)

Vient de paraître :

Biochimie, par E. LAMBLING, professeur de chimie organique à la Faculté de Médecine de Lille. 8 fr.

Déjà publiés :

Introduction à l'étude de la Médecine,

par G.-H. ROGER, professeur à la Faculté de Paris. 4<sup>e</sup> édition, entièrement revue. 10 fr.

Physique biologique, par G WEISS, professeur agrégé à la Faculté de Paris. Deuxième édition revue et augmentée, avec 543 figures. 7 fr.

Physiologie, par Maurice ARTHUS, professeur à l'Université de Lausanne. 3<sup>e</sup> édition, avec 286 figures en noir et en couleurs. 10 fr.

Chimie physiologique, par M. ARTHUS. 6<sup>e</sup> édition, avec 118 fig. et 2 planches 6 fr.

Dissection, par P. POIRIER, professeur, et A. BAUMGARTNER, ancien prosecteur à la Faculté de Paris, 2<sup>e</sup> édition revue et augmentée, avec 241 figures. 8 fr.

Examens de Laboratoire employés en clinique, par L. BARD, professeur à l'Université de Genève, avec la collaboration de MM. G. MALLET et H. HUMBERT, avec 138 figures. 9 fr.

Diagnostic médical et Exploration clinique, par P. SPILLMANN et P. HAUSHALTER, professeurs, et L. SPILLMANN, professeur agrégé à la Faculté de Nancy, 2<sup>e</sup> édition entièrement revue avec 181 figures 8 fr.

Médecine infantile, par P. NOBÉCOURT, agrégé à la Faculté de Paris, avec 77 fig. et 1 pl. 9 fr.

Chirurgie infantile, par E. KIRMISSON, professeur à la Faculté de Paris, 2<sup>e</sup> édition revue et augmentée. (Sous presse)

Médecine légale, par A. LACASSAGNE, professeur à l'Université de Lyon, 2<sup>e</sup> édition entièrement revue avec 112 fig. et 2 planches en couleurs 10 fr.

Ophthalmologie, par V. MORAX, ophtalmologiste de l'hôpital Lariboisière, avec 339 fig. et 3 pl. 12 fr.

## COLLECTION DE PRÉCIS MÉDICAUX (Suite)

**Dermatologie**, par J. DARIER, médecin de l'hôpital Broca, avec 122 figures. 12 fr.

**Pathologie exotique**, par E. JEANSELME, agrégé à la Faculté de Paris, Médecin des hôpitaux, et E. RIST, médecin des hôpitaux de Paris, avec 160 figures et 2 planches en couleurs. 12 fr.

**Thérapeutique et Pharmacologie**, par A. RICHAUD, professeur agrégé à la Faculté de Paris, avec figures. 12 fr.

**Parasitologie**, par E. BRUMPT, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, avec 683 figures et 4 planches hors texte en couleurs. 12 fr.

**Microbiologie clinique**, par F. BEZANÇON, agrégé à la Faculté de Paris. Deuxième édition entièrement revue, avec 148 figures. 9 fr.

**Précis de Pathologie Chirurgicale** par MM. BÉGOUIN, BOURGEOIS, PIERRE DUVAL, A. GOSSET, JEANBRAU, LECÈNE, LENORMANT, R. PROUST, TIXIER, 4 volumes in-8°, cartonnés toile anglaise.

**TOME I. — Pathologie chirurgicale générale, Maladies générales des Tissus, Crâne et Rachis**, par MM. R. PROUST, Professeurs agrégés à la Faculté de Paris, chirurgien des Hôpitaux, et L. TIXIER, Professeur agrégé à la Faculté de Lyon, chirurgien des hôpitaux. 1 volume in-8° de xvi-1028 pages avec 349 figures. 10 fr.

**TOME II. — Tête, Cou, Thorax**, par MM. H. BOURGEOIS, Oto-rhino-laryngologiste des Hôpitaux de Paris, et CH. LENORMANT, Professeur agrégé à la Faculté de Paris, Chirurgien des Hôpitaux. 1 volume in-8° de xii-984 pages, avec 312 figures. 10 fr.

**TOME III. — Glandes mammaires, abdomen**, par MM. A. GOSSET, P. LECÈNE, Ch. LENORMANT, Professeurs agrégés à la Faculté de Paris, chirurgiens des Hôpitaux. 1 vol. in-8° de xii-781 pages, avec 352 figures. 10 fr.

Pour paraître en 1911 :

**TOME IV — Organes génito-urinaires, membres**, par MM. P. BÉGOUIN, E. JEANBRAU, R. PROUST, L. TIXIER.

*Vient de paraître :*

# Manuel de Pathologie interne

Par **Georges DIEULAFOY**

Professeur de Clinique médicale à la Faculté de médecine de Paris.  
Médecin de l'Hôtel-Dieu, membre de l'Académie de médecine.

**SEIZIÈME ÉDITION**

entièrement refondue et considérablement augmentée.

4 vol. in-16 diamant, avec figures en noir et en couleurs, cartonnés à l'anglaise, tranches rouges. **32 fr.**

## Clinique Médicale de l'Hôtel-Dieu de Paris

par le Professeur **G. DIEULAFOY**. 5 vol. gr. in-8°, avec figures dans le texte.

- |                 |  |        |
|-----------------|--|--------|
| I. 1896-1897.   | 1 vol. in-8°, avec figures                         | 10 fr. |
| II. 1897-1898.  | 1 vol. in-8°, avec figures.                        | 10 fr. |
| III. 1898-1899. | 1 vol. in-8°, avec figures.                        | 10 fr. |
| IV. 1900-1901.  | 1 vol. in-8°, avec figures.                        | 10 fr. |
| V. 1905-1906.   | 1 vol. in-8°, avec figures et planches             | 10 fr. |
| VI. 1909.       | 1 vol. in-8°, avec figures et planches hors texte. | 10 fr. |

## L'Alimentation et les Régimes chez l'homme sain ou malade

Par **Armand GAUTIER**

Professeur à la Faculté de Médecine, Membre de l'Institut.

**TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE**

1 volume in-8° de VIII-756 pages, avec figures

**12 fr.**

## Bibliothèque d'Hygiène thérapeutique

FONDÉE PAR le Professeur **PROUST**

Chaque ouvrage, in-16, cartonné toile, tranches rouges : **4 fr.**

Hygiène du Dyspeptique. 2<sup>e</sup> éd. — Hygiène du Goutteux. 2<sup>e</sup> éd.  
— Hygiène de l'Obèse. 2<sup>e</sup> éd. — Hygiène des Asthmatiques. —  
Hygiène et thérapeutique thermales. — Les Cures thermales.  
— Hygiène du Neurasthénique. 3<sup>e</sup> éd. — Hygiène du Tuberculeux. 2<sup>e</sup> éd. — Hygiène et thérapeutique des Maladies de la Bouche. 2<sup>e</sup> éd. — Hygiène des Maladies du Cœur. — Hygiène thérapeutique des Maladies des Fosses nasales. — Hygiène des Maladies de la Femme. — Hygiène du Syphilitique. 2<sup>e</sup> éd.

**BIBLIOTHÈQUE DE THÉRAPEUTIQUE CLINIQUE**

à l'usage des Médecins praticiens.

Vient de paraître :

**Thérapeutique usuelle des Maladies  
de l'Appareil Respiratoire**

Par le D<sup>r</sup> A. MARTINET

Ancien interne des Hôpitaux de Paris.

1 volume in-8<sup>o</sup> de 1v-295 pages avec 36 figures, broché.

3 fr. 50

Publiés antérieurement :

**Les Régimes usuels**, par les D<sup>rs</sup> P. LE GENDRE, Médecin  
de l'Hôpital Lariboisière et A. MAR-  
TINET, ancien interne des Hôpitaux de Paris. 1 vol. in-8<sup>o</sup> de 1v-434  
pages, broché 5 fr.

**Les Aliments usuels**, Composition — Préparation,  
par le D<sup>r</sup> A. MARTINET, 2<sup>e</sup> édi-  
tion entièrement revue. 1 vol. in-8<sup>o</sup>, de viii-352 pages avec fig. 4 fr.

**Les Médicaments usuels**, par le D<sup>r</sup> A. MARTINET  
3<sup>e</sup> édition, revue et aug-  
mentée, conforme au Codex (1908), 1 vol. in-8<sup>o</sup> de xiv-516 pages. 5 fr.

**Les Agents Physiques usuels**, Climatothérapie  
— Hydrothérapie  
Kinésithérapie — Thermothérapie — Electrothérapie —  
Radiumthérapie, par les D<sup>rs</sup> A. MARTINET, MOUGEOT, DES-  
FOSSÉS, DUREY, DUCROCQUET, DELHERM, DOMINICI. 1 vol.  
in-8<sup>o</sup> de xvi-633 pages, avec 170 figures et 3 planches 8 fr.

**Clinique Hydrologique**, par les docteurs F. BARADUC  
(de Châtel-Guyon), FELIX BER-  
NARD (de Plombières) — M. E. BINET (de Vichy) — J. COTTET  
(d'Evian) — L. FURET (de Brides) — A. PIATOT de Bourbon-Lancy)  
— G. SERSIRON (de la Bourboule) — A. SIMON (d'Uriage) —  
E. TARDIF (du Mont-Dore). 1 vol. in-8<sup>o</sup> de x-636 pages 7 fr.

MASSON ET C<sup>o</sup>, ÉDITEURS

# Ce qu'il faut savoir d'Hygiène

PAR

**R. WURTZ**

Agrégé à la Faculté de Paris  
Médecin des Hôpitaux.

**H. BOURGES**

Ancien chef du Laboratoire d'hygiène  
de la Faculté de Paris.

*1 vol. petit in-8°, de vi-333 pages, avec figures dans le texte. 4 fr.*

**Les Psychonévroses ET LEUR TRAITEMENT MORAL**, leçons faites à l'Université de Berne, par le P<sup>r</sup> **DUBOIS**, avec préface du P<sup>r</sup> **DEJERINE**. *Troisième édition. 1 vol. in-8° de xxviii-560 p. 8 fr.*

**L'Éducation de Soi-Même**, par le professeur **DUBOIS**.  
*Troisième édition. 1 vol. in-8°, de viii-265 pages. 4 fr.*

Vient de paraître :

## Traité d'Hygiène Militaire

PAR

**G.-H. LEMOINE**

Médecin principal de première classe  
Professeur d'Hygiène à l'École d'application du Service de Santé  
militaire du Val-de-Grâce  
Membre du Conseil supérieur d'Hygiène de France.

*1 vol. grand in-8° de xxiv-78 pages, avec 89 figures dans le texte,  
broché 12 fr.*

Vient de paraître :

## Traité de l'Inspection des Viandes

de boucherie, des volailles et gibiers, des poissons,  
crustacés et mollusques.

PAR

**J. RENNES**

Ex-Inspecteur du Service sanitaire de la Seine;  
Vétérinaire départemental de Seine-et-Oise.

*1 vol. grand in-8°, de viii-368 pages, avec 45 planches 15 fr.*



# Traité de Chimie Minérale

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE HENRI MOISSAN, Membre de l'Institut.

5 forts volumes grand in-8°, avec figures. 150 fr.

Chaque volume est vendu séparément

TOME I (complet). Métalloïdes. 28 fr. — TOME II (complet). Métalloïdes. 22 fr. — TOME III (complet). Métaux. 34 fr. — TOME IV (complet). Métaux. 36 fr. — TOME V (complet). Métaux 34 fr.

## Traité d'Analyse chimique quantitative,

par R. FRESENIUS, *Huitième édition française*, d'après la *sixième édition allemande*, revue et mise au courant des travaux les plus récents par le Dr L. Gautier. 2 vol. in-8°, formant ensemble XII-1652 pages, avec 430 fig. dans le texte. 18 fr.

## Traité d'Analyse chimique qualitative,

par R. FRESENIUS. *Onzième édition française* d'après la 16<sup>e</sup> édition allemande, par L. Gautier. 1 volume in-8° 7 fr.

**Traité de Chimie appliquée** par G. CHABRIÉ, professeur de Chimie appliquée à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. 2 vol. grand in-8°, formant ensemble XL-1594 pages avec 484 figures dans le texte, reliés toile anglaise. 44 fr.

**Traité de Chimie industrielle,** par WAGNER et FISCHER. *Quatrième édition française* entièrement refondue, révisée d'après la *quinzième édition allemande*, par le Dr L. Gautier. 2 vol. grand in-8° d'ensemble 1830 pages avec 1033 figures dans le texte.. 35 fr.

# Formulaire de l'Électricien et du Mécanicien

de É. HOSPITALIER

VINGT-QUATRIÈME ÉDITION (1910)

Par G. ROUX

Expert près le Tribunal civil de la Seine,  
Directeur du Bureau de contrôle des Installations électriques.

1 vol. in-16 de XI-1229 pages, tiré sur papier très mince, relié toile souple 10 fr.

Vient de paraître:

# L'ÉLECTRICITÉ

## et ses Applications

PAR

**Le D<sup>r</sup> L. GRAETZ**

Professeur à l'Université de Munich.

TRADUIT SUR LA QUINZIÈME ÉDITION ALLEMANDE

Par **Georges TARDY**, Ingénieur Conseil.

Préface par **H. LÉAUTÉ**, Membre de l'Institut.

1 vol. grand in-8° de xx-640 pages avec 627 fig. Relié toile. 12 fr.

## Cours élémentaire de Zoologie

Par **Rémy PERRIER**

Chargé du cours de Zoologie pour le certificat d'études physiques, chimiques et naturelles (P.C.N.) à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

QUATRIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFOUNDUE

1 vol. in-8°, de 864 pag., avec 721 fig. dans le texte. Relié toile. 10 fr.

## TRAITÉ DE ZOOLOGIE

Par **Edmond PERRIER**

Membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine,  
Directeur du Muséum d'Histoire naturelle.

- FASC. I : **Zoologie générale**, avec 458 figures 12 fr.  
FASC. II : **Protozoaires et Phytozoaires**, avec 243 figures 10 fr.  
FASC. III : **Arthropodes**, avec 278 figures. 8 fr.  
FASC. IV : **Vers et Mollusques**, avec 566 figures. 6 fr.  
FASC. V : **Amphioxus, Tuniciers**, avec 97 figures. 6 fr.  
FASC. VI : **Poissons**, avec 190 figures. 10 fr.  
FASC. VII et dernier : **Vertébrés marcheurs**. (En préparation.)

**Zoologie pratique** basée sur la dissection des Animaux les plus répandus, par **L. JAMMES**, professeur adjoint à l'Université de Toulouse. 1 volume gr. in-8°, avec 317 figures. Relié toile. 18 fr.

**Éléments de botanique**, par **Ph. VAN TIEGHEM**, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, professeur au Muséum. Quatrième édition. 2 vol. in-18, avec 587 fig. Reliés toile. 12 fr.

# Guides du Touriste, du Naturaliste et de l'Archéologue

publiés sous la direction de M. Marcellin BOULE

**Le Cantal**, par M. BOULE, docteur ès sciences, et L. FARGES, archiviste-paléographe (*épuisé*).

**La Lozère**, par E. CORD, ingénieur-agronome, G. CORD, docteur en droit, avec la collaboration de M. A. VIRÉ, docteur ès sciences.

**Le Puy-de-Dôme et Vichy**, par M. BOULE, docteur ès sciences, Ph. GLANGEAUD, maître de conférences à l'Université de Clermont, G. ROUCHON, archiviste du Puy-de-Dôme, A. VERNIÈRE, ancien président de l'Académie de Clermont.

**La Haute-Savoie**, par M. LE ROUX, conservateur du musée d'Annecy.

**La Savoie**, par J. RÉVIL, président de la Société d'histoire naturelle de la Savoie, et J. GORCELLE, agrégé de l'Université.

**Le Lot**, par A. VIRÉ, docteur ès sciences.

Chaque volume in-16, relié toile, avec figures et cartes en coul. : 4 fr. 50

Pour paraître en 1911 : Haute-Loire et Haut-Vivarais.

En préparation : Les Alpes du Dauphiné.

---

**Physique du Globe et Météorologie**, par Alphonse BERGET, docteur ès sciences. 1 vol. in-8°, avec 128 figures et 14 cartes. 15 fr.

---

## OUVRAGES DE M. A. DE LAPPARENT

Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, professeur à l'École libre des Hautes-Études.

**Traité de Géologie**. Cinquième édition, entièrement refondue. 3 vol. gr. in-8° contenant XVI-2016 pages, avec 883 figures. 38 fr.

**Abrégé de Géologie**. Sixième édition, augmentée. 1 vol. avec 163 figures et une carte géologique de la France, cartonné toile. 4 fr.

**Cours de Minéralogie**. Quatrième édition revue. 1 vol. grand in-8° de XX-740 pages, avec 630 figures et une planche. 15 fr.

**Précis de Minéralogie**. Cinquième édition. 1 vol. in-16 de XII-398 pages, avec 235 fig. et une planche, cartonné toile. 5 fr.

**Leçons de Géographie physique**. Troisième édition. 1 vol. de XVI-728 pages avec 203 fig. et une planche en couleurs. 12 fr.

**La Géologie en chemin de fer**. 1 vol. in-18 de 608 pages, avec 3 cartes chromolithographiées, cartonné toile. 7 fr. 50

**Le Siècle du Fer**. 1 vol. in-18 de 360 pages, broché. 2 fr. 50

MASSON ET C<sup>e</sup>, ÉDITEURS

# La Presse Médicale

Journal bi-hebdomadaire, paraissant le Mercredi et le Samedi

RÉDACTION : P. DESFOSSÉS, J. DUMONT  
SECRÉTAIRES DE LA RÉDACTION.

DIRECTION SCIENTIFIQUE

F. DE LAPERSONNE, E. BONNAIRE, L. LANDOUZY, M. LETULLE  
J.-L. FAURE, H. ROGER, M. LERMOYER, F. JAYLE

Paris et Départements, 10 fr.; Union postale, 15 fr.

# La Nature

REVUE HEBDOMADAIRE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS  
AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE

Abonnement annuel : Paris : 20 fr. — Départements : 25 fr.  
Union postale : 26 fr.

Abonnement de six mois : Paris : 10 fr.  
Départements : 12 fr. 50. — Union postale : 13 fr.

## Petite Bibliothèque de "La Nature"

**Recettes et Procédés utiles**, recueillis par Gaston TISSANDIER,  
\*redacteur en chef de *la Nature*. Onzième édition.

**Recettes et Procédés utiles. Deuxième série : La Science  
pratique**, par Gaston TISSANDIER. Septième édition.

**Nouvelles Recettes utiles et Appareils pratiques.**  
Troisième série, par Gaston TISSANDIER. Cinquième édition.

**Recettes et Procédés utiles. Quatrième série**, par Gaston  
TISSANDIER. Cinquième édition.

**Recettes et Procédés utiles. Cinquième série**, par J. LAF-  
FARGUE, secrétaire de la rédaction de *la Nature*. Troisième édition.

Chaque volume in-18 avec figures est vendu.

Broché . . . . . 2 fr. 25 | Cartonné toile. . . . . 3 fr.

**La Physique sans appareils et la Chimie sans labo-  
ratoire**, par Gaston TISSANDIER. *Ouvrage couronné par l'Académie*  
(Prix Montyon). Neuvième édition. Un volume in-8° avec nom-  
breuses figures dans le texte. Broché, 3 fr. Cartonné toile, 4 fr.

# LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

55, Quai des Grands-Augustins, Paris (6<sup>e</sup>).

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

## LEÇONS

DE

# PHYSIQUE GÉNÉRALE

PAR

**James CHAPPUIS,**  
Professeur de Physique générale  
à l'École Centrale  
des Arts et Manufactures.

**Alphonse BERGET,**  
Attaché au Laboratoire  
des Recherches physiques  
à la Sorbonne.

Cours professé à l'École centrale des Arts et Manufactures  
et complété suivant le programme du certificat  
de Physique générale.

Deuxième édition entièrement refondue; 4 vol. in-8 (25-16).

- TOME I : *Instruments de mesure. Pesanteur. Elasticité. Statique des liquides et des gaz*; avec 306 figures; 1907. 48 fr.  
TOME II : *Electricité et Magnétisme*; avec 400 fig.; 1900. 45 fr.  
TOME III : *Acoustique. Optique*; avec 208 figures; 1909.... 44 fr.  
TOME IV : *Ondes électriques. Radioactivité. Electro-optique*..... (Sous presse.)

LES

# ENROULEMENTS INDUSTRIELS

DES

MACHINES A COURANT CONTINU  
ET A COURANT ALTERNATIF  
(THÉORIE ET PRATIQUE)

Par **Eugène MAREC,**  
Ancien Élève des Écoles d'Arts et Métiers,  
Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

AVEC UNE PRÉFACE DE PAUL JANET,  
Directeur de l'École supérieure d'Électricité.

IN-8 (25-16) DE 1X-240 PAGES, AVEC 212 FIGURES; 1910..... 9 FR.

ENCYCLOPÉDIE  
DES  
**SCIENCES MATHÉMATIQUES**  
PURES ET APPLIQUÉES,

Publiée sous les auspices des Académies des Sciences de Munich,  
de Vienne, de Leipzig et de Göttingue.

Édition française publiée d'après l'édition allemande  
SOUS LA DIRECTION DE **Jules MOLK**,  
Professeur à l'Université de Nancy.

L'édition française de l'*Encyclopédie* est publiée en sept tomes  
formant chacun trois ou quatre volumes de 300 à 500 pages in-8  
(25-16) paraissant en fascicules de 10 feuilles environ.

*Fascicules parus du Tome I :*

Volume I. Fascicule 1..	5 fr.	Volume III. Fascicule 1..	3 fr.
Fasc. 2.	5 fr. 25 c.	Fascicule 2.	3 fr.
Fascicule 3.	6 fr.	Fasc. 3.	3 fr. 75 c.
Fascicule 4...	5 fr.	Volume IV. Fascicule 1.	5 fr.
Volume II. Fascicule 1..	8 fr.	Fasc. 2.	6 fr. 25 c.
Fasc. 2.	3 fr. 75 c.	Fasc. 3.	6 fr. 25 c.
Fasc. 3.	3 fr. 75 c.		

*Fascicules parus du Tome II :*

Volume I. Fascicule 1..	4 fr. 50	Volume III. Fascicule 1.	7 fr.
-------------------------	----------	--------------------------	-------

LES

**SUBSTANCES ISOLANTES**  
ET LES MÉTHODES D'ISOLEMENT

UTILISÉES DANS L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

Par **Jean ESCARD**,  
Ingénieur civil.

IN-8 (25-16) DE XX-314 PAGES, AVEC 182 FIGURES; 1911... 10 FR.

LA

# MÉTALLOGRAPHIE

APPLIQUÉE AUX PRODUITS SIDÉRURGIQUES

Par **U. SAVOIA**,

Assistant de Métallurgie à l'Institut royal  
technique supérieur de Milan.

OUVRAGE TRADUIT DE L'ITALIEN

IN-16 (19-12) DE VI-218 PAGES AVEC 94 FIGURES; 1910... 3 FR. 25

---

## TRAITÉ

DE

# RADIOACTIVITÉ

Par **Madame P. CURIE**,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

DEUX VOLUMES IN-8 (25-16) DE XIII-426 ET IV-548 PAGES,  
AVEC 193 FIGURES, 7 PLANCHES ET UN PORTRAIT DE  
P. CURIE; 1910. . . . . 30 fr.

---

# LIGNES ÉLECTRIQUES

SOUTERRAINES.

ÉTUDES, POSE, ÉSSAIS ET RECHERCHES DE DÉFAUTS

PAR

**Ph. GIRARDET**,  
Ingénieur I. E. G.

| **W. DUBI**,  
Ingénieur Polytechnicum de Zurich.

IN-8 (23-14) DE 208 PAGES, AVEC 48 figures; 1910..... 5 FR.

# LA REVUE ÉLECTRIQUE

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE M. J. BLONDIN,

Avec la collaboration de MM. ARMAGNAT, BECKER, BOURGUIGNON,  
COURTOIS, DA COSTA, JACQUIN-JUMAU, GOISOT,  
J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN,  
RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

La *Revue électrique* paraît deux fois par mois, par fascicules de 48 pages in-4 (28-22). Elle forme par an 2 volumes de 575 pages environ chacun.

*Prix de l'abonnement pour un an :*

(A partir du 1<sup>er</sup> janvier ou du 1<sup>er</sup> juillet.)

Paris.....	25 fr.
Départements.....	27 fr. 50 c.
Union postale.....	30 fr.

Chaque volume formant un Semestre ..... 11 fr.  
 La Collection des années 1904 à 1908 (10 volumes)..... 90 fr.

## LIGNES ÉLECTRIQUES AÉRIENNES.

ÉTUDE ET CONSTRUCTION

Par **Ph. GIRARDET**,  
Ingénieur I. E. G.

IN-8 (23-14) DE 181 PAGES AVEC 13 FIGURES; 1910..... 5 FR.

## ESSAI

DE

# COSMOGONIE TOURBILLONNAIRE

Par **Émile BELOT**,  
Ancien Élève de l'École Polytechnique,  
Directeur des manufactures de l'État.

IN-8 (25-16) DE XII-280 PAGES, AVEC 52 FIGURES ;1911..... 40 FR.



DESCRIPTION ET USAGE

DE

L'ASTROLABE A PRISME

PAR

**A. CLAUDE,**  
Membre adjoint  
du Bureau des Longitudes.

**L. DRIENCOURT,**  
Ingénieur hydrographe en chef  
de la Marine.

In-8 (22-16) DE XXX-392 PAGES, AVEC 35 FIGURES ET 7 PLANCHES; 1910. Cartonné..... 15 FR.

---

**MACHINES-OUTILS**  
OUTILLAGE — VÉRIFICATEURS  
NOTIONS PRATIQUES

PAR

**P. GORGEU,**  
Capitaine d'artillerie.

Volume in-8 (25-16) de iv-232 p., avec 200 schémas; 1909. 7 fr. 50 c

---

LES

**CARTES GÉOGRAPHIQUES**  
ET LEURS PROJECTIONS USUELLES

PAR

**L. DEFOSSEZ**

In-16 de vii-118 pages avec 23 figures et 2 planches 1910. 2 fr. 75

**PRÉCIS**  
DE  
**MÉCANIQUE RATIONNELLE**  
INTRODUCTION A L'ÉTUDE DE LA PHYSIQUE  
ET DE LA MÉCANIQUE APPLIQUÉE

A L'USAGE DES CANDIDATS AUX CERTIFICATS DE LICENCE ET DES ÉLÈVES  
DES ÉCOLES TECHNIQUES SUPÉRIEURES,

PAR

**P. APPELL,**  
Professeur de Mécanique rationnelle  
à la Faculté des Sciences  
de l'Université de Paris.

**S. DAUTHEVILLE,**  
Professeur de Mécanique rationnelle  
à la Faculté des Sciences  
de l'Université de Montpellier.

VOLUME IN-8 (25-16) DE VI-716 PAGES, AVEC 220 FIGURES; 1910. 25 FR

---

**LEÇONS**  
SUR LES  
**SÉRIES DE POLYNOMES**  
A UNE VARIABLE COMPLEXE

PAR

**Paul MONTEL,**  
Docteur ès sciences,  
Professeur au Lycée Buffon.

IN-8 (25-16) DE VIII-128 PAGES, AVEC 2 FIGURES; 1910... 3 FR. 50 C

---

LES

**FONCTIONS POLYÉDRIQUES**  
ET MODULAIRES,

**Par G. VIVANTI,**  
Professeur à la Faculté des Sciences de Messine.

OUVRAGE TRADUIT,

**Par Armand CAHEN,**  
Agrégé de l'Université, Professeur au Lycée de Cherbourg.

IN-8 (25-16) DE VII-316 PAGES, AVEC 52 FIGURES; 1910... 12 FR.

# LEÇONS

SUR LES

# SYSTÈMES ORTHOGONAUX

ET LES COORDONNÉES CURVILIGNES,

Par **G. DARBOUX.**

Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences,  
Professeur de Géométrie supérieure à l'Université de Paris.

Deuxième édition, augmentée.

IN-8 (25-16) DE VIII-567 PAGES; 1910..... 18 FR.

# LES OSCILLATIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

ET LA

# TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Par le Professeur **D<sup>r</sup> J. ZENNECK.**

OUVRAGE TRADUIT DE L'ALLEMAND

Par **P. BLANCHIN, G. GUÉRARD, E. PICOT,**  
Officiers de Marine.

DEUX VOLUMES IN-8 (25-16) SE VENDANT SÉPARÉMENT.

**TOME I :** *Les oscillations industrielles. Les oscillateurs fermés à haute fréquence.* Volume de XII-505 pages, avec 422 figures, 1909..... 17 fr.

**TOME II :** *Les oscillateurs ouverts et les systèmes couplés, les ondes électromagnétiques. La Télégraphie sans fil.* Volume de VI-489 pages, avec 380 figures; 1909..... 17 fr.

# SYSTÈMES CINÉMATIQUES

Par **L. CRELIER,**

Docteur ès sciences, Professeur au Technicum de Bienne,  
Privat-Docent à l'Université de Berne.

IN-8 (20-13) DE 100 PAGES, AVEC 13 FIGURES ET UN PORTRAIT DU  
COLONEL MANNHEIM. CARTONNÉ; 1911..... 2 FR.

# COURS DE PHYSIQUE

## DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par J. JAMIN et E. BOUTY.

Quatre tomes in-8 (23-14), de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches; 1885-1891. .... 72 fr.

### TOME I. — 9 fr.

1<sup>er</sup> fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures et 1 planche..... 5 fr.

2<sup>e</sup> fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures..... 4 fr.

### TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

1<sup>er</sup> fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 figures. 5 fr.

2<sup>e</sup> fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches..... 5 fr.

3<sup>e</sup> fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures..... 5 fr.

### TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

1<sup>er</sup> fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.

2<sup>e</sup> fascicule. — *Optique géométrique*; 139 fig. et 3 planches. 4 fr.

3<sup>e</sup> fascicule. — *Etude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 pl. 14 fr.

### TOME IV (1<sup>re</sup> Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

1<sup>er</sup> fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche..... 7 fr.

2<sup>e</sup> fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

### TOME IV (2<sup>e</sup> Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

3<sup>e</sup> fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.

4<sup>e</sup> fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES des quatre volumes. In-8; 1891..... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1<sup>er</sup> SUPPLÉMENT. — *Chaleur. Acoustique. Optique*; par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

2<sup>e</sup> SUPPLÉMENT. — *Électricité. Ondes hertziennes. Rayons X*; par E. BOUTY. In-8, avec 48 figures et 2 planches; 1899. 3 fr. 50 c.

3<sup>e</sup> SUPPLÉMENT. — *Radiations. Électricité. Ionisation. Applications de l'Électricité. Instruments divers*; par E. BOUTY. In-8, avec 104 figures; 1906..... 8 fr.

# ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS

## ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE.

---

### TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

CONFORME AU PROGRAMME DU COURS DE L'ÉCOLE CENTRALE (E. I.)

Par **ALHEILIG** et **C. ROCHE**, Ingénieurs de la Marine.

TOME I 412 fig.); 1895 ..... 20 fr. | TOME II (281 fig.); 1895..... 18 fr.

---

### CHEMINS DE FER

PAR

**E. DEHARME,**

Ing<sup>r</sup> principal à la Compagnie du Midi.

**A. PULIN,**

Ing<sup>r</sup> Insp<sup>r</sup> p<sup>al</sup> aux chemins de fer du Nord.

**MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION**

1 volume in-8 (25-16), xxii-441 pages, 195 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). 15 fr.

**ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. LA CHAUDIÈRE**

Un volume in-8 (25-16) de vi-608 p. avec 131 fig. et 2 pl.; 1900 (E. I.). 15 fr.

**ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. MÉCANISME, CHASSIS  
TYPES DE MACHINES**

Un volume in-8 (25-16) de iv-712 pages, avec 288 figures et un atlas in-4<sup>e</sup> (32-25) de 18 planches; 1903 (E. I.). Prix..... 25 fr.

---

### TRAITÉ GÉNÉRAL

## DES AUTOMOBILES A PÉTROLE

Par **Lucien PÉRISSE,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

In-8 (25-16) de iv-503 p. avec 286 fig.; 1907 (E. I.)... 47 fr. 50 c.

# INDUSTRIES DU SULFATE D'ALUMINIUM, DES ALUNS ET DES SULFATES DE FER,

Par **Lucien GESCHWIND**, Ingénieur-Chimiste.

Un volume in-8 (25-16), de viii-364 pages, avec 195 figures; 1899 (E. I.). 10 fr.

---

# COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par **C. BRICKA**,

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

DEUX VOLUMES IN-8 (25-16); 1894 (E. T. P.).

TOME I : avec 326 fig.; 1894.. 20 fr. | TOME II : avec 177 fig.; 1894.. 20 fr.

---

# COUVERTURE DES ÉDIFICES

Par **J. DENFER**,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME IN-8 (25-16), AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.). 20 FR.

---

# CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

Par **J. DENFER**,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

DEUX VOLUMES IN-8 (25-16); 1894 (E. T. P.).

TOME I : avec 479 fig.; 1894.. 20 fr. | TOME II : avec 571 fig.; 1894.. 20 fr.

---

# ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **Al. GOUILLY**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

IN-8 (25-16) DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG., 1894 (E. I.).. 12 FR.

# MÉTALLURGIE GÉNÉRALE

Par **U. LE VERRIER**,

Ingénieur en chef des Mines, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

VOLUMES IN-8 (25-16) SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

I. — *Procédés de chauffage*. Volume de 367 pages, avec 171 fig.; 1902..... 12 fr.

II. — *Procédés métallurgiques et études des métaux*. Volume de 403 pages, avec 194 figures; 1905..... 12 fr.

---

## VERRE ET VERRERIE

Par **Léon APPERT** et **Jules HENRIVAUX**, Ingénieurs.

In-8 (25-16) avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.).... 20 fr.

---

## COURS

# D'ÉCONOMIE POLITIQUE

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES (E. I. P.)

Par **C. COLSON**,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

SIX LIVRES IN-8 (25-16) SE VENDANT SÉPARÉMENT, CHACUN 6 FRANCS.

LIVRE I : *Théorie générale des phénomènes économiques*. Un volume de 450 pages. 2<sup>e</sup> édition; 1907.

LIVRE II : *Le travail et les questions ouvrières*. Un volume de 344 pages; 1901. (Nouveau tirage.)

LIVRE III : *La propriété des biens corporels et incorporels*. Un volume de 342 pages; 1902.

LIVRE IV : *Les entreprises, le commerce et la circulation*. Un volume de 432 pages; 1903.

LIVRE V : *Les finances publiques et le budget de la France*. 2<sup>e</sup> édition revue et mise à jour. Un volume de 466 pages; 1909.

LIVRE VI : *Les Travaux publics et les transports*. 2<sup>e</sup> édition revue et mise à jour. Un volume de 528 pages; 1910.

SUPPLÉMENT aux Livres IV, V et VI. Brochure in-8; 1909 .... 1 fr.

# CHEMINS DE FER. EXPLOITATION TECHNIQUE

PAR MM.

**SCHÖLLER.**

Chef adjoint des Services commerciaux  
à la Compagnie du Nord.

**FLEURQUIN,**

Inspecteur des Services commerciaux  
à la même Compagnie.

UN VOLUME IN-8 (25-16), AVEC FIGURES; 1901 (E. I.).... 12 FR.

---

## TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

Par **E. BOURRY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

IN-8 (25-16), DE 755 PAGES, AVEC 349 FIG.; 1897 (E. I.). 20 FR.

---

## TEINTURE, CORROYAGE ET FINISSAGE DES CUIRS

PAR

**M.-C. LAMB, F. C. S.,**

Directeur de la Section de Teinture  
au Collège technique de la « Leathersellers' Company » de Londres.

TRADUIT PAR

**Louis MEUNIER,**

Docteur ès sciences,  
Chargé de cours à l'Université de Lyon,  
Professeur à l'École française  
de Tannerie.

**Jules PRÉVOT,**

Licencié ès sciences,  
Ancien Élève des Ecoles de Tannerie  
de Lyon, Leeds, Londres,  
Vienne et Freiberg.

IN-8 (25-16) DE VI-470 PAGES, AVEC 203 FIGURES ET 4 PLANCHES  
D'ÉCHANTILLONS; 1910. .... 20 fr.



# LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par **Henri DE LAPPARENT**,  
Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, CLIMATS, SOLS, ETC., SUR LE VIN, VINIFICATION,  
CUVERIE, CHAIS, VIN APRÈS LE DÉCUVAGE. ÉCONOMIE, LÉGISLATION.

IN-8 (25-16) DE XII-533 P., 111 FIG., 28 CARTES; 1895 (E.I.). 12 FR.

# -CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE

Par **M. LÉVY-LAMBERT**.

IN-8 (25-16) DE IV-479 PAGES, AVEC 137 FIG.; 1908. (E. T. P.). 15 fr.

# COURS DE CHEMINS DE FER

(ÉCOLE SUPÉRIEURE DES MINES),

Par **E. VICAIRE**, Inspecteur général des Mines,  
rédigé et terminé par **F. MAISON**, Ingénieur des Mines.

IN-8 (25-16) de 581 pages avec nombreuses fig.; 1903 (E. I.). 20 fr.

# MACHINES FRIGORIFIQUES.

CONSTRUCTION. FONCTIONNEMENT.  
APPLICATIONS INDUSTRIELLES

PAR  
**D<sup>r</sup> H. LORENZ**,  
Professeur à l'École technique  
de Dantzig.

**D<sup>r</sup> Ing. C. HEINEL**,  
Chargé de Cours à l'École technique  
supérieure de Berlin.

*Traduit de l'allemand sur la 4<sup>e</sup> édition avec l'autorisation des auteurs,*

PAR  
**P. PETIT**,  
Professeur à la Faculté des Sciences  
de Nancy, Directeur de l'École de Brasserie.

**Ph. JACQUET**,  
Ingénieur,  
Co-gérant des Brasseries Th. Boch et C<sup>ie</sup>

2<sup>e</sup> ÉDITION FRANÇAISE CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE. VOLUME

IN-8 (25-16) DE VIII-424 PAGES, AVEC 314 FIGURES; 1910..... 15 FR.

LES COMBUSTIONS INDUSTRIELLES

# LE CONTRÔLE CHIMIQUE DE LA COMBUSTION

Par **Henri ROUSSET** et **A. CHAPLET**,  
Ingénieurs-Chimistes.

In-8 (25-16) DE IV-263 PAGES AVEC 68 FIGURES; 1909..... 8 FR.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

# DU CIMENT ARMÉ

Par **R. FÉRET**,

Chef du Laboratoire des Ponts et Chaussées à Boulogne-sur-Mer.

In-8 (25-16) de VI-778 pages, avec 197 figures; 1906 (E. I.). 20 fr.

LA FORME

DU

# LIT DES RIVIÈRES

A FOND MOBILE

Par **L. FARGUE**,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

In-8 (25-16) de IV-187 pages, avec 55 fig. et 15 pl.; 1908 ..... 9 fr.

# LA TANNERIE

Par **L. MEUNIER** et **C. VANEY**,

Professeurs à l'École française de Tannerie.

Publié sous la direction de **LÉO VIGNON**,

Directeur de l'École française de Tannerie.

In-8 (25-16) DE 650 PAGES AVEC 98 FIGURES; 1903 (E. I.). 20 FR.

# BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

---

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la Science, de l'Art et des applications pratiques.

## MONOGRAPHIE DU DIAMIDOPHÉNOL EN LIQUEUR ACIDE,

*Nouvelle méthode de développement.*

Par G BALAGNY.

In-16 (19-12) de VIII-84 pages; 1907..... 2 fr. 75 c.

## DICTIONNAIRE DE CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE,

*A l'usage des Professionnels et des Amateurs,*

Par G. et A. BRAUN fils.

Un volume grand in-8 (25-16) de 500 pages..... 12 fr.

## LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS

PAR

## LES PLAQUES AUTOCHROMES

Par VICTOR CRÉMIER.

In-16 (19-12) de VIII-112 pages; 1911..... 2 fr. 75

## PRÉCIS DE PHOTOGRAPHIE GÉNÉRALE,

Par Édouard BELIN.

Deux volumes in-8 (25-16), se vendant séparément.

TOME I : *Généralités. Opérations photographiques.* Vol. de VIII-246 pages, avec 96 figures; 1905..... 7 fr.

TOME II : *Applications scientifiques et industrielles.* Vol. de 233 pages avec 99 figures et 10 planches; 1905.. 7 fr.

## TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. in-8 (25-16), avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891.. **48 fr.**  
Chaque volume se vend séparément **14 fr.**

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

- 1<sup>er</sup> Supplément (A). Un beau vol. de 400 p. avec 176 fig.; 1892..... **14 fr.**
  - 2<sup>e</sup> Supplément (B). Un beau vol. de 424 p. avec 221 fig.; 1897..... **14 fr.**
  - 3<sup>e</sup> Supplément (C). Un beau vol. de 400 p. avec 215 fig.; 1903..... **14 fr.**
  - 4<sup>e</sup> Supplément (D). Un beau vol. de 414 p. avec 151 fig.; 1906..... **14 fr.**
- Les 8 volumes se vendent ensemble..... **96 fr.**

## CARNET PHOTOGRAPHIQUE.

### QUINZE ANS DE PRATIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE,

Par A. CHARVET.

In-16 (19-12) de vi-88 pages, avec figures et 8 planches; 1910.. **2 fr. 75 c.**

## LES POSITIFS SUR VERRE,

### THÉORIE ET PRATIQUE,

Par H. FOURTIER.

2<sup>e</sup> édition. In-16 (19-12) de 188 pages, avec 1<sup>re</sup> figures; 1907... **2 fr. 75 c.**

## LA PHOTOGRAPHIE AU CHARBON PAR TRANSFERTS ET SES APPLICATIONS

Par G.-A. LIÉBERT.

In-8 (25-16) de vi-283 pages, avec 20 figures et une épreuve au charbon;  
1908 ..... **9 fr.**

## CONSEILS AUX AMATEURS PHOTOGRAPHES,

Par MAURICE MERCIER.

In-16 (19-12) de vi-144 pages; 1907..... **2 fr. 75 c.**

## APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE AUX LEVÉS TOPOGRAPHIQUES EN HAUTE MONTAGNE,

Par HENRI VALLOT et JOSEPH VALLOT.

In-16 (19-12) de xiv-237 pages avec 36 figures et 4 planches; 1907... **4 fr.**

(Décembre 1910.)











## ORIENTAÇÕES PARA O USO

Esta é uma cópia digital de um documento (ou parte dele) que pertence a um dos acervos que fazem parte da Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP. Trata-se de uma referência a um documento original. Neste sentido, procuramos manter a integridade e a autenticidade da fonte, não realizando alterações no ambiente digital – com exceção de ajustes de cor, contraste e definição.

**1. Você apenas deve utilizar esta obra para fins não comerciais.** Os livros, textos e imagens que publicamos na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP são de domínio público, no entanto, é proibido o uso comercial das nossas imagens.

**2. Atribuição.** Quando utilizar este documento em outro contexto, você deve dar crédito ao autor (ou autores), à Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP e ao acervo original, da forma como aparece na ficha catalográfica (metadados) do repositório digital. Pedimos que você não republique este conteúdo na rede mundial de computadores (internet) sem a nossa expressa autorização.

**3. Direitos do autor.** No Brasil, os direitos do autor são regulados pela Lei n.º 9.610, de 19 de Fevereiro de 1998. Os direitos do autor estão também respaldados na Convenção de Berna, de 1971. Sabemos das dificuldades existentes para a verificação se uma obra realmente encontra-se em domínio público. Neste sentido, se você acreditar que algum documento publicado na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP esteja violando direitos autorais de tradução, versão, exibição, reprodução ou quaisquer outros, solicitamos que nos informe imediatamente ([dtsibi@usp.br](mailto:dtsibi@usp.br)).