













Q  
57  
H233X  
NH

compt in 2 nos.

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

SCIENCES

EXACTES ET NATURELLES.

Série 38, Sciences naturelles/  
PUBLIÉES PAR

LA SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES À HARLEM,

ET RÉDIGÉES PAR

J. P. LOTSY,

SECRÉTAIRE,

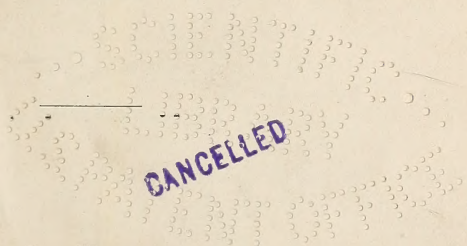
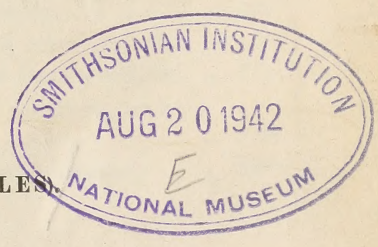
avec la collaboration des Membres de la Société.

24

SÉRIE III B.

(SCIENCES NATURELLES)

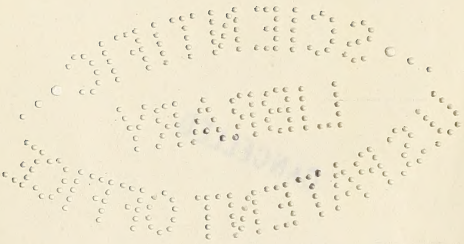
TOME I.



LA HAYE

MARTINUS NIJHOFF

1912.





H16  
ser. 3b  
t. 1  
1912

## TABLE DES MATIÈRES.

---

H. J. HAMBURGER, J. DE HAAN ET F. BUBANOVIC. l'Influence de l'iodoforme, du chloroforme et d'autres substances solubles dans la graisse sur la phagocytose.....	Page 1
R. KIDSTON F. R. S. ET W. J. JONGMANS. Sur la fructification de <i>Neuropteris obliqua</i> Bgt.....	" 25
G. F. TYDEMAN. Le vol plané des oiseaux.....	" 27
H. J. HAMBURGER. 25 Ans de „Pression osmotique” dans les sciences médicales.....	" 93
HANS HALLIER. Sur le <i>Philbornea</i> , genre nouveau de la famille des Linacées, avec quelques remarques sur les affinités de cette famille.....	" 104
J. BÖESEKEN ET H. WATERMAN. Sur une méthode biochimique de détermination de petites quantités d'acide salicylique en présence d'un excès d'acide paraoxybenzoïque.....	" 112
J. BÖESEKEN ET H. WATERMAN. Sur l'action de quelques dérivés du benzène sur le développement de <i>Penicillium glaucum</i> .....	" 117
H. J. HAMBURGER ET J. DE HAAN. De l'influence de substances solubles dans la graisse sur la mobilité de phagocytes et d'autres cellules.....	" 134
HANS HALLIER. L'origine et le système phylétique des Angiospermes exposés à l'aide de leur arbre généalogique.....	" 146
K. KUIPER JR. Sur les ferments de la salive de divers animaux....	" 235

---





# ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

sciences exactes et naturelles.

2ème Partie Sciences naturelles.

W5

L'INFLUENCE DE L'IODOFORME, DU CHLOROFORME ET D'AUTRES  
SUBSTANCES SOLUBLES DANS LA GRAISSE SUR LA PHAGOCYTOSE

PAR

H. J. HAMBURGER, J. DE HAAN et F. BUBANOVIC.

Depuis une trentaine d'années déjà on se sert de l'iodoforme dans le traitement des blessures et des inflammations chroniques. Au commencement on croyait que l'influence favorable provenait d'une action antiseptique, mais on revint de cette idée, lorsqu'on reconnut que les organismes inférieurs se développent parfaitement dans un milieu contenant de l'iode.

On imagina alors d'autres hypothèses, sur lesquelles nous ne nous étendrons pas <sup>1)</sup>. Elles se basent spécialement sur une mise en liberté d'iode.

Mais aucune de ces hypothèses ne satisfait complètement.

Pour des raisons qu'il est inutile de communiquer, nous nous sommes demandé, si cette action favorable de l'iodoforme sur des processus infectieux localisés ne pourrait pas provenir, en partie du moins, d'une activation de la phagocytose par ces substances.

La méthode que nous avons employée dans ces recherches est tout à fait la même que celle, que l'on suivit dans notre laboratoire pour l'étude de l'influence d'autres substances sur la phagocytose <sup>2)</sup>.

## 1. Influence de l'iodoforme sur la phagocytose.

Une solution de  $NaCl$  à 0,9 % fut agitée avec de la poudre d'iodoforme. De la solution saturée d'iodoforme ainsi obtenue on ajouta 3 cm<sup>3</sup>.

<sup>1)</sup> On en trouve un aperçu e.a. dans STOKVIS-ZEEHUIZEN, Voordrachten over Geneesmiddelleer, 3<sup>e</sup> édition, 1906, t. 1, pp. 399 et suiv.

<sup>2)</sup> Voir e. a. HAMBURGER et HEKMA, ces *Archives*, (2), 13, 379, 1908.

à 0,2 cm<sup>3</sup>. d'une suspension de leucocytes de cheval dans une solution de *NaCl* à 0,9 ‰.

A côté de cela on prépara un mélange de 3 cm<sup>3</sup>. d'une solution de *NaCl* sans iodoforme et 0,2 cm<sup>3</sup>. de la suspension des mêmes leucocytes.

Les deux mélanges furent abandonnés à eux-mêmes pendant 1½ h., puis, après addition de particules de charbon, exposés pendant 10 minutes à une température de 37° et refroidis. Enfin on en fit des préparations microscopiques et on examina quelle était la proportion de globules blancs qui avaient absorbé du charbon. On fit la même chose avec des suspensions qui avaient été en contact avec les particules de charbon pendant 20 minutes, 30 minutes, 1 heure et 1½ h. à 37°. Voici quelques-unes des nombreuses séries d'expériences que nous avons faites.

Tableau I.

Influence de l'iodoforme sur la phagocytose.

Temps pendant lequel les phagocytes pouvaient absorber les particules de charbon	Nombre ‰ de leucocytes qui avaient absorbé du charbon	
	Leucocytes dans une solution de <i>NaCl</i> à 0,9 ‰	Leucocytes dans une solution de <i>NaCl</i> à 0,9 ‰, saturée d'iodoforme (1 sur 100.000) <sup>1)</sup>
10 minutes	$\frac{173}{424} \times 100 = 40,8 \%$	$\frac{256}{450} \times 100 = 56,8 \%$
20 "	$\frac{185}{342} \times 100 = 54 \%$	$\frac{205}{496} \times 100 = 61,4 \%$
30 "	$\frac{236}{438} \times 100 = 53,8 \%$	$\frac{286}{412} \times 100 = 69,4 \%$
1 heure	$\frac{304}{520} \times 100 = 58,5 \%$	$\frac{356}{511} \times 100 = 69,9 \%$
1½ "	$\frac{402}{597} \times 100 = 67,3 \%$	$\frac{381}{543} \times 100 = 70,1 \%$

<sup>1)</sup> Cela signifie que sur les 424 leucocytes que l'on a comptés 173 avaient absorbé du charbon.

<sup>2)</sup> Voir *Zittingsverslagen Kon. Akad. van Wetenschappen Amsterdam*, 6 juin 1910.



Il résulte de ce tableau, qu'après un séjour de 10 minutes dans une solution pure de *NaCl* à 0,9% 40,8% des leucocytes ont absorbé du charbon, alors que dans la solution contenant de l'iodoforme la proportion est de 56,8%.

Après 20 minutes les nombres sont respectivement 54% et 61,4%.  
On voit donc que l'iodoforme active notablement la phagocytose.

Après 1½ h. les nombres sont 67,3% et 70,1%, de sorte qu'au bout de ce temps l'activité de la phagocytose est à peu près devenue la même dans les deux cas.

Les mêmes phénomènes ont été observés antérieurement dans l'étude de l'influence du calcium sur la phagocytose. Nous pouvons donc conclure ici comme là<sup>2)</sup>, que l'influence de l'iodoforme consiste en une accélération des mouvements amiboïdes, et *non* dans un plus grand développement d'énergie des phagocytes, qui ferait que des cellules, trop faibles dans les circonstances ordinaires pour absorber des particules étrangères, seraient mises en état de le faire par la présence d'iodoforme. En effet, si tel était le cas, la phagocytose devrait rester notablement plus faible dans une solution pure de *NaCl* que dans une solution contenant de l'iodoforme, alors que nous voyons qu'après 1½ heure elle est à peu près la même dans les deux cas. C'est donc uniquement une question d'accélération.

Nous avons examiné comme avant jusqu'à quel point des phagocytes, qui pendant 13 heures avaient été exposés à une température assez basse et paraissaient avoir perdu par là en grande partie leur pouvoir phagocytaire, pouvaient être remis en état d'absorber à nouveau du charbon par l'effet de l'iodoforme.

L'expérience suivante donne une réponse à cette question.

Tableau II.

Influence de l'iodoforme sur des leucocytes paralysés.

Temps pendant lequel les phagocytes pouvaient absorber les particules de charbon	Leucocytes dans une solution de <i>NaCl</i> à 0,9%	Leucocytes dans une solution de <i>NaCl</i> à 0,9%, saturée d'iodoforme (1 : 100.000)
	Nombre % de leucocytes qui avaient absorbé du charbon	
½ heure	$\frac{12}{313} \times 100 = 3,8\%$	$\frac{202}{440} \times 100 = 45,9\%$

On voit que dans une solution pure de *NaCl* à 0,9 % le pouvoir phagocytaire est tombé à 3,8 %; mais le remplacement de la solution pure par une autre, qui contient de l'iodoforme, fait remonter ce pouvoir jusqu'à 45 %.

*A quelle concentration l'iodoforme exerce-t-il encore une influence sensible?*

Pour répondre à cette question, nous avons préparé des solutions d'iodoforme de diverses concentrations. A cet effet, nous sommes partis d'une solution saturée d'iodoforme <sup>1)</sup>, et nous l'avons diluée en y ajoutant 5, 10, 20 et 50 fois son volume de solution pure.

Dans ces solutions, nous avons déterminé de la façon usuelle le degré de la phagocytose. Seulement nous avons accordé aux globules blancs 35 minutes pour absorber du charbon.

Le tableau III suivant peut se passer de commentaires.

Tableau III.

Concentration de la solution d'iodoforme, pour laquelle l'influence sur la phagocytose est encore sensible.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé du charbon.
<i>NaCl</i> 0,9 % <sup>2)</sup>	$\frac{171}{388} \times 100 = 44 \%$
	$\frac{151}{345} \times 100 = 43,7 \%$
1 d'iodoforme sur 100.000 <i>NaCl</i> 0,9 %	$\frac{221}{374} \times 100 = 58,6 \%$
	$\frac{226}{377} \times 100 = 59,9 \%$

<sup>1)</sup> Une solution saturée d'iodoforme dans le *NaCl* à 0,9 % contient environ 0,0001 % *CHI<sub>3</sub>*. Nous y reviendrons plus loin.

<sup>2)</sup> Nous mentionnons ici des expériences parallèles, pour donner une idée de l'exactitude de la méthode d'examen. Il va de soi que des épreuves de contrôle ont été également effectuées dans les autres expériences; mais pour plus de simplicité nous n'avons souvent donné que la moyenne des résultats obtenus.



Liquides.	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé du charbon.
1 d'iodoforme sur 500.000 <i>NaCl</i> 0,9 %	$\frac{228}{371} \times 100 = 61,4$ „
1 d'iodoforme sur 1.000.000 <i>NaCl</i> 0,9 %	$\frac{21}{205} \times 100 = 10,2$ „ ?
1 d'iodoforme sur 2.000.000 <i>NaCl</i> 0,9 %	$\frac{208}{398} \times 100 = 52,2$ „
1 d'iodoforme sur 5.000.000 <i>NaCl</i> 0,9 %	$\frac{231}{445} \times 100 = 51,9$ „
1 d'iodoforme sur 1.900.000 litres <i>NaCl</i> 0,9 %	$\frac{292}{621} \times 100 = 46,9$ „
1 molécule gr. $CHI_3$ sur 1.900.000 litres <i>NaCl</i> 0,9 %	$\frac{176}{372} \times 100 = 47,3$ „

Ce tableau nous apprend que, tandis que dans le *NaCl* à 0,9 % le degré de phagocytose atteint 44 %, ce degré s'est élevé jusqu'à 59 % dans une solution saturée d'iodoforme (0,001 % d'iodoforme ou 1 sur 100.000). Ce n'est là toutefois qu'une confirmation des résultats, mentionnés dans les tableaux précédents.

Mais dans une solution d'iodorme 20 fois plus faible il y a encore une augmentation notable; on la reconnaît même dans une dilution à  $\frac{1}{50}$ .

Or, dans une pareille solution on ne reconnaît plus l'iodoforme par l'odorat.

Ces résultats ont été pleinement confirmés par des expériences, faites avec des suspensions de leucocytes, qui avaient été abandonnées à elles-mêmes pendant 18 heures environ. C'est ce que prouve en effet le tableau suivant.

Tableau IV.

Concentration de la solution d'iodoforme, pour laquelle l'influence sur la phagocytose est encore sensible.

Les leucocytes ont séjourné pendant 18 heures dans une solution de *NaCl* à 0,9 %.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé du charbon.
<i>NaCl</i> 0,9 %.	$\frac{55}{485} \times 100 = 11,3 \%$
1 d'iodoforme sur 100.000 <i>NaCl</i> 0,9 % (sol. sat. d'iodof.)	$\frac{231}{522} \times 100 = 44,2 \%$
1 d'iodoforme sur 500.000 <i>NaCl</i> 0,9 %.	$\frac{293}{709} \times 100 = 41,3 \%$
1 d'iodoforme sur 1.000.000 <i>NaCl</i> 0,9 %.	$\frac{85}{488} \times 100 = 17,4 \%$ ?
1 d'iodoforme sur 2.000.000 <i>NaCl</i> 0,9 %.	$\frac{225}{480} \times 100 = 46,8 \%$
1 d'iodof. sur 5.000.000 <i>NaCl</i> 0,9 %. (dilution au $\frac{1}{50}$ d'une sol. sat. d'iodof.)	$\frac{156}{488} \times 100 = 31,9 \%$

On voit que dans une solution de *NaCl* à 0,9 % la phagocytose atteint 11,3 %; dans la solution saturée d'iodoforme elle est de 44,2 % et dans une solution 40 fois plus étendue elle est encore de 31,9 %.

*Il s'ensuit que, même à ce degré de dilution, l'iodoforme est encore capable d'activer la faible mobilité des phagocytes.*

Or, quelle est la quantité d'iodoforme contenue dans une pareille solution? Il n'existe pas, à notre connaissance, de données relatives à la solubilité de l'iodoforme dans l'eau ou une solution de *NaCl*. Nous avons donc été obligés de faire nous-mêmes quelques déterminations. C'est ce que nous avons fait par deux méthodes.

En premier lieu nous avons exposé à la lumière une solution d'iodoforme claire, bien filtrée, jusqu'à ce qu'elle n'accusait plus l'odeur de l'iodoforme, puis nous l'avons traitée à l'acide nitrique concentré. Le liquide ainsi obtenu fut secoué avec du chloroforme, qui absorba l'iode



en se colorant en rouge. En même temps nous avons traité de la même façon, à l'acide nitrique et au chloroforme, des solutions de  $NaI$  de concentrations connues. Enfin nous avons examiné quelle était la concentration de  $NaI$  qui donnait au chloroforme la même intensité de coloration que la solution d'iodoforme examiné.

Il résulte de ces expériences, que dans une solution saturée d'iodoforme dans  $NaCl$  à 0,9% il y a 0,001% d'iodoforme.

L'autre méthode, qui consistait à titrer au moyen de  $Na_2S_2O_3$  et de permanganate de potasse l'iode mis en liberté sous l'action de  $HNO_3$ , donna presque identiquement le même résultat: une concentration de 0,00109%.

Nous pouvons donc dire, que dans une concentration de 1 sur 5.000.000, autrement dit en solution de 1 mol.gr. dans 1.905.000 litres d'eau, l'iodoforme active encore notablement la phagocytose.

D'après les expériences des tableau IV il n'y a pas de doute que l'on ne puisse pousser plus loin encore la dilution.

#### *Comment l'iodoforme active-t-il la phagocytose?*

Nous nous sommes demandés en premier lieu, si ce ne seraient pas par hasard des traces d'iode, à l'état d'ions p. ex., qui exerceraient l'action stimulante. Mais les expériences antérieures sur les actions de  $NaCl$ ,  $NaBr$  et  $NaI$ <sup>1)</sup>, qui avaient prouvé que l'ion  $I$  diminue notablement la phagocytose, plaident contre cette idée.

Elle est également infirmée par des expériences avec une solution d'iodoforme, qui avait été exposée pendant quelque temps à la lumière. Cette solution ne contenait pas de l'iode à l'état libre, mais à l'état d'ions, probablement sous forme de  $HI$ . En effet cet iode ne se laissait pas extraire comme tel au moyen de chloroforme, mais l'extraction pouvait se faire lorsqu'on ajoutait  $HNO_3$ .

Or, cette solution d'iodoforme qui avait été exposée à la lumière n'était pas seulement incapable de favoriser la phagocytose, mais elle lui était même fort défavorable.

C'est ce que montre le tableau suivant:

---

<sup>1)</sup> HAMBURGER et DE HAAN, *Biochem. Zeitschr.*, 24, 304, 1910.

Tableau V.

Solution d'iodoforme, dont la composition est modifiée sous l'influence de la lumière diffuse du jour.

Durée pendant laquelle les phagocytes ont pu absorber des particules de charbon.	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé des particules de charbon.	
	Leucocytes dans <i>NaCl</i> à 0,9 %.	Leucocytes dans une solution saturée d'iodoforme.
10 minutes	$\frac{115}{430} \times 100 = 26,7 \%$	$\frac{73}{430} \times 100 = 15,4 \%$
20 "	$\frac{121}{474} \times 100 = 27 \text{ "}$	$\frac{128}{512} \times 100 = 25 \text{ "}$
30 "	$\frac{189}{465} \times 100 = 40,6 \text{ "}$	$\frac{178}{512} \times 100 = 34,7 \text{ "}$
1 heure	$\frac{287}{465} \times 100 = 61,7 \text{ "}$	$\frac{163}{447} \times 100 = 36,4 \text{ "}$
1½ "	$\frac{329}{578} \times 100 = 56,9 \text{ "}$	$\frac{125}{314} \times 100 = 39,8 \text{ "}$

On voit que dans la solution *NaCl* contenant de l'iodoforme le degré de phagocytose reste toujours inférieur à celui dans la solution *NaCl* pure. Ainsi p. ex. dans la solution pure la phagocytose est de 26,7 % au bout de 10 minutes, alors que dans une solution contenant de l'iodoforme elle n'est que de 15,4 %; au bout de 1½ h. ces nombres sont respectivement 56,9 % et 39,8 %.

L'expérience suivante, où nous avons fait usage d'une solution fraîche d'iodoforme à côté d'une autre, qui avait été exposée à la lumière, confirme le résultat.

Tableau VI.

Comparaison d'une solution fraîche d'iodoforme et d'une vieille solution (légèrement décomposée par la lumière)

Durée pendant laquelle les leucocytes ont pu absorber des particules de charbon	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé des particules de charbon.	
	Leucocytes dans <i>NaCl</i> à 0,9 %	Leucocytes dans une solution saturée d'iodoforme
10 minutes	$\frac{108}{407} \times 100 = 26,5 \%$	$\frac{126}{362} \times 100 = 34,8 \%$
20 "	$\frac{129}{365} \times 100 = 35,3 \%$	$\frac{219}{442} \times 100 = 49,7 \%$
30 "	$\frac{268}{732} \times 100 = 36,6 \%$	$\frac{444}{845} \times 100 = 52,5 \%$
		$\frac{91}{342} \times 100 = 26,2 \%$ (vieille solut. d'iodoforme)
1 heure	$\frac{230}{424} \times 100 = 54,2 \%$	$\frac{278}{498} \times 100 = 55,8 \%$
1 $\frac{1}{2}$ "	$\frac{248}{488} \times 100 = 58,8 \%$	$\frac{214}{373} \times 100 = 57,3 \%$

Notre manière de voir fut confirmée encore par une expérience, dans laquelle nous avons examiné jusqu'à quel point la phagocytose pouvait être éveillée de nouveau, dans une suspension de leucocytes âgée de 18 heures, par une solution d'iodoforme préalablement exposée à la lumière. Dans cette même expérience nous avons examiné encore une fois l'influence d'une solution fraîche d'iodoforme et celle du chlorure de calcium.

En même temps nous avons examiné l'influence d'une solution de *NaCl*, qui contenait une quantité moindre de la vieille solution d'iodoforme, et qui avait été obtenue en diluant la vieille solution saturée d'iodoforme par deux fois son volume d'une solution de *NaCl* pure. Nous avons été conduits à faire cette expérience par cette considération que, si réellement la vieille solution d'iodoforme contient une substance nuisible, son influence doit se faire sentir à un moindre degré lorsqu'on dilue la solution. Il se pouvait donc que dans ces conditions l'influence favorable de l'iodoforme non encore décomposé réapparût.



Tableau VII.

Influence de solutions fraîches et vieilles d'iodoforme et de  $CaCl_2$  sur des leucocytes presque paralysés.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé du charbon.
$NaCl$ 0,9 %	$\frac{19}{461} \times 100 = 4,1 \%$
Solution saturée fraîche d'iodoforme dans $NaCl$ à 0,9 % (0,001 % $CHI_3$ )	$\frac{153}{976} \times 100 = 15,6 \%$
Vieille solution saturée d'iodoforme dans $NaCl$ à 0,9 %	$\frac{0}{624} \times 100 = 0 \%$
1 vol. de la vieille solution saturée d'iodoforme dans $NaCl$ 0,9 % sur 2 vol. de $NaCl$ à 0,9 % (0,0003 % $CHI_3$ )	$\frac{76}{594} \times 100 = 12,7 \%$
Solution $NaCl$ à 0,9 % + 0,05 % $CaCl_2$	$\frac{83}{505} \times 100 = 16,4 \%$

On voit par cette expérience :

1°. que dans la suspension de leucocytes vieille de 18 heures la phagocytose est tombée à 4 % environ ;

2°. que la solution fraîche d'iodoforme relève le pouvoir phagocytaire à 15,6 %, mais que

3°. dans la vieille solution d'iodoforme le degré de phagocytose est nul, tandis que dans une solution, qui ne contient qu'un tiers de cette vieille solution, le pouvoir phagocytaire est remonté à 12,7 %.

On peut donc conclure de ces expériences, que ce n'est pas l'ion  $I$  mais l'iodoforme comme tel, qui est la cause de l'augmentation du pouvoir phagocytaire.

Et nous nous trouvons ainsi placé devant cette question : comment peut on expliquer cette action avantageuse de l'iodoforme sur la vitesse du processus phagocytaire ?

Il est naturel de songer ici à une *diminution de la tension superficielle, qui faciliterait les mouvements amiboïdes du protoplasme.*

Cette diminution de tension superficielle se conçoit assez aisément,

si l'on songe que l'iodoforme se dissout dans les matières grasses, et sur la foi d'un grand nombre d'expériences on peut admettre que la limite extérieure des cellules est formée par une substance grasseuse, ce qu'on appelle une membrane lipoïde.

Or, on peut admettre qu'après absorption d'iodoforme une pareille membrane lipoïde sera devenue moins compacte; en d'autres termes sa tension superficielle sera diminuée, de sorte que des mouvements amiboïdes seront facilités.

*Si cette idée est exacte, on peut s'attendre à ce que d'autres substances, solubles dans la graisse, telles que le chloroforme, le benzène, le camphre, produisent le même effet sur la phagocytose.*

Or, il résulte des expériences suivantes que tel est en effet le cas.

## 2. Influence du chloroforme sur la phagocytose.

On peut s'attendre à ce que le chloroforme, en concentration assez élevée, ait une double influence sur la phagocytose: une influence accélératrice par ramollissement de la membrane lipoïde externe et une influence opposée, paralysante, notamment sur le protoplasme des phagocytes.

Pour s'en assurer il fallait faire des expériences à diverses concentrations.

Nous avons reconnu bientôt que les concentrations 1 sur 2000, 1 sur 6000 et 1 sur 10000 étaient défavorables à la phagocytose. Le tableau VIII mentionne quelques expériences à des dilutions plus fortes.

Tableau VIII.

Concentration de la solution de chloroforme dans laquelle l'influence sur les phagocytes est notable.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé du charbon.
NaCl 0,9 %	$\frac{174}{428} \times 100 = 40,6 \%$
	$\frac{238}{562} \times 100 = 41,2 \%$

Liquides.	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé du charbon.
chloroforme 1 : 20.000	$\frac{244}{480} \times 100 = 50,8 \text{ "}$
	$\frac{225}{451} \times 100 = 49,3 \text{ "}$
chloroforme 1 : 100.000	$\frac{254}{519} \times 100 = 60,6 \text{ "}$
	$\frac{382}{455} \times 100 = 60,1 \text{ "}$
chloroforme 1 : 500.000	$\frac{332}{582} \times 100 = 57 \text{ "}$
	$\frac{219}{370} \times 100 = 59,1 \text{ "}$
chloroforme 1 : 5.000.000	$\frac{379}{868} \times 100 = 43,6 \text{ "}$
	$\frac{298}{661} \times 100 = 45 \text{ "}$

Il résulte de ce tableau que le chloroforme, en concentration de 1 sur 20.000, relève le pouvoir phagocytaire de 40,9 % à 50,4 %; puis qu'en concentration de 1 sur 100.000 il augmente considérablement le degré de la phagocytose, qui atteint alors 60,5 %.

Ou voit que dans la solution à 1 : 20.000 le facteur *paralysant* se fait encore sentir.

La dilution étant de 1 sur 500.000 l'action favorable subsiste encore au même degré à peu près que pour 1 : 100.000; enfin pour une solution de 1 partie de chloroforme sur 5.000.000 de solution *NaCl* l'action favorable est encore reconnaissable, mais faible.

L'expérience suivante, faite uniquement avec des solutions de chloroforme à 1 : 500.000, mais où les durées de contact du charbon et de la suspension de leucocytes étaient *différentes*, confirme ce qui vient d'être dit.



Tableau IX.

Influence du chloroforme sur la phagocytose.

Durée pendant laquelle les phagocytes pouvaient absorber des particules de charbon	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé du charbon	
	Leucocytes dans <i>NaCl</i> à 0,9 ‰.	Leucocytes dans une solution de 1 vol. de chloroforme sur 500.000 vol. <i>NaCl</i> à 0,9 ‰.
10 minutes	$\frac{64}{335} \times 100 = 19 \%$	$\frac{100}{386} \times 100 = 25,9 \%$
20 "	$\frac{166}{465} \times 100 = 35,7 \%$	$\frac{180}{457} \times 100 = 39,3 \%$
30 "	$\frac{215}{535} \times 100 = 40,2 \%$	$\frac{269}{521} \times 100 = 51,6 \%$
45 "	$\frac{330}{722} \times 100 = 45,6 \%$	$\frac{106}{385} \times 100 = 27,5 \%$ ?
1 heure	$\frac{345}{639} \times 100 = 53,9 \%$	$\frac{323}{563} \times 100 = 57,3 \%$

On voit que l'accélération de la phagocytose, produite par le chloroforme, a déjà atteint son degré maximum après 30 minutes. Après 1 heure elle existe encore, mais faiblement. Le nombre 27,5, marqué d'un point d'interrogation, doit être attribué à une erreur dans la concentration de la solution; car d'autres préparations de la même suspension donnèrent, après une action de 45 minutes, également un nombre beaucoup trop faible. Il n'y a donc certainement pas d'erreur dans le dénombrement.

Revenons maintenant à la question de savoir jusqu'à quel point les leucocytes, qui ont séjourné toute une nuit dans une solution de *NaCl* à 0,9 ‰ et ont perdu par là leur pouvoir phagocytaire, complètement ou en partie, peuvent être ranimés par l'addition de chloroforme.

Tableau X.

Influence du chloroforme sur la phagocytose.

Les leucocytes sont restés pendant à peu près 18 heures dans une solution  $NaCl$  à 0,9 ‰.

Durée pendant laquelle les phagocytes ont pu absorber des particules de charbon.	Liquides.	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé des particules de charbon.
15 minutes	Solution $NaCl$ à 0,9 ‰	$\frac{45}{514} \times 100 = 8,7 \%$
	1 vol. chlorof. sur 500.000 $NaCl$ à 0,9 ‰	$\frac{60}{540} \times 100 = 11,1 \%$
30 "	$NaCl$ à 0,9 ‰	$\frac{108}{538} \times 100 = 20 \%$
	1 chlorof. sur 500.000 $NaCl$ à 0,9 ‰	$\frac{213}{620} \times 100 = 34,2 \%$
	$NaCl$ 0,9 ‰ + 0,001 ‰ iodof.	$\frac{144}{460} \times 100 = 31,4 \%$
	$NaCl$ 0,9 ‰ + 0,05 ‰ $CaCl_2$	$\frac{117}{252} \times 100 = 46,4 \%$
45 "	$NaCl$ à 0,9 ‰	$\frac{179}{609} \times 100 = 29,3 \%$
	1 chlorof. sur 500.000 $NaCl$ à 0,9 ‰	$\frac{57}{228} \times 100 = 25 \%$

Nous avons intercalé dans cette série d'épreuves une expérience avec de l'iodoforme et une avec  $CaCl_2$ , pour voir jusqu'à quel point le pouvoir excitateur de ces deux substances s'accorde avec celui du chloroforme.

Le tableau apprend que si les phagocytes, qui ont été abandonnés à eux mêmes pendant une nuit à une basse température, sont exposés pendant  $1\frac{1}{2}$  heure à l'action du chloroforme en concentration de 1 sur 500.000, et qu'on mette ensuite la suspension en contact pendant 15 minutes à  $37^\circ$  avec du charbon, la phagocytose monte de 8,7 à 11,1 ‰. Si l'on accorde aux suspensions un temps plus long, notamment 30 min., pour absorber du charbon, l'influence favorable du chloroforme se fait sentir plus fortement, car le pourcentage monte de 20 à 34,2 ‰.

Mais si le contact dure 45 minutes, le chloroforme paraît devenir désavantageux; il se peut que les cellules, déjà affaiblies, éprouvent un effet défavorable d'un long chauffage à 37° en présence de chloroforme. Cette supposition paraît assez fondée, car *même dans la solution pure de NaCl* un chauffage prolongé à 37° devient nuisible.

On voit par le tableau précédent que l'iodoforme a eu un effet d'excitation presque aussi intense que le chloroforme.

Mais le calcium ranime les phagocytes à un degré bien plus fort que ces deux substances.

### 3. Influence du benzène sur la phagocytose.

Nous avons préparé les concentrations suivantes de benzène dans la solution *NaCl* à 0,9‰: 1 vol. sur 5000, 1 sur 10.000, 1 sur 500.000 et 1 sur 5.000.000. Le liquide a agi pendant une heure sur les suspensions, qui furent ensuite laissées en contact avec le charbon pendant 30 min., à 37°.

Tableau XI.

Concentration de la solution de benzène pour laquelle on reconnaît encore une influence sur la phagocytose.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes, qui ont absorbé du charbon.
<i>NaCl</i> 0,9‰	$\frac{266}{642} \times 100 = 41,4 \%$
	$\frac{164}{405} \times 100 = 40,5 \text{ ''}$
Benzène 1 : 5000	$\frac{349}{694} \times 100 = 50,2 \text{ ''}$
	$\frac{282}{576} \times 100 = 48,9 \text{ ''}$
Benzène 1 : 100.000	$\frac{305}{602} \times 100 = 50,6 \text{ ''}$
	$\frac{373}{758} \times 100 = 49,2 \text{ ''}$
Benzène 1 : 500.000	$\frac{276}{478} \times 100 = 57,7 \text{ ''}$
	$\frac{282}{466} \times 100 = 60,5 \text{ ''}$
Benzène 1 : 5.000.000	$\frac{356}{807} \times 100 = 44,1 \text{ ''}$
	$\frac{168}{412} \times 100 = 40,7 \text{ ''}$



Ce tableau ne laisse aucun doute, que *le benzène aussi avive la phagocytose*. On s'en aperçoit déjà à une concentration de 1 sur 5000, mais l'influence est *beaucoup plus grande lorsque la concentration est de 1 sur 500.000*.

La cause de la différence devra de nouveau être cherchée dans l'influence narcotisante du benzène. On sait que OVERTON vit des larves de grenouille entrer en narcose dans une concentration de 1 sur 4000.

Ces expériences ont été reprises avec des leucocytes, qui avaient séjourné pendant une nuit dans une solution de *NaCl* à 0,9%.

Tableau XII.

Influence du benzène sur la phagocytose de leucocytes, qui avaient séjourné pendant 18 heures environ dans une solution *NaCl* à 0,9%

Liquides.	Pourcentage des leucocytes, qui avaient absorbé du charbon.
<i>NaCl</i> 0,9%	$\frac{83}{465} \times 100 = 17,8 \%$
	$\frac{75}{410} \times 100 = 18,3 \%$
Benzène 1 : 5000	$\frac{106}{257} \times 100 = 29,7 \%$
	$\frac{195}{622} \times 100 = 31,3 \%$
Benzène 1 : 100.000	$\frac{141}{495} \times 100 = 28,4 \%$
	$\frac{198}{854} \times 100 = 25,2 \%$
Benzène 1 : 500.000	$\frac{147}{449} \times 100 = 32,7 \%$
	$\frac{55}{152} \times 100 = 35,5 \%$
Benzène 1 : 5.000.000	$\frac{92}{479} \times 100 = 19,2 \%$
	$\frac{46}{222} \times 100 = 20,7 \%$
<i>CaCl</i> <sub>2</sub> 0,05%	$\frac{153}{410} \times 100 = 37,3 \%$

L'influence excitatrice du benzène est encore plus claire que dans le tableau précédent. La concentration la plus favorable est encore une fois 1 : 500.000. Mais  $CaCl_2$  est encore plus actif, du moins à ce degré de dilution.

#### 4. Influence du camphre sur la phagocytose.

Nous avons examiné une solution saturée de camphre dans  $NaCl$  à 0,9 % et puis des dilutions de cette solution saturée au cinquième et au vingt-cinquième. Tous ces liquides sentaient encore nettement le camphre.

Après avoir été en contact avec ces liquides pendant une heure à la température ordinaire, les leucocytes ont été mélangés de charbon et abandonnés comme d'ordinaire pendant 30 min. à 37°.

Le tableau suivant contient les résultats de cette première série d'expériences.

Tableau XIII.

Influence du camphre sur la phagocytose.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé du charbon.
$NaCl$ 0,9 %	$\frac{273}{672} \times 100 = 40,6 \%$
Solution saturée de camphre dans $NaCl$ à 0,9 %	$\frac{284}{540} \times 100 = 52,5 \%$
Solution saturée de camphre diluée 5 fois	$\frac{278}{550} \times 100 = 50,4 \%$
Solution saturée de camphre diluée 25 fois	$\frac{287}{643} \times 100 = 44,6 \%$

Il résulte de ce tableau, que dans une solution saturée de camphre la phagocytose a augmenté, de même que dans les dilutions au cinquième et au vingt-cinquième.

Tout comme dans les expériences précédentes nous avons tâché de ranimer des leucocytes, dont le pouvoir absorbant avait diminué par un séjour de 18 heures dans une solution  $NaCl$  à 0,9 %, en ajoutant du camphre au liquide.

Tableau XIV.

Influence du camphre sur la phagocytose de leucocytes qui ont demeuré à peu près pendant 18 heures dans une solution de  $NaCl$  à 0,9 %.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé du charbon.
$NaCl$ 0,9 %.	$\frac{38}{321} \times 100 = 11,8\%$
Solution saturée de camphre	$\frac{0}{285} \times 100 = 0$ "
Solution saturée de camphre diluée 5 fois.	$\frac{4}{242} \times 100 = 1,7$ "
Solution saturée de camphre diluée 25 fois.	$\frac{13}{292} \times 100 = 4,5$ "
$NaCl$ 0,9 % + 0,05 % $CaCl_2$	$\frac{132}{308} \times 100 = 42,8$ "

Il résulte de ces expériences, que la solution saturée de camphre a détruit le pouvoir phagocytaire au lieu de le raviver. D'ailleurs l'examen microscopique apprend, que les globules rouges ont perdu leur matière colorante et que beaucoup de globules blancs ont perdu leur contenu. Ce phénomène ne s'est pas produit il est vrai dans des solutions plus faibles de camphre, mais on peut admettre que là aussi les phagocytes ont souffert et que par conséquent on n'observe pas d'activation de la phagocytose.

Pourquoi la phagocytose fut-elle favorisée par le camphre dans la première série d'expériences? On doit certainement l'attribuer au fait, que dans le premier cas nous avons affaire à des cellules vigoureuses, et dans le second à des phagocytes qu'un long séjour dans la solution de  $NaCl$  avait affaiblis; ils doivent avoir échangé avec  $Na$  des ions  $Ca$  et probablement d'autres ions encore.

Cependant leur vitalité n'était pas entièrement abolie, puisque l'addition d'un peu de  $CaCl_2$  relevait leur pouvoir phagocytaire à 42,8 %.

Il était naturel de répéter l'expérience avec des solutions de camphre plus faibles encore. Nous avons donc pris une solution saturée de cam-

phre dans  $NaCl$  à 0,9‰, étendue successivement de 10, 50, 100 et 500 fois son volume de la solution de  $NaCl$  à 0,9‰. D'ailleurs, la méthode d'expérimentation était tout à fait semblable à celle des épreuves précédentes.

Tableau XV.

Concentration de la solution de camphre dans  $NaCl$  à 0,9‰ pour laquelle on observe encore une influence sur la phagocytose.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes qui ont absorbé du charbon.
$NaCl$ 0,9‰	$\frac{146}{350} \times 100 = 41,7 \%$
Camphre 1 : 10	$\frac{188}{367} \times 100 = 51,2 \%$
"    1 : 50	$\frac{132}{328} \times 100 = 40,2 \%$
"    1 : 100	$\frac{246}{444} \times 100 = 55,4 \%$
"    1 : 500	$\frac{196}{399} \times 100 = 49,1 \%$

*On peut conclure de cette série d'expériences, qu'une solution saturée de camphre diluée au  $\frac{1}{500}$  active encore la phagocytose.*

##### 5. Quelques remarques encore.

Passant en revue les résultats des diverses expériences décrites ci-dessus, on remarque que toutes les substances examinées, qui dissolvent la graisse ou s'y dissolvent, favorisent à un haut degré la phagocytose. Nous pouvons ajouter encore, que *la même action favorable s'observait avec l'hydrate de chloral (1 sur 20.000 et moins encore) et la térébenthine (1 : 50.000); ce dernier résultat, — soit dit en passant —, on sera tenté de le mettre en rapport avec le pouvoir que présente la térébenthine de produire des exsudats locaux ainsi qu'avec l'inhalation thérapeutique de la vapeur de térébenthine, lors de processus tuberculeux dans*



*les organes respiratoires, et avec l'influence excitatrice d'une atmosphère imprégnée de résine.*

Les résultats que nous avons obtenus avec les phagocytes présentent une remarquable analogie avec ce que J. LOEB et plus tard R. S. LILLIE ont observé à propos de la parthénogenèse artificielle des oeufs. <sup>1)</sup>

LOEB trouva notamment que les substances dissolvant les matières grasses ont la faculté de rendre possible le développement parthénogénétique des oeufs.

Comment expliquer ce phénomène? On peut se représenter avec LOEB que la substance dissolvant la matière lipoïde amollit la membrane de l'oeuf et donne ainsi lieu à la formation d'une membrane de fécondation. Nous ne croyons pas qu'il soit trop risqué de faire un pas de plus et d'admettre, que c'est la diminution de tension superficielle, résultant du ramollissement de la membrane, qui fait que le mouvement du protoplasme, qui est à la base du processus de segmentation, peut se manifester. C'est ce qui est confirmé par l'observation de R. S. LILLIE <sup>2)</sup>, qu'une *courte et passagère élévation de température* peut produire chez les oeufs d'étoiles de mer une membrane de fécondation typique, formation qui est suivie du développement d'une partie des oeufs à l'état larvaire. J. LOEB put confirmer cette observation pour l'oeuf d'oursin.

Il y a d'autres analogies encore entre les phénomènes présentés par les phagocytes et ceux présentés par les oeufs. Les solutions relativement fortes de chloroforme, benzène, camphre etc., en agissant sur les phagocytes, diminuaient la phagocytose.

Or LOEB trouva qu'une action un peu trop prolongée de substances dissolvant les graisses sur des *oeufs* donnent lieu à une destruction de ces cellules, c. à. d. à la cytolyse.

On peut donc réunir dans un même ordre d'idées l'influence favorable que ces substances, dissolvant les matières grasses, exercent sur la mobilité des phagocytes et sur le développement des oeufs. <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Voir e. a. J. LOEB, Die künstliche Parthenogenese. Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere, Bd. I, 1910, pp. 101 et 102.

<sup>2)</sup> R. S. LILLIE, Journ. of experim. Zoology, 5, 375, 1908 (cité d'après LOEB, *loc. cit.*).

<sup>3)</sup> MANSFELD est tenté d'attribuer la paralysation du protoplasme par des narcotiques de la série des acides gras à un manque d'oxygène, dû à une diminution de la perméabilité des membranes lipoïdes des cellules pour ce gaz (PFLÜGER's *Archiv*, 131, 464, 1910).

Mais il y a d'autres faits encore, que les recherches ci-dessus nous permettent de comprendre. Nous savons notamment que *divers narcotiques sont des excitants lorsqu'ils sont pris en petite dose, alors qu'à une dose plus forte ils paralysent.*

C'est ce que ENGELMANN observa déjà il y a plusieurs années sur le mouvement de cils vibratiles, et pour le système nerveux aussi on sait que le chloroforme, l'alcool, l'éther produisent des phénomènes d'excitation au commencement de leur administration, c. à d. lorsqu'ils n'ont encore pénétré qu'en petite quantité dans les cellules nerveuses; mais plus tard, lorsque la substance est présente dans ces cellules en quantité assez forte, elle produit l'insensibilité.

A notre connaissance, on n'a jamais pu expliquer ce contraste, mais nos expériences le rendent compréhensible.

Deux facteurs sont en jeu dans l'action du narcotique: en premier lieu il doit filtrer à travers la membrane lipoïde, et en second lieu, une fois entré dans le protoplasme, il exerce son influence narcotisante. Mais, avant que cette seconde influence se fasse sentir, la membrane lipoïde a subi une diminution de tension superficielle et l'action excitatrice se manifeste. Celle-ci disparaît évidemment lorsque le protoplasme est paralysé.

Les faits d'expérience, observés sur les phagocytes, méritent donc toute notre attention à un point de vue général. Ceci ne veut évidemment pas dire, — et c'est un point sur lequel je tiens à insister —, que toutes les substances dissolvant les graisses ont sur diverses cellules la même action. Bien au contraire.

D'abord, le mot „lipoïde” ne représente qu'une notion de groupement et on peut s'attendre à ce que pour diverses cellules la composition de la membrane lipoïde soit fort différente, de même que sa solubilité dans un seule et même dissolvant.

En second lieu, toutes les substances, qui pénètrent dans les cellules, ne sont pas des solvants de la graisse ou miscibles avec elle. On n'a qu'à songer p. ex. à l'urée.

En troisième lieu, — il est à peine nécessaire de le faire remarquer, — le pouvoir d'une substance de diffuser à travers la membrane lipoïde ne détermine pas du tout ses autres actions physiologiques ou pharmacologiques. Celles-ci dépendront surtout de la structure chimique du contenu cellulaire, qui diffère, comme on sait, d'une espèce de cellules à une autre.

Ces remarques sont déjà confirmées par les observations. Les œufs d'étoiles de mer et d'oursins peuvent, d'après les recherches de J. LOEB, être amenés artificiellement à former des membranes par l'addition de petites quantités de digitaline. Et pourtant avec cette substance il n'a pas été possible de constater une accélération de la phagocytose; pas davantage avec la strophantine.

Ceci n'empêche pas, qu'il soit recommandable d'examiner jusqu'à quel point les phénomènes, que nous avons observés, se retrouvent pour d'autres espèces de cellules que celles que nous venons de nommer, et pour d'autres dissolvants de matières grasses.

Aussi poursuivons-nous nos recherches dans cette direction, et nous avons déjà constaté, que le mouvement des spermatozoïdes est favorisé par des solutions de térébenthine. Les expériences avec l'iodoforme ont donné un résultat négatif, peut-être bien parce que, dans la concentration nécessaire pour favoriser la mobilité, cette substance était nuisible au protoplasme vivant.

### *Résumé.*

Les recherches précédentes ont principalement conduit aux résultats suivants.

1. *Une solution saturée (0,001 %) d'iodoforme dans une solution de NaCl à 0,9 % a la propriété d'activer considérablement la phagocytose.* Cette action favorable de l'iodoforme ne se manifeste pas seulement chez les phagocytes, qui ont été extraits du sang depuis peu, mais aussi chez ceux qui, ayant séjourné pendant un temps assez long, p. ex. 18 heures, dans une solution de NaCl à 0,9 %, ont perdu en grande partie leur pouvoir phagocytaire.

2. L'action de l'iodoforme s'observe encore nettement dans un liquide, qui contient 1 gr. de  $CHI_3$  par 5.000.000  $cm^3$ . de solution NaCl à 0,9 %, ou 1 mol. gr. par 1.900.000 litres de la solution de sel marin.

Le phénomène sera certainement encore sensible à de plus fortes dilutions (voir tableau IV).

3. Cette influence de la solution d'iodoforme ne peut pas être attribuée aux ions I, car on sait que ceux-ci contrarient la phagocytose. *On doit plutôt songer à la faculté de l'iodoforme de se dissoudre dans la couverture grasseuse (membrane lipéide) des phagocytes; par là la membrane se ramollit, sa tension superficielle diminue et la mobilité des phagocytes*

*est facilitée. Il doit en résulter une absorption plus rapide de particules de charbon.*

4. *Si cette idée est exacte, il faut que d'autres substances encore, solubles dans les matières grasses, puissent activer la phagocytose.* Et en effet, pour toutes les substances examinées dans ce sens, très différentes par leurs compositions, comme le chloroforme, l'hydrate de chloral, le benzène, le camphre, la térébenthine, cette action a pu être constatée.

5. *Le chloroforme, en concentration de 1 sur 5.000.000 active encore nettement la phagocytose.* En concentration de 1 vol. sur 500.000 l'augmentation était de 43 %. Pour les concentrations plus fortes cette valeur était plus faible et plus la solution était concentrée, plus l'influence accélératrice diminuait. Ceci doit être attribué à un second facteur, entrant en jeu dans ces phénomènes, savoir l'inhibition du mouvement protoplasmique, qui ne se manifeste pas sensiblement dans les solutions très diluées.

6. *L'optimum de l'action du benzène correspondait à une dilution de 1 : 100.000.*

7. Une solution saturée de *camphre* dans une solution de *NaCl* à 0,9 % augmenta la phagocytose dans une large mesure. Mais en diluant la solution saturée de 100 fois son volume de solution de sel marin, l'activation de la phagocytose était de nouveau bien plus considérable, notamment de 32 %.

8. La *térébenthine* en concentration de 1 : 100.000, produisait une augmentation de la phagocytose de 24,7 %; mais en concentration de 1 sur 25.000 elle produisait au lieu d'une augmentation une *diminution* de plus de 80 %! Pour le *chloral* les résultats étaient tout à fait semblables.

9. *Les phénomènes cités sous 1—8 méritent l'attention à une double point de vue encore:*

a. Ils s'accordent entièrement avec ceux que J. LOEB observa à propos de la *fécondation artificielle des œufs* d'étoile de mer et d'oursin. En faisant notamment agir sur ces œufs, pendant quelque temps, des substances dissolvant les matières grasses, il put provoquer le développement de ces œufs à l'état de larves. Il nous paraît que l'explication du fait doit être cherchée dans cette circonstance, que par le ramollissement de la membrane lipéide les mouvements protoplasmiques, qui président au processus de segmentation, sont facilités ou même rendus possibles. Ceci est d'accord avec l'observation de R. S. LILLIE, que le chauffage



des œufs pendant un temps très court peut déjà suffire pour produire la segmentation, un fait que J. LOEB a confirmé.

L'analogie entre l'influence des substances dissolvant les graisses d'une part sur le développement des œufs, d'autre part sur l'accélération de la phagocytose se laisse poursuivre plus loin encore, — si l'on songe qu'une action intense de ces substances dissolvant les graisses donne lieu chez ces phagocytes à la paralysie (ou à une destruction, comme dans le cas du camphre) et chez les œufs à la cytolyse.

b. C'est un fait bien connu, que les narcotiques, administrés en petit dose, sont des excitants alors que ce sont des paralysants à fort dose. Conformément aux phénomènes que nous avons observés chez les phagocytes, l'explication de ce fait est facile à fournir.

D'abord la membrane lipoïde des cellules est ramollie, la tension superficielle diminue et la rapidité des mouvements, l'activité devient plus grande. Mais si la quantité de narcotique qui a pénétré dans les cellules est plus grande, l'influence paralysante sur le protoplasme se fait sentir.

*Groningue*, laboratoire de physiologie de l'Université, janvier 1911.

---

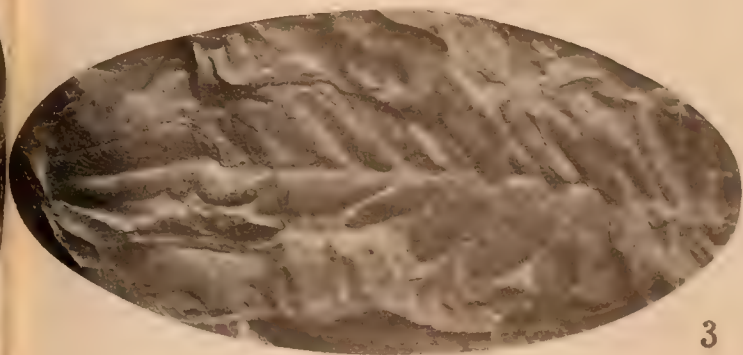
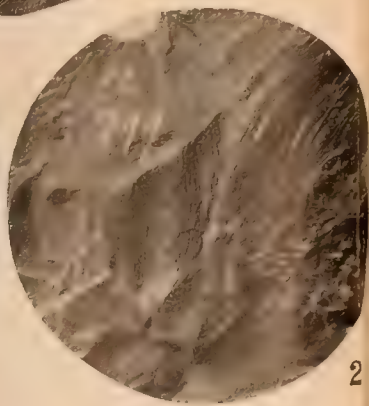
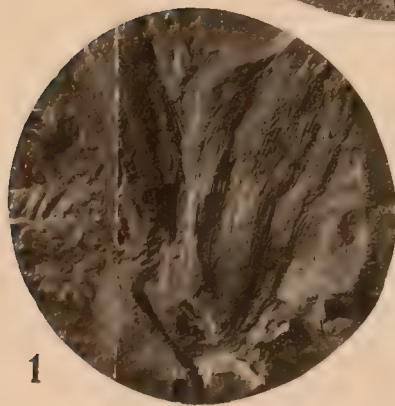
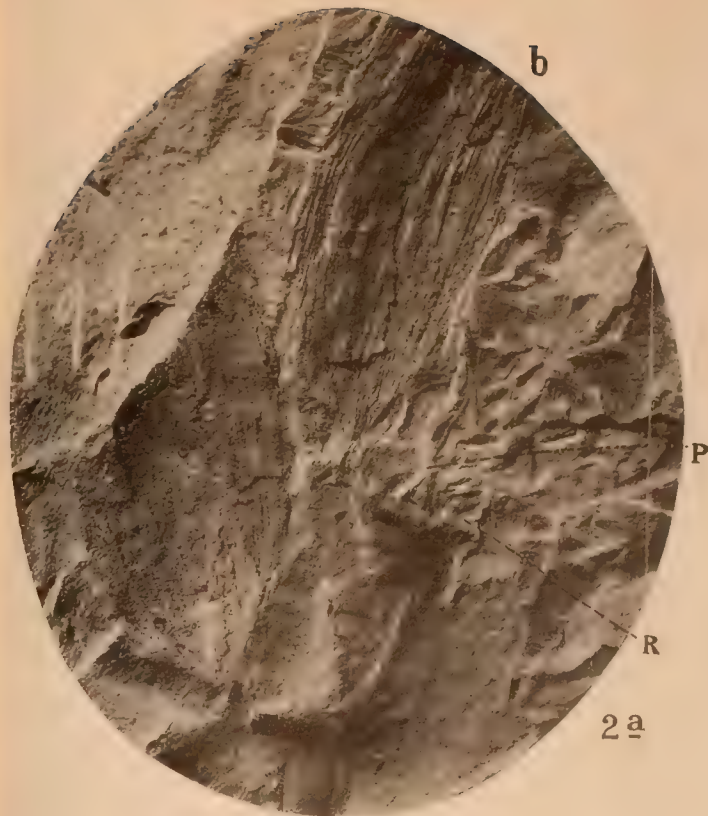
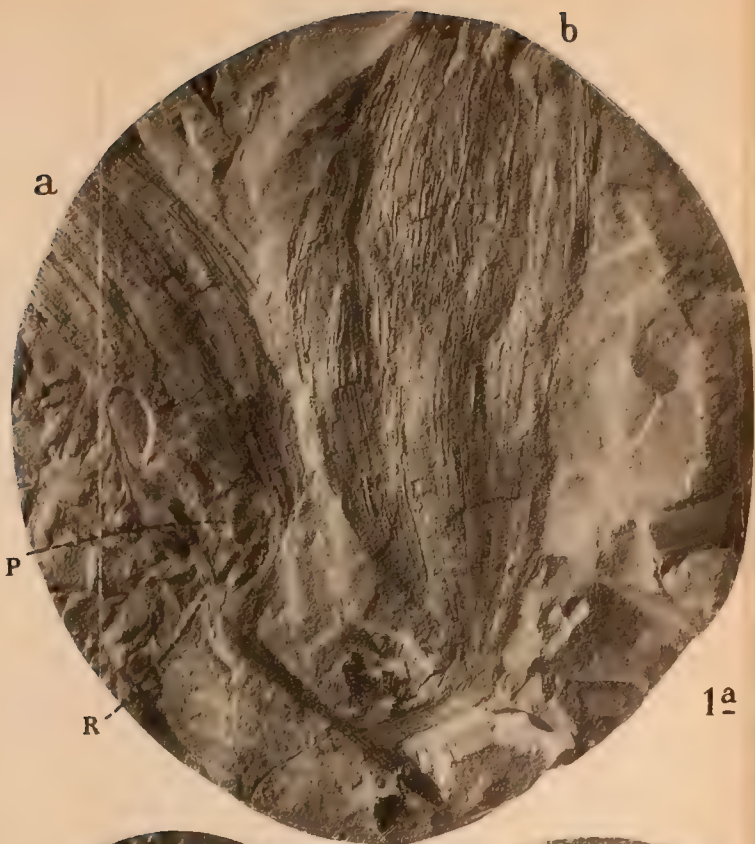
a

P

R

1









SUR LA FRUCTIFICATION DE *NEUROPTERIS OBLIQUA* BGT.

PAR

R. KIDSTON F. R. S. et W. J. JONGMANS.

(Communication n°. 8 du Rijks Herbarium de Leyde).

---

En examinant le produit de quelques sondages pratiqués dans les terrains houillers des Pays-Bas, nous avons trouvé un échantillon intéressant de *Neuropteris*, montrant la fructification. Aux pédoncules étaient attachées quelques pinnules stériles, qui permirent de déterminer le specimen, de façon satisfaisante, comme *Neuropteris obliqua* Bgt.

La carotte contenant le fossile est de petit diamètre, n'ayant pas même 6,5 cm. Bien que les extrémités micropylaires des graines soient coupées, on voit très bien qu'elles sont fixées sur un rachis commun. Les graines ont une forme obliquement ovale, se rétrécissant graduellement vers les deux extrémités. La partie conservée de la plus grande graine (fig. 1) mesure 4,5 cm. et sa largeur à l'extrémité supérieure, où elle a été coupée par la sonde, est de 1,5 cm. à l'endroit de la section. Son plus grand diamètre vers le centre est de 2,25 cm. Si l'on prolonge jusqu'à leur rencontre les lignes qui limitent le contour de la graine, ce qui fait connaître probablement la grandeur approchée, on trouve que la longueur de la graine complète doit avoir été de 6 cm. environ.

La surface est fortement striée dans le sens de la longueur; on le reconnaît surtout sur les agrandissements (fig. 1a). Ces stries représentent évidemment des cordons sclérotiques, qui sont devenus extraordinairement proéminents par une dégénérescence partielle de l'enveloppe extérieure de la graine. Les graines occupent probablement les extrémités d'un axe à ramification dichotomique, bien que la longueur du pédoncule soit plus grande pour la graine marquée *a* que pour celle marquée *b*. A la courbure vers le sommet du pédoncule de la graine marquée *a* (figg. 1a et 1b) une pinnule latérale se forme en *R*. A ce rachis s'attachent les pinnules de dernier ordre que l'on voit au bord du specimen, immédiatement au-dessus de la lettre *R*.

Dans l'angle formé par la jonction des deux pédoncules séminifères on voit une autre pinnule, attachée au pédoncule de la graine la plus grande. A cause de la couleur foncée de la matrice dans laquelle se trouve le fossile, la nervure de ces pinnules n'apparaît pas très nettement dans la photographie, mais on l'observe très distinctement sur les spécimens, quand on les examine à la loupe. Elle est analogue à celle de la petite pinnule, grossie deux fois dans la fig. 3.

Une seconde pinnule isolée est attachée au pédoncule qui porte la graine *b*. Elle est indiquée par la lettre *P* et se voit particulièrement bien sur la fig. 2*a*, mais est visible aussi sur la fig. 1*a*.

La grande dimension des graines, en comparaison de la finesse des tiges qui les portent, prouve à l'évidence, que pendant leur vie les graines ont dû être pendantes.

La découverte de l'échantillon que nous venons de décrire, fait qu'il est impossible que les organes aux extrémités des pédoncules puissent être interprétés d'une autre façon que comme de véritables graines.

Comparées avec celles de *Neuropteris heterophylla* Bgt <sup>1)</sup>, les graines de *Neuropteris obliqua* Bgt appartiennent au même type de structure, mais ont dû être à peu près deux fois plus grosses.

Le spécimen provenait du sondage n°. 12 (Reuver, Limbourg), fait par la „Rijks Opsporing van Delfstoffen” (Service des explorations minières de l'état des Pays-Bas), pendant l'exploration du terrain houiller du centre du Limbourg (bassin de Peel), à une profondeur de 799 mètres de la surface. Le bassin où il se trouvait appartient à la série West-phalienne.

#### *Légende de la planche.*

Fig. 1 et 2. Fossile et contre-empreinte, grandeur naturelle. Collections du Rijks Herbarium à Leyde, nos. 185, 186.

Fig. 1*a*, 2*a*. Le même grossi deux fois environ.

Fig. 3. Portion de pinnule de *Neuropteris obliqua* Bgt, grossie deux fois pour montrer la nervure. Collection du Rijks Herbarium n°. 187.

---

<sup>1)</sup> R. KIDSTON, On the fructification of *Neuropteris heterophylla*. *Proc. Roy. Soc. London*, 197, 1, 1904.

## LE VOL PLANÉ DES OISEAUX

PAR

G. F. TYDEMAN.

---

On n'est pas encore parvenu, que je sache, à donner une explication satisfaisante du vol plané des oiseaux; on le voit, mais on ne le comprend pas.

Dans mon métier de navigateur j'ai eu nombre de fois l'occasion d'observer avec attention, et parfois de très près, les „maîtres aviateurs” de l'océan, dans leur vol merveilleusement régulier, et j'ai souvent tâché d'en pénétrer le secret; je crois que j'y suis enfin arrivé.

Aussi longtemps que l'homme sera incapable de demander à l'oiseau même des renseignements, il devra, dans l'explication de ses mouvements, laisser une part aux suppositions; mais, pour autant que dans la suite l'hypothèse remplace encore la certitude, je me flatte dans tous les cas de n'avoir introduit que des suppositions qui, en rapport avec ce qui est réellement prouvé, donnent une explication plausible au moins des principes du vol plané.

Par vol plané j'entends spécialement cette espèce de vol, dont plusieurs oiseaux sont capables, par lequel, sans battements d'ailes, ils continuent à se mouvoir à travers l'air sur une grande distance, sans perdre de leur hauteur ni de leur vitesse, parfois même en gagnant en tous les deux ou en l'un des deux, mais généralement d'un mouvement horizontal ou faiblement ascendant. La trajectoire ainsi décrite est tantôt assez bien rectiligne, tantôt courbée; les écarts de la trajectoire, tant dans le sens vertical que dans le sens latéral, sont parfois faibles, parfois bien accusés. Lorsque la trajectoire est fortement courbée, la vitesse est variable, il est vrai, mais, pour autant qu'on puisse en juger par la simple observation visuelle, cette variation résulte essentiellement de la modification subie par l'angle, que la direction du mouvement de l'oiseau à travers l'air fait avec la direction du mouvement de l'air (direction du vent).



L'explication de ce vol plané, parfois aussi appelé vol glissant, est contenue dans le développement des quatre thèses suivantes :

*I. Dans un volume d'air se mouvant librement, c. à d. non enfermé dans une enceinte, e. a. dans l'atmosphère agitée par le vent, l'air est toujours dans un état d'agitation intérieure tel, que partout des parties plus ou moins grandes du complexe aérien présentent dans toutes les directions possibles des vitesses instantanées par rapport à la vitesse et la direction moyennes du volume tout entier. Il existera donc en tous les points d'un pareil complexe des courants ascendants et descendants, continuellement variables en direction et en vitesse. Les courants ascendants et descendants sont équivalents par rapport au mouvement moyen du volume tout entier.*

*Le mouvement interne, dont il est question ici, est d'autant plus intense, que le vent est plus fort.*

*II. S'il y a du vent, le mouvement ascensionnel de l'air prédominera pour certaines surfaces. Ceci favorise la possibilité du vol plané en ces endroits, sans être cependant une condition sine qua non.*

*III. Le vol plané de l'oiseau est rendu possible par l'existence de courants atmosphériques ascendants d'une certaine intensité; il est basé sur la faculté de l'oiseau de tirer parti de ces courants ascendants de la façon la plus avantageuse, et d'éprouver le moins possible d'inconvénients des courants descendants.*

*IV. Grâce à sa couverture de plumes, l'oiseau éprouve une faible résistance de la part de l'air, même s'il a une grande vitesse; cette circonstance est éminemment avantageuse au vol plané.*

## I. LE MOUVEMENT ATMOSPHÉRIQUE INTERNE.

L'exactitude de la thèse exprimée sous I se reconnaît directement à la façon dont se comportent les masses de fumée s'échappant des cheminées. Tandis que la masse entière s'élève généralement, entre autres à cause des différences de température, cette masse présente toujours un mouvement interne, tel qu'il est décrit sous I.

Mais comme il existe dans ce cas des différences de température, qui ont aussi une influence sur le mouvement, on observe le mouvement atmosphérique interne d'une façon plus convaincante en examinant le mouvement des flocons de neige dans une tempête de neige. Le mieux est d'observer ce mouvement pendant qu'on est en chemin de fer et qu'on est emporté dans le sens du vent et avec la même vitesse. On con-

state alors très nettement que les divers flocons n'ont pas du tout la même vitesse et que leur chute n'est pas toujours verticale : il y a partout et toujours des écarts, tant de la direction verticale que de la vitesse moyenne de chute ; il y a même plusieurs flocons qui à un moment donné prennent un mouvement ascensionnel. Cela serait impossible s'il n'y avait pas à certains moments des mouvements localement ascensionnels dans l'air.

La nécessité de l'existence du mouvement interne en question peut d'ailleurs être démontrée par des raisons purement théoriques. Dans une substance comme l'air, dont les molécules sont excessivement mobiles et qui possède une élasticité très grande, la même dans toutes les directions, — si l'on fait abstraction des différences qui résultent du niveau —, l'absence de différences de pression interne et de densité n'est possible que dans le cas du repos absolu par rapport à l'ambiance. Si l'air se meut par rapport à des corps environnants, même par rapport à d'autres masses gazeuses, il se produit des chocs et par conséquent des mouvements de parties de la masse, donc aussi des différences de pression. Par suite de l'élasticité de la matière, il y aura toujours une tendance à l'égalisation de ces différences de pression dans toutes les directions, d'où résultera un mouvement dans toutes les directions. Ce mouvement interne durera, jusqu'à ce qu'au bout d'un certain temps l'égalité de densité et de pression se soit établie, en vertu du frottement et de la cohésion mutuels des parties de l'atmosphère, le long des surfaces de contact, en d'autres termes par suite de l'imperfection de l'élasticité ; alors seulement la matière sera de nouveau en équilibre et intérieurement en repos. Nous n'avons pas tenu compte ici de l'influence de la température. Mais cet état d'équilibre ne sera jamais atteint s'il se manifeste continuellement de nouvelles causes, produisant de nouveau un mouvement, donc des différences de pression.

Plus les chocs contre des corps solides, des liquides ou d'autres masses d'air sont forts, plus sont intenses et durables les mouvements internes et les différences de pression. Dans une atmosphère agitée par le vent il y aura donc toujours un mouvement interne dans les couches inférieures, et ce mouvement sera d'autant plus fort, que le vent est plus intense et que la distance au corps, le long duquel glisse le vent, est plus faible. Tout contre la surface des corps, les différences de densité locales seront les plus grandes, et il en sera de même des compressions et dépressions. La forme des corps ainsi que la direction et la vi-

tesse du courant d'air détermineront les endroits des maxima et des minima de pression. Pour des objets dont la forme n'est pas trop compliquée, on pourra déterminer approximativement d'avance la situation et la forme des régions de pression et de dépression.

Comme les forces internes ne modifient pas l'endroit où se trouve le centre de gravité d'une masse d'air, considérée dans son ensemble, il faudra nécessairement que chaque mouvement instantané, de direction déterminée, d'un volume d'air quelconque dans cette masse soit compensé par un mouvement équivalent, en sens contraire, en un autre endroit de la même masse. Par rapport au centre de gravité, auquel on peut d'ailleurs attribuer un mouvement quelconque, il ne saurait donc exister des mouvements exclusivement ou essentiellement dans une seule direction; ces mouvements ne pourront se produire que dans toutes les directions et se produiront réellement dans toutes les directions, donc aussi dans le sens vertical. Voilà pourquoi on peut dire avec certitude, bien qu'on puisse rarement le constater directement, que dans une masse d'air transportée horizontalement il doit se présenter partout des „filets aériens” ascendants et que la vitesse absolue d'ascension y sera d'autant plus grande, que le vent est plus fort.

La composition de cette vitesse d'ascension avec la vitesse d'un corps, qui se meut horizontalement à travers l'air, donnera par rapport à ce corps une vitesse dirigée vers le haut, dont l'angle qu'elle fait avec l'horizon dépendra du rapport des deux vitesses. Pour une vitesse horizontale donnée, cet angle pourra donc être d'autant plus grand que le vent est plus fort. Pour un oiseau dont le vol est horizontal p. ex., à égale vitesse de déplacement dans l'air les filets d'air feront avec la direction du mouvement un angle plus fort par un vent violent que par un vent faible. Ceci est vrai pour tous les courants internes, donc aussi pour les courants ascendants.

## II. LA DISTRIBUTION DES COURANTS ASCENDANTS ET DESCENDANTS.

Non seulement il se produira dans une masse d'air, qui glisse à la surface du sol, un mouvement interne dont nous venons de décrire le caractère, mais, pour une direction de vent déterminée, il s'établira un système relativement constant de courants ascendants et descendants, dont le caractère sera déterminé par les corps et inégalités que le vent rencontre. Partout où ces corps et ces inégalités se présenteront, le

vent devra s'écarter de sa direction générale et ceci se produira, si possible, aussi bien de côté que vers le haut. Pour des corps relativement larges cet écart devra même se faire surtout vers le haut. Il est vrai que, si derrière le corps le niveau redevient le même qu'avant, l'air descendra derrière de la même quantité qu'il s'est relevé d'abord, du moins si le vent reprend plus loin sa vitesse, mais ceci n'empêche pas qu'il y aura sur une certaine étendue un courant essentiellement ascendant, dont le caractère sera assez bien constant, aussi longtemps que le vent frappe les objets de la même manière; et, comme nous le verrons plus loin, pour un oiseau le vol plané dans un pareil courant sera aisé.

Dans un système d'objets et d'inégalités de terrain le cas pourra évidemment se présenter, que dans une certaine direction, à une certaine hauteur au-dessus de la surface du sol, on rencontre plus de courants ascendants que de courants descendants. Considérons p. ex. un complexe de bâtiments disposés comme dans la fig. 1; si le vent souffle dans la direction des flèches  $W$ , en avant et au-dessus de chaque bâtiment il règnera un courant ascensionnel, et tous ces courants formeront dans la direction  $ab$  une tranche où, sur une certaine largeur, il n'y aura

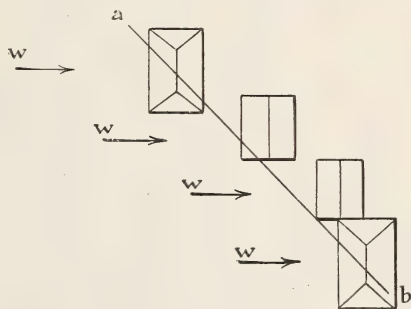


Fig. 1.

pour ainsi dire que des courants ascendants. D'autres combinaisons pourront fournir d'autres tranches et d'autres surfaces pour lesquelles on peut dire la même chose. C'est ainsi que, le vent soufflant de la mer, il doit se former en avant et au-dessus de la côte une tranche d'air ascendant. Au lof de chaque bateau en cours un courant ascendant accompagnera ce bateau et persistera même à petite distance derrière lui.

On pourrait se demander s'il y a dans ce mouvement atmosphérique interne quelque régularité ou période? Bien que cela doive être considéré comme possible dans des circonstances déterminées, il est probable qu'en général le mouvement sera irrégulier. Mais, dans un cas déterminé, notamment lorsqu'une surface d'eau est mise en ondulations par le vent, il règnera certainement dans le mouvement atmosphérique quelque régularité, en rapport avec le mouvement ondulatoire. Car au lof de chaque onde l'air devra d'une part descendre avec la surface d'onde pro-



gressante, d'autre part monter à cause de la vitesse plus grande que possède le vent soufflant contre le versant de la vague, en comparaison de la vitesse avec laquelle la surface d'onde change. Du mouvement, que l'air devra avoir dans le voisinage de la surface d'eau, agitée par le vent, on pourra se faire une idée approximative au moyen de la fig. 2. Les ondes *aba* se meuvent dans la direction de la flèche avec la vitesse *be*.

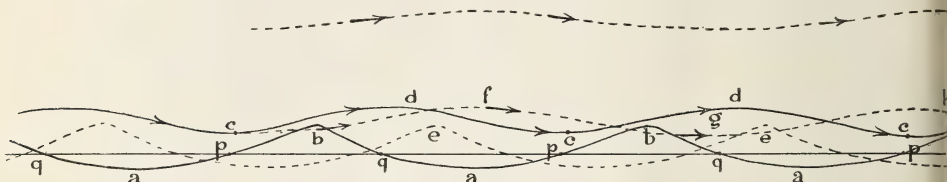


Fig. 2.

Une particule d'air *c* parcourt dans le même temps et dans la même direction une distance plus grande, p. ex. une distance *cc* par rapport à l'onde. Le mouvement par rapport à celle-ci sera, pour la particule *c*, à peu près suivant la ligne pleine *cdc*. La trajectoire véritable parcourue par cette particule, pendant que l'onde se déplace de *be*, sera donc *cfg*. D'autres particules d'air parcourront des trajectoires analogues. A cause de la forme ondulée de la surface de l'eau, la forme de ces trajectoires sera en général une ligne ondulée. Il est vrai que, par suite de ce mouvement ondulatoire des couches d'air voisines de la surface d'eau, les particules auront, par rapport à leurs trajectoires moyennes, encore un faible mouvement oscillatoire, qui aura quelque analogie avec le mouvement oscillatoire des particules d'eau, mais comparé au rapide mouvement progressif des couches d'air, ce mouvement est peu important. La couche d'air voisine de la surface liquide, dont *c* fait partie, progressera suivant la ligne ondulée *afg*; donc la partie *cf* sera parcourue dans le sens ascendant, la partie *fg* dans le sens descendant. Le changement de phase et la progression dans le sens du vent de ce mouvement ondulatoire correspondront à ceux des ondes liquides.

Laisant donc de côté la situation relative exacte, chaque onde liquide sera accompagnée d'un courant d'air ascendant *cf*, qui conservera à peu près sa situation par rapport à chaque onde. Ce mouvement rythmique existera encore dans des couches plus élevées, probablement avec la même période, mais avec une amplitude graduellement décroissante. Le niveau auquel il existera encore dans le courant ascendant une composante verticale d'une certaine grandeur, dépendra évidemment de la

hauteur et de la forme des vagues, qui à leur tour dépendent du vent et du temps pendant lequel il a soufflé.

Dans le cas d'absence complète de vent, la houle produira dans les couches d'air contigues à la surface de la mer un mouvement rythmique, essentiellement ascendant et descendant. Dans la propagation d'une onde le front s'élève de la dépression jusqu'au sommet, l'arrière descend du sommet à la dépression. Le relèvement et l'abaissement sont les plus forts aux points situés à un niveau moyen. L'air reposant sur la surface suivra ce relèvement et cet abaissement avec un certain déplacement latéral, également rythmique, et ce déplacement est évidemment accompagné d'une compression et d'une dilatation.

Des courants d'air ascendants, sans mouvement horizontal notable, prendront parfois naissance sur de grandes étendues par des causes at-

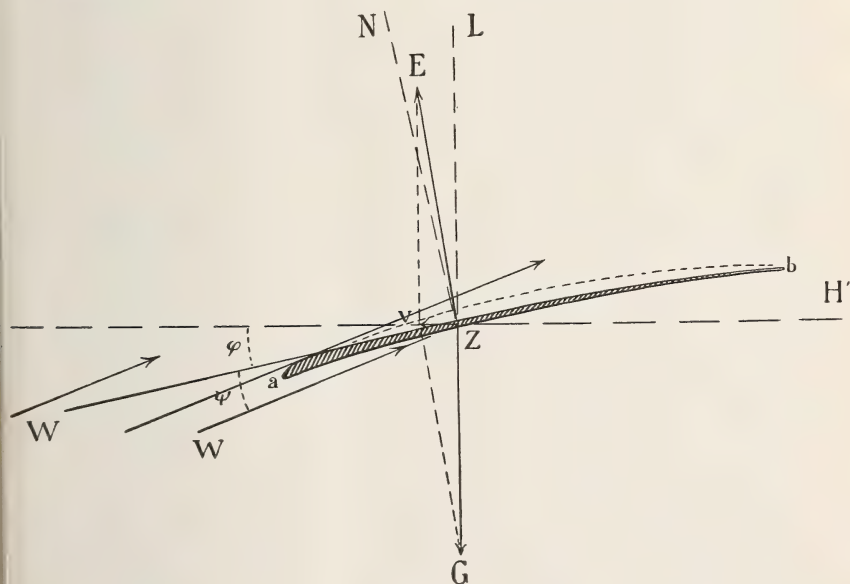


Fig. 3.

mosphériques, mais ils pourront aussi se présenter localement, par suite d'un échauffement local de toits ou d'autres parties limitées de la surface de la terre.

Contre le versant escarpé d'une montagne des courants atmosphériques horizontaux même faibles pourront produire d'assez forts courants ascendants.

## III. LE VOL PLANÉ.

Pour arriver à une explication du vol plané, nous nous figurons une mince planche ou plaque unie, dont la section est à peu près représentée par  $ab$  (fig. 3), ce qui est à peu près le profil d'une aile à quelque distance du corps de l'oiseau. La surface inférieure un peu concave fait avec le plan horizontal  $HH'$  un angle moyen de quelques degrés. Soit  $\phi$  la valeur moyenne effective de cet angle.

Cette planche, que nous appellerons dans la suite „planeur”, se trouve dans un courant atmosphérique ascendant  $W$ , indéfiniment étendu dans le sens horizontal et faisant avec la surface inférieure un angle  $\psi$ , également de quelques degrés.

On suppose que la planche présente cette propriété, qu'elle peut modifier ou conserver sa position suivant les circonstances.

Le courant d'air exercera sur le planeur une force  $ZE$ , dont la direction, par suite du faible frottement superficiel et de la faible résistance directe de la planche, différera peu de celle de la normale  $ZN$  à la surface.

La force  $ZE$ , l'effet du vent, est presque égale à la différence entre la pression exercée contre la face inférieure par l'air comprimé en cet endroit et la pression contre la face supérieure, qui, à cause de la dépression produite là, est plus faible que la pression atmosphérique ambiante; cette différence de pression, combinée avec le frottement superficiel et la résistance directe, fournit comme résultante  $ZE$ . On sait que l'existence de couches comprimées et dilatées est expérimentalement prouvée, et lorsque le vent est fort  $ZE$  atteint une grandeur notable.

Le poids  $ZG$ , combiné avec  $ZE$ , fournira la résultante  $ZV$ . En vertu du pouvoir attribué au planeur, les forces peuvent être considérées comme s'appliquant au centre de gravité du planeur et la position de sa surface pourra être telle, que  $ZV$  soit horizontal.  $ZV$  donnera donc à l'appareil une vitesse horizontale dans le sens de  $H$ , ce qui est *en sens contraire de ce qu'on pourrait appeler ici le sens du vent*.

Dans le déplacement du planeur la cause qui donne naissance à  $ZE$  pourra subsister;  $ZV$  sera donc une force d'action continue et le planeur prendra un mouvement accéléré. Mais entre temps il se produira un changement dans l'état de l'appareil.

En effet, dès que  $ab$  a une vitesse dans le sens donné, l'angle sous

lequel l'air frappe la face inférieure de l'appareil devient plus petit. La direction et la grandeur de la force  $ZV$  changent. Mais comme nous supposons que le planeur profite de la propriété que nous lui avons attribuée,  $ZV$  ne changera qu'en grandeur et non en direction. On conçoit que si la vitesse augmente l'angle  $\phi$  devra alors augmenter. Le mouvement sera accéléré jusqu'à ce que, par suite de la diminution de l'inclinaison,  $ZE$  coïncide avec la verticale  $ZL$ . L'accélération est alors devenue nulle et le mouvement est uniforme; il s'est établi un état d'équilibre.

Le mouvement décrit ici est analogue à celui d'un corps tombant verticalement dans l'atmosphère; il n'est d'ailleurs pas autre chose que celui d'un corps glissant dans l'atmosphère le long d'un plan incliné, sauf qu'ici l'air lui même fournit le plan incliné et souffle continuellement ce plan vers le haut. Sans même forcer la signification des mots, on pourrait dire que *le planeur tombe horizontalement à l'encontre du vent.*

Si l'appareil réglait sa position de telle sorte, que la résultante  $ZV$  fût dirigée un peu au-dessus du plan horizontal, il prendrait un mouvement dont on pourrait dire: que *le planeur tombe en s'élevant contre le vent.*

Abstraction faite de cette condition d'un réglage toujours parfait de la position de l'appareil, on ne peut pas dire que le mouvement que nous venons de décrire soit irréalisable; il a été réalisé au contraire par LILIENTHAL. Ses expériences de vol n'étaient pas autre chose qu'une descente le long d'un plan incliné continuellement relevé. Là où existent une pente régulière suffisamment étendue, une direction de vent convenable et une intensité de vent suffisante, le courant d'air ascendant nécessaire à la réalisation de l'expérience existera aussi.

On peut se demander quelles vitesses on pourra atteindre avec un pareil „toboggan" aérien? LILIENTHAL a-t-il jamais fait mesurer les vitesses qu'il a atteintes et s'est-il rendu compte que, même dans les parties ascendantes de sa course, le mouvement a pu encore être accéléré? Il se peut, mais je ne le sais pas.

Il est clair que la vitesse que l'on peut atteindre doit dépendre de l'inclinaison et de la force du courant d'air, de la longueur disponible de celui-ci et de la résistance que subit le système planant. Dans des conditions avantageuses on pourra atteindre une vitesse énorme et *pour les appareils d'aviation de l'avenir l'utilisation d'une hauteur une fois atteinte dépendra surtout des limites posées à la résistance directe.*



Le mouvement en question peut être imité par d'autres moyens, comme suit :

Le long d'un plan incliné bien uni, à faible pente, on laisse rouler une balle; le frottement de roulement sera faible, tout comme celui de l'air le long d'une surface unie. La balle roulante descendra, mais, si l'on soulève continuellement le plan incliné, sans changer son inclinaison, précisément d'une quantité égale à la chute de la balle, la balle se mouvra horizontalement et cela de telle sorte, que l'accélération, la vitesse et le chemin augmenteront en raison de la sécante de l'angle d'inclinaison.

Si l'on soulève le plan plus rapidement, la balle parcourra avec une vitesse plus grande encore sa trajectoire, qui maintenant sera ascendante; la balle „tombera en s'élevant”.

Si l'inclinaison du plan est  $\Phi$ ,  $a$  l'accélération dans une direction parallèle au plan,  $b$  celle avec laquelle le plan se déplace perpendiculairement à sa propre direction, comptée positivement si le plan s'élève, négativement s'il descend,  $\alpha$  l'angle que la direction résultante du mouvement fait avec le plan (positif vers le haut, négatif vers le bas), on

$$a : tg \alpha = \frac{b}{a};$$

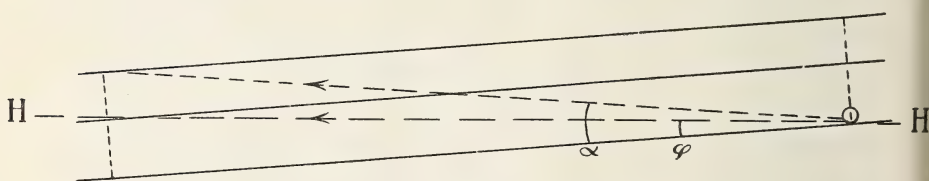


Fig. 4.

l'angle que fait la direction du mouvement avec l'horizontale =  $\alpha - \phi$ ,  
l'accélération dans le sens du mouvement =  $a \sec \alpha$  (voir fig. 4).

Nous avons négligé ici l'influence du frottement et de sa variation.

Par un autre dispositif, dans lequel nous introduisons le frottement de glissement, on peut également augmenter l'accélération dans le sens du plan incliné. On prend alors (fig. 5) un coin, et l'on ménage une rainure au milieu du plan incliné. On y place sur la face supérieure du coin un plan incliné opposé. On peut maintenant soulever le plan incliné inférieur et abaisser le plan incliné supérieur et on augmentera ainsi l'accélération du coin descendant. En remplaçant le coin par un

axe portant 3 cylindres ou bien 3 balles, dont celui (celle) du milieu tourne indépendamment des deux autres; on peut également introduire ici un frottement de roulement.

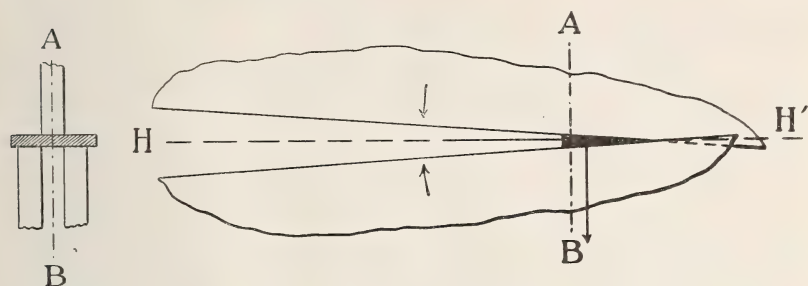


Fig. 5.

Pour des expériences avec un plan de vol incliné dans un courant d'air ascendant on pourrait se servir du dispositif suivant (fig. 6). D'une

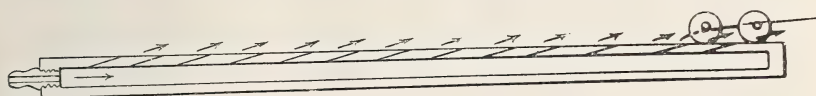


Fig. 6.

boîte plate et allongée, — plus elle est longue, mieux cela vaut —, le couvercle est muni de rainures ou fentes, déplaçables de préférence, qui font un petit angle avec la face supérieure. Dans le sens de la longueur, un petit chariot ou une petite glissière, convenablement guidé, peut rouler ou glisser; une surface plane ou légèrement courbée, déplaçable, juste au-dessus du couvercle, forme la partie essentielle de cette partie mobile. Avec un tel appareil on pourrait faire des mesures de pression et de vitesse, pour des vitesses différentes d'écoulement de l'air, que l'on comprime dans la boîte et pour diverses formes, positions et grandeurs du plan de vol.

Un dispositif qui permettrait de localiser à volonté l'écoulement de l'air sous l'équipage mobile économiserait l'air insufflé.

Il est indubitable que les maîtres aviateurs parmi les oiseaux sont en état, par leurs formes et leur organisation, de faire usage de leurs ailes dans un courant atmosphérique ascendant, comme je l'ai supposé plus haut pour le planeur de la fig. 3. Grâce aux moyens dont il dispose, l'oiseau doit aussi pouvoir régler, entre certaines limites, la direction

et la vitesse du mouvement vertical qu'il désire obtenir. Sur un courant d'air étendu et qui reste constant ou bien qui se déplace, mais qui reste continuellement ascendant, l'oiseau doit être capable de progresser ou de s'arrêter en planant, aussi longtemps que sa force de résistance lui permet de conserver et de régler la position exacte et la forme de son corps, y-compris ses ailes. Aussi ce vol plané peut-il s'observer régulièrement là, où, en vertu de la direction du vent et des surfaces que le vent frappe (côtes de digues, toits, murs, flanc d'un bateau, versant d'une montagne, etc.) l'existence d'un courant ascendant stationnaire peut être admise à priori. Je crois de même que le vol en carroussel, que surtout les grandes espèces de mouettes effectuent à de grandes hauteurs (300 à 400 m.), est rendu possible à ces oiseaux par un courant atmosphérique ascendant. Le planement soutenu de la mouette, par un temps absolument calme et à ras de la surface à peine agitée de la mer, absolument incompréhensible à première vue, n'est possible que grâce au courant ascendant de l'air en avant de chaque vague. De même le poisson volant peut planer ainsi sur de longues distances. S'il n'y a pas de vagues et s'il n'y a pas de vent l'oiseau ne saurait planer. Aussi, dans ces conditions et d'ailleurs aussi par un vent très faible, je n'ai *jamais* observé le véritable planement des mouettes.

Alors on voit les oiseaux toujours battre des ailes; si par hasard il y en a un qui plane il perd en vitesse ou en hauteur, ou même en tous deux à la fois.

Mais ce domaine d'observation est plein d'embûches pour l'observateur inexpérimenté ou dont l'esprit critique n'est pas assez développé. Même pour l'oeil le plus attentif et le pouvoir d'appréciation le plus développé il n'est pas toujours possible d'échapper à l'influence de l'illusion d'optique, résultant de l'effet de perspective. Il n'est pas toujours possible, même pour l'observateur le plus parfait, de constater avec certitude, chez un oiseau qui s'éloigne de l'observateur en planant, qu'il ne perd ni en hauteur ni en vitesse, notamment si la trajectoire est plus ou moins courbée.

Il sera très difficile de constater pour quelle force du vent la composante verticale du mouvement atmosphérique interne est suffisante pour permettre le véritable vol plané à une espèce d'oiseau déterminée. Il est probable que les oiseaux à grande surface d'ailes, comme les aigles, les cigognes, les hérons etc. pourront déjà planer dans un faible courant atmosphérique ascendant; mais je tiens pour fort probable que ces

oiseaux planent le mieux dans un courant ascendant constant et moins bien dans des courants alternativement ascendants et descendants, dont les oiseaux marins, avec leurs ailes moins larges dans la direction du vol, tirent si remarquablement parti.

En observant le planement des oiseaux on devra toujours songer à la possibilité, que l'observateur ne perçoive pas du tout de vent autour de lui, alors que l'oiseau qu'il observe se trouve dans un courant atmosphérique (vent ou courant ascendant); il devra aussi tenir compte du fait, qu'à grande distance de petits mouvements ne sont peut être pas visibles.

Qu'on se garde en effet surtout de confondre les phénomènes et de considérer l'„arrêt” et la lente ascension en cercle des faucons, des éperviers et autres espèces, que ces oiseaux peuvent effectuer à mon sens même par un temps absolument calme, comme un vol glissant ou planant sans battement d'ailes. Un observateur d'un talent incontestable, le grand EDISON, rapporte qu'il a vu un busard s'élever lentement en cercle à environ 300 m. d'altitude, alors que l'air était absolument calme, comme le prouvait la fumée d'une cheminée de fabrique, qui s'élevait verticalement en une colonne d'au moins 300 m. de hauteur et dont l'oiseau était voisin. On ne voyait, dit il, aucun mouvement des ailes, et le cas lui paraissait alors incompréhensible. Ce n'est que neuf ans après que, tenace comme le sont tous les hommes de sa trempe, il crut avoir trouvé une explication. Il admet que „cet oiseau flottait sur des ondes sonores, produites par les petites plumes des faces internes des ailes <sup>1)</sup>”.

Malgré tout mon respect pour la grande sagacité, le génie d'observation et l'esprit critique du grand Américain, je dois faire à ce sujet une remarque.

D'après des expériences faites par HELMHOLTZ et d'autres sur un grand nombre de personnes, il faut déjà être doué d'une bonne acuité visuelle pour pouvoir apprécier une dimension que l'on voit sous un angle de 1 minute, c. à d. pour voir nettement, à une distance d'environ 340 m. une longueur de 1 dm. Même en admettant que pour la constatation d'un *mouvement* une mesure plus petite suffise, il me semble néanmoins assez risqué de la réduire à moins de la moitié. Or, à moins que l'acuité visuelle d'EDISON n'ait été phénoménale, il lui était impossible de dis-

---

<sup>1)</sup> *Nash's Magazine*, mars 1911, n°. 24, p. 651.



tinguer à cette distance un mouvement des ailes de quelques centimètres d'amplitude. Eh bien, j'ai plus d'une fois examiné attentivement, mais de plus près, l'„arrêt" et l'ascension en cercle des éperviers, et j'ai toujours observé nettement un battement très rapide des ailes, dont j'estime l'amplitude à 3 ou 4 cm. et la fréquence à 6 par seconde <sup>1)</sup>. Le fait, que l'oiseau peut ainsi conserver sa position ou s'élever lentement, j'ai cru et je crois encore devoir le considérer comme la conséquence naturelle de cette façon particulière de voler. Dans ce planement stationnaire le plan des ailes est très incliné, ce qui fait que la composante progressive de l'accélération, qui est relativement grande dans le mouvement ordinaire des ailes, est réduite à peu de chose ou même à rien du tout, tandis que la composante verticale fait précisément équilibre au poids ou l'emporte légèrement sur lui. Chez des oiseaux qui s'emparent de leur proie en se laissant tomber verticalement sur elle, cette forme de mouvement sera nécessaire, pour les mettre en état d'occuper leur point d'observation exact, sans déplacements rapides et apparents, qui pourraient parfois attirer l'attention de leur victime et la mettre sur ces gardes.

A un examen superficiel il pourrait sembler que le planement de l'oiseau n'est possible que s'il se meut à l'encontre du vent, ou à peu près; c'est là une opinion assez générale, mais, ainsi que nous allons le montrer, elle n'est pas fondée.

Dans son travail bien connu LILIENTHAL donne une des raisons pour lesquelles cette opinion est si répandue. C'est notamment celle-ci, que contre le vent un oiseau planant s'avance plus lentement, de sorte que dans ces conditions on l'observera plus aisément et plus fréquemment dans cet état.

Mais à mon avis il y a aussi une raison pour laquelle les oiseaux en général planent très souvent à l'encontre du vent, bien qu'ils puissent le faire tout aussi bien dans d'autres directions. C'est notamment que les oiseaux, tout comme les autres animaux, préfèrent en général rester à un endroit déterminé ou dans un milieu déterminé. Or, qu'ils volent

---

<sup>1)</sup> M. P. L. STEENHUYZEN, le préparateur bien connu de „Artis", m'a assuré qu'il a observé fréquemment ce qu'on appelle le „bidden" (prier) du faucon des tours, et qu'il a toujours constaté le mouvement des ailes, rapide et court, que je viens de décrire.

ou qu'ils planent, ils doivent alors le plus souvent se diriger à l'encontre du vent, sans quoi ils s'éloigneraient bien vite de quelques milles.

Pour l'oiseau la grandeur de l'inclinaison d'un courant d'air n'a en soi pas d'importance. Pour lui la possibilité du vol plané est déterminée d'une part par la vitesse minimum qu'il doit avoir dans l'air pour que son poids soit compensé, d'autre part par la grandeur absolue de la composante verticale du courant d'air. C'est en effet du rapport entre cette dernière et sa vitesse horizontale que dépend l'inclinaison du courant d'air qui glisse le long de son corps. Ainsi p. ex, si la vitesse verticale moyenne d'un courant ascendant est 0,5 m. et que la vitesse horizontale de l'oiseau dans l'air, dans une direction quelconque, soit 5 m., l'air glissera à côté de lui sous une pente vers le haut de  $\frac{1}{10}$ , c. à d. sous un angle de  $5^{\circ}44'$ , avec une vitesse de *sec*  $5^{\circ}44' \times 5$  ou un peu plus de 5 m. Si cette composante verticale du vent se présentait avec une vitesse du vent de 8 m., l'oiseau aurait, en volant avec le vent, une vitesse de 13 m. par rapport à la surface du sol, alors que contre le vent il rétrograderait avec une vitesse d'environ 3 m. Pour compenser exactement ce vent, l'oiseau devrait évidemment avoir dans l'air une vitesse horizontale de 8 m, et dans ce cas l'air glissant le long de lui n'aurait qu'une pente ascendante de  $\frac{5}{8} \times 5^{\circ}44' = 3^{\circ}35'$ .

Or, il doit y avoir certainement une valeur minimum de la pente, au-dessous de laquelle un planement horizontal constant n'est plus possible sans perte de vitesse pour l'oiseau, parce qu'alors l'accélération progressive deviendrait plus petite que l'accélération de résistance opposée. Il est bien certain que cette valeur minimum est plus petite que la pente, que présentent sur de grandes distances les courants ascendants par un vent fort, car il résulte de toutes les observations que les oiseaux, du moins les oiseaux marins, planent le mieux par un vent fort et peuvent alors atteindre en planant une vitesse plus grande que celle du vent, de sorte que dans ce cas l'inclinaison de *leur* courant d'air doit être plus petite que celle du vent.

Du fait qu'un oiseau ne plane pas par un vent faible on ne peut pas encore conclure, qu'alors les inclinaisons des courants de vent sont plus faibles que par un vent fort. En effet, même si la grandeur est la même, il n'y a guère d'avantage pour l'oiseau, si la vitesse minimum nécessaire pour compenser son poids est plus grande que celle du vent. Si

cette vitesse minimum forme avec la composante verticale du vent, beaucoup plus petite, une pente apparente plus faible que la pente minimum nécessaire pour un planement continu, l'oiseau ne saurait planer *pour cette raison*; en d'autres termes, pour pouvoir progresser horizontalement il devrait voler trop vite pour former encore une pente d'air suffisante, rendant possible le planement continu. Tout ceci deviendra encore plus clair lorsque nous examinerons de plus près le processus du planement.

S'il résulte déjà de tout ceci, que par un vent suffisamment fort la condition du planement, un courant d'air ascendant, doit exister en moyenne sur une assez grande étendue, en vertu du mouvement interne de l'air, l'oiseau passera nécessairement des courants d'air descendants, faibles il est vrai à ces endroits, et il est intéressant d'examiner de quelle façon l'oiseau procède, pour tirer parti le plus possible des courants ascendants et éprouver le moins possible d'inconvénients des courants descendants.

Pour expliquer ceci, nous devons examiner de près l'action de l'air sur l'aile.

Je commencerai à cet effet par faire usage des résultats, que LILIENTHAL a obtenus au moyen d'une surface courbée, dont la flèche mesurait  $\frac{1}{12}$  de la dimension de la surface dans le sens du mouvement. Autant qu'on puisse en juger par ses figures, la courbure de la surface était circulaire, de sorte que la surface formait un arc dont la flèche était  $\frac{1}{12}$ , donc la valeur  $38^{\circ}22'$ . L'angle formé par la corde et la tangente à l'extrémité de la surface extérieure doit donc avoir été d'environ  $20^{\circ}$ .

Dans le tableau V de son ouvrage „Der Vogelflug” LILIENTHAL communique les grandeurs et directions de résistances de l'air, mesurées pour des positions diverses de la surface. La grandeur de la résistance est exprimée par son rapport à la résistance de l'air dans le cas où l'angle d'impact est  $90^{\circ}$ ; LILIENTHAL admet pour cette résistance la valeur  $L = 0,13 \times F \times v^2$ ,  $L$  étant exprimé en kg,  $F$  l'aire de la surface d'épreuve en  $m^2$ ,  $v$  la vitesse du vent en mètres.

La fig. 7. représente le diagramme trouvé par LILIENTHAL jusqu'à un angle de  $20^{\circ}$ ; le reste est sans utilité pour nos considérations.

Remarquons que ce diagramme se rapporte à des mesures dans un

vent, dont l'„angle de relèvement" était de  $3^{\circ},6$  d'après les mesures faites simultanément. Dans la position de  $0^{\circ}$  de la surface (corde horizontale) le courant d'air venait donc vers la face inférieure sous un angle de  $3^{\circ},6$  avec le plan horizontal.

Il faut remarquer aussi que le diagramme se rapporte à une surface non élastique et que selon toute probabilité on obtiendrait des résultats notablement plus avantageux avec une surface élastique, qui correspondrait mieux au profil moyen de l'aile d'un oiseau; ce qui sera vrai pour le diagramme dont nous nous servons ici sera donc certainement plus vrai encore pour l'aile réelle.

L'augmentation rapide de la résistance de l'air jusqu'à  $15^{\circ}$  à  $16^{\circ}$ , dans quelle position de la surface la valeur totale est déjà presque aussi grande qu'à  $90^{\circ}$ , est frappante, mais tout de même compréhensible. Comme pour la surface employée l'angle formé par la corde et la tangente au bord antérieur a été d'environ  $19^{\circ},5$ , on atteint dans la position de  $16^{\circ}$  celle pour la-

quelle la direction du courant d'air est tangente au côté extéro-antérieur. Il n'y a donc plus de contre-pression et la surface inférieure est frappée en entier par le courant d'air. Dans la position  $-3^{\circ},6$  la corde était parallèle à la direction du vent et toute la moitié extérieure antérieure était frappée, ce qui devait donner une assez grande pression vers le bas. Mais il reste néanmoins une notable pression vers le haut, ce qui prouve combien l'air dévie fortement vers le haut après avoir passé le bord antérieur. Par augmentation de l'inclinaison (en arrière) la pression vers le bas diminue et en même temps celle qui agit sur la face inférieure augmente, puisque celle-ci est de plus en plus frappée par l'air qui dévie vers le haut. De là la forte augmentation de la résistance de l'air jusqu'à la position de  $16^{\circ}$ , à partir de laquelle seule la face inférieure est frappée,

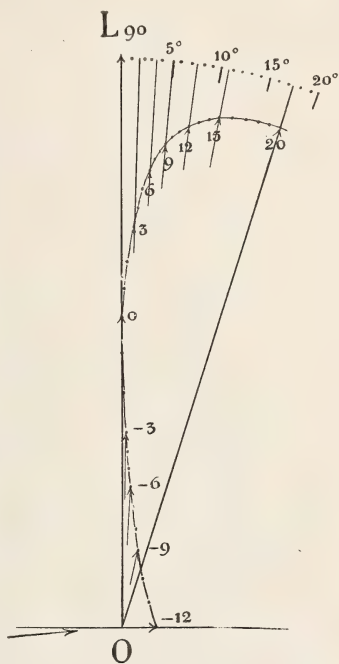


Fig. 7.



Afin de pouvoir faire usage de ce diagramme, nous admettrons que l'oiseau a exactement la même vitesse horizontale que le vent, de sorte que la pente moyenne ascendante de l'air qui glisse le long de lui est égale à l'angle de relèvement, donc  $3^{\circ},6$ . Afin d'avoir en même temps une idée de la grandeur des forces qui sont en jeu, les considérations s'appliqueront à une vulgaire mouette à capuchon, dont le poids total est de 380 gr. et la surface d'ailes de  $580 \text{ cm}^2$ , nombre qui est encore susceptible d'augmentation par une plus grande extension des plumes. Comme le diagramme s'applique à la surface totale de la surface d'épreuve, on doit aussi tenir compte de la surface totale des ailes. Pour arriver à une représentation simplifiée des choses, nous considérerons le cas idéal où le vent a d'abord pendant une demi-seconde une ascension supérieure de  $4^{\circ}$  à la moyenne, puis pendant la demi-seconde suivante une direction de  $4^{\circ}$  en-dessous de la moyenne, et toujours avec la même vitesse par rapport à l'oiseau. La transition entre ces deux états, où le vent a encore pendant un temps très court, au-dessus et en dessous de sa direction moyenne, une action analogue à celle que nous considérons maintenant, sera négligée. Nous commencerons d'ailleurs par considérer uniquement l'action des ailes, sans tenir compte de la résistance du tronc à l'air, pour faire intervenir cette dernière dans la suite.

A l'aide du diagramme nous pouvons examiner en premier lieu quelle vitesse de vent sera capable, pour une inclinaison de  $3^{\circ},6$  de porter la mouette lorsque ses ailes ont une position déterminée. Comme il est désirable que pour le planement il y ait une certaine réserve de surface d'ailes, nous examinerons quelle vitesse l'oiseau doit avoir, pour que, avec une surface d'ailes de  $500 \text{ cm}^2$ , il puisse planer lorsque la position des ailes est de  $-1^{\circ}$ , position dans laquelle, d'après le diagramme, la composante horizontale est nulle tout comme dans la position  $0^{\circ}$ .

La composante verticale, égale dans ce cas à l'effet total de l'air <sup>1)</sup>, doit alors être égal au poids de l'oiseau. Conformément au diagramme

$$\text{on a alors } L_{-1} = \frac{71}{150} \times L_{90}.$$

Les composantes verticale et horizontale de l'effet de l'air seront représentées respectivement par  $C_v$  et  $C_h$ ; cette dernière est donc  $= 0$ ,

---

<sup>1)</sup> Pour exprimer l'action de l'air sur les ailes nous emploierons dans la suite de préférence le terme „effet de l'air”; nous entendons par résistance de l'air la résistance contre le tronc, en sens contraire de la direction du mouvement.

l'autre doit être égale à  $(C_v)_{-1} = \frac{71}{150} \times L_{90} = \frac{71}{150} \times 0,13 \times 0,05 \times v^2 = P$   
 (poids de l'oiseau) = 0,38 kg.; d'où  $v = 11,1$  m.

On suppose que l'oiseau a acquis cette vitesse par le vol et qu'il vole horizontalement au moment où commence le courant ascendant à pente de  $7^\circ,6$  (fig. 8).

Lorsqu'en même temps l'oiseau incline ses ailes de  $3^\circ$  de plus en avant, ces ailes prennent par rapport au courant d'air la position à laquelle s'applique l'indication  $0^\circ$  dans le diagramme. Suivant le diagramme on gagne ainsi, à égalité de surface d'ailes,  $\frac{1}{7}$  de l'effet

de l'air, sans qu'il naisse une composante antagoniste. La direction de l'effet de l'air est maintenant de  $4^\circ$  en avant de la verticale. Pour ce petit angle la composante verticale sera à très peu près  $\frac{8}{7}P = \frac{8}{7} \times 0,38$  kg. et il se sera produit une composante horizontale vers l'avant =  $\frac{8}{7} \times \frac{4}{57,3} \times P$ .

En étendant maintenant la surface de ses ailes, l'oiseau augmenterait en proportion les deux composantes. Admettons qu'il porte

la surface de 500 à 625 cm.<sup>2</sup>, c. à d. qu'il l'augmente de  $\frac{1}{4}$ , ce qui n'est que 45 cm<sup>2</sup> en plus de la surface d'ailes normale; on aura alors, dans ce nouvel état:

$$C_{v_4} = \frac{5}{4} \times \frac{8}{7} \times P = \frac{10}{7} P$$

$$C_{h_4} = \frac{5}{4} \times \frac{8}{7} \times \frac{4}{57,3} \times P = \frac{40}{401,1} P = \frac{1}{10} P \text{ environ.}$$

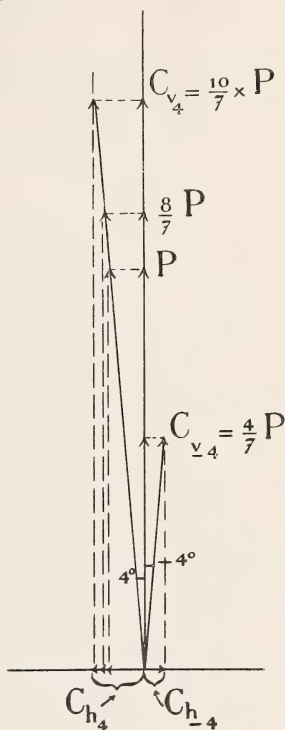


Fig. 8.

Abstraction faite des fractions négligeables, résultant des simplifications,  $\cos 4^\circ = 1$  et  $\sin 4^\circ = \text{arc } 4^\circ$ ; la force verticale dans le courant

ascendant l'emporte donc sur le poids des  $\frac{3}{7}$  de ce dernier, et il s'est produit une force horizontale propulsive de  $\frac{40}{7 \times 57,3}$  fois le poids de l'oiseau. Ces forces donneront des accélérations à l'oiseau, notamment,  $g$  étant l'accélération due à la pesanteur,

$$\text{une accélération verticale vers le haut } g_v = \frac{3}{7} g$$

$$\text{,, ,, horizontale en avant } g_h = \frac{1}{10} g;$$

ces deux accélérations se font sentir pendant  $\frac{1}{2}$  seconde, de sorte qu'elles

font parcourir à l'oiseau, outre le chemin horizontal de  $\frac{11,1}{2} = 5,55$  m.,

$$\text{un chemin vertical} = \frac{1}{2} g_v t^2 = 0,53 \text{ m. et}$$

$$\text{,, ,, horizontal} = \frac{1}{2} g_h t^2 = 0,12 \text{ m.}$$

L'oiseau s'est donc élevé de 0,53 m. et en même temps avancé de 5,67 m., bien entendu en supposant qu'il soit permis de négliger la résistance de l'air contre le tronc de son corps.

On voit aisément d'après la figure que l'oiseau aurait pu à volonté continuer sa marche horizontalement. A cet effet il lui aurait suffi de diminuer la surface de ses ailes, ou de modifier la position de ses ailes, au point que la composante verticale fût devenue de nouveau  $= P$ , c. à d. les  $\frac{7}{10}$  de ce qu'elle était devenue de la façon indiquée.

Mais en même temps la composante horizontale serait diminuée en proportion, de sorte que dans ce cas elle deviendrait  $\frac{4}{57,3} P$ .

L'accélération vers le haut, donc aussi l'ascension serait alors  $= 0$  et le gain de chemin parcouru 0,086 m.

Pendant la demi-seconde consécutive l'air glisse le long de l'oiseau sous un angle inférieur de  $4^\circ$  à la direction moyenne du courant d'air, c. à d. sous une inclinaison de  $-0^\circ,4$  absolu.

Si maintenant l'oiseau donne à ses ailes, par rapport au courant d'air, la première position employée de  $-1^\circ$  du diagramme, avec la même surface ailée de  $500 \text{ cm}^2$ , la direction de l'effet de l'air est de  $4^\circ$  en

arrière de la verticale et tout comme dans le cas que nous venons de considérer en dernier lieu la composante vers le haut serait nulle et la composante horizontale  $= \frac{4}{57,3} P$ , mais maintenant opposée au mouvement.

De cette façon, c. à d. en conservant la direction horizontale, l'oiseau obtiendrait, uniquement par le jeu des ailes, une accélération tantôt progressive, tantôt régressive, de même grandeur. Mais comme la résistance du tronc, quelque faible qu'elle soit, n'est jamais nulle, cette résistance resterait de cette façon comme une force continuellement antagoniste, qui ferait constamment diminuer la vitesse. L'oiseau obtiendra donc un meilleur résultat en appliquant au courant ascendant l'augmentation indiquée de l'effet des ailes et au courant descendant une diminution de même grandeur. Si dans la position que nous venons d'indiquer il diminue l'effet de ses ailes de  $\frac{3}{7}$ , ce qu'il peut faire p. ex.

en diminuant la surface de ses ailes jusqu'à  $\frac{4}{7} \times 500 \text{ cm}^2$ , ou bien en partie en diminuant cette surface, en partie en modifiant la position de ses ailes, la composante verticale diminue de  $\frac{3}{7} P$  et la composante horizontale diminue dans le même rapport. Celle-ci deviendra donc

$$(C_h)_{-4} = \frac{4}{7} \times \frac{4}{57,3} P = \frac{16}{7 \times 57,3} P \text{ et sera opposée au mouvement.}$$

En agissant de cette façon l'oiseau descendra dans la deuxième demi-seconde de la même quantité qu'il s'est élevé pendant la première, c. à d. 0.53 m., mais la force progressive horizontale sera plus grande dans le courant ascendant que la force régressive horizontale dans le courant descendant.

Il restera donc un certain avantage et il n'y a qu'à se demander si cet avantage n'est pas complètement contrebalancé par la résistance de l'air contre le tronc. Si l'on représente cette résistance par  $R$ , il faut évidemment, pour qu'il y ait encore une accélération progressive:

$$(C_h)_{+4} - R > (C_h)_{-4} + R$$

$$(C_h)_{+4} - (C_h)_{-4} > 2R$$

$$\left( \frac{40}{7 \times 57,3} - \frac{16}{7 \times 57,3} \right) P > 2R$$



$$R < \frac{12}{401,1} P \text{ ou } < 11,4 \text{ gr.}$$

Ce n'est que par des expériences très précises que l'on pourra fixer la grandeur de la résistance que l'air oppose au mouvement d'un oiseau déterminé, pour diverses vitesses. Nous verrons plus tard que cette résistance est faible.

S'il résulte déjà de ce qui précède que l'on peut obtenir un gain d'accélération avec une forme d'ailes aussi désavantageuse que les surfaces rigides, à profil d'arc de cercle, avec lesquelles LILIENTHAL fit ses expériences, il n'est guère douteux que les résultats fournis par des ailes réelles seront bien plus favorables encore, et qu'il en serait même déjà ainsi, si l'on remplaçait les surfaces employées par d'autres, dont le profil se rapprochait davantage de celui de l'aile.

Si l'on compare p. ex. la marche probable des particules d'air pour un appareil dans le genre de celui qu'employa LILIENTHAL avec celle pour un appareil à profil d'aile (fig. 9 et 10), supposé incliné en avant d'un angle de  $5^\circ$  par rapport au plan horizontal, tandis que l'air monte sous un angle de  $3^\circ,6$  avec la direction horizontale, il semble hors de doute que pour le plan à profil d'aile la direction de l'effet de l'air sera dans tous les cas notablement plus avantageux. En effet, pour l'appareil à profil d'arc de cercle (fig. 9) l'effet résultant de l'air *nr* doit être

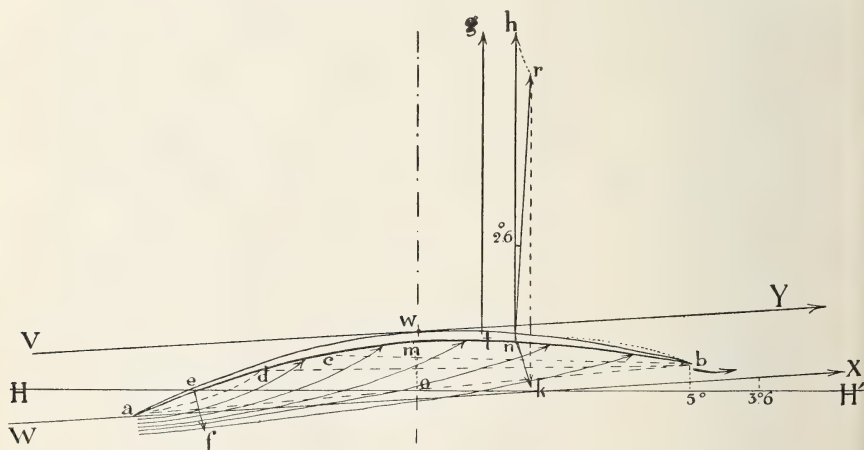


Fig. 9.

considéré comme composé de la force  $ef$  agissant obliquement vers l'arrière et vers le bas, provenant de l'action de l'air sur la partie antéro-supérieure de la surface de  $a$  jusqu'à  $w$ , une force qui, comme on sait, s'appliquera fort en avant lorsque la surface est fortement inclinée, et de la force  $ty$  dirigée presque verticalement vers le haut, provenant de l'impact de l'air contre la face inférieure et, pour une petite partie, de la dépression qui se forme en arrière sur la face supérieure. Comme d'après le diagramme de LILIENTHAL pour  $-5^\circ$  l'effet de l'air est dirigé sous une inclinaison en arrière de  $2^\circ,6$  et que les moments de rotation sont sans influence ici, nous supposerons pour plus de clarté que l'effet de l'air s'applique au point  $n$ , situé sous un angle de  $2^\circ,6$  en arrière de  $t$ , le point qui dans cette position est le plus élevé de la section.  $nr$  est ainsi l'effet de l'air résultant trouvé par LILIENTHAL.

Le rapport et les directions de la *pression de choc*  $nk = ef$  et de la force  $nh = ty$ , agissant sur la face inférieure, doivent être à peu près comme l'indique la figure, pour fournir ensemble  $nr$ . Si l'on suppose que  $ef$  est plus grand que ne l'indique la figure, ce qui est possible, il s'ensuit que  $nh$  ou  $ty$  doit pencher plus fortement en avant. Nous supposons ici que cette force est exactement verticale, d'où il doit résulter à peu près que de la face inférieure la partie  $db = 2 \times tb$  environ doit être frappée par l'air et contribue donc à la formation de  $ty$ .

Même si l'on tient compte de ce que  $ef$  a été choisi d'une façon plus ou moins arbitraire, on arrivera néanmoins toujours, même si l'on admet pour  $ef$  une direction et une grandeur un peu différentes, à la conclusion, qu'une partie très importante de la face inférieure doit être fortement frappée par l'air et que par conséquent l'air, qui dans la direction  $WX$  passe le *bord tranchant*  $a$ , doit subir une forte déviation vers le haut, ce qui ne peut résulter que de la dépression, qui doit se produire derrière le bord contre la face inférieure. Cette „*dépression d'aspiration*”, comme la „*dépression au sommet*” est la conséquence de la cohésion des molécules d'air, qui fait que dans le flux rapide d'air en  $b$  et surtout en  $a$  il s'opère un entraînement continu de particules d'air, donc une diminution de pression. Il s'ensuivra bien que l'air qui arrive en  $a$  avec la pression normale se dilatera immédiatement vers le haut, mais l'accélération, que subissent par là dans la direction de la face inférieure les particules d'air qui passent le plus près de  $a$ , n'est pas assez grande pour remplir immédiatement et complètement le vide formé par l'aspiration. Il subsistera une dépression, dans un état d'équilibre, lorsque

l'arrivée de particules d'air est exactement contrebalancée par ce qui est emporté par suite de la cohésion. On reconnaît aisément que pour une même forme et une même position de la surface la dépression sera d'autant plus forte, que la vitesse est plus grande, et aussi que pour une vitesse déterminée la dépression dépendra de la position de la surface.

Il résulte de ce que nous venons d'avancer que, si nous prenons comme base le résultat de LILIENTHAL, nous pouvons indiquer avec une assez grande précision quelle doit être l'allure de l'air pour une position donnée de son appareil. La fig. 9 fait connaître cette allure pour la position que nous venons de considérer ici

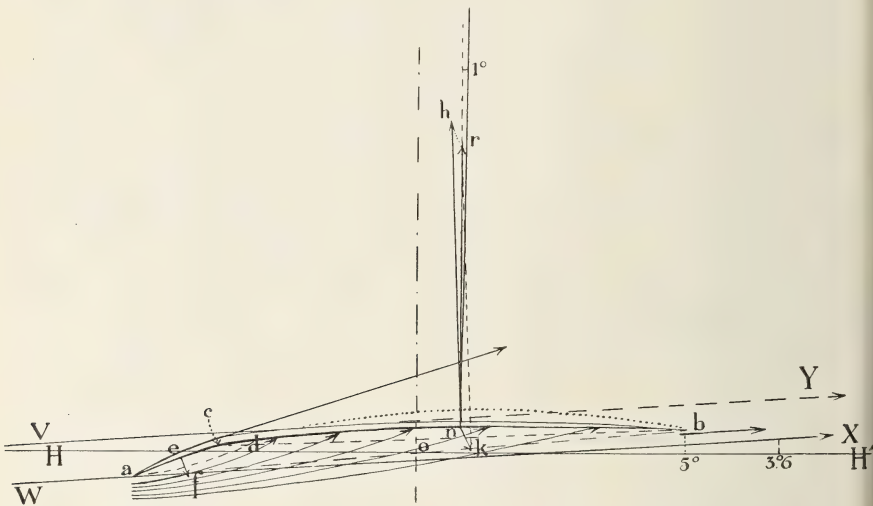


Fig. 10.

Supposons maintenant (fig. 10) que la surface courbe soit remplacée entre les points *c* et *b* par une autre, plus semblable à une section d'aile; alors la portion *cb* sera un arc plus plat, dont la corde penche en avant d'un angle de  $2^\circ \frac{1}{4}$ . Au commencement l'allure des particules d'air le long de la face inférieure sera à peu près la même que dans la fig. 9, mais l'air frappera la face inférieure plus tôt. On ne saurait dire a priori si la pression totale exercée sur cette face sera plus grande ou plus petite que dans le cas de la fig. 9, mais il est probable que la différence ne sera pas considérable et que, si la différence était désavantageuse, ce

qui résulterait principalement de la courbure plus faible, cette différence serait compensée par l'augmentation de la dépression sur la face supérieure. Selon toute probabilité la valeur totale de l'effet de l'air sera maintenant presque aussi grande, en même temps que l'on peut prédire presque à coup sûr, que la direction sera plus avantageuse; d'abord, parce que  $nh$  penchera maintenant de  $2^\circ \frac{1}{4}$  en avant, en second lieu, parce que la pression de choc  $ef$  sur la surface d'impact beaucoup plus étroite doit être plus petite que pour la surface courbe de la fig. 9. La direction de  $nr$  sera probablement de  $1^\circ$  environ en avant de la verticale.

Nous devons remarquer ici que, bien que la profondeur de ce profil d'aile ne soit que  $\frac{1}{24}$  de la largeur  $ab$ , l'effet doit néanmoins être bien meilleur qu'on ne l'obtiendrait dans cette position avec l'appareil également essayé par LILIENTHAL, à section en arc de cercle à profondeur de  $\frac{1}{25}$ . Car pour celle-ci presque toute la moitié antéro-supérieure est surface de choc et l'angle de section  $bae$  n'est environ que la moitié de ce qu'il est ici et dans la fig. 9; pour la surface de LILIENTHAL de  $\frac{1}{25}$  de profondeur la dépression d'aspiration sera donc bien moins forte et moins active, et en même temps la dépression au sommet ne pourra être que très faible. Je ferai notamment observer que la forme en arc de cercle de la face supérieure doit donner un mauvais effet de la surface de choc. Pour le profil d'aile de la fig. 10 l'air dévié par la surface de choc donne une déviation notable à l'air qui arrive, mais pour le profil en arc de cercle l'air glisse graduellement le long de la surface et a finalement, au point de contact de la direction du vent ( $w$ , fig. 9), presque la même direction que celui-ci. Ce qui se produit encore de dépression au sommet de cette surface se comble presque complètement par cet accès facile de l'air et ne pourra donc qu'être faible.

Dans le cas de la fig. 10 la face supérieure fait avec la face inférieure un angle d'au moins  $1^\circ$ . On peut se figurer maintenant que la surface de choc conserve sa position et que la véritable surface d'aile tourne vers le haut autour de  $c$ . A cause de la forte action de la surface de choc cette rotation peut certainement être poursuivie jusqu'à ce que la corde de  $cb$  s'incline en avant d'environ  $5^\circ$ , sans que probablement la dé-



pression au sommet, bien que diminuée, ait disparu. Et dans cette position aussi on peut bien admettre que les ailes porteront encore l'oiseau dans un courant d'air plus fort, qui est dirigé de  $3^{\circ},6$  vers le haut. La direction de l'effet de l'air viendra alors très probablement  $2^{\circ}$  au moins en avant de la verticale et pour un courant d'air ascendant de  $3^{\circ},6$  il y aura donc une composante en avant de  $\frac{2}{57,3} \times P$ . Pour un courant horizontal et une même position relative l'effet de l'aile pencherait de  $1^{\circ},6$  en arrière.

Si nous admettons que cette valeur, qui pour une partie s'appuie sur des suppositions, et pour une autre partie résulte de l'analyse des résultats de LILLIENTHAL, s'applique assez bien à une aile véritable, nous déduisons cette conséquence, que pour une aile où l'on atteint ce résultat le planement pourra se produire beaucoup plus tôt que pour l'appareil rigide, que nous avons considéré ci-devant, et avec lequel nous avons déjà reconnu que le planement était possible, par des accroissements et des diminutions alternatifs de la surface de l'aile, lorsque la résistance  $R$  du tronc satisfait à la condition

$$R < \frac{1}{2} (C_{ha} - C_{hd})$$

où  $C_{ha}$  et  $C_{hd}$  sont les composantes horizontales pour des courants ascendant ou descendant.

Si nous appliquons le changement de position au cas concret que nous avons considéré plus haut, nous voyons que dans les deux courants la position de l'effet de l'air sur les ailes est plus avantageuse de  $2^{\circ}$ , c'est-à-dire inclinée plus en avant. Les composantes horizontales qui, par suite de l'agrandissement et de la réduction de la surface de l'aile étaient

$$\frac{+40}{7 \times 57,3} P \quad \text{et} \quad \frac{-16}{7 \times 57,3} P,$$

respectivement pour des inclinaisons de  $+4^{\circ}$  et  $-4^{\circ}$ , deviendront maintenant :

pour une inclinaison de  $6^{\circ}$  en avant dans le courant ascendant  $\frac{+60}{7 \times 57,3} P$

et

„ „ „ „  $2^{\circ}$  en arrière „ descendant  $\frac{-8}{7 \times 57,3} P,$

de sorte qu'il reste un excès d'accélération progressive, si

$$R < \frac{1}{2} \left( \frac{60 - 8}{7 \times 57,3} \right) P$$

ou

$$R < 24,6 \text{ gr.}$$

Mais dans ce cas il se produirait chaque fois l'élévation et la descente de 53 cm. trouvées plus haut.

Si l'oiseau ne modifiait pas la surface de ses ailes, les composantes horizontales deviendraient :

$$\begin{array}{l} \text{pour le courant ascendant } \frac{+6}{57,3} P \\ \text{,, ,, descendant } \frac{-2}{57,3} P, \end{array}$$

de sorte que le planement horizontal serait continuellement possible si l'on avait

$$R = \frac{1}{2} \left( \frac{6-2}{57,3} \right) P = 13,3 \text{ gr.};$$

les accélérations respectives compenseraient alors mutuellement leurs effets, et le mouvement serait en moyenne uniforme avec une vitesse de 11,1 mètres,

Il résulte de tout ceci que pour une valeur de la résistance du tronc de 13 à 24,6 gr. l'oiseau pourra encore gagner en accélération horizontale, dans les conditions données d'alternances d'inclinaison, pourvu qu'il applique des relèvements et des abaissements successifs.

Or, une observation attentive de l'oiseau planant apprend qu'en effet les mouettes appliquent l'agrandissement et la réduction de leur surface d'ailes. Pour la mouette ordinaire, la mouette à capuchon et la mouette argentée, que l'on peut souvent voir voler et planer, e. a. à Amsterdam, j'ai pu constater à diverses reprises le changement de la surface des ailes. On voit alors nettement que dans un agrandissement considérable de cette surface les grandes plumes, qui généralement forment une surface continue, se séparent de telle sorte que les extrémités des plumes se montrent séparées, comme c'est l'état normal pour beaucoup d'oiseaux, surtout ceux à grande surface d'ailes.

Je dois cependant remarquer que l'agrandissement et la diminution de l'effet des ailes, dans les phases respectives où l'oiseau peut en profiter et où le désavantage doit être réduit à un minimum, n'est pas du

tout obtenu exclusivement par l'agrandissement ou la diminution de la surface des ailes. Je n'ai représenté les choses de cette façon que pour plus de facilité, afin de pouvoir me servir du diagramme de LILIENTHAL; or,  $v$  restant à peu près constant, une modification de l'effet des ailes, sans modification simultanée, non intentionnelle, de la direction des ailes, ne pouvait s'obtenir en général qu'en supposant une modification de la surface. Chez un oiseau réel l'agrandissement de la surface n'est appliqué, selon toute probabilité, que si une notable augmentation de l'effet de l'air est nécessaire; en règle générale une modification de cet effet est obtenue par un changement de la position et de la forme du profil de l'aile, notamment de la forme de la partie dont la membrane de tension ( $ab$ , fig. 11) forme la surface de choc.

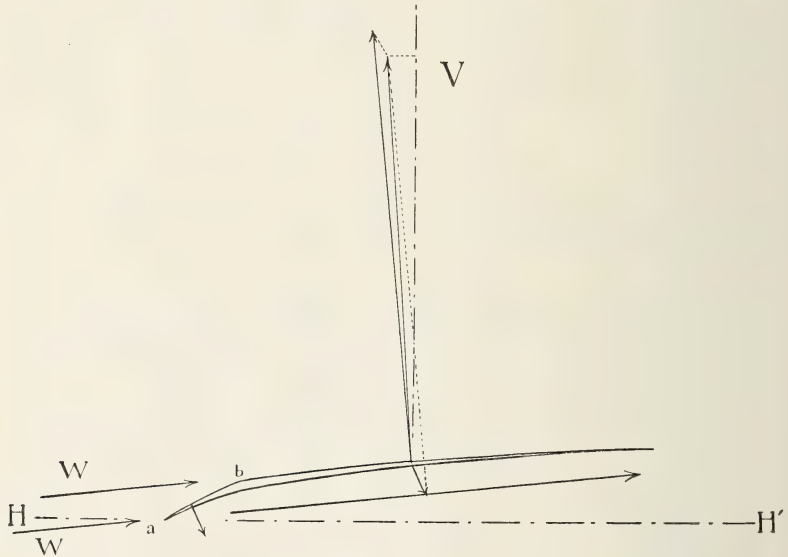


Fig. 11 A.

La fig. 11 A représente la forme et la position pour lesquelles, dans le courant ascendant, l'effet de l'air, et en particulier la composante horizontale, est rendu aussi avantageux que possible. La fig. 11 B représente la forme et la position pour lesquelles, en courant descendant, la composante horizontale est réduite à un minimum.

Il est encore à remarquer que la durée des courants alternativement ascendants et descendants est importante au point de vue des montées

et descentes qui se présentent réellement. Dans l'exemple cité nous avons pris  $\frac{1}{2}$  sec. pour cette durée, mais bien souvent elle sera plus petite.

Outre du mouvement de l'air même elle dépendra aussi de la vitesse de l'oiseau dans l'air. Comme les ascensions et les descentes dépendent du carré de ces durées, lorsque les phases se succèdent rapidement, les écarts d'une trajectoire horizontale deviennent petits, même si les différences entre les effets de l'air instantanés deviennent plus grands. Ainsi par exemple, si un courant ascendant d'une durée de  $\frac{1}{4}$  sec. est suivi d'un courant descendant de  $\frac{1}{4}$  sec., pour une composante verticale de l'effet de l'air resp. de  $2P$  et  $0$ , il agirait une force verticale vers le haut pen-

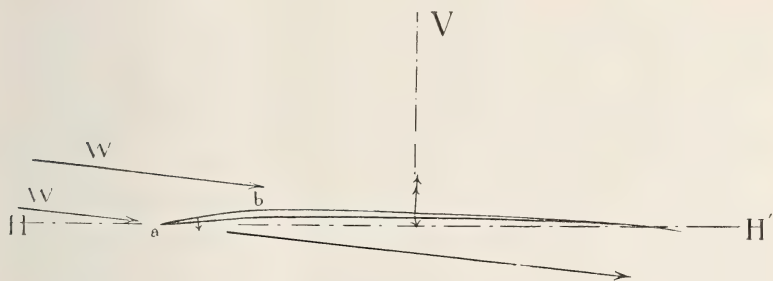


Fig. 11 B.

dant le premier quart de seconde et une vers le bas pendant le quart suivant, forces qui seraient égales au poids total de l'oiseau. L'oiseau s'élèvera donc d'abord de  $\frac{1}{2}gt^2 = 3$  dm. au moins, et descendra ensuite d'autant.

Si l'on songe maintenant qu'en règle générale l'effet de l'air n'a pas la même valeur pendant toute la durée de ce quart de seconde, mais que cette grandeur varie continuellement et rapidement, on comprendra que si l'oiseau a une vitesse horizontale assez grande les ascensions et descentes de l'oiseau ne seront pas fort apparentes.

Les changements dans l'effet de l'air, nécessaires pour faire concorder ceci à chaque instant avec les variations continuelles de l'inclinaison du courant d'air, s'obtiennent en partie automatiquement par l'élasticité des ailes.



Dans la position de la fig. 11 A les muscles et les tendons ainsi que les pennes elles-mêmes sont fortement tendus. Dès que la direction du courant d'air changera les pennes reviendront vers le bas. La sensation de la diminution de pression sera pour l'oiseau le signe de la nécessité d'une modification dans la tension de ses muscles, pour régler les positions successivement exigées et les changements de forme de ses ailes. Mais le commencement de chaque passage à une phase suivante consistera en ceci, que les plumes des ailes changent automatiquement de position et de tension, dans le sens qui correspond au nouvel état. Cette action accumulative des pennes doit être certainement favorable à un planement uniforme.

Si l'on regarde attentivement l'oiseau planant on peut souvent observer nettement les ascensions et les descentes et parfois aussi, mais moins aisément les gains et pertes alternatifs de vitesse. Il va de soi que les deux espèces d'écart d'une situation ou d'une trajectoire moyenne ne peuvent être estimés avec quelque précision, que si l'oiseau, planant à peu près à l'encontre du vent et avec la même vitesse à peu près que celle du vent, reste à peu près au même endroit. On voit alors l'oiseau s'élever un peu, puis descendre un peu et de même s'avancer et reculer un peu alternativement; il se déplace aussi un peu latéralement, en même temps que la position de l'animal tout entier et de ses ailes se modifie continuellement. On peut encore suivre ces changements de position lorsque l'oiseau, en planant en travers du vent ou vent arrière, se déplace avec grande vitesse par rapport à l'observateur, mais on ne peut pas constater alors les changements de hauteur relativement faibles et encore moins les changements de vitesse; l'oiseau *semble* alors se déplacer avec une vitesse horizontale uniforme.

Avec une vitesse qui réellement est presque uniforme on peut souvent voir un oiseau se mouvoir horizontalement, lorsqu'il se trouve plus constamment dans un fort courant ascendant. Dans ce cas, en effet, l'oiseau peut conserver, presque sans bouger, sa situation absolue ou relative. La cause du courant ascendant (mur, toit, coteau d'une digue, flanc d'un navire) peut généralement être indiquée avec certitude.

On l'observe notamment chez des oiseaux qui, au lof d'un navire et tout près de celui-ci, le suivent dans son cours avec la même vitesse pendant un temps assez long, et conservent donc la même place par rapport au navire. Dans ce cas on peut les observer très bien.

Là où un pareil courant n'existe pas on voit que l'oiseau s'efforce con-

tinuellement de se tenir en équilibre. Lorsque le vent est très fort il effectue souvent de grands et rapides changements de place et de position, par suite des mouvements de l'air beaucoup plus forts et brusques. On constate alors souvent qu'un mouvement trop irrégulier de l'air lui rend le planement régulier impossible; c'est comme si l'oiseau faisait un „faux-pas". On le voit soudainement s'incliner, se redresser, continuer à planer ou bien s'envoler en battant des ailes.

Je ferai remarquer instamment que, bien que le planement soit plus facile dans un air qui monte en moyenne, le planement est néanmoins possible dans un courant d'air qui en moyenne est horizontal, pourvu que les composantes verticales alternativement positives et négatives du mouvement aérien interne soient suffisamment grandes. Dans ce cas le planement pourra se faire *en moyenne* suivant l'horizontale, à condition que l'oiseau s'élève et s'abaisse alternativement.

Pour une résistance déterminée du tronc l'état limite de la vitesse uniforme moyenne sera alors plus tôt atteinte.

Qu'au point de vue de son organisme l'oiseau est capable de percevoir de très petites différences de pression atmosphérique, d'accélération et d'inclinaison et d'y réagir rapidement, c'est là un point qui peut être admis comme évident; ce n'est en somme qu'une autre forme d'affirmer que l'oiseau est fait pour voler.

Avant de considérer de plus près la résistance de l'air contre le tronc, je ferai encore quelques remarques au sujet du mouvement de l'air le long des ailes de l'oiseau, et plus particulièrement au sujet de l'action de l'air sur les plumes elles-mêmes.

A cet effet nous prendrons encore une fois une aile, placée à peu près comme l'indiquait la fig. 10, l'air la frappant en montant, sous un angle de  $3^{\circ},6$  (fig. 12).

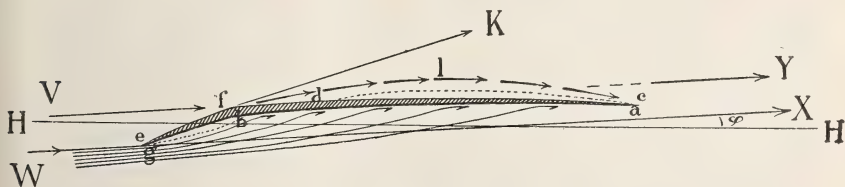


Fig. 12.

Sur la surface de choc *ef* il se produit une condensation de l'air qui subit en même temps un changement de direction, de sorte qu'à la crête

$f$  de l'aile il coule dans le sens de la tangente  $fk$ . Par là il fera continuellement dévier vers le haut l'air qui arrive en  $f$  dans la direction générale, et cela a pour conséquence que sur une grande étendue de la face supérieure, p. ex. de  $d$  à  $c$ , l'air ne saurait revenir complètement à la pression normale, puisqu'il est continuellement aspiré en  $c$  par l'air qui s'écoule en-dessous. Il est vrai que l'air dévié en  $f$  prendra, par suite de la compression qu'il a subie et de la dépression que nous venons de mentionner, une accélération dans la direction de cette dépression, de sorte que les particules d'air décriront un trajectoire  $flc$ , mais ne combleront pas complètement la dépression. L'air frappant la face inférieure par suite de la dépression d'aspiration  $gb$  se condensera par ce choc, de sorte que sur la plus grande partie de la face inférieure, de  $b$  à  $a$ , une couche de pression sera formée et entretenue.

La différence de pression entre les couches, composées des molécules immédiatement adjacentes aux faces supérieure et inférieure, déterminera la grandeur de l'effet total de l'air. La pression de choc et la dépression d'aspiration fonctionnent ici comme des pressions antagonistes, dont en même temps la direction modifie un peu à son désavantage celle de la pression sur la surface proprement dite de l'aile. D'ailleurs l'importance de l'effet total de l'air dans le cas d'angles de choc aigus résulte clairement des expériences, e. a. de celles faites par LILIENTHAL.

Si pour de petits angles d'incidence et des surfaces légèrement courbées l'effet est plus grand qu'on ne s'y attendrait a priori, cela tient en partie à la vitesse avec laquelle, précisément pour de petits angles d'impact, les particules d'air qui se condensent en frappant, s'écoulent le long de la surface, de sorte que le temps fait défaut pour un abaissement notable de la pression; pour une autre partie cela provient de ce qu'il résulte de la forme courbée de la surface pressée, que les masses d'air qui glissent le long de la surface, et qui ont à chaque instant une vitesse dirigée suivant la tangente, continuent, en vertu du changement forcé de direction, à exercer une pression plus grande qu'elles ne le feraient autrement. Ces deux causes entretiennent la pression dans la couche comprimée. Cette couche, où la pression est évidemment la plus grande tout contre la surface, la pression décroissant dans ce cas rapidement vers le bas, est en quelque sorte maintenue à la même pression entre l'air qui arrive et la surface de l'aile. Il se pourrait que déjà à toute petite distance au-dessous de la surface pressée la pression fût encore un peu plus basse que la pression ambiante, mais cela n'a pas d'importance.

C'est ici le moment de faire remarquer, que par suite de la forme de l'oiseau les couches d'air qui glissent le long de sa surface ont presque partout une vitesse, qui ne diffère pas notablement de sa vitesse moyenne à travers l'air. Il ne saurait nulle part être question, si ce n'est en petite quantité, d'entraînement de particules d'air par la surface du tronc ou des ailes. Il est probable que cet entraînement se produit contre la peau, dans la couche de duvet aplatie par le courant, qui en se ralentissant fait que la couche de duvet remplit encore mieux sa fonction de couche conservatrice de la chaleur. On doit se représenter comme suit l'action de cette couche de duvet. Les particules d'air, qui coulent entre les fils microscopiques du duvet, plus ou moins étendus dans le sens du courant, mais néanmoins croisés entr'eux, perdent en grande partie leurs vitesse dans cet espace, et cela d'autant plus qu'elles viennent plus près de la peau. Mais ceci n'empêche pas du tout, comme l'air est un fluide élastique, que précisément ces particules-là soient le plus fortement comprimées. Dans des couches successives, infiniment minces, la vitesse diminue vers l'intérieur, en même temps que la densité augmente, de sorte que le duvet produit ce que l'on pourrait appeler une „couche d'air lubrifiante”, isolatrice de la chaleur.

Remarquons aussi que pour une vitesse déterminée et une position déterminée du corps et des ailes par rapport à l'air qui passe, les états de pression par rapport au corps et aux ailes sont bien stationnaires, mais que ce sont continuellement d'autres masses d'air qui passent dans l'état de pression, constant en chaque point.

Deux questions se posent ici :

1°. Les couches de pression et de dépression peuvent-elles subsister dans le voisinage d'une aile, dont la surface formée de plumes est aussi poreuse? L'air ne filtrera-t-il pas de façon à égaliser les pressions sur les deux faces, au point que le seul travail efficace est celui dû au premier choc des molécules, touchant immédiatement l'aile?

2°. Cette différence de pression peut elle contrebalancer le poids de l'oiseau?

Pour ce qui est du premier point, il trouve son explication dans la constitution de la plume de l'oiseau. La forme, la position et l'agencement des parties constituantes sont telles, que l'air, qui à l'état de repos aurait un excès de pression sur la face externe ou interne, filtrerait sans doute assez aisément, tout en éprouvant même alors une résistance notable de la part des grandes penes.



Dans le cas d'impact sous un angle droit ou peu aigu sur la face supérieure de la plume, par suite de la flexion de la tige et des barbes, surtout de celles du large pavillon, l'air ne subira qu'une résistance relativement faible. Une filtration se produira, mais faible; l'air s'écoulera de préférence le long de la face supérieure.

Si l'air frappe la face inférieure sous un angle droit ou peu aigu, la résistance sera plus forte, parce que cette face est concave du côté de l'air, aussi bien dans le sens de la longueur que dans celui de la largeur, de sorte qu'elle augmente un peu par la pression, mais surtout ne permet pas à l'air de s'écouler facilement. Maintenant encore il se produira une filtration de l'air, bien qu'à un moindre degré.

Mais si l'air vient à frapper la face inférieure d'une plume sous un angle très aigu et avec une grande vitesse, soit dans la direction de l'extrémité inférieure vers le sommet, soit dans la direction des barbes du large pavillon, dans les deux sens la courbure diminuera et pourra même

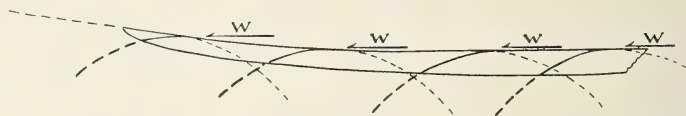


Fig. 13 A.

devenir opposée, mais il n'y aura plus filtration, sauf peut être un peu de haut en bas, du moins pour ces parties là des grandes plumes qui ne se recouvrent pas mutuellement. La probabilité que par suite de la position des barbes, représentée dans la fig. 13 D, une partie de l'air qui glisse le long de la face supérieure sera aspiré à travers les pores des plumes qui ne se recouvrent pas, me semble augmentée par l'expérience de l'ingénieur A. K., mentionnée dans „De Ingenieur”, 1909, livr. 46, où une dépression fut observée le long d'une surface cylindrique, exposée à un courant d'air, en des points où à mon avis on devrait observer une pression. Le résultat obtenu ne me semble pas pouvoir être attribué à la disposition fortuite de l'expérience, notamment à l'emploi d'une paroi cylindrique présentant une fine ouverture, portant le manomètre à l'intérieur de la paroi. Tandis que pour un courant parallèle il y a probablement surpression contre la face antérieure, à peu près de  $0^\circ$  à  $180^\circ$ , le manomètre indique une dépression au-delà de  $65^\circ$  et  $145^\circ$  (environ). Cela provient de ce qu'en ces points la vitesse avec laquelle l'air condensé s'écoule le long de la paroi du cylindre est suffisamment grande

pour que, par suite de la cohésion, des particules d'air soient emportées de l'intérieur à travers l'ouverture. A mon avis on ne saura pas déterminer ainsi la pression. Et de même je considère pour ainsi dire comme certain que l'air qui glisse rapidement le long de la face inférieure des

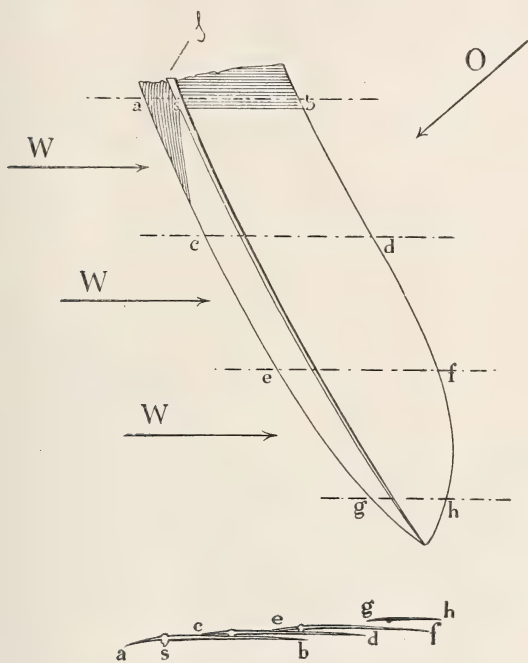


Fig. 13 B, C.

grandes plumes doit, malgré sa surpression, aider à augmenter la dépression à la face supérieure de ces plumes, par une „aspiration” qui n'est autre chose qu'un effet de cohésion et une communication de vitesse qui en est la conséquence.

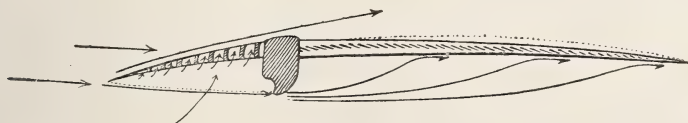


Fig. 13 D.

Si l'on examine comment l'air glisse le long de chaque grande plume dans le vol plané, ce qui précède devient encore plus clair.

Dans le vol plané les barbes des larges pavillons de toutes les grandes plumes sont à peu près dirigées dans le sens *W* du vent (voir fig. 13 B). La section verticale dans cette direction entre deux barbes est alors représentée schématiquement par la fig. 13 D. Les petits traits de cette figure indiquent les sections des barbules latérales inférieures du large pavillon. Les barbules latérales supérieures, c'est à dire celles qui présentent en dessous des crochets (en même temps des crans), non représentées ici, forment un treillis correspondant. Ces barbules sont à peu près parallèles à la tige, les inférieures à peu près perpendiculaires (voir fig. 13 F).

L'extrémité des barbules supérieures est courbée vers le haut et se termine en une pointe capillaire. Dans la courbure vers le haut le plan



Fig. 13 E.

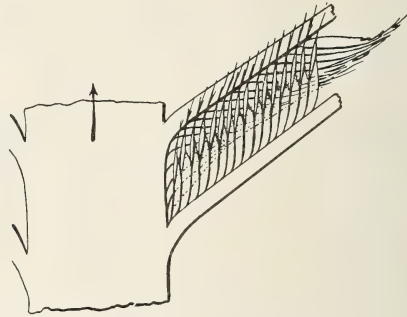


Fig. 13 F.

de ces barbules, qui n'a qu'une faible inclinaison par rapport à celui du pavillon, est chez beaucoup d'oiseaux courbé en hélice vers le haut.

L'extrémité des barbules inférieures est également capillaire et se courbe dans le sens des barbes. Les crochets des barbes supérieures, prenant les bouts capillaires des inférieures, donnent à la plume sa cohésion et tout le système est tel que, malgré les pores restants, dans le glissement rapide de l'air le long des faces supérieure et inférieure il peut bien se produire une filtration de l'air de haut en bas, mais il semble que la filtration inverse soit impossible. Le fait que les barbules sont rétrécies à leur point d'attache aux barbes, rend la chose plus probable encore.

Dans le battement des ailes de l'oiseau, du moins lors des premiers coups d'aile d'un oiseau qui se met à voler, l'air glisse le long de la face inférieure des grandes plumes surtout dans le sens des tiges et frappe

donc plus directement la face inférieure des barbes, qui là sont courbées dans le sens du sommet de la plume (flèches S, fig. 14).

De la façon indiquée en dernier lieu l'air coule, pendant le planement, également le long des pennes situées plus en dedans, dont les tiges indiquent à peu près le sens du courant d'air (flèches Z, fig. 14).

L'aile est constituée d'une façon qui la rend fort appropriée au vol et au planement. En effet, seules les parties des pennes, le long desquelles l'air coulera en toutes circonstances avec une vitesse suffisante, sont simples. Là où tel n'est pas toujours le cas, comme dans la partie anté-

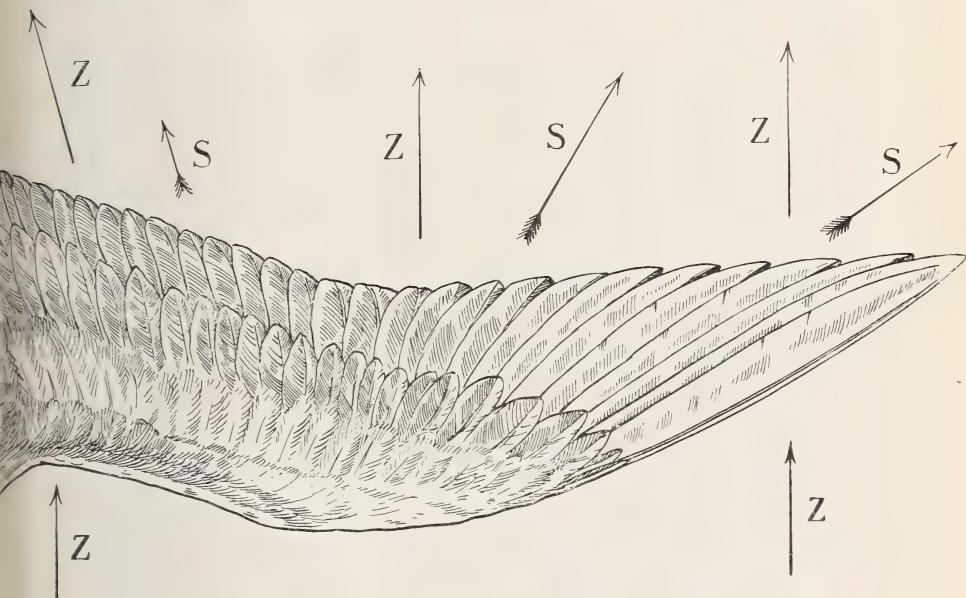


Fig. 14.

rieure de la face inférieure des pennes, où lors des premiers coups d'ailes qui précèdent l'essor la vitesse est encore faible et forte la condensation de l'air, entre les pennes et par dessus celles-ci à la face inférieure il y a encore quelques couches, qui tournent vers le bas leur face morphologiquement inférieure ou intérieure également, c'est à dire la face qui oppose la plus grande résistance à la filtration de l'air qui glisse le long d'elle. Les plumes tectrices de la face supérieure de l'aile tournent également la face morphologiquement inférieure vers le bas.

Les plumes dites marginales, c'est à dire celles qui sur le bord an-



térieur de l'aile recouvrent les faces supérieure et inférieure de celle-ci et reposent donc en grande partie sur la membrane de tension, tournent leur face supérieure vers l'extérieur aussi bien au-dessus qu'au dessous de l'aile. Aussi bien dans le vol battant que dans le vol plané ces plumes laissent donc filtrer l'air jusqu'à la membrane (surface de choc) et jusqu'aux tiges des plumes tectrices. L'étanchéité suffisante de l'aile à ce niveau résulte donc outre de l'imbrication des plumes basses, de l'existence d'un duvet sur chaque tige.

Ce duvet forme un tissu fin et serré, qui n'oppose presque pas de résistance de frottement à l'air qui glisse le long de lui mais ne permet aucune filtration.

Je viens de dire que sur la surface de choc les plumes ont toutes leur face supérieure tournée vers l'extérieur. Comme l'air les traverse aisément, la véritable surface de choc n'est pas formée par les plumes elles-mêmes, mais par la peau de la membrane de tension. Entre les articulations de l'épaule et de la main l'arête de l'aile est formée par le côté supérieur des os du bras supérieur et inférieur. L'air renvoyé s'écoule donc par-dessus les tiges des plumes tectrices supérieures.

Pour les grandes plumes, pour autant qu'elles sont serrées, la surface de choc est formée par le contact des étroits pavillons des plumes antérieures et par les raides plumes tectrices immédiatement adjacentes.

Il faut remarquer à ce propos que notamment pour les grandes plumes la section transversale, ou bien la section dans la direction des barbes du large pavillon correspond par elle-même au profil de l'aile. De chaque grande plume notamment l'étroit pavillon forme avec le côté antérieur, peu proéminent, de la tige, une surface de choc, tandis que la face inférieure du pavillon étroit jusqu'à la tige donne une dépression d'aspiration. La position des barbes du pavillon étroit, qui forment un angle aigu avec l'axe de la plume et celle des barbules dans ce pavillon sont tout à fait d'accord avec cela; elles favorisent la production d'une dépression à la face antéro-inférieure de la plume (voir fig. 13 D).

Pour cette forme d'ailes, pour laquelle les extrémités des plumes de l'aile ne se touchent pas dans l'état de planement, — et c'est là l'état normal pour un grand nombre d'oiseaux —, il faut que de chaque plume prise individuellement la partie libre ait une action analogue à celle de l'aile entière. Par là une même quantité de matière d'ailes permet de fournir un effet plus grand, que si ces parties des plumes étaient

serrées les unes contre les autres. En effet, si tel était le cas pour les grandes ailes, avec leurs longues plumes, celles-ci devraient être très rigides, donc très lourdes, pour donner par leurs bouts contigus, dans la direction du courant, une section de la surface de l'aile, qui conservât une flexion suffisante en arrière (vers le bas). Comme les plumes sont construites en une matière légère et élastique, et qu'elles s'amincissent vers les extrémités, dans ce cas la section de l'extrémité large

de l'aile serait donnée par la fig. 15 A, de sorte qu'une grande partie de la surface ainsi formée n'aurait plus d'effet utile. Pour les plumes séparées, avec leurs larges pavillons distincts, comme dans la fig. 15 B, ces parties des plumes



Fig. 15 A, B.

conservent encore un large pavillon courbé vers le bas et par là, quoique se succédant à peu près dans une même ligne que dans le cas de la fig. 15 A, elles produiront séparément, donc aussi par leur ensemble, un effet utile plus grand.

On ne doit pas oublier, en effet, qu'au-dessus d'une certaine limite le prolongement de la surface d'aile continue ne saurait avoir d'utilité, au point de vue de la pression totale dans le planement, s'il n'était pas accompagné d'un prolongement de la courbure vers le bas, et il y aura désavantage au point de vue de la direction de l'effet de l'air, s'il est accompagné d'un prolongement de la flexion; d'où l'on peut donc conclure, que pour une forme déterminée de la surface de l'aile un prolongement de cette surface dans le sens du courant ne présente aucun avantage. C'est d'ailleurs ce qui a été reconnu expérimentalement pour les appareils d'aviation, bien qu'à mon sens des expériences systématiques, faits dans ce but, doivent encore être faites et que cette vérité ne soit peut être pas encore généralement reconnue et comprise.

Ce qui vient d'être dit se rapporte évidemment, pour ce qui regarde les grandes plumes, spécialement à la partie qui éventuellement agit séparément. Pour la partie de ces plumes située plus à l'intérieur une courbure vers le haut de l'extrémité postérieure du large pavillon est

un phénomène très fréquent; cette courbure y est nécessaire parce que là l'extrémité intérieure, plus lourde, de la tige de chaque plume suivante recouvre la large barbe de la précédente (fig. 16).

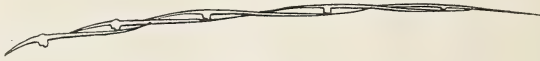


Fig. 16.

Pour une aile sous pression la courbure vers le haut en question sera d'ailleurs probablement un peu plus faible que pour la plume à l'état de repos.

La flexion vers le haut, que subissent dans le sens de la longueur les extrémités des plumes, non seulement pendant le battement des ailes, mais encore dans l'état de planement, et qui s'observe surtout très bien chez certains oiseaux, e. a. des corneilles, lorsque ces parties ne se tiennent pas de la façon qui vient d'être dite, peut produire l'impression que ces extrémités présentent pourtant la face supérieure de leurs larges barbes au courant d'air; il ne serait donc pas clair quel serait l'effet utile que ces extrémités auraient encore dans ce cas. Mais il me semble que cette impression est trompeuse et provient de la difficulté qu'il y a à reconnaître à un oiseau en plein vol la section exacte de la plume dans le sens du courant. A mon avis le large pavillon de cette partie de la plume forme alors une partie d'une surface annulaire, pour laquelle la direction du courant est à peu près tangente à la tige. Les figg. 13 A, B et C en donnent une idée. Bien que l'extrémité de la plume soit courbée vers le haut, chaque partie agit néanmoins dans la direction du courant comme un profil d'aile.

La fig. 13 A représente le large pavillon de la plume de la fig. B, tel qu'on le verrait à peu près (en perspective) dans la direction de la flèche *O* de la fig. B. Les flèches *W* donnent la direction du courant d'air.

On a représenté dans la fig. 13 B quelques barbes de chaque pavillon.

La fig. 13 C représente les sections successives *ab*, *cd* etc. de la plume de la fig. B.

La fig. 13 D représente, agrandie, une partie de la section *ab* de la fig. B; les barbules inférieures du large pavillon sont indiquées. Dans le pavillon étroit on n'a dessiné que les sections des barbes; celles des barbules latérales sont laissées de côté pour plus de clarté. Dans la fig. 13 E ces barbules sont représentées, grossies, entre deux barbes.

La fig. 13 F montre, fortement grossies, deux barbes avec barbules latérales du large pavillon d'une plume.

De la seconde question suggérée : „La différence de pression peut-elle contre-balancer le poids de l'oiseau ?” on peut se faire une idée par ce qui suit.

Supposons de nouveau que nous ayons affaire à une mouette à capuchon, d'un poids de 380 gr. Estimons que des 580 cm<sup>2</sup>. de la surface totale des deux ailes il reste, soustraction faite des parties qui servent à la production de la pression de choc et de la dépression d'aspiration, comme surfaces actives, aussi bien au-dessus qu'en dessous, 304 cm<sup>2</sup>., c'est à dire un peu plus de la moitié; alors, prenant pour plus de facilité 1 kg. par cm<sup>2</sup>. pour la pression d'une atmosphère, le poids de l'oiseau est déjà compensé, si en moyenne la surface active de l'aile subit une surpression, donnant une pression totale égale au poids de l'oiseau, augmenté de la somme de la pression de choc et de la dépression. Si nous évaluons à 95 gr. cette dernière somme, qui peut être très considérable, il doit y avoir un pression totale vers le haut de 475 gr. S'il n'y avait de pression que sur la face inférieure, il suffirait pour cela d'un excès de pression de  $\frac{1}{640}$  atm. Mais s'il agit en même temps une dépression sur la face supérieure et que les effets de la pression en dessous et de la dépression au-dessus soient entr'eux comme 5 : 1, les exigences sont satisfaites s'il y a contre la partie active de la face inférieure une surpression de  $\frac{1}{768}$  atm. et contre la face supérieure une dépression de  $\frac{1}{3840}$  atm. La compression et la dilatation moyennes respectives des couches d'air voisines des faces inférieure et supérieure sont exprimées à peu près par les mêmes fractions.

Il va de soi qu'en parlant d'une aile il ne peut être question que d'une surpression *moyenne* et d'une compression *moyenne* des couches d'air. En effet, la surface emplumée n'est pas une surface polie, contre laquelle les couches d'air seraient comprimées partout de la même façon; elle est formée par l'enfilement des barbes et barbules, et l'air dont il est question ici est continuellement en mouvement. A un point de vue théorique chaque particule d'air est donc alternativement en contact avec la partie solide de l'aile et libre de celle-ci. Mais ces intermittences sont tellement courtes, que les variations de pression dues à cette cause



n'entrent pas en considération; il s'agit en effet d'intervalles de temps de la grandeur de  $\frac{1}{20000}$  sec. ou dans ce voisinage. Laissant ceci de côté,

il y aura aussi une certaine différence de pression d'après l'endroit où se trouve une particule d'air, car il est inadmissible que l'inclinaison et la flexion de la surface d'aile soient telles, que l'air exerce partout et toujours la même pression, ou bien que l'air ait le temps, par déplacement de ses particules, de faire régner le long de la surface de l'aile une pression qui serait partout la même. Pour cela l'air coule trop vite.

Si l'on considère que chez la mouette à capuchon p. ex. la longueur de la surface pressée de l'aile est de 8 cm. dans la direction du courant d'air et plus faible en maints endroits, de sorte que chaque particule ne met que  $\frac{1}{150}$  sec. ou moins encore à glisser le long de l'aile avec une vitesse de 12 mètres, il n'est pas exagéré de supposer que ces particules, glissant le long d'une surface légèrement courbée vers le bas, conservent pendant ce court espace de temps une surpression moyenne de  $\frac{1}{768}$  atm. Bien que ce chiffre ne repose sur aucune expérience directe, on peut néanmoins affirmer qu'il s'appuie sur ce que l'on peut observer et qu'il donne une idée de la grandeur de la surpression, conforme à la réalité.

Les expériences de résistance, telles qu'elles ont été faites souvent, donnent immédiatement la mesure des *tensions effectives moyennes* qui se produisent à différentes vitesses et à différents angles d'impact; mais il ne sera pas aussi facile de trouver la partage entre pression et dépression.

De l'expression pour la résistance de l'air dans le cas d'un choc norma

$$L_{90} = 0,13 \times F \times v^2,$$

il résulte p. ex. que pour une vitesse de 10 m. par sec. la pression sur une surface de 1 m<sup>2</sup>. est de 13 kg. Ceci revient donc à une surpression atmosphérique moyenne sur cette surface de  $\frac{13}{10330} = \frac{1}{795}$  atm. On déduit aisément des diagrammes de LILIENTHAL, pour les surfaces dont il s'est servi, quelle doit être la moyenne somme de surpression et dépression pour une inclinaison et une vitesse déterminées.

Il est indubitable que par des expériences convenables on apprendra à trouver quel est le meilleur profil d'aile pour une vitesse déterminée et pour une grandeur déterminée de l'aile, en entendant notamment par là la dimension dans le sens du courant, et aussi quel est le degré d'élasticité qui convient le mieux. Car, pour l'aéroplane tout comme pour l'oiseau, l'élasticité de l'aile doit avoir son importance, directement au point de la conservation, ou de la variation régulière de la pression, indirectement donc pour une conservation plus facile de l'équilibre. Je dois notamment faire remarquer ici, que pour l'oiseau l'élasticité des plumes de ses ailes représente une diminution de travail cérébral. Grâce à elle en effet, à chaque modification dans la pression l'aile commence toujours à passer automatiquement dans la nouvelle position qu'elle doit prendre. Dès que l'oiseau se rend compte des changements de pression, il règle d'après eux la tension de ses muscles. Quelque court que puisse être le temps qu'il faut pour cela, on peut considérer comme un avantage que l'élasticité fait déjà l'office de régulateur. Et comme il est de toute utilité pour l'oiseau qu'il soit prévenu le plus tôt possible d'un changement d'état, beaucoup d'oiseaux, surtout les grands, sont pourvus au pouce de pennes plus ou moins petites, qui remplissent sans aucun doute le rôle d'observatoires avancés.

Ainsi que je l'ai déjà fait observer en passant, il n'est pas probable qu'à quelque moment la pression sera la même en tous les points de l'aile. Mais on peut admettre de même, que la direction de l'effet de l'air ne sera pas la même en chaque section de l'aile dans la direction du courant, de sorte qu'une modification dans la grandeur et la direction de l'effet de l'air ne s'obtient pas en général par un changement de position uniforme de toute la surface ailée, mais en règle générale, peut-être même toujours, par un changement de position d'une partie seulement de la surface, ou du moins par des changements inégaux de diverses parties.

En examinant un oiseau planant on a fortement l'impression que ce sont surtout les grandes pennes dont l'oiseau règle consciencieusement les changements de position, alors que la position des pennes intérieures, c'est à dire la partie de l'aile située plus près du tronc, et aussi la plus creuse, subit des changements moins considérables et que ceux-ci sont surtout automatiques. La couverture de plumes empêche d'observer si pour cette partie de l'aile un changement de forme et de position de la surface de choc (membrane de tension) joue par hasard un rôle impor-

tant dans la détermination de l'effet de l'aile. Mais à mon avis cela peut être considéré comme très probable.

Un changement de forme et de position de la membrane de tension résulteront entre autres de la flexion et de l'extension du bras, du relèvement ou de l'abaissement de l'articulation du coude et probablement aussi du remplissage ou de l'évacuation de la poche à air de la membrane de tension. Cette dernière opération doit même avoir un effet très actif. En effet, une membrane moins remplie ou vide formera une surface de choc creuse très active; par contre une membrane remplie, surtout combinée avec une situation basse du coude, donnera un effet de l'aile fort amoindri. Comme cette partie intérieure de la surface de l'aile ne subit pas de grands changements d'inclinaison, du moins pour autant qu'on puisse en juger, car il semble que dans le planement le bord antérieur et postérieur restent assez bien à la même hauteur, il est fort probable que la *grandeur* de l'effet de l'aile est modifiée surtout par cette partie de l'aile, tandis que les grandes plumes, bien que contribuant en même temps pour une partie à cette grandeur, ont surtout pour fonction de modifier la *direction* de l'effet de l'air.

On devrait donc en quelque sorte se représenter l'effet de l'air comme composé de deux parties, dont l'une est relativement peu variable par rapport à la direction du courant d'air, tandis que l'autre varie en même temps en grandeur et en direction; l'oiseau aurait la faculté de régler ces deux parties indépendamment l'une de l'autre entre certaines limites.

Cette partie de l'aile a un profil net et plat, contrairement à la partie intérieure, qui est fortement concave. De là que la partie formée par les grandes plumes se prête mieux à une position nette par rapport au courant d'air tout comme une voile bien tendue se place mieux par rapport au vent qu'une voile bombée. La partie extérieure de l'aile pourra donc être placée de telle façon, que l'effet de l'aile sur cette partie coïncide à très peu près avec la normale à la direction du courant, et en même temps la grandeur de cette partie de l'effet de l'aile diminue à mesure que la position est plus oblique. A cela l'oiseau peut de nouveau remédier jusqu'à un certain point en étendant les grandes plumes, donc en appliquant une augmentation de cette partie de la surface.

On serait peut-être tenté de demander pourquoi la mouette et d'autres oiseaux du même genre n'appliquent pas toujours le maximum d'extension des plumes, alors que c'est par cette extension qu'ils obtiennent la position la plus favorable de l'effet de l'aile? La réponse est celle-ci,

que ce maximum d'extension exige aussi un maximum d'effort. La mouette ne saurait prendre cette position des ailes comme position normale, pas plus que l'homme ne saurait faire de la course sa marche naturelle.

La façon dont l'oiseau règle les deux parties de son effet de l'air est apparemment en rapport avec les conditions dans lesquelles il plane : minimum de vitesse nécessaire pour contrebalancer son poids, existence d'une composante verticale de l'air dirigée vers le haut, vitesse instantanée requise, montante ou descendante et en général continue, avec cette condition, que s'il s'agit de parcourir une trajectoire en moyenne horizontale, pour chaque vitesse, grande ou petite, la grandeur de l'effet de l'air doit être réglée de telle sorte, qu'en moyenne la composante verticale soit précisément égale au poids. En même temps on peut déduire de là que si une position déterminée des ailes convient à une certaine vitesse pour équilibrer le poids, une position plus oblique suffira pour une vitesse plus grande, parce qu'une même position relative de l'aile équilibrerait alors plus que le poids. Mais comme, la vitesse à travers l'air augmentant, pour une même position absolue de l'aile la position relative devient par elle même plus oblique, la modification nécessaire pour réaliser cette condition se produira en partie du moins automatiquement.

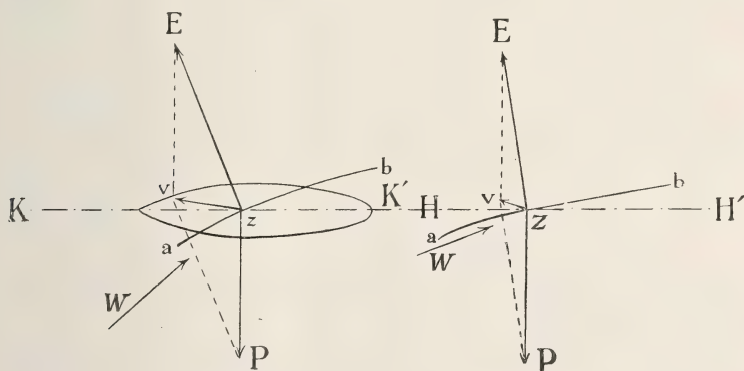


Fig. 17 A

Fig. 17 B.

Le planement des oiseaux a été comparé par quelques-uns au louvoiement d'un bateau; d'autres ont contesté cette analogie, parce que dans le cas du navire il intervient une substance, l'eau, qui offre de la résistance, alors que dans le vol plané il n'en est pas question. Et pourtant il me semble que, malgré les circonstances tout à fait différentes, il



existe une grande analogie dans le système des forces. Les figg. 17 A et B l'indiquent clairement. Dans la fig. 17 A  $ab$  est la voile, dans la fig. B c'est le planeur. Dans les deux figures  $W$  est le courant d'air,  $ZE$  la force qu'il exerce respectivement sur la voile et le planeur. Dans la fig. A  $ZP$  est la résistance latérale de l'eau, dans la fig. B c'est le poids. Dans la fig. A  $ZV$  est la force qui, comme résultant de  $ZE$  et  $ZP$ , fait avancer le navire dans une direction faisant toujours de l'autre côté du vent un angle avec la direction du cours  $ZK$ . Dans la fig. B  $ZV$  est la résultante qui fait avancer le planeur, soit parallèlement au plan horizontal  $HH'$ , soit sous un certain angle au-dessus ou en-dessous de ce plan. Pour le navire les forces sont dans un plan horizontal, pour le planeur elles sont dans un plan vertical.

Je ferai remarquer que dans le cas du planement il vaut mieux ne pas employer le terme „louvoyer” qui signifie: „naviguer en présentant tantôt un bord tantôt l'autre contre le vent”; ici „on va contre le vent en lui présentant toujours le même côté de la voile.”

#### IV. LA RÉSISTANCE QUE LE TRONC DE L'OISEAU OPPOSE AU VENT.

Ainsi qu'il résulte de ce qui précède, la résistance de l'air est un facteur important dans le planement. Pour s'en faire une bonne idée il est nécessaire d'examiner d'abord la résistance de l'air d'une façon générale.

Lorsqu'un corps, que pour plus de simplicité nous supposerons être de révolution, mais de simple forme, p. ex. sans étranglements, se déplace rapidement à travers l'air dans le sens de l'axe de révolution, il se produit contre la surface, en avant de sa section maxima, une compression de l'air; il se forme une couche de pression. La pression exercée par cette couche dépend *exclusivement* de la compression que subit la couche de molécules qui touche *immédiatement* à la paroi; dans le cas d'une vitesse uniforme la pression totale sera constante.

En effet, il s'établira alors bientôt un état d'équilibre, correspondant à la vitesse existante et cet état se maintiendra. La pression subie par la plus grande section dépend de la tension qui règne dans la couche de molécules mentionnée et de la pression en avant qui règne, derrière la plus grande section, immédiatement contre la face postérieure du corps. La différence des deux pressions sur la plus grande section, dont celle sur la face antérieure est toujours la plus grande, est la *résistance de l'air*, que le corps subit lorsqu'il est animé de cette vitesse. Quelle

est la diminution, c. q. l'augmentation de la pression dans les couches d'air successives, plus écartées des deux surfaces nommées, est sans importance aussi longtemps que l'équilibre subsiste.

Le changement de pression dans ces couches successives restera toujours le même, pour une forme déterminée de la surface, une vitesse et une densité d'air déterminées, aussi longtemps que la vitesse ne changera pas, mais la façon dont change cette pression n'a pas d'importance pour la résistance totale.

Je ferai remarquer encore une fois que, tandis que les rapports des pressions restent constants, les particules d'air sont continuellement remplacées par d'autres, et que leur pression change continuellement d'après la situation qu'elles occupent instantanément. En général pour toutes les particules d'air, qui traversent la „sphère de résistance” d'un corps, il y aura aussi un changement de direction et de vitesse.

Les molécules d'air, comprises en avant du corps dans un cylindre, qui a la plus grande section pour base et la direction de mouvement pour directrice, sont successivement déplacées jusqu'en dehors du contour de ce cylindre. Avec les couches d'air situées le plus près de ce cylindre elles formeront donc autour de la face antérieure une espèce de capuchon d'air comprimé. En général, dans chaque section plane perpendiculaire à l'axe du corps, la compression sera la plus grande dans le voisinage immédiat de la surface du corps. La situation, sur la face antérieure, de l'anneau de condensation maxima, dépendra surtout de la forme de cette surface. Si elle est comme l'indique la fig. 18 A, il y aura certainement, dans la couche d'air touchant la surface, une forte pression jusqu'à la

plus grande section  $pq$ ; la forme est-elle celle de la fig. B la pression s'étendra moins loin et elle s'étendra fort pro-

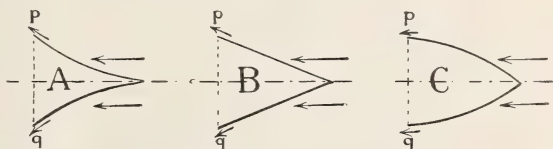


Fig. 18.

bablement bien moins loin encore pour la forme C. Cela provient de ce que chaque particule d'air qui glisse le long de la surface a à chaque instant une vitesse dans la direction de la tangente à la section longitudinale. Si cette particule était seule, elle glisserait dans A le long d'une pente croissante, et pour cette raison elle continuerait encore à exercer une pression, et serait pressée, c'est à dire comprimée elle-même; dans

B elle continuerait après le choc en ligne droite sans pression, et dans C elle s'écarterait de la surface. Il est vrai que ce mouvement d'une particule isolée est impossible et que les particules qui viennent choquer la surface subissent la poussée, donc la pression de celles qui les entourent; mais celles-ci décriront, par suite de l'élasticité, des trajectoires analogues, bien que modifiées, où l'état est mutatis mutandis analogue à celui des particules qui touchent au corps. La conséquence en est à prévoir et sera celle que nous venons de mentionner.

Où les points (contours) de pression maxima seront-ils situés? Voilà une chose qu'il est impossible de dire sans autres connaissances, sauf dans le cas de la forme A, où elle sera probablement très voisine de  $pq$ ; mais pour les formes B et surtout C ils seront situés plus en avant. Cela doit dépendre aussi de la vitesse, parce que la formation des points de pression maxima dépend aussi de la vitesse avec laquelle l'air comprimé se dilatera, et on ne saurait dire a priori si les deux vitesses varient proportionnellement, lorsque la vitesse de progression change.

Mais ce que l'on peut bien prédire c'est que, comme au passage de la plus grande section les couches de pression ont la direction de la tangente, pour la forme A ce mouvement s'écartera fort de celui du corps; pour B il s'en écartera moins, mais quand même encore notablement, alors que pour C il lui sera parallèle. J'entends ici par „couche de pression” la couche de molécules qui glisse immédiatement le long de la surface.

Pour ce qui est de la pression totale, on peut s'attendre que pour A elle sera la plus grande et pour C la plus faible.

Si pour les trois formes les faces antérieures sont suivies d'une portion cylindrique, la surpression existant c. q. en  $pq$  aura bientôt disparu au-delà de  $pq$  et la tension le long du contour de ce cylindre correspondra à peu près à la pression atmosphérique. Or, quelle forme la face postérieure devra-t-elle avoir pour que la pression y soit encore la plus grande possible?

L'air dépassant le bout de la partie cylindrique tâchera de toutes façons de remplir l'espace derrière le corps puisque, trouvant à côté de lui un espace vide ou à pression moindre il tâchera de se dilater du côté de l'axe. Comme la vitesse avec laquelle cette dilatation s'effectue n'est pas infiniment grande, mais a une grandeur déterminée pour chaque différence de pression, la forme de la surface postérieure déterminera si pour une vitesse donnée la pression de la couche de molécules immé-

diatement adjacente à la surface différera plus ou moins de la pression atmosphérique. La vitesse de progression du corps étant uniforme et la vitesse de l'air vers l'axe allant en augmentant, une particule d'air qui quitte la surface cylindrique coulera vers l'axe en suivant une trajectoire ayant une certaine courbure, à peu près comme l'indique la fig. 19.

La distribution de la pression sur la face postérieure, qui en résultera, dépendra évidemment de la forme de cette surface. Si celle-ci est telle que pour

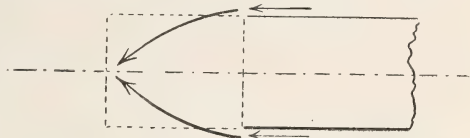


Fig. 19.

la vitesse de mouvement donnée aucune particule d'air n'atteint cette surface, la pression sur cette surface est nulle. S'il n'y a qu'un petit nombre de particules qui peuvent atteindre la surface, l'air sera fortement raréfié et la pression sera faible. Si l'on veut donc obtenir une pression aussi grande que possible, il faut que la face postérieure ait une forme qui favorise parfaitement l'accès de l'air. Mais il n'est pas encore certain que la forme, qui satisfait à cette condition pour une vitesse donnée, en fait autant pour une autre vitesse; on peut cependant admettre que pour de plus petites vitesses il en sera bien ainsi.

Si nous considérons que l'air, qui en comblant l'espace cylindrique continuellement évacué derrière le corps se dilate dans le sens de l'axe et occupe donc, puisqu'il arrive de tous côtés, à un moment donné un espace beaucoup plus petit que celui qu'il occupait primitivement (voir fig. 20), on peut s'attendre à ce que quelque part entre le contour et l'axe la pression atteint la valeur de la pression atmosphérique pour augmenter à partir de ce point jusqu'à l'axe.

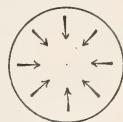


Fig. 20.

D'après ce qui a été dit plus haut au sujet de la variation de pression dans le cas où l'air glisse le long d'une surface courbe, nous pouvons nous attendre à ce que, pour une forme de surface postérieure comme dans la fig. 21, la pression sera distribuée assez régulièrement et que pour chaque vitesse une variante de cette forme sera la plus favorable. Aux grandes vitesses la longueur de cette pointe devra être relativement grande.

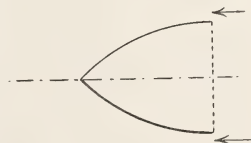


Fig. 21.

De tout ce qui précède on peut déduire, que pour un projectile en



pointe p. ex., la meilleure forme au point de vue de la réduction la plus forte possible de la résistance de l'air serait un solide de révolution, dont les extrémités antérieure et postérieure seraient ogivales, la partie postérieure surtout étant allongée, parce que les vitesses atteignent plusieurs centaines de mètres.

Mais il résulte aussi de nos considérations, que même en ne tenant pas compte du frottement superficiel, que nous supposons égal à zéro, une portion cylindrique entre les faces antérieure et postérieure est désavantageux pour la résistance de l'air. En effet, on ne peut tirer profit de la couche de pression, qui s'étend jusqu'à la plus grande section de la face antérieure, que s'il y a diminution de diamètre immédiatement après que cette section est atteinte. Le projectile en pointe devrait donc



Fig. 22.

même on se sert comme face postérieure d'un plan, bien qu'il soit désavantageux (fig. 23). Il est vrai que pour des raisons qui n'ont pas d'importance ici on donne souvent une autre forme à la pointe extrême

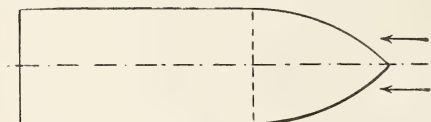


Fig. 23.

de la face antérieure, mais cela n'a aucun inconvénient notable. Même dans le cas d'un corps, qui a la forme de la fig. 22, c'est un inconvénient, que par la dilatation vers l'extérieur de la couche de tension une bonne partie du travail employé à la compression se perd. Si une partie notablement plus grande de ce travail pouvait être effectuée de nouveau sur la face postérieure, la résistance totale pourrait être considérablement diminuée.

Bien qu'il soit difficile d'effectuer des expériences pratiques sur des corps qui se déplacent aussi rapidement que les projectiles, on peut imaginer un dispositif qui permettrait d'obtenir un effet utile plus grand pour des corps beaucoup moins mobiles.

<sup>1)</sup> Pour des armes à feu portatives on a fait en effet usage d'une forme de projectile semblable à celle de la fig. 22,

Pour cela on devrait p. ex. entourer le corps, à partir de la section maxima, ou de préférence encore plus en avant, d'un cylindre très mince, mais très résistant, dont le rayon l'emporterait sur celui de la plus grande section de l'épaisseur (active) de la couche de tension (fig. 24). Cette couche serait alors emprisonnée et devrait se dilater entre la paroi du cylindre et la face postérieure, d'où résulterait certainement une plus grande pression sur cette dernière, de sorte que la résistance totale diminuerait.

Il faut pour cela avoir soin évidemment de faire en sorte que

la fixation du cylindre lamellaire au corps n'augmente pas considérablement la résistance de l'air, ce qui pourrait certainement être évité moyennant un mode d'assujettissement convenable.

Avec un tel arrangement l'utilisation de la couche de pression serait néanmoins encore plus ou moins primitive, puisque l'effet utile à l'extrémité de la partie postérieure serait encore faible.

Bien qu'on ne puisse pas se figurer qu'on parvienne jamais à fournir *complètement* à l'arrière le travail effectué à l'avant, on pourrait néanmoins arriver à réaliser, par une construction soignée, un dispositif où le rendement serait poussé encore plus loin. Il s'agirait de donner

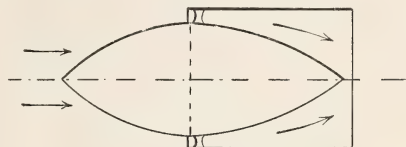


Fig. 24.

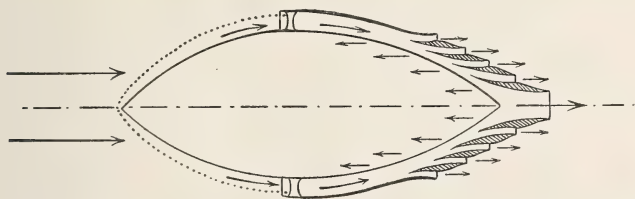


Fig. 25.

au dispositif des formes tellement convenables et des surfaces si lisses, que le gain ne fût pas détruit par des chocs désavantageux. Un pareil dispositif devrait consister dans un capuchon enveloppant la partie postérieure et fixé à celle-ci, formé d'une matière mince, légère et résistante, où la couche de pression entre le corps et son enveloppe serait divisée par des cloisons en courants, qui s'échapperaient dans une direction contraire à celle du mouvement par des ouvertures régulièrement distribuées sur la surface. La couche de pression continuellement entretenue

sur la face antérieure fournirait elle-même à cette action de réaction la charge de capacité constante et de grandeur décroissante vers l'arrière. La fig. 25 donne une esquisse de cette idée.

Une pareille pièce sera sans doute difficile à construire et irréalisable même pour un projectile à lancer par un canon ; mais il me semble que la nature a réussi à pourvoir l'oiseau d'un pareil dispositif pour la diminution de sa résistance de l'air, grâce à sa couverture de plumes, qui, en même temps qu'elle le protège contre les variations de température et l'humidité, et c. q. lui sort de bouée pour flotter, est rendue convenable au but dont nous parlons.

Chaque plume du contour laisse aisément passer une partie de l'air qui arrive à l'extérieur, mais bien moins facilement de l'air qui vient de l'intérieur. Cela résulte de la position particulière des barbules latérales dont nous avons déjà parlé et qui pour les plumes de contour sont beaucoup moins serrées que pour les plumes.

Les plumes en avant du tronc, courtes encore à la tête et au cou, s'allongent du côté de l'arrière du corps, où elles forment un ensemble plus compact, par suite aussi d'un plus grand développement du duvet à chaque plume.

A l'avant du corps d'un oiseau qui vole, l'air qui arrive avec une grande vitesse pénètre au moins en partie entre les barbules latérales, peu développées dans le sens de la largeur en cet endroit, et il atteint sa plus grande pression, non pas à la surface externe de la couverture de plumes, mais sur la peau, dans le fin duvet, appliqué contre la peau entre les plumes de contour. La couche de pression dont dépend en partie la résistance sur la partie antérieure du corps, est donc formée sur la peau par des particules qui perdent une notable partie de leur vitesse. La vitesse des particules augmente avec la distance à la peau.

La partie de l'air affluent qui ne filtre pas exerce une pression sur la face extérieure des plumes et constitue la partie de la résistance qui ne rend qu'une pression de réaction très faible. Cet air, en effet, coule le long de la face extérieure de la couverture de plumes et, après avoir passé la plus grande section, n'exercera pas une pression de réaction notable sur la face extérieure de la couverture de plumes de la partie postérieure du corps.

Il peut sembler assez étrange que la pression qui, malgré la filtration partielle de l'air ne saurait néanmoins être tout à fait nulle sur chaque plume, presse cependant les plumes vers l'arrière d'une façon si peu

notable; mais il me semble que ce fait peut très bien s'expliquer. En général la mouette rentre un peu le cou, de sorte que le tronc antérieur forme avec le cou et la tête une ogive assez obtuse; les plumes doivent donc y faire un angle assez grand avec la direction du courant. Près de la tête les plumes sont très courtes; sur le corps de la mouette à capuchon, à la face ventrale, le côté extérieur de la couverture de plumes est distant de 18 à 20 mm. de la peau. Si elle se trouvait seule, chaque plume serait certainement courbée assez fort en arrière, mais dans la couverture même le sommet de chaque plume repose sur la plume suivante. Les larges sommets de plusieurs plumes, se recouvrant ainsi les unes les autres à la façon d'écaillés et légèrement pressées les unes sur les autres, font précisément par cette pression que les plumes du corps antérieur sont plus poreuses, parce que les barbes des sommets des plumes sont un peu étendues. A cet endroit toutes les plumes supportent ensemble la pression qui subsiste après la filtration de l'air. Or cela est si peu qu'une faible flexion des plumes suffit pour développer dans toute la couverture antérieure une élasticité suffisante, pour faire équilibre au reste de la pression. La couche de pression, pour autant qu'elle passe à travers la couverture de plumes du corps antérieur, devrait, en arrivant à la plus grande section (*ab*, fig. 26), se dilater aussi vers l'exté-

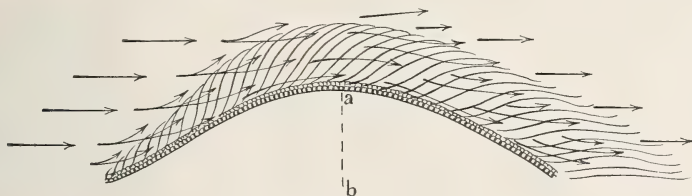


Fig. 26.

rieur dans l'espace, si les plumes n'empêchaient pas cette libre détente. La contre-pression qui agit maintenant sur la face interne des plumes est la cause que l'air s'échappe en fins courants entre les plumes, dans une direction opposée à celle du mouvement, et qu'il subsiste jusqu'à l'extrémité postérieure du corps une pression antagoniste sur la face postérieure. Le rapport de sa grandeur à celle de la pression sur le corps antérieur est difficile à indiquer, mais il me paraît certain que par cette action la résistance totale de l'air est notablement diminuée.

L'action attribuée ici à la couverture du tronc est renforcée par le fait que les barbules latérales, qui dans les plumes du corps antérieur



sont peu développées en largeur, sont larges au contraire et bien serrées dans celles du corps postérieur.

La fig. 26 indique schématiquement l'allure du courant d'air pour une partie du tronc.

C'est à cette pression de réaction que l'on doit attribuer e. a. l'étonnante rapidité de chute que peuvent atteindre les oiseaux de proie qui fondent sur leur victime. Chez des mouettes aussi on peut observer très souvent un phénomène, dont l'apparition régulière plaide fortement en faveur de l'existence de cette pression de réaction.

Lorsque les mouettes reposent sur l'eau, elles ont généralement la tête tournée vers le vent. Or, c'est un fait bien connu, que même par un vent très fort l'oiseau ne recule presque pas, aussi longtemps qu'il garde cette direction, Mais, si les mouettes sont placées en travers du vent, on voit immédiatement qu'elles vont à la dérive; si elles sont placées vent arrière, on voit toujours qu'elles avancent rapidement, c. à d. qu'elles sont emportées par le vent. Il se peut évidemment que, dirigées à l'encontre du vent, elles nagent avec une force telle qu'elles avancent précisément d'autant que le vent les ferait reculer, mais cette concordance précise est assez invraisemblable, lorsqu'on voit se comporter ainsi un certain nombre de mouettes, qui ne prennent rien dans l'eau et ne font donc pas autre chose que se reposer.

On pourrait peut être constater avec certitude, chez des canards p. ex., si dans un pareil cas l'oiseau effectue encore oui ou non des mouvements de natation, et d'examiner par des expériences de comparaison, avec un modèle flottant de même forme et de même poids, quelle est la vitesse avec laquelle il serait emporté par le vent. Une mesure directe de la pression (maxima) en divers points sous la couverture de plumes serait peut être possible chez des pigeons voyageurs, à l'aide de petits manomètres construits spécialement à cet effet.

De la condition que nous avons trouvée pour le planement:

$$2R < C_{ha} - C_{hd}$$

il résulte qu'il restera d'autant plus vite une accélération progressive que  $R$ , la résistance contre le tronc, est plus faible. Grâce à sa couverture de plumes l'oiseau pourra donc planer mieux et plus longtemps que cette couverture était imperméable.

Dans les considérations qui viennent d'être développées au sujet du

planement d'une mouette à capuchon pesant 380 gr. nous avons trouvé, que si la résistance ne dépassait pas 13 gr., la mouette pouvait planer avec une vitesse moyenne horizontale de 11,1 m., sans s'élever ni s'abaisser; il me semble donc que cette valeur de 13 gr. est encore supérieure à ce qu'elle sera probablement en réalité. Mais ceci ne peut être décidé que par des expériences. Seulement, si l'on exécute ces expériences avec un modèle, recouvert d'une peau d'oiseau, on obtiendra sans doute un résultat moins favorable que pour l'oiseau vivant, puisque celui-ci a la faculté de régler la position de ses plumes de la façon la plus avantageuse possible.

Même lorsque les conditions pour un planement sans montée ni descente sont réalisées, il est fort probable qu'il restera toujours quelque changement de niveau, — à moins que l'oiseau ne se trouve dans un courant d'air s'élevant d'une façon très uniforme —, ne fût-ce que parce qu'il coûterait trop d'efforts à l'oiseau pour éviter complètement des changements de niveau dans un air dont la vitesse serait sujette à des variations. En effet, ces variations de vitesse comme celles de l'angle d'inclinaison sont irrégulières. En règle générale on devrait donc observer des montées et descentes plus ou moins fortes dans la trajectoire de l'oiseau planant.

L'explication de l'ascension en larges boucles, comme on l'observe p. ex. chez les cigognes, ne peut être donnée à mon sens que par le fait, que l'oiseau ne trouve qu'un courant d'air ascendant local, de sorte qu'il ne pourrait pas s'élever ailleurs, ou bien on doit la chercher dans cette circonstance que l'oiseau veut monter sans changer beaucoup de place et ne profite donc pas de la possibilité éventuelle de faire en planant un long trajet horizontal. Je rappellerai ici que ce planement de la cigogne est un véritable glissement, différent de celui de l'épervier p. ex. Celui-ci monte en spirale étroite, par un coup d'aile vibratoire, ainsi que je l'ai déjà dit, indépendamment de toute ascension de l'air, bien qu'il puisse en profiter évidemment, si une telle ascension existe. Cette montée, l'épervier pourrait tout aussi bien l'effectuer en ligne droite, mais l'oiseau l'effectuera précisément en spirale s'il veut rester au même endroit pour observer une proie.

Il n'est peut être pas inutile d'attirer ici l'attention sur une idée fautive, qui règne encore dans beaucoup d'esprits, savoir que l'oiseau pourrait se mouvoir rapidement à travers l'air dans une autre direction encore que celle de son axe longitudinal. Il n'en est pas ainsi. Cette idée provient de ce que l'on voit, lorsqu'un oiseau vole ou plane de telle façon que son axe longitudinal fait un angle avec la direction du vent, et se déplace

done par rapport à l'observateur dans une direction qui fait un angle avec son axe longitudinal; or, suivant les circonstances, cet angle peut évidemment être grand (voir fig. 27). Si  $ZW$  est la vitesse du vent,  $ZV$  celle de l'oiseau, celui-ci se déplace dans la direction et avec une vitesse  $Zr$ ; tout se passe donc comme s'il volait ou planait de côté. Ce n'est que lorsqu'il vole exactement avec le vent ou contre le vent, que la direction du mouvement est parallèle à celle du vent. Lorsqu'il plane contre le vent avec une vitesse exactement égale à celle du vent il est stationnaire.

### *L'équilibre de l'oiseau planant.*

Les forces qui interviennent surtout dans les considérations relatives au planement des oiseaux ont été esquissées à une certaine échelle dans la fig. 28. Nous supposons dans cette figure que l'oiseau a une position et une forme symétriques par rapport au plan vertical passant par son axe longitudinal. Toutes les composantes perpendiculaires à ce plan doivent donc s'équilibrer mutuellement, de sorte qu'il ne reste à considérer que les forces parallèles à ce plan. En vertu de leur situation symétrique on doit les considérer comme situées toutes dans ce plan vertical. Sauf la force  $b$  agissant sur la queue et l'effet de l'aile, composé de la pression  $l$  sur le plan de l'aile et celle  $k$  sur le plan de choc, toutes les forces s'appliquent au tronc.

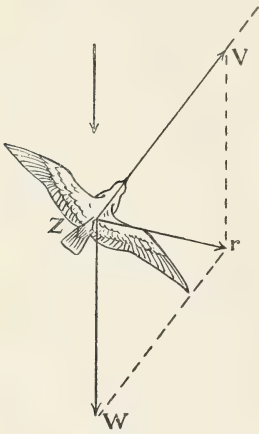


Fig. 27.

Au sujet de la forme du tronc nous avons à remarquer, que pendant le vol l'air des poches à air se trouve selon toute probabilité dans un état de pression, faisant plus ou moins équilibre, ou légèrement supérieur à la pression qui règne sur la peau en divers endroits du corps, de sorte que pendant le vol la forme externe du tronc d'oiseau possédant des poches à air sera plus arrondie que celle de l'animal au repos ou celle que l'on constate lorsque l'animal est mort ou plumé.

Il est probable que telle est aussi la raison pour laquelle, lorsque l'oiseau rentre le cou, les plumes de la face antérieure du tronc prennent la position la plus avantageuse pour bien laisser filtrer l'air. Comme

en règle générale le bec vient à peu près au niveau de l'axe du tronc, ce qui fait que la partie supérieure, la tête, le dos et la queue forment une surface moins courbée dans le sens de la longueur que la partie inférieure du corps, il est probable que les tensions de résistance sur cette dernière partie, représentées dans la figure par les forces  $v$  et  $a$ , peuvent

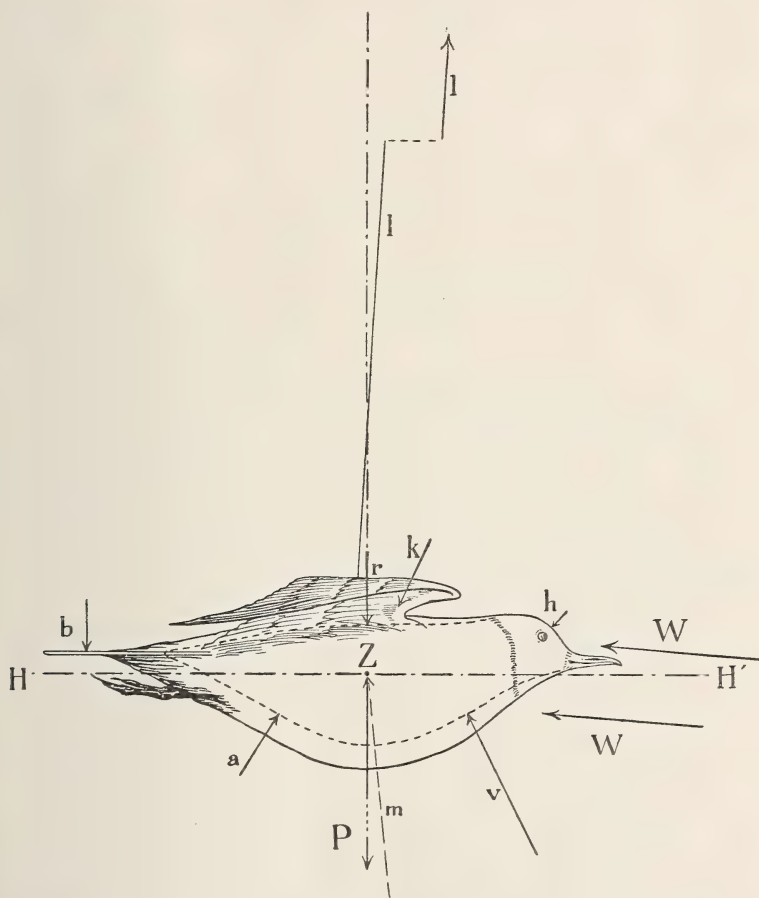


Fig. 28.

fournir ensemble une composante verticale plus grande encore que les composantes verticales de celles sur la tête et le dos,  $h$  et  $r$ , prises ensemble. Si tel est le cas, il en résulterait que, si la queue est dans la position d'équilibre, la résistance sur la partie inférieure du tronc cou-



tribue encore pour une partie à équilibrer le poids de l'oiseau. Ce reste avantageux, c. à d. la résultante de  $v$ ,  $a$ ,  $h$  et  $r$ , est représentée par  $m$  dans la figure.

Remarquons qu'une partie de la couche de résistance de la partie supérieure du tronc glisse latéralement sur la membrane de tension et intervient donc comme une partie de la pression de choc.

La composante horizontale de la force  $m$  constitue la résistance de l'air sur le tronc.

La pression de choc  $h$ , bien que dessinée séparément dans la fig. 28 parce que l'oiseau peut probablement la régler séparément et intentionnellement entre certaines limites, constitue avec la force  $l$  l'effet de l'aile, tel qu'il fut déterminé totalement comme „Luftwiderstand" par LILIENTHAL pour ses surfaces courbes et porté en diagramme.

L'équilibre autour de l'axe longitudinal dans le planement ne sera en général troublé que par une pression inégale sur les ailes. Aussi sera-t-il restauré par une modification de la pression sur une des ailes. S'il en résulte en même temps une modification de l'équilibre autour de l'axe horizontal passant par le centre de gravité perpendiculairement à l'axe longitudinal, la queue entre en jeu pour rétablir cet équilibre. La queue n'agira d'ailleurs de la façon indiquée plus loin pour une rotation autour de l'axe longitudinal que si une rotation rapide est requise.

La conservation de l'équilibre et la rotation autour de l'axe horizontal transverse s'obtiendront surtout à l'aide de la queue, mais peuvent aussi s'obtenir à l'aide des ailes.

Un changement de position de  $l$  en conservant le même point d'application sur l'aile modifie l'équilibre; il en est d'ailleurs de même d'un déplacement de ce point d'application vers l'avant ou l'arrière.

Ce déplacement est d'une part une conséquence involontaire d'une position plus ou moins oblique de l'aile, mais d'autre part il peut être réglé par l'oiseau, entre certaines limites, en portant l'aile un peu plus en avant ou en arrière, sans rien changer à l'inclinaison.

Mais ce déplacement involontaire du point d'application de  $l$ , dans les limites assez étroites des angles d'impact aigus dont il est question dans le planement, ne sera pas important pour un profil d'aile, et ne correspondra pas du tout à celui que présente un plan. Pour une surface plane le centre de pression se déplace fortement en avant à mesure que l'angle d'impact devient plus aigu, mais pour le profil d'aile ce déplacement est compensé par le fait, qu'à mesure que l'angle devient plus

aigu l'air frappe la face inférieure en un point situé de plus en plus en arrière.

Dans le planement le réglage de l'équilibre par la queue ne s'effectue généralement presque pas par un changement d'inclinaison dans le sens de la longueur, mais presque entièrement par un étalement dans la largeur et par un changement de forme de la section transversale.

La queue peut s'étaler très largement en éventail. Si toutes les plumes continuent à former un seul plan, parallèle à la ligne des ailes et à l'axe longitudinal, ou bien si le plan de la queue est légèrement creusé vers le bas, il se produit une pression symétrique sur la face supérieure de la queue par le fait que l'air, dirigé un peu vers le bas, qui s'écoule en sortant des plumes intérieures, vient presser sur les élargissements du plan de la queue (fig. 29 A).

Par contre, si l'étalement de la queue est accompagné d'un creusement vers le haut, la queue forme une surface conique contre laquelle l'air affluent vient presser en-dessous (fig. 29B). Il est probable que par un changement convenable de la position des plumes des ailes les plus rapprochées du corps, l'afflux de l'air vers la queue peut être réglé conformément aux exigences.

Dans les rotations rapides autour de l'axe longitudinal on voit la queue former une surface hélicoïdale, par un étalement accompagné d'un soulèvement d'un côté et d'un abaissement de l'autre.

Les changements de pression sur la tête et le tronc, qui sont une conséquence de la situation plus ou moins élevée de la tête, seront sans doute toujours équilibrés par la queue.

Remarquons encore que l'oiseau n'a pas à proprement parler de gouvernail vertical et ne doit pas en avoir besoin. Pour des changements de direction dans un sens azimuthal les propulseurs, c'est à dire les ailes, placés symétriquement, avec leur centre de pression situé fort en dehors de l'axe longitudinal, suffisent à coup sûr. C'est ainsi qu'un navire à deux

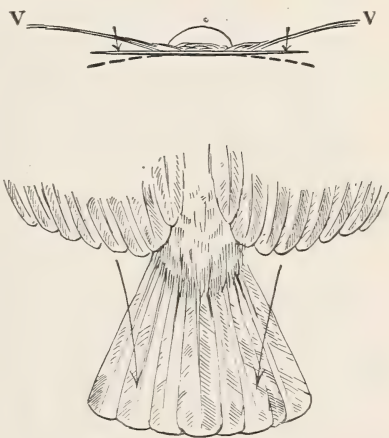


Fig. 29 A.

hélices pourrait se passer de gouvernail, s'il pouvait contrôler et faire réagir ses deux hélices aussi rapidement et aussi exactement que l'oiseau peut le faire avec ses ailes. Aussi la queue de l'oiseau est-elle essentiellement un gouvernail horizontal, sans lequel des changements d'inclinaison, rapides et surtout précis, de l'axe longitudinal seraient impossibles. Pour cela l'action des ailes ne pourrait pas être réglée avec assez de précision, puisque la force de ce couple de rotation est grande et que le bras de levier est petit.

Il est probable que la tête et le cou remplissent en quelque sorte le rôle de gouvernail vertical antérieur.

Au sujet de l'attitude de l'aile d'un oiseau planant j'ai à remarquer



Fig. 29 B.

il suffit d'obtenir un petit effet de l'aile, alors que dans un courant ascendant cet effet doit être grand. Il s'ensuit que l'angle formé par les deux positions de l'aile est plus petit que celui des deux directions respectives des courants d'air.

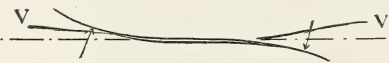


Fig. 29 C.

Il en sera notamment ainsi pour la partie comprise entre le corps et la grande plume intérieure, s'il est vrai, comme je l'ai supposé, que cette partie régit davantage la grandeur que la direction de l'effet de l'aile. Dans le courant descendant l'extrémité des plumes intérieures est souvent nettement un peu plus basse que le bord inférieur de la membrane de tension. Les différences d'inclinaison de l'extrémité pointue de l'aile s'observent difficilement, à cause de la petite dimension dans la direction du courant, du moins chez les mouettes. Il ne me paraît d'ailleurs pas impossible que là une diminution de l'effet de l'aile peut s'obtenir en partie, non par une rotation de la surface de l'aile en entier, mais de chaque grande plume séparément, de sorte qu'à ce niveau les tiges des plumes conservent à peu près leur position relative et que l'air coule à travers les extrémités des plumes.

#### *Autre explication du planement.*

Parmi toutes les explications qu'on a proposées jusqu'ici, la plus plausible est celle d'après laquelle l'oiseau profiterait d'inégalités dans

la *vitesse du vent*. Il se laisserait notamment soulever par tout courant d'air plus fort que la moyenne pour redescendre dans un courant plus faible et gagner ainsi plus en vitesse que l'ascension lui en faisait perdre. Le gain contrebalancerait jusqu'à un certain point la résistance de l'air. La limite de compensation étant atteinte, l'oiseau atteint son maximum de vitesse de planement et la conservera, à condition bien entendu que l'oiseau continue à effectuer le processus d'ascensions et descentes successives et trouve l'occasion de le faire.

J'ai à remarquer au sujet de cette explication que, même si les rapports des facteurs qui entrent en jeu, les variations de vitesse du vent et la résistance de l'air, rendent possible en principe que l'oiseau en tire parti, le planement suivant ce procédé serait nécessairement accompagné d'ascensions et descentes. Une progression absolument horizontale pendant un certain temps ne serait pas possible sans perte de vitesse, et une ascension continue encore moins. Et pourtant l'une et l'autre s'observent très fréquemment. Si donc l'oiseau tirait quelque avantage d'une ascension soit involontaire, soit voulue dans un courant plus fort que la moyenne, suivie d'une descente dans un courant plus faible, il serait impossible d'expliquer par là toute espèce de planement, en particulier l'ascension en ligne droite pendant un certain temps, telle qu'on l'observe chez des mouettes, ou le planement ascendant en larges boucles, comme on le constate chez les cigognes et d'autres oiseaux du même genre.

Il faut remarquer d'ailleurs que, si les anémomètres des observatoires indiquent des variations très grandes et brusques dans la vitesse du vent, ces instruments sont toujours sous l'influence immédiat des objets environnants. Je pense qu'en pleine mer on n'observerait pas des variations aussi grandes ni aussi brusques de la force du vent, mais bien des composantes verticales suffisantes. Comme en général on devra compter que les écarts du moyen mouvement de l'air sont les mêmes dans le sens vertical que dans le sens horizontal, il est certain que les écarts dans le sens vertical contribueront plus que ceux dans le sens horizontal à la possibilité d'un bon planement.

Voici une remarque que je n'ai trouvée dans aucun des ouvrages concernant cette matière et qui cependant a son utilité pour celui qui voudrait se donner la peine de calculer approximativement l'effet des différences de vitesses.

Si l'on admet qu'un certain volume d'air a une vitesse moyenne  $V_m$  et qu'on suppose qu'une partie de ce volume ait une vitesse  $V_1 > V_m$ ,



une autre partie une vitesse  $V_2 < V_m$ , les valeurs  $V_1$  et  $V_2$  étant prises de telle sorte que  $V_1 + V_2 = 2V_m$ , il n'est pas dit par là que la masse  $M_1$  animée de la vitesse  $V_1$  soit la même que la masse  $M_2$  ayant la vitesse  $V_2$ . En effet, le rapport des masses  $M_1$  et  $M_2$  est bien déterminé. Car la force vive de la masse entière étant égale à la somme de celles de ses parties, on a

$$M_1 V_1^2 + M_2 V_2^2 = M V_m^2;$$

d'autre part

$$M_1 + M_2 = M.$$

Si l'on donne donc à  $V_m$ ,  $V_1$  et  $V_2$  des valeurs déterminées, telles que l'on ait toujours  $V_1 > V_m > V_2$  ou  $V_2 > V_m > V_1$ , il en résulte le partage de  $M$  en  $M_1$  et  $M_2$ .

Prenant p. ex.  $V_m = 8$ ,  $V_1 = 10$  et  $V_2 = 6$  il vient

$$M_1 = \frac{7}{16} M \text{ et } M_2 = \frac{9}{16} M.$$

Considérant dans ces conditions les chemins horizontaux parcourus par l'oiseau dans les deux volumes, on ne pourra pas supposer que ceux-ci sont entr'eux comme 7 : 9. Supposant que les densités sont les mêmes, on devra admettre comme cas normal que les chemins à parcourir sont entr'eux dans le rapport  $\sqrt[3]{7} : \sqrt[3]{9} = 1,913 : 2,080$ . Comme les vitesses respectives sont 10 et 6 m. les temps pendant lesquels un même point se trouve dans les deux volumes sont approximativement entr'eux comme  $\frac{\sqrt[3]{7}}{10} : \frac{\sqrt[3]{9}}{6} = 1,913 : 3,467$ .

Or, dans ce cas ce sont surtout les temps que l'oiseau met à franchir les deux vitesses de vent qui déterminent s'il lui restera une accélération avantageuse. Dans le procédé en question, contrairement à ce qui arrive pour celui des courants ascendants et descendants, l'accélération horizontale de l'effet de l'aile sera précisément la plus grande, lorsqu'elle est antagoniste, c. à d. dans la partie ascendante de la trajectoire, la plus petite lorsque, dans la branche descendante, elle peut être dirigée en avant. L'avantage devra donc provenir de la période plus longue pendant laquelle elle agit dans ce dernier cas, et cet avantage devra encore l'emporter sur l'accélération due à la résistance du tronc. Si l'on songe que *l'effet de l'aile a toujours une inclinaison en arrière de la normale à la direction instantanée relative du courant d'air*, il est probable

que les variations de vitesse d'un courant d'air toujours horizontal, assez grandes pour donner une accélération résiduelle avantageuse, ne sauraient constituer un état normal du mouvement de l'air.

### *Conclusions.*

Comme suite aux considérations qui viennent d'être développées, je me crois autorisé à poser les conclusions suivantes :

*a.* Le véritable vol plané, c'est à dire la progression horizontale ou ascendante non accompagnée d'un battement d'ailes, sans perte ou même avec quelque gain de vitesse, est possible pour certaines espèces d'oiseaux lorsqu'il y a une montée suffisante de l'air, soit continue, soit intermittente.

*b.* Certaines espèces d'oiseaux sont spécialement appropriées au vol plané et ont spécialement l'occasion de l'effectuer lorsque la montée de l'air a temporairement un caractère de constance. Pour ces espèces un vent fort n'est pas de rigueur. Elles ont généralement une grande surface d'ailes (aigles, hérons, cigognes, etc.).

*c.* D'autres espèces, vivant dans des circonstances où des courants d'air ascendants ayant temporairement un caractère constant sont exceptionnels, se servent surtout pour le planement des mouvements internes de l'air qui accompagnent le vent et ont besoin à cet effet d'un vent d'une certaine force. Leur planement repose alors sur la faculté de tirer parti de chaque mouvement ascendant temporaire et de rendre aussi peu désavantageux que possible tout mouvement descendant. Ces espèces d'oiseaux ont généralement des ailes longues et étroites et appartiennent surtout aux oiseaux de mer (albatros, frégates, mouettes, etc.).

*d.* Le planement dans un courant d'air dirigé constamment vers le haut peut s'effectuer sans être accompagné d'abaissements et ralentissements intermittents.

*e.* Lors du planement dans des mouvements d'air alternativement ascendants et descendants, tels qu'ils existent toujours dans un air agité par le vent, il se produira toujours, bien que la direction moyenne du courant d'air soit horizontale, des ascensions et des descentes successives, ainsi que des accélérations et des ralentissements; ces alternances de direction et de vitesse seront d'autant moins notables, que les durées des courants séparés seront plus courtes et que la vitesse de l'oiseau par rapport à l'observateur sera plus forte.

*Remarques relatives aux appareils d'aviation.*

Une question, qui se pose maintenant tout naturellement, est celle-ci: l'aviation peut-elle tirer quelque parti des considérations qui viennent d'être développées? A mon avis elle le peut certainement.

Un nouveau problème se pose, notamment: la diminution de la résistance de l'air par l'utilisation de la pression de résistance, et l'utilisation de celle-ci pour l'amélioration de l'effet des hélices.

Une notable diminution de la résistance, soit grâce à la forme, soit par un enveloppement des appareils d'aviation; ou encore par les deux moyens réunis, doit donner pour une même puissance motrice une vitesse plus grande ou diminuer le travail nécessaire pour obtenir

une vitesse déterminée. Par là, et peut-être aussi par l'utilisation d'une partie de la pression de résistance sur la surface de l'hélice, on pourra diminuer le nombre de tours, ce qui sera avantageux au point de vue de l'usage du moteur.

Des formes de tiges et d'autres corps qui offrent une faible résistance à l'air sont indiquées dans les figg. 30 A, B et C et 31 A, B et C.

On voit dans la fig. 30 la section et les vues de face et de profil d'une tige, composée de telle façon, qu'il n'y a extérieurement de faces planes que parallèlement à la direction du mouvement, tandis qu'aucune surface plane ni arrondie, ni même un angle obtus ne se présente pour fendre l'air. On peut former de cette façon tout un réseau.

La fig. 31 montre un corps cylindrique, enveloppé de telle façon d'un cylindre en feuille mince, que la couche de résistance est emprisonnée et forcée d'exercer une pression de réaction sur la face postérieure.

La fig. 32 montre comment à peu près on devrait construire une hélice pour que la couche de pression formée dans la tête creuse puisse s'écouler par une ramification en filets sur la face postérieure de la lame

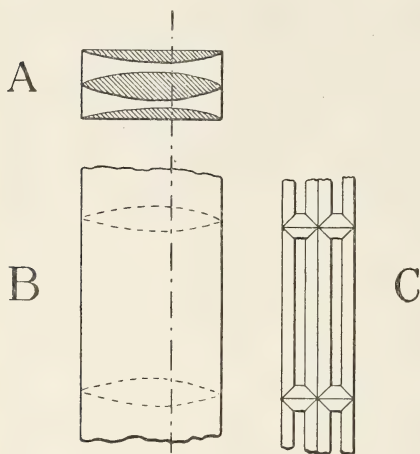


Fig. 30.

de l'hélice. Je ne me suis pas occupé d'indiquer dans cette figure la forme la plus convenable à donner à la lame de l'hélice.

Il est clair que la réalisation de pareilles idées conduirait à la construction d'appareils coûteux et aisément détériorés, mais si l'expérience prouvait qu'on obtiendrait par là de grands avantages, ces circonstances ne constitueraient pas des difficultés insurmontables, et le deviendraient d'autant moins que l'on apprendrait davantage à maintenir l'équilibre de l'appareil et à éviter des accidents. Si jamais il est question qu'un grand nombre de personnes fassent à travers les airs un voyage un peu long et très rapide, ce voyage devra se faire à coup sûr dans un véhicule fermé.

L'étude des problèmes du mouvement de l'air apprendra que pour le vol il importe surtout de faire usage de la combinaison de propriétés présentées uniquement par les gaz : très grande mobilité et très grande élasticité des molécules. Cette combinaison crée entr'autres la possibilité de donner au courant d'air, sans grande dépense d'énergie, une déviation par laquelle il peut fournir un notable effet utile, qui serait perdu sans la cause produisant cette déviation (dépression d'aspiration, dépression due au choc, surface de pression courbe).

C'est grâce à cette combinaison en effet, et au fait que des variations de pression de l'air sont liées à des durées déterminées, que dans un choc



Fig. 31 A.

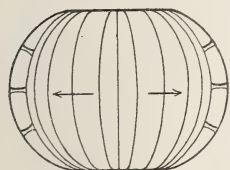


Fig. 31 B.

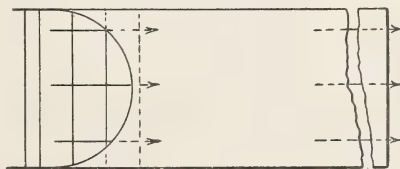


Fig. 31 C

rapide de l'air, même sous un petit angle, contre une surface courbe, il se produit dans la couche de molécules immédiatement adjacente à



cette surface une certaine pression qui se conserve, et qu'il en est de même de la dépression résultant de cet état.

Les mouvements de l'air qui sont une conséquence du choc de l'air contre les corps placés à la surface de la terre, devront faire l'objet d'une étude spéciale, au point de vue de leur utilité pour l'aviation; pour

le moment on devra surtout s'en occuper pour apprendre à éviter des accidents, mais dans une phase plus avancée de l'art de l'aviation on tâchera de profiter des courants ascendants.

L'oiseau nous apprend e. a. que l'élasticité de l'appareil de planement doit être un avantage pour le vol économique, et fait aussi poser des exigences moins élevées à l'attention de l'aviateur. Ceci doit conduire à une étude précise de la constitution, des dimensions, de la distribution, de la fixation et de la mobilité des surfaces destinées au vol et du choix des matériaux. Or aura e. a. à examiner si l'on ne pourrait pas faire usage de cellulose armée.

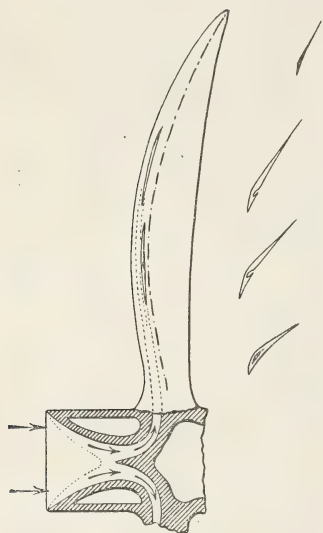


Fig. 32.

L'homme parviendra-t-il jamais à profiter aussi économiquement que l'oiseau du mouvement interne de l'air? C'est là une question à laquelle on ne saurait répondre à priori. En constituant l'appareil d'aviation par un grand nombre de petits planeurs élastiques, mobiles les uns par rapport aux autres, qui ne se gênent pas mutuellement dans leur fonctionnement, mais s'entraident autant que possible, ont une largeur relativement grande et une petite dimension dans le sens du courant, on atteindrait peut-être déjà en partie le but. L'élasticité diminuerait certainement l'influence des inégalités du courant d'air sur les diverses parties de l'appareil d'aviation et rendrait plus facile la conservation de l'équilibre.

Même si l'appareil d'aviation de l'avenir était mû par des hélices et non par des ailes battantes, l'homme aurait tort de ne pas faire son apprentissage chez les „maîtres aviateurs” de l'océan.





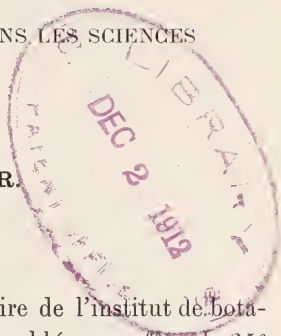
HUGO DE VRIES  
actuellement et au début  
de sa carrière.



25 ANS DE „PRESSION OSMOTIQUE” DANS LES SCIENCES  
MÉDICALES

PAR

H. J. HAMBURGER.



Le 14 octobre 1910 se réunit dans l'auditoire de l'institut de botanique de l'université d'Utrecht une grande assemblée pour fêter le 25<sup>e</sup> anniversaire de la théorie de la pression osmotique de VAN 'T HOFF <sup>1)</sup>. MM. les professeurs ERNST COHEN et HUGO DE VRIES prirent la parole. Le premier parla en termes spirituels et attrayants des mérites du maître renommé de la chimie <sup>2)</sup>. M. DE VRIES fit une conférence sur les vacuoles et dans son discours brillant et bien fourni il trouva l'occasion de faire ressortir l'importance de la physico-chimie en général et de la doctrine de la pression osmotique en particulier pour la physiologie botanique <sup>3)</sup>.

Il eut été regrettable si de la part des médecins on n'avait pas entendu un témoignage de reconnaissance; car pour les sciences médicales aussi l'apparition de la doctrine de la pression osmotique fut un événement d'une importance historique extraordinaire. Voilà pourquoi j'ai volontiers répondu à la demande qui me fut faite d'un côté très estimé, de consacrer quelques pages aux recherches de DE VRIES et VAN 'T HOFF et leur signification pour les disciplines mentionnées.

<sup>1)</sup> J. H. VAN T' HOFF. Lois de l'équilibre chimique dans l'état dilué, gazeux ou dissous; *Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, 21, n<sup>o</sup>. 17, 14 oct. 1885.

<sup>2)</sup> ERNST COHEN. Een kwart eeuw moderne Chemie; *Chem. Weekbl.* n<sup>o</sup>. 42, 1910. Ein Vierteljahrhundert moderner Chemie; *Zeitschr. f. Elektrochemie*, 16, n<sup>o</sup>. 20, 1910.

<sup>3)</sup> HUGO DE VRIES. Vacuolen; *Verhand. v. h. Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen*, 1910, p. 36.



Déjà dans la première moitié du siècle précédent on savait que beaucoup de substances ont la propriété d'attirer de l'eau, et que cette force d'attraction avait une grande importance pour la vie des plantes. MITSCHERLICH fut le premier qui, en l'an 1844, tâcha de déterminer quantitativement cette force. Mais les nombres qu'il obtint n'étaient pas satisfaisants, et il en fut de même de ceux obtenus par d'autres expérimentateurs.

PFEFFER s'en plaint encore, en 1881, dans son traité de physiologie végétale et fait remarquer combien il serait utile, pour la connaissance de plusieurs phénomènes vitaux, de connaître même approximativement la force, avec laquelle chacune des substances contenues dans le cellule végétale attire l'eau.

C'est au grand botaniste HUGO DE VRIES qu'il était réservé de résoudre le problème, déjà l'année suivante <sup>1)</sup>. Il y parvint par 3 méthodes biologiques, dont la méthode *plasmolytique* était la plus précise. Elle consistait en ceci, qu'il déterminait pour une solution saline la concentration capable de détacher un peu de la membrane le contenu de la cellule végétale, en d'autres termes capable de produire un commencement de plasmolyse dans la cellule. Comme ce détachement du protoplaste (plasmolyse) provenait uniquement de ce que le pouvoir hygroscopique du liquide ambiant était un peu plus grand que celui du contenu cellulaire, les solutions d'autres sels, produisant le même degré de contraction d'une même cellule, devaient présenter le même pouvoir hygroscopique. De pareilles solutions, possédant la même force attractive pour l'eau, DE VRIES les nomma *isotoniques*, et aux rapports simples qu'il trouva entre les concentrations de ces solutions il donna le nom de *coefficients isotoniques*.

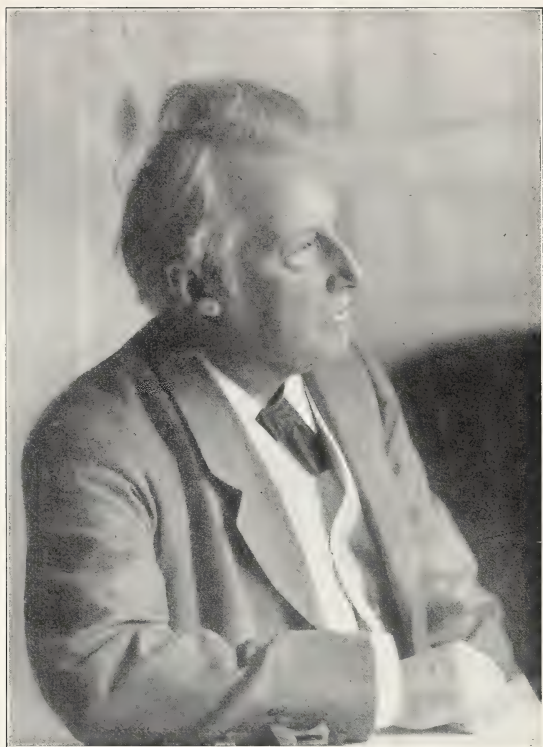
Bientôt se présenta une heureuse circonstance.

Mon maître DONDERS avait assisté à la conférence de DE VRIES à l'académie d'Amsterdam et était retourné à son laboratoire comme de coutume, après la séance. DONDERS avait l'habitude de parler avec moi des questions scientifiques qui l'intéressaient particulièrement. J'imagine que le grand homme n'avait pas par là l'intention de demander un avis à son jeune assistant, mais plutôt qu'il saisissait cette occasion de formuler ses pensées afin de les rendre plus claires pour lui-

---

<sup>1)</sup> HUGO DE VRIES. *Proces-Verbaal der Koninkl. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam*, 27 oct. 1882; inséré en détail dans *Pringsheim's Jahrbücher f. wissensch. Botanik*, 14, 427, 1884.





VAN 'T HOFF  
en 1910 et en 1873.



même. Aussi le fil de ses idées n'était-il pas toujours à ma portée. Mais cette fois-ci, je les saisisais fort bien. Il me parla de la conférence qu'il venait d'entendre et la question se posa si les chiffres que DE VRIES avait communiqués ne seraient pas valables aussi pour des cellules animales.

Je me mis immédiatement à l'œuvre et ce furent les globules rouges du sang qui constituèrent les objets d'épreuve. Il s'agissait tout d'abord de voir s'il y avait moyen de trouver une concentration capable de plasmolyser ces cellules. Or tel ne fut pas le cas. Il était impossible de constater une plasmolyse. Nous nous mîmes alors à observer l'abandon de matière colorante. Et déjà l'année suivante mon maître put communiquer en mon nom <sup>1)</sup> à l'Académie les résultats de ces recherches. Celles-ci avaient en effet appris, que les globules rouges aussi obéissent à la loi des coefficients isotoniques. Si l'on cherche pour divers sels quelle est la solution qui produit le départ d'une petite quantité de substance colorante des globules rouges sanguins, on trouve que les concentrations de ces solutions présentent entr'elles le même rapport que celles, qui provoquent la plasmolyse dans une même cellule végétale. *Ces études sur les globules sanguins (1883) ouvrirent l'ère des recherches physico-chimiques modernes dans le domaine des sciences médicales.*

On a dit souvent que c'est la doctrine de la pression osmotique de VAN 'T HOFF qui a constitué la base de ces recherches sur le sang; c'est une erreur.

Le vrai point de départ furent les recherches phytophysiologiques de DE VRIES, qui, avec nos études hématologiques, ont plutôt fourni des matériaux utiles à la vérification expérimentale de la théorie de VAN 'T HOFF, laquelle, principalement basée sur des considérations thermodynamiques et sur les données numériques de PFEFFER, ne fut exposée pour la première fois que 2 ans plus tard (1885).

Qu'on ne voie pas toutefois dans cette notice historique une mésestime de la théorie de VAN 'T HOFF au point de vue de son utilité pour les sciences médicales.

Je tiens à déclarer formellement que, si elle n'a pas donné la première impulsion aux recherches physico-chimiques dans nos branches et

---

<sup>1)</sup> H. J. HAMBURGER. *Proces-Verbaal der Koninkl. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam*, 29 dec. 1883. Traduit en allemand dans le tome jubilaire de la *Biochemische Zeitschr.*, dédié à H. J. HAMBURGER, à l'occasion du 25<sup>e</sup> anniversaire de sa promotion au doctorat, p. 1, 1908, Berlin, JULIUS SPRINGER.



si ces recherches ont été poursuivies avec succès <sup>1)</sup> pendant près d'une dizaine d'années sans tenir compte de la doctrine de la pression osmotique, l'influence que cette doctrine eut dans la suite sur la direction dans laquelle ces recherches furent entreprises, prit une importance capitale. C'est ce qu'on verra tantôt.

Mais même dans le courant de cette période de 10 ans la doctrine n'est pas restée sans influence. On peut dire que quelque temps après sa publication sous forme complète (1887) elle eut une influence excitatrice, d'une nature latente il est vrai. Bien que pratiquement on pût se servir très bien et avec fruit des notions de „force attractive pour l'eau” et „coefficients isotoniques”, elles étaient néanmoins assez énigmatiques et ce fut une bienfaisante révélation lorsque la nouvelle théorie fit connaître le sens de ces expressions. Et puis la doctrine de la pression osmotique réagit heureusement, grâce à ses notions plus précises, sur plus d'une connaissance acquise sans son concours dans cette période de 10 ans; ces connaissances, vues sous un nouveau jour, furent soumises à une révision fertile.

Si l'on demande pourquoi plusieurs années ont pu se passer avant que la théorie de VAN 'T HOFF eût fait son entrée dans la littérature médicale, nous répondons que la raison de ce retard, abstraction faite des attaques qu'elle eut à subir pendant longtemps de la part des chimistes <sup>2)</sup>,

<sup>1)</sup> Qu'il me suffise de rappeler les premières déterminations de la force attractive pour l'eau (pression osmotique) du sérum et d'autres liquides animaux par le départ de la substance colorante des globules sanguins (1884), les recherches sur la notion de „solution saline physiologique” et sur l'influence de  $CO_2$ , d'alcalis et d'acides sur le sang; puis encore les recherches sur la perméabilité, sur la lymphe, la résorption, etc. etc.

<sup>2)</sup> En voici quelques preuves:

La direction de la Deutsche Chemische Gesellschaft avait invité VAN 'T HOFF en 1893 à exposer dans une conférence l'ensemble de ses travaux physico-chimiques.

Or voici la remarque que fait VAN 'T HOFF dans sa conférence du 8 janvier 1894, lorsqu'il dit avoir hésité entre deux sujets:” D'autre part c'était la théorie des solutions diluées et de la pression osmotique, et j'abandonnai le choix à la direction, pour cette raison spéciale, *que je ne voulais pas agir contrairement aux désirs de la société, en traitant une question, qui pouvait sembler peu appropriée en ce moment, à cause de l'opinion défavorable de confrères, que vous et moi nous estimons fort.* La direction choisit néanmoins la théorie des solutions”. (Voir J. H. VAN 'T HOFF, *Wie die Theorie der Lösungen entstand; Ber. d. Deutschen Chem. Gesellschaft*, XXVII, 1, 1894, p. 6.)

Cela se passait donc 9 ans après la mémorable communication de VAN 'T HOFF à l'Académie suédoise.





SVANTE AUGUST ARRHENIUS.



est celle-ci, que le champ ouvert par la théorie des coefficients isotoniques était si vaste, et si nombreuses les questions qui se présentaient et pouvaient être résolues par elle, que le temps faisait défaut pour prendre également en considération la théorie de la pression osmotique. De reste, pendant longtemps, et on peut bien dire pendant les dix premières années, l'intérêt qu'on portait aux nouvelles voies d'investigation n'était pas bien grand et le nombre des travailleurs qui s'y engageaient était très restreint. En fait nous étions presque seuls.

La théorie de la pression osmotique, émise en 1885, n'aurait pas eu, d'ailleurs, des conséquences aussi remarquables, si VAN 'T HOFF n'avait pas pu la développer au moyen de la théorie de la dissociation électrolytique d'ARRHENIUS.

Bien souvent on a donné de ces circonstances, assez compliquées sans contredit, des versions peu précises et peu exactes. Voilà pourquoi nous pensons qu'il n'est pas sans intérêt d'en donner un exposé rapide, basé sur les travaux originaux.

Quel était l'état de choses?

D'après VAN 'T HOFF la substance dissoute se comporte dans une solution diluée comme un gaz. Tout comme les molécules d'un gaz tendent à se disperser dans leur milieu (l'éther) et exercent par là une pression sur la paroi du récipient, les particules de la substance dissoute tendent à se disperser dans leur solvant. Si l'on introduit une solution aqueuse dans un vase, dont la paroi est semiperméable, c. à d. imperméable pour la substance dissoute, mais perméable pour le solvant, et qu'on place le vase dans de l'eau, les particules dissoutes exercent une pression, en vertu de leur tendance infructueuse à se disperser dans la solution environnante. Cette pression, tout à fait semblable à une pression gazeuse, reçut de VAN 'T HOFF le nom de pression osmotique. Or d'après VAN 'T HOFF chaque molécule exerce la même pression osmotique, en d'autres termes des solutions de même concentration moléculaire ont la même pression osmotique.

C'est ce que l'expérience apprit en effet, *mais seulement pour des substances appartenant à une même catégorie*. En comparant les pressions osmotiques de substances appartenant à des catégories différentes, on trouva de grandes différences. C'est ainsi que des solutions équimoléculaires de sucre et de sel marin offraient des pressions osmotiques tout à fait différentes. La pression d'une



solution de  $NaCl$  était au moins  $\frac{3}{2}$  fois plus grande que celle de la solution équimoléculaire de sucre.

Tel était l'état des choses en 1885, lorsque VAN 'T HOFF publia sa théorie.

On comprendra donc que cette doctrine ne rencontra pas l'approbation générale.

La théorie de la dissociation électrique d'ARRHENIUS <sup>1)</sup> devait résoudre la difficulté. D'après le savant suédois les sels dissous dans l'eau sont, contrairement à ce qui a lieu pour le sucre, séparées en ions, et VAN 'T HOFF posa immédiatement le principe, *que chaque ion exerce la même pression osmotique qu'une molécule non décomposée* <sup>2)</sup>. Dans les solutions salines le nombre des particules osmotiquement actives est donc beaucoup plus grand que dans une solution équimoléculaire de sucre; dans ce cas  $\frac{3}{2}$  fois plus grand. Par cette représentation rien ne s'opposait plus à la théorie de VAN 'T HOFF et en même les coefficients isotoniques se trouvaient expliqués (DE VRIES).

Il était clair en effet que, si les coefficients de  $NaCl$  et de sucre étaient respectivement 3 et 2, il en résultait aussi que, par suite de la dissociation partielle du sel marin en ions  $Na$  et  $Cl$ , le nombre des particules attirant l'eau était  $1\frac{1}{2}$  fois plus grand dans la solution de sel marin que dans la solution du sucre.

Si donc nous fêtons ici DE VRIES et VAN 'T HOFF, la reconnaissance nous commande de fêter en même temps le génial „magicien suédois”, et cela *non seulement parce que la théorie de la dissociation électrolytique constitue un complément nécessaire de la représentation de VAN 'T HOFF, mais encore parce que cette théorie a pris en elle même une importance considérable pour les sciences médicales.*

Nous pouvons sans crainte d'exagération appliquer aux sciences mé-

<sup>1)</sup> SVANTE ARRHENIUS. Ueber die Dissociation der in Wasser gelösten Stoffe; *Zeitschr. f. physik. Chemie*, 1, 630, 1887. Voir aussi: ARRHENIUS, *Behandling till Kongl. Svenska Vet. Akad. Handlingar*, 8, nos. 13 et 14, 1884

<sup>2)</sup> VAN 'T HOFF. Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen; *Zeitschr. f. physik. Chemie*, 1, 481, 1887. On y lit (p. 501):

„Il semble donc risqué d'établir pour les solutions une loi d'AVOGADRO, comme nous venons de le faire, et je ne m'y serais pas résolu, si ARRHENIUS ne m'avait pas fait remarquer par lettre la probabilité, que les sels et composés analogues sont décomposés en ions”.

dicales ce que WILHELM OSTWALD disait de la chimie, lorsqu'il déclarait que „rarement une idée plus heureuse a jeté plus de lumière sur des domaines vastes et ardu.” Et en 1890, donc trois ans après le complet développement de la doctrine de la pression osmotique, VAN 'T HOFF dit de la théorie d'ARRHENIUS: „Elle est presque passée à l'état de fait”.

Grande fut l'influence que la doctrine de DE VRIES — VAN 'T HOFF — ARRHENIUS exerça sur nos disciplines.

Pour ce qui regarde la physiologie, il n'y a presque pas de chapitre qui n'en porte les preuves.

Nulle part peut-être l'application n'en a été aussi intense que dans la physiologie du sang. Et cela est tout naturel, car en premier lieu, contrairement à ce qui est le cas pour la plupart des autres cellules, les globules sanguins peuvent être isolés sans dommage. En second lieu on peut étudier d'une façon précise l'influence de divers agents sur le volume et la forme, ainsi que sur la composition chimique et physico-chimique. En troisième lieu on est capable d'étudier exactement l'échange de substances entre les globules sanguins et leur milieu naturel, le sérum, produit par des troubles dans l'équilibre, opérés dans les limites physiologiques. En outre on trouve dans les globules blancs du sang, et spécialement dans les phagocytes, un objet excellent pour examiner jusqu'à quel point ces perturbations de l'équilibre ont influencé la vie.

Les résultats obtenus au moyen de globules sanguins ont souvent poussé vers d'importantes recherches sur des cellules et des tissus difficiles à examiner.

A ces recherches appartient e. a. l'étude de la *perméabilité* de diverses espèces de cellules. Cette étude vint déjà à l'ordre du jour en 1889, comme un des premiers résultats de la doctrine des coefficients isotoniques, lorsque nous reconnûmes que les globules sanguins, malgré l'invariabilité de leur volume dans une solution saline isotonique, laissent cependant passer du chlore pendant leur séjour dans cette solution. Il est presque inutile de faire ressortir la grande importance de ce problème de la perméabilité. Par cette perméabilité, en effet, la cellule a en son pouvoir de permettre l'entrée à certaines substances et d'empêcher l'entrée à d'autres. Cela revient à remplacer par un principe physique simple le principe énigmatique de la „sélection consciente” de cellules vis à vis de substances déterminées. En pharmacologie cela revient à chercher la forme sous laquelle les produits pharmaceutiques peuvent pénétrer à l'intérieur du corps cellulaire.

On peut dire qu'aussi longtemps qu'on tâchera de se rendre compte par voie physique ou physico-chimique des processus qui s'opèrent dans les cellules vivantes, le problème de la perméabilité jouera un rôle prédominant, dans la physiologie comme dans la pathologie et la pharmacologie.

Vu la grande distribution du travail qui se réalise dans les cellules de notre organisme, on peut évidemment s'attendre — les faits trouvés jusqu'ici l'ont prouvé — à ce que la perméabilité pour une seule et même substance soit différente d'une espèce de cellules à une autre. Il n'est p. ex. pas étonnant, que l'épithélium intestinal laisse passer un grand nombre de substances qui sont retenues par l'épithélium de la vessie.

Un autre principe, non moins important, fut mis en lumière par la nouvelle doctrine physico-chimique dans l'étude de la formation de la lymphe et de la résorption. L'attention fut attirée sur une *force motrice susceptible d'un dosage précis*, basée sur le fait qu'il se produit un mouvement d'eau d'un endroit où la pression osmotique est faible, vers d'autres endroits voisins, où cette pression est un peu plus élevée. Et où cette force motrice ne se manifeste-t-elle pas? N'est-ce pas cette force qui joue un rôle p. ex. partout où la grande molécule d'albumine se scinde en molécules plus petites?

N'est-ce pas cette force motrice qui, comme l'a montré STARLING, agit dans la résorption des liquides des cavités séreuses, grâce à la pression osmotique de l'albumine?

Certes les différences de pression osmotique dont il s'agit sont faibles; en réalité elles ne répondent qu'à des abaissements de point de congélation de quelques millièmes de degré. Mais on se tromperait si l'on croyait que la différence correspondante de pression hydrostatique est sans importance pour l'organisme; car un abaissement de point de congélation d'un millième de degré produit déjà une force motrice de plus de 0,1 m. de pression d'eau et cette pression ne s'écarte pas beaucoup de celle qui détermine la circulation du sang dans les capillaires.

La nouvelle doctrine physico-chimique a acquis une importance non moins grande pour le développement d'une branche scientifique toute nouvelle: j'entends *l'électro-chimie*, que NERNST a établie sur les bases de la théorie ionique d'ARRHENIUS et qui est appelée à éclairer d'un jour nouveau toutes les parties du corps où des courants électriques prennent naissance et jouent un rôle.

Aussi l'électrochimie a-t-elle déjà fait il y a quelques années son entrée dans la *physiologie des muscles et des nerfs*, et le mouvement automatique du cœur, ainsi que les courants électriques qui les accompagnent, attendent leur explication physico-chimique.

Voilà quelques exemples pris dans le domaine de la physiologie normale.

Portons maintenant nos regards vers d'autres branches des sciences médicales, mais en nous bornant à quelques indications.

La physiologie pathologique reçoit d'importants renseignements sur la chimie des troubles circulatoires et sur la genèse des œdèmes, la pharmacologie sur la narcose et la désinfection. La bactériologie et l'histologie ont appris à mieux comprendre l'essence du processus de la coloration, par l'intervention de la loi de partage, liée au problème de la perméabilité. On comprend actuellement pourquoi certaines cellules absorbent des matières colorantes alors que d'autres ne le font pas, et aussi pourquoi le solvant d'une matière colorante a une aussi grande importance au point de vue de l'intensité de la coloration des noyaux et des bactéries.

L'embryologie expérimentale a été enrichie par la méthode physicochimique de la parthénogenèse artificielle. Quant à la médecine pratique, il n'y a pas de traité ni manuel moderne dans lequel on ne retrouve l'influence de la pression osmotique. On retrouve cette influence même en chirurgie. Qu'il me suffise de rappeler les injections intraveineuses et hypodermiques de solutions salines physiologiques et l'anesthésie locale.

Je n'ai donné jusqu'ici que quelques exemples, pour montrer la grande influence que la doctrine des coefficients isotoniques et les doctrines connexes, plus précises, de la pression osmotique et de la dissociation électrolytique ont déjà exercée dans le domaine des sciences médicales.

Mais les nouvelles doctrines ont encore exercé une influence importante de façon indirecte.

Stimulé par les brillants résultats qu'elles avaient donnés, on a dans ces dernières années invoqué l'aide d'autres branches de la physicochimie pour la résolution des problèmes biologiques. C'est ainsi qu'on a fait appel à la chimie des colloïdes et à la théorie de l'équilibre chimique et de la marche des réactions, établie par VAN 'T HOFF, par laquelle on tâche de comprendre le mécanisme de *l'action des enzymes*, en faisant intervenir la nouvelle notion de catalyse, introduite par WILH. OSTWALD.



Ceux qui désirent se faire une idée complète de ce que la direction physico-chimique a produit en peu de temps, et connaître les noms des nombreux savants qui s'en sont occupés, n'ont qu'à jeter un coup d'œil dans les ouvrages spéciaux <sup>1)</sup>.

Si l'on demande quelle a bien pu être la raison des grands résultats fournis par la physico-chimie dans les disciplines médicales, la réponse s'obtient aisément si l'on se représente le caractère spécifique de cette science. Ce caractère consiste en ceci, que *contrairement à la chimie analytique* elle n'opère pas avec de fortes bases et de forts acides ni avec des températures qui abolissent la vie, mais avec des moyens qui épargnent la structure complexe des nombreuses matières labiles existant dans le corps animal et ne modifient pas l'équilibre mobile des systèmes parfois compliqués; elle les étudie plutôt à l'état de statu quo. C'est pour cette raison que pour un temps indéfini la physico-chimie gardera son importance capitale dans les sciences médicales et restera, je pense, au premier rang avec la chimie de structure.

Je n'ai pas du tout l'intention d'amoindrir les résultats fournis ou encore à fournir par d'autres sciences auxiliaires ou d'autres moyens d'investigation. Mais ils n'ont pas une portée aussi grande que la chimie.

Si l'on en veut un exemple, qu'on prenne l'examen des courants électriques qui prennent naissance dans les processus physiologiques. Qui oserait prétendre que par leur enregistrement on aurait atteint le but final, même si l'enregistrement était effectué avec des moyens techniques touchant à la perfection? Ne se présenterait-il pas immédiatement la question de savoir quel est le processus chimique qui donne naissance à ces courbes? De même — pour emprunter un exemple à un autre domaine —, c'est encore à la chimie que nous devons nous adresser, pour approfondir le problème de la nature et des lois de la marche des sécrétions glandulaires.

On pourrait dire avec MACH, sauf quelques changements: „Les pro-

<sup>1)</sup> ERNST COHEN. Vorträge für Aerzte über physikalische Chemie. 2<sup>e</sup> éd. 1907, Leipzig, WILHELM ENGELMANN. R. HÖBER. Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. 2<sup>e</sup> éd. 1906, Leipzig, WILHELM ENGELMANN. VON KORÁNYI und RICHTER. Physikalische Chemie und Medizin. 2. vol., 1907/08, Leipzig, GEORG THIEME. Divers articles dans C. OPPENHEIMER's Handbuch der Biochemie des Menschen und der Thiere, 1907 et suiv., Jena, GUSTAV FISCHER. H. J. HAMBURGER. Osmotischer Druck und Ionenlehre in den medizinischen Wissenschaften. Zugleich ein Handbuch physikalisch-chemischer Methoden, 3 volumes, 1902—1904, Wiesbaden, J. F. BERGMANN.

blèmes de la nature ressemblent à un fil embrouillé en pelote, que l'on peut débrouiller en partant tantôt d'une boucle libre, tantôt d'une autre." Nul doute que dans l'avenir, plus encore que maintenant, la physicochimie fera trouver la boucle permettant de débrouiller plus loin de nombreux problèmes.

Et voilà comment les noms de HUGO DE VRIES, VAN 'T HOFF et ARRHENIUS occuperont toujours une place d'honneur dans l'histoire des sciences médicales.

---

SUR LE PHILBORNEA, GENRE NOUVEAU DE LA FAMILLE  
DES LINACÉES, AVEC QUELQUES REMARQUES  
SUR LES AFFINITÉS DE CETTE FAMILLE.

PAR

HANS HALLIER.

---

Dans les *Icones* de HOOKER, XXIX, 1, (déc. 1906), STAPP donne sous le n°. 2822 un aperçu des espèces du genre d'*Hugoniées Durandea* PLANCH. et d'après des rameaux florifères du Sarawak (HAVILAND'S Collector n°. 2834) la description et la représentation d'une nouvelle espèce, qu'il appelle *D. magnifolia*. Dans la diagnose il fait remarquer, qu'elle se distingue de ses congénères par ses grandes feuilles membraneuses et par des inflorescences, dont les supérieures seules présentent quelques rares rameaux arrangés en panicule, tandis que les autres forment presque toutes de simples grappes peu serrées. De plus on remarque dans la description de l'espèce et dans les figg. 2 et 3 qu'il n'y a que trois loges dans l'ovaire et trois styles, alors que d'après BENTH. HOOK., Gen. I, p. 245 et SCHLECHTER dans ENGLER, *Jahrb.* XXXIX, 1, 1906, p. 137, fig. 9, B, E et F (*Hugonia oreogena* SCHLECHTER) *Durandea* en a cinq. Mais, d'après HOOKER, *Icones*, pl. 777, il semble que chez *Hugonia* les 5 carpelles ne soient pas toujours au complet; car dans la figure principale et les figures accessoires 1, 3, 4 de la *H. Plancheni* HOOK. f., qui y est figurée, on voit nettement que trois styles seulement sont dessinés, alors que la section transversale du fruit (fig. 5) montre cinq loges. Chez la *Rouchera Griffithiana* PLANCH., qui est très voisine de *Hugonia*, le nombre des carpelles varie aussi, d'après BOERLAGE dans *Icones Bogor.* I, 1, 1897, p. 26, pl. 7, figg. 9—11; ordinairement il n'y en a que 3, mais parfois il y en a 4 ou 5. STAPP pouvait donc fort bien considérer les caractères qu'il avait remarqués, et par lesquels sa *D. magnifolia* se distinguait des autres espèces du genre, comme des caractères d'espèce, et cela avec d'autant plus de raison qu'au point de vue de la distribution géographique son espèce s'écarte un peu des autres du même genre, qui sont réparties dans une région

s'étendant depuis les îles Fidji jusqu'à la Nouvelle Calédonie, l'Australie orientale, les îles Salomon et la Nouvelle Guinée.

Or, l'Herbarium de l'Etat néerlandais reçut de M. ELMER à Manille, par l'intermédiaire de la direction du Jardin botanique de Buitenzorg, pour en faire la détermination, un exemplaire en fruits de l'île Palawan, une des Philippines du sud-ouest; cet exemplaire correspondait tellement bien par la feuille et l'inflorescence avec la plante de Bornéo, que je la tins tout d'abord pour la même espèce. Mais, en y regardant de plus près, je reconnus dans le pétiole ainsi que dans la grandeur, la forme et la nervure des feuilles des différences nettes, qui nécessitaient l'établissement d'une nouvelle espèce. C'est par là que les caractères que STAPF considérait comme des différences d'espèce sont élevés au rang de caractères de section ou de genre. Et comme on ne connaît pas de formes de transition aux espèces de la Nouvelle Guinée et que le nombre des carpelles semble être constant dans les deux groupes d'espèces, les différences présentées par les feuilles, l'inflorescence et le nombre des carpelles suffisent bien pour établir un nouveau genre. Pour rappeler sa présence aux Philippines et à Bornéo je voudrais lui donner le nom de *Philbornea*, indiquant ainsi qu'il se distingue nettement du genre très rapproché *Durandea*, non seulement au point de vue morphologique mais encore au point de vue phytogéographique.

Dans ce dernier genre non seulement l'ovaire mais encore le fruit paraît être constamment à cinq loges. Car en dehors de l'espèce de PLANCHON, qui seule était connue de BENTHAM et HOOKER, et de l'espèce de SCHLECHTER, dont il a été question ci-dessus, et qui d'ailleurs ne se distingue que difficilement de *D. racemosa* STAPF et n'est probablement qu'une variété alpine de celle-ci, j'ai pu constater encore chez les espèces suivantes l'existence de 5 carpelles. Le n° 15248 de SCHLECHTER, provenant de la Nouvelle Calédonie, que SCHLECHTER a déterminé comme *Hugonia Penicillanthemum* H. BAILL., mais qui n'appartient pas à la même espèce que le n° 934 de VIEILLARD, que STAPF rapproche de *D. serrata* PLANCH., présente toujours 5 styles dans la fleur. Chez *D. pentagyna* K. SCH. je trouve aussi, comme le nom le fait d'ailleurs prévoir, et d'accord avec les données de WARBURG, dans toutes les fleurs 5 rameaux stylaires. Le fruit de *D. pallida* K. SCH. a, d'après K. SCHUMANN et HOLLR., Fl. Kais. Wilh.-land (1889), p. 57, 5 côtes longitudinales fortes et 10 faibles et est donc à 5 carpelles. Celui de *D. Jenkinsii* STAPF a d'après F. v.



MÜLLER, *Fragm.* V, p. 8, également 5 noyaux portant 3 à 5 côtes dorsales et l'ovaire à 5 styles. Je n'ai malheureusement pas pu me procurer la description de *D. latifolia* STAPF; celle de *D. rotundata* WARB. ne contient aucune indication relative au nombre des carpelles et surtout celles des 5 autres espèces océaniques établies par STAPF sont malheureusement beaucoup trop courtes.

Alors que le fruit de *Durandea*, pour autant que nous puissions le considérer comme connu pour les 12 espèces du genre, est toujours une drupe globulaire, avec un mince exocarpe et 5 noyaux séparés, rappelant par leur forme et leur groupement les segments d'une orange pelée ou les graines de *Garcinia Mangostana* (*D. pentagyna* aurait cependant 10 noyaux, ce qui résulte probablement d'une segmentation secondaire, comme chez *Linum* et *Ixonanthes*), celui de notre nouvelle espèce de Palawan est de toute autre forme et constitution; il est notamment ovoïde, mucroné, rappelant extérieurement en quelque sorte les capsules de *Convolvulus arcensis* et *Ipomœa obscura*, avec un endocarpe présentant à l'extérieur des fibres longitudinales irrégulières et un seul noyau. Je n'ai malheureusement pas pu établir si 4 carpelles ou 2 seulement ont avorté. Ce qu'il y a de plus probable, c'est qu'il n'y avait que trois carpelles, tout comme dans l'ovaire normal de *Rouchea Griffithiana*, qui au point de vue de la forme du fruit diffère de *Hugonia*, comme *Philbornea palawanica* diffère de *Durandea*. Ce qui est important, c'est d'avoir constaté que le fruit de notre nouvelle espèce, qu'il soit formé de 3 ou de 5 carpelles, est absolument différent de ceux de toutes les espèces de *Durandea*.

Il vient encore s'y ajouter un autre caractère, par lequel les espèces de Bornéo et Palawan se font connaître comme les représentants d'un nouveau genre. Chez toutes les espèces de *Durandea* les pédicelles sont notamment très courts, relativement épais et fortement renflés; par contre, chez les deux espèces de *Philbornea* ils sont beaucoup plus longs et plus élancés, garnis un peu au-delà du milieu de bractéoles minuscules et articulés; au-dessus de l'articulation ils sont également renflés, mais beaucoup moins que chez *Durandea*. Ce caractère est surtout bien prononcé chez l'exemplaire fructifiant, mais même au rameau florifère il est plus net que dans la figure de STAPF. Le fruit, avec le calice persistant et la partie supérieure du pédicelle, se détache à l'endroit de l'articulation.

STAPF mentionne en passant que PLANCHON a décrit à tort les ovules

de *Durandea* comme isolés, alors qu'ils se présentent par paires dans chaque loge de l'ovaire. Cependant l'*Hugonia oreogea* de SCHLECHTER ne présente, d'après la section transversale de l'ovaire représentée dans la fig. 9 F, également qu'un seul ovule par loge. Il se peut donc que l'indication de STAFF relative à des ovules par couples ne se rapporte qu'à son espèce de Bornéo et par analogie il a étendu à tort son indication au genre tout entier. Un examen détaillé d'un nombre d'espèces plus grand que celui dont je disposais, devra donc établir s'il y a également une différence constante dans le nombre des ovules des deux espèces et si *Durandea*, contrairement à ce qui s'observe chez *Philbornea*, n'a jamais qu'un seul ovule dans chaque loge de l'ovaire.

Dans les Genera de BENTHAM et HOOKER, I, pp. 243 et 245, les *Ixonanthées* avec les genres *Durandea*, *Sarcotheca*, *Ochthocosmus*, *Phyllocosmus* et *Ixonanthes*, sont séparées des *Hugoniées*, qui ne comprennent que *Hugonia* et *Rouchera*. Mais *Sarcotheca* Bl. appartient, comme je l'ai démontré dans les *Mededeel. Rijks Herb. Leiden*, I, 1 (févr. 1911), pp. 1 et 2, aux *Oxalidacées*, dont *Connaropsis* doit être réunie à elle. Les quatre autres genres d'*Ixonanthées* se répartissent, dans l'aperçu des genres de BENTHAM et HOOKER, en deux groupes, savoir *Durandea* à pétales caduques, styles séparés et fruit drupacé, *Ochthocosmus*, *Phyllocosmus* et *Ixonanthes* à pétales persistants, styles soudés et fruit capsulaire. Il s'ensuit que la place occupée par *Durandea* dans BENTH. Hook. est inexacte; d'après les différences mentionnées et d'autres caractères il est beaucoup plus rapproché de *Hugonia*, avec lequel on le réunit d'ailleurs souvent, que des *Ixonanthées*. A cause des mêmes trois différences avec les *Ixonanthées*, *Philbornea* doit être mis avec *Durandea* parmi les *Hugoniées*. Il est vrai que la délimitation ainsi nettement obtenue entre les *Ixonanthées* et les *Hugoniées* s'efface de nouveau un peu par un genre méconnu jusqu'ici. C'est le genre *Asteropeia*, qu'en 1908, dans mon livre sur le *Juliania*, pp. 15, 25, 187 et 190, j'ai transporté des *Ternstroemiacées* vers les *Linacées*. Il est vrai que dans la section *Rhodoclada* ce genre a des styles séparés comme les *Hugoniées*, mais des capsules loculicides, et dans la section *Euasteropeia* des styles soudés, comme les *Ixonanthées*. D'après SZYSZYLOWICZ, dans ENGLER u. PRANTL, Natürl. Pflanzenfam., III, 6, p. 181, il aurait il est vrai des pétales caduques; mais cette indication est fautive. Chez *A. multiflora* THOU. (Hb. Lugd.-Bat.) du moins il y a au-dedans des

ailes écartées du calice 5 pétales bruns, scarieux, à nervures parallèles, appliqués en quinconce sur les lobes du disque nus et le fruit séteux. Par le port, l'inflorescence, la fleur et aussi la distribution géographique *Asteropeia* se rapproche le plus du genre *Phyllocosmus* de l'Afrique occidentale. Avec ce dernier on doit le placer parmi les *Ixonanthées*, et comme caractères différentiels communs de ces derniers vis à vis des *Hugoniées* il ne reste plus que le fruit en capsule et les pétales persistants. Bien que le genre *Ancistrocladus*, que j'ai également transporté en 1908 auprès des *Linacées* dans mon ouvrage sur le *Juliania*, pp. 15 et 190, possède le style indivis de la plupart des *Ixonanthées* et le calice ailé d'*Asteropeia*, on doit néanmoins le compter parmi les *Hugoniées*, à cause de son fruit monosperme et ses crochets représentant des axes d'inflorescences, rappelant fort ceux de *Hugonia*, *Rouchera Griffithiana* et *Philbornea*.

Les divers genres se repartissent donc comme suit entre les deux tribus:

#### I. Ixonantheae.

1. *Ixonanthes*. 2. *Phyllocosmus*. 3. *Ochthocosmus*. 4. *Asteropeia*.

#### II. Hugonieae.

5. *Ancistrocladus*. 6. *Durandea*. 7. *Philbornea*. 8. *Hugonia*. 9. *Rouchera*. 10. *Hebepetalum*.

Dans cet aperçu les *Ixonanthées* ont été placées intentionnellement en avant, parce que par leurs fruits capsulaires et par l'existence d'encre 20 étamines chez *Ixonanthes* elles représentent le type primitif, d'où dérivent les *Humiriées*, les *Erythroxyllées*, les *Hugoniées* et les *Eulinées*, et peut-être aussi les *Argophyllées*.

Par la nervure caractéristique des feuilles et les sépales fortement bombés, à nervures parallèles proéminentes, *Philbornea*, et par la disposition des fleurs *Phyllocosmus sessiliflorus* OLIV. également, rappelle d'une manière frappante diverses *Ochnacées*; ainsi *Phyllocosmus*, par ses grappes fortement ramifiées p. ex., fait songer au genre *Schuermansia* des *Luxemburghiées*. On sait que les *Linacées* partagent avec les *Ochnacées* la possession d'un cristarque, puis la prédominance de la couleur jaune des pétales, que les *Ochnacées* ont héritée des *Berbéridées*. C'est donc surtout par les *Ixonanthées* que les *Linacées* dérivent des *Luxemburghiées*, d'après les similitudes dont il vient d'être question et d'autres encore (constitution de la capsule, présence fréquente de sépales

bordés de poils glanduleux, préfloraison tordue des pétales, ovules ténuinucellés bitegminés épitropes etc.).

Avec les *Gruinales*, auxquelles elles ont souvent été accolées, les *Linacées* n'ont donc rien de commun. Contrairement à ce qui est le cas pour les *Linacées*, les *Ochnacées* et tout l'ordre des *Guttales* (à quelques exceptions près, comme *Eucryphia* et *Touroulia*), chez les *Gruinales* les feuilles pennées prédominent et ceux de leurs types qui sont encore les plus rapprochés des ancêtres doivent être cherchés parmi les *Oxalidacées* et *Zygophyllacées* arborescentes ou frutescentes, savoir les genres *Averrhoa*, *Sarcotheca* (y-compris *Connaropsis*), *Dapania*, *Guajacum* et *Bulnesia*. Le fruit des *Gruinales* correspond à 5 follicules des *Légumineuses*, soudés entr'eux dans l'axe de la fleur, et dans la structure de la fleur et la membrure de la feuille les *Oxalidacées* ressemblent aussi très fort aux *Connaracées* et *Légumineuses*. On peut les considérer comme des sœurs de ces deux familles, ainsi que des *Sapindacées*, *Rutacées*, *Polygalines* (y-compris les *Polygalacées*, *Diclidanthera!*, les *Trigoniacées*, *Malpighiacées*, etc.) et *Capparidacées*, et elles dérivent d'une tribu inconnue, éteinte, des *Berbéridacées*, très voisine des *Lardizabalées*.<sup>1)</sup>

D'après SOLEREDER, Syst. Anat. Dicot. Ergänzt. (1908) p. 395, le cristaque se présente aussi chez les *Octocnemacées*, les *Iringiacées* et les *Rhaptopétalées*, dont les derniers appartiennent aux *Olacacées* dans un sens plus large. De ces trois familles les deux premières dérivent très probablement des *Linacées*, ou avec celles-ci des *Luxemburghiées*, et de ces dernières aussi les *Chlaenacées*, les *Primulines* et *Bicornes*, et des *Sauvagesiées* les *Elatinacées*.

Par des genres comme *Ctenolophon*, *Microtropis* et (?) *Scortechinia*, les *Célastracées* (y-compris les *Hippocratéacées*), que j'avais considérées autrefois comme des descendants des *Saxifragacées*, tribu des *Breviées*, à leur tour dérivent des *Linacées*, notamment de la tribu des *Ixonanthées*. Des caractères de correspondance je ne citerai ici que l'arillus d'*Ixonanthes* et de la plupart des *Célastracées*, que l'on ne trouve à ce degré de développement chez aucune *Saxifragacée*.

Je m'écarterais trop du véritable sujet de ce travail, si je devais établir complètement toutes ces affinités. Je ne ferai que les indiquer sommairement, pour montrer où les *Linacées*, et le nouveau genre *Philbornea* qui en fait partie, doivent trouver place dans le système naturel.

<sup>1)</sup> Voir aussi JUST, Bot. Jahresber., XXXVI, 3-(1910), p. 218, note 1.



Il ne me reste donc plus qu'à donner une description de ce genre et de la nouvelle espèce.

**Philbornea** gen. nov., *Durandae* arete affinis, sed inflorescentiis inferioribus demum non paniculatis, sed laxe racemosis, pedicellis longioribus et gracilioribus minus clavatis, ovario tricarpellato, ovulis in quovis loculo geminis, drupa ovoidea mucronulata monopyrena, endocarpio extus dense longitudinaliter subreticulato-fibroso optime distincta.

Sepala 5; rotundata, valde convexa, prominenter flabellato-nervosa, ad  $\frac{3}{5}$  imbricata, firma, post anthesin persistentia et drupae basin laxe foventia. Petala 5, contorta, fugacia, lutea, cuneato-unguiculata, hypogyna. Stamina 10, quorum 5 paulo breviora, omnia fertilia, basi in tubum brevem coalita. Ovarium 3-loculare; styli 3, filiformes, stigmatibus capitato terminati; ovula in loculis gemina collateralia, ex angulo interno pendula. Drupa ovoidea, mucronulata, in sicco longitudinaliter rugosa, loculis 2 abortivis monopyrena, exocarpio tenui carnoso, endocarpio osseo extus dense longitudinaliter subreticulato-fibroso, intus laevi luteo. Semina... Embryo... — Frutices glaberrimi, scandentes, interdum *Hugoniae* et *Roucheae Griffithianae* *Ancistrocladique* more cirrhis uncinatis (inflorescentiae ramis sterilibus) armati. Folia alterna, obovato-lanceolata, petiolata, penninervia, arete et prominenter reticulato-venosa, chartacea, margine remotiuscule serrulata, adulta demum exstipulata. Flores in racemos alios in panicula terminali congestos alios axillares plerumque fasciculatos ceterum simplices laxos graciles dispositi. Pedicelli longiusculi, graciles, supra medium bracteolis binis minutis squamiformibus instructi et articulati, parte superiore sub flore parum, sub fructu magis conspicue clavata. Drupa cum calyce persistente et pedicelli parte superiore decidua.

Species 2 in Borneo boreali-occidentali et ins. Philippinensibus austro-occidentalibus indigenae.

1. **Ph.** *magnifolia* HALLIER f. — *Durandea magnifolia* STAFF in HOOKER, *Icones* XXIX, 1 (déc. 06), t. 2822. pp. 1—3.

Bornéo N. O., Sarawak, Rejang (G. D. HAVILAND, août 1893, n° 2834, en fleurs, Herb. Lugd.-Bat.).

C'est surtout dans cette espèce que par la nervure des feuilles les affinités avec les *Ochnacées* se reconnaissent nettement. Comme chez beaucoup d'*Ochnacées* il se détache de la nervure médiane et des nervures

latérales de nombreuses ramifications fines, à angle droit, qui se perdent bientôt dans le fin réseau, à mailles étroites, des nervures, à peu près comme dans une plume d'oiseau, ou dans une échelle dont les échelons ne sont pas tenus ensemble par deux montants latéraux, mais passent à travers une poutrelle. Les sépales fortement bombés, à côtes proéminentes en éventail, et les pétales jaunes font également songer aux *Ochnacées*.

2. **Ph.** *palawamica* sp. n.; differt a *praecedente* foliis minoribus tenuioribus magis conspicue serratis, petiolis minus robustis, nervis lateralibus intra marginem non tam regulariter arcuatim anastomosantibus, venarum rete paulo laxiore minus regulari supra magis subtus minus prominente.

Frutex scandens (cirrhi in specimine herb. Bogor. non exstant), glaberrimus. Ramii irregulariter multanguli, juniores subfusci, seniores pallidi. Folia late obovato-lanceolata, breviter et acutiuscule acuminata, basi acuta, remotiuscule, sed sat conspicue serrulata, 13,5—20 cm. longa, 5,7—8 cm. lata, acumine 7—20 mm. longo, membranacea, subtus praecipue luteo-viridia, utrinque nitidula, costa supra acute et anguste, subtus late et obtuse prominente, nervis lateralibus utrinsecus 8—10 tenuibus procurvis intra marginem irregulariter arcuatim anastomosantibus utrinque prominentibus, tenuioribus hic illic intermixtis, venarum rete arcto et tenui subtus parum, supra magis conspicue prominulo; petiolulus brevis, teres, supra anguste et profunde sulcatus, 5—10 mm. longus. Racemi 4—8 cm. longi, rhachi pedicellorumque parte inferiore tenuibus obscure angulatis luteo-viridibus; bractee minutae, subulatae, deciduae; pedicelli 7—12 mm. longi, supra medium articulati, infra articulationem bracteolis 2 minimis squamiformibus alternis deciduis praediti, parte superiore (quam cl. VELENOVSKY hypanthium appellat) fusca clavata una cum calyce et fructu decidua 3—4 mm. longa. Flores non exstant. Sepala orbicularia, valde convexa, sub fructu 3 mm. longa, fusco-viridia, margine anguste subhyalina, flabellato nervosa, nervis conspicue prominentibus. Petala et stamina decidua. Drupa ut supra in generis descriptione, fusca, apice pallescens, ca. 1 cm. longa, 5 mm. crassa.

Ile Philippine du S. O. Palawan, Mt. Pulgar près Puerto Princesa (A. D. E. ELMER, mars 1911, n° 12870, en fruits, Herb. Bogor. „A scandent shrub at 750 altitude”).

*Leyde*, le 5 février 1912.

SUR UNE MÉTHODE BIOCHIMIQUE DE DÉTERMINATION  
DE PETITES QUANTITÉS D'ACIDE SALICYLIQUE  
EN PRÉSENCE D'UN EXCÈS D'ACIDE PARAOXYBENZOÏQUE

PAR

J. BÖESEKEN et H. WATERMAN.

---

A l'occasion d'un examen du rapport dans lequel les acides *o*- et *p*-oxybenzoïque prennent naissance dans la réaction de KOLBE, nous avons remarqué que l'acide *p* (et aussi l'acide *m*) pouvait être utilisé comme nourriture à carbone par *Penicillium glaucum*.

Comme l'acide salicylique exerce une influence d'inhibition sur la croissance de l'organisme, nous avons tâché de baser sur la différence de propriétés de ces isomères une méthode d'analyse quantitative.

Nous y sommes parvenus pour de petites quantités d'acide salicylique, de sorte que la méthode nous a rendu des services pour la détermination quantitative du mélange d'acides, qui se forme dans la réaction de KOLBE, lorsqu'on part du phénolate de potassium.

Lorsqu'on stérilise une solution aqueuse à 0,3 % d'acide *p*-oxybenzoïque, contenant en outre 0,05 % d'hydrophosphate de potassium, 0,05 % de chlorure d'ammonium et 0,02 % de sulfate de magnésium (la solution de sels inorganiques doit avoir une réaction faiblement acide), refroidie à la température du laboratoire, et qu'on y inocule soigneusement une culture de *Penicillium*, on observe, dans des conditions identiques, toujours le même phénomène de développement, dans lequel on constate de jour en jour les mêmes différences.

Par l'addition de quantités déterminées d'acide salicylique, le développement est modifié d'une façon constante. De toutes petites quantités commencent par produire une faible accélération dans la croissance, mais à partir de quantités supérieures à 1 %, on constate nettement que la croissance est enrayée.

Pour réaliser l'expérience on met dans des flacons d'Erlenmeyer tous égaux des solutions identiques et fraîchement préparées d'acide *p*-oxy-

benzoïque avec des sels inorganiques, et on y ajoute des quantités croissantes d'acide salicylique; on stérilise par une courte ébullition et après refroidissement on introduit une petite quantité de la même culture de *Penicillium*. En même temps une solution à 0,3% du mélange à examiner, traitée d'ailleurs de la même façon, est offerte au *Penicillium* et comparée avec l'échelle des solutions étalon.

La méthode est donc comparable en quelque sorte à une méthode colorimétrique. Elle paraît très subjective, mais cela n'est qu'apparent; l'expérience dure notamment plusieurs jours, de sorte que les observations peuvent être contrôlées à chaque instant et à diverses reprises.

En outre, les premiers phénomènes de développement sont généralement très nettement visibles et le moment de leur observation est reculé de plus en plus par des quantités croissantes d'acide salicylique.

Un autre défaut de la méthode pourrait être sa trop grande sensibilité; de petites quantités d'autres substances, qui peuvent prendre naissance dans la réaction de KOLBE, pourraient également produire des troubles.

Mais nous avons pu montrer que de tous les composés oxygénés qui peuvent se former dans cette réaction l'acide salicylique seul exerce l'influence d'inhibition.

On doit toutefois avoir soin de partir de phénol pur, parce que le groupe méthylique a une action nuisible.

La solution de sels inorganiques ne doit pas être conservée trop longtemps; nous avons notamment reconnu qu'une solution qui était restée dans une bouteille en verre pendant quelques mois avait acquis un constituant à pouvoir enrayant, dont la nature nous est d'ailleurs restée inconnue.

Nous donnerons en premier lieu un aperçu de quelques solutions étalons. Les flacons contenaient tous 50 cm<sup>3</sup>. de solution; ils avaient une capacité de 200 cm<sup>3</sup>. environ. Les expériences furent faites en laboratoire, seulement nous avons pris soin de placer les flacons à un endroit légèrement chauffé et dans l'obscurité. Les observations se font à l'oeil nu, ou armé tout au plus d'une faible loupe.

Cette méthode permet de déterminer des quantités d'acide salicylique comprises entre 1 et 10%, dans un excès d'acide *p*-oxybenzoïque, avec une précision absolue d'un peu plus de 1%. Cette précision n'est pas grande, il est vrai, mais elle n'est pourtant pas beaucoup plus faible que celle que l'on atteint dans la plupart des recherches sur la production



Inoculé le 17 janvier.

N°.	1	2	3	4	5
Quantité { p- d'acide { o	0.1507 gr.	0.1502	0.1502	0.1499	0.1507
	0.....	0.0004	0.0019	0.0074	0.0178
20 janvier	+	+	+	—	—
23 „	++	++	++	+	—
25 „	+++	+++	+++	+++	—

Inoculé le 24 janvier.

N°.	6	7	8	9	10	11
Quantité { p- d'acide { o	0.1501	0.1494	0.1494	0.1492	0.1493	0.1499
	0.....	0.0023	0.0046	0.0068	0.0082	0.0132
26 janvier	+	+	—	—	—	—
27 „	++	++	+	+	?	—
28 „	+++	+++	++	++ < 8	+	—
30 „	+++	+++	+++	++	++ < 9	+

Inoculé le 27/9 1911.

N°.	1	2	3	4	Mélange de composition inconnue	
Quantité { p- d'acide { o	0.1503	0.1507	0.1505	0.1506	0.1493	0.1500
	0	0.0020	0.0043	0.0062		
2 oct. '11	++	+	< 2	< 3	Développement comme entre 1 et 2.	
3 „ „	Toutes ces cultures ont un développement plus fort, mais décroissant de 1 à 4.				„	
4 „ „					„	

simultanée d'isomères (voir HOLLEMAN. „Die direkte Einführung etc.”)

Nous avons soumis ensuite à un examen biochimique le mélange d'acides obtenu suivant le procédé de KOLBE; un essai préliminaire nous avait appris, que la moisissure s'y développait après quelques jours, de sorte que la quantité d'acide salicylique était faible.

Il résulte de cette expérience qu'il y avait dans tous les cas moins de  $1\frac{1}{3}\%$  d'acide salicylique dans le mélange.

C'est ce que nous avons vérifié encore par une seconde série, dans laquelle nous avons ajouté aux flacons contenant le mélange de KOLBE des quantités croissantes d'acide salicylique; de cette façon chaque flacon contrôlait son prédécesseur.

Inoculé le 24/10 '11.

N°.	1	2	3	4	5	6	
Quantité d'acide	p- 0.1505	0.1503	0.1507	0.1505	0.1500	0.1500	
	o- 0	0.0021	0.0045	0.0056	0.0082	0.0102	
27 oct. '11	++	+	+ < 2	+ < 3	?	—	
N°.		a	b	c	d	e	f
Quant.	Mélange Kolbe	0.1497	0.1503	0.1504	0.1495	0.1501	0.1495
	Ac. salic.	0	0.0024	0.0047	0.0060	0.0082	0.0101
Dével. le 27 oct.		+	+ < a	+ < b	?	—	—
				entre 4 et 5 mais crois- sance nette.	un peu > 5		

Nous voyons qu'effectivement *tous* les flacons contenant le mélange de KOLBE se sont comportés comme les mélanges artificiels, où il y avait à peu près 2 mgr. d'acide salicylique en plus; nous pouvons donc en conclure que tel était réellement le cas, de sorte que nous pouvons

dire en toute certitude que cette quantité est à peu près, mais pas tout à fait, 2 mgr. ou  $1\frac{1}{3}\%$ .

Nous avons encore confirmé ce résultat en appliquant au mélange de KOLBE une des méthodes décrites par HOLLEMAN („Die direkte Einführung etc.”), notamment la méthode d'extraction (l. c. pp. 17—26).

A cet effet nous avons secoué le mélange avec du benzène sec, où l'acide salicylique se dissout facilement; nous avons déterminé les acides par titration et du nombre ainsi obtenu nous avons soustrait la quantité d'acide *p*-oxybenzoïque dissoute. Comme la solubilité de l'acide *p* est modifiée par la présence d'orthoacide, nous avons d'abord établi expérimentalement cette influence et nous avons pu corriger ainsi graphiquement la quantité de paraoxyacide dissoute. Nous avons trouvé ainsi 1,1 à 1,2 %.

Il est certain que cette méthode est susceptible d'extension, surtout parce qu'on peut disposer d'un grand nombre d'organismes différents et qu'on peut, si c'est nécessaire, modifier encore dans divers sens la qualité de la nourriture organique.

Dans ce cas-ci nous avons cru pouvoir nous contenter de l'observation macroscopique de la croissance dans la solution, mais il va de soi que la technique de la méthode peut encore être perfectionnée de diverses façons.

*Delft*, laboratoire de chimie organique de l'Université Technique,  
Nov. 1911.

SUR L'ACTION DE QUELQUES DÉRIVÉS DU BENZÈNE  
SUR LE DÉVELOPPEMENT DE *PENICILLIUM GLAUCUM*

PAR

J. BÖESEKEN et H. WATERMAN.

---

1. Nous avons étendu dans diverses directions nos recherches sur l'action de *Penicillium glaucum* sur les acides oxybenzoïques.

En premier lieu cela était indispensable, parce qu' il nous fallait un grand nombre de données sur la valeur de la méthode de détermination quantitative de l'acide salicylique. Il peut notamment se former dans la réaction de KOLBE quelques autres combinaisons, qui peuvent avoir une influence perturbatrice sur le développement de l'organisme.

En second lieu nous avons été frappés du contraste entre un ortho-dérivé du benzol d'une part et les para- et métadérivés d'autre part; ce sont en effet généralement les ortho- et les paradérivés qui ont des propriétés différentes de celles des métadérivés.

Comme la dernière différence résulte de la nature de l'anneau benzénique <sup>1)</sup>, il faut que dans notre cas le contraste naturel soit éclipsé par un autre.

Il serait naturel de mettre cette particularité en rapport avec la grande constante de dissociation de l'acide salicylique; mais là n'est certainement *pas* la raison, car les composés plus fortement dissociés: les acides 2.4-, 2.3-, 2.6- dioxybenzoïque et même 2.3.4- et 2.4.6-trioxybenzoïque manifestent une action d'inhibition moindre, alors que l'acide benzoïque beaucoup plus faible et notamment les acides tolyliques entravaient à un degré encore plus fort le développement de l'organisme.

Voilà pourquoi nous avons examiné si la théorie de H. MEYER <sup>2)</sup> et

---

<sup>1)</sup> HOLLEMAN et BÖESEKEN, *Versl. Kon. Akad. v. Wet*, 24 déc. 1909, p. 535.

<sup>2)</sup> H. MEYER, *Zur Theorie der Alkoholnarkose. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 42, 109, 1899 et 46, 338, 1901. Voir aussi C. ARCHANGELSKY, 46, 347.



E. OVERTON <sup>1)</sup> pouvait nous donner une explication satisfaisante du phénomène. Cette théorie part de l'idée, que les modifications qui se produisent dans la partie grasseuse ou lécithinique de l'organisme auront en tout premier lieu une influence sur un changement des diverses fonctions. Si donc une substance est plus aisément soluble dans une graisse que dans l'eau, elle peut déjà par là exercer une action narcotique, parce qu'elle s'accumulera dans la partie grasseuse.

En déterminant pour un grand nombre de substances le coefficient de partage entre l'eau et l'huile d'olive et en comparant ce coefficient avec l'action narcotique, les auteurs cités ont pu soumettre leur théorie au contrôle d'un très grand nombre de données et MEYER put même montrer que, si la température modifie le coefficient de partage, l'action narcotique est influencée dans le sens prévu par la théorie.

Nous avons effectivement reconnu que, tandis que pour l'acide salicylique le coefficient de partage entre l'huile d'olive et l'eau à 25° est **11,8**, pour l'acide *p*-oxybenzoïque il n'est que **0,6** et pour l'acide *m*-oxybenzoïque **0,4**.

Nous avons examiné ensuite une quantité d'autres dérivés du benzène au point de vue de leur action sur le développement de *Penicillium*, après quoi nous avons également déterminé pour un certain nombre d'entr'eux le coefficient de partage entre l'huile d'olive et l'eau.

Dans tous les cas nous avons pu constater nettement une parallélisme entre l'action d'inhibition et la grandeur du coefficient de partage.

Les recherches firent découvrir d'ailleurs quelques faits relatifs à des maxima de développement du *Penicillium* dans des solutions de divers dérivés du carbone, faits qui nous parurent assez intéressants. Ils s'expliquent aussi par la théorie de MEYER-OVERTON.

### Méthode.

2. Comme la méthode biochimique que nous avons suivie s'écarte assez bien de celle que l'on applique ordinairement et se caractérise par une grande simplicité, nous allons en donner une courte description.

Les expériences ont toujours été faites dans des flacons d'Erlenmeyer

---

<sup>1)</sup> E. OVERTON. Studien über die Narkose. Zugl. ein Beitrag zur allgem. Physiologie. Fischer, Jena, 1901.

de 200 cm<sup>3</sup>. de capacité environ, rincés à la vapeur d'eau, et où nous introduisions une solution de 50 cm<sup>3</sup>. d'eau, contenant 1/20 % de phosphate de potassium, 1/20 %  $NH_4Cl$  et 1/50 % de sulfate de magnésium; lorsque le besoin s'en faisait sentir, elles étaient acidulées par une trace d'acide phosphorique. Nous y dissolvions la substance à examiner, soit seule en quantités variables, soit ajoutée en quantités croissantes à un étalon d'acide *p*-oxybenzoïque, d'environ 150 mgr. le plus souvent et contenant d'ailleurs la même nourriture inorganique. Les solutions furent stérilisées de la façon ordinaire et infectées d'une culture pure de *Penicillium glaucum*, cultivée le plus souvent sur l'acide *p*-oxybenzoïque ou l'acide protocatéchi que comme source de carbone. Elles furent placées ensuite dans une couveuse à 28°—29° et observées de jour en jour. L'inoculation se faisait toujours de la même façon, de sorte que la quantité introduite était minime.

La solution des sels inorganiques ne peut pas être vieille; nous avons notamment reconnu qu'une solution, préparée depuis un an, entravait le développement de la moisissure (voir la communication précédente).

Les flacons étaient bien aérés; la couveuse était fermée, de sorte que les expériences se faisaient dans l'obscurité.

Ainsi que nous l'avons mentionné dans notre communication précédente, le développement progressait toujours d'une façon tout à fait normale; dans les nombreuses séries d'expériences il arrivait très rarement qu'un flacon présentait un phénomène anormal; dans ces cas exceptionnels il se manifestait en même temps d'autres anomalies, comme une forte coloration etc.

3. Dans les expériences sur l'action d'inhibition nous avons offert à la moisissure, outre une (parfois plusieurs) solution étalon d'acide *p*-oxybenzoïque pur, un grand nombre de ces solutions, pourvues de quantités croissantes de la substance à examiner; nous avons alors observé les solutions pendant plusieurs jours et nous les avons comparées entr'elles. Le moment où commençait le développement de l'organisme s'observait avec une grande netteté dans la solution claire.

Nous avons pu observer de cette façon si une même quantité de diverses substances retardait plus ou moins le développement, et déterminer la quantité de substance nécessaire pour arrêter le développement dans un délai déterminé (p. ex. 3 à 10 jours).

Lorsque le développement commençait, l'action d'inhibition s'obser-

vait encore très bien et se laissait comparer, de sorte que les observations pouvaient être continuellement reprises et contrôlées.

Tout prouve que le *Penicillium* est un excellent objet d'étude pour des expériences de ce genre, par la régularité de sa croissance et son pouvoir remarquable d'adaptation à toutes espèces de matières carbonées, unis pourtant à une sensibilité suffisante.

4. Outre ces expériences, qui se rapportent donc à l'action de diverses substances sur la croissance de l'organisme dans un excès d'une source de carbone bien déterminée, nous en avons fait d'autres, dans lesquelles nous avons examiné si ces substances (qui étaient choisies de telle sorte que leur structure chimique présentât une assez grande analogie entr'elles et avec la source de carbone) pouvaient elles-mêmes faire l'office de source de carbone et, si tel était le cas, comment le développement dépendait de la quantité de ces substances.

A cet effet, nous avons de nouveau offert au *Penicillium* des quantités croissantes de ces substances, mélangées de la nourriture inorganique mentionnée, et nous avons observé comme ci-dessus la croissance de l'organisme pendant toute une série de jours. Très souvent plusieurs séries se trouvaient à la fois dans la couveuse, de sorte que les résultats pouvaient être comparés immédiatement entr'eux.

5. Nous avons indiqué déjà sous 3 quelques avantages de cette méthode; l'avantage principal, c'est que toute source de carbone, autre que celle que l'on veut précisément étudier, est soigneusement évitée, de sorte qu'on peut être certain que tout développement est lié à la présence de la substance à examiner et non au carbone du terrain de culture.

Nous nous sommes encore assurés que l'acide carbonique de l'atmosphère seul ne suffit pas pour produire un certain développement, et la quantité de matière inoculée était toujours tellement faible, qu'elle-même ne pouvait pas intervenir comme source de carbone.

Voilà pourquoi nous pouvions nous contenter d'observations très simples et nous n'avions pas à nous occuper de ce que devenait la substance organique.

Il en résultait encore que nous n'étions pas obligés d'opérer sur des quantités considérables de matière, mais que bien souvent quelques milligrammes suffisaient.

Il nous semble que les résultats obtenus avec de toutes petites quantités de substance ne sont pas les moins importants.

6. Les substances que nous avons soumises à l'examen biochimique sont les suivantes:

*a.* phénol, pyrocatechine, résorcine, hydroquinone, pyrogallol, phloroglucine;

*b.* acides *o*-, *m*- et *p*-oxybenzoïque, acides 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4-dioxybenzoïque, acide anisique, acide guajacolcarbonique, acides 2,3,4-, 2,4,6-, 3,4,5-trioxybenzoïque;

*c.* acide benzoïque et les trois acides tolyliques;

*d.* quelques composés plus lointains, comme l'acide quinique.

Les phénols furent soigneusement purifiés, les acides *o*- et *p*-oxybenzoïque furent préparés suivant KOLBE en partant de phénol complètement exempt de crésol et employés après de multiples cristallisations; l'acide *m*-oxybenzoïque fut obtenu par fusion dans la potasse du produit sulfonique de l'acide benzoïque.

L'acide 2,3-dioxybenzoïque fut dérivé de l'acide guajacolcarbonique par chauffage avec le chlorure d'aluminium; l'acide 2,5-dioxybenzoïque (acide gentisique) par oxydation de l'acide salicylique à l'aide de persulfate de potassium.

L'acide 2,6-dioxybenzoïque nous fut obligeamment cédé pour ce but par M. le prof. BRUNNER.

L'acide protocatéchique, que nous avions dans nos collections, fut purifié par cristallisation, et il en était de même des acides anisique, guajacolcarbonique, benzoïque, tolyliques; quant aux acides 2,4,6- et 2,3,4-trioxybenzoïque, nous les avons obtenus en traitant le pyrogallol et la phloroglucine au moyen de  $KHCO_3$ .

#### *Expériences.*

7. Nous n'avons pas l'intention de faire ici un rapport détaillé de toutes nos expériences; nous nous contenterons de communiquer quelques séries et de donner un aperçu des résultats.

Jetant sur ces derniers un coup d'oeil d'ensemble, nous constatons que la propriété de pouvoir servir comme nourriture ne dépend pas du degré de dissociation des acides, mais de la nature, du nombre et de la situation des groupements.

A. *Nature*. Avantageux en premier lieu est le groupement *OH*.

Cela résulte de la façon dont se comportent le phénol, qui favorise la croissance en faible concentration; nous verrons tantôt pourquoi il l'entrave lorsque la concentration est assez élevée.

Tous les autres composés polyoxygénés peuvent être assimilés dans une mesure plus ou moins large.

En second lieu le groupement carboxyle.

TABLEAU I.

Action de grandes quantités de divers composés du carbone sur le développement de *Penicillium*.

Date de l'inoculation	Nom de la combinaison	Quantité	9 janv.	19 janv.	Comm. mars	Remarques
24 déc. '10	acide salicylique	0.050	—	—	—	Coloration foncée
	a. <i>p</i> -oxybenzoïque	0.14	} fort développement			
	a. <i>m</i> -oxybenzoïque	0.20				
	a. 3.4.5-trioxybenzoïque	0.50				
	a. 3.4-dioxybenzoïque	0.50				
	a. 2.3.4-trioxybenzoïque	0.15	—	—	développement et coloration brune	
25 janv. '11	acide quinique	0.1015	+	fort développement		Coloration foncée
	a. 2.4.6-trioxybenzoïque	0.0807	—	?	fort dével.	
13 févr.	a. 2.4 dioxibenzoïque	0.1004	16 févr.	20 févr.	1 mars	Coloration foncée
			?	+	++	
1 févr.	a. <i>p</i> -oxybenzoïque	0.1500	+	++	+++	Détermination de contrôle Croît régulièrement
	<i>p</i> -oxybenz. d. méthyle	0.1500	—	—	—	
	acide anisique	0.1500	—	—	+	
	acide pipéronylique	0.1000				
7 févr.	acide benzoïque	0.1500	} au bout de deux mois pas de développement			
	aspirine	0.1500				
	a. guajacolcarbonique	0.0994				
	a. opianique	0.1002				
	anisol	0.0235				



TABLEAU I. (Suite).

Action de grandes quantités de divers composés du carbone sur le développement de *Penicillium*.

Date de l'inoculation	Nom de la combinaison	Quantité	20/6	22/6	24/6	28/6		Remarques
19 juin '11	a. 2.3-dioxybenzoïque	0.0814	—	—	?	+		Contrôle
"	a. 2.5-dioxybenzoïque	0.2376	—	—	—	—		
"	a. p-oxybenzoïque	0.1	—	+	++	+++		
			3/7	5/7	6/7	7/7	17/7	
1 juillet	a. 2.4-dioxybenzoïque	0.1027	—	—	+	+	++	Coloration brune
			10/7	13/7	17/7			
5 "	résorcine	0.100	+	++	+++			Sol. vert jaunâtre " rougebrunâtre " très foncée
8 "	pyrocatechine	0.0992	—	+	+ > 13/7			
"	hydroquinone	0.1005	—	—	+ faible			
"	pyrogallol	0.0973	—	—	?			
			3/7	5/7	7/7			
1 juillet	acide tannique	0.1021	+	++	+++			} Comme sel } monopotassique Comme sel dipotassique
"	a. métaphénolsulfonique	0.10	} pas de développe- ment					
"	paraphénol	0.10						
"	"	0.10						
						28/8		
20 juillet	phénol	0.035			++			
"	"	0.070			+			
				8/9	3/10			
1 sept.	phloroglucine	0.15		+	+++			
"	"	0.15		+	+++			
			26/9	28/9	2/10			
21 sept.	a. 2.6-dioxybenzoïque	0.0476	—	—	+ faible			
			28/10	24/10	26/10	27/10		
20 oct.	a. o-phtalique	0.124	—	?	+	+		

En comparant l'acide benzoïque avec le phénol, on reconnaît toutefois que son action est beaucoup plus faible; par contre l'acide *o*-phthalique est absorbé même en concentration relativement élevée.

Défavorables sont les groupements méthylique ou méthylénique et le groupement sulfonique.

Cela résulte de la comparaison de l'acide anisique et de l'éther méthylique de l'acide *p*-oxybenzoïque avec l'acide *p*-oxybenzoïque: de l'acide pipéronylique avec l'acide protocatéchique, de l'acide guajacolcarbonique avec les acides *p*- et *m*-benzoïque.

B. *Nombre*. La combinaison de plusieurs groupes *OH*-, ou *COOH*-, ou des deux augmente en général l'attaquabilité.

On n'a qu'à comparer les polyoxycomposés avec les monoxycomposés, etc.

C. *Situation*. La situation ortho diminue en général l'action favorable <sup>1)</sup>, au point qu'elle peut la rendre défavorable; la situation méta est la plus avantageuse.

L'exemple le plus frappant est fourni par l'acide salicylique vis à vis de ses isomères; comparez d'ailleurs l'hydroquinone, la pyrocatéchine et le pyrogallol avec la résorcine et la phloroglucine.

Pour les acides polyoxycarboniques nous devons tenir compte d'une décomposition en  $CO_2$  et polyphénol, qui se produit déjà à température ordinaire, de sorte que l'assimilation n'atteint pas l'acide même, mais son polyoxycomposé.

Tel est certainement le cas pour l'acide phloroglucine-carbonique, de sorte que l'action avantageuse sur la croissance de l'organisme doit être attribuée en grande partie à la phloroglucine.

Le rôle que ces décompositions peuvent jouer dans le cas des autres acides résulte déjà du fait, que le phénol en faible concentration est une nourriture carbonée excellente.

---

<sup>1)</sup> Ceci paraît d'ailleurs être également en rapport avec la nature des groupements; c'est ainsi que nous avons trouvé (p. 152) que l'acide *o*-toluylique entrave moins le développement que l'acide *p*-toluylique; on sait d'ailleurs que l'*o*-crésol est moins toxique que le paracrésol. Le groupement méthylique „positif” se conduit donc autrement que le groupement hydroxyle „négatif”, ou plus exactement une combinaison de deux groupements opposés se comporte autrement qu'une combinaison de deux groupements analogues.

TABLEAU II.

Action d'inhibition de divers composés  
sur le développement de *Penicillium* dans un substratum avec 0,15 gr. d'acide  
*p*-oxybenzoïque par 50 cm<sup>2</sup> comme source de carbone.

Acide salicylique  $T = 28^{\circ}$  à  $29^{\circ}$ . A l'abri de la lumière.

Quant. en mg.	1.3	2.2	5.1	8.7
Développement 5 j. après l'inoculation.	+++	+++	++	comm.

Acide *o*-crésotinique.

Quant. en mg.	1.3	2.1	5.0	8.1
Développement 5 j. après l'inoculation.	++	+	?	—

Acide salicylique.

Quant. en mg.	2.3	4.6	6.8	8.2	10.5	13.2
Développement après 3 j.	++	++	+	?	—	—
„ 4 j.	+++	++	++	+	?	—
„ 6 j.	+++	+++	++	+	—	?

Acide gentisique (ac. 2.5-dioxybenzoïque).

Quant. en mg.	90.3 avec 18.2 mg. d'ac. <i>p</i> -oxybenzoïque.	92 mg. sans ac. <i>p</i> -oxybenzoïque.
Développement après 3 j.	+	Cette expérience a prouvé que l'acide gentisique n'a pas d'influence notable sur la croissance de l'organisme, bien que cet acide ne fonctionne pas pour ainsi dire comme source de carbone (voir tabl. I et plus bas).
„ 8 j.	++	
„ 19 j.	+++	

TABLEAU II. (Suite).

Acide résorcique (quant. d'ac. *p*-oxybenzoïque = 0.1014 gr.)  
2.6-dioxybenzoïque (0.1 gr. *p*-oxybenzoïque).

Quant. en mg.	31.1
Développement après 5 j.	+++
„ 17 j.	très fort.

Quant. en mg.	20.5
après 4 j.	++
Cet acide n'empêche donc pas plus la croissance que l'acide 2.5-dioxybenz.	

*Action d'inhibition de divers composés sur la croissance  
de Penicillium avec 0,15 gr. d'acide p-oxybenzoïque dans 50 cm<sup>3</sup>.  
comme source de carbone.*

Pour pouvoir comparer l'influence de diverses substances, nous en avons ajouté de petites quantités croissantes à 0,150 gr. d'acide *p*-oxybenzoïque, puis nous les avons traitées exactement de la même façon et observé.

Le tableau III A donne un aperçu des quantités avec les nos des

TABLEAU III A.

	1 2.5 mg. a. <i>p</i> - oxybenz.	2 2 mg a. <i>o</i> - toluyl.	3 2.4 mg a. <i>m</i> - toluyl.	4 2 mg a. <i>p</i> - toluyl.	5 2 mg acide benzoïq.	6 2 mg acide salicyliq.
Nos des expériences	7	8	9	10	11	
Acide salicylique (en mg).	rien contrôle	1.0	7.8	7.8	13.6	
„ benzoïque „		12 1.0	13 1.8	14 6.4	15 11.9	
„ <i>o</i> -tolnylique „		16 1.0	17 2.0	18 8.0	19 13.0	
„ <i>m</i> -toluylique „		20 1.0	21 2.0	22 8.0	23 13.0	
„ <i>p</i> -toluylique „		24 1.0	25 2.0	26 8.0	27 13.0	

expériences; les tableaux III B et III C donnent un aperçu du développement respectivement après 5 et 7 jours. Les n<sup>os</sup> 1—6 concernent de toutes petites quantités d'acide *p*-oxybenzoïque et les substances retardatrices examinées; les n<sup>os</sup> 7—26 se rapportent à des mélanges de ces dernières avec 0,15 gr. d'acide *p*-oxybenzoïque.

TABLEAU III B.

5 jours après l'inoculation.

1	2	3	4	5	6
—	—	—	—	—	—
Acide salic.	7 forte croiss.	8 < 7	9 < 8	10 < 9	11 ?
Acide benzoïque	12 < 8	13 < 9 14 = 10	15	16	17
Acide o-toluylique	18 = 12	19 = 13	20 un peu < 14	21	22
Acide m-toluylique	23 = 16	24 = 20	25 —	26	27
Acide p-toluylique	28 = 20	29 < 21	30 —	31	32

TABLEAU III C.

7 jours après l'inoculation.

1	2	3	4	5	6
—	—	—	—	—	—
	7 fort	8 = 7	9 < 8	10 < 9	11 +
		12 < 8	13 < 9	14 < 10	15 comm.
		16 = 12	17 = 13	18 = 14	19 —
		20 < 16	21 = 17	22 —	23 —
		24 < 20	25 < 21	26 —	27 —

Au bout de 9 jours l'aspect était resté essentiellement le même, sauf que, par suite de la forte croissance, les différences n'étaient plus bien observables dans les solutions de faible pourcentage.

Un critérium toujours facile à observer est le commencement du développement.

Il résulte en toute certitude de cet examen, que l'acide benzoïque et les acides tolyliques ont une action retardatrice plus forte que l'acide salicylique, et que des quatre premiers les acides *m*- et *p*-toluylique ont une influence un peu plus grande que les deux autres (voir la note à la page 559).

Il résulte des tableaux I et II que nous pouvons diviser les substances en trois groupes, entre lesquels on ne saurait évidemment établir des limites bien nettes.

A. Les substances qui peuvent servir comme source de carbone, p. ex. l'acide *p*-oxybenzoïque ;



B. Les substances qui ne peuvent pas servir comme nourriture et n'exercent pas d'action d'inhibition, comme l'acide gentisique;

C. Les substances qui exercent une influence d'inhibition nette, comme l'acide salicylique.

Comme nous avons reconnu que dans les flacons 2 à 6 (voir tableau III), où il n'y avait pas d'autre source de carbone qu'une substance à action d'inhibition, une croissance nette s'observait néanmoins après 17 jours, nous avons également examiné de près ce phénomène.

Nous ferons d'ailleurs remarquer que nous avons conservé ces flacons parce que nous nous attendions à la croissance.

Lorsque nous eûmes notamment constaté que des quantités de 10 % d'acide salicylique, pour la plus grande partie de l'acide para, n'empêchaient pas la croissance à la longue, nous nous sommes demandé ce qu'il advenait de cet acide salicylique.

Quelques flacons contenant des quantités croissantes d'acide salicylique dans 150 mg. d'acide *p*-oxybenzoïque furent traités de la façon ordinaire et filtrés après que la croissance eut été bien mise en train. Le filtrat fut stérilisé et inoculé à nouveau; il se manifesta alors une croissance qui ne se distinguait pas de celle, dans un flacon de contrôle contenant de l'acide *p*-oxybenzoïque pur. *L'acide salicylique est donc consommé* <sup>1)</sup>.

Il s'ensuit que même les substances à pouvoir d'inhibition de la croissance possèdent des fonctions nutritives. C'est ce qui résulte en effet de la façon dont se comportèrent les flacons 2—6, qui tous montrèrent un léger développement au bout de quelque temps.

Ce qui était remarquable, c'est que ce fut maintenant dans le flacon 1, contenant précisément une bonne nourriture à carbone, notamment de l'acide *p*-oxybenzoïque, que le développement fut le plus faible.

On verra tantôt que ce n'était pas là un écart fortuit.

---

<sup>1)</sup> Nous avons pu montrer par la réaction très caractéristique au fer qu'il s'était formé de l'acide gentisique; sous l'influence de l'organisme un atome H, occupant la situation para par rapport au groupement OH déjà existant, est donc substitué et par là l'acide salicylique, défavorable à la croissance, est transformé dans l'acide gentisique, qui est inoffensif.

TABLEAU IV. A. Action de quantités croissantes de substances carbonées sur le développement de *Penicillium*.Acide *p*-oxybenzoïque;  $T = 28^{\circ} - 29^{\circ}$ , à l'abri de la lumière, sauf durant l'observation.

Nos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quant.enmg.	2.9	5.2	10.5	38.9	58.0	89.7	119.7	173.5	213.4	283.2
Après 2 jours	—	—	—	+	+ > 4	+ > 5	u.p. < 6	= 7	= 8	= 9
" 4 "	—	—	+	++	u.p. > 4	> 5	" < 6	< 7	= 8	= 9
" 5 "	—	+	+	++	" > 4	> 5	< 6	beauc. < 7	< 8	= 9
" 6 "	?	+ > 1	+ > 2	++	" > 4	> 5	= 6	" < 7	< 8	= 9
" 7 "	+	+ > 1	+ > 2	++	" > 4	> 5	" < 6	" < 7	< 8	= 9

On trouve donc dans cette première série un maximum bien net entre 89,7 et 119,7 mg. Une seconde série donna un maximum entre 94,4 et 124,7.

TABLEAU IV. B.

Acide *m*-oxybenzoïque; comme ci-devant.

Nos.	1	2	3	4	5	6	7
Quant.enmg.	4.3	12.8	41.7	93.3	172.8	300	553.6
Après 3 jours	?	faible	+	= 3	beauc. < 4	= 2	?
" 5 "	+	> 1	> 2	u.p. > 3	" < 4	très faible	< 6

Ici encore le maximum est un peu au-delà de 93,3; l'influence nuisible d'une grande concentration est ici très nette.

Pour l'acide protocatéchique le maximum n'était atteint que vers 600 mg; pour l'acide *o*-phtalique il était compris entre 71,2 et 124,0.

Pour le phénol (Tabl. IV C. p. 130) le maximum est compris entre 8,5 et 10,4 mg.; dans cette concentration c'est donc une excellente source de carbone.

Il résulte de ces expériences que les substances examinées doivent être considérées à un même point de vue. Elles fonctionnent aussi bien comme source de carbone que comme frein.

Si elles étaient uniquement des sources de carbone, le développement

TABLEAU IV C.

Phénol; comme pour les acides oxybenzoïques.

Nos.	1	2	3	4	5	6	7
Quant.enmg.	2.6	8.5	10.4	12.9	42.6	60.9	141.7
Après 4 jours	comm.	= 1	< 2	= 3	—	—	—
" 6 "	+	> 1	{ < 2 = 1	= 1	—	—	—
" 7 "	++	> 1	= 2	= 3	—	—	—

devrait augmenter continuellement avec la concentration; si elles faisaient exclusivement l'office de frein elles ne permettraient évidemment aucun développement.

Ces expériences nous fournissent en même temps une méthode pour apprendre à connaître la valeur d'une substance comme source de carbone; plus le maximum est élevé, mieux la substance convient comme nourriture. On voit que l'acide protocatéchique a des propriétés bien plus avantageuses que les acides *m*- et *p*-oxybenzoïque, et ces dernières substances valent mieux que le phénol.

Enfin, nous avons remarqué qu'en faible concentration le phénol produisait un développement *plus rapide* que l'acide *p*-oxybenzoïque, un phénomène que nous avons déjà observé (voir plus haut) pour les autres substances à pouvoir inhibition, comme l'acide benzoïque et les acides toluyliques. Si c'était là un phénomène général, il fallait que les substances à action plus favorable encore, comme l'acide protocatéchique, donnassent en faible concentration une croissance moins rapide encore que l'acide *p*-oxybenzoïque.

Et en effet, 4,5 et 8,2 mg. d'acide protocatéchique, observés à quelques jours d'intervalle, donnèrent respectivement une croissance beaucoup plus faible que 3,7 et 9,2 mg. d'acide *p*-oxybenzoïque.

Puisqu'il est établi par là qu'il n'y a pas de différence essentielle, mais uniquement une différence graduelle entre ces dérivés du benzène, la cause principale doit nécessairement être cherchée dans une différence graduelle de propriétés, p. ex. dans le degré différent d'oxydabilité, ou même simplement de solubilité.

Bien qu'il soit probable que la cause doive être cherchée dans divers sens, nous nous sommes bornés provisoirement à examiner la solubilité,

et nous avons déterminé le coefficient de partage des principales combinaisons entre l'huile d'olive et l'eau.

*Sur le coefficient de partage de diverses combinaisons  
entre l'huile d'olive et l'eau à 25°.*

8. Pour déterminer ce coefficient nous avons déterminé la solubilité des substances aussi bien dans l'eau que dans l'huile d'olive, en les secouant pendant longtemps avec les solvants dans un thermostat et déterminant ensuite la teneur des solutions. Nous avons toujours fait les mesures en double, en agitant l'un des flacons plus longtemps que l'autre.

Les acides furent déterminés par titrage, après que la validité de la méthode eut été contrôlée; dans les déterminations de solubilité dans l'huile d'olive, cette huile dut être soumise à l'extraction: à cet effet elle fut secouée (ou bouillie) à diverses reprises avec des quantités d'eau toujours renouvelées, jusqu'à ce qu'elle n'abandonnait pratiquement plus d'acide; généralement une dizaine d'extractions suffisaient.

La solubilité des substances non-acides fut déterminée en ajoutant à un volume déterminé de solvant des quantités croissantes de substance, jusqu'à ce qu'il ne se dissolvait plus rien.

Nous avons trouvé ainsi les coefficients de partage suivants (tableau V), que nous comparons immédiatement avec la croissance qu'ils provoquent et le retard qu'ils produisent.

Le parallélisme entre le coefficient de partage et l'action d'inhibition est indéniable.

Il en est de même pour l'accélération de la croissance, mais en sens inverse.

*Nous pouvons conclure de ces expériences, qu'à mesure que la solubilité dans l'huile l'emporte plus fort sur celle dans l'eau, l'action d'inhibition est plus forte aussi, d'où il suit que cette action doit être en rapport avec une partie grasseuse de l'organisme.*

Il y a deux autres points encore qui doivent être élucidés maintenant:

1°. De petites quantités de substances à pouvoir d'inhibition peuvent favoriser la croissance;

2°. En faible concentration elles favorisent le développement mieux que les substances à faible coefficient de partage, dans les mêmes conditions.

Les petites quantités de substances aisément solubles dans l'huile

Rapport entre le coefficient de partage et le retard dans la croissance.

TABLEAU V. Coefficient calculé sur 100 gr. de solvant.

Nom de la combinaison	N°.	Coefficient de partage à 25°	Action d'inhibition	Croissance pour quant. > 50 mg	Maximum de développ.
Acide <i>o</i> -toluylque	1	40.5	{ + + + < n°s 2 en 3	—	
" <i>p</i> -toluylque	2	29.5	+ + +	—	
" <i>m</i> -toluylque	3	21.0	+ + +	—	
" benzoïque	4	12.6	+ +	—	
" anisique	5	12.5		+	
" salicylique	6	11.8	+ + = n° 4	—	< 2 mg
" phénol	7	> 9 < 10.3	+	+	9 à 10 mg
" taréptalique	8	9.25	+	{ trop difficile-ment soluble	
" guajacolcarbonique	9	3.7	+	—	
" 2.4-dioxybenzoïque	10	1.0	+ < n° 6	+ > n° 7	
" 2.6-dioxybenzoïque	11	} détermination pas encore faite par suite du manque de substance	—	+ } > n° 10	
" 2.3-dioxybenzoïque	12		—	+ }	
" <i>p</i> -oxybenzoïque	13	0.6	—	+ +	± 100 mg
" <i>m</i> -oxybenzoïque	14	0.4	—	+ +	± 100 mg
" 2.5-dioxybenzoïque	15	0.3	—	—	
" 3.4-dioxybenzoïque	16	0.05	—	+ + +	± 600 mg
" résorcine	17	0.04	—	+ + +	
" 3.4.5-trioxybenzoïque	18	0.025	—	+ + +	
" <i>o</i> -phtalique	19	0.01	—	+	± 125 mg

s'accumuleront en grande partie dans la partie grasseuse de l'organisme; du fait, qu'elles sont assimilées, il résulte immédiatement que l'assimilation aussi est en rapport avec cette partie de l'organisme.

Leur assimilation plus rapide que celle des sources carbonées avanta-geuses résulte de nouveau de cette différence de solubilité; les dernières substances, qui sont beaucoup moins solubles dans l'huile que dans l'eau, ne pourront, dans les faibles concentrations absolues de quelques milligrammes seulement par 50 cm<sup>3</sup>, pas pénétrer pour ainsi dire dans la partie grasseuse de l'organisme et seront donc assimilées beaucoup plus lentement.

Le parallélisme n'est évidemment pas absolu. D'abord l'huile d'olive est autre chose qu'un constituant gras de *Penicillium*; en second lieu



le coefficient de partage n'est qu'un des nombreux facteurs (mais un des plus importants) qui interviennent dans le phénomène.

Parmi ces facteurs la facilité d'oxydation de la substance jouera certainement aussi un rôle. Afin d'éliminer ce facteur dans nos recherches, nous avons autant que possible choisi des substances analogues. Cependant nous attribuons la facilité avec laquelle le phénol est assimilé, en comparaison des acides salicylique et guajacolcarbonique, à la facilité avec laquelle il est attaqué.

Cela explique peut-être aussi pourquoi l'acide gentisique (n°. 15, tableau V), bien qu'il soit inoffensif à cause de son faible coefficient de partage, ne sert pas cependant comme source de carbone, et pourquoi l'acide *o*-phtalique (n°. 19), malgré son coefficient de partage très bas, favorise moins bien le développement que l'acide 3.4-dioxybenzoïque p. ex. (voyez dans la dernière colonne du tableau V la quantité nécessaire pour le développement maximum).

C'est probablement aussi là-dedans que l'on doit chercher la raison pour laquelle l'acide *o*-toluylique, avec son coefficient de partage élevé, entrave cependant moins fortement la croissance que l'acide *p*-toluylique; nous avons notamment prouvé que l'acide *o*-toluylique se transforme par oxydation en une substance, qui se forme également par assimilation de l'acide *o*-phtalique; il est donc très probable que l'acide *o*-toluylique est d'abord transformé en acide *o*-phtalique, beaucoup plus avantageux.

*Delft*, laboratoire de chimie inorganique de l'Université Technique,  
novembre 1911.

DE L'INFLUENCE DE SUBSTANCES SOLUBLES DANS LA GRAISSE  
SUR LA MOBILITÉ DE PHAGOCYTES ET D'AUTRES CELLULES

PAR

H. J. HAMBURGER et J. DE HAAN.

---

Dans un travail antérieur <sup>1)</sup> nous avons recherché la cause de l'action favorable de l'iodoforme dans le traitement des plaies; nous sommes arrivés à ce résultat, que cette substance possède la propriété d'accélérer, en toute petite quantité déjà (une dilution de 1 sur 5.000.000), le mouvement amiboïde des globules blancs du sang et de favoriser par là leur pouvoir phagocytaire. Pour expliquer cette propriété de l'iodoforme, nous nous sommes placés à ce point de vue, que la limite extérieure des phagocytes est formée d'une substance grasseuse (lipoïde). Lorsque l'iodoforme s'y dissout, cette substance se ramollit et le mouvement amiboïde des cellules est facilité. Si cette idée était exacte, d'autres substances solubles dans les matières grasses, comme le chloroforme, le chloral, le benzène, le camphre, la térébenthine, devaient également augmenter le degré de mobilité de ces cellules et par là leur pouvoir phagocytaire. C'est ce qui fut en effet vérifié sans exception.

Afin de soumettre cette idée à un nouveau contrôle, nous avons poursuivi nos recherches dans trois directions.

En premier lieu, nous avons examiné au point de vue de leur influence sur le pouvoir phagocytaire d'autres substances encore, notamment l'alcool, l'acide butyrique, l'acide propionique et aussi le baume du Pérou.

En second lieu nous avons examiné jusqu'à quel point la quantité de ces substances, nécessaire pour produire une augmentation, tout juste sensible, de la phagocytose, dépend du degré de solubilité de ces substances dans des matières grasses.

---

<sup>1)</sup> HAMBURGER, DE HAAN et BUBANOVIC: L'influence de l'iodoforme, du chloroforme et d'autres substances solubles dans la graisse sur la phagocytose. Ces *Archives*, (3 B), 1, 1, 1911.

Enfin, en troisième lieu, nous avons examiné si d'autres cellules encore, en particulier des cellules végétales, sont influencées au point de vue de leur mobilité par des substances dissolvant les graisses.

#### I. INFLUENCE DE L'ALCOOL, DE L'ACIDE BUTYRIQUE, DE L'ACIDE PROPIONIQUE ET DU BAUME DU PÉROU SUR LA PHAGOCYTOSE.

La méthode que nous avons suivie ici était exactement la même que celle que nous avons appliquée antérieurement. Nous avons notamment déterminé le pourcentage des leucocytes qui avaient absorbé des particules de charbon d'une suspension, additionnée ou non d'une petite quantité de la substance à examiner.

Ici encore nous avons dû commencer par faire des expériences d'orientation, afin de déterminer combien à peu près il fallait ajouter de substance.

Le tableau I donne la réponse à cette question pour l'alcool.

##### *a. Influence de l'alcool sur la phagocytose.*

Tableau I.

La suspension de leucocytes avait été mise en contact avec les liquides à examiner, pendant une heure à la température ordinaire. Puis les leucocytes eurent pendant 25 minutes l'occasion d'absorber des particules de charbon.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes ayant absorbé du charbon.
<i>NaCl</i> 0,9 %	$\frac{404^1)}{834} \times 100 = 48,4 \%$
1 cm <sup>3</sup> d'alcool sur 10 cm <sup>3</sup> de solution <i>NaCl</i>	$\frac{0}{322} \times 100 = 0 \%$
1 cm <sup>3</sup> d'alcool sur 100 cm <sup>3</sup> de solution <i>NaCl</i>	$\frac{168}{543} \times 100 = 30,9 \%$

On voit qu'à la concentration de 1 : 100 l'alcool est encore désavantageux pour la phagocytose. Il était donc recommandable d'opérer sur des solutions alcooliques plus faibles encore.

Le tableau suivant (tableau II) fait connaître le résultat de cette expérience. On voit que l'alcool, en concentration de 1 : 500, porte la phagocytose de 32,9 à 41,5, ce qui est un accroissement de 27 %. Cette

<sup>1)</sup> Ce quotient signifie que sur les 834 leucocytes comptés, 404 avaient pris du charbon.

augmentation de la phagocytose se fait encore sentir jusqu'à une dilution de 20000, mais alors elle est devenue faible.

Tableau II.

Liquide.	Pourcentage des leucocytes ayant absorbé du charbon.
<i>NaCl</i> 0,9 %	$\frac{389}{1179} \times 100 = 32,9\%$
1 cm <sup>3</sup> d'alcool sur 500 cm <sup>3</sup> sol. <i>NaCl</i>	$\frac{454}{1092} \times 100 = 41,5\%$
1 " " " 1000 " " "	$\frac{447}{1091} \times 100 = 40,9\%$
1 " " " 5000 " " "	$\frac{463}{1113} \times 100 = 41,5\%$
1 " " " 20000 " " "	$\frac{434}{1263} \times 100 = 34,3\%$

Pour ne pas entrer dans trop de détails, nous ne mentionnerons pas les autres expériences sur l'alcool. Nous dirons seulement qu'elles ont fourni le même résultat.

*b. Influence des acides butyrique et propionique sur la phagocytose.*

*Influence de l'acide butyrique sur la phagocytose.*

Tableau III.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes ayant absorbé du charbon.
<i>NaCl</i> 0,9 %	$\frac{446}{1173} \times 100 = 38,1\%$
1 cm <sup>3</sup> d'acide sur 100.000 cm <sup>3</sup> sol. <i>NaCl</i>	$\frac{43}{603} \times 100 = 7,1\%$
1 " " " 500.000 " " "	$\frac{630}{1341} \times 100 = 46,9\%$
1 " " " 1.000.000 " " "	$\frac{457}{1239} \times 100 = 36,8\%$
1 " " " 5.000.000 " " "	$\frac{287}{759} \times 100 = 37,8\%$

On voit qu'en concentration de 1 sur 100 000 l'acide butyrique exerce une influence très défavorable sur la phagocytose; mais dilué au 500 000-ème il fait monter le pouvoir phagocytaire de 38,1 à 46,9; lorsque la dilution est de 1000000 ce pouvoir revient à la valeur normale.

Des résultats analogues ont été obtenus avec l'acide propionique, ainsi que le prouve le tableau suivant.

*Influence de l'acide propionique sur la phagocytose.*

Tableau IV.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes ayant absorbé du charbon.
<i>NaCl</i> 0,9 ‰	$\frac{201}{432} \times 100 = 46,5\%$
1 cm <sup>3</sup> d'acide sur 1000 cm <sup>3</sup> sol. <i>NaCl</i>	$\frac{0}{256} \times 100 = 0$
1 " " " 20000 " " "	$\frac{0}{316} \times 100 = 0$
1 " " " 100000 " " "	$\frac{3}{256} \times 100 = 1\%$
1 " " " 500000 " " "	$\frac{102}{375} \times 100 = 27,2\%$

Le tableau précédent apprend qu'en solution à 0,9 ‰ de *NaCl* la phagocytose est de 46,5 ‰. L'addition de 1 : 1000000 d'acide propionique suffit déjà pour l'enrayer presque complètement et une concentration de 1 : 500000 la diminue encore considérablement. Voilà pourquoi nous avons fait des expériences avec des quantités plus petites encore; les résultats se trouvent dans le tableau suivant.

*Influence de l'acide propionique sur la phagocytose.*

Tableau V.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes ayant absorbé du charbon.
<i>NaCl</i> 0,9 ‰	$\frac{356}{933} \times 100 = 38,1\%$
1 cm <sup>3</sup> d'acide sur 500.000 cm <sup>3</sup> sol. <i>NaCl</i>	$\frac{314}{992} \times 100 = 31,6\%$
1 " " " 1.000.000 " " "	$\frac{425}{902} \times 100 = 47,1\%$
1 " " " 5.000.000 " " "	$\frac{456}{673} \times 100 = 52,8\%$
1 " " " 10.000.000 " " "	$\frac{389}{934} \times 100 = 41,6\%$



Ici encore on constate qu'une solution d'acide propionique à 1 pour 500000 a encore une influence désavantageuse sur la phagocytose. Par une solution de 1 sur 1000000 elle monte de 38,1 à 47,1 et avec une solution de 1 sur 5000000 elle monte même jusqu'à 52,8 %, ce qui constitue une augmentation de  $\frac{52,8 - 38,1}{38,1} \times 100 = 38,5 \%$ .

On voit donc qu'en très faible concentration déjà les acides gras sont nuisibles, mais très fortement dilués ils favorisent la phagocytose.

Si l'on compare l'action des acides gras sur la phagocytose avec celle des acides minéraux ordinaires, comme  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ , on est frappé de leur toxicité. Nous avons vu antérieurement <sup>1)</sup> qu'une solution diluée d'acide sulfurique ne devient nuisible que lorsque la concentration atteint 1 : 7000, et l'acide propionique exerce déjà une influence nuisible plus forte en concentration de 1 sur 500000. La raison de cette différence doit sans doute être cherchée pour une partie dans la facilité de diffusion des acides gras, grâce à leur solubilité dans la surface lipoïde. On songe tout naturellement à l'empoisonnement par les acides, bien connu en pathologie.

### c. Influence du baume du Pérou sur la phagocytose.

Considérant que le baume du Pérou contient aussi un acide organique, notamment l'acide cinnamique, nous nous sommes demandé si par hasard le baume du Pérou favoriserait aussi la phagocytose.

Les expériences ont pleinement confirmé nos prévisions.

C'est ainsi que nous avons fait l'expérience suivante: une grosse goutte de baume du Pérou fut secouée avec 50 cm<sup>3</sup>. d'une solution de  $NaCl$  à 0,9 %, puis la liqueur fut filtrée. Le filtrat avait une odeur aromatique agréable. Nous avons fait de ce filtrat diverses dilutions dans la solution de  $NaCl$  à 0,9 %, savoir des dilutions de 1 sur 4, 1 sur 10 et 1 sur 50 de solution  $NaCl$ . Nous communiquons ici (tableau VI) une des séries d'expériences.

Le tableau apprend que, tandis que dans la solution à 0,9 % de  $NaCl$  le nombre des globules blancs qui ont absorbé du charbon est de 44,4 %, sous l'influence de l'extrait non dilué ce nombre s'est élevé jusqu'à 63,2 %. C'est donc une augmentation considérable de la pha-

<sup>1)</sup> HAMBURGER et HEKMA. Sur la phagocytose. Ces *Archives*, (2), 13, 379, 1908.

gocytose. Cette augmentation s'observe encore très nettement dans un extrait dilué au dixième; mais en dilution au 50<sup>e</sup> elle ne se constate plus que faiblement.

*Influence du baume du Pérou sur la phagocytose.*

Tableau VI.

Liquides.	Pourcentage des leucocytes ayant absorbé du charbon.
1. Sol. <i>NaCl</i> à 0,9 %.	$\frac{470}{1057} \times 100 = 44,4\%$
2. Extrait de baume du Pérou dans sol. <i>NaCl</i>	$\frac{565}{893} \times 100 = 63,2\%$
3. 1 vol. d'extrait (2) sur 3 vol. de sol. <i>NaCl</i>	$\frac{622}{1062} \times 100 = 58,5\%$
4. 1 vol. d'extrait (2) sur 49 vol. de sol. <i>NaCl</i>	$\frac{521}{1089} \times 100 = 47,8\%$

*Il ne saurait y avoir de doute que l'action du baume du Pérou dans le traitement des plaies infectées, restée inexpliquée jusqu'ici, ne doive être attribuée en partie à une augmentation de la phagocytose.*

Le chémotactisme doit indubitablement être augmenté aussi par cette substance. Ce phénomène en effet, repose aussi sur la mobilité des phagocytes. D'ailleurs, dans l'étude de l'influence du calcium sur la phagocytose, nous avons pu voir que l'augmentation de la phagocytose et celle du chémotactisme vont de pair.

Mais l'action favorable du baume du Pérou ne se bornera pas aux phagocytes. Elle se fera aussi sentir sur le tissu granuleux et en général sur l'activité des cellules qui jouent un rôle dans le processus de la cicatrisation.

## II. PHAGOCYTOSE ET COEFFICIENT DE PARTAGE.

Afin de soumettre à un contrôle expérimental plus précis nos idées concernant la cause de la mobilité plus grande des cellules sous l'action de substances dissolvant les matières grasses, nous nous sommes demandé s'il existerait par hasard un rapport entre la quantité de substance, dissolvant des graisses, qu'il faut ajouter à la suspension dans l'eau et la solubilité de ces substances dans la couche lipéide enveloppant les cellules. Si l'on met p. ex. une dissolution d'iodoforme dans la solution de *NaCl* en présence de leucocytes, l'iodoforme se partagera

bientôt entre le lipéide des leucocytes et la solution de *NaCl*. Ce rapport entre les concentrations de l'iodoforme dans la graisse et dans la solution de *NaCl* (eau) a reçu, comme on sait, le nom de coefficient de partage. Il est naturel de supposer que, plus sera grande la solubilité dans la graisse et faible la solubilité dans l'eau, plus il passera d'iodoforme dans les cellules. En général on pourra donc s'attendre à ce que pour une substance moins bien soluble dans la graisse et plus soluble dans l'eau il faille ajouter une plus grande quantité de cette substance à l'eau, pour imbiber d'une quantité suffisante de cette substance la couche qui recouvre la cellule.

On peut se demander si cette conséquence est vérifiée par l'expérience. En d'autres termes, pour donner un exemple, a-t-on besoin d'une plus faible solution d'iodoforme que d'alcool pour produire une accélération de la phagocytose? Nous savons, en effet, que l'alcool se dissout bien moins facilement dans la graisse que l'iodoforme. Or, tel est réellement le cas. Nous avons notamment constaté qu'une solution de 1 partie d'iodoforme sur 5.000.000 d'eau accélère déjà la phagocytose alors que pour l'alcool la quantité minimum est 1 sur 20.000.

Le camphre se dissout facilement dans la graisse ou l'huile, mais assez difficilement dans l'eau. La surface lipéide des phagocytes pourra donc déjà retirer la quantité nécessaire de camphre d'une solution aqueuse très diluée de cette substance. Aussi avons-nous trouvé qu'une solution aqueuse de camphre favorise encore activement la phagocytose en concentration de 1 sur 1.000.000.

L'hydrate de chloral se dissout bien dans la graisse, mais aussi très bien dans l'eau. Or, que constate-t-on? Qu'il faut une concentration beaucoup plus forte de chloral dans une solution de *NaCl* que de camphre. Et nous pourrions continuer à citer des preuves. Plus est grand le coefficient de partage de la substance entre l'huile et l'eau et plus peut être faible la concentration de la solution aqueuse.

Il va de soi qu'on ne doit pas s'attendre à une proportionnalité mathématique. Car d'abord il n'est pas certain qu'il faille la même quantité moléculaire de diverses substances dissolvant des graisses pour produire à un même degré le ramollissement de la membrane lipéide. En second lieu, un deuxième facteur se fait sentir, notamment l'influence désavantageuse de la substance introduite sur le mouvement du protoplasme, une influence qui encore une fois ne sera pas la même pour diverses substances. Ensuite, la couche qui recouvre les cellules est bien une

substance grasseuse, mais ce n'est pas de la graisse. Ceci n'empêche pas toutefois qu'il existe une relation bien nette entre la solubilité relative (coefficient de partage) des substances dans l'huile et l'eau d'une part et la concentration nécessaire pour produire un renforcement tout juste sensible de la phagocytose d'autre part. Nous y reviendrons d'une façon plus détaillée. Fixons plutôt pour le moment notre attention sur un autre phénomène remarquable, qui mérite d'être mentionné au même point de vue.

Si l'on cherche les concentrations les plus faibles des substances dissolvant les graisses, qui produisent la paralysie des phagocytes, on constate que ces concentrations concordent avec celles qui, d'après H. MEYER et OVERTON, sont nécessaires pour produire la narcose, c. à d. pour paralyser les cellules ganglionnaires. Ces expérimentateurs ont d'ailleurs trouvé que la concentration des liquides nécessaire pour produire la narcose varie dans le même sens que le coefficient de partage entre l'huile et l'eau.

Nous citerons quelques exemples.

	Paralysie de la phagocytose	Narcose (cellules ganglionnaires)
Chloroforme	$\frac{1}{6000}$	$\frac{1}{6000}$
Chloral	$\frac{1}{250} - \frac{1}{1000}$	$\frac{1}{800} - \frac{1}{1200}$
Alcool	$\frac{1}{10} - \frac{1}{100}$	$\frac{1}{80}$

### III. INFLUENCE DU CHLOROFORME SUR LA GERMINATION DES GRAINES DE FROMENT.

Dans notre dernier travail nous avons déjà attiré l'attention sur ce fait, que les phénomènes observés chez les phagocytes sont tout à fait d'accord avec ce que l'on observe chez d'autres cellules. C'est ainsi que nous avons remarqué que, tout comme les phagocytes présentent un plus grand pouvoir phagocytaire par l'addition d'une petite quantité d'un narcotique et sont paralysés par l'addition d'une quantité plus considérable, de même le stade d'excitation dans la narcose doit pouvoir se ramener à l'augmentation de l'activité des cellules ganglionnaires.

LOEB a trouvé que par l'addition de petites quantités de substances dissolvant les graisses on peut produire le développement parthéno-



génétique des oeufs des astéries et des oursins. Ceci encore est d'accord avec notre interprétation des faits observés chez les phagocytes. Nous avons montré, en effet, que ce développement peut s'expliquer par un ramollissement de la membrane ovulaire, dont une segmentation plus rapide de l'œuf sera la conséquence. Si maintenant on songe encore que l'épithélium des cils vibratiles est également excité par des traces d'alcool et d'éther, on a l'impression que l'influence des substances qui dissolvent la graisse sur la mobilité des cellules est un phénomène très répandu dans la nature. C'est pour cela que nous avons voulu voir, si cette influence pourrait aussi s'observer chez les cellules végétales.

A cet effet nous avons fixé notre choix sur la germination de graines, un processus dans lequel se manifeste une active segmentation et croissance de cellules. Comme graines nous avons pris de la semence de froment et comme substance dissolvant la graisse le chloroforme.

Une quantité de graines de froment, bien choisies, furent trempées pendant quelque temps dans des solutions aqueuses, contenant de petites quantités de chloroforme. Un autre groupe de graines fut laissé pendant le même temps dans de l'eau pure. On donna ensuite aux graines gonflées l'occasion de germer. Pour cela elles furent déposées sur une toile horizontale d'une espèce de gaze que l'on emploie pour arrêter les poussières et qui était tendue sur un cadre carré d'aluminium. Ce cadre fut placé dans une cuve carrée en verre, à la surface d'une couche d'eau distillée. Les graines se trouvaient ainsi à la surface de l'eau. Celle-ci les humectait et en même temps les graines étaient suffisamment à la surface pour recevoir en quantité suffisante l'air nécessaire à la germination. Régulièrement, après des intervalles de temps déterminés, nous avons observé combien de grains gonflés montraient nettement un commencement de germination.

Nous considérons la graine comme ayant germé dès que l'embryon blanc était visible à travers la couverture déchirée de la graine.

Nous n'insistons pas ici sur les détails expérimentaux et résumons uniquement les résultats dans le tableau suivant.



*Influence du chloroforme sur la germination de graines de froment.*

Tableau VII.

200 graines ont été trempées pendant 18 h. dans 200 cm <sup>3</sup> .	Nombre de graines ayant germé après	
	15 h.	27 h.
Aqua distillata. Exp. A	56 = 28 %	87 = 43,5 %
" " " B	54 = 27 %	83 = 41,5 %
Chloroforme 1 sur 1000	42 = 21 %	77 = 38,5 %
" 1 " 10000	53 = 26,5 %	84 = 42 %

Il résulte de ce tableau que le chloroforme à 1 sur 1000 et 1 sur 10.000 exerce une influence défavorable sur la vitesse de germination, puisqu'après 15 heures le pourcentage est de 21 et 26,5 au lieu de 27,5 % (moyenne entre 28 et 27); même après 27 heures cette influence se fait encore sentir, du moins pour le chloroforme à 1 sur 1000.

Voilà pourquoi nous avons fait une expérience avec des solutions plus faibles de chloroforme.

*Influence du chloroforme sur la germination des graines de froment.*

Tableau VIII.

Les graines sont restées pendant 18 heures dans les liquides suivants	Sur 242 graines le nombre qui ont germé est après			
	16 h.	19 h.	23 h.	28 h.
Eau distillée	51 = 20,8 %	74 = 30 %	84 = 34,6 %	100 = 41,2 %
" " , puis 1 heure dans chlorof. $\frac{1}{250}$	12 = 5 %	26 = 10,6 %	44 = 18,1 %	57 = 23,5 %
Chloroforme $\frac{1}{100000}$	58 = 23,9 %	75 = 31 %	88 = 36,3 %	101 = 41,7 %
" $\frac{1}{1000000}$	72 = 29,7 %	92 = 38 %	104 = 42,9 %	111 = 45,8 %

On voit que la solution de chloroforme à 1 sur 250 a agi défavorablement sur la germination. Le protoplasme paraît être paralysé jusqu'à un certain point. Mais dans la faible solution à 1 sur 100.000 la germination est favorisée. On voit que dans cette solution de chloroforme 72 graines ont germé au bout de 16 heures, alors que dans le même temps 51 seulement de celles qui ont trempé dans l'eau pure sont entrées en germination. Après 28 heures l'influence accélératrice de la solution est encore sensible, bien que beaucoup plus faiblement qu'après 16 heures. Les expériences apprennent qu'après 40 heures il ne reste rien de l'influence avantageuse du chloroforme.

Nous ne communiquerons pas d'autres expériences du même genre. Nous dirons tout simplement que nous avons obtenu les mêmes résultats en laissant germer les graines non sur l'eau, mais sur du terreau.

Chez les cellules végétales aussi nous avons donc affaire ici à une augmentation de la mobilité des cellules, produite par le chloroforme. En effet, sans mobilité des cellules on ne saurait se figurer la segmentation ni la croissance.

Il est à prévoir que *d'autres* substances solubles dans la graisse produiront le même phénomène chez les cellules végétales. Nous poursuivons nos recherches dans cette direction. Déjà dès maintenant nous pouvons dire qu'il y a divers facteurs que l'on ne doit pas perdre de vue. En premier lieu la vitesse avec laquelle les substances solubles dans la graisse pénètrent dans la cellule et en ressortent. En second lieu, l'influence nuisible que la substance exerce sur le protoplasme. En d'autres termes, on doit veiller à ce que la quantité de substance qui pénètre dans la cellule soit suffisante pour augmenter la mobilité, sans être assez grande pour nuire aux fonctions vitales du protoplasme. D'un autre côté on doit faire en sorte que la substance qui a pénétré dans la cellule ne retourne pas trop vite dans l'eau et abandonne ainsi la cellule, avant d'avoir eu le temps d'exercer son influence accélératrice.

Nous ajouterons encore que nos expériences sont à l'appui de l'hypothèse de CZAPEK, que la couche superficielle du protoplasme des cellules végétales est de nature lipoïde <sup>1)</sup>.

### *Résumé.*

L'idée exprimée dans notre travail précédent, que l'accélération de la phagocytose par des substances dissolvant les graisses doit être attribuée à un ramollissement de la surface grasseuse des globules blancs, avec cette conséquence, que les mouvements amiboïdes de ces derniers sont facilités, se trouve encore appuyée par les 3 arguments suivants.

I. D'autres substances dissolvant les graisses, non encore examinées jusqu'ici et choisies tout à fait au hasard, comme l'alcool, l'acide butyrique, l'acide propionique et aussi le baume du Pérou, accélèrent la phagocytose.

---

<sup>1)</sup> F. CZAPEK, Ueber die Oberflächenspannung und den Lepoïd Gehalt der Plasmahaut in lebenden Pflanzenzellen. *Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch.*, 28 déc. 1910.

*L'alcool favorise la phagocytose lorsqu'il est en concentration de 1 sur 10000—20000, l'acide propionique lorsque sa concentration est de 1 sur 10.000.000.*

En comparant l'influence de ces substances avec celle des acides minéraux, comme  $HCl$  et  $H_2SO_4$ , on est frappé de l'influence défavorable que de traces des acides butyrique et propionique exercent sur la phagocytose. Alors que l'influence désavantageuse de l'acide propionique commence déjà à la concentration de 1 sur 1.000.000, celle de  $H_2SO_4$  ne se fait sentir qu'à partir de 1 sur 7000.

On pouvait prévoir que le baume du Pérou activerait la phagocytose, puisqu'il contient de *l'acide cinnamique*, également un acide organique.

L'action remarquablement favorable, et inexplicquée jusqu'ici, du baume du Pérou sur des plaies infectées peut s'expliquer, en partie du moins, par une augmentation de la mobilité des phagocytes et d'autres cellules, qui jouent un rôle dans le processus de la cicatrisation.

II. *Si l'on cherche les concentrations les plus faibles des substances dissolvant les graisses, dans lesquelles les phagocytes manifestent une augmentation sensible de leur pouvoir phagocytaire, on trouve que ces concentrations se succèdent dans l'ordre des solubilités de ces substances dans la graisse; autrement dit dans le même ordre que les coefficients de partage de ces substances entre l'eau et l'huile.*

On observe en outre ce phénomène remarquable, que la concentration nécessaire pour *paralyser la phagocytose* produit aussi la *narcose* de larves de grenouille et de mammifères. Or, on sait, d'après les recherches de H. MEYER et d'OVERTON que les concentrations nécessaires pour produire la narcose sont également régies par les coefficients de partage.

III. Non seulement des cellules animales (phagocytes, cellules ganglionnaires, œufs d'animaux marins inférieurs, épithélium de cils vibratiles) manifestent une augmentation de mobilité sous l'influence de petites quantités de substances dissolvant les graisses, mais *des cellules végétales aussi présentent le phénomène*. Sous l'influence du chloroforme à 1 sur 100.000 on constate une accélération notable dans la germination de graines de froment. Par contre le chloroforme à 1 sur 1000 agit défavorablement sur la germination, sans doute parce qu'un second facteur se fait alors valoir, notamment la paralysie du protoplasme.

*Groningue, septembre 1911.*

L'ORIGINE ET LE SYSTÈME PHYLÉTIQUE DES ANGIOSPERMES <sup>1)</sup>  
EXPOSÉS À L'AIDE DE LEUR ARBRE GÉNÉALOGIQUE

PAR

**HANS HALLIER.**

Dès mon entrée à l'Herbier de l'Etat à Leyde j'ai été chargé de classer dans leurs familles les milliers de plantes non encore déterminées, et y accumulées depuis des années. A la fin de cette tâche il ne restait plus qu'un seul portefeuille, dont le contenu, très défectueux, est très difficile à déterminer, mais qui doit cependant être conservé parce qu'il fait partie le plus souvent de collections particulières, distribuées dans divers herbiers, en partie numérotées et parfois même publiées. Je commençai ensuite par soumettre à une révision tout l'herbier des *Phanérogames*, en examinant l'une après l'autre toutes les familles. J'ai examiné avec un soin tout spécial celles dont je me suis le plus occupé, comme les *Convolvulacées*, *Acanthacées*, *Apocynacées*, *Capparidacées* etc.; les autres ont été soumises à un examen plus rapide.<sup>2)</sup> Le but de cette révision était de mettre le plus rapidement possible toute chose à sa place, au moins approximativement, et de permettre aux spécialistes de s'y retrouver pour une étude scientifique; pour cela, il fallait avant tout corriger les erreurs de détermination les plus apparentes, comme la classification dans un faux genre ou même dans une fausse famille. De cette manière il m'a passé entre les mains, en quelques années, des centaines de mille exemplaires de tous les pays; je me suis cependant donné le temps de prêter attention aux plus petites caractères distinctifs, même à peine visibles à la loupe, comme la présence ou l'absence de stipules, des points transparents, des glandes intérieures et extérieures, des canaux résinifères, la forme des poils tecteurs, l'écorce réticulée des tiges, la vernation des feuilles, la préfloraison des sépales, pétales et étamines, la nervation des

<sup>1)</sup> Les premiers aperçus de ce système sont contenues dans les nos. 14, 16, 18 et 19 de la bibliographie ci-après.

<sup>2)</sup> On trouve des listes de ces familles revues dans *Verslag v. 's Rijks Herbarium*, 1908/9, pp. 19—20, et dans *Mededeel. v. 's Rijks Herb.*, 6, (1911), p. 84.



stipules, feuilles, sépales et pétales, des nectaires aux pétioles, au limbe des feuilles et aux sépales etc.; j'ai pris aussi des notes sur toutes les particularités et ressemblances, comme je les ai déjà rassemblées, classées par familles, depuis mon séjour d'environ quatre ans à Buitenzorg et dans l'île de Bornéo (1893—6).

Ce travail de détermination était tout indiqué pour élargir et approfondir ma connaissance des *Phanérogames*, de la distribution de leurs caractères et de leurs affinités, connaissances que j'avais acquises dans des conditions qui à certains points de vue n'étaient rien moins que favorables au développement d'idées personnelles et nouvelles, mais qui à d'autres points de vue avaient été particulièrement heureuses, par suite de mon séjour de plus de cinq ans dans les régions tropicales. Les études que j'avais faites jusque là sur le système naturel des plantes vasculaires reçurent de cette façon de nouveaux et importants compléments et perfectionnements et je crois donc le moment venu, après une pause de quatre ans, de les réunir de nouveau dans un aperçu du système. Je m'abandonne en même temps à l'espoir que ceci sera la dernière esquisse préliminaire et que dans un avenir pas trop éloigné je serai en état de fournir un aperçu plus définitif de mon nouveau système de plantes phanérogames, avec un raisonnement détaillé et méthodique.

Quiconque suit objectivement et sans préjuger mes études sur ce système, dont les premiers germes remontent à 1893, mais dont le développement intensif ne date que de 1901, reconnaîtra, j'espère, que dans ces diverses esquisses du système un progrès continu est à constater. Alors qu'il y a 12 ans, il n'existait pour ainsi dire rien encore d'un système phylogénétique des familles, que même la possibilité d'un système monophylétique des *Dicotylédones* était expressément niée par ENGLER<sup>1)</sup> et que ce que l'on appelle le système d'ENGLER consistait encore, surtout dans ses parties moyennes (*Parietales*, *Sapindales* etc.), en des agglomérats tout à fait hétérogènes, maintenant nous avons devant nous un arbre généalogique des familles presque complet, qui peut servir de base à de nouvelles recherches de détail. Par le fait que j'ai dressé une liste de familles et de genres dont la classification était douteuse, et que successivement je les ai soumis à un nouvel examen critique, les limites des ordres ont pu être nettement tracées dans la présente esquisse et le

<sup>1)</sup> Voir ENGLER u. PRANTL, *Natürl. Pflanzenf., Nachtr.* (1897), pp. 364—9, les quatre endroits imprimés en caractères espacés, et G. SENN, dans *Beih. Bot. Centralbl.*, XVII (1904), p. 130.



nombre des familles de classification incertaine a pu être réduit à un minimum. Mais les liens relatifs de parenté des ordres ont également pu être établis maintenant en grands traits et les relations qui jusqu'ici n'ont pas pu être déterminées avec une netteté suffisante sont relativement peu nombreuses.

Plus d'un verra peut-être une contradiction dans le fait que j'ai désigné mon système comme le système naturel (phylogénétique) et que malgré cela j'y apporte de temps en temps de notables modifications. Mais, en l'appelant ainsi, j'entends tout simplement exprimer que par tout son arrangement ce système cherche à rendre le plus fidèlement possible les affinités naturelles, c. à d. l'arbre généalogique, sans prétendre que dès ce moment l'ordre de succession soit établi en toute certitude jusque dans les détails. Même les systèmes du siècle dernier portent déjà généralement le nom de naturels, bien qu'ils ne le soient qu'au point de vue de la *délimitation* de la plupart des familles et pour une toute petite partie aussi au point de vue de leur *filiation* (1, pp. 453—4; 2, pp. 300—302; 6, pp. 3—4; 8, pp. 8—11; 9, pp. 99—103; 13, pp. 3—4; 17, pp. 5—6; 18 pp. 151—4; 19, pp. 14, 19—20, 26—27; 20, pp. 18—19)<sup>1)</sup>.

Des changements que mon système a subis dans ce cinquième aperçu, depuis celui de 1908, les moins importants seront expliqués dans l'aperçu même par de courtes remarques, mais ceux dont l'importance est fondamentale seront déjà esquissés ici.

Dès 1896 (2, p. 330; 6, pp. 87—100) j'ai mis à la tête des *Angiospermes* les **Polycarpicées**, comme étant le groupe de *Dicotylédones* le plus ancien, dérivé de *Cycadacées* encore inconnues, semblables à des *Bennettitacées*, et aussi le groupe d'où descendent toutes les autres *Dicotylédones* et les *Monocotylédones*; depuis 1905 (16, pp. 87—88; 18, pp. 156—7; 19, pp. 177—9) j'ai subdivisé ce groupe en *Polycarpicées* dans un sens plus restreint ou *Anonales*, dont les feuilles ont des cellules contenant une huile aromatique, et *Ranales*, sans cellules sphériques oléifères dans la feuille.

Cette place inférieure, je l'ai donnée au *Polycarpicées* principalement à cause des caractères suivants: 1°. leur ramification est encore assez pauvre, mais robuste, rappelant celle de *Wielandiella* et *Cycas* (p. ex. *Magnoliées* et *Illiciées*, *Decaisnea*, *Nandina*, *Mahonia*, *Paeonia*, *Helleborus*

<sup>1)</sup> Les citations bibliographiques en chiffres se rapportent à la table bibliographique à la fin de ces explications.

et *Xanthorrhiza*, contrairement à *Casuarina* et les autres *Amentacées*); 2°. il existe fréquemment des feuilles tropicales persistantes, simples, à bord entier, à nervation pennée, coriaces et le plus souvent glabres (chez les *Anonales*, y-compris les ancêtres de *Liriodendrum*<sup>1</sup>), contrairement à la plupart des *Amentacées*); 3°. il existe encore rarement des stipules (un caractère dont la signification phylogénétique est cependant très douteuse, puisque, comme SENN le fait remarquer avec raison, on trouve déjà des stipules chez les *Marattiacées* et plusieurs *Cycadacées*; voir aussi 9, p. 97); 4°. la vernation des feuilles se fait souvent encore en spirale, rappelant ainsi celle des fougères et *Cycadophytes* (chez les *Anonacées*, la *Magnoliacée* *Schizandra elongata* et la *Dilléniacée* *Tetracera euryandra*; dans d'autres ordres chez les *Droséracées*, *Sarracéniacées*, *Podostémacées*, *Légumineuses*, *Cordia* etc., mais chez aucune *Amentacée*; 13, p. 42; 19, pp. 113—4 et 147); 5°. les bourgeons terminaux sont souvent ouverts par suite de cette circonstance, sans écailles protectrices, et leurs feuilles disposées en spirales plus ou moins régulièrement allongées (*Anonacées*, *Myristicacées*, mais pas une seule *Amentacée*, même pas les *Juglandées*, 12, p. 250); 6°. les fleurs sont souvent encore grandes, isolées à l'extrémité des rameaux, comme chez *Cycas* et *Wielandiella* (*Magnoliées*, *Schizandrées* et autres *Anonales*; *Paeonia* et la plupart des autres *Podophyllées*; beaucoup de *Renonculacées*, contrairement à toutes les *Amentacées*); 7°. leurs fleurs sont le plus souvent encore hermaphrodites (comme chez *Wielandiella angustifolia* NATHORST, 17, p. 14; 19, p. 28; parfois exceptionnellement et seulement par régression chez les plantes à chatons) et étaient, comme SENN le fait remarquer avec raison (voir aussi 4, pp. 747—754), d'abord des fleurs à pollen et sans nectar (*Magnoliacées*, *Anonacées*); 8°. le nombre de leurs anthophylles et ovules est souvent encore illimité (comp. *Cycas*, contrairement à toutes les *Amentacées*); 9°. le plus souvent les anthophylles ne sont pas encore soudés (contrairement au gynécée de toutes les *Amentacées*); 10°. l'axe central de la fleur est souvent encore très long, comme chez *Cycas* et les *Bennettitacées* (*Magnoliées*, *Schizandrées*, *Anona*, *Myosurus*, *Ceratoccephalus*, *Adonis*, *Anemone*, *Ranunculus sceleratus*, beaucoup de *Nymphaéacées*; dans d'autres ordres chez *Quillaja*, *Rubus*, *Fragaria*, *Cephalotus*, *Capparidacées*, *Sterculiacées*, *Ouratea*, ainsi que chez les *Euphor-*

<sup>1</sup>) E. W. BERRY, Notes on the phylogeny of *Liriodendron* (*Bot. Gaz.*, XXXIV, 1902, pp. 44—63, figg. 1—3).

*biacées* et *Passifloracées*, où leur origine est cependant secondaire, mais faisant déjà défaut chez toutes les plantes à chatons); 11°. une insertion péri- ou épigynique des sépales, pétales et étamines est encore rare (contrairement aux fleurs femelles à calice de quelques *Amentacées*; 19, p. 111); 12°. les anthophylles sont le plus souvent encore disposés en spirales ou souvent déjà en verticilles trimères (contrairement aux *Amentacées*; c'est de cette trimérie que s'est développée, par fusionnement de deux verticilles et disparition d'un membre, la pentamérie des *Dicotylédones* supérieures; 16, p. 87); 13°. souvent l'enveloppe florale ne s'est pas encore nettement différenciée en calice et en corolle (*Magnoliées*, *Schizandrées*, *Anonacées*); 14°. souvent l'enveloppe florale n'est pas encore bien séparée des bractées supérieures (*Calycanthacées*, *Berberidopsis*, le genre de *Dilléniacées* *Empedoclea*; dans d'autres ordres chez les *Cactacées*, chez le genre d'*Ochnacées* *Blastemanthus*, plusieurs espèces du genre de *Sapotacées* *Vitellaria*, chez *Stachyurus* et d'autres *Erythrospermées*, donc surtout chez des descendants directs des *Berberidacées*; 12, p. 250); 15°. les feuilles du périanthe sont souvent encore très grandes, épaisses et charnues, simplement linguiformes, pas encore très vivement colorées, imbriquées en préfloraison (*Magnoliacées*, *Anonacées*, *Clematis* et *Anemone*, *Nymphéacées*, mais pas d'*Amentacées*; 12, p. 250; 19 p. 111); 16°. les étamines sont souvent encore en forme de larges bandes, allongées au delà des anthères, non encore divisées en filet et connectif (*Magnoliées*, *Nymphéacées*, *Lardizabalées* etc., contrairement à toutes les *Amentacées*; 9, p. 32; 12, p. 250); 17°. le limbe des étamines est parfois même encore ramifié, rappelant donc en quelque sorte celui des *Cycadeoidea* (*Mahonia*, *Monimiacées*, le genre *Chloranthus* qui en descend, plusieurs *Lauracées*, mais pas une seule *Amentacée*; 9, p. 39; 19, pp. 28—29 et 89); 18°. les anthères souvent extrorses (*Lardizabalées*, *Nymphéacées*, plusieurs *Magnoliacées*, *Lactoris*, *Anonacées*, *Myristicacées*, *Calycanthacées*, mais pas d'*Amentacées*; 9, p. 44); 19°. les loges de l'anthère sont souvent encore transversalement loculées, correspondant aux synanges des *Bennettitacées* et *Marattiacées* (*Anonacées*; dans d'autres ordres chez les *Mimosées*, *Ochnacées*, *Myrsinacées*, mais pas d'*Amentacées*; 9, pp. 39—42; 12, p. 250; 19, pp. 28—29); 20°. les grains de pollen ne s'ouvrent encore que par un seul pore germinal et les tétrades sont fréquents (contrairement à toutes les *Amentacées*; 9, p. 97; 12, p. 250; 16, p. 91; 17, p. 14; 19, pp. 10 et 141); 21°. le stigmate est souvent encore sessile, directement implanté

sans style sur le carpelle, allongé en forme de languette le long de la suture ventrale du carpelle; 22°. les ovules sont le plus souvent encore crassinucellés bitegminés (19, pp. 20 et 111); 23°. les fruits sont souvent encore grands, informes, strobiliformes (*Magnoliées*, *Schizandrées*, *Anona*; 12, p. 250); 24°. les fruits sont souvent composés de grands follicules, à déhiscence ventrale ou ventrale et dorsale (*Lardizabalées*, *Paeonia*, *Dilléniacées*, *Anonacées*; dans d'autres ordres chez les *Connaracées*, *Légumineuses*, *Protéacées*, *Brownlowiées*, *Sterculiées*, *Rutacées*, *Cercidiphyllum*, *Myrothamnus*, *Aristolochiacées*, *Apocynacées*, etc.; 10, pp. 365-7; 12, p. 250); 25°. les graines sont souvent encore grandes, à tégument dur, lisse, luisant, foncé, à grand hile (*Paeonia*, *Anona*, *Myristica*, *Illicium*, dans d'autres ordres chez les *Légumineuses*, *Sapindacées*, *Sapotacées*, *Diospyrus*, *Convolvulacées*, *Hamamélidacées*, *Rhamnacées*, *Rutacées*, *Euphorbiacées*, etc.; 9, p. 97; 12, p. 250); 26°. il n'y a que très rarement des adaptations compliquées de dissémination des fruits et graines (6, p. 88); 27°. les embryons sont souvent encore excessivement petits, ne profitant que fort peu, avant la germination, de l'albumen copieux (contrairement à toutes les *Amentacées*; chez les animaux supérieurs aussi les descendants sont beaucoup plus complètement développés dans le corps de la mère que chez les animaux inférieurs; 12, p. 250; 19, p. 111); 28°. la plantule est encore dicotyle, comme chez les *Cycadacées*, *Bennettitacées*, *Gingko* et les *Gnétacées* (contrairement aux *Monocotylédones*, déjà plus fortement développées à ce point de vue; 9, p. 96); 29°. il existe parfois un péricarpe (*Nymphéacées*, dans d'autres ordres chez *Hydnora*, *Pipéracées*, *Caryophyllines*, *Monocotylédones*, donc uniquement chez des descendants directs des *Berbéridacées*; 12, p. 250); 30°. les véritables vaisseaux manquent chez les genres de *Magnoliacées* *Drimys* et *Zygogynum* (et les genres d'*Hamamélidacées* *Trochodendrum* et *Tetracentrum*, descendant des *Illiciées*, mais en dehors de cela uniquement chez des plantes aquatiques, parasites etc.; 6, p. 88; 9, p. 102; 12, p. 248); 31°. les faisceaux vasculaires sont souvent encore disséminés dans le tissu primaire de la tige (*Nymphéacées*, plusieurs *Renonculacées* et *Berbéridacées*; 6, p. 88; ce caractère ne peut cependant servir qu'à établir la descendance des *Pipéracées*, *Caryophyllines* et *Monocotylédones* des *Berbéridacées*, car, d'après CHAMBERLAIN (*Bot. Gaz.*, LII, 2, août 1911, pp. 81—104, figg. 3—20), *Dioon spinulosum* a déjà un puissant cylindre de bois à rayons médullaires larges et étroits, couches annuelles et des faisceaux libériens



volumineux, comme la plupart des *Dicotylédones*; par là est fournie la preuve, que les *Dicotylédones* sont plus anciennes que les *Monocotylédones*); 32°. les vaisseaux sont le plus souvent encore dispersés et étroits, fréquemment encore pourvus uniquement de cloisons obliques (prosenchymatiques), scalariformes (p. ex. *Dilléniacées*, *Paeonia*, *Illiciées*, *Chloranthacées* etc.; 19, pp. 111, 114 et 209; SOLEREDER, Syst. Anat. Dicot. Ergänzt., 1908, p. 382). Voir aussi 3, pp. 249—252; 4, pp. 747—754; 6, pp. 87—100; 8, p. 12; 9, pp. 23—25, 32, 44, 95—107; 12, pp. 249—250; 14, pp. 306-7; 16, pp. 86—88 et 91; 17, pp. 14—15; 19, pp. 27—29, 80, 110—115, 172; 20, pp. 184—189; G. SENN, Die Grundlagen des HALLIER'schen Angiospermensystems, dans *Beih. Botan. Centralbl.*, XVII (1904), pp. 129—156. Eu égard aux trachéides de *Dioon spinulosum* (CHAMBERLAIN, l. c. pp. 97—98, fig. 15) à punctuations en partie scalariformes, en partie aréolées, la disposition scalariforme des punctuations simples (p. ex. chez *Symplocos* d'après SOLEREDER, Syst. Anat. Dicot., 1899, p. 588), ainsi que la ponctuation scalariforme aréolée des vaisseaux (SOLEREDER l. c., pp. 182 et 856 et Ergänzt., 1908, p. 383) et la ponctuation aréolée des vaisseaux et du prosenchyme ligneux doivent être considérés comme un caractère primitif vis-à-vis de la simple ponctuation ordinaire. Dans mon livre sur le *Juliania* (19, pp. 209—210) j'ai indiqué encore comme relativement primitifs les caractères anatomiques suivants: 1°. l'absence de poils glanduleux; 2°. les poils tecteurs simples, unicellulaires; 3°. les stomates sans cellules annexes particulières; 4°. la formation superficielle du suber; 5°. la rareté du parenchyme ligneux; 6°. les larges rayons médullaires (voir *Dioon spinulosum*!); 7°. l'absence de raphides (dont la nature primitive est trouvée empiriquement, mais non pas expliquée théoriquement). La plupart de ces caractères anatomiques sont toutefois encore tellement répandus chez les *Dicotylédones*, que l'on peut, il est vrai, considérer leur absence comme une preuve positive de jeune âge, mais que leur existence ne légitime la classification des *Polycarpicées* à la tête des *Angiospermes* qu'en combinaison avec d'autres caractères.

Par suite de deux travaux de Miss KERSHAW<sup>1)</sup>, WETSTEIN, dans la

<sup>1)</sup> E. M. KERSHAW, Note on the relationship of the *Julianiaceae* (*Ann. of Bot.*, XXIII, 1909, pp. 336-7). — La même, The structure and development of the ovule of *Myrica Gale* (l. c., pp. 353—362, pl. 24).



deuxième édition de son „Handbuch” (1911), a attribué une grande importance à la ramification du faisceau raphique jusque dans le tégument et l'a invoquée comme argument en faveur de la descendance directe des *Amentacées* de *Gymnospermes* du type de *Gnetum*. Cette ramification est certainement un caractère primitif, surtout si nous considérons avec ČELAKOVSKY le funiculus avec les téguments comme une foliole à nervures du carpelle, en voie de dégénérescence graduelle (9, pp. 8—9). WETTSTEIN perd cependant de vue que ce caractère primitif lui aussi est encore fort répandu chez les *Dicotylédones* et ne peut donc être employé également que dans une faible mesure, et en aucune façon tout seul, pour des déductions phylogénétiques. Il n'est même d'aucun service dans la détermination de l'origine des *Amentacées*. Car d'une part, d'après Miss KERSHAW on le rencontre aussi chez *Juliania*, qui, d'après ses rapports morphologiques et anatomiques, doit incontestablement rester parmi les *Térébinthacées*, même si les *Amentacées*, malgré la chalazogamie de *Rhus*, établie dans le laboratoire de STRASBURGER, devaient de nouveau être éloignées des *Térébinthacées*. D'autre part, VAN TIEGHEM a établi que chez les *Caricacées* aussi le faisceau raphique s'étale en patte d'oie dans le tégument intérieur, ainsi qu'on l'avait déjà observé avant chez quelques *Euphorbiacées*, *Magnolia* et *Liriodendrum* (*Bot. Centralbl.* XC, 1902, p. 602; 13, p. 46). Déjà en 1856 MIERS décrivit dans les *Trans. Linn. Soc. Lond.*, XXII, 1, pp. 84—87 et 93, pl. 19, fig. 63, la riche ramification du faisceau raphique dans la testa des *Guttifères*, *Oléacées* et une espèce du genre de *Chrysobalanées* *Licania*; il représenta aussi la graine de cette espèce. D'après KOORDERS et VALETON, dans *Icones Bogor.*, I, p. 12, pl. 2, fig. 13, le faisceau du raphé se ramifie également en réseau dans la testa chez la *Polygalacée* *Xanthophyllum affine* KORTH. Dans la testa des amandes et de plusieurs fèves on peut déjà reconnaître à l'œil nu une nervation richement ramifiée, et les grosses graines de la *Flacourtiacée* *Pangium edule* et de la *Cucurbitacée* *Telfairia pedata* ont aussi un système pareil de faisceaux, ainsi qu'on le reconnaît aisément sur les figures de ENGLER u. PRANTL, *Nat. Pflanzenf.*, III, 6a, p. 24 et IV, 5, p. 21.

Pour la plupart des caractères distinctifs ici mentionnés, j'ai pu établir leur nature ancestrale, non seulement par voie empirique, mais encore théoriquement, c. à d. par l'organogénie comparée, surtout dans mon travail sur la morphogénie et la phylogénie des *Cormophytes*.

Parmi les *Polycarpicées* je tenais depuis 1902 les **Magnoliacées** pour les plus anciens types vivants des *Angiospermes*, surtout pour cette raison-ci, que les genres d'*Illiciées* *Drimys* et *Zygogynum*, ainsi que les genres d'*Hamamélidacées* *Trochodendrum* et *Tetracentrum*, qui descendent des *Illiciées*, tout en étant des plantes ligneuses proprement dites, manquent cependant de vaisseaux; il y a encore cette autre raison, que par son port, sa ramification, ses grandes fleurs terminales isolées, son grand périanthe en forme de tulipe, souvent encore polymère et acyclique, non encore différencié en calice et corolle, son grand axe floral piriforme et ses carpelles libres, acycliques, *Magnolia* se rapproche encore fortement de *Wielandiella angustifolia* NATH. (9, pp. 21, 32, 35, 42, 102, 105, 107; 12, pp. 249—251; 14, p. 307; 15, p. 64; 16, p. 86, etc.)

Poussé par mon indication du manque de véritables vaisseaux chez ces quatre genres, qui par là, et peut-être aussi au point de vue ontogénétique, rappellent encore les *Gymnospermes* (9, p. 102; 12, p. 259; 16, p. 85), STRASBURGER a vainement tâché d'établir dans l'ontogénie de *Drimys Winteri* l'existence de spermatozoïdes mobiles ou d'autres points d'attache avec les *Gymnospermes*. Bien qu'il n'eût trouvé que les caractères ordinaires des *Angiospermes*, il a néanmoins expressément reconnu, que malgré ce résultat négatif mes tentatives pour trouver dans les *Magnoliacées* le chaînon reliant les *Angiospermes* aux *Gymnospermes* peuvent compter dans l'avenir aussi sur la faveur des morphologistes internes (19, p. 27). Car, comme l'apprend p. ex. le cas de *Microcycas*, qui n'a que deux ovules à chaque carpelle, et représente pourtant dans son développement ontogénétique un type beaucoup plus ancien que *Cycas*<sup>1)</sup>, les processus de réduction phylogénétiques, surtout lorsqu'ils sont d'une nature très simple, et ont par conséquent une tendance à la répétition polyphylétique, sont souvent distribués très irrégulièrement parmi les caractères et les genres d'un seul et même groupe de plantes. Il est clair que les *Zamiées* et *Cycadées* descendent de formes qui, dans leur ontogénie, correspondaient encore à *Microcycas*, mais se rapprochaient de *Cycas* par la forme du carpelle.

De pareilles considérations suffisaient déjà à elles-seules à me faire croire petit à petit à la possibilité que peut-être, malgré le bois de plusieurs *Illiciées*, sans vaisseaux comme celui des *Gymnospermes*, les

<sup>1)</sup> Voir O. PORSCH, Über einige neuere phylogenetisch bemerkenswerte Ergebnisse der Gametophytenerforschung der *Gymnospermen* (*Festschr. Naturw. Ver. Wien*, 1907, pp. 70—74).

liens ontogénétiques supposés entre les *Angiospermes* et les *Gymnospermes* plus anciennes devraient être cherchés dans d'autres familles de *Polycarpicées*. Ce sont surtout quelques observations faites lors de mon second voyage aux tropiques (1903, 4) qui de plus en plus me firent me demander si les ancêtres des *Angiospermes* ne seraient pas des *Magnoliacées* éteintes ou plutôt des **Anonacées**. Par toute une série de caractères, en effet, ces dernières sont encore plus primitives que les *Magnoliacées*. C'est ainsi que les grands arbres de *Cananga odorata*, à l'entrée du Jardin Botanique de Paradeniya, et divers exemplaires de *Cyathocalyx zeylanicus* à l'intérieur de ce jardin, ont au tronc de grandes cicatrices foliaires rappelant celles des fougères, *Lépidophytes*, *Agathis* ou des rameaux des *Abiétinées*, cicatrices comme on ne les rencontre chez les *Dicotylédones* que sur les troncs charnus (*Carica Papaya*) ou sur des arbres à croissance rapide et à écorce verte et tendre (*Schizolobium excelsum*). Ensuite *Cananga* et d'autres *Anonacées* ont encore aux rameaux des bourgeons ouverts et une vernation en spirale des feuilles, qui par là sont distribuées sur les rameaux suivant des spirales régulières, non interrompues par des périodes de repos (19, p. 178). Par contre, chez les *Magnoliacées*, cette dernière circonstance ne se présente que très rarement, p. ex. chez *Schizandra elongata* (*Bull. herb. Boiss.*, VI, 1898, pl. 5, fig. 1); les *Illiciées* (y-compris les *Eupomatiées*) et les *Magnoliées* ont toujours des bourgeons fermés et les *Illiciées* ont souvent aussi déjà des touffes de feuilles bien développées alternant avec des écailles et des feuilles squamiformes. La même différence existe dans les boutons floraux: chez les *Magnoliacées* ceux-ci ne s'ouvrent que quand le périanthe est complètement développé; chez plusieurs *Anonacées*, au contraire, ils sont complètement ouverts depuis le plus jeune âge, probablement déjà depuis la première formation, ainsi qu'on ne le trouve encore que chez un tout petit nombre de types primitifs des *Dicotylédones*, notamment chez des *Résédacées*, plusieurs *Capparidacées* (*Ritchiea*, *Pteropetalum*, *Crataeva*, *Tovaria*; 17, p. 8) et dans le genre *Cerriaria*, probablement voisin des *Hamamélidacées*. Contrairement à ce que l'on observe chez les *Magnoliacées*, chez les *Anonacées* les loges de l'anthère sont souvent encore transversalement loculées et rappellent par là les synanges des *Marattiacées* et *Bennettitacées* (9, p. 40; 19, pp. 28—29). Enfin les grands et longs follicules polyspermes de plusieurs *Anonacées* constituent un type beaucoup plus ancien, rappelant les carpelles de *Cycas*, que les courts carpelles des *Magnoliacées* avec

leurs ovules peu nombreux. Avec leur périanthe, déjà toujours cyclique et à  $3 \times 3$  feuilles et leur axe floral le plus souvent déjà très court, les *Anonacées* sont cependant déjà plus avancées que la plupart des *Magnoliacées*.

Néanmoins il est recommandable de chercher également chez les *Anonacées* des liens ontogénétiques avec les *Cycadacées*, liens qui ont été vainement cherchés chez *Drimys* et, à ce que m'a rapporté M. CHODAT, dans son laboratoire également chez *Liriodendrum*.

On ne doit pas se laisser rebuter pour le moment dans de pareilles recherches, parce que selon toute probabilité les ancêtres des *Angiospermes* ne doivent pas non plus être cherchés parmi les *Anonacées* et que mes investigations sur l'origine des *Monocotylédones* et de nombreux ordres de *Dicotylédones*, ainsi que sur l'histoire de la formation de quelques caractères morphologiques, se sont finalement concentrées comme dans un foyer commun sur les **Berbéridacées**.

Avec les *Berbéridées* les **Lardizabalées** et surtout les **Podophyllées** (y-compris *Hydrastis*, *Glaucidium* et *Paeonia*) et les syncarpiques **Berbéridopsidées** présentent des rapports très nets : on peut les réunir tous en une grande famille, qui est toutefois déjà fortement subdivisée par l'extinction de divers chaînons et se fait connaître déjà par là comme un groupe relativement ancien. D'après la distribution géographique des *Lardizabalées*, *Berbéridopsidées* et *Berbéridées*, qu'actuellement on rencontre surtout aux bords nord-ouest et sud-est de l'océan pacifique, cette famille semble être issue, dans la région du Pacifique, d'un groupe de *Cycadacées* inconnu, actuellement éteint, voisin des *Bennettitacées*. C'est donc probablement en Amérique, dans les Andes du Mexique jusqu'en Patagonie, ainsi que dans les îles Sandwich, la Nouvelle Calédonie et la Nouvelle Zélande que l'on aura le plus de chances de trouver à l'état fossile les ancêtres des *Angiospermes*, pour autant du moins qu'en ces endroits les horizons géologiques qui entrent en considération soient accessibles et contiennent des pétrifications.

Depuis que les **Péoniées**, parmi lesquelles *Hydrastis* contient de la berbérine et *Paeonia* se rattache aux *Berbéridacées* e. a. par l'existence de vaisseaux à cloisons percées en forme d'échelle et par l'aplatissement vers l'extérieur des parties ligneuses des faisceaux vasculaires, ont été reportées des *Renonculacées* vers les *Podophyllées* (19, pp. 67, 113 et 179), les **Renonculacées** se laissent déduire directement d'un groupe des *Podophyllées*, voisin des *Paeonia*, par l'intermédiaire des *Helleborées*



et de *Clematis*. A côté des *Renonculacées*, les **Nymphéacées** et les **Népenthales** sont certainement aussi issues des *Podophyllées*. Par *Romneya* les **Papavéracées** aussi sont apparentées aux *Podophyllées*, surtout à *Paeonia*, et par là se comprennent de nouveau certaines analogies entre les *Papavéracées* et les *Nymphéacées* qui leur sont voisines.

Les trois autres familles des *Rhoeadines* se distinguent des *Papavéracées* entr' autres par leurs grands embryons, l'absence d'albumen dans la graine mûre et leurs cellules à myrosine caractéristiques. On peut les séparer des *Papavéracées* sous le nom de **Cruciales**, et les *Capparidacées*, d'où dérivent les *Résédacées* et les *Crucifères*, ont, il est vrai, leur origine aussi chez les *Berbéridacées*, mais pas tout près des *Papavéracées* ni des *Podophyllées*; par leurs grands fruits souvent longuement stipités elles sont plus proches des *Lardizabalées* et dérivent probablement d'un groupe éteint des *Berbéridacées*, d'où sont sorties aussi les quatre tribus récentes de cette famille (16, pp. 90—91; 17, p. 7).

*Bretschneidera* fut séparé des *Sapindacées* par RADLKOFER et placé à côté de *Moringa* dans les *Rhoeadines* pour ses cellules à myrosine et d'autres caractères. Moi-même j'ai classé *Moringa* et *Bretschneidera* parmi les **Légumineuses**, où l'on a trouvé aussi de la myrosine chez quelques genres. Mais en 1908 RADLKOFER me communiqua qu'il tenait *Bretschneidera* et *Moringa* pour des formes intermédiaires entre les *Capparidacées* et les *Légumineuses*, et à moi aussi il me semble actuellement que les *Césalpiniées*, parmi lesquelles j'ai classé *Moringa* et *Bretschneidera* malgré leur ovaire syncarpique, sont apparentées aux *Capparidacées* par ces deux genres. Il est vrai que dans cette dernière famille le calice et la corolle sont le plus souvent di- ou tétramères; mais *Emblingia* et plusieurs *Roydsiées* ont cinq sépales comme les *Légumineuses*. Ces dernières se rattachent aux *Capparidacées* et aux *Lardizabalées* entre autres par leurs grands follicules, et aux *Capparidacées* encore par la structure des poils tecteurs et de la testa, l'existence de stipules, des feuilles le plus souvent composées, un calice souvent périgyne, l'existence d'un gynophore, l'absence d'albumen et un grand embryon. Outre les *Capparidacées* les *Légumineuses* descendent sans doute aussi de *Berbéridacées* éteintes, dont quelques-unes auraient hérité la présence de berbérine et les *Césalpiniées* la prédominance de la coloration jaune des fleurs.

Le fruit souvent aussi nettement stipité des **Sapindacées** doit être considéré comme formé par la soudure de trois follicules de *Légumineuses*,



et par leurs glandes extrastaminales, souvent digitiformes, les *Sapindacées* et les **Mélianthacées** se rattachent aussi latéralement aux *Capparidacées*, desquelles ces glandes extrastaminales sont passées aussi à plusieurs *Crucifères*. Ces glandes sont aussi fort répandues parmi les **Gruinales**, qui, après transport des *Linacées* parmi les *Guttales*, se rattachent aussi, comme descendants des *Berbéridacées*, latéralement aux *Connaracées* et aux *Légumineuses*, surtout par les genres d'*Oxalidacées* arborescentes et frutescentes *Averrhoa*, *Sarcotheca* et *Dapania* (23, p. 109).

Les follicules membraneux de plusieurs **Rutacées** relativement récentes, déjà devenues herbacées, comme p. ex. *Dictamnus* et *Boenninghausenia*, rappellent de façon frappante ceux des *Helléborées* et *Aquilégiées*. Mais chez quelques formes ligneuses, comme p. ex. *Xanthoxylum* et les genres syncarpiques *Luvunga*, *Citrus* etc., le péricarpe est encore épais et coriace. Le fruit des *Rutacées* résulte aussi de la soudure de cinq follicules épais, comme ceux des *Lardizabalées*, du genre *Paeonia*, des *Connaracées* et *Légumineuses*, des *Anonacées*, *Brownlowiées*, *Sterculiées*, beaucoup d'*Apocynacées*, du genre de *Staphylacées* *Euscaphis*, de plusieurs *Dilléniacées* (*Wormia*), *Magnoliacées* (*Michelia*) et *Protéacées* (*Embothrium*). D'après ARNAUDON on trouverait de la berbérine non seulement chez certaines *Berbéridacées*, *Renonculacées*, *Ménispermacées*, *Légumineuses*, *Apocynacées* (?) et chez l'*Anonacée* *Xylocia polycarpa*, mais encore chez plusieurs *Rutacées* (GRESHOFF, *Vischverg.* II, *Mededel. Lands plantent.*, XXIX, 1900, p. 16, note 1), et d'après WUNDERLICH et E. SCHMIDT (*Arch. Pharm.*, CCXLVI, 1908, pp. 214, 224, 241, 256; *Bot. Centralbl.*, CXI, 1909, pp. 88—99) la rutine se rencontre entr' autres chez *Ruta graveolens*, *Sophora japonica*, *Capparis spinosa* et *Fagopyrum esculentum*. Il n'est pas impossible que toutes les familles qui contiennent des plantes à berbérine et que les plantes à rutine, que nous venons de nommer, descendent plus ou moins directement des *Berbéridacées*; cependant on rapporte aussi la présence de rutine dans *Viola tricolor*, *Osyris compressa*, *Eucalyptus macrorrhyncha* et *Globularia Alypum*, pour lesquelles il ne saurait en aucune façon être question d'un lien étroit de parenté avec les *Berbéridacées*. Dans tous les cas, outre les *Capparidacées*, *Sapindacées*, *Légumineuses*, *Connaracées*, *Oxalidacées* et *Zygophyllacées*, tout le groupe des *Térébinthines* descend lui aussi, par l'intermédiaire des *Xanthoxylées* et des *Cuspariées*, de *Berbéridacées* inconnues.

Ma tentative, faite en 1908, de faire dériver les **Amentacées**, les **Acéracées** et les **Urticales** de *Térébinthacées* voisines du genre *Pistacia*, par l'intermédiaire de *Juliania* et des *Juglandées*, a reçu depuis une confirmation par le fait, que RÖSSLER a observé chez *Negundo* une croissance intercellulaire du tube pollinique et qu'un élève de STRASBURGER a constaté la chalazogamie chez *Rhus*. En décembre 1909 je trouvais en outre dans l'ARNOLD-arboretum 2 espèces de *Rhus* avec des chatons, qui par leur forme et leur disposition sont semblables à ceux d'*Alnus*, au point qu'on pourrait les confondre.

Malgré ces circonstances on ne doit pas encore pour le moment nier la possibilité d'une autre descendance des plantes à chatons. Mais il n'y a pas d'autres ancêtres possibles que les *Hamamélidacées*, ou encore, d'après l'analogie dans la découpe particulière des feuilles de *Comptonia* et *Lyonothamnus* (ainsi que des espèces de *Quercus* et du *Sorbus torminalis*), les *Rosacées*, auxquelles les *Juglandées* aussi ressemblent par leurs feuilles pennées, alors que l'implantation supraaxillaire des bourgeons foliaires de *Juglans regia* indique plutôt une parenté avec les *Térébinthacées* et est très répandue parmi les *Térébinthines* aussi bien que parmi la famille voisine des *Capparidacées*.

La question pourra probablement être tranchée par l'étude comparée du bois. Beaucoup des grandes espèces arborescentes des *Légumineuses*, *Zygophyllacées* et *Rutacées* ont un bois très compact, dense, à pores fins, à coeur vivement coloré en rouge ou en jaune (*Citrus*!). J'ai trouvé un bois pareil, à coeur d'un rouge vif, dans l'île de Bornéo chez une *Anacardiacee* (*Camposperma*?) portant le nom malais Kajou kebadja. Le bois à grands pores de nos chênes, du noyer, des *Ulmacées* (*Zelkova*) et de l'*Artocarpus incisa* n'a pas la moindre ressemblance avec les bois susmentionnés. Par contre, dans un travail de NESTLER dans les *Ber. Deutsch. bot. Ges.* XXIX, 1911, pp. 672-8, on trouve que le bois de l'*Hamamélidacée Liquidambar styraciflua* porte le nom de bois de noyer satiné, dénomination qui devrait être pour quelques spécialistes dans l'anatomie du bois une raison de comparer les bois de *Liquidambar*, *Altingia*, *Platanus*, *Parrotia*, *Hamamelis*, *Distylium*, *Buxus* et d'autres *Hamamélidacées* avec ceux des *Urticales* et des *Amentacées*, et particulièrement de *Casuarina*. Il est certain que jusqu'à un certain point la densité du bois et la largeur des pores ne dépendent pas seulement d'affinités naturelles, mais aussi du lieu, de la nature du sol et du climat. Mais on peut s'attendre à ce que des renseignements complé-

mentaires soient fournis par d'autres caractères encore, comme p. ex. la structure des rayons médullaires dans de vieux troncs, caractères que SOLEREDER, dans son manuel „Syst. Anat. Dicotyl.” (1899 et 1908), a dû laisser de côté.

Par leur structure anatomique, ainsi que par le port, la membrure des feuilles, l'inflorescence, la structure de la fleur, du fruit et de l'embryon, les **Protéacées** aussi offrent une grande analogie avec les *Légumineuses*. Elles aussi se laissent ramener, avec les *Cruciales*, *Gruinales*, *Aesculines* et *Térébinthines* à une tribu inconnue des *Berbéridacées*.

Nous obtenons ainsi un groupe naturel de plantes apparentées les unes aux autres, descendues d'une seule et même tribu inconnue des *Berbéridacées*, comprenant les *Cruciales*, *Gruinales*, *Aesculines*, *Térébinthines* et *Protéines* et bien caractérisé entre autres par le bourgeonnement souvent encore spiralé des feuilles, rappelant *Cycas* et les fougères (p. ex. chez *Leucaena*, *Pisum*, *Oxalis*, *Xanthoxylum*), la prédominance de grappes et de panicules terminaux, des sépales arrondis et bombés donnant aux boutons floraux une forme globulaire, des pétales imbriqués, une forte tendance à la zygomorphie, la syndrie et la diadelphie, l'existence fréquente de glandes discales extrastaminales, souvent allongées en forme de doigt, de grands stigmates, de carpelles encore nettement stipités, se développant en follicules séparés ou soudés, la tendance à la formation d'un grand embryon, comme celui d'un pois ou d'une fève, à cotylédons épais et charnus, petit hypocotyle et plumule déjà plurifoliée (p. ex. chez des *Légumineuses* et des *Protéacées*), la présence de berbérine, rutine et myrosine (cette dernière dans les *Cruciales*, *Limnanthes*, *Tropaeolum* et quelques *Légumineuses*) et encore par la prédominance de feuilles pennées ou encore plus fortement divisées.

Un peu à l'écart de ce groupe à feuilles pennées, mais néanmoins encore assez étroitement apparentées avec lui, les **Rosales** sont également issues des *Berbéridacées*, notamment de la même tribu inconnue et à ce qu'il semble dans la région du Pacifique.

Si le genre particulier **Crossosoma** est mis en rapport tantôt avec les *Dilléniacées*, tantôt avec les *Rosacées*, cela tient sans doute à ceci, que c'est une forme intermédiaire ancienne et polycarpique entre des *Berbéridacées* voisines de *Paeonia* et les *Dilléniacées* et *Rosacées*. D'après le port qui fait songer à *Spiraea glauca* et *Prunus spinosa*, le calice pérygyne, la forme et l'insertion des pétales et étamines, on doit déjà le

compter parmi les *Rosacées*, bien que les graines aient encore un arille, comme celles de *Paeonia* et beaucoup de *Dilléniacées*.

D'après la distribution géographique, le port, la forme du gynécée monocarpellé et l'arille des graines, **Glossopetalum**, qui avec ses fleurs décandres occupe une place à part dans la tribu des *Eucassiniées* de la famille des *Célastracées*, semble appartenir aussi, tout au commencement des *Rosacées*, aux *Crossosomatées* polycarpiques, pourvues encore d'un arille et d'un albumen.

A cause de l'insertion apparemment pariétale des ovules **Neumannia** s'est fourvoyé dans les *Flacourtiacées*. Mais cette insertion pariétale provient seulement de ce que le gynécée est monocarpellé par avortement. D'après le port général, l'existence de stipules bien nets, la structure de la fleur périgyne, le réceptacle revêtu en dedans d'un disque mince, les petites anthères, semblables à celles des *Rosacées*, courbées intérieurement dans le bourgeon, les parois internes mucilagineuses des cellules épidermiques de la feuille, l'existence d'un endoderme bien distinct avec taches de CASPARY, *Neumannia* aussi appartient aux *Rosacées*, et notamment également aux *Crossosomatées*, à cause du gynécée apocarpique, mais déjà monocarpique.

Parmi les *Homaliées*, auxquelles appartiennent aussi *Bembicia* et *Llavea* (19, p. 34), **Gerrardina** occupe une situation tout à fait isolée, par ses sépales ronds, en partie à dentelures glanduleuses, son réceptacle cratériforme, revêtu en dedans d'un disque et son style indivis. Tout comme *Neumannia* (SOLEREDER, Syst. Anat. Dicot., 1899, p. 100), *Gerrardina* aussi se distingue, d'après SOLEREDER, l. c. Ergänz. (1908), p. 155, de toutes les *Flacourtiacées* par la transformation mucilagineuse de l'épiderme de la feuille. Peut-être appartient-il aussi aux *Rosacées*; mais alors, malgré la proximité géographique de *Neumannia*, difficilement aux *Crossosomatées*, eu égard à l'ovaire que l'on rapporte comme dicarpellaire et à placentas réellement pariétaux.

Le genre péruvien **Gumillea** R. et P. est placé dans ENGLER et PRANTL, Natürl. Pflanzenf., III, 2a, p. 102, parmi les genres douteux des *Cunoniacées*, et dans le supplément (1897), p. 335, même encore parmi les *Angiospermes* de situation incertaine. Mais il se distingue de toutes les *Cunoniacées* par ses feuilles alternantes, et des *Staphyléacées*, parmi lesquelles je l'avais provisoirement placé en 1908 (19, p. 182), par ses nombreuses petites graines. Si la description en est exacte, par ses feuilles pennées et alternantes et ses follicules polyspermes, semi-



apocarpiques, il ne peut appartenir qu'aux *Rosacées*, dans le voisinage des *Spirées*. Depuis que j'ai eu la chance de retrouver parmi des plantes d'ULE (22, p. 30) le genre douteux *Alzatea*, disparu depuis RUIZ et PAVON, nous ne devons pas abandonner tout espoir d'établir un jour, par l'examen de matériaux d'herbiers, en toute certitude la place que doit occuper *Gumillea*.

Les trois genres que nous avons rattachés ci-dessus aux *Crossosomatées* ont tous des feuilles simples et *Neumannia* seul a une faible tendance à une décomposition irrégulière. Mais il y a encore un genre de *Rosacées* apocarpique, et comme *Crossosoma* indigène de la Californie, qui se distingue de tous les autres représentants de cette famille très étendue, à l'exception de *Rhodotypus* et des plantules de *Prunus*, par ses feuilles opposées et de tous par la double ramification très particulière des feuilles. C'est le **Lyonothamnus** *floribundus* A. GRAY avec la variété *asplenifolia* BRANDEGEE. Par ses fleurs en corymbes terminaux il rappelle *Sorbus* et *Crataegus*, et par les feuilles pennées il a une ressemblance très éloignée avec *Sorbus Aucuparia* et *Osteomeles anthyllifolia*; au point de vue phytogéographique aussi il se rapproche de ce dernier genre, que l'on rencontre dans trois groupes d'îles du Pacifique septentrional et dans les Andes sud-américaines. C'est aussi aux *Pomées* qu'on pourrait le rattacher en premier lieu. Cependant il s'écarte des toutes les plantes appartenant à ce groupe par ses deux carpelles, encore libres et insérées, comme chez *Rosa*, au fond du receptacle cratériforme, et comme les *Crossosomatées* il pourrait bien lui aussi être encore très voisin des ancêtres polycarpiques de toute la famille. Il n'est, en effet, pas difficile de déduire de formes semblables à *Lyonothamnus*, mais qui possédaient encore des feuilles alternantes et de nombreux carpelles libres, toutes les autres tribus de la famille, savoir les *Quillajées*, qui habitent surtout le bord oriental du Pacifique, les *Spirées* de la zone tempérée septentrionale, les *Kerriées* de l'Asie orientale et de l'Amérique du nord, les *Potentillées*, les *Rosées* de la zone tempérée septentrionale, les *Pomées*, les *Amygdalées* avec les genres 2-5-carpiques *Maddenia* et *Nuttalia*, les *Chrysobalanées* etc. D'ailleurs on retrouve presque dans toutes les tribus des fleurs, qui rappellent fort les fleurs typiquement rosacées de *Crossosoma*; je ne citerai que *Spiraea*, *Exochorda*, *Lindleya*, *Pirus* et *Prunus*. D'après la répartition des formes les plus primitives, que nous venons d'esquisser, la famille paraît être née dans le domaine floral du Pacifique de *Berbéridacées* éteintes,



et chez elle aussi, comme dans le groupe dont nous avons parlé ci-devant, et chez les *Berberidacées*, la forme primaire de la feuille pourrait avoir été la forme pennée.

Cette dernière circonstance e. a. semble indiquer que les *Rosacées* ne doivent pas être dérivées des *Saxifragacées*, ainsi que je l'ai fait en 1908 (19, p. 181-182), mais plutôt inversement les **Saxifragacées** des *Rosacées*. En effet, une tendance à la division digitée ou pinnatifide de la feuille ne se représente que secondairement chez les formes supérieures des *Saxifragacées*, comme *Ribes*, *Hydrangea*, *Francoa*, *Eremosyne* et les *Astilbées*, et jamais elle n'atteint ce degré de décomposition de la feuille que l'on observe p. ex. chez *Sorbus Aucuparia* et *Rosa*. Dans la tribu la plus primitive des *Saxifragacées*, notamment dans les *Breviées*, caractérisées par des ovules encore crassinucellés jusqu' à ténuinucellés bitegminés et par une formation superficielle du suber, le genre *Tetracarpaea* a encore quatre carpelles complètement libres et par son port, la forme des feuilles, l'inflorescence, ainsi que par le manque de stipules, il ressemble à une *Spiraea* de la section *Spiraria* SER. Par lui les *Saxifragacées* sont intimement liées aux *Crossosomatées* et *Spirées*. Les *Breviées* aussi ont leur centre de distribution dans le domaine floral du Pacifique méridional et ce n'est que par quelques rares ramifications qu'ils se sont avancés jusqu' à Madagascar etc. (*Tetracarpaea* en Tasmanie; *Ixerba* <sup>1)</sup> en Nouvelle-Zélande; *Anopterus* en Tasmanie et Australie orientale; *Cuttsia* et *Abrophyllum* en Australie orientale; *Argophyllum* en Australie orientale et Nouvelle Calédonie; *Corokia* en Nouvelle Zélande; *Quintinia* en Australie orientale et Nouvelle Zélande; *Dedeia* en Nouvelle Calédonie; *Tribeles* dans la Terre de Feu et au Chili méridional; *Donatia* aux mêmes endroits et en Nouvelle Zélande; *Strasburgera* en Nouvelle Calédonie; *Itea* depuis la Malaisie jusqu' à l'Himalaya, le Japon et l'Amérique du Nord; *Roussea* à l'île Maurice; *Brevia* aux Seychelles et à Madagascar; voir aussi 22, p. 30). Les *Breviées* passent sans transition nette aux *Escalloniées*, parmi lesquelles *Escallonia* a déjà des ovules ténuicellés un i-tegminés et présente une formation péricyclique du suber. Le domaine de répartition de la dernière tribu coïncide à peu près avec une partie de celui des *Breviées* (*Val-*

<sup>1)</sup> Dans ENGLER und PRANTL, Natürl. Pflanzenf., III, 2a, p. 80, les figures K et O paraissent être interverties; mais même après intervention la description de l'embryon d'*Ixerba* (p. 81) ne s'accorde pas encore tout à fait avec le dessin.

*divia* au Chili; *Escallonia* dans les Andes sud-américaines; *Forgesia* à l'île Bourbon; *Montinia* dans l'Afrique méridionale). Aussi ENGLER a-t-il incorporé avec raison les *Breviées* de BAILLON dans les *Escalloniées*, et je n'emploie plus ce nom que pour caractériser brièvement les formes primitives par rapport aux formes plus avancées. Des formes comme *Ixerba* et *Roussea* semblent avoir donné naissance aux *Philadelphées* au bord oriental de l'océan Pacifique, par l'intermédiaire de *Pterostemon*, *Desfontainea* et *Columellia*, et les *Philadelphées* à leur tour aux *Hydrangées*. *Ribes* doit également être issu dans l'Amérique du Sud de formes semblables à *Escallonia*, et le genre également sud-américain *Francoa* conduit des *Escalloniées* aux *Saxifragoïdées* d'ENGLER (à l'exclusion de *Donatia* et *Parnassia*), en particulier au genre *Bergenia*.

Les trois familles des *Rosales* caractérisées par l'existence exclusive ou prépondérante de feuilles à distribution décussée et par la prédominance de feuilles pennées, savoir les **Brunelliacées**, **Cunoniacées** et **Staphyléacées**, se laissent facilement déduire de *Rosacées* voisines de *Lyonothamnus* et des *Spirées*. Surtout les *Cunoniacées*, par la transformation mucilagineuse des cellules épi- et hypodermiques de la feuille et les fibres libériennes secondaires, se rapprochent beaucoup plus des *Rosacées* que des *Saxifragacées*. Par le calice périgyne et surtout par le fruit vésiculeux *Staphylea* rappelle le genre de *Spirées* *Physocarpus*.

Par le port, l'existence fréquente d'épines et de piquants, la forme des feuilles, des stipules, du réceptacle floral, des sépales et pétales, la structure du disque, l'insertion des pétales et étamines, l'existence de drupes semblables à des cerises etc., les **Rhamnacées** aussi se rapprochent des *Rosacées* et *Saxifragacées*, mais à plus d'un autre point de vue des *Rutacées*, desquelles elles se distinguent toutefois nettement par la possession de stipules.

Chez ENGLER les **Dilleniacées** sont encore placées au début des *Guttales*. Elles sont sans aucun doute apparentées à celles-ci, mais se distinguent néanmoins, exception faite pour *Actinidia*, *Saurauja* et *Clematoclethra*, de tous les représentants de cet ordre par leur embryon très petit, comme il est caractéristique pour la plupart des *Polycarpicées*. Ce n'est d'ailleurs pas seulement avec les *Guttales* qu'elles présentent des rapports, mais encore avec les *Rosacées*, et peut-être même avec les *Césalpinées* (par la structure de la fleur, le gynécée le plus souvent apocarpique, les feuilles doublement ou triplement pennées d'*Acrotrema dissectum* THW.); puis avec les *Anonacées*, *Magno-*

*liacées* et *Paeonia*. Elles doivent donc occuper une place inférieure dans le système, notamment là où toutes ces familles et tous ces ordres ont leur origine commune. C'est pourquoi je les ai déjà reportées en 1908 vers les *Ranales* (19, pp. 112—115 et 179), que j'ai détachées en 1905 (16, p. 88) des *Polycarpicées*. D'après les derniers résultats de mes études comparées incessantes elles ne peuvent pas toutefois être dérivées des *Magnoliacées*, mais pourraient être issues directement de la même tribu inconnue des *Berberidacées*, engloutie peut-être avec le centre de distribution des marsupiaux dans les profondeurs du Pacifique, et d'où les *Péoniées*, les *Anonales* (parmi lesquelles *Drimys* de l'Amérique du S. O. jusqu'à Bornéo!), les *Césalpiniées*, les *Rosacées* et les *Guttales* ont rayonné dans divers sens. La tribu australienne des *Hibbertiées* est encore confinée de nos jours sur le bord occidental de ce centre de distribution.

Les genres **Actinidia**, **Saurauja** et **Clematoclethra** se distinguent très clairement des *Dilléniacées* par leurs anthères versatiles, leurs carpelles complètement soudés entr'eux à l'exception des styles, mais surtout par leur testa à facettes, leur grand embryon et leurs ovules déjà ténuicellés unitegminés. Par la structure de la fleur, les anthères recourbées dans le bouton mais plus tard redressées, s'ouvrant par une fente courte, presque semblable à un pore et à loges divergentes, la forme des capsules, des placentas, des graines et de l'embryon, *Saurauja* surtout se rapproche des **Bicornes**, chez lesquelles (y-compris l'*Empetrum*) les ovules sont déjà toujours ténuinucellés unitegminés. Par le port, les pétales blancs libres émarginés, les styles plus ou moins libres, il a beaucoup de ressemblance avec *Clethra*; c'est pour cette raison qu'en 1908 (19, pp. 192 et 203; 22, p. 35) je déplaçai ces trois genres vers les *Cléthracées*. Les genres encore polyandres *Actinidia* et *Saurauja* se trouvent avec les autres *Bicornes* dans la même relation que le genre encore polyandre *Hoplestigma* vis à vis de toutes les autres *Boraginacées*, déjà haplostémones; c. à d. qu'ils sont les plus anciens types de l'ordre tout entier, les plus rapprochés des ancêtres, ceux dont on peut s'attendre à obtenir en premier lieu des renseignements sur leurs affinités naturelles.

Jusqu'ici j'ai considéré les *Bicornes* comme très proches des *Primulines* et il m'est même arrivé de les réunir avec eux (14, p. 313; 18, p. 159). En 1901 je fis dériver ce produit de combinaison des *Ochnacées* (6, pp. 82—85 et 100; voir aussi ci-dessus, 23, p. 109); mais en

1908 je séparai de nouveau les deux ordres (19, pp. 191-2) et en 1910 (21, p. 221, note 2) je les fis dériver des *Ternstroemiacées*.

Mais les *Bicornes* se distinguent très notablement des *Primulines* et des *Guttales* par les bourgeons ouverts, la vernation et les nervures transversales clathrées des feuilles d'*Actinidia* et *Saurauja*, et des *Primulines* encore toujours bitegminées aussi par les ovules déjà unitegminés, les styles le plus souvent un peu enfoncés, les carpelles le plus souvent bombés, ne formant pas une sphère lisse, mais séparés par des sillons, la placentation du gynécée, la forme des étamines etc. Je commençai donc à douter si elles sont réellement apparentées aux *Primulines* et dérivent d'une famille des *Guttales*. Elles se rattachent aux *Dilléniacées* entre autres par les raphides des 3 genres des *Sauraujées*, les nervures transversales clathrées, la déhiscence poricide des anthères, les carpelles fortement bombés, la tendance du style à un enfoncement gynobasique (comme chez *Dillenia!*), les nombreux styles d'*Actinidia*, formant un entonnoir comme chez *Dillenia indica* (ENGLER PRANTL, Nat. Pflanzenf., III, 6, fig. 55 G-H), ce qui donna naissance au nom *Trochostigma* SIEB. et ZUCC., les stigmates le plus souvent grands et les poils souvent très grossiers et rudes. La graine d'*Actinidia strigosa* (BAILLON, Hist. pl., I, figg. 163—164) ressemble fort à celles d'*Aquilegia*, *Magnolia* et *Illicium* (BAILL., l.c., figg. 11—12, 170 et 198—199) par le fait que le micropyle se trouve au sommet et que le hile est encore assez distant. Mais dans d'autres genres, comme p. ex. *Rhododendrum* et *Ledum*, les *Bicornes* offrent une telle analogie avec les *Luxemburghiées*, *Ternstroemiacées* et *Myrsinacées*, qu'on ne saurait douter de leur descendance des *Guttales*.

Parmi les dernières les **Ochnacées** semblent constituer le type le plus primitif. Par leurs feuilles rigides, coriaces, parfois à dents épineuses, les stipules souvent rigidement dressés, les sépales fortement bombés et les pétales jaunes arrondis, elles rappellent encore fort les *Berbéridacées* (19, pp. 19 et 111), et les *Césalpiniiées* par les sépales et les pétales et par les anthères souvent ondulées comme des intestins. Le court gynophore de *Godoya*, *Ouratea*, *Luxemburghia* etc. (ENGLER und PRANTL, Nat. Pfl., III, 6, figg. 71 O, 72 C-G, 77 B-D) semble indiquer que le fruit des *Ochnacées* correspond aussi à 3-5 follicules de *Légumineuses* soudés ensemble. Par les *Ochnacées*, les *Guttales* aussi, à côté des *Rosales*, *Aesculines*, *Dilléniacées* et *Paeonia*, se laissent donc ramener à des *Berbéridacées* inconnues.



Les liens de parenté mutuels des diverses familles des *Guttales* n'ont pu être éclaircis un peu, que lorsque j'eus déplacé en 1911 les **Linacées** des *Gruinales* vers les *Guttales* (21, p. 218, note 1). Car c'est précisément cette famille-là qui forme un chaînon intermédiaire important entre les *Ochnacées* et les autres *Guttals*. Elle se laisse facilement déduire des *Ochnacées* et c'est à elle que l'on peut ramener presque toutes les autres familles, savoir les *Octoknémacées*, si du moins celles-ci ne sont pas plutôt apparentées aux *Olacacées*, les *Célastracées* (y-compris les *Hippocratéacées*), les *Rhopalocarpaceés* (?), les *Iringiacées*, les *Chlénacées*, les *Symplocacées*, les *Pentaphylacacées*, les *Ternstroemiacées* et les *Guttifères*, même les *Myrtines* (23, p. 109). Entre autres la nervation parallèle, fine et dense, des feuilles des *Ochnacées* a passé à plusieurs *Linacées*, mais dans cette famille elle s'est transformée, comme chez les espèces d'*Erythroxylum*, dans la nervation caractéristique des *Ternstroemiacées*, présentant ceci de particulier, que sur les grandes nervures arquées intramarginales s'étagent plusieurs rangées d'arcs qui vers l'extérieur deviennent de plus en plus denses et fins. En dehors d'*Erythroxylum* et des *Ternstroemiacées* (p. ex. *Thea* et *Eurya*) cette nervation caractéristique p. ex. se trouve encore chez *Symplocos* et plusieurs *Lécythidacées*. Dans le bourgeon les feuilles des *Guttales* sont enroulées le plus souvent en long cigare et laissent souvent par là des traces de pression très caractéristiques; tel est le cas chez *Erythroxylum* et plusieurs *Humiriées*, *Iringiacées*, *Chlénacées*, *Ternstroemiacées*, espèces d'*Eucryphia* et *Lécythidacées* (20, p. 185).

Cette descendance de *Linacées* encore ligneuses et à fruits encore capsulaires, donc d'*Ixonanthées*, se montre très nettement chez le genre **Symplocos**, qui n'est apparenté à aucune famille des *Ebénales* actuelles. A plus d'un point de vue ce genre s'accorde avec les *Ternstroemiacées*, surtout du genre *Eurya*; aussi l'ai-je tenu jusqu'ici pour un descendant ou une tribu de cette famille. Il s'en écarte néanmoins considérablement par ses inflorescences souvent paniculées et floribondes, ses pétales souvent jaunes, son disque intrastaminal, ses stomates présentant deux cellules annexes parallèles à la fente, qui sont même parfois encore scindées transversalement, comme chez le genre d'*Humiriées* *Vantanea*. Par tous ces caractères *Symplocos* se rapproche plutôt des *Ixonanthées* que des *Ternstroemiacées*. L'ovaire est déjà plus ou moins infère et la structure de la fleur toute entière s'accorde bien avec celle des fleurs du genre d'*Hugoniées* *Ancistrocladus* (23, p. 108). Chez *Symplocos pseudo-*



*clethra* sp. n. (Lombok: ELBERT n°. 836) le pedicelle est articulé à l'endroit de l'insertion des deux bractéoles et l'hypanthium est renflé et glabre, tout à fait comme chez le genre d'*Hugoniées Philbornea* (23, pp. 106 et 110). Par la structure anatomique aussi *Symplocos* correspond tout à fait aux *Linacées*. Dans l'épiderme de la feuille il y a des cristaux isolés et des mâcles sphériques comme chez des espèces de *Ternstroemia*, plusieurs *Célastracées*, *Hippocratéacées* et *Rhizophoracées*; chez *Erythroxyllum Coca* et plusieurs *Lythracées* on trouve des cristaux isolés. Les poils tecteurs ne se composent que d'une seule rangée de cellules, comme chez *Vantanea*, les cloisons des vaisseaux sont scalariformes à échelons nombreux comme chez les *Humiriées* et parfois chez *Ixonanthes icosandra*, les vaisseaux sont pourvus de ponctuations aréolées et simples vers le parenchyme des rayons médullaires, comme chez les *Humiriées* et les autres *Linacées*, parfois à ponctuations simples, transversalement allongées et à disposition scalaire, alors que chez *Humiria* et *Saccoglottis* on observe des ponctuations aréolées disposées en échelle; le prosenchyme du bois présente des ponctuations aréolées comme chez les *Humiriées*, *Erythroxyllum*, les *Hugoniées* et *Ixonanthes*; le suber est subépidermique, comme chez les *Humiriées* et *Erythroxyllum Coca*; les petites nervures des feuilles sont enfermées et enveloppées d'un cylindre de sclérenchyme, comme chez *Hugonia* et *Erythroxyllum*; dans l'écorce primaire il y a des cellules scléreuses, comme chez *Humiria* et *Saccoglottis*; dans le phloème des fibres libériennes secondaires comme chez *Humiria*, *Saccoglottis* et *Erythroxyllum*. Comme il paraît qu'il existe de la théïne dans quelques espèces de *Symplocos*, il n'est pas impossible qu'on en trouve aussi chez les ancêtres communs des *Ternstroemiacées* et *Symplocacées*, donc chez les *Ixonanthées*. Tout comme les *Berbéridacées*, *Luzuriagées*, *Illiciées*, *Rosacées*, *Saxifragacées* et *Linacées*, *Symplocos* aussi semble être originaire du domaine floral du Pacifique méridional.

Le lien entre les **Myrtines** et les *Ixonanthées* est établi principalement par les *Lécythidacées* et les *Legnotidées*. Ces dernières se rapprochent des *Ixonanthées*, et des *Célastracées* qui en dérivent, e. a. par la forme, la nervation et la dentelure de la feuille, et avant tout par l'existence d'arilles parfois laciniés des graines (chez *Cassipourea*, *Dactylopetalum* et *Weihea*; ENGLER, Jahrb. XL, pp. 51 et 53, figg. 1 et 2). Tout comme chez *Erythroxyllum*, les *Humiriées*, les *Iringiacées*, *Symplocos*, les *Ternstroemiacées*, *Marcgraviacées*, *Bonnetiées*, *Myrsinacées* etc., chez les *Lécythidacées* et *Rhizophoracées* aussi les jeunes feuilles sont

enroulées en cigares. Les stipules rigidement dressées des *Ochnacées*, *Quinacées*, *Erythroxyllées* et *Irvingiacées* se retrouvent chez les *Rhizophoracées* et les *Caryocaracées*, et la nervation des *Ternstroemiacées* chez des *Lécythidacées* sud-américaines. Par l'ovaire infère, les sépales arrondis, bombés, se refermant au dessus du fruit, les pétales bombés et l'androcée secondairement polyandrique par ramification, plusieurs *Myrtacées* font fortement songer à *Symplocos*. Tout comme chez les *Linacées*, *Symplocos* et la *Célastracée* *Microtropis japonica* (22, p. 33), le pédicelle est encore articulé chez *Bruguiera*, *Gynotroches*, *Weihia* et *Caryocar*. Le disque intrastaminal crénelé des *Rhizophoracées* *Cassipourea*, *Carallia* et *Cerriops* ressemble à celui des *Humiriées*. Chez les *Lagerstroemiées* le connectif forme sur le dos des loges de l'anthère une petite lamelle, comme chez les *Humiriées*, *Eucryphia*, *Quina* et les *Chlénacées*. D'après la Flora bras., XII, 2, pl. 93, il paraît qu'il y a dans le péricarpe de *Saccoglottis* des cavités à sécrétion, comme chez les *Guttifères* et les *Myrtacées*. La tendance à la formation d'organes mucilagineux est également passée des *Ochnacées* non seulement aux *Quinacées*, *Linacées*, *Irvingiacées*, *Chlénacées* et *Rhopalocarpacées* (?), mais aussi à beaucoup de *Myrtines* (SOLEREDER, Syst. Anat. Dicot. Ergän., 1908, pp. 341-2).

Déjà en 1903 (13, pp. 84—85; 14, p. 313) j'ai éloigné les **Anisophyllées** des *Rhizophoracées* à cause de leurs feuilles sans stipules, placées en deux rangées alternantes, leurs inflorescences en grappe, leurs styles séparés, leurs drupes en forme de pomme avec des sépales convergents comme chez *Symplocos* et leurs graines sans albumen. Par le port semblable à celui du sapin, les branches horizontales, la ramure encore pauvre et les feuilles alternantes en deux rangées *Anisophyllea* rappelle la *Lécythidacée* *Couropita guyanensis* (Hort. bot. Peradeniya); par les inflorescences et le fruit il rappelle *Barringtonia*, par les styles séparés *Foetidia*, *Napoleona* et les *Caryocaracées*. L'absence de stipules et l'embryon macropode sont aussi des caractères qu'il a en commun avec les *Lécythidacées*. Il serait donc désirable d'examiner le genre au point de vue de l'existence possible de faisceaux vasculaires dans l'écorce, ce qui est caractéristique pour les *Lécythidacées*.

Je doute fort que les **Onagracées** appartiennent aux *Myrtines*, malgré leur phloème intraliginaire, et cela deviendrait impossible par un rattachement aux *Halorrhagidacées*, où contrairement à presque toutes les familles des véritables *Myrtines* il y a encore de l'albumen dans la

graine mûre, et parce que *Gunnera* a même encore un embryon minuscule, semblable à celui des *Ranales*. Je n'ai pas réussi à les faire dériver d'une des familles de *Myrtines*. Les analogies avec les *Lythracées* sont compensées par au moins autant de divergences frappantes et elles doivent d'autant plus être considérées comme une accommodation convergente à des conditions vitales semblables, et non comme l'expression d'une affinité naturelle, qu'elles ne se présentent principalement que chez les formes dérivées des deux familles (*Jussiaea* et *Heimia*, *Epilobium* et *Lythrum*), et non chez les formes primitives arborescentes et frutescentes (d'une part *Fuchsia*, d'autre part *Duabanga*, *Lagerstroemia*, *Punica*, *Lafoënsia* etc.). En passant par des formes semblables à *Fuchsia* les *Onagracées* pourraient bien être issues d'*Escalloniées*, dans le domaine floral du sud du Pacifique, à côté d'*Escallonia*, de *Ribes*, des *Philadelphées* (*Columelia*) et des *Hydrangées*, ainsi que des *Stackhousiacées* et des *Campanulines* (13, pp. 37—40). Elles partagent, comme on sait, avec les *Hydrangées* la possession de raphides. Mais par leurs feuilles opposées, parfois pourvues de stipules, l'existence de phloème intra- et interlignaire, leurs vaisseaux à cloisons simplement percées, leur prosenchyme ligneux simplement ponctué, la formation du suber dans les assises intérieures de l'écorce, l'absence des cellules annexes particulières autour des stomates ainsi que de poils glanduleux et d'organes sécréteurs internes, l'existence de cellules épidermiques mucilagineuses dans la feuille, les poils simples unicellulaires, l'existence de la structure criblée dans les ponctuations aréolées des vaisseaux, leur riche développement en Amérique et par d'autres caractères les *Onagracées* offrent aussi une telle analogie avec les *Vochysiacées*, que provisoirement je les classe à côté des dernières dans les *Polygalines*.

Plusieurs **Primulines**, comme *Jacquinia* et *Rapanea*, ressemblent par le port aux *Ternstroemiacées*; plusieurs *Théophrastacées* pourtant, comme *Theophrasta*, *Deherainia* et *Claviija*, ressemblent davantage aux *Ochnacées* (*Cespedeza*). Les anthères ondulées en forme d'intestins et loculées de plusieurs *Myrsinacées*, comme *Aegiceras* et *Ardisia humilis*, semblent plutôt indiquer une descendance des *Ochnacées*, ainsi que j'avais déjà tâché de l'établir en 1901 (6, pp. 82—85 et 100), qu'une descendance des *Ternstroemiacées*. D'après le cigare foliaire terminal des *Myrsinacées* et d'autres caractères il semble certain que les *Primulines* sont issues des *Guttales*, une manière de voir que je n'ai abandonnée que passagèrement en 1908 (19, p. 192; mais voir aussi p. 52) en faveur

d'une descendance des *Saxifragacées* (*Breviées*). Malgré cela M. H. FIEDLER, un élève de MEZ, dans sa thèse sur les *Nyctaginacées* (ENGLER, Jahrb. XLIV, 5, 1910, p. 600), écrit ceci: „HALLIER hat diese Ableitung der *Primulales*, speziell der *Plumbaginaceae* von den *Centrospermen*, seiner Arbeitsweise gemäss nur nach äusseren Ähnlichkeiten vorgenommen. Mir scheint sie auch innerlich begründet zu sein". Mais FIEDLER a négligé d'indiquer l'endroit où d'après lui j'aurais entrepris cette déduction des *Centrospermes*. Il ne saurait d'ailleurs le faire, puisque cela ne se trouve nulle part dans mes écrits. En réalité j'ai déjà détaché en 1901 les **Plombaginacées** des *Primulines* pour les transporter vers les *Centrospermes* (6, pp. 78—81), en donnant les raisons en détail et tenant compte des indications tant macro- que microscopiques (placentation; nombre et forme des ovules; glandes externes; structure anatomique de la tige; nombre des intégruments) et j'ai combattu en même temps d'une manière décidée (6, p. 78 et 85) la réunion, entreprise par E. H. L. KRAUSE, des *Primulines* avec les *Tubiflores* et la déduction de ce produit de combinaison des *Centrospermes*. Par contre, déjà à cette époque je fis dériver les *Primulines* et les *Bicornes* des *Ochnacées* (6, pp. 82—85), mais les *Centrospermes*, y-compris les *Plombaginacées*, des *Ranales* voisines des *Nymphéacées* (6, pp. 78, 97 et 100). L'analogie frappante qui existe dans la structure de la tige entre certaines *Plombaginacées* et *Caryophyllacées* est d'ailleurs connue depuis plus d'un demi-siècle; voir OLIVER dans *Trans. Linn. Soc. London*, XXII, 4 (1859), pp. 289—294, pl. 50—51 et SOLEREDER, *Syst. Arat. Dicot.* (1899), pp. 125—126, 565 et 970.

Par l'aspect extérieur, la coloration vert-jaunâtre, parfois très caractéristique, des parties végétatives d'échantillons d'herbiers, l'existence fréquente de petites stipules épineuses, le réseau des veines grosses et saillantes de la feuille, les grappes simples terminales, le calice caduc avec les sépales externes fortement bombés, la cavité parfois indivise (notamment chez *Xanthophyllum*) de l'ovaire, la cloison de la capsule de *Polygala venenosa*, transparente comme chez plusieurs *Cléomées* et *Crucifères*, les bourgeons latéraux très souvent supra-axillaires (p. ex. chez *Phlebotaenia*) etc., les **Polygalacées** offrent une grande analogie avec les *Capparidacées*; par le port, les stipules, l'inflorescence, la structure de la fleur (zygomorphie, androcée, style), l'existence d'arilles séminales, le tégument séminal dur, l'embryon de *Xanthophyllum* gros comme celui d'un pois et la présence de saponine, elles ressemblent aussi aux *Légumineuses*.



C'est pour cela que tout récemment encore, dans mon petit travail sur les *Linacées*, j'ai déduit immédiatement les *Polygalines*, à côté des *Grinales*, *Aesculines*, *Térébinthines* et *Cruciales* de *Berberidacées* éteintes et je les ai donc classées dans le groupe qui dorénavant sera séparé sous le nom de *Rhizophyles* des *Protérogènes*, *Ochnigènes* etc. (23, p. 109). Mais un nouvel examen des *Polygalines* m'a conduit à de nombreuses indications, que cet ordre n'est pas apparenté aux *Capparidacées* ni aux *Légumineuses*, mais doit être dérivé des *Linacées* à côté des *Guttifères* et *Myrtines*.

C'est principalement par **Diclidanthera** que les *Polygalacées* semblent être liées aux *Ochnacées* et *Linacées*. Car, d'après SOLEREDER, Syst. Anat. Dicot. (1899), p. 587, on retrouve dans ce genre le cristarque caractéristique des dernières familles. GILG, dans ENGLER, Jahrb. XL, Beibl. 93 (3 mars 1908), p. 81, l'a promu par erreur au rang de représentant d'une nouvelle famille des *Ebénales*, alors que j'ai été moi-même tenté pendant longtemps de le réunir aux *Olacacées*, la dernière famille prise dans un sens plus étendu (19, p. 193; 22, p. 37). Cependant, l'indication de MARTIUS dans Flor. bras., VII (1856), p. 11 : „folia exstipulata” est erronée; j'ai, en effet, trouvé chez les deux espèces du genre les stipules à la base du pétiole, sous la forme de deux toutes petites épines marquées d'une fossette au sommet, telles qu'on les rencontre d'après CHODAT chez certaines *Polygalacées*. Voici ce que CHODAT dit de ces organes dans ENGLER PRANTL, Nat. Pfl. III, 4, p. 325 : „Chez quelques espèces de *Polygala* de la sect. V *Ligustrina* on observe à côté du pétiole deux épines obtuses et courtes, creusées à leur sommet d'un pore simple. On rencontre ces stipules chez plusieurs *Securidaca* et chez beaucoup de *Monnina*. Chez les derniers ces stipules s'élargissent souvent en disques membraneux”.

Cette découverte, combinée avec les autres caractères du genre en question, surtout la constitution de l'androcée, a démontré d'une manière décisive que *Diclidanthera* appartient aux *Polygalacées*. En effet, des stipules n'existent pas du tout chez les *Olacacées* et parmi les *Ebénales* chez quelques *Sapotacées* seulement, où ils ont toutefois une toute autre forme que ceux de *Diclidanthera* et d'autres *Polygalacées*. La famille des *Diclidanthéracées*, créée par GILG dans les *Ebénales*, peut donc être maintenue tout aussi peu que ses *Hoplestigmatacées*, que j'ai placées parmi les *Boraginacées*, et ses *Lissocarpacées*, que j'ai réunies aux *Olacacées-Alangiées*.

D'ailleurs MARTIUS a déjà comparé *Diclidanthera* avec les *Polygala-*



ces, ainsi que le prouve le fait, que sur la pl. 4 de sa Flora bras. VII, contenant les deux espèces de *Diclidanthera*, on trouve aussi un diagramme de *Polygala speciosa*. Par le port et la forme, la nervation et la couleur vert-jaunâtre de la feuille, *Diclidanthera* rappelle surtout les genres *Securidaca*, *Carpolobia*, *Phlebotaenia* et *Bredemeyera*. Dans le dernier ce sont surtout *Br. floribunda* var. *tomentosa* et *Br. laurifolia* qui ressemblent très fort à *Diclidanthera laurifolia* par le court duvet brun, dressé, des inflorescences, des jeunes rameaux et du côté inférieur de la nervure médiane. Les deux espèces de *Diclidanthera* sont des lianes volubiles, comme la plupart des espèces de *Securidaca*, le genre de *Trigoniacées* *Trigoniastrum*, beaucoup de *Dichapétalacées* et *Malpighiacées*, mais contrairement à tous les représentants des *Ebénales* d'ENGLER. Les deux glandes à la base du limbe foliaire existent aussi chez *Xanthophyllum vitellinum* NEES (Icones Bogor., I, pl. 79); *D. laurifolia* les a aussi aux bractées inférieures, comme *Trigoniastrum* et plusieurs *Malpighiacées*. La corolle noircit par le dessèchement, comme chez des espèces de *Bredemeyera*, *Trigonia* et *Dichapetalum*. L'androcée est diplostémone et les anthères s'ouvrent par une fente transversale en fer à cheval, comme chez *Polygala*, *Securidaca*, *Monnina*, *Montabea*, *Tremandra* et *Kramera*. Par la forme de la corolle et l'insertion de l'androcée *Diclidanthera* se rapproche aussi des genres gamopétales de *Dichapétalacées* *Tapura* et *Stephanopodium*. D'après la fleur actinomorphe, l'androcée complet et l'ovaire encore à 5 carpelles le genre est un type très primitif de la famille. Par ceci aussi bien que par le long tube noir de la corolle de *D. penduliflora*, les lobes corollaires ciliés de *D. laurifolia* et la structure du fruit, *Diclidanthera* se rapproche du genre *Montabea*, qui est également endémique dans l'Amérique du Sud et possède également encore 5 carpelles à l'ovaire.

En ce qui concerne la structure anatomique, *Diclidanthera* se rattache, d'après SOLEREDER, Syst. Anat. Dicot. (1899), pp. 588 et 110, aux *Polygalacées*, par ses poils à une seule rangée de cellules, comme ceux de certaines espèces de *Bredemeyera* et *Xanthophyllum*, ses cloisons des vaisseaux à perforations simples, les vaisseaux à ponctuations aréolées (en partie simples pourtant) aux endroits où ils touchent le parenchyme des rayons médullaires, le prosenchyme ligneux à ponctuations aréolées, son suber à cellules scléreuses, de formation superficielle (comme chez *Montabea guianensis*), l'absence de poils glanduleux, l'absence de cellules annexes particulières autour des stomates, la présence d'hypoderme

sous l'épiderme de la face supérieure de la feuille (comme chez *M. guianensis*), la présence de cristaux simples et de cellules scléreuses dans la moelle et l'écorce primaire.

Les **Malpighiacées** aussi ont déjà été classées à diverses reprises dans les *Polygalines*. D'un côté elles sont assez proches des *Polygalacées*, d'un autre côté elles sont très étroitement liées au genre de *Trigoniacées* *Trigoniastrum*. Chez ce genre on remarque aux bractées de la panicule de grandes glandes cyathiformes, tout à fait semblables à celles des feuilles et sépales d'un grand nombre de *Malpighiacées*. Il a aussi les fruits ailés de la plupart des *Malpighiacées* et du genre de *Polygalacées* *Securidaca*; et l'androcée synandrique des *Trigoniacées* se laisse également comparer avec celui de plusieurs *Malpighiacées*. Par cet androcée synandrique diplostémone, la prédominance de la couleur jaune dans les fleurs, les styles séparés et les ovules épitropes les *Malpighiacées* trahissent parmi les *Polygalines* d'une façon particulièrement nette la descendance de cet ordre des *Linacées*.

Mais chez les **Violacées** aussi, qui se rattachent aux *Polygalines* principalement par l'intermédiaire des *Vochysiacées* et des *Trigoniacées*, ces relations avec les *Linacées* et les *Ochnacées* sont encore très nettement exprimées, et ces liens de parenté sont même tellement étroits, qu'autrefois on classait généralement parmi les *Violacées* les *Sauragesiées*, que GILG transporta à bon droit vers les *Ochnacées*, à cause de leurs faisceaux vasculaires corticaux et d'autres caractères encore. Cette affinité se manifeste d'une façon particulièrement nette chez la *Violacée* *Alsodeia ilicifolia* WELW. dans Trans. Linn. Soc. Lond., XXVII, 1 (1869), p. 12, pl. 2, un arbuste de l'Afrique occidentale avec les feuilles à dents épineuses de plusieurs *Ochnacées*, les stipules rigides et pointues de *Hugonia*, *Erythroxyllum*, des *Ochnacées* et *Berbéridacées*, les panicules terminales floribondes de beaucoup d' *Ochnacées*, les sépales arrondis, bombés, à nervures en éventail de *Philbornea*, d'espèces de *Durandea* et de beaucoup d' *Ochnacées*, l'androcée synandrique des *Linacées* et le style cylindrique indivis de la plupart des *Ixonanthées* et *Ochnacées*. D'autre part la *Sauragésiée* *Indovethia calophylla* BOERL., dans Icones Bogor., I, 1 (1897), pl. 1, présente dans ses stipules laciniées, ses anthères sagittées, allongées par un connectif subulé et à filets courts et larges, sa capsule courte, à trois valves, qui est pourtant septicide, déjà quelques caractères des *Violacées*. Cependant quelques espèces d' *Alsodeia* ont les inflorescences en forme d'épi, ferru-

gineuses, d'espèces de *Symplocos* et les pédicelles articulés de *Symplocos* et de plusieurs *Linacées*. Par suite les *Violacées* ne semblent pas descendre directement des *Ochnacées*, mais seulement par l'intermédiaire de *Linacées*. Je croyais jusqu'ici pouvoir les déduire de *Flacourtiacées*, mais elles se distinguent nettement de toutes les véritables *Flacourtiacées* déjà uniquement par l'existence de cellules mucilagineuses dans l'épiderme des feuilles.

Un autre chaînon entre les *Polygalines* et les descendants des *Linacées* est constitué par les **Vochysiacées**, qui sont liées aux *Polygalines* principalement par les *Trigoniacées* et ne s'en laissent pas éloigner. Par l'existence d'un phloème intra- et interlignaire, d'organes mucilagineux, d'une structure criblée des ponctuations aréolées des vaisseaux et par d'autres caractères encore les *Vochysiacées* se rapprochent des *Myrtines* au point que, pendant quelque temps, j'ai été tenté de les classer dans cet ordre (19, p. 17). On sait que les *Onagracées*, caractérisées par les mêmes caractères anatomiques, ont été comptées également jusqu'ici parmi les *Myrtines*. Mais nous sommes parvenus ci-dessus à déduire ces dernières, avec les *Célastracées*, des *Linacées*, par l'intermédiaire des *Lécythidacées* et des *Rhizophoracées*, de sorte qu'on doit admettre la même origine pour les *Polygalines*.

Rien que pour leurs ovules crassinucellés bitegminés les **Salvadoracées** devraient, comme les *Cucurbitacées* (19, p. 188) et les *Plumbaginacées* (19, p. 191), être éloignées des *Gamopétales*. D'après leurs organes de végétation pâles ou de couleur vert-jaunâtre dans les herbiers, leurs petites stipules, leur tendance à la zygomorphie, l'insertion des étamines, le grand embryon etc., ils semblent aussi appartenir aux *Polygalines*, comme proches parents des *Polygalacées*.

Par suite du port, rappelant fort les *Anonacées*, et de la forme du calice de *Diospyrus*, d'une certaine ressemblance des *Rhaptopétalées* avec le genre d'*Anonacées* *Hornschurchia*, les grandes graines et l'albumen ruminé des *Ebénacées*, *Rhaptopétalées* et *Anonacées*, l'embryon souvent encore très petit des *Olacacées* et d'autres analogies, j'ai fait dériver jusqu'ici le plus souvent les **Diospyrines** et les **Santalales** d'*Anonales* ou *Polycarpicées* voisines des *Anonacées* et *Columuifères* (6, pp. 35—41 et 100; 21, p. 221, note 3; 22, pp. 15—20), mais parfois aussi de *Sterculiacées* (17, p. 10; 18, pp. 158 et 160), *Ternstroemiacées* (19, p. 52) ou *Saxifragacées* (19, pp. 192—193). De ces dernières j'ai fait dériver aussi le plus souvent les **Tubiflores**, y-compris les *Contortées*

(2, p. 325; 6, pp. 61—66 et 100; 19, p. 195; 22, p. 40), passagèrement aussi, avec les *Diospyrines* et les *Santalales*, de *Ternstroemiacées* ou d'autres *Guttales* (19, pp. 52—53). Par des comparaisons incessantes je suis arrivé finalement à la conclusion, que l'on ne saurait séparer les *Contortées* des *Tubiflores*, et que ces dernières ne peuvent pas être éloignées du voisinage des *Diospyrines* et *Santalales*, mais qu'elles doivent plutôt être ramenées avec celles-ci à une origine commune, qui toutefois ne doit pas être cherchée dans le voisinage des *Anonacées* et *Columnnifères*, mais pas davantage dans l'ordre des *Rosales*; c'est en les dérivant de *Ternstroemiacées* que je me suis approché, je crois, le plus de la vérité. Une détermination plus précise de l'origine de ces trois ordres des *Sympétales* n'a été possible que lorsque j'eus déplacé en 1910 les *Linacées* des *Grinales* vers les *Guttales* (21, p. 218, note 1) et que j'eus pu expliquer par là les relations de parenté dans ce dernier ordre.

Contrairement aux *Anonacées*, *Columnnifères* et *Boraginacées*, qui seront réunies dans la suite en un groupe d'ordre plus élevé, savoir les *Anonophyles*, nous trouvons que les jeunes feuilles de *Diospyrus* (ENGLER PRANTL, Nat. Pfl., IV, 1, fig. 87, A) sont déjà enroulées en ces cigares caractéristiques, qui sont tant répandus parmi les *Guttales* et leurs descendants. D'autre part je n'ai pu retrouver nulle part, chez les véritables *Tubiflores* et chez les *Diospyrines* et *Santalales*, l'écorce réticulée des rameaux, caractéristique pour plusieurs familles des *Anonophyles*, et pour laquelle les *Boraginacées* aussi, p. ex., ont dû être classées dans le voisinage des *Anonacées* et *Columnnifères*. Dans les *Convolvulacées* j'ai déjà reconnu en 1893 (1, p. 486; 6, pp. 5—9) un chaînon entre les *Sapotacées* et les *Tubiflores*; mais l'idée que j'ai exprimée à cette époque d'une parenté entre les *Convolvulacées* et les *Malvacées* est insoutenable. Par le petit embryon des *Pittosporacées* et de plusieurs *Loganiacées* (*Strychnos*) et *Rubiacées*, ainsi que par l'albumen ruminé de plusieurs *Apocynacées* les *Tubiflores* sont à leur tour intimement liées aux *Olacacées*, ce qui rapproche un peu les genres contenant de la théine *Coffea* et *Villaresia* (22, pp. 15—20). Chez plusieurs *Convolvulacées* les pédicelles sont nettement articulés et renflés et les sépales sont costés en éventail (p. ex. chez *Stictocardia tiliifolia* HALLIER f.), ainsi que le montrent très nettement plusieurs *Ochnacées*, *Linacées* (p. ex. *Durandea* et *Philbornea*) et *Violacées* (*Alsodeia ilicifolia* WELW.). Les *Convolvulacées*, *Polémoniacées*, *Solanacées* etc.



ressemblent d'ailleurs parfaitement à plusieurs *Linacées* (*Hugonia*, *Reinwardtia* et *Linum*) par la structure biologique toute entière des fleurs, la corolle en entonnoir et les étamines appliquées contre le style. Une partie des *Rhap'opétalées*, qui appartiennent aux *Olacacées*, possède le cristarque caractéristique des *Ochnacées*, *Linacées*, *Irvingiacées*, d'*Octoknema* et de *Diclidanthera*, et ressemble aux *Humiriées* par des cloisons scalariformes, à échelons très nombreux, dans les vaisseaux; elle leur ressemble aussi, ainsi qu'aux *Erythroxyllées*, par la présence de matières rouges; elle leur ressemble encore assez fort, ainsi qu'au genre de *Célastracées* *Ctenolophon*, par la structure de la fleur et du fruit; à *Ixonanthes*, *Ctenolophon* et plusieurs *Rhizophoracées* par l'existence d'arilles séminaux laciniés. D'après tout cela on doit faire descendre aussi les *Santalales*, *Diospyrines* et *Tubiflores* de *Linacées* voisines des *Ixonanthées* et *Humiriées* et on doit les compter avec les *Primulines*, *Bicornes*, *Myrtines* etc. parmi les *Ochnigènes*.

A cette branche de l'arbre généalogique dérivé des *Ochnacées* les feuilles pennées sont déjà assez rares; on ne les trouve p. ex. que dans le genre de *Quiinacées* *Touroulia*, chez plusieurs espèces d'*Eucryphia* et chez les *Caryocaracées*; ces dernières ont toujours des feuilles trifoliolées. Il semble néanmoins que chez les *Guttales* aussi la forme primitive de la feuille ait été la feuille pennée. Pour le faire comprendre, je dois m'arrêter ici un moment à **la morphogénie de la feuille**, à laquelle j'ai déjà consacré tout un chapitre dans mon travail sur la morphogénie et la phylogénie des cormophytes (9, pp. 45—58).

Dans ce travail j'ai établi, par le développement et la modification des théories de POTONNÉ, que la feuille à vénéation réticulée des fougères supérieures (p. ex. certaines espèces de *Polypodium*) et des *Dicotylédones* a pris naissance par ce qu'un des deux membres ramifiés d'une dichotomie du thalle des *Fucacées* a été surpassé par l'autre et que tous les membres de ce système de rameaux surpassé se sont fusionnés progressivement en formant ainsi un limbe entier. Comme j'avais considéré jusqu'ici pour d'autres raisons les *Magnoliacées*, et parmi elles à plus d'un point de vue les *Illiciées*, comme les types les plus primitifs des *Angiospermes* vivantes, j'ai également admis que cette fusion a déjà conduit dans le groupe des *Cycadacées* (dans le sens le plus large) à la formation de la feuille persistante, indivise, à bord entier, lancéolée, des *Illiciées*, d'où dérive aussi, d'après les recherches paléophytologiques de BERRY, la feuille bi- ou quadrilobée de *Liriodendrum* (voir ci-dessus, p. 149),



et que les feuilles lobées et composées de nombreuses *Angiospermes* sont issues par décomposition secondaire de la feuille persistante simple. Mais petit à petit s'accumulaient les indices que ce ne sont pas les *Magnoliacées*, mais les *Berbéridacées* qui ont contenu les ancêtres des *Angiospermes*, et que ces ancêtres n'ont pas encore eu des feuilles simples, mais des feuilles persistantes simplement ou plusieurs fois pennées. Chez les *Berbéridacées* vivantes aussi, en effet, surtout chez les espèces lignescents, comme les *Lardizabalées*, *Paeconia*, *Nandina*, *Mahonia*, les feuilles pennées ou digitées prédominent encore. Déjà dans mon travail sur les *Rosales* d'ENGLER (13, pp. 41—42), j'ai fait remarquer que les feuilles à dentelure alternante caractéristique du genre de *Protéacées* *Banksia* et du genre d'*Amentacées* *Comptonia* ressemblent d'une manière frappante, par la forme extérieure, à celles de fougères (p. ex. d'espèces de *Polystichum*) et de *Bennettitacées* (*Wielandiella angustifolia* NATH.); elles ressemblent même à celles de *Wielandiella* par la nervation, en ce sens que dans chaque dentelure il ne pénètre pas seulement une seule nervure latérale, mais un certain nombre de nervures de même importance et également distantes. Mais, comme il existe chez *Banksia* et *Comptonia*, entre ces nervures latérales parallèles, un réseau de nervures à fines mailles très caractéristique pour un grand nombre de *Dicotylédones*, comme les *Lauracées*, *Quercus* et les *Térébinthacées*, mais dont je ne connais pas l'existence chez *Wielandiella*, je n'ai pas attaché à cette époque une grande importance à cette analogie dans la nervure et dans la forme extérieure et je tins la ramification dentelée de ces feuilles de *Dicotylédones* pour un phénomène secondaire, atavistique, qui ne pouvait reproduire les formes foliaires des ancêtres de la nature des *Cycadacées* et des fougères qu'à cause de la structure du squelette des nervures. Je fus donc fort étonné de retrouver dans un dessin de l'arbre californien *Lyonothamnus floribundus* A. GRAY, qui appartient sans aucun doute aux *Rosacées*, notamment de la variété *asplenifolia* BRANDEGEE (*Univ. Calif. Publ. Bot.*, IV, 1, 1910, pp. 37—40) et bientôt après dans un échantillon d'herbier, la même ramification caractéristique pour *Wielandiella*, avec cette seule différence, que la feuille de cette variété est doublement pennée et que la ramification dentelée, semblable à celle d'*Anomozamites* ou de *Wielandiella*, avec de nombreuses nervures parallèles dans chaque dent, ne s'observe pas seulement le long des côtes latérales, mais également au rachis principal, et que la nervure supérieure de chaque dent est souvent déjà un peu plus forte que les

autres (voir fig. 1), ce qui constitue une transition de *Wielandiella*, *Banksia* et *Comptonia* à la feuille pennée ordinaire des *Dicotylédones* (p. ex. *Sorbus aucuparia*), qui n'a plus qu'une seule nervure longitudinale dans chaque ramification du dernier ordre.

Le fait que ce type foliaire primitif, particulier, se rencontre si rarement et sporadiquement parmi les *Dicotylédones*, et notamment chez des formes entre lesquelles on ne s'attendrait pas à des liens de parenté, ne me paraît plus actuellement un simple effet du hasard; je crois maintenant plutôt qu'il résulte d'une descendance commune de formes anciennes à feuilles d'*Anomozamites*.

Cette idée est d'autant plus probable, que *Lyonothamnus*, contrairement à *Comptonia* et toutes les autres *Amentacées*, est encore apocarpique et qu'il représente vis-à-vis de *Banksia*, par le nombre des sépales, pétales, étamines et carpelles, un type beaucoup plus primitif encore. Or, comme *Rosa* et les *Potentillées* possèdent encore un très grand nombre de carpelles libres, il se peut fort bien, et il est même



Fig. 1. *Lyonothamnus floribundus* A. GRAY, var. *asplenifolia* BRANDEGEE. Fragment d'un rameau avec une des feuilles décussées. Les nervures latérales du second ordre avec le réseau de veines ne sont représentées qu'en partie (d'après un échantillon d'herbier).

très probable par l'ensemble des faits déjà cités et de ceux que j'avancerai encore, que les *Rosacées*, avec les *Protéines* et de nombreux autres ordres des *Dicotylédones*, mais probablement pas les *Amentacées*, sont issues dans le domaine floral du Pacifique, directement de *Berbéridacées* primitives polycarpiques, aujourd'hui disparues, avec des feuilles à ramifications simples ou multiples du type d'*Auomozamites*, en passant par des formes semblables à *Lyonothamnus*. Or, l'exemple de *Microcycus* a prouvé de la façon la plus convaincante que les processus de réduction des organes végétaux dans les diverses branches latérales d'un même groupe de plantes ne se suivent pas toujours pas à pas et que cette réduction peut parfaitement être plus avancée dans les caractères exomorphes pour l'une des branches et dans les caractères endomorphes pour une autre. Les feuilles semblables à *Anomozamites* de *Lyonothamnus* peuvent donc, malgré la réduction déjà avancée des fleurs, être parfaitement une indication, que ce genre a encore hérité des ancêtres voisins des *Berbéridacées* des ressemblances ontogénétiques avec les *Cycadacées*. On devrait donc recommander instamment aux embryologistes américains d'étudier chez cet arbre intéressant les processus de fécondation et l'histoire de son développement. La publication citée de l'Université de Californie donne des renseignements sur sa distribution spontanée et artificielle. On trouve d'autres détails dans les travaux suivants: A. GRAY, dans *Proceed. Amer. Acad.*, XX (1885), p. 291; SUDWORTH, *Forest trees pacif. slope*, figg. 154-5; SARGENT, *Silva*, pl. 197; SARGENT, *Man. Trees N. Amer.*, fig. 275; BRANDEGEE dans *Zoë*, I (1890), p. 136, pl. 5; FOCKE dans ENGLER PRANTL, *Nat. Pflanzenf.*, III, 3 (1888), p. 60.

Bien que les *Protéacées* ressemblent aux *Légumineuses* à plus d'un point de vue, elles occupent néanmoins dans le système une situation assez isolée. Par le port, leur ramure assez pauvre, leurs feuilles xérophytes, le duvet souvent laineux des inflorescences, elles rappellent encore fort les *Cycadacées* et paléontologiquement elles représentent encore un type de plantes relativement ancien. Elles aussi pourraient bien être déduites directement des ancêtres éteints des *Berbéridacées* et de toutes les *Angiospermes* et pour elles aussi l'existence de feuilles du type d'*Auomozamites* engagerait à chercher des spermatozoïdes mobiles et d'autres ressemblances ontogénétiques avec les *Cycadacées*. Les mêmes recherches relatives à l'histoire du développement devraient être entreprises sur les

types plus anciens, ligneux, des *Berberidacées*, et du matériel pour une telle étude serait aisément fourni par *Akebia* et *Stauntonia*, *Paeonia Moutan* et *Nandina* au Japon. Dans des recherches d'une telle importance on ne devrait d'ailleurs pas se laisser rebuter par des résultats négatifs. En effet, eu égard à la progression très inégale des processus de réduction, que j'ai mentionnée à plusieurs reprises, il se peut parfaitement que la transition ontogénétique des *Gymnospermes* inférieures aux *Angiospermes* se rencontre dans des groupes de *Dicotylédones* dont les caractères exomorphes le feraient à peine prévoir. D'autre part, là où les résultats désirés font défaut, le hasard peut faire connaître d'autres résultats, de haute importance pour nos connaissances et nos essais d'explication des phénomènes relatifs à l'histoire du développement chez les *Angiospermes*.

Par leur consistance les feuilles de *Comptonia*, du type d'*Anomozamites*, rappellent beaucoup moins les feuilles xérophytes des *Cycadacées* que celles de *Lyonothamnus* et surtout de *Banksia*. TREUB, chez les espèces javanaises de *Myrica*, et MISS KERSHAW chez *Myrica Gale* ont déjà vainement cherché des rapports ontogénétiques avec les *Gymnospermes*. Comme *Comptonia* et *Myrica* sont déjà syncarpiques comme toutes les autres *Amentacées* et sont en général d'une organisation très élevée aux points de vue les plus divers (voir ci-dessus pp. 149—151), il est peu probable que pour *Comptonia* on trouve, contrairement à *Lyonothamnus* et aux *Protéacées*, malgré ses feuilles semblables à celles d'*Anomozamites*, de pareilles relations avec les *Gymnospermes*. Il n'est cependant pas impossible qu'une étude de l'histoire de son développement avancât la question de l'origine des *Amentacées*. Si l'on parvenait p. ex. à constater chez *Comptonia* la chalazogamie ou l'existence d'un grand nombre de sacs embryonnaires dans l'ovule, on assurerait déjà par là complètement la parenté des *Myricées* avec les autres *Amentacées*, en particulier les *Juglandées*, *Corylées*, *Casuarinées* et *Bétulées*. Par là la question serait déjà considérablement simplifiée et toute supposition, que les *Amentacées* ne formeraient pas un groupe uni, mais polyphylétique, convergent par accommodation à des conditions vitales semblables, serait exclue. Tout rattachement indiscutable d'un seul de ces groupes à un autre ordre ou une autre famille des *Dicotylédones* entrainerait alors nécessairement le rattachement de l'ordre tout entier.

Parmi les *Myrtines* les feuilles trifoliolées des *Caryocaracées* consti-



tuent une circonstance isolée et provenant certainement d'une subdivision secondaire de feuilles déjà entières. De même dans le genre *Eucryphia*, s'il est vraiment issu avec les *Guttifères* d'*Ixonanthées*, les feuilles pennées de plusieurs espèces ont pris naissance par segmentation secondaire.



Fig. 2. *Touroulia guyanensis* AUBL. a. Fragment d'un rameau avec une des feuilles pennées décussées. b. une pinnule isolée; les nervures latérales de 3<sup>e</sup> ordre ne sont représentées que sur la moitié de gauche dans 5 internervures; quelques-unes ont formé entr'elles des déchirures transversales brisées. D'après un échantillon d'herbier.

Il en est autrement dans le genre de *Quinacées* *Touroulia*. *T. guyanensis* AUBL. (et une seconde des 3 espèces, que je n'avais pas à ma disposition) a des feuilles simplement pennées, dont les ramifications latérales descendent en coin le long de l'axe principal (fig. 2). Le fin réseau de veines est surtout remarquable. C'est notamment des deux côtés

des nervures latérales des pinnules, donc des nervures de troisième ordre, que partent de fines veines parallèles, très rapprochées, qui se rencontrent à peu près à angle droit entre 2 nervures du 3<sup>e</sup> ordre. Conformément à cette allure des veines toutes les déchirures des feuilles desséchées sont brisées à peu près à angle droit entre 2 nervures latérales. Des veines semblables se détachent des deux côtés de la nervure médiane de chaque pinnule. Ces veines rencontrent évidemment sous un angle aigu les veines latérales inférieures anadromes des nervures latérales. Par là se forment des lignes d'interférence de ces innombrables veinules, dont une part toujours de l'angle aigu anadrome que les nervures latérales forment avec la nervure médiane de la pinnule. Des lignes d'interférence tout à fait semblables s'observent dans les angles anadromes entre les nervures



Fig. 3. Feuille de *Godoya spathulata* RUIZ et PAV. (*Ochnacées*), d'après un échantillon de POEPPIG. Dans 3 internervures on a représenté à gauche les nervures latérales de second ordre; à droite encore le réseau de veines. Des angles anadromes des nervures une ligne d'interférence se dirige obliquement vers le haut et vers l'extérieur.

latérales et la nervure médiane des feuilles indivises de l'*Ochnacée* *Godoya spathulata* (fig. 3). Par le système de nervures et de veines de la feuille, l'éclat satiné particulier que donnent à la feuille ces veinules serrées, fines et parallèles, les nervures latérales des pinnules de la feuille de *Touroulia guyanensis*, émergeant comme autant d'épines délicates du limbe (comp. p. ex. *Luxemburghia polyandra* dans ENGLER PRANTL, Nat. Pflanzenf., III, 6, fig. 77 A et F), par les stipules lancéolées, rigidement dressées, les inflorescences en panicules, les boutons sphériques, bruns et glabres, les sépales arrondis, fortement bombés, à côtes en éventail, et les pétales jaunes de *Quina juruana* ULE (Brésil: ULE n°. 5027) les *Quinacées* ressemblent à plusieurs *Ochnacées* au point qu'elles doivent être dérivées des *Luxemburghiées* ou des *Ixonanthées*, donc de la tribu la plus ancienne des *Linacées*, par laquelle les dernières sont apparentées aux *Luxemburghiées*. Le fait que *Quina* a des styles libres et déjà de petites anthères, provenant certainement d'une ramification secondaire de grandes étamines, avec un connectif développé sous forme de lamelle elliptique, qui porte sur la face interne les deux loges séparées (ENGLER PRANTL, Natürl. Pflanzenf., III, 6, fig. 86 C—G), ainsi que cet autre, que *Touroulia Jenmani* OLIV., dans HOOKER, Icones, pl. 1998, présente d'après les figg. 4—5, p. 1, des lacunes sécrétoires dans le péricarpe, comme on les rencontre aussi dans la tribu des *Humiriées* appartenant aux *Linacées* (MARTIUS, Fl. Brasil., XII, 2, pl. 93, fig. 11) et chez les *Guttifères*, plaident plutôt en faveur de la seconde possibilité. Par une telle descendance commune des *Linacées*, parmi lesquelles les *Humiriées* aussi possèdent un connectif développé en lamelle, les grandes analogies des *Quinacées* avec l'*Eucryphia* et les *Guttifères* trouvent également une explication satisfaisante. C'est ainsi p. ex. que *Touroulia Jenmani* a des carpelles très nombreux, comme *Eucryphia* et *Medusagyne* (HOOKER, Icones, pl. 2790), et des stigmates sessiles, comme des espèces de *Garcinia*, et que toutes les *Quinacées* sans exception ont des feuilles opposées simples ou pennées, avec de grandes stipules, parfois soudées deux à deux entre les pétioles, comme *Eucryphia*, et des organes mucilagineux, comme les *Chlénacées* et d'autres descendants des *Linacées*.

Cette affinité des *Quinacées* avec les *Linacées* et les *Ochnacées* est importante pour l'explication de la nervation parallèle particulière des feuilles des *Quinacées*. Car on trouve tout à fait la même nervation chez plusieurs *Linacées*, p. ex. *Philbornea* (23, pp. 108 et 110—111), et

chez de nombreuses *Ochnacées*, seulement elle est beaucoup moins dense et par là sa genèse est beaucoup plus claire. De la nervure médiane et des nervures latérales de la feuille (indivise dans ces cas) partent notamment, sous un angle à peu près droit, de nombreuses nervures transversales, qui se perdent peu à peu dans le parenchyme de la feuille. C'est exactement le même squelette de nervures que dans la feuille doublement pennée, du type d'*Anomozamites*, de *Lyonothamnus floribundus* var. *asplenifolia*. Nous pouvons donc nous figurer que la feuille simple des *Linacées* et *Ochnacées* provient de pareilles feuilles, doublement pennées, du type d'*Anomozamites*, par le fait que non seulement les pinnules dentiformes de deuxième ordre se sont fusionnées, mais aussi les pinnules primaires entre elles et avec le limbe étroit autour du rachis principal. Mais chez *Touroulia guyanensis* chaque pinnule correspond déjà toute seule à une pareille feuille d'*Anomozamites*, doublement pennée, et la feuille toute entière à une pareille feuille triplement pennée. Chez cette espèce de *Touroulia* la ramification ne provient donc pas d'une subdivision secondaire, mais elle constitue un caractère ancestral, hérité de *Cycadacées* à feuilles d'*Anomozamites* par l'intermédiaire de plantes inconnues à feuilles pennées, appartenant aux *Linacées*, *Ochnacées* et *Berbéridacées*.

Une autre preuve que nous n'avons pas affaire ici à un caractère secondaire, ayant pris naissance isolément, mais à un héritage d'ancêtres communs, c'est que cette ramification scalariforme qui commence déjà à la nervure principale s'observe encore dans des sphères d'affinité tout autres, comme p. ex. chez plusieurs espèces du genre des *Sapindacées* *Allophylus* (*A. acutatus* RADLK. et formes voisines). La décurrence cunéiforme des pinnules latérales le long du rachis, provenant du fusionnement de dentelures du rachis, semblables à celles que l'on observe chez *Anomozamites*, revient dans les familles les plus différentes, ainsi p. ex. chez des *Sapindacées*, dans les genres de *Mélianthacées* *Bersama* et *Melianthus*, dans le genre de *Cunoniacées* *Weinmannia*, chez *Potentilla supina* et des espèces voisines (13, pp. 42, 56 et 63). Chez d'autres *Dicotylédones*, comme p. ex. plusieurs *Mimosées*, les petites pinnules ressemblent plus aux feuilles de *Cycadacées* décrites sous le nom d'*Otozamites*, mais par la forme extérieure seulement, il est vrai; la nervation est tout autre, puisqu'il y a une nervure médiane bien nette dans ces feuilles de *Dicotylédones*, alors que chez *Otozamites* les nervures rayonnent en éventail à partir de la base auriculée de la feuille.



Outre les résultats généraux de ces considérations, il en résulte spécialement pour les *Guttates*, que chez elles aussi la forme primitive de la feuille a été la feuille pennée des *Cycadacées*.

Nous voudrions encore rattacher quelques petites remarques à ces considérations sur la morphogénie de la feuille et effleurer un autre chapitre de l'organogénie, qui est également important pour découvrir les *Angiospermes* inférieures. Dans mon travail plusieurs fois cité ci-dessus sur la morphogénie et phylogénie des cormophytes, je n'ai examiné en détail que la morphogénie de la tige, du trophophylle et des deux espèces de sporophylles. Ce n'est qu'incidemment que j'ai parlé jusqu'ici de la signification morphologique du **périanthe** et j'ai partagé le plus souvent l'opinion que le périanthe résulte de bractées, disposées en spirales, comme chez *Abies*, et ne s'est différencié que dans la suite en sépales et pétales (voir plus haut, p. 150, n° 13). D'après G. SENN, „Die Grundlagen des HALLIER'schen Angiospermen-systems" (Beih. Bot. Centralbl., XVII, 1, 1904), p. 140, la même manière de voir a déjà été admise auparavant par PRANTL. Mais déjà en 1903 (9, pp. 42-3) j'ai exprimé très nettement l'idée, que les pétales de la plupart des *Angiospermes* seraient issues d'étamines, mais le calice du périanthe bractéiforme des *Bennettitacées* et d'autres *Cycadacées*. D'après SENN cette opinion se trouve déjà exprimée chez NÄGELI, alors qu'une troisième opinion, qui considère tout le périanthe comme des étamines transformées, provient de ČELAKOVSKY. SENN lui-même est d'idée que primitivement des bractées aussi bien que des étamines ont participé à la formation du périanthe, mais qu'il est actuellement impossible d'établir pour le périanthe cyclique, différencié en calice et corolle, des *Dicotylédones* supérieures, jusqu'à quel point ses diverses parties proviennent de bractées et jusqu'à quel point d'étamines.

Des comparaisons incessantes et des observations nombreuses m'ont conduit finalement à la conclusion, que la question est susceptible d'une réponse beaucoup plus précise que celle donnée par SENN; c'est que des quatre manières de voir citées ci-dessus seule celle de NÄGELI est exacte, que les sépales et pétales ordinaires des *Angiospermes* sont dès le début des organes différents, le sépale une gaine foliaire, dont le pétiole et le limbe sont rarement développés, par contre le pétale un limbe, dont le pétiole et la gaine ne sont pas formés, et que chez la plupart des *Angiospermes*, si non toutes, on peut établir avec grande certitude jusqu'à quel point les diverses parties du périanthe doivent être

mises sur le compte des bractées et jusqu'à quel autre sur celui des étamines. Cette différence fondamentale entre le sépale et le pétale est tellement nette, qu'on pourrait baser là-dessus une division tout-à-fait nouvelle des organes foliaires de l'inflorescence des *Angiospermes*, qui rencontrerait, il est vrai, dans son application pratique de très grandes difficultés et qui exigerait pour plusieurs familles des comparaisons très détaillées et l'étude de l'histoire du développement. Cette classification s'effectuera à peu près comme suit :

1. Bractées, avec le sous-groupe des sépales, qui sont des gaines foliaires;

2. Microsporophylles, avec le sous-groupe staminodes (y-compris les pétales, qui sont des limbes foliaires);

3. Macrosporophylles, qui sont également des limbes foliaires, auxquels se rattachent cependant encore souvent des pétioles et auxquels on observe parfois aussi une stérilisation et un avortement, mais, à ma connaissance, jamais un changement de fonction.

Comme la feuille des fougères inférieures a encore servi à la fois pour les deux fonctions de la nutrition et de la reproduction, et que ce n'est que progressivement qu'il s'est établi une différenciation en trophophylles et sporophylles, il doit avoir existé primitivement des formes de transition entre les bractées et les sporophylles, mais cette période de transition graduelle des bractées en sporophylles est très reculée, contemporaine de *Cycadophytes* éteintes, peut-être même des *Pléridospermes* ou des fougères, chez lesquelles il ne pouvait pas encore être question d'étamines.

Comme preuve convaincante de la nature staminale des **pétales** on cite ordinairement les *Nymphéacées*, parce que l'on observe chez les représentants typiques de cette famille (espèces de *Nymphaea*, *Victoria*) de l'intérieur vers l'extérieur une transition graduelle des étamines aux pétales, alors que les sépales sont semblables, il est vrai, aux pétales extérieurs par la forme externe, mais s'en distinguent néanmoins nettement. Plus instructive encore, peut-être, est la fleur de *Mesembryanthemum Barklyi* N. E. BR. dans HOOKER, *Icones* pl. 1820, où l'on voit de nombreux petits pétales linéaires encadrés immédiatement de cinq grands sépales larges, en forme de feuille lancéolée; des nombreuses étamines les intérieures sont largement elliptiques et à pétiole court, tandis que les extérieures sont plus longuement pétiolées, étroites et sagittées et par là éminemment semblables aux pétales linéaires qui les précèdent

sans interruption. Chez les *Ranunculacées* la nature staminale des pétales est également très nette, si l'on compare entr'eux les pétales des divers genres.

Chez *Nigella* p. ex. les pétales sont placés sur un pétiole long et mince et ils sont bilobés et de la forme des anthères; BAILLON (Hist. des pl. I, p. 8, note 2) a même observé parfois chez *Nigella Garidella* des pétales „qui avaient d'un côté une loge d'anthère fertile, et de l'autre une lame pétaloïde”. Chez le genre voisin *Aconitum* les pétales sont également encore à pétiole long, comme des étamines, mais transformés en un nectaire en forme de casque. Chez *Aquilegia* les pétales ne sont plus pétiolés et leurs nectaires en casque sont courbés vers le bas, ce qui change le casque en éperon. Par des genres comme *Coptis*, *Eranthis* et *Trollius* on arrive aisément à *Ranunculus*, chez lequel les pétales ont déjà la forme circulaire ordinaire et ne présentent plus qu'une petite bourse à nectar à la base interne. Enfin, aux pétales d'*Adonis* le dernier vestige de ce nectaire a disparu et il ne reste plus rien qui puisse rappeler la descendance des pétales d'étamines.

Cette transformation en pétales ne se produit pas toujours uniquement chez les étamines extérieures. Très souvent on voit, surtout dans des familles voisines des ancêtres des *Angiospermes*, que les étamines intérieures aussi, ou même celles-là seulement, sont transformées en pétales, que l'on appelle alors des staminodes pétaloïdes, suivant l'ancienne habitude de classer les plantes et leurs organes dans des catégories nettement définies, bien qu'au fond ces staminodes ne soient pas autre chose que des pétales internes. De pareils pétales intrastaminaux se rencontrent p. ex. chez les *Calycanthacées*, chez les genres de *Magnoliacées* *Eupomatia* et *Himantandra* HALLIER f. (*H. Belgraveana* m. = *Eupomatia Belgraveana* F. v. MUELL. dans *Bot. Centralbl.* XXX, 1887, p. 325), chez les genres de *Sterculiacées* *Mansonia* et *Triplochiton*, chez le genre d'*Ochnacées* *Sauvagesia* (ici les pétales intérieurs sont extrastaminaux, il est vrai, mais à l'intérieur de nombreux staminodes filiformes), chez le genre de *Tiliacées* *Corchoropsis* (ici les pétales intérieurs ne sont pas plats, mais spatuliformes), et enfin encore sous forme de lamelles linéaires chez *Aquilegia* et les *Crassulacées*.

Les staminodes de *Parnassia* peuvent à certains points de vue être considérés également comme de pareils pétales intrastaminaux. Surtout les staminodes cyathiformes de *P. palustris* présentent une analogie frappante avec les feuilles à nectar des *Helléborées*, et c'est pourquoi

j'ai été tenté pendant longtemps de déduire effectivement des *Helléborées* ce genre, qui par son port rappelle fort *Ranunculus parnassifolius*, *R. Thora*, *Franthis*, *Ficaria*, etc. Il est vrai qu'un examen plus attentif n'a pas permis d'effectuer cette déduction, mais elle n'était pas fort éloignée de la vérité. En effet, parmi les *Saxifragacées* *Parnassia* occupe une situation tout-à-fait isolée, et il en diffère totalement, surtout de *Saxifraga*, auquel genre il pourrait par son port se rattacher en tout premier lieu, par les sépales et pétales à nervures nombreuses et parallèles, semblables à ceux des *Monocotylédones*, les anthères grandes et extrorses comme chez les *Sarracéniacées*, les ovaires 3—5-carpellés, complètement syncarpiques, avec stigmates commissuraux, les ovules déjà ténuicellés bitegminés, les capsules loculicides, les graines plus longues et plus grandes, l'albumen rare ou tout-à-fait absent. D'après SOLEREDER, Syst. Anat. Dicot. Ergänzt. (1908), p. 128, il existe sur les feuilles, sépales et pétales des espèces de *Parnassia* des franges glanduleuses qui dans le jeune âge secrètent de la mucine; ces glandes semblent pouvoir être comparées avec celles des *Cératophyllacées*, *Droséracées* et de *Myriophyllum*. Cependant, par la forme des grains de pollen, les ovules déjà ténuinucellés, le grand embryon, l'albumen peu abondant etc., *Parnassia* ne peut pas non plus appartenir aux *Droséracées*, bien que d'après SCHLECHTENDAL—HALLIER, Flora von Deutschl., XIII (1883), pp. 133 et 141, les feuilles de nos espèces indigènes de *Drosera*, comme celles de *Parnassia*, sont amarescentes et furent autrefois officinales. D'après le port, les rapports de situation, la répartition géographique, la structure de la fleur, la forme des étamines extrorses, les grains de pollen avec pores germinaux dans les plis longitudinaux, les ovules encore bitegminés, il est vrai, mais déjà ténuinucellés, la forme de la capsule, de la graine et de l'embryon, *Parnassia* est très voisin des **Sarracéniacées**, et en est même tellement proche, que ces dernières, créées par DE LA PYLAIE en 1827, doivent être dégradées jusqu'à une tribu des **Parnassiées**, établies 6 ans auparavant. On confirmerait cette réunion si l'on parvenait à retrouver dans les rhizomes de *Sarracenia* et *Darlingtonia* les cellules sécrétoires caractéristiques de *Parnassia*. En outre GRESHOFF a pu indiquer la présence d'acide cyanhydrique dans tous les genres des *Droséracées* voisines et il n'est donc pas impossible que cette substance puisse être découverte dans les quatre genres des *Parnassiées*. Avec les *Népenthaées* et *Céphalotacées* les *Parnassiées* et *Droséracées* (à l'exclusion des *Roridulées*) constituent l'ordre



des **Népenthales**, voisin des *Cératophyllacées* et *Halorrhagales* (*Podostémacées*, *Halorrhagidacées* et *Thélygonacées*), issu des *Nymphéacées*, et les *Nymphéacées* à leur tour, avec les *Renonculacées* et *Papavéracées*, se déduisent des *Podophyllées*. D'après cela les feuilles à nectar de *Parnassia*, *Nuphar* et des *Helléborées* peuvent parfaitement être considérées comme des formations parallèles dans des familles voisines, qui étaient déjà préparées par une organisation analogue des dernières. Des *Berbéridacées* cette tendance à la formation de nectaires en cuvette a également passé à l'androcée des *Crucifères*, *Gruinales* et *Aesculines*. Les staminodes à ramification digitée des *Loasacées* aussi sont évidemment analogues à celles de *Parnassia* (19, pp. 15—16, 209).

Ce ne sont d'ailleurs pas seulement les parties internes et externes de l'androcée qui possèdent la faculté de devenir stériles et de se transformer en pétales, mais d'une façon générale toutes les parties ont cette propriété; c'est ce que montrent les fleurs doubles, et non seulement les fleurs diplo- et haplostémones, qui ne sont devenues polystémones en apparence que par une segmentation secondaire des étamines, comme p. ex. *Kerria*, *Spiraea*, *Rosa*, *Cerasus*, *Philadelphus* et *Camellia*, mais encore les véritables fleurs polystémones, comme *Aquilegia*, *Ranunculus* et *Anemone*. Les exemples de la tératologie des pétales et étamines, par lesquels la nature staminale des pétales est prouvée, sont légion. C'est pourquoi je ne rappellerai ici que les formations ligulaires des pétales, qui se présentent dans les familles les plus diverses des *Angiospermes*; ces formations doivent certainement être considérées dans la plupart des cas (mais non chez les *Narcissées*) comme des lobes latéraux du limbe des pétales, repliés vers l'intérieur comme les pinnules ovulaires des *Conifères* (9, pp. 9—17; 19, pp. 27—28 et 209). RADLKOEFER m'a fait observer en 1898 que cette nature foliolaire de la ligule se reconnaît d'une façon particulièrement nette aux pétales des *Sapindacées*. Après rabattement et aplatissage des deux pans de la ligule ces pétales ligulés, tels qu'on les rencontre p. ex. chez les *Silénées*, *Frankenia*, le genre de *Tamaricacées* *Reaumura*, des espèces d'*Hypericum*, *Erythroxylum*, *Argophyllum*, *Corokia*, le genre de *Rutacées* *Coleonema*, plusieurs *Bruniacées*, *Reseda* et les *Flacourtiacées*, tribu des *Pangieuses* (19, pp. 25 et 47), ont à peu près la forme des pétales trilobés d'*Hypercoum* et *Clarkia pulchella*. Le fait que les deux pans de la ligule correspondent aux lobes latéraux d'étamines est entr'autres prouvé par ceci, que d'après MASTERS, *Pflanzenzeratologie* (Leipzig, 1886), p. 343, la ligule

est transformée parfois en une anthère, comme chez les *Silénacées*, *Nerium*, *Narcissus*, etc. (9, p. 42).

Des renseignements sur la **morphogénie du calice** m'ont été fournis peu à peu par ces cornets, ongles ou aiguillons particuliers que l'on trouve isolés à l'extérieur sous la pointe des sépales dans diverses familles des *Dicotylédones*, p. ex. chez des espèces de *Papaver* (SCHLECHTENDAL-HALLIER, Fl. Deutschl., XIII, pl. 1296, fig. 1), *Barclaya*, (ENGLER PRANTL, III, 2, fig. 10 A), des *Aizoacées* (p. ex. *Sesuvium*, ENGL. PR., III, 1b, fig. 17 C—D), *Caryophyllacées* (p. ex. *Paronychia*, *Anychia* et *Cometes* dans ENGL. PR. III, 1b, fig. 32 C et F, 33 B—C; *Polycarpon* et *Illecebrum* dans BAILLON, Hist. pl., IX, figg. 139 et 156; *Sphaerocoma Hookeri* T. ANDERS. dans



Fig. 4. *Passiflora Eichleriana*, fleur avec des cornets du calice (d'après MARTIUS, Fl. bras., XIII, 4, pl. 128, fig. V, 1).

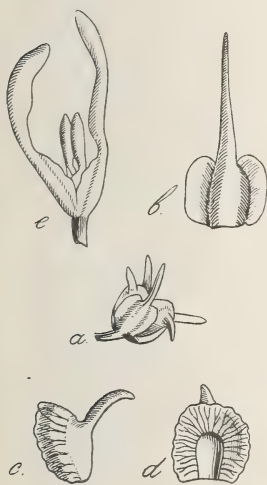


Fig. 5. *Hymenogyne glabra* HAW. a. bouton; b. sépale externe; c. sépale interne vu de côté; d. le même vu de l'intérieur; e. sommet de rameau avec 2 paires de feuilles. On remarquera la base ailée en gaine des sépales et des feuilles. D'après HOOKER, Icones, pl. 1995.

*Journ. Linn. Soc. London, Bot. V, 1861, pl. 3*), *Géraniacées* (*Geranium*, *Monsonia*, *Erodium* et *Rhynchotheca*, ENGL. PRANTL, III, 4, figg. 1 H et 10 A—C), *Passiflora* (MARTIUS, Fl. bras., XIII, 1, pl. 108, fig. I; pl. 110, 113, 114, 116—125, 128; ENGL. PR., III, 6a, fig. 31), *Onagracées* (*Oenothera*, MARTIUS, Fl. bras., XIII, 2, pl. 38 et SCHLECHTENDAL-HALLIER, Fl. Deutschl., XXII, pl. 2254—2255; *Lopezia* dans ENGL. PR., III, 7, fig. 95 B), *Triumfetta* et *Houkenya*, *Convolvulacées* (*Calonyction* et *Quamoclit*, Bull. herb. Boissier, V, 1897 pl. 17, figg. 1—2). Je n'accordai d'abord de l'attention à ces cornets du calice (voir fig. 4), que pour autant qu'ils pouvaient me servir, comme de nombreux autres caractères, à déterminer des liens de parenté, et je ne leur attribuai pas d'autre signification plus générale. Mais ils prirent pour moi une plus grande importance, dès que j'eus remarqué dans HOOKER, Icones pl. 1995, les cornets

relativement grands de l'*Aizoacée Hymenogyne glabra* (voir fig. 5). Chez

cette espèce les sépales internes sont fortement bombés, bordés tout autour d'un large bord membraneux qui leur donne une forme à peu près circulaire; mais dans la partie moyenne, plus consistante, ils sont surmontés d'une corne très considérable. Chez les sépales externes, par contre, la partie moyenne allongée se rétrécit peu à peu en formant une longue pointe et ce n'est qu'à la base élargie qu'elle est auriculée des deux côtés d'ailes membraneuses. Si l'on compare maintenant ces sépales externes avec les feuilles, qui vers la base se rétrécissent graduellement en une longue gaine membraneuse, on reconnaît immédiatement que la base ailée de ces sépales correspond à une gaine foliaire, et la pointe à un pétiole avorté, tout comme on l'observe si souvent aux bractées d'inflorescences, d'une façon très caractéristique p. ex. aux glumes de *Monocotylédones* (*Graminées* etc.). On peut tirer de là la conclusion générale, que le sépale ordinaire, vert, coriace ou scarieux, des *Angiospermes* doit être considéré comme la gaine d'une bractée, qui a conservé dans quelques cas rares un reste de pétiole sous forme d'un cornet ou d'un aiguillon. Or, il est bien remarquable que de pareils cornets s'observent aussi dans le genre de *Nymphéacées Barclaya*, car on doit déduire de cela que le périanthe de *Nymphaea*, malgré le haut degré de ressemblance dans la forme de ses diverses parties extérieures, est néanmoins composé de deux espèces d'organes foliaires essentiellement différentes, savoir quatre sépales ou gaines de bractées et de nombreux pétales ou staminodes.

Et maintenant que nous sommes parvenus à établir aussi l'origine du calice des *Angiospermes*, nous disposons d'un nouveau critérium pour la détermination de l'âge relatif des divers ordres et familles. Car il va de soi qu'en général les types que nous devons considérer comme les plus anciens sont ceux, chez lesquels la réduction des sépales est encore la moins avancée, c. à. d. chez lesquels il existe encore, en dehors de la partie correspondant à la gaine, un reste de pétiole. Cela est manifeste pour les *Nymphéacées* et *Papavéracées*, puisqu'avec les *Renonculacées* elles se laissent ramener directement à des *Podophyllées*, donc des *Berbéridacées*. Mais les **Caryophyllines**, chez lesquelles les cornets du calice sont très fréquents, doivent, d'après la structure de leur tige semblable à celle des *Monocotylédones*, l'apocarpie des *Crassulacées*, la grande analogie dans la structure de la fleur et du fruit chez les *Nymphéacées*, *Mesembryanthemum* et les *Cactacées*, également être déduites de la même tribu des *Berbéridacées*.

Si nous portons maintenant nos regards vers des plantes, chez lesquelles la réduction des sépales a atteint un degré encore moins avancé, nous nous arrêtons d'abord aux genres **Paeonia** et **Rosa**, car chez le premier quelques sépales sont allongés en petites lames foliacées, et chez le second ils peuvent même porter encore de petites folioles (SCHLECHTENDAL-HALLIER, Fl. Deutschl., XI, pl. 1089-90, XXV, pl. 2622—2634) (voir fig. 6). Par suite de leur forte tendance à une implantation périgyne ou même épigyne du calice, l'existence peu fréquente d'albumen dans la graine mûre et l'embryon le plus souvent déjà très grand, les *Rosacées* ne peuvent plus être comptées, il est vrai, parmi les *Dicotylédones* les plus primitives, mais par *Paeonia* nous sommes revenus aux *Berberidacées*, que dans ce qui précède nous avons reconnues, déjà par d'autres caractères encore, comme la plus ancienne famille vivante des *Dicotylédones* et dont les *Rosacées* entre autres se déduisent aussi directement. Les sépales foliacés dentelés du néflier et ceux à stipules vertes des *Potentillées* révèlent également encore de la façon la plus nette leur nature bractéolaire.

Dans la plupart des groupes des *Angiospermes* il est donc possible de distinguer aisément les sépales et les pétales, surtout depuis que nous avons reconnu leur nature morphologique. Des difficultés plus ou moins grandes ne se présentent à proprement parler que chez plusieurs représentants de l'ancien ordre des *Polycarpicées*, que j'ai scindé en *Ranales* et *Anonales*, notamment chez *Berberidopsis*, *Nelumbium*, *Illicium*, les *Schizanarées*, *Magnoliées*, *Anonacées* et *Calycanthacées*. Parmi ces plantes *Nelumbium* aurait, d'après BENTHAM-HOOKER et BAILLON, 4 à 5 sépales et de nombreux pétales, en quoi il s'accorderait avec *Nymphaea* et *Nuphar*. Chez les *Magnoliées* aussi BAILLON croit pouvoir distinguer nettement des sépales et des pétales. Le périanthé corollin acyclique de *Berberidopsis* doit probablement être considéré comme un calice. Les autres groupes que je viens de nommer devront être examinés plus attentivement, et on ne devra pas négliger non plus les bractées et les monstruosité.



Fig. 6. *Rosa gallica* L., jeune fruit avec 3 sépales pennés et 2 sépales entiers (d'après SCHLECHTENDAL-HALLIER). A comparer aussi les gaines des sépales à les stipules.



En 1908 j'ai fait dériver (19, pp. 198—199) les **Monocotylédones** de *Berbéridacées* éteintes par la tribu des *Luzuriagées*, appartenant aux *Liliacées* et voisine des *Lardizabalées*. D'après cela leur périanthe composé de deux cycles à trois membres, qu'il soit uniforme ou dimorphe (sépalöide et pétalöide), correspond au calice à 6 feuilles des *Lardizabalées*, dans lequel il existe encore souvent une corolle composée de 6 nectaires. Par sa forme en cloche le calice de *Tulipa*, *Allium*, *Yucca*, *Polygonatum* etc. rappelle également fort celui de *Stauntonia*, *Holboellia*, *Decaisnea*, *Pulsatilla*, *Atragene*, *Clematis integrifolia* et d'autres *Ranales*. La corolle fait donc complètement défaut chez les *Monocotylédones*, si l'on ne veut pas interpréter comme tel les staminodes pétalöides des *Scitaminées* et *Orchidacées*.

Pour ma façon de déduire les *Angiospermes* des *Cycadacées*, défendue depuis 1901 (6, p. 86), il est important que la *Bennettitée* **Wielandiella angustifolia** NATH. possède un périanthe polymère, acyclique en apparence, ce qui constitue une éclatante confirmation de l'explication morphologique que j'ai donnée ci-dessus des sépales (voir fig. 7).

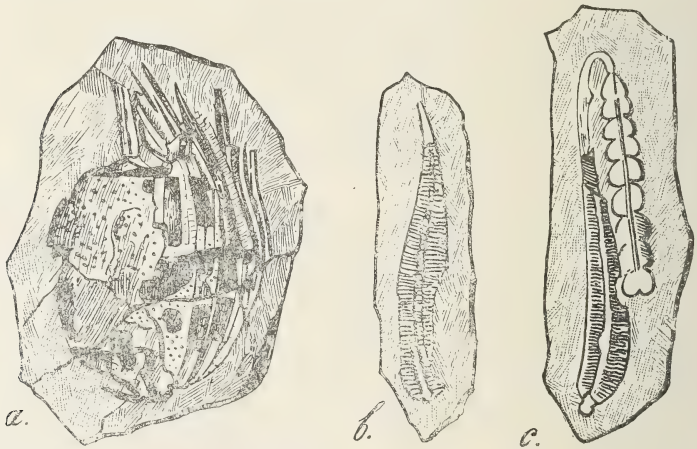


Fig. 7. *Wielandiella angustifolia* NATH. a. fleur avec calice; b. un sépale, réduit à un pétiole élargi en gaine; c. un pareil sépale auquel s'est développé encore un limbe terminal du type d'*Anomozamites* (d'après NATHORST).

Car ces feuilles périanthiques de *Wielandiella*, en forme de larges aiguilles se terminant graduellement en pointe, font tout-à-fait l'impression de pétioles élargis en gaines et quelques-unes de ces feuilles ne sont pas encore complètement réduites ainsi à l'état de pétiole, mais se prolongent

au-delà de la gaine en un limbe penné du type d'*Anomizamites*, comme nous l'avons décrit ci-dessus p. 178 (NATHORST, Beitr. Mesozoisch. Cycadoph., K. Sv. Vet.-Akad. Handl. XXXVI, 4, 1902, pp. 10—12, pl. 1, figg. 28—35; pl. 2, figg. 24, 26—27). Le périanthe de *Wislandiella* doit donc être considéré comme un calice. Il n'existait pas encore de corolle, pas plus que chez les plus anciennes *Angiospermes*; il est probable que chez celles-ci des étamines tantôt intérieures, tantôt extérieures, se seront transformées, plus tard, sans aucun ordre, en pétales, jusqu'à ce qu'enfin la corolle extrastaminale soit devenue la règle.

Pour les **Anonales** il est beaucoup plus difficile que pour les ordres traités jusqu'ici de prouver d'une façon convaincante leur descendance immédiate de *Berbéridacées* éteintes. Je dois donc entrer ici dans de plus longs détails.

En 1905 j'ai séparé les *Anonales* des *Ranales* principalement parce que dans leurs feuilles les cellules sphériques à huile aromatique ne font jamais défaut. Car, s'il est vrai que dans la famille des **Ménispermacées**, descendant des *Lardizabalées*, on a également pu établir l'existence de cellules sécrétoires, elles y sont le plus souvent étirées en forme d'utricules, se présentent rarement librement dans le mésophylle, et leur contenu est parfois laiteux ou même de la nature du caoutchouc; d'une toute autre nature donc que chez les *Anonales*.

Les cellules à huile aromatique des dernières existent aussi chez les **Aristolochiacées** et, comme ces dernières ressemblent aux *Anonacées* par bien d'autres caractères encore, je les ai fait dériver directement de cette famille en 1903 (10, pp. 366—367). Cette descendance parut être confirmée récemment par R. E. FRIES, qui trouva chez les *Anonacées* comme chez les *Aristolochiacées* un caractère de *Monocotylédones*, savoir des bractéoles adossées, un caractère qu'il avait vainement cherché chez les *Lardizabalées* entre autres (Ber. deutsch. bot. Gesellsch., XXIX, 1911, pp. 292—301). Mais l'importance de cette analogie est en réalité considérablement diminuée par le fait, que FRIES trouva le même caractère chez des *Nymphéacées*, qui à côté des *Renonculacées* et *Papavéracées* doivent être dérivées des *Podophyllées*, et que les *Monocotylédones* aussi ne sont pas immédiatement apparentées aux *Anonacées*, mais dérivent également des *Berbéridacées* par l'intermédiaire des *Luzuriagées*. Il n'est donc pas impossible que ce caractère de *Monocotylédones* soit trouvé un jour chez quelques *Berbéridacées* et ait passé par hérédité de cette famille à d'autres. Toujours est-il que l'écorce réticulée,

caractéristique pour les *Anonacées*, manque chez les *Aristolochiacées*; et aussi dans la structure du bois et de l'androcée ces dernières correspondent mieux avec les *Lardizabalées* qu'avec les *Anonacées*. Tout au plus sont-ce donc là des familles soeurs, descendant toutes deux de *Berbéridacées* voisines des *Lardizabalées* (16, p. 90).

S'il est déjà prouvé par là que la possession de cellules à huile aromatique n'exclut pas une descendance de l'ordre des *Ranales*, et que de pareilles cellules à huile ont déjà pu exister chez des *Berbéridacées* éteintes, les **Pipérales** en donnent une confirmation.

Les **Lacistémacées** se distinguent des *Pipéracées* entre autres par l'absence des cellules à huile et par leur grand embryon; à l'instar de BAILLON je les transportai donc en 1905 vers les *Flacourtiacées* (16, p. 89, note).

Par le port, les feuilles opposées, l'existence d'étamines trilobées et la structure de la tige, les **Chloranthacées** se distinguent des *Pipéracées* tout autant qu'elles s'approchent par là des *Monimiacées*; comme descendants réduits des dernières elles doivent être reportées des *Pipérales* aux *Anonales* (20, p. 185).

Les **Myrothamnées** se distinguent aussi tout à fait des *Pipéracées* entre autres par la structure de la tige; après l'élimination des *Chloranthacées* elles non plus ne sauraient rester parmi les *Pipérales*; cependant elles ne sauraient suivre les *Chloranthacées* vers les *Monimiacées*. Les cellules sécrétoires qui existent chez elles dans l'épiderme des feuilles ont été trouvées également dans le mésophylle de *Buxus* et *Simmondsia*, de sorte qu'il se peut fort bien que les *Myrothamnées* doivent être ramenées à côté des *Buxées* vers les *Hamamélidacées*, descendant des *Magnoliacées* (12, pp. 258-9).

Par son diagramme floral **Lactoris** a aussi une certaine ressemblance avec les *Saururées*, appartenant aux *Pipéracées*; aussi ce genre a-t-il déjà souvent été mis en rapport avec les *Pipéracées* et de mon côté je l'ai considéré comme une forme de transition des *Magnoliacées* aux *Pipéracées* (14, p. 310; 18, p. 157; 19, p. 178). Cependant par son port, la forme des stipules, l'inflorescence et les étamines, l'existence d'un calice et surtout la structure anatomique, ce genre aussi s'écarte tellement des *Pipéracées*, que l'on doit abandonner tout à fait l'idée d'une parenté étroite et qu'on doit faire descendre *Lactoris* ou bien de *Magnoliacées* voisines des *Illiciées* ou directement de *Berbéridacées* du bord oriental du Pacifique.

Par là l'ordre de *Pipérines* se réduit de nouveau à une seule famille, celle des **Pipéracées** (γ-compris les *Saururées*). Cette famille se distingue des *Anonales* encore beaucoup plus que les *Aristolochiacées* par de larges rayons médullaires et par une structure de la tige rappelant les *Monocotylédones*; puis encore par des inflorescences toujours en forme d'épi et par l'existence de périsperme, en dehors d'endosperme, dans la graine mûre. Maintenant que cet ordre a été délimité d'une façon plus nette et plus naturelle, on ne peut plus le faire descendre de *Magnoliacées* ni même d'*Anonales*; on doit le déduire à côté des *Ménispermacées* de *Berbéridacées* voisines des *Lardizabalées*. Il s'ensuit de nouveau que les cellules à huile aromatique des *Anonales* n'empêchent pas que celles-ci puissent se déduire des *Berbéridacées*, dont les représentants connus jusqu'à présent ne possèdent plus de pareilles cellules. Mais de cette façon aussi toutes les familles ayant du périsperme dans la graine sont ramenées à des *Berbéridacées*, et notamment les *Hydnoracées* probablement par l'intermédiaire des *Rafflésiacées* et *Aristolochiacées*, mais les autres, savoir les *Pipéracées*, *Nymphéacées*, *Caryophyllines* et *Monocotylédones*, directement.

Voici maintenant encore d'autres raisons plus ou moins péremptoires, qui m'ont conduit à ne plus considérer les *Magnoliacées* ou les *Anonacées* comme la famille la plus ancienne des *Angiospermes*, mais à ne ramener les **Anonales** aux *Cycadacées* que par l'intermédiaire de *Berbéridacées* éteintes et inconnues. Des boutons floraux ouverts n'existent plus chez les *Magnoliacées*, mais bien, outre chez des *Anonacées* et les *Coriariacées*, qui dérivent probablement de *Magnoliacées* par l'intermédiaire des *Hamamélidacées*, chez des *Capparidacées*, que nous avons pu déduire avec certitude de *Berbéridacées* et, parmi leurs descendants, chez les *Résédacées*. Des bourgeons foliaires ouverts et une vernation des feuilles en spirale comme chez les fougères n'existent pas davantage chez la plupart des *Magnoliacées*, mais bien, en dehors des *Anonacées*, chez de nombreuses familles, dont la descendance des *Berbéridacées* n'est plus douteuse, p. ex. chez des *Renonculacées* (*Hepatica*, *Eranthis*), *Droséracées*, *Podostémacées*, *Sarracéniacées*, les *Légu mineuses* *Leucaena* et *Pisum*, *Oxalis*, chez le genre *Xanthoxylum* des *Rutacées* (BAILLON, Hist. pl., IV, p. 390, fig. 433), chez *Tetracera enryandra* (19, p. 113), jusque chez des *Berbéridacées* mêmes, notamment des *Podophyllées*. Les étamines à loges septées, donc à sporanges encore séparés, caractéristiques pour beaucoup d'*Anonacées*, ne se rencontrent plus chez les



*Magnoliacées*, mais bien chez un groupe de plantes dans lequel nous avons reconnu un frère des *Capparidacées* et par conséquent un descendant de *Berbéridacées* du type des *Lardizabalées*, savoir chez des *Mimmsées*. De la berbérine n'a pas encore été trouvée chez les *Magnoliacées*, mais bien chez des *Anonacées*, des *Berbéridacées* et de nombreux descendants de ces dernières, savoir des *Ménispermacées*, *Renouculacées*, *Légumineuses* et *Rutacées*, et à ce qu'il paraît aussi chez les *Apocynacées*, donc dans une famille des *Ochnigènes*. Ce qui a toutefois une grande force démonstrative, c'est que des étamines pennées, avec deux lobes latéraux fertiles ou stériles au-dessous des loges normales, ne se présentent plus ni chez les *Magnoliacées*, ni chez les *Anonacées*, mais bien chez *Chloranthus inconspicuus* que j'ai vu vivant au jardin botanique de Tokio en mai 1904, ainsi que chez les *Monimiacées* déjà périgynes et les *Lauracées* (9, p. 39) et même chez des *Berbéridacées*, p. ex. *Mahonia fascicularis* DC. dans DELESS., *Icones sel.*, II, pl. 3. Par ce caractère les familles citées sont donc encore beaucoup plus près des *Bennettitacées*, parmi lesquelles *Cycadeoidea* a encore des étamines doublement pennées, que les *Anonacées* et *Magnoliacées*, qui de leur côté paraissent très anciennes par d'autres caractères. Il s'ajoute à cela que deux de ces familles, savoir les *Monimiacées* et les *Lauracées*, ressemblent encore à plusieurs *Berbéridacées*, entre autres aux genres de *Podophyllées* *Jeffersonia* et *Diphylleia*, par les valves particulières de leurs étamines. Mais les *Monimiacées* sont tellement voisines des *Anonacées* et les *Calycanthacées* tellement voisines des *Anonacées* et des *Magnoliacées*, qu'il n'est pas possible de scinder les *Anonales* en deux pour faire dériver une partie des *Berbéridacées* et une autre des *Cycadacées*. Et pourtant les *Monimiacées* et *Lauracées*, qui sont déjà toujours périgynes, si leurs étamines pennées et leurs anthères à valves indiquent une parenté avec les *Berbéridacées*, ne peuvent être déduites que de celles-ci, et pas inversement celles-ci de celles-là. Vu l'ensemble des faits que je viens de mentionner, la solution de l'énigme ne peut être donnée qu'en faisant descendre également les *Anonales* de ce groupe inconnu de *Berbéridacées* primitives, peut-être enfoui au fond du Pacifique, auquel nous avons déjà ramené les *Cruciales*, *Gruinales*, *Aesculines*, *Térébinthines* et *Protéines*. La trimérie du périanthe des *Anonacées*, *Lauracées*, *Ménispermacées* et *Berbéridacées* s'accorde par exemple parfaitement avec cette manière de voir, ainsi que la ressemblance des follicules des *Anonacées* avec ceux de *Paeonia*, des *Lardizabalées*,

*Aristolochiacées*, *Légumineuses*, *Connaracées*, *Protéacées*, *Simarubacées*, et du genre *Nuttalia* des *Amygdalées*. Mais le port et la forme des feuilles du genre de *Lauracées Illigera*, rappelant *Clematis* et les *Lardizabalées*, s'expliquent aussi par cette descendance des *Anonales* de *Berbéridacées*, alors que par une descendance des *Monimiacées*, *Lauracées* et *Berbéridacées* de *Magnoliacées* ces analogies s'expliqueraient difficilement par une affinité naturelle; car dans ce dernier cas les *Monimiacées*, *Anonacées* et *Magnoliacées* viendraient se placer entre les *Lauracées* et les *Berbéridacées*.

D'après les formes inférieures et plus fortement ramifiées des *Cycadacées*, et parmi elles *Wielandiella angustifolia* NATH., nous pouvons nous représenter les **ancêtres des Angiospermes**, inconnus, appartenant aux *Berbéridacées*, à peu près comme des arbustes bas ou de petits arbres, peu ramifiés, à branches lourdes et rigides, à feuilles simplement ou plusieurs fois pennées du type d'*Anomozamites*, et ayant le port de *Decaisneu insignis* (ENGLER PRANTL, III, 2, p. 69, fig. 51), de *Paeonia Montan*, de *Nandina domestica* du Japon et de *Mahonia nepalensis*, qui, d'après les idées exprimées ici, appartiennent tous les quatre aux *Berbéridacées*. Leur calice aura encore été polymère et acyclique et aussi à sépales étroits, comme chez *Wielandiella*, *Illicium* et *Calycanthus*. Les pétales auront encore fait défaut et au calice aura succédé immédiatement l'androcée polymère acyclique, dont les membres avaient encore la forme d'une bande, comme chez les *Lardizabalées*, *Nymphéacées* et *Magnoliacées*, mais portant des pinnules latérales, comme chez *Mahonia*, *Chloranthus*, des *Lauracées* et des *Monimiacées*. Le fruit avait un axe encore allongé et fusiforme, comme chez *Anona*, *Myosurus*, les *Magnoliées* et les *Schizandrées*, mais les schizocarpes ont également dû être encore de longs follicules polyspermes, comme chez les *Lardizabalées*, beaucoup d'*Anonacées* et les *Légumineuses*. Mais cette accumulation d'innombrables lourds follicules polyspermes à un long axe floral devint bientôt de plus en plus inutile, à mesure que la ramure de la plante devint plus touffue et plus fine. Il se produisit donc bientôt chez telle espèce une réduction des follicules et une diminution du nombre des graines, chez telle autre une réduction de l'axe floral et une diminution du nombre des follicules. La forme primitive elle-même, constituée d'une façon peu avantageuse, fut bientôt refoulée par ses descendants mieux équipés et ne put subsister que pendant une courte période de l'histoire de la terre. C'est pourquoi nous devons nous la

reconstituer à l'aide de l'organogénie théorique et comparée, en partant des caractères les plus primitifs des *Lardizabalées*, *Podophyllées*, *Anonacées*, *Magnoliacées* etc.

Je n'entrerai pas ici dans des détails de structure interne de cette forme ancestrale; on les déduira aisément des développements aux pp. 148—153.

L'écorce réticulée caractéristique des *Anonacées* se trouve encore dans toutes les familles des **Columnifères**, entre autres chez *Bixa*, *Muntingia*, des *Bombacacées* et des *Diptérocarpacées*, et peut déjà être observée à l'oeil nu aux rameaux vivants des tilleuls ordinaires. Ce caractère ne constitue donc pas seulement un excellent moyen pour déterminer des échantillons stériles, surtout si l'on tient compte en même temps de l'existence (*Columnifères*) ou du manque (*Anonacées*, *Thyméléacées* et *Cordia*) de stipules, mais c'est en même temps un bon critérium pour juger, si de pareils types qui présentent une ressemblance extérieure avec les *Columnifères*, comme les *Chlénacées*, *Rhaptopétalées*, *Euphorbiacées*, *Flacourtiacées*, *Urticacées*, *Rhamnacées* etc., appartiennent réellement à cet ordre. Déjà ce seul caractère, accompagné de quelques autres seulement, a permis de répondre à cette question par un „non” décisif.

Me basant sur les analogies susmentionnées et d'autres, j'ai déjà à maintes reprises affirmé l'affinité des *Columnifères* avec les *Anonacées* (6, pp. 35—36 et 100; 10, pp. 364—365 etc.). Cette affinité s'observe surtout nettement dans le genre *Octolobus* des *Stereuliées*. K. SCHUMANN, dans ENGLER, Monogr. afr. Pfl., V (1900), p. 99, dit de ce genre: „sie zeigt mit der beträchtlich erhöhten Zahl der Carpiden eine spiralige Anreihung derselben mit deutlich entwickelten, sinnfälligen Schrägzeilen; in der Tracht erinnern diese Aggregate lebhaft an das Gynœceum gewisser *Anonaceae*”. Les follicules d'*Octolobus*, subitement rétrécis en un assez long pétiole (pl. XI, figg. C, c et d), rappellent d'une manière frappante ceux de diverses *Anonacées* et le calice gamosépale avec ses lobes crispés au bord (pl. XI, figg. Ca et Db) ressemble aux 6 feuilles périanthiques intérieures frisées et soudées entr'elles de l'*Anonacée* *Hexalobus monopetalus* (ENGLER, Monogr. afr., VI, 1901, pl. XX, fig. Ba).

A mon grand étonnement j'ai retrouvé l'écorce réticulée caractéristique des *Anonacées* et *Columnifères* chez de nombreuses espèces du genre des *Boraginacées* *Cordia*. Cette découverte me parut d'autant plus importante pour la détermination de l'origine des **Boraginacées**, que

tout récemment encore j'ai pu reconnaître avec certitude, en me basant sur la structure anatomique, dans un genre encore polyandrique, notamment *Hoplostigma*, une *Boraginacée*, qui se comporte vis à vis des autres *Boraginacées*, déjà toutes haplostémones, à peu près comme les genres polyandriques *Saurauja* et *Actinidia* vis à vis des *Bicornes* déjà diplo- et haplostémones. Or, quelques grandes que soient les analogies entre les *Boraginacées* et de nombreux *Tubiflores* au point de vue de la structure de la fleur et du fruit, ces deux découvertes furent néanmoins pour moi un indice certain qu'il n'y a aucun rapport entre ces deux groupes de plantes. En effet, les *Boraginacées*, y-compris les *Hydrophyllacées* et les *Lennoacées*, autrefois comptées par erreur parmi les *Bicornes*, se distinguent de presque tous les représentants des *Tubiflores* e. a. par leurs ovules non pas apotropes mais toujours épitropes. Une tentative que je fis de relier les *Boraginacées* aux *Columnifères* n'eut guère de succès. Il est vrai que les lobes corollins de plusieurs *Boraginacées*, séparés du tube par des niches et repliés, font songer aux languettes des pétales en forme de capuchon des *Buettnerées*. D'autre part les capsules dicarpellées, loculicides, munies de placentas pariétaux, de plusieurs *Hydrophyllacées* sont comparables en quelque sorte à celles des *Tiliées* *Bixa* et *Trichospermum*, tandis que les fruits ailés de *Pteleocarpa* dans Trans. Linn. Soc. London XXVIII (1893), pl. 42, ressemblent plus à ceux de la *Tiliacée* *Columbia serratifolia* (ENGLER PRANTL, III, 6, p. 26, fig. 12 D) et aux capsules vésiculaires de la *Sterculiacée* *Kleinohsia hospita* (ENGL. PRANTL, III, 6, p. 93, fig. 48 D). En outre, une espèce de *Cordia* recueillie par ELBERT sur l'île de Soubawa (n°. 3658) a des feuilles à nervation palmée avec des nervures transversales scalariformes, comme *Tilia* et *Bixa*, et des calices pointus gamosépales fermés dans le bouton, comme ceux du genre de *Sterculiacées* *Helicteres*; on sait d'ailleurs que des poils étoilés, tels qu'ils se présentent chez plusieurs espèces de *Cordia*, sont très répandus parmi les *Columnifères*. Mais en général les *Boraginacées* ont des poils tecteurs simples unicellulaires et des poils glanduleux à têtes unicellulaires et dont la tige se compose d'une seule rangée de cellules, comme chez les *Columnifères*. Par l'absence de stipules et d'organes mucilagineux, l'existence fréquente d'incrustations siliceuses et l'embryon souvent encore assez petit (p. ex. chez *Pteleocarpa* et *Hydrophyllum*; BAILLON, Hist. pl., X, p. 360, fig. 293), les *Boraginacées* sont cependant nettement séparées des *Columnifères*. Puis chez la *Cordia* d'ELBERT les



feuilles sont indupliquées et en outre plissées à la façon des plumes lors de la vernation et un peu courbées vers l'intérieur, comme chez des *Anonacées*, *Légumineuses*, *Cycadacées* et fougères. Tout comme chez les *Anonacées*, et, il est vrai aussi chez les *Columnifères*, chez *Cordia* aussi le liber est stratifié, d'après SOLEREDER, Syst. Anat. Dicot. (1899), p. 634, et puis la forte tendance des *Boraginacées* à la silicification de divers tissus est très répandue chez les *Anonales* (*Magnoliacées*, *Calycanthacées*, *Chloranthacées*). Je crois donc que le mieux serait de classer jusqu'à nouvel ordre les *Boraginacées* et *Loasacées* parmi les *Campanulines* et de placer cet ordre entre les *Anonales* et les *Columnifères*.

Nous obtenons ainsi un groupe de degré supérieur, composé de ces trois ordres et des *Hamamélines* et *Ombelliflores* descendant des *Magnoliacées*, lequel est caractérisé par l'existence assez fréquente d'une écorce réticulée, d'un liber stratifié etc. et qui, à côté des **Ochnigènes** et du groupe des **Rhodophyles**, comprenant e. a. les *Légumineuses* et les *Rosales*, peut également être déduit immédiatement de *Berberidacées* éteintes, donc du groupe des **Protérogènes**. Nous distinguerons ce groupe des trois autres sous le nom d'**Anonophyles**.

Les 230 familles de *Dicotylédones* d'ENGLER sont réduites à 177 dans mon système, ses 36 séries à 29 ordres. Mais il se peut évidemment que dans la suite quelques autres familles encore, composées d'un seul genre, comme p. ex. les *Circéastracées*, *Thélygonacées*, *Coriariacées*, *Octoknémacées* et *Rhopalocarpaceés*, se fusionnent avec des familles plus grandes.

A l'aperçu du système je fais précéder ici une liste chronologique des écrits dans lesquels j'ai construit peu à peu ce système phylogénétique.

1. Versuch einer natürlichen Gliederung der *Convolvulaceen* auf anatomischer und morphologischer Grundlage. — ENGLER, *Bot. Jahrb.*, XVI, 4—5 (23. VI. 1893), p. 486.

2. Betrachtungen über die Verwandtschaftsbeziehungen der *Ampelideen* und anderer Pflanzenfamilien. — *Natuurk. Tijdschr. Nederl. Indië*, LVI, 3 (1896) p. 300—331.

3. Die indonesischen *Clematideen* des Herbariums zu Buitenzorg. — *Ann. jard. bot. Buitenz.*, XIV, 2 (VII. 1897), pp. 249—252. Contient surtout quelques points de vue généraux sur la différenciation et la réduction.

4. Über die Gattung *Erycibe* und die biologische Bedeutung der stammbürtigen Blüten und Früchte. — *Bull. herb. Boissier*, V, 9 (IX. 1897), pp. 753-4. Ici encore des considérations générales seulement.

5. Über Kautschuklianen und andere *Apocynéen*, nebst Bemerkungen über *Hevea* und einem Versuch zur Lösung der Nomenklaturfrage. — *Jahrb. Hamburg. wissensch. Anstalten*, XVII, 3 Beiheft (Nov. 1900), pp. 200—202.

6. Über die Verwandtschaftsverhältnisse der *Tubifloren* und *Ebenalen*, den polyphyletischen Ursprung der *Sympetalen* und *Apetalen* und die Anordnung der *Angiospermen* überhaupt. Vorstudien zum Entwurf eines Stammbaums der Blütenpflanzen. — *Abhandl. Naturw. Verein. Hamburg*, XVI, 2 (VI. 1901). 112 pp., avec un arbre généalogique et un registre précis des noms de plantes cités.

7. Über die Morphogenie, Phylogenie und den Generationswechsel der Achsenpflanzen. Vorläufige Mittheilung. — *Ber. Deutsch. bot. Gesellsch.*, XX, 8 (26, XI, 1902), pp. 476-8.

8. Über eine Zwischenform zwischen Apfel und Pflaume. — *Verh. Naturw. Verein. Hamburg*, 3. Folge, X (XII. 1902) pp. 8—19.

9. Beiträge zur Morphogenie der Sporophylle und des Trophophylls in Beziehung zur Phylogenie der *Kormophyten*. — *Jahrb. Hamburg. wiss. Anst.*, XIX, 3. Beiheft („1902“, mais paru seulement au commencement de janv. 1903), pp. 1—110, avec un arbre généalogique et une planche.

10. Über *Hornschuchia* NEES und *Mosenodendrum* R. E. FRIES, sowie über einige Verwandtschaftsbeziehungen der *Anonaceen*. — *Beih. Bot. Centralbl.*, XIII, 4 (Febr. 1903), pp. 361-7.

11. Über die Abgrenzung und Verwandtschaft der einzelnen Sippen bei den *Scrophularineen*. — *Bull. herb. Boiss.*, sér. 2, vol. III, 3 (mars 1903), pp. 181—207.

12. Über den Umfang, die Gliederung und die Verwandtschaft der Familie der *Hamamelidaceen*. — *Beih. Bot. Centralbl.*, XIV (1903), pp. 247—260.

13. Über die Verwandtschaftsverhältnisse bei ENGLER'S *Rosalen*, *Parietalen*, *Myrtifloren* und in anderen Ordnungen der *Dikotylen*. — *Abhandl. Naturw. Ver. Hamburg*, XVIII (comm. mars 1903), 98 pp.

14. Vorläufiger Entwurf des natürlichen (phylogenetischen) Systems der Blütenpflanzen. — *Bull. herb. Boissier*, sér. 2, vol. III, 4 (avril 1903), pp. 306—317.

15. Über die Gattung *Daphniphyllum*, ein Übergangsglied von den *Magnoliaceen* und *Hamamelidaceen* zu den Kätzchenblüthlern. — *Bot. Mag.*, XVIII, 207 (Tokio, juin 1904) pp. 55—69.

16. Ein zweiter Entwurf des natürlichen (phylogenetischen) Systems der Blütenpflanzen. Vorläufige Mittheilung. — *Ber. Deutsch. bot. Ges.*, XXIII, 2 (29. III. 1905), pp. 85—91.

17. Neue Schlaglichter auf das natürliche System der *Dikotyledonen*. Phylogenetische Betrachtungen. Gera-Untermhaus, W. KOEHLER (juill. 1905), 12 pp.

18. Provisional scheme of the natural (phylogenetic) system of flowering plants. — *The New Phytologist*, IV, 7 (juill. 1905), pp. 151—162.

19. Über *Juliania*, eine *Terebinthaceen*-gattung mit Cupula, und die wahren Stammeltern der Kätzchenblüthler. Neue Beiträge zur Stammesgeschichte nebst einer Übersicht über das natürliche System der *Dikotyledonen*. Dresden, C. HEINRICH (juin 1908), 210 pp. in-8°.

19a. Zur Frage nach dem Ursprung der *Angiospermen*. Vorläufige Mittheilung. — *Ber. Deutsch bot. Ges.*, XXV, 9 (24. XII. 1907), pp. 496-7.

19b. On the origin of *Angiosperms*. — *Bot. Gaz.*, XLV, 3 (mars 1908), pp. 196—8.

20. Rapport de l'auteur sur 19. — *Bot. Centralbl.*, CX, 7 (16. II. '09), pp. 184—9.

21. Remarques sur le rapport fait par FEDDE sur 19. — JUST, *Jahresber.*, XXXVI, 3 (1910), pp. 217—225.

22. Über Phanerogamen von unsicherer oder unrichtiger Stellung. — *Mededeel. 's Rijks Herbar.*, 1 (28. II. 1911), pp. 1—41; *Bot. Centralbl.*, CXIX, 1 (2. I. '12), pp. 28-9.

23. Sur le *Philbornea*, genre nouveau de la famille des *Linacées*, avec quelques remarques sur les affinités de cette famille. — *Arch. Néerl.*, 3<sup>e</sup> sér. B, t. I (1912), pp. 104—111.

#### APERÇU DU SYSTÈME NATUREL DES PLANTES VASCULAIRES.

##### A. CRYPTOGRAMÈS VASCULAIRES (9, pp. 58—94, 106—107).

I. **Filicales** (y-compris les *Cycadofilices* ou *Ptéridospermes*), à déduire par les *Hyménophyllées* des *Phéophycées*, d'où dérivent aussi les *Hépatiques* et les *Characées* (9, pp. 58—78 et 106; SCHENCK dans ENGLER, *Jahrb.* XLII, 1908, pp. 1—37; K. MEYER dans *Biol. Zeitschr.* II, 3—4, Moscou 1912, pp. 177—178).

II. **Lycopodiales** (y-compris les *Lépidospermes*), descendant à côté de III de fougères arborescentes du type des *Marattiacées* (9, pp. 78—94 et 107).

III. **Equisétales** (y-compris les *Sphénophyllacées*<sup>?)</sup>, descend. à côté de II de fougères arborescentes du type des *Marattiacées* (9, pp. 78—93 et 107).

##### B. PHANÉROGAMES.

###### a. *Gymnospermes* (9, pp. 9—17, 78—97 et 107).

1. *Cycadacées* (y-compris les *Bennettitales*), desc. de *Ptéridospermes* de la forme des *Marattiacées* (9, pp. 78—81, 94—97, 105 et 107; 16, p. 86). — 2. *Cordaïtacées*. — 3. *Salisburyacées*, desc. de 1 (9, pp. 79—81). — 4. *Taxacées*. — 5. *Pinacées* (19,

pp. 27—28). — 6. Gnétacées, issues de 1<sup>?</sup>, à côté des *Bennettitées*, 2, 3 et Bb<sup>?</sup>

b. *Angiospermes*.

α. *Dicotylédones*.

†. Protérogènes (19, pp. 80, 110—115, 177).

I. **Ranales** LINDL. 1833 (*Polycarpicées* BARTL. 1830 en partie). 2, p. 330; 6, pp. 87—88, 99—100; 9, pp. 1, 21—25, 32, 97—101, 105 et 107.

1. Berbéridacées. — a. Proberbéridées (= *Protangiospermes*), un groupe encore inconnu, éteint, enfoui peut-être au fond du Pacifique, à déduire de *Cycadacées* de la forme de *Bennettitées*, et contenant aussi les ancêtres de tout le groupe des *Monocotylédones*. — b. Lardizabalées DC. 1824 (bords N. O. et S. E. de l'océan pacifique), desc. de a. — c. Podophyllées DC. 1821 (*Péoniacées* DC. 1824 en partie; y-compris *Paeonia*, *Glaucidium* et *Hydrastis*, la dernière avec de la berbérine), desc. de a en Asie orientale (?) (16, p. 88; 19, pp. 67 et 179). — d. Berbéridopsidées, desc. de a dans l'ouest de l'Amérique du Sud (12, p. 251; 13, p. 50; 14, p. 310; 19, pp. 33 et 179). — e. Berbéridées VENT. 1799, desc. de a à côté de d dans l'ouest de l'Amérique du Sud (?).

2. Ménispermacées (y-compris *Dioscorea spiculata* BL. ! 22, p. 41), desc. de 1 près de 1b (16, p. 88; 19, p. 179).

! <sup>1)</sup> 3. Dilléniacées (à l'excl. de *Actinidia* ! *Saurauja* ! *Clematoclethra* !), desc. de 1 près de 1c (19, pp. 112—115 et 179).

4. Renonculacées, desc. de 1c près de 5 et 6 (16, p. 88). Au sujet de la subdivision de cette famille voir 9, pp. 21—22 et 105; 19, pp. 18 et 179. Pas proche parent de 79! (19, p. 67).

! 5. Papavéracées (y-compris les *Fumariées*), desc. de 1c (16, pp. 88, 90—91).

6. Nymphéacées, desc. de 1c près de 4 et 5.

7. Cératophyllacées, desc. de 6 (*Cabombées* ?).

8. Circéastracées, desc. de 6 (*Cabombées* ?)

! 9. Podostémacées (non-compris *Lemnopsis* ZIPP. ! y-compris

<sup>1)</sup> Comme dans mes aperçus de système précédents, j'indiquerai ici encore par un point d'exclamation les familles qui ont pu être classées avec une certitude suffisante dans un autre ordre, que ne l'a fait ENGLER.



*Hydrostachydacées!*; 6, p. 72; 16, p. 88; 19, p. 112), desc. de 6 (*Cabombées*)?

! 10. Halorrhagidacées (y-compris *Hippuris!* d'après 17, pp. 11 et 19, pp. 136—137; *Gunnera!* hormis *Callitriche?*), proche parents de 6—9. Voir aussi 13, p. 40; 19, pp. 19, 37; 21, p. 224, note 2.

! 11. Thélygonacées. S'écartant de III par des ovules déjà ténuinucellés unitegminés. Le calice des fleurs ♂ rappelle 6 (*Cabombées*) et 9, les étamines anémophiles rappellent 6 (*Cabombées*), 9 et 10. Apparentées à 10 d'après les stipules, l'ovaire infère, la forme du stigma, la forme de l'embryon, la richesse en tannin, la possession de collètes et d'un endoderme bien accusé, enfin les poils simples et unicellulaires.

II. **Népenthales** LINDL. 1833 (*Sarracéniales* ENGL.), desc. de 6, ou à côté de 6 de 1c.

! 12. Céphalotacées (6, p. 72; 13, p. 65; 17, p. 9). Axe floral allongé entre les carpelles, comme chez 6.

13. Népenthacées (17, p. 9).

! 14. Parnassiées S. F. GRAY 1821, apparentées à 13 et 15. —

*a.* Parnassiées. Ovules déjà ténuinucellés bitegminés. Les capsules mûres de *P. palustris* avec leurs graines sentent nettement les capsules de pavot! 6, pp. 70—71; 13, p. 58 note; 19, pp. 15—16, 37 et 180. — *b.* Sarracéniées. Ovules déjà ténuinucellés unitegminés.

15. Droséracées. DC. 1813 (non-compris *Parnassia!* et les *Roridulées!*). Ovules encore crassinucellés bitegminés. 19, p. 180.

III. **Caryophyllines** BARTL. 1830 (non-compris les *Batidacées!* *Thélygonacées!* *Tamaricacées!* *Frankéniacées!* *Fouquiéracées!*), desc. de 1c près de 6 et 12 (6, p. 97; 13, p. 65; 19, p. 110, note). Ovules encore toujours crassinucellés bitegminés.

! 16. Crassulacées (y-compris *Penthorum!*). 6, pp. 71—72 et 97; 13, p. 65; 19, p. 110, note et 191.

17. Phytolaccacées.

18. Aizoacées.

! 19. Cactacées, apparentées à 16, 18 et 20 (6, pp. 71, 88 et 97; 13, pp. 43 et 96).

20. Portulacacées (y-compris les *Basellées!* 19, p. 191).

21. Didiéracées, desc. de 20?

22. Chénopodiées, apparentées à 20.

23. Amarantacées, desc. de 20? 19, p. 191.

24. Caryophyllacées, apparentées à 18 et 20.

! 25. Plombaginacées, desc. de 20 à côté de 24 (6, pp. 78—81, 100; 13, p. 43; 19, pp. 52 et 191).

26. Nyctaginacées (y-compris *Guapira* AUBL. ! = *Pisonia* L., 19, p. 110, note), apparentées à 25 et 27.

! 27. Polygonacées (6, pp. 78—82, 97 et 100), apparentées à 20, 22 etc.

IV. **Pipérines** BARTL. 1830 (*Pipérales* LINDL. 1833, ENGLER, non-compris les *Chloranthacées* et *Lacistema*), desc. de 1b (19, p. 110 note).

28. Pipéracées (y-compris les *Saururées*).

V. **Aristolochiales** LINDL. 1833.

29. Aristolochiacées, desc. de 1b près de 33 (5, p. 201; 6, p. 96; 10, pp. 366-7; 16, p. 90; 19, pp. 37, 110 note et 180).

30. Rafflésiacées (y-compris les *Mitrastémonales* MAKINO 1911), issues de 29 près de *Heterotropa* (16, p. 88; 19, p. 180).

31. Hydnoracées, desc. de 30 (*Cytinées* de la forme de *Scytanthus*; 19, p. 180).

! 32. Balanophoracées (y-compris *Cynomorium* et les *Lophophytées*), desc. de 30 (*Cytinées* de la forme de *Scytanthus*) à côté de 31.

††. Anonophyles.

VI. **Anonales** LINDL. 1833 (*Polycarpicées* BARTL. 1830 ex. p. et *Trisépales* BARTL.); desc. de 1a. — Ayant encore des cellules oléifères rondes dans la feuille.

\* MAGNOLIINÉES BRONGN.; HALLIER f. 16, p. 87; 19, p. 178. — Périanthe encore hypogyne, sauf chez *Eupomatia*.

33. Anonacées (y-compris *Hornschuchia* ! d'après SOLEREDER 1899 et HALLIER f., 6, pp. 40—41; 10, pp. 361—365; non-compris les *Eupomatiées* ! d'après 21, p. 220 note), desc. de 1a près de 1b, 29, 46 et X.

34. Myristicacées, apparentées à 33 (2, p. 302; 10, p. 365; 19, pp. 145 et 178).

35. Magnoliacées, desc. de 1a près de 33 et 1b. — a. Illiciées (non-compris *Trochodendrum* ni *Tetracentrum* ! d'après 15, pp. 61—64; 16, p. 87; 19, p. 178; y-compris *Eupomatia* et *Himantandra* HALLIER f. ! d'après 21, p. 220 note et ci-dessus p. 188). — b. Schizandrées, desc. de a. — c. Magnoliées, desc. de a (voir p. ex. le calice en forme de mitre des *Eupomatiées*!).

! 36. Canellacées, desc. de 35 (6, pp. 39—40; 13, pp. 50—51; 14, p. 310; 19, p. 178 etc.).

37. Lactoridacées, desc. de 35 ou de 1 à côté de 1b, 2 et 28.

\*\* LAURINÉES (16, p. 88; 18, p. 157; 19, p. 178), desc. de 1a à côté de VI\*. — Périanthe déjà péri- ou épigyne.

38. Calycanthacées, apparentées à 35a et 39.

39. Monimiacées (y-compris *Xymalus!* et *Gomortega!* d'après 19, p. 178), apparentées à 1, 33, 38 et 41, mais à peine à 79 (19, p. 67).

! 40. Chloranthacées, issues par réduction de 39 (20, p. 185; 21, p. 224, note 3).

41. Lauracées (y-compris les *Hernandiacees!* et *Licaria* AUBL! 19, p. 178), desc. de 1a à côté de 39 et 1b. Voir p. ex. les feuilles composées de *Illigera*, 1b, *Paeonia*, *Fumariées*, 4 et 59, les valves des anthères de 41, 39, 1c et 1e, les étamines trifoliolées chez 39—41 et *Mahonia* etc.

VII. **Hamamélines** BRONGN. 1843; HALLIER f. 19, p. 181 (*Hamamélidales* WETTST. 1907).

! 42. Hamamélidacées, desc. de 35 près de 35a (6, pp. 93 et 100; 9, pp. 21, 102 et 107; 12, pp. 251—252; 14, p. 310; 16, p. 89; 19, pp. 140, 145, 151—152). A exclure *Leitnera* (19, pp. 161—163) et *Casuarina* (17, pp. 14—15; 18, p. 160; 19, pp. 140, 156 et 168). Par contre, font partie de cette famille les 5 genres des *Trochodendracées* (12, pp. 247—248; 15, pp. 61—64; 19, pp. 145—150), *Daphniphyllum* (15, pp. 56—68), les *Balanopidales* ENGL. (19, pp. 163—165), *Didymeles?* (d'après THOUARS, Hist. isl. austr. Afr., 1806, pl. I, figg. 2—3, l'embryon est très petit et abondamment entouré d'albumen; d'après la p. 9 du texte il est très grand), *Platanus!* (6, p. 93; 12, p. 259; 13, p. 41; 19, pp. 142—145), *Myrothamnus!* (6, p. 94; 12, p. 258; 13, p. 41), *Croton curtiflorus* ELMER (22, p. 7), *Mallotus campanulatus* KOORDERS ex. p. (22, p. 6), les *Buxacées* (12, pp. 255—8; 13, p. 41), y-compris *Simmondsia!* (avec des cellules sécrétoires dans le tissu en palissade et l'écorce primaire, comme chez *Buxus balearica*), puis les *Geissolomacées* SONDER! 1850, comme proches parents des *Buxées* (19, p. 181), et les *Batidales* ENGL. (?), également comme parents des *Buxées* (?). Au jard. bot. de Leyde l'écorce d'un arbre de *Parrotia persica* s'exfolie d'une façon tout aussi remarquable en plaques irrégulières que *Platanus*. A l'Herbarium de Leyde il existe un échantillon à fruit de *Platanus*, où les follicules s'ouvrent un peu

le long de la suture ventrale et où ceux d'un même capitule sont tous tournés du même côté; il semble d'après cela que *Platanus* soit issu des *Altingiées* par la disparition d'un des deux carpelles, de sorte qu'un contrôle des recherches de SCHÖNLAND serait nécessaire.

! 43. Coriariacées, issues de 42 près des *Buxées*.

? VIII. **Ombelliflores** BARTL. (17, p. 10; 19, pp. 193—194).

44. Cornacées. A exclure *Corokia* (19, pp. 25, 47 et 195), les *Alangiées* (17, p. 10; 18, p. 160; 22, p. 12), *Viburnum*, *Sambucus* et *Adoxa*! *Mastixia*? Par contre il faut y ajouter les *Garryales* ENGL! 1909, *Grubbia*!, *Nyssa*, *Camptotheca* et *Davidia*! (19, pp. 46—49). Chez *Garrya* HÉRISSEY et LEBAS ont constaté la présence d'aucubine! (*Bot. Centralbl.*, CXVII, 1911, p. 176). A déduire de 42 près des *Altingiées*? par l'intermédiaire des *Nyssées* et de *Davidia* (12, p. 251; 21, p. 221, note 1).

45. Ombellifères (y-compris les *Araliacées*; 19, p. 57), desc. de 44 ou à côté de 44 et des *Altingiées* de 42? (12, p. 251).

? IX. **Campanulines** BARTL. 1830 (*Campanulates* ENGL. hormis les *Cucurbitacées*; y-compris les *Echiales* LINDL.? 1833), 2, pp. 325-6; 6, pp. 66—68; 19, pp. 126—135.

? 46. Boraginacées. Il faut y ajouter *Buddleia boliviana* BAENITZ (22, p. 36), les *Hoplestigmatacées* GILG (22, pp. 36—39), *Plocosperma* (?), les *Lennoacées* et les *Hydrophyllacées* (6, pp. 57—58; 19, p. 37, 62, 127 et 195). Apparentées par *Hoplestigma* et *Cordia* à 33 et X. 46 diffère essentiellement des *Tubiflores* par l'existence d'une polyandrie, d'une écorce réticulée aux rameaux, d'une vernation en spirale incurvée des feuilles et d'ovules toujours épitropes. La grande ressemblance de la structure des fleurs de 46 avec celle des *Tubiflores* ne repose évidemment pas sur une affinité, mais sur une adaptation convergente aux mêmes modes de fécondation des fleurs.

? 47. Loasacées, apparentées à 46 et 48? (19, pp. 15, 38, 130—135, 197), mais à peine à XIX et XX.

48. Campanulacées (19, pp. 126—130, 136, 197), desc. de 46?

49. Goodeniacées, desc. de 48 près des *Lobéliées*.

50. Candolléacées, desc. de 49 ou 48.

51. Calycéracées, desc. de 48 (19, p. 198).

52. Composées, à déduire de 48 par réduction.

X. **Columnifères** L. 1787; BARTL. 1830; HALLIER f. 19, p. 188 et 21, p. 220 note; pas LINDL. A exclure les *Chlénacées* (97), les *Gonys-*



*tylacées* (129), les *Rhaptopétalacées* (151), les *Euphorbiacées* (109) et *Monotes* (90).

53. *Sterculiacées* (non-compris *Goupia*; y-compris *Buettnerées* et *Triplochitonacées*! d'après 18, p. 157, où il est mis par erreur Ia au lieu de I\*), à déduire de Ia à côté de 46, 33, 3 et 1b par le genre polycarpique *Octolobus* (6, pp. 35—36 et 100; 9, pp. 32, 99, 105 et 107; 10, pp. 364—365; 12, p. 251; 14, p. 313; 21, p. 220 note 1). *Eriolaena* et les *Dombeyées* ont des grains de pollen épineux, et appartiennent donc peut-être à 58.

! 54. *Diptérocarpacées* (non-compris *Monotes*!), apparentées à 55 et 56 (6, pp. 37—38 et 100; 10, pp. 364—365; 13, pp. 48—49; 18, p. 158, où il est mis par erreur IV au lieu de VI, etc.).

55. *Eléocarpacées*, apparentées à 53—56. *Muntingia* s'en écarte à plus d'un point de vue, mais appartient par son écorce réticulée des rameaux à X et non à 108 p. ex.

56. *Tiliacées*, desc. de 55 ou 53. *Bixa* aussi a l'écorce réticulée si répandue chez 33, X (54 aussi) et *Cordia* (46); d'après l'ensemble de ses caractères exo- et endomorphes, ce genre appartient comme les *Cochlospermacées* aux *Tiliées* et y est immédiatement voisin de *Trichospermum* BL. par la forme des capsules etc. (13, p. 48; 14, p. 314; 21, p. 220 note).

57. *Bombacacées* (y-compris *Catostemma*), desc. des *Hélictérées* (53)? près de *Pterospermum*. Chez *Durio zibethinus* (Jard. bot. Peradeniya 1904) les cicatrices des feuilles subsistent très longtemps, ainsi que chez *Cananga* et *Cyathocalyx zeylanicus* (33), *Dammara*, les rameaux des *Abiétinées* et les *Lépidophytes*. D'après une communication que M. URBAN m'a faite par écrit, *Picrodendrum* a de petites stipules lancéolées, longues à peine de  $\frac{1}{2}$  mm. et ne peut donc pas appartenir à 73, puisque les *Surianées* et les *Irvingiées* aussi doivent être exclues de cette famille; d'après SOLEREDER, Syst. Anat. Dikot. Ergänz. (1908), p. 70, ce genre a des organes mucilagineux distribués de la même façon que chez 57 et 58; d'après A. RICHARD dans RAMON DE LA SAGRA, Fl. cub., pl. 30, il a un fruit découvert sans calice et à une seule graine, dans laquelle il y a de l'albumen en abondance et un embryon à cotylédons fortement plissés; serait-ce une *Bombacacée* à fruit réduit?

58. *Malvacées*, desc. de 53 à côté de 57. Il faut y ajouter les *Neuradées* (19, pp. 86—87) et *Ipomœa campanulata* L. ex p. (19, p. 189; 22, p. 26).

## †††. Rhodophyles.

XI. **Cruciales** LINDL. 1833 (non-compris les *Papavéracées* et *Moringacées*).

59. Capparidacées, desc. de 1 près de 1b et 1d (16, p. 91; 17, p. 7; 19, p. 180). A ajouter encore *Tovaria* (17, pp. 7—8), *Koebelinia* (19, pp. 120—121), *Peridiscus*? (19, p. 34) et *Physena*? (19, p. 35).

60. Crucifères, desc. de 59 (16, p. 91).

61. Résédacées, desc. de 59 (17, p. 8; 19, p. 181).

XII. **Gruinales** BARTL. 1830 (*Géraniales* LINDL. 1833; non-compris les *Limacées*, *Humiriacées*, *Erythroxyllacées*, *Malpighiacées* etc.! 13, pp. 21, 54 et 87; 19, pp. 14—15, 189—190; 21, p. 218 note 1; 23, p. 109), desc. de 1a à côté de 59, XIII—XVI.

62. Oxalidacées (non-compris *Hypseocharis*; y-compris *Sarcotheca* d'après 22, pp. 1—2), apparentées à 63—67.

63. Géraniacées (non-compris les *Neuradées*, 19, pp. 86—87; y-compris *Hypseocharis* d'après 19, p. 190; *Peganum* d'après 19, pp. 16, 136 et 190; *Dematophyllum* = *Balbisia*? d'après 19, pp. 116 note et 190), desc. de 62?

! 64. Balsaminacées (13, pp. 20—30; 14, p. 315; 18, p. 161; 19, pp. 14 et 190; 21 pp. 218 note 1), desc. de 63 près de *Peganum* (?). — a. Limnanthées (19, pp. 14—15). — b. Tropéolées. — c. Balsaminées.

65. Zygophyllacées (non-compris *Peganum*!, ainsi que *Tetradiclis* d'après 19, pp. 17, 83 et 190; peut-être aussi *Nitraria* et *Balanites*), apparentées à 62, 67 et 70 (19, pp. 137—138).

XIII. **Aesculines** BRONGN.; HALLIER f. 19, p. 184 (non-compris les *Malpighiacées*), desc. de 1a à côté de 59, 62, 65 et 70 (13, p. 20; 19, p. 17).

! 66. Connaracées, apparentées à 62 et 67.

! 67. Légumineuses (19, pp. 87—90), fort semblables à 59 par la membrure des feuilles, la forme du fruit, de l'embryon, des poils tecteurs, la présence de myrosine, rutine etc. Aux *Césalpiniiées* appartiennent *Moringa* (13, pp. 55—56; 17, p. 8; 19, pp. 90—91) et *Bretschneidera* (19, p. 91).

68. Mélianthacées (13, pp. 56—57; 19, p. 23).

69. Sapindacées (y-compris les *Hippocastanées*; non-compris les *Acéracées* et *Staphyléacées*; 19, pp. 23, 97—99 et 185), apparentées

à 66—68. Le 20 juin 1909 GRESHOFF me communiqua qu'il avait constaté la présence de saponine dans la graine d'*Aesculus Hippocastanum* et en abondance aussi dans la racine de *Pavia rubra*; mais la graine de *Staphylea pinnata* ne contient ni saponine ni acide prussique.

XIV. **Térébinthines** BARTL. 1830; HALLIER f., 6, pp. 69—70; 19, pp. 182—184 (*Rutales* LINDL. 1833; HALLIER f. 19, p. 17).

! 70. Rutacées (19, pp. 23, 79—83, 183; 21, p. 218 note 1, 222 note 1), desc. de 1a à côté de 1b, 59, 62, 65, XIII et XV. Au sujet de la distribution de berbérine et de rutine voir ci-dessus p. 158. Les données relatives à la présence de rutine chez 2 sont cependant erronées d'après BAUER dans *Bot. Centralbl.* CX (1909), pp. 269—270. *Heteropyxis* doit être exclu de 70; par contre *Tetradiclis* appartient à cette famille, d'après 19, pp. 17, 83 et 183, et en raison de ses épines foliolaires, de ses fleurs tétramères, de la forme des pétales et étamines, du gynécée et de l'embryon courbé, *Harrisonia*, malgré l'absence des cavités sécrétoires caractéristiques pour 70, doit être reporté des *Simarubacées* vers cet endroit et probablement placé parmi les *Toddaliées*.

! 71. Cnéoracées (19, pp. 24 et 183), issues de 70, près de 73 et des *Toddaliines* (?).

! 72. Méliacées (non-compris *Kirkia*? voir 19, p. 106), issues de 70 près des *Flindersiées*, *Dictyolomées*, *Toddaliées* et 73 (19, pp. 24, 95—96, 183).

! 73. Simarubacées (non-compris *Didymeles*! *Balanites*! *Brunellia*! les *Surianées*, parmi elles *Rigiostachys*! *Harrisonia*! les *Soulamées*? *Kirkia*? les *Iringiées*! *Picramnia*? *Alvaradoa*? *Picrodendrum*! 19, pp. 24, 94, 106 et 183), desc. de 70 (*Toddaliines*) près de *Phello-dendrum*; 19, pp. 24, 91—94.

74. Térébinthacées Juss. 1789 (non-compris *Brunellia*! *Picrodendrum*! les *Iringiées*! *Stylobasium*!; y-compris les *Bursérées*! *Picramnia*? *Alvaradoa*? *Kirkia*? les *Sabiacées*! *Soulamées*? *Anacardiées*! *Julianiales* ENGL.! *Leitnerales* ENGL.? *Juglandales* ENGL.? 2, p. 330; 5, p. 201; 6, pp. 90—91; 13, pp. 85—86; 19, pp. 161—3, 183 et 201), desc. de 70 près des *Cuspariées* et *Xanthoxylées* (19, pp. 99—101 et 183). L'idée que j'ai émise dans 19, pp. 30—31, 163 et 172, que la croissance intercellulaire du tube pollinique pourrait être répandue dans cet ordre d'une façon plus générale qu'on ne le savait jusqu'ici, s'est confirmée. La même chose fut constatée par RÖSSLER chez *Negundo* (*Ber. Deutsch. bot. Ges.*, XXIX, 1911, pp. 370—375),

et au laboratoire de STRASBURGER je vis l'année dernière des préparations de *Rhus* présentant la chalazogamie. Puis, en décembre 1909, je vis dans l'Arnold-arboretum deux espèces de *Rhus* (*Rh. aromatica* et *Rh. trilobata*) avec des chatons, qui par la forme et la disposition ressemblaient à s'y méprendre à ceux d'*Alnus*. Voir ci-dessus p. 159.

75. Acéracées, desc. de 74 (*Rhoïdées*) près de *Juliania*, les *Juglandées*, *Leitnera* et 76; pas apparentées à 69 (15, pp. 68—69; 19, pp. 77—79, 184). Le genre de *Mangiférées Bouca* (74) est caractérisé par des feuilles opposées et des bourgeons foliaires à grandes écailles, rappelant fort ceux de *Acer*. Le réseau étroit et fin de veines de la feuille de plusieurs *Térébinthacées* se retrouve p. ex. aussi chez *Acer niveum* BL.

! 76. Amentacées L. 1787 (9, pp. 25 et 102; 15, p. 56; 18, p. 154; 19, pp. 152—161, 172 et 184). — *a.* Quercinées, desc. de 74 (*Rhoïdées*) près des *Juglandées*, *Leitnera*, *Juliania*, *Pistacia* et *Rhus*; voir 19, p. 168. — *b.* Myricées (non-compris *Didymeles*). — *c.* Corylées. — *d.* Casuarinées (6, pp. 86—87 et 95; 9, p. 25; 17, pp. 14—15; 18, p. 160; 19, pp. 27, 140, 156 et 168). — *e.* Bétulées.

! 77. Urticacées (*Urticales* ENGL., y-compris les *Ulmacées*, *Celtidées*, *Moracées* et *Cannabinées*), desc. de 74 (*Rhoïdées*) à côté de 75, 76, *Juglandées*, *Juliania* etc.; voir 6, p. 94; 19, pp. 165—171 et 184.

XV. Protéines BARTL. 1830, desc. de 1a à côté de 1b et XI—XIV.

78. Protéacées (13 pp. 41—43; 17, p. 12; 19, p. 139).

XVI. Rosales LINDL. emend. (13, pp. 5—12, 60—65, 79—87; 19, pp. 181 et 205).

79. Rosacées (13, pp. 9—11, 79—83, 86; 19, pp. 67, 84—85, 112, 116, 138—139, 205; 21, p. 225 note). A exclure les *Neuradées* (19, pp. 86—87); par contre à ajouter les *Crossosomatacées*! *Glossopetalum*! *Neumannia*! *Gerrardina*? *Gumillea*? *Lyonothamnus*! (voir ci-dessus pp. 160—162), les *Surianées* (y-compris *Rigiostachys*)? *Dichotomanthes*! (8, pp. 11—19; 13, pp. 8—9), *Plagiospermum* = *Prinsepia sinensis* HALLIER f.! (8, pp. 14—19; 13, pp. 5—7; 19, p. 85), *Corynocarpus*! (19, p. 18). A déduire de 1a par l'intermédiaire de *Crossosoma* près de 1c (*Paeonia*), 3 et XVIII, dans le domaine floral du Pacifique (voir ci-dessus pp. 160—163).

80. Brunelliacées, desc. de 79 à côté de 81 (13, pp. 60—62).

81. Cunoniacées (y-compris *Bauera*; 19, pp. 15, 59—60 et



205), desc. de 79 (13, pp. 60—62). Au n° 19, pp. 15, 60—61 et 182, j'ai transporté également *Eucryphia* dans cette famille, mais il s'en distingue par la forme des sépales, style et stigmate, par une préfloraison contournée des pétales, des ovules épitropes comme il semble et un exocarpe qui se détache de l'endocarpe comme chez les genres de *Guttifères Caraïpa* et *Bonnetia*. Il paraît donc plus voisin des *Guttifères*, comme de même *Medusagyne*.

! 82. Staphyléacées, desc. de 79 à côté de 80, 81 et des *Spirées* (5, p. 201, note 2; 19, pp. 19, 24, 71—77, 182).

83. Saxifragacées, non-compris *Parnassia* (19, p. 16), *Polyosma* (19, p. 45) et *Bauera* (19, pp. 59—60 et 205). — a. Escalloniées, y-compris les *Breviées!* *Thomassetia!* = *Brevia* (13, p. 73), *Strasburgera!* (d'après GILG et 19, pp. 15 et 180), *Donatia!* (19, p. 58), les *Tétramélées!* (19, pp. 39—40), *Corokia?* (19, pp. 25 et 47), *Berberis virgata* W. B. SCOTT! (22, p. 27); non-compris *Perrottetia*; desc. de 79 près de *Crossosoma* et *Glossopetalum*, par l'intermédiaire de *Tetracarpaea*, dans le domaine du Pacifique (13, pp. 64—65). — b. Grosulariées, desc. de a près d'*Escallonia*, dans l'Amérique du S. Ouest (19, pp. 36 et 181). — c. Saxifragées (y-compris les *Francoées!*), à déduire de b par l'intermédiaire de *Bergenia* et *Francoa* ou de a à côté de b (19, pp. 83 et 181). — d. Philadelphées (y-compris *Pterostemon!* *Columellia!* *Desfontainea!* 19, p. 182; 22, pp. 27—30), desc. de a (19, pp. 83 et 182). — e. Hydrangées (non-compris *Alzatea!*), desc. de d (19, pp. 83 et 182).

? 84. Bruniacées, apparentées à 81 et 83? Mais voir aussi 21, p. 224, note 1.

? 85. Stackhousiacées, desc. de 83 a? Mais voir aussi 13, pp. 30—31; 19, pp. 19, 136 et 190.

XVII. **Rhamnales** (19, p. 185), desc. de 79? ou 83?

86. Rhamnacées (13, pp. 83—84; 19, pp. 24, 62, 73, 116, 118, 185).

87. Ampélidacées (2, pp. 305—317; 19, p. 185; 22, p. 18).

++++. Ochnigènes (19, p. 115).

XVIII. **Guttales** LINDL. 1833; HALLIER f., 19, p. 186 (non-compris les *Cyrrillacées*, *Cochlospermacées*, *Bixacées*). *Cistiflores* EICHL.; HALLIER f. 19, p. 19.

88. Ochnacées (dans le sens de GILG, et non dans celui de VAN

TIEGHEM), desc. de 3 ou de 1 près de 3 et 1*d* (19, pp. 19 et 111; 21, p. 225 note; 23, p. 108).

? 89. Elatinacées, desc. des *Sauvagésiées* (88)? (23, p. 109).

! 90. Linacées, desc. de 88 (19, pp. 15 et 190; 21, p. 218, note 1; 23, pp. 108—110). A exclure *Sarcotheca* (22, pp. 1—2); par contre font partie de cette famille les *Humiriacées*, *Erythroxyllacées*, *Asteropeia*, *Ancistrocladus*, et, comme proches parents du genre d'*Erythroxyllées* *Nectaropetalum*, *Peglera* BOLUS et les *Irvingiées* (23, p. 109); puis peut-être les *Argophyllées* (19, pp. 25 et 47) et *Monotes*.

? 91. Callitrichacées, issues par réduction de 90?

92. Quinacées, desc. de 90.

? 93. Octoknémacées VAN TIEGHEM 1905; apparentées à 90? (23, p. 109).

! 94. Célastracées (13, p. 96; 19, pp. 65—67; 23, p. 109). A exclure *Glossopetalum* (voir ci-dessus n° 79), *Alzatea* (22, pp. 30—33), *Llavea* (19, p. 34), *Plagiospermum* (8, pp. 14—19; 13, pp. 5—7; 19, p. 85); appartiennent par contre à cette famille *Scortechinia*? et *Ctenolophon* (23, p. 109), *Centroplacus* (22, pp. 3—4), *Flueggea serrata* MIQ. (22, pp. 7—8), *Siphonodon* (19, pp. 83—84 et 185), *Perrottetia* et *Dipentodon* DUNN! et les *Hippocratéacées* (23, p. 109). A déduire des *Ixonanthées* (90) par *Microtropis* et *Ctenolophon*.

! 95. Aquifoliacées (non-compris *Phelline*?), desc. de 94 ou de 90 à côté de 94 et 98.

? 96. Rhopalocarpacées HEMSL., apparentées à 90 et 97?

! 97. Chlénacées, desc. de 90 à côté de 100.

! 98. Symplocacées, desc. de 90 à côté d'*Ancistrocladus* et de 100 (6 p. 40; 13 pp. 72—73; 19 pp. 15, 52, 68—70, 116 et 187).

! 99. Pentaphylacacées (13, pp. 76—77), desc. de 90 à côté de 100 et des *Erythroxyllées*. Fort ressemblantes par le port et l'inflorescence à *Eurya* (100), mais plus à 90 par la structure anatomique, surtout l'existence du cristarque et de cellules mucilagineuses ainsi que par l'absence de fibres spiculaires dans le mésophylle.

100. Ternstroemiacées, desc. de 90 (*Ixonanthées*) à côté de 97—99 et 101—103. A exclure les *Rhizobolées*, *Marcgraviées*, *Sauraujées* (19, pp. 51, 187 et 203), *Bonnétiées* (13, p. 50), *Asteropeia* (19, pp. 187 et 190; 23, pp. 107—108), *Tremanthera* (21, p. 221, note 2; 22, pp. 34—35), *Pelliceria* et *Tetramerista* (19, p. 187; 22, p. 35), *Pentaphylax* et *Stachyurus*.

101. Marcgraviacées (y-compris *Tetramerista* et *Pelliceria*? 13, pp. 77—78; 19, pp. 25, 187 et 206), desc. des *Ternstroemiées* (100)? près de *Adinandra* (13, pp. 74—75).

102. Guttifères, non-compris *Psiloxylum*; y-compris les *Hypéricacées*, *Bonnétiées* (13, pp. 50 et 71), *Leuconotis tenuifolia* ENGL. (5, pp. 169 et 175); desc. de 90 (*Ixonanthées*) à côté de 97 et 100.

103. Eucryphiacées, desc. de 90? à côté de 102 et 97. *Medusagyne* aussi est sans doute un proche parent de 102 et 103 (19, pp. 15, 61—62).

? 104. Cistacées. Leur place dans le système est encore fort incertaine. En dehors de 102 on peut encore citer comme proches parents possibles 3 et 5, 59, 63 et 65, mais en aucune façon les *Bixacées* et *Cochlospermacées*, qui appartiennent à 56.

105. Tamaricacées (y-compris les *Réaumurées*; non-compris *Fouquiera*), desc. de 90? près de 102. Mais voir aussi 6, pp. 81—82 et 100; 13, pp. 43 et 49; 19, pp. 37, 110 note 1 et 191.

106. Frankéniacées (6, pp. 78—82 et 100; 13, pp. 43 et 49; 19, p. 37); apparentées à 105.

107. Fouquiéracées (6, p. 82; 19, p. 110 note 1; 22, pp. 19—20), apparentées à 105 et 102. *F. splendens* a des sépales à nervures en éventail, comme chez 88, 90 (p. ex. *Durandea* et *Philbornea*), 119 (*Alsodeia ilicifolia* WELW.) et 160. Mais il s'écarte de 159 et 160 par son port, la forme et la préfloraison imbriquée des lobes corollins charnus, comme chez *Reaumura*, les ovules encore bitegminés et la forme des cloisons dans la capsule loculicide, qui ne sont soudés entr'eux qu'à la base et au sommet, mais laissent entr'eux un espace ouvert au milieu et se détachent du milieu des valves comme chez *Reaumura*. Les anthères de *F. formosa* ont un grand connectif en forme de plaque, comme beaucoup d'autres *Guttiales*, p. ex. 90 (*Humiriées*), 92, 97, 102 (plusieurs *Kielmeyerées*) et 103 (ici il est petit). Les épines de *F. splendens* paraissent être des coussinets foliaires très allongés, dont le pétiole est séparé par une section très oblique.

XIX. **Passionales** LINDL. 1833 (13, p. 54; 19, pp. 187—188). Ovules encore toujours crassinucellés bitegminés.

108. Flacourtiacées, desc. de 90? (mais voir aussi 19, p. 38). A exclure *Berberidopsis* (12, p. 251; 19, pp. 33, 187 et 199; voir aussi ci-dessus 1d), *Centroplacus* (22, pp. 3—4), *Hoplestigma* (22, pp. 36—39), *Gerrardina*? et *Neumannia* (voir ci-dessus p. 161 et n° 79),

*Physena*, *Peridiscus*, *Psiloxylum* et *Plagiopterum* (19, pp. 34—36), *Rhopalocarpus* (19, p. 189), *Solmsia*, *Microsemma* et *Octolepis* (19, pp. 17, 62 et 186) et aussi *Marquesia* GILG par sa structure anatomique différente. Par contre font partie de cette famille *Lacistema* (16, p. 89 note 1; 19, p. 33), *Llavea* (19, pp. 34 et 187), *Cyclostemon mucronatus* KOORDERS (22, p. 6) et *Dichapetalum spicatum* ELMER (22, p. 3). C'est à bon droit que dans ENGLER PRANTL, Nat. Pfl. Nachtr. (1897), p. 247, et dans DE DALLA TORRE et HARMS, Gen. Siph., p. 331, les *Stachyuracées* aussi sont rattachées à cette famille et on pourrait peut-être placer *Stachyurus* dans la tribu des *Erythrospermées*. *Bembicia* appartient aux *Homaliées* comme apparentée aux espèces madagascairiennes d'*Homalium* à grandes bractées (p. ex. *H. Hildebrandtii* BAILL. dans ENGL. PRANTL, Nat. Pfl., III, 6a, fig. 14 A): dans ce dernier genre aussi l'ovaire est déjà un peu enfoncé dans l'axe de la fleur. *Bennettia* appartient aux *Idésiées* (22, p. 4), *Ophiobotrys* GILG à *Osmelia* THWAIT. (22, p. 3).

! 109. Euphorbiacées, desc. de 108 près des *Pangiées* et *Idésiées* (2, p. 327; 21, p. 218, note 3; 22, p. 5), pas apparenté à X. A exclure les *Buxacées*, *Daphniphyllum*, *Mallotus campanulatus* KOORDERS ex p. et *Croton curtiflorus* ELMER (appartenant tous les quatre à 42), *Cyclostemon mucronatus* KOORDERS (voir n° 108), *Elateriospermum Tokbray* KOORDERS, *Antidesma littorale* BL., *Flueggea serrata* MIQ. et *Aspidandra* HASSK. (22, pp. 6—11). Par contre à ajouter *Lophopyxis* HOOK. f., *Ryparia dubia* BL. et *Tetragyne* MIQ. = *Microdesmis* (22 pp. 9—12). *Sphyrantha* HOOK. f. et *Chondrostylis* BOERL. doivent être placées sans doute dans le voisinage de *Mareya* BAILL. (19, p. 16 note 1).

! 110. Salicacées, desc. de 108 près des *Homaliées*, *Idésiées* et *Casériées* (19, pp. 31—34 et 188; 22, pp. 4—5).

111. Passifloracées, desc. de 108 (*Paropsiées*); 19, pp. 36 et 188.

112. Turnéracées, desc. de 111 (19, pp. 36 et 188).

113. Malesherbiacées, desc. de 111 à côté de 112 (19, pp. 36 et 188).

114. Papayacées (y-compris *Pileus* RAMIREZ), issues de 111 près de *Adenia*, en Afrique? (19, pp. 121—123 et 188).

115. Achariacées, issues de 111 près de 114 et *Adenia* (19, pp. 123—124 et 188).

XX. Péponifères BARTL. 1830, desc. de 111 près de 114 et 115



(19, pp. 123—125 et 188). Ovules encore toujours crassinucellés bitegminés.

116. Cucurbitacées (19, p. 52; y-compris *Polyclathra* = *An-guria*? 19, p. 125).

! 117. Bégoniacées (19, p. 125).

! 118. Datisacées (19, p. 125—126; non-compris les *Tétramé-lées*, voir sous 83a).

XXI. **Polygalines** (19, p. 188; 23, p. 109. — *Trigoniales* HALLIER f., 6, p. 31; 13, p. 54; 19, p. 17), desc. de 90.

! 119. Violacées, desc. de 90? Voir cependant aussi 19, p. 36.

? 120. Onagracées (y-compris *Trapa*), apparentées à 121? Voir ci-dessus pp. 169—170.

121. Vochysiacées (13, pp. 16—20; 21, p. 219 note).

122. Trigoniacées (13, pp. 16—19).

123. Dichapétalacées, apparentées à 122 (13, pp. 16—20).

124. Malpighiacées, apparentées à 125 et à *Trigoniastrum* (122).

125. Polygalacées, y-compris les *Xanthophyllacées* GAGNEPAIN 1909 et les *Diclidanthéracées* GILG! 1908 (13, p. 70). Les deux espèces de *Diclidanthera* ont les petites stipules épineuses si fréquentes chez 125; d'après SOLEREDER, Syst. Anat. Dicot. (1899), p. 587, *D. laurifolia* a en outre un cristarque, caractéristique aussi pour 88, 90, 93 et les *Rhaptopétalées* (151) (23, p. 109).

? 126. Kraméracées CHODAT 1890, apparentées à 125? N'appartiennent pas à 67.

127. Trémadracées, apparentées à 125 (19, p. 60).

? 128. Salvadoracées (19, p. 52), apparentées à 125? (13, pp. 65—68; 18, p. 159).

XXII. **Daphnales** LINDL. 1833 (non-compris les *Geissolomacées*, ci-dessus sous 42).

129. Thyméléacées (y-compris les *Gonystylacées*), semblables jusqu'à un certain point, par la structure anatomique, à 120, 121 et XXIII, donc issues probablement de 90, dans le domaine du sud du Pacifique, à côté de 94, 121 et 133. Depuis que GILG, dans ENGLER, Jahrb. XXVIII, 1 (1899), p. 140, a montré qu' *Octolepis* présente à l'extrémité inférieure de la graine le même appendice subéreux qu' *Aquilaria*, et appartient par conséquent sans aucun doute à 129, *Gonystylus*, *Microsemma* et *Solmsia* aussi doivent être rangés dans cette famille, car, d'après SOLEREDER, Syst. Anat. Dicot. (1899), p. 812

„schliessen sich *Octolepis* und *Gonystylus* zwar durch die Beschaffenheit ihres Bastes, die noch oberflächliche Korkentwicklung, das Vorkommen von einfachen einzelligen Haaren und den Mangel von Drüsenhaaren an die *Th. an*”, mais d'autre part toutes deux s'écartent de la même façon des autres membres de cette famille par un caractère négatif et un caractère positif, savoir l'absence du phloème intralignaire et la présence de cellules mucifères dans les tissus parenchymateux de la feuille et de la tige; chez *Gonystylus* il vient s'ajouter encore à cela la possession de lacunes sécrétoires (voir 138!). Comme *Gonystylus* présente aussi l'écorce réticulée des rameaux, dont il a été question ci-dessus sous 46 et 56, mais sous la forme moins nette, caractéristique pour 129 (p. ex. les espèces de *Phalera*), la famille des *Gonystylacées*, que j'ai étendue à quatre genres (19, pp. 17, 62 et 186), ne peut plus être séparée de 129 et doit être considérée comme le point de départ phylogénétique de cette dernière famille (21, p. 221, note 1). Comme le réseau de l'écorce de *Gonystylus* et *Phalera* est plus grossier et plus irrégulier que chez 33, *Cordia* (46) et X, on ne doit pas encore considérer cela comme une preuve de parenté de 129 avec les *Anonophyles*. Les analogies de 129 avec 56 sont compensées par au moins autant de divergences.

130. Pénéacées, desc. de 129?

131. Oliniacées, desc. de 129?

132. Eléagnacées, desc. de 129?

XXIII. **Myrtines** BARTL. 1830, non-compris les *Thyméléines* (XXII), *Geissoloma* (42), les *Protéacées* (78), *Onagracées* (120), *Halorrhagidacées* (10), *Cynomorium* (32), *Alangiées* (152) et *Nyssacées* (44).

\* COLLATÉRALES. — Phloème intralignaire encore manquant; ovules déjà ténuinucellés; embryon souvent macropode.

133. Rhizophoracées (13, pp. 45, 84—85, 93—94, 96; 14, p. 313; 19, pp. 19 et 186; non-compris les *Anisophyllées*), desc. de 90 à côté de 94, 120, 121 et 129.

! 134. Caryocaracées, apparentées à 133 et 135 (13, p. 75; 17, p. 12; 19, p. 186).

135. Lécythidacées (y-compris les *Anisophyllées*? 13, pp. 84—85 et ci-dessus p. 169).

\*\* BICOLLATÉRALES. — Phloème intralignaire présent; ovules encore crassinucellés; embryon rarement macropode. Desc. de 135. Dans cette dernière famille aussi on pourrait donc trouver encore des ovules crassinucellés.

136. Combrétacées (y-compris *Strephonema* Hook.f. d'après ENGLER dans ENGL. PRANTL, Nachtrag 1897, p. 263, ENGLER et DIELS, Monogr. afr. Pfl., IV, 1899, pp. 1—2), desc. de 135; comp. p. ex. la forme et la disposition des feuilles, l'inflorescence et le fruit de *Terminalia Catappa* et *Barringtonia* (13, p. 94). D'après KOEHNE, dans *Verh. Bot. Ver. Brandenburg*, XXII, p. 65, et ENGLER PRANTL, III, 7, p. 130, *Strephonema* a des poils „gabeltheilig” (à deux branches), comme *Conocarpus* d'après SOLEREDER, Syst. Anat. (1899), pp. 389 et 391, fig. 76 C.

137. Lythracées, desc. de 135 (13, pp. 93 et 96: arbre généalogique des *Myrtines*). Malgré la contestation de KOEHNE, *Rhyncho-calyx*, *Crypteronia*, *Alzatea*, *Duabanga*, *Sonneratia* et *Punica* appartiennent aussi à cette famille (13, pp. 88—92<sup>1)</sup>; 19, p. 105; 22, pp. 30—33). *Xenodendrum* LAUTERB. et K. SCHUM. (ENGL. PRANTL., Nachtrag III, 1908, p. 239, fig. 33) est caractérisé par des étamines palmées, rappelant donc *Callistemon*, *Hypericum*, *Symplocos*, *Camellia*, *Rosa*, *Philadelphus*, les *Malvacées* (58), les *Loasacées* (47), les staminodes de *Parnassia* (14), les *Cycadeoïdea* et les *Ptéridospermes*.

138. Myrtacées, desc. de 137 (13, pp. 94—96). A cette famille appartiennent aussi *Heteropyxis* (13, pp. 89—90) et *Psiloxylum*, qui d'après VAN TIEGHEM a un phloème intralignaie.

139. Mélastomacées, desc. des *Leptospermées* (138); voir 13, pp. 95—96.

XXIV. **Bicornes** L. 1787; HALLIER f., 19, pp. 15, 20, 51 et 192 (*Ericales* LINDL. 1833; ENGLER; HALLIER f., 13, p. 78). A exclure les *Lennoacées* (voir ci-dessus n°. 46).

140. Cléthracées. — *a.* Sauraujées (*Actinidia*, *Saurauja* et *Clematoclethra*; 19, pp. 15, 20, 51 et 192), desc. de 88, près de 147 (6, pp. 82—85; 13, p. 52; 19, pp. 15, 51 et 112). A *Saurauja* appartient aussi *Tremanthera* F. v. MUELL. (21, p. 221, note 2; 22, pp. 34—35). — *b.* Cléthrées, desc. de *a* (19, p. 192). — *c.* Roridulées DRUDE (*Roridula* et *Byblis*; 13, pp. 53—54; 17, pp. 8—9; 18, p. 160; 19, pp. 51, note 1, et 192).

141. Pirolacées.

142. Ericacées (y-compris les *Vacciniacées*), desc. de 140.

<sup>1)</sup> A la page 92, ligne 9 du n°. 13, lire „Keimblätter” au lieu de „Kelchblätter”.

! 143. Cyrillacées (13, p. 79; 19, pp. 64—65), desc. de 142 ou bien une tribu de cette famille.

! 144. Empétracées, descendants ou tribu de 142 (17, p. 12; 19, pp. 17 et 192).

145. Epacridacées.

146. Diapensiacées.

XXV. **Primulines** BRONGN. (non-compris les *Plombaginacées*; 6, pp. 78—81; 19, p. 52; ci-dessus p. 171 et n° 25).

147. Théophrastacées, desc. de 88 près de 140 (6, pp. 83—85).

148. Myrsinacées, desc. de 147 ou de 88 à côté de 147 (2, p. 330). Y appartiennent aussi: *Gordonia excelsa* J. SCHUSTER ex. p. = *Rapanea avenis* MEZ, *Dartus* LOUR. = *Maesa*, *Solanum ardisioides* BL. = *Tetrardisia denticulata* MEZ (22, pp. 33—34).

149. Primulacées, desc. de 148 par les *Cyclaminées* (6, p. 82; 18, p. 159; 19, p. 192).

XXVI. **Santalales** LINDL. 1833; *Ebénales* ENGLER, non-compris les *Sapotacées* (157), *Symplocacées* (98), *Hoplostigmatacées* GILG (46), *Diclidanthéracées* GILG (125). A exclure aussi les *Gnétacées* (19, p. 27; voir aussi ci-dessus *B a 6*) et les *Grubbiacées* (19, p. 46; ci-dessus n° 44).

! 150. Ebénacées (non-compris *Brachynema*), desc. de 90 à côté de 151? (6, p. 36; 19, pp. 52, 68 et 193).

151. Olacacées, non-compris *Ctenolophon* (23, p. 109; ci-dessus n° 94), *Diclidanthera* (125) et *Lophopyxis* (109). A 151 appartiennent aussi les *Rhaptopétalacées*, *Brachynema*, *Plagiopterum* (?), *Metteniusa*, les *Icacinacées*, les *Opiliacées* et *Champereia* (17, p. 10; 18, p. 160; 19, pp. 68 et 193; 23, p. 109); peut-être aussi *Phelline*. Une partie des *Rhaptopétalées* ressemble à 88, 90, 93 et *Diclidanthera* (125) par la possession d'un cristarque; c'est par l'intermédiaire de cette tribu que la famille 151 paraît être issue de 90, à côté de 150 et des *Humiriées*. Comme la théine existe, à ce qu'il paraît, dans toute une série de descendants des *Linacées*, notamment chez 95, 98, 100, 151 (*Villaresia*) et 174 (*Coffea*), on peut peut-être s'attendre à la trouver aussi chez 90, surtout chez les *Ixonanthées*.

! 152. Alangiacées (13, p. 44; 17, p. 10; 18, p. 160 n° 101; 21, p. 221 note 1; 22, pp. 12 et 37), desc. des *Rhaptopétalées* (151). Dans le genre *Brazzeia* des *Rhaptopétalées* aussi, l'ovaire est déjà un peu enfoncé dans l'axe de la fleur, ce qui a conduit chez 152 à une hypogynie complète. A 152 appartiennent *Alangium* (y-compris *Tetrameles*



*rufinervis* MIQ., 22, p. 13), *Polyosma* (y-compris *Antidesma littorale* BL., 22, p. 7), les *Lissocarpacées* GILG (19, pp. 45—46) et peut-être aussi *Mastixia* (19, pp. 49—50; y-compris *Elateriospermum Tokbray* KOORDERS, 22, p. 6).

! 153. *Styracacées*, non-compris *Symplocos* (98), *Diclidanthera* (125) et *Lissocarpa* (152); desc. à côté de 152 des *Rhaptopétalées* (151). Voir 2, p. 330; 19, pp. 43, 52, 68, 70—71 et 193; 22, p. 39.

154. *Santalacées*, desc. de 151.

155. *Myzodendracées*, descendants ou une tribu seulement de 154.

156. *Loranthacées*, desc. de 154 ou de 151 à côté de 154.

XXVII. **Sapotales**, desc. de 90 à côté de 150 et 160?

! 157. *Sapotacées* (1, p. 486; 6, pp. 5—9; 19, p. 52 et 193).

XXVIII. **Tubiflores** BARTL. 1830, y-compris les *Contortes* L., *Personates* L., *Plantaginales* ENGL.; non-compris les *Salvadoracées* (128), *Desfontainea* et les *Columelliacées* (83d), *Borragininiées* ENGL. (46); desc. de 90 à côté de 150, 151 et 157; voir aussi 6, pp. 41—66 et 100; 19, pp. 52—53; 22, pp. 15—20, 39—40.

! 158. *Pittosporacées*; y-compris *Cheiranthera* (19, p. 120) et *Elaeodendrum undulatum* ZIPP. (22, p. 15); non-compris *Pittosporum bicurium* (19, p. 119); apparentées à 151, 159—161 et 90 (19, pp. 106—110, 116—119).

159. *Polémoniacées*, desc. de 90? à côté de 158 et 160? (22, pp. 19—20; mais voir aussi 6, pp. 108 et 111).

160. *Convolvulacées*, y-compris les *Cuscutées* (1, pp. 539—540, 562, 567-8); non-compris les *Nolanées* (1, p. 561), *Argyreia arborea* LOUR. etc. etc. (HALLIER f. dans *Bull. herb. Boiss.*, VI, 1898, pp. 716—724), *Maripa villosa* SPR. (5, p. 156), *Exogonium velutifolium* HOUSE (22, p. 25); desc. de 90 à côté de 151, 157—159, 161 etc. (6, pp. 5—9, 19—34; 22, pp. 15—20). Les pedicelles sont articulés et les sépales souvent à côtes en éventail (p. ex. chez *Stictocardia tiliifolia*), comme chez les *Hugoniées* (90), 88 et *Alsodeia ilicifolia* (119). Tout l'appareil de fécondation de la fleur est d'ailleurs le même que chez *Hugonia*, *Reinwardtia* et *Linum*. Chez 160—164 il y a du phloème intralignaire.

! 161. *Apocynacées*, y-compris les *Asclépiadacées* et *Maripa villosa* SPR. (5, p. 156; 19, p. 196); desc. de 90 à côté de 151, 158—160 (voir cependant aussi 21, pp. 221 note 1, 222 note 1; 22, pp. 19—20).

! 162. Gentianacées, y-compris *Convolvulus trinervis* THUNB. (19, p. 196); desc. de 161 (19, p. 37; 21, p. 221 note 1).

! 163. Loganiacées, y-compris les *Buddleioïdées*?, non-compris *Desfontainea* (83d) et *Plocosperma* (46); desc. de 161, ou de 90 à côté de 161 et 164 (21, p. 221 note 1; 22, pp. 19—20).

164. Solanacées; y-compris les *Nolanées* (1, p. 561), *Ipomœa Cruckshanksii* CHOISY (1, p. 559), *Boldoa repens* SPR. (19, p. 196), *Oftia* LAM.? (6, p. 52); non-compris *Retzia* (11, p. 197), *Dartus* LOUR. et *Solanum ardisioides* BL. (22, pp. 33—34); desc. de 90? à côté de 166, 158—161, 163 etc. (6, p. 49).

165. Myoporacées, non-compris *Zombiana* (?) et *Oftia*; desc. de 164 par les *Goetzeïnes*? Voir aussi 6, p. 51.

166. Scrophulariacées. A exclure *Zenkerina*, *Brookea*, *Uroskinnera*, *Dermatobotrys*, *Ourisia* ex p. et *Byblis* (11, p. 206), *Rehmannia* ex p. (11, p. 206 et SOLEREDER dans *Ber. Deutsch. bot. Ges.*, XXVII, 1909, pp. 390—404). Par contre font partie de cette famille: *Retzia*, comme proche parent d'*Ixianthes* et *Bowkera* (11, p. 197; 19, p. 62 et 196), *Trapella* parmi les *Gratio'ées*? (19, p. 196), *Tetrachondra* dans le voisinage de *Veronica* sect. *Pygmaea* (11, p. 201), les *Globulariées* comme parents de *Lagotis* parmi les *Digitalées* (11, pp. 201 et 207), les *Plantaginales* ENGL. dans le voisinage des *Sélaginées* et *Manu-lées* (11, pp. 185—186 et 207), les *Lentibulariées* avec *Lemnopsis* ZIPP., mais sans *Byblis*, comme descendants de *Gratiolées* (11, p. 207; 17, p. 15; 22, p. 40); les *Orobanchées* comme parents des *Gérardiées* et des *Rhinanthées* (11, p. 203—207); desc. de 90? à côté de 164 (6, pp. 49—55).

167. Gesnéracées; y-compris *Brookea*, *Uroskinnera*, *Dermatobotrys*, *Ourisia* ex p. (11, p. 206), *Rehmannia* ex p. (11, p. 206 et SOLEREDER l.c. 1909); desc. de *Chélonées* (166). Voir 6, p. 50; 19, p. 196.

! 168. Oléacées, desc. de *Chélonées* (166) à côté de 169. Voir 17, p. 15; 19, pp. 51, 53 et 196, mais aussi 21, p. 221 note 1.

169. Bignoniacées, desc. de *Chélonées* (166) à côté de 168. Voir aussi 6, pp. 41—66.

170. Pédaliacées; y-compris les *Martyniacées*; non-compris *Trapella* (166); desc. de *Chélonées* (166) à côté de 169. Voir 6, pp. 45—46.

171. Acanthacées; y-compris *Zenkerina* (11, pp. 201-2 et 207) et *Exogonium velutifolium* HOUSE (22, p. 25), desc. de *Chélonées* (166) à côté de 168—170 et 172. Voir 6, pp. 46—47.

172. Verbénacées; y-compris *Phryma*? (6, p. 48); non-compris *Guapira* (voir ci-dessus n°. 26); desc. de *Chélonées* (166) à côté de 168—171. Voir 6, pp. 47—48.

173. Labiées (*Verticillées* L., pas ENGLER), desc. de 172 (6, p. 47).

XXIX. **Rubiacines** BARTL. 1830 (*Aggrégées* L.; HALLIER f., 19, p. 198); 13, pp. 44—45.

174. Rubiacées; y-compris *Votomita* AUBL. et *Lepipogon* BERTOL. (19, pp. 125 et 194); non-compris *Carlemannia* et *Silvianthus* (d'après SOLEREDER); desc. de *Buddleiées* (163). Voir 9, p. 12; 21, p. 221 note 1; 22, pp. 19—20.

175. Caprifoliacées (19, p. 53), desc. de *Buddleiées* à côté de 174 (21, p. 221 note 1). A ajouter *Sambucus*, *Adoxa* et *Viburnum*, *Carlemannia* et *Silvianthus*! Ces cinq genres présentent les poils glanduleux caractéristiques de la famille, et les deux derniers les ont semblables à ceux de *Diervilla*. Les trois premiers sont apparentés par les deux derniers à *Diervilla* et *Leycesteria*. *Adoxa* n'est à vrai dire qu'un *Sambucus* réduit (19, p. 56); d'après SOLEREDER, Syst. Anat. Dikot. Ergänz. (1908), p. 173, il a un tissu palissadique digité, comme *Sambucus* et *Viburnum*, un endoderme à taches de CASPARY et, dans des échantillons conservés dans l'alcool, des sphérites comme *Valeriana*. Probablement pas proches parents de 44.

176. Valérianacées, desc. de 175 (19, pp. 53 et 198). D'après la corolle longue et gibbeuse ou même éperonnée et l'ovaire réduit à deux carpelles stériles et un fertile la famille est sans doute issue plus près de *Viburnum* que de *Sambucus*. Les glandes du pétiole de *V. Opulus* peuvent sans doute être considérées comme des folioles réduites. D'après WEHMER, Die Pflanzenstoffe (1911), pp. 744—745, DANJOU a trouvé de l'acide valérianique dans quatre espèces de *Viburnum*; et moi-même j'ai pu constater une forte odeur de valériane chez les exemplaires de *V. sambucinum* REINW. et *V. lutescens* BL. recueillis par ELBERT dans l'archipel malais. Il est vrai que d'après une ancienne étude de KRÄMER il y aurait chez *Sambucus* aussi de l'acide valérianique; puis des anastomoses des faisceaux libéroligneux en forme de ceinture n'ont été trouvés que dans la tige de *Sambucus* et de 177 et des canaux sécrétoires dans le péricycle n'ont été constatés dans cet ordre que chez *Sambucus* et *Dipsacus*, de sorte que l'on ne saurait encore décider d'une façon certaine s'il faut voir dans *Sambucus* ou *Viburnum* les ancêtres de 176 et 177.

177. Dipsacacées, desc. de 176 (19, pp. 53 et 198). Mais pour confirmer encore davantage cette descendance il serait désirable d'examiner aussi 176 au point de vue de la présence de dipsacotine.

### β. Monocotylédones.

Le système de cette classe, petite et relativement facile à embrasser d'un coup d'oeil, a été examiné beaucoup moins que celui des *Dicotylédones*, au point de vue de la tendance moderne, universelle, de la systématique, qui ne considère pas seulement la morphologie des organes de reproduction, mais aussi les résultats de la morphologie des organes de végétation, de l'anatomie, phytochimie et ontogénie comparées, de la physiologie, de l'écologie, de la phytogéographie, de la paléophytologie, etc. Les *Amaryllidacées* p. ex. ne constituent pas encore une famille naturelle dans les systèmes les plus récents, mais un agglomérat d'au moins quatre constituants, qui ne tient ensemble qu'artificiellement, par un seul caractère d'origine polyphylétique, savoir l'épigynie <sup>1)</sup>. Ces constituants sont les *Amaryllidoïdées* d'ENGLER, à déduire des *Altioidées*, les *Alstramérées* dérivées des *Uvulariées* et les *Agavoidées* descendant d'*Asphodéloïdées* du type de *Phormium*; enfin le groupe des *Hypoxidées*, *Conantherées* et *Conostylidées* appartenant aux *Hémodoracées*, qui à côté des *Iridacées* et *Velloziacées* descendent également d'*Asphodéloïdées*. Mais où doivent être placées les *Campynématoïdées* d'ENGLER, c'est là un point que je n'ai pas encore élucidé. Le système des *Liliacées* aussi laisse encore beaucoup à désirer et de même la délimitation et l'arrangement des ordres des *Monocotylédones* sont encore loin d'être parfait.

Comme point de départ phylétique de cette classe de plantes je ne considère plus, comme je l'ai déjà exposé brièvement en 1908, les *Hélobiées* à rosettes basales de feuilles et à graines sans albumen, comme p. ex. *Butomus*, *Alisma* et *Sagittaria* (6, pp. 97—100; 9, pp. 97—98; 14, pp. 307 et 317; 16, pp. 86—87 et 91; 18, pp. 154 et 162), mais des plantes ligneuses à internoeuds encore allongés et à feuilles encore penninervées, ayant à peu près le port du genre chilien *Philesia*, qui ressemble à un *Berberis* et appartient aux *Luzuriagées*. C'est en passant par de pareilles *Liliacées*, du type de *Philesia*, mais qui avaient encore des

<sup>1)</sup> Voir aussi BAILLON, Hist. pl. XII (1894) p. 479, XIII (1895) pp. 32—33; LOTSY, Bot. Stammesgesch. III, 1 (1911) pp. 801—814.



fruits capsulaires, comme les *Stémonées*, *Uvulariées*, *Alstroemérées* etc., apparentées aux *Luzuriagées*, que les *Monocotylédones* paraissent être issues de *Berberidacées* voisines des *Lardizabalées* (16), dans la zone florale du sud du Pacifique, laquelle semble avoir été le berceau des *Angiospermes* en général (19, pp. 198—199<sup>1)</sup>; 20, p. 187). Mais par là toute la théorie de HENSLOW, d'après laquelle toute la classe des *Monocotylédones* serait résultée d'une adaptation à la vie aquatique (*Ann. of Bot.*, 1911, pp. 714—744), deviendrait insoutenable. Car les *Luzuriagées*, comme beaucoup d'*Asparagées* et de *Smilacées*, sont des xérophytes bien prononcés et les réservoirs d'eau des plantes à bulbes et des *Ophrydées* calcicoles servent évidemment à permettre à la plante de traverser des périodes de sécheresse. Mais les véritables plantes aquatiques parmi les *Hélobiées* sont, tout comme celles parmi les *Ranales*, des formes plus avancées et poussées dans une seule direction de développement, qui auraient pu difficilement donner de nouveau naissance à des plantes terrestres, surtout à des plantes de la dimension des palmiers, *Pandana-cées*, et de certaines espèces de *Dracaena*, *Agave*, *Aloë* et *Ve'llozia*. Dans la forme du cotylédon le genre chilien de *Dioscoracées* *Epipetrum* p. ex. représente un type beaucoup plus primitif qu'une quelconque des *Hélobiées*. Par les follicules de *Scheuchzera* et de *Butomus* les *Hélobiées* se rapprochent des *Tofieldiées*, *Vératrées* et *Colchicées*, et les *Joncagi-nées* se rapprochent des *Tofieldiées* aussi par le port. Il semble donc presque que l'apocarpie, qui caractérise la plupart des *Hélobiées*, ne provienne que secondairement, par l'adaptation à la vie aquatique, de la syncarpie des *Mélanthioïdées* ou *Asphodéloïdées*.

### XXX. Liliiflores AGARDH 1823.

178. Liliacées (y-compris les *Stémonacées*). Le calice de *Stemona* ressemble tellement à celui d'*Uvularia* et le port, le calice et l'androcée de certaines espèces de *Stemona* rappellent si fort ceux des *Paridées*, qu'on ne saurait conserver les *Stémonacées* comme une famille à part (voir aussi LOTSY, *Stammesgesch.* III, 1, pp. 792—3). Il semble que le développement phylétique des *Liliacées* se soit produit à peu près de la façon suivante. Les formes primitives, du type de *Philesia*, mais encore à fruits capsulaires, ont donné naissance aux *Luzuriagées*, *Uvulariées* et *Stémonées*; des *Luzuriagées* sont issues, près de *Lapagera*, les *Smila-*

<sup>1)</sup> A la page 199 une erreur d'impression a fait passer le mot „*Berberidopsis*” du commencement de la huitième ligne à la neuvième.

ées, près des *Stémonées* les *Asparagoïdées*, des *Uvulariées*, près de *Gloriosa*, les *Lilioïdées* et *Alstroeméracées*, et peut-être aussi les *Asphodéloïdées* et *Dracénoïdées*, des *Lilioïdées* les *Allioïdées*. Les *Tofieldiées* et *Vératrées* paraissent être des embranchements des *Asphodéloïdées*, tandis qu'à plus d'un point de vue les *Colchicées* se rapprochent des *Lilioïdées*. *Herrera*, *Aletris* et les *Ophiopogonées* semblent être voisines des *Dracénées*. Aux *Ophiopogonées* appartient peut-être aussi *Cyanastrum*, qu'ENGLER a promu au rang de représentant d'une famille propre.

! 179. *Alstroeméracées*, desc. de 178 (*Uvulariées*?).

180. *Amaryllidacées* (non-compris les *Agavoïdées*, *Hypoxidées* et *Campygnématoïdées*); d'après l'organisation végétative (bulbe, rosette de feuilles), l'inflorescence, la spathe, la graine et la structure anatomique elles descendent de 178 (*Allioïdées*). La paracorolle des *Narcissées* correspond aux stipules staminales des espèces d'*Allium* et d'*Ornithogalum nutans*, ainsi qu'aux gaines filamenteuses d'*Asphodelus*. Voir aussi J. MENZ dans ENGLER, *Jahrb.* XLV (1911) Litt. p. 32—33.

! XXXI. *Artorrhizées* ENDL.

! 181. *Dioscoréacées*, non-compris *Dioscorea spiculata* Bl. (22, p. 41). Desc. de 178 près des *Aspidistrées*, *Stémonées*, *Luzuriagées* et *Smilacées*.

! 182. *Taccacées*, desc. de 178 près de 181 (20, p. 187; Lotsy, *Stammesgesch.* III, 1, p. 827).

! 183. *Burmanniacées* (non-compris *Corsia*), apparentées à 181 et 182. Voir TREUB, d'après WENT dans *Ann. jard. bot. Buitenz.*, XXIV, 1911, p. IX; 19, p. 199; 20, p. 187.

! XXXII. *Ensatées* BARTL. 1830 (y-compris les *Scitaminées* et *Gynandres*), desc. de 178 (*Asphodéloïdées*).

! 184. *Agavacées*, desc. de 178 près de *Phormium*; pas apparentées à 179 ni 180.

! 185. *Broméliacées*, desc. de 178 (*Asphodéloïdées*) près de *Dasygogon* et les *Lomandrées*.

! 186. *Hémodoracées* (y-compris les *Hypoxidées*, *Conantherées*, *Conostylidées*, et probablement aussi *Gethyllis* et *Apodolirion*), desc. de 178 (*Hémérocallidées*) à côté de 187—190.

! 187. *Velloziacées*, apparentées à 186, 188 et 189.

! 188. *Iridacées*, desc. de 178 près de 186, 187, 189, 190, *Hemerocallis* et *Phormium*.

! 189. Scitaminiées BARTL. 1830 (*Scitamina* L.), y-compris *Nyctophylax* ZIPP. (22, p. 41). Desc. des *Asphodéloïdées-Hémérocallidées* à côté de 184, 186—188, 190 et *Phormium*, mais apparentées le plus près à 188 et 190. Les rhizomes de *Curcuma*, *Zingiber*, etc., annelés par des cicatrices foliaires, ressemblent à celui d'*Iris*. En outre, *Curcuma*, *Roscoea*, *Globba heterobracteata*, *Gagnepainia* etc. ont des racines charnues fusiformes, semblables à celles d'*Asphodelus* et *Phormium*, auxquelles correspondent également celles des *Ophrydées*. Chez plusieurs *Marantacées* l'inflorescence est encore peu touffue et fortement ramifiée, comme chez *Iris*, *Wachendorfia*, *Hemerocallis* et *Phormium*; l'inflorescence des *Musacées* se déduit aussi aisément de celles des *Agavacées* et de *Phormium* par raccourcissement des rameaux latéraux. De cette façon un grand nombre de plantes fibreuses importantes, savoir les *Agavacées*, *Ananas* et *Musa*, peuvent être ramenées directement à des *Liliacées* du type de *Phormium*. La zygomorphie de la fleur, si répandue parmi 185—190, commence aussi déjà à se montrer chez *Hemerocallis*. Chez 188, p. ex. dans les genres *Gladiolus* et *Antholyza*, la zygomorphie est presque tout aussi fortement prononcée que chez *Canna*, les *Zingibéracées* et 190. L'ovaire sphérique infère, que l'on trouve p. ex. chez *Heliconia* (RUIZ et PAVON, Fl. peruv., pl. 303—305), est également caractéristique pour les familles 184—188. Chez *Canna* et plusieurs *Marantacées* il est verruqueux comme chez des espèces de *Vellozia* (ENGLER-PRANTL, Nat. Pfl., II, 5, p. 125, fig. 87 A). *Ravenala*, par contre, a encore de grandes et longues capsules loculicides, comme celles d'espèces d'*Iris* et *Phormium*, et le fruit du bananier aussi ressemble encore beaucoup aux capsules triangulaires obtuses d'*Iris* et *Phormium*. Chez les *Zingibéracées* *Brachyichilus Horsfieldii* et *Cantleya lutea* ROYLE (ENGLER, Pflanzenreich, IV, 46, p. 24, fig. 6 A et p. 124, fig. 17 D) les trois valves des capsules se replient tout à fait de la même façon que chez des espèces d'*Iris* et *Crocus* (BAILLON, Hist. pl. XIII, p. 130, fig. 102). Les graines d'*Iris foetidissima* L., que j'eus l'occasion de recueillir en mai 1911 près de Freshwater, dans le parc du poète TENNYSON, sont tapissées en outre d'un arillus à coloration vive, comme il existe si souvent chez 189. L'albumen des graines est farineux, comme chez 185, XXXIII, *Typha*, *Sparganium*, *Arum* (d'après NEES, Gen. fl. germ., I), les *Joncacées* et la *Najadacée Tetroncium* (d'après HOOKER, Fl. antarct. et d'après BUCHENAU). L'embryon touche la face interne de la testa, comme c'est le plus souvent le cas aussi chez 185. Les jeunes

pousses de plusieurs *Marantacées* ressemblent d'une manière frappante à celles d'*Orchidacées* arboricoles, à tiges épaissies en tubercules, les bractées des *Marantacées* et *Musacées* à celles des *Ivioidées* et de plusieurs *Orchidacées*, p. ex. *Vanilla*. Même les longs fruits de ce dernier, assez rares chez les *Monocotylédones*, peuvent être comparés en quelque sorte à ceux de *Musa*. Chez les *Zingibéracées* les trois sépales extérieurs sont réunis en un tube le plus souvent trilobé, comme chez 185. Le style fort, en forme de colonne, des *Musacées*, ressemble à ceux des *Orchidacées*. Mais chez *Lowia* il est scindé en trois branches renflées, tout à fait de la même façon que chez *Crocus*. C'est surtout avec 188 que 189 présente des liens de parenté tellement étroits, qu'il ne serait pas naturel de placer les deux familles dans des ordres différents. Mais alors l'ordre des *Gynandres*, réduit à une seule famille, ne peut pas se conserver plus longtemps et est étroitement lié à XXXII, surtout par 189.

! 190. *Orchidacées* (γ compris les *Corsiées*), apparentées à 186—189. Par leurs feuilles pliées, les épis denses et simples et les bractées linguiformes et imbriquées, beaucoup d'*Orchidacées*, p. ex. *Neuwiedia*, *Plocoglottis*, *Calanthe*, *Epipactis*, ressemblent au genre d'*Hémodoracées* *Hypoxis*. Les anthères de *Corsia* sont extrorses, comme chez les *Iridacées* et les *Vératrées*, qui probablement descendent aussi des *Asphodéloïdées*.

XXXIII. **Enantioblastes** MART., desc. de 178 (*Asphodéloïdées*) à côté de XXXIV, XXXV et peut-être aussi XXXVI. Embryon toujours appliqué contre la testa. Ovules souvent ortho- ou campylotropes.

191. *Flagellariacées*, apparentées à 192, 202, 203 etc. Par ses flagelles *Flagellaria* rappelle fort les palmiers rotang. *Joinvillea* a des panicules floribondes qui ressemblent d'une façon remarquable à celles de plusieurs palmiers et graminées (*Zea*, *Oryza*, *Sorghum*, *Panicum*), et des feuilles plissées longitudinalement, à grande ligule, présentant une ressemblance frappante avec celles d'espèces de *Panicum*, de palmiers et de *Cyclanthacées*.

! 192. *Graminées*, apparentées à 191, 193 et 194. Voir aussi 9, p. 101; 20, p. 187; WETTSTEIN, Handbuch, II, 2, 1908, p. 507.

193. *Restiacées*.

194. *Centrolépidacées*.

195. *Mayacacées*.

196. *Xyridacées*.



197. Eriocaulacées. *Tonina* a le port de l'*Asphodéloïdée* *Calectasia*.

198. Rapatéacées, apparentées à 196 et 197, mais peu à 185. Les capsules loculicides ressemblent à celles des *Asphodéloïdées* *Xanthorrhoea* et *Laxmannia*.

199. Commélinacées, se rapprochant parmi les *Asphodéloïdées* surtout des *Anthéricines* (*Arthropodium*, *Thysanotus* et *Dichopogon*) et des *Dianellines*, mais rappelant aussi fortement *Alisma*, *Sagittaria* et *Butomus* par le périanthe.

200. Pontédéracées, apparentées à 199 et 201.

201. Philydracées, apparentées à 199 et 200, mais non à 190. D'après BAILLON, Hist. pl., XIII, p. 234, fig. 163, l'embryon de *Philydrum* est long et cylindrique, comme celui de *Monochoria* (BAILLON, Hist. pl., XII, p. 461, fig. 520). Par les bractées indupliquées, la zygomorphie de la fleur, la capsule polysperme loculicide et les graines à côtes longitudinales comme celles de *Tradescantia virginica*, *Monochoria*, *Mayaca Sellowiana*, *Xyris* et *Tonina*, *Philydrum* est étroitement lié à 195—200.

! XXXIV. **Spadiciflores** BARTL. 1830 (y-compris les *Synanthes* ENGL., *Principes* ENDL., *Pandanales* ENGL. et *Spathiflores* ENGL.), desc. de 178 (*Asphodéloïdées*), près de XXXIII et XXXV et difficilement séparable de XXXIII. Mais les ovules sont le plus souvent anatropes. A l'exception de quelques *Aracées* (206) l'embryon paraît toucher toujours la face interne de la testa. Chez 203, 204 (*Freycinetia*), 205 (*Typha* et *Sparganium*), 206 (*Cyrtosperma*, *Homalonema*, *Pistia*) et 207 il y a des opercules séminaux. Chez 202, *Cocos* et 204 l'albumen contient de l'huile; d'après NEES (Gen. fl. germ., I) et GRAEBNER il est farineux chez *Sparganium*, d'après GRAEBNER il est charnu ou farineux chez *Typha*, et d'après NEES il est farineux également chez *Arum*, comme chez 185, 189, XXXIII, 208 et *Tetroncium* (211). Au sujet de XXXIV voir aussi NICOTRA dans *Oest. bot. Zeitschr.*, LX (1910), pp. 300—307.

202. Cyclanthacées, apparentées à 203 et 204.

203. Palmiers, apparentés à 191, 192, 202 et 204. Les fruits souvent plus ou moins anguleux de 203, 204, *Sparganium* et 206, qui chez 203 et 204 sont le plus souvent ligneux ou fibreux, peuvent être aisément considérés comme résultant d'une réduction des grandes capsules ligneuses, triangulaires, d'*Asphodéloïdées* comme *Phormium*. 203 ressemble à 204 entr'autres par l'existence de coiffes de racines fort développées, de racines aériennes en forme d'arc-boutant (chez *Iriartea*

et chez *Cocos* où elles sont cependant moins accusées), de grands spathes et spadices et par la ramification exceptionnelle de *Cocos* (p. ex. dans l'île de Pinang). *Nipa* surtout présente une grande analogie avec *Pandanus*, tandis que le genre voisin *Phytelephas* a encore un long style avec de longues rameaux stigmataires, comme 191—194 et XXXV.

! 204. Pandanacées, issues de 178 (*Asphodéïoïdées*) à côté de 202, 203 et 206, par réduction de la fleur et du fruit. Chez *Freycinetia* il y a des placentas pileux comme chez *Acorus*.

! 205. Typhacées (y-compris *Sparganium*), plus proches parents de 206 que de 204 par le port, le calice de *Sparganium* et l'albumen farineux. Mais le connectif est prolongé un peu au-delà des loges, comme chez des espèces de *Pandanus*. Les sépales spatuliformes de *Sparganium*, *Acorus* et *Pothos* rappellent fort ceux des *Asphodéïoïdées* *Dasyogon* et *Xanthorrhoea*.

206. Aracées, y-compris *Crinum asiaticum* KOORDERS (22, p. 41). Pas apparentées à XXXI et les *Aspidistrées*, encore moins à 28, mais à 202—205 et issues comme ces dernières de 178 (*Asphodéïoïdées*) par réduction de la fleur et du fruit. S'écartant de 28 entr'autres par l'existence de raphides qui, d'après DE BARY, Vergl Anat. (1877), p. 145, se trouvent p. ex. aussi chez *Scilla maritima* et l'*Asphodéïoïdée* *Aloe arborescens*.

207. Lemnacées, issues de 206 près de *Pistia*.

! XXXV. **Cypérales** K. FRITSCH. Voir *Bot. Centralbl.*, CXVII (1911), p. 602, et WETTSTEIN, *Handbuch*, II, 2 (1908), pp. 506—507. Contrairement à XXXIII et 202—205 l'embryon est toujours entouré d'albumen de tous côtés.

! 208. Joncacées (y-compris *Thurnia*), issues de 178 (*Asphodéïoïdées*), dans l'hémisphère sud, près des *Johnsoniées*, *Dasyogonées*, *Lomandrées* et *Calectasiées* (voir aussi LORSY, *Bot. Stammesgesch.* III, 1, p. 764). Ces quatre tribus des *Asphodéïoïdées* ne se trouvent actuellement qu'en Australie et en Nouvelle Calédonie; par contre, les *Joncacées* ont leur centre de distribution, du moins au point de vue du nombre des genres, de l'Amérique du sud-ouest jusqu'au Cap. Par ses sépales et étamines, au nombre de six chacun, les trois loges monospermiques du fruit, les trois longs rameaux stigmataires, la graine fusiforme, l'„albumen farineux" et l'„embryo axilis, fusiformis, extremitate inferiore albuminis immersus", *Thurnia* appartient certainement à 208. Les capitules d'inflorescence, soutenus par de longues bractées en forme

de feuilles, de *Thurnia*, *Kyllingia*, *Ascolepis* et d'autres *Cypéracées* ressemblent à celles de *Dasyogon*. *Prionium* et la *Cypéracée* *Scirpodendrum* sont encore des arbres jonciformes à une seule tige, comme *Xanthorrhoea* ainsi que plusieurs *Broméliacées* et *Velloziacées*. Par l'inflorescence, la fleur, la capsule loculicide et le petit embryon, *Juncus* offre encore une grande ressemblance avec le genre de *Johnsoniées* *Laxmannia* (ENGLER-PRANTL, Nat. Pflanzenf., II, 5, 1888, p. 48, fig. 32 B—G). Chez *Luzula* les ovules sont fixés au fond de l'ovaire non-loculé comme chez *Calectasia*. D'après BAILLON, Hist. pl., XII, p. 405, figg. 380—381, les graines de *Luzula campestris* sont ailées longitudinalement, comme celles de *Xanthorrhoea* (figg. 388—389 et p. 503). BAILLON avait déjà reconnu en partie ces liens de parenté, car dans son arrangement des *Liliacées* (Hist. pl. XII) il fait suivre aux *Joncées* directement les *Dasyogonées* avec les *Lomandrées* d'ENGLER, les *Calectasiées*, *Flagellariées* et *Dracénées*.

! 209. *Cypéracées*, issues de 208 près de *Thurnia*, et pas immédiatement apparentées à 192 et 204. *Prionium serratum* (208) a déjà une hampe triangulaire, les gaines foliaires fermées de 209 et l'ombelle de *Scirpus*. Par l'inflorescence, les longs styles etc. les *Cypéracées* s'écartent totalement de 204, et par la forme de l'ovule et de l'embryon, ainsi que par le mode de germination, également de 192.

XXXVI. *Hélobiées* REICHENB. 1828, BARTL. 1830 (y-compris les *Triuridales* ENGL.?), desc. de 178 (*Asphodéloïdées*) près de 208, XXXIII, les *Tofieldiées* et *Vératrées*?

? 210. *Triuridacées*. Appartenant certainement aux *Monocotylédones*, mais peut-être plus proches parents de XXXI.

211. *Najadacées* (y-compris les *Joncaginacées*, *Potamogetonacées* et *Aponogétonacées*). *Triglochin* et *Tetroncium* ont les sépales fortement bombés et les anthères courtes, extrorses, à courts filets, de *Potamogeton*, les gaines foliaires de *Potamogeton marinus* et de *Ruppia maritima*; d'après ces caractères et d'autres encore il n'est pas possible de grouper ces genres en diverses familles. Chez *Scheuchzera* et *Triglochin* GRESHOFF a trouvé de l'acide cyanhydrique; pour établir les liens de parenté, il serait important d'examiner aussi les *Potamogetonacées*, *Aponogéton*, *Najas* et les *Mélanthioïdées* au point de vue de la présence d'acide cyanhydrique.

212. *Alismacées* (y-compris les *Butomacées*). La fleur de *Butomus* présente par son périanthe une grande analogie avec celle de *Commelina*

et de l'*Asphodéloïdée Dichopogon* (ENGLER PRANTL, Nat. Pfl., II, 5, p. 34, fig. 22 A). Dans ENGLER, Pflanzenr., IV, 15 (1903), p. 9, BUCHENAU fait la remarque importante: „Die *Alismataceen* sind offenbar eine jugendliche, noch bis vor Kurzem in der Entwicklung begriffene Familie, in welcher noch viele Übergangsformen existieren”. Ceci est absolument contraire à l'idée que j'ai exprimée avant 1908, d'après laquelle l'origine des *Monocotylédones* devrait être cherchée parmi les *Hélobiées*, mais serait d'accord avec ma manière de voir actuelle, que les *Hélobiées* sont des formes dérivées, qui probablement ne sont devenues apocarpiques que secondairement.

213. Hydrocharitacées, desc. de 212.

## S O M M A I R E.

Introduction: remarques générales sur l'histoire et la nature du nouveau système phylétique des *Angiospermes*. pp. 146—148.

Abrégé raisonné de ce système. pp. 148—202.

Les *Polycarpicées* considérées comme le groupe de *Dicotylédones* le plus ancien; leurs caractères primitifs (pp. 148—152). La ramification du faisceau rachique jusque dans le tégument de l'ovule considérée comme caractère primitif (152—153). Les *Magnoliacées* contiennent-elles les ancêtres des *Angiospermes*? (154). A plusieurs points de vue les *Anonacées* sont plus anciennes que les *Magnoliacées* (155—156). Les ancêtres des *Angiospermes* appartenaient à une tribu inconnue et éteinte des *Cycadacées*, voisine des *Bennettitées*, et à une autre des *Berbéridacées* (156). Les *Lardizabalées*, *Podophyllées*, y-compris les *Péoniées*, et les *Berbéridopsidées* appartiennent aux *Berbéridacées* (156). Les *Renonculacées*, *Nymphéacées*, *Népenthales* et *Papavéracées* sont issues des *Podophyllées* (156—157, 190, 192). Les *Cruciales*, *Légumineuses*, *Sapindacées* (157), *Mélianthacées*. *Gruinales*, *Rutacées* (158), *Protéacées*, *Rosales* (160), *Dilléniacées* (164) et *Ochnacées* (166—167) sont issues d'une tribu éteinte des *Berbéridacées*, voisine des *Lardizabalées* et de *Paeonia*. Les *Amentacées*, *Acéracées* et *Urticales* sont-elles des descendants des *Térébinthacées*? (159—160). *Crossosoma* (160), *Glossopetalum*, *Neumannia*, *Gerrardina*, *Gumillea* (161) et *Lyonothamnus* (162) appartiennent aux *Rosacées*. Les *Saxifragacées* (162), *Brunelliacées*, *Cunoniacées*, *Staphyléacées* et probablement aussi les *Rhamnacées* (164) sont issues des *Rosacées*. *Actinidia*, *Saurauja* et *Clematoclethra* forment une tribu des *Cléthracées* (165). Les *Bicornes* (165—166), *Linacées* (167) et *Primulines* (170) sont issues des *Ochnacées*, les *Symplocacées* (167—168), *Myrtines* (168—169), *Polygalines* (171—172), *Diospyrines*, *Santalales*, *Tubiflores* (175—177), *Eucryphiacées*, *Guttifères* (182) et *Quinacées*



(184) des *Linacées*. Les *Anisophyllées* appartiennent aux *Lécythidacées* (169), les *Onagracées* peut-être aux *Polygalines* (169—170), les *Plombaginacées* aux *Caryophyllines* (171), *Diclidanthera* aux *Polygalacées* (172—174), les *Malpighiacées* (174), *Violacées* (174—175), *Vochysiées* et *Salvadoracées* (175) aux *Polygalines*. Morphogénie de la feuille; c'est la feuille pennée du type d'*Anomozamites* qui représente la forme primitive parmi les *Angiospermes* (177—186). Morphogénie du périanthe (186—195). Les pétales sont des staminodes (186—191). Les sépales sont des bractéoles, réduites presque toujours à des gaines foliaires (186—187, 191—192). Les sépales foliacés ou même pennés de *Paeonia*, *Rosa* (193) et *Wielandiella* (194—195) et leur nature primitive. Le périgone des *Monocotylédones* correspond au calice hexaphylle des *Lardizabalées* (194). Les *Sarracéniacées* doivent être dégradées à une tribu des *Parnassiées* (189). Les *Caryophyllines* descendent des *Podophyllées* (192). Les *Ménispermacées* (195), *Aristolochiacées* (195—196) et *Pipéracées* (197) sont issues des *Lardizabalées*, les *Lacistémacées* des *Flacourtiacées* (196), les *Chloranthacées* des *Monimiées* (196), les *Myrothamnées* des *Hamamélidacées* (196), les *Lactoridacées* des *Magnoliacées* (196), les *Anonales* des *Berbéridacées* (195, 197—199). Reconstruction théorique des ancêtres inconnus des *Angiospermes* (199—200). Les *Columnifères* (200), *Boraginacées* (200—202), *Anonales*, *Hamamélines* et *Ombelliflores* forment un groupe de degré supérieur, celui des *Anonophyles*, issu également de *Berbéridacées* éteintes, comme les *Ochnigènes* et les *Rhodophyles* (202). Les 230 familles de *Dicotylédones* d'ENGLER doivent être réduites à 177 environ (202).

Fig. 1—7.

pp. 179—194.

Bibliographie.

pp. 202—204.

Aperçu du système naturel des plantes vasculaires.

pp. 204—233.

Arbre généalogique des *Angiospermes*.

tableaux I—VI.

Leyde, le 18 avril 1912.

## SUR LES FERMENTS DE LA SALIVE DE DIVERS ANIMAUX

PAR

**K. KUIPER Jr.**

(Laboratoire de physiologie de l'Université d'Amsterdam.  
Dir. le Prof. Dr. G. VAN RIJNBEEK.)

---

Le rôle de la salive dans la digestion des aliments est en premier lieu un rôle mécanique. La sécrétion mucilagineuse, le plus souvent riche en albumine, facilite le glissement des aliments dans l'œsophage vers l'estomac.

Mais on sait depuis longtemps qu'en outre la salive participe à la transformation chimique des substances alimentaires, grâce à un enzyme diastatique qu'elle renferme, l'amylase. Cet enzyme de la salive, que l'on appelle aussi ptyaline, a le pouvoir de décomposer la fécule et quelques substances voisines, comme le glycogène, et de les transformer en sucres réducteurs. Cette propriété a été étudiée non seulement chez l'homme, mais encore chez divers animaux domestiques. Mais ces recherches ont parfois abouti à des résultats contradictoires. C'est ainsi que ASTASCHEWSKY <sup>1)</sup> établit que l'action diastatique de la salive s'observe à un degré décroissant chez le rat, le lapin, le chat, le chien, le mouton et la chèvre. NUSSBAUM <sup>2)</sup> obtint chez le bœuf, le mouton, le cobaye et la souris des extraits très actifs de la glande salivaire. Par contre GRÜTZNER <sup>3)</sup> ne reconnaît qu'à l'homme et aux rongeurs la possession d'amylase dans la salive; les salives du cheval, du bœuf, de la chèvre, du chevreuil, du mouton, de l'ours, du hérisson et du porc n'en contiendraient que de toutes petites quantités. Chez le chien et le chat FRIEDENTHAL <sup>4)</sup> ne constate aucune action d'enzyme. Voici com-

---

<sup>1)</sup> P. ASTASCHEWSKY, *Centralbl. f. d. medic. Wissensch.*, 1877, n°. 30.

<sup>2)</sup> M. NUSSBAUM, *Arch. f. mikr. Anat.*, tomes 13, 15, 16 et 21.

<sup>3)</sup> P. GRÜTZNER, *Pflüger's Arch.*, tomes 12 et 16.

<sup>4)</sup> H. FRIEDENTHAL, *Engelmann's Arch.*, 1899.

ment SCHEUNERT <sup>1)</sup> résume ses résultats (que j'emprunte comme les précédents en grande partie au résumé de BIEDERMANN dans le Handb. d. vergl. Physiol. de HANS WINTERSTEIN, t. II, p. 117): La salive la plus active est la salive (mixte) de l'homme et du porc omnivore, celle des solipèdes n'a qu'une faible activité; les salives des ruminants sont moins actives encore et celles des carnivores (chien) ne le sont presque plus du tout.

On voit donc que les données s'écartent fort les unes des autres. Or, depuis quelque temps je m'occupe de l'examen des salives de divers animaux, parmi lesquels il y en a au sujet desquels je n'ai trouvé aucun renseignement dans la bibliographie.

Grâce à l'obligeance du directeur de la société Royale de Zoologie „Natura Artis Magistra” à Amsterdam, M. le Dr. C. KERBERT, j'ai pu me procurer des échantillons de salive de plusieurs hôtes du jardin zoologique d'Amsterdam. Je le remercie de tout cœur pour son obligeance. Je suis également fort reconnaissant à M. PORTIELJE, inspecteur de la société, pour le zèle avec lequel il dirigea la récolte très difficile de ces échantillons.

#### *Méthode d'examen.*

Divers auteurs attirent l'attention sur l'action différente qu'exercent les sécrétions des diverses glandes salivaires. Voilà pourquoi il serait intéressant d'étudier séparément l'action des parotides, sous-maxillaires et sublinguales. Mais il est évident qu'il ne pouvait être question d'une pareille étude chez les espèces d'animaux que j'ai examinées. Les difficultés qu'il fallait surmonter pour se procurer la salive mixte étaient le plus souvent assez grandes pour faire renoncer à l'application de méthodes plus délicates. Pour obtenir la salive nous ne disposions le plus souvent d'aucun autre moyen que d'essayer de promener dans la gueule des animaux, sous la langue et le long de la face externe des mâchoires, une pince enveloppée de gaze hydrophyle. La gaze ainsi humectée fut mise immédiatement dans des flacons bien propres, à large goulot et à bouchon rodé, puis portée au laboratoire. Nous avons autant que possible pris la salive avant les repas; chez les ruminants nous ne l'avons jamais prise pendant qu'ils rumaient, mais bien pendant qu'ils prenaient leur nourriture.

Pour récupérer la salive, j'ajoutais d'abord dans chaque flacon 5

<sup>1)</sup> A. SCHEUNERT, *Centralbl. f. Phys.*, t. 23.

cm<sup>3</sup>. d'eau distillée; je secouais fortement pendant quelque temps, après quoi j'exprimais le liquide de la gaze. De cette façon la salive était assez diluée (la plupart du temps la quantité de salive absorbée n'était que de  $\frac{1}{2}$  à 1 cm<sup>3</sup>.) et le degré de dilution était inconnu. Voilà pourquoi j'ai essoré dans la suite les morceaux de gaze dans des centrifugeurs. La quantité de salive fut mesurée et diluée au cinquième. J'y ajoutai encore deux ou trois gouttes d'une faible solution de thymol comme désinfectant; cela suffisait pour empêcher une multiplication des bactéries et ne ralentissait que fort peu l'action du ferment. Chaque échantillon fut partagé en quatre parties d'environ 1  $\frac{1}{2}$  cm., dont chacune fut analysée au point de vue de l'amylase, de la cellulase, de la pepsine et de la tryp-sine. Il est vrai qu'on n'avait jamais constaté la présence dans la salive d'un enzyme scindant l'albumine ou la cellulose, mais son existence n'était pas impossible chez un carnivore ou un herbivore.

#### *Amylase.*

J'ai toujours employé des solutions d'amidon soluble, composé presque exclusivement d'amylases, d'après MAQUENNE. Je pris des solutions à 1 %, quelquefois à  $\frac{1}{2}$  %. J'en pris une quantité égale à celle de la salive diluée, que j'introduisis dans un tube à essai, placé dans un thermostat à 37°. Au bout de quelques heures, ou, s'il le fallait, encore les jours suivants, les mélanges furent traités à l'iode.

Les difficultés inhérentes au mode de récolte des échantillons de salive ne permettaient pas de déterminer quantitativement l'enzyme présent. Je tâchai bien, il est vrai, de faire autant que possible toutes les expériences dans les mêmes conditions, mais il ne pouvait être question d'atteindre une précision comme on l'exige généralement dans de pareilles recherches quantitatives. On pouvait cependant faire une très bonne estimation de la vitesse de la réaction. Dans le tableau ci-après, dans la colonne sous amylase, nous avons mis + auprès des noms des animaux dont la salive avait, après 24 heures, attaqué l'amidon, jusqu' à faire disparaître complètement la réaction à l'iode. Sont marqués du signe ± ceux dont la solution d'amidon était transformée en 24 heures en érythro-dextrine ou ne se colorait pas à l'iode après 72 heures. Sont marquées du signe — les espèces animales pour lesquelles la décomposition de l'amidon ne s'observait qu'au bout de 72 heures ou ne s'observait pas du tout.



Au sujet des espèces animales marquées d'un + nous devons faire remarquer que chez toutes, sauf chez l'éléphant, l'action était fort inférieure à celle de la salive humaine. Le fait qu'il était beaucoup plus facile d'obtenir de la salive de l'éléphant, et en beaucoup plus grande quantité, que du bétail généralement timide, n'a pas pu causer d'erreur, car même la salive diluée de l'éléphant était plus active que celle de tous les autres animaux. A mon avis SCHEUNERT a donc raison pour ce qui regarde l'intensité de l'action. Je n'ai pas fait d'expériences sur la salive des suidés, de sorte que je ne saurais confirmer à ce point de vue les assertions de cet auteur. Très active aussi, mais moins cependant que celle d'*Elephas*, était la salive de *Cebus chrysopus*, un petit singe capucin.

Mais il est inexact que la ptyaline manque chez les carnivores. Chez *Felis leo*, *Felis tigris* et *Cercopithecus candidivolvulus* l'action de l'amylase était indubitable. Par contre je n'ai pu constater aucune action chez *Felis onca* ni chez *Canis familiaris dingo*. *Paradoxurus leucomystax* tenait un juste milieu.

Quelques particularités doivent encore être mentionnées. Quelques liquides qui ne présentaient plus de réaction colorée au sortir de l'étuve la manifestaient de nouveau après être restés pendant quelques jours à la température ordinaire. La teinte violet clair qu'ils prenaient alors doit probablement être attribuée à une reformation d'amylo-dextrine, par suite d'un déplacement de l'équilibre, dû à l'abaissement de température. Ce phénomène fut observé dans des échantillons provenant de *Anoa*, *Bubalus*, *Choloepus* et *Rusa*.

Enfin, je désire encore attirer l'attention sur le fait suivant. Dans la série des réactions colorées à l'iode je constatai plusieurs fois, après la coloration rouge de l'érythro-dextrine, une coloration brune intense. Mais l'expérience ne reste pas longtemps dans cet état; bientôt apparaît l'achroo-dextrine. Avec des salives à faible action (*Cercopithecus candidivolvulus*, *Camaelus bactrianus*), ou par une dilution judicieuse des salives plus actives, le phénomène peut se fixer beaucoup mieux. On peut l'observer aussi en suivant la réaction colorée dans toutes ses phases et en rendant l'enzyme inactif, par un chauffage rapide, au moment où la couleur devient d'un rouge brun. Par refroidissement on fixe alors exactement l'état de coloration brun foncé.

Cette réaction ressemble fort, jusque dans les détails, à la réaction du glycogène de PFLÜGER.

J'insiste là-dessus parce qu'il ne me paraît pas impossible que dans la destruction de la molécule d'amidon il se forme du glycogène comme produit intermédiaire. Dans la bibliographie je n'ai rien trouvé ni au sujet de la réaction brune ni au sujet de la question de savoir si réellement le glycogène peut se former ainsi; mais M. le prof. Dr. C. A. PEKELHARING a eu l'obligeance de me communiquer qu'il avait déjà observé cette réaction et qu'il pensait à la même explication. Je compte établir par un examen plus approfondi si c'est réellement du glycogène qui produit la réaction, ou s'il y a encore un autre corps de la nature de la dextrine qui présente la réaction propre au glycogène. Remarquons toujours que cette substance apparaît immédiatement avant le stade de l'achroodextrine, et que précisément l'achroodextrine est indiquée comme premier produit de décomposition du glycogène.

#### *Cellulase et protéase.*

Bien qu'on n'ait jamais rencontré dans la salive des animaux examinés d'autres enzymes que des enzymes diastatiques, j'ai voulu examiner la chose à nouveau pour les divers animaux (herbivores, carnivores et omnivores) dont j'ai pu me procurer la salive. Il n'était pas impossible que chez un animal lignivore comme *Alces machilis* p. ex. la digestion du bois et de la cellulose commencât déjà dans la bouche.

Pour l'examen au point de vue de la présence de cellulase j'ai mélangé à la salive légèrement acidulée de petits morceaux (de 1 mm<sup>2</sup>. environ) de papier à filtrer débarassé des cendres et j'ai soumis ensuite le liquide à la réaction de la liqueur de Fehling. Jamais je n'ai pu constater la présence d'un sucre réducteur.

Pour les expériences sur la protéase je me suis servi entr'autres d'une méthode des plaques de gélatine modifiée. Au moyen d'une solution chaude de gélatine à 5 % j'ai fabriqué des membranes de gélatine. Par refroidissement j'obtenais de fines pellicules de gélatine (épaisseur  $\pm 8 \mu$ ), suffisamment résistantes cependant pour supporter 5 gouttes d'eau. Le liquide ramollit la gélatine et courbe fortement la surface, mais sans la rompre. Mais si l'on dépose sur la pellicule deux gouttes d'une solution de trypsine faiblement alcaline (que j'avais extraite du papier pancréas, un „Dauerpreparat" des enzymes pancréatiques), la gélatine se dissout en  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{2}$  h. et le liquide tombe à travers la pellicule, en laissant dans la gélatine un petit trou circulaire. Il est

TABLEAU.

Espèce animale	Nourriture	Amylase	Cellulase	Pepsine	Trypsine	Remarques
AMPHIBIES (anoures)						
<i>Bufo marinus</i>	C	+	-	-	-	
<i>Rana adspersa</i>	C	-				
REPTILES						
Sauriens						
<i>Testudo graeca</i>	H	+				
<i>Tiliqua scincoides</i>	C	±			-	
Ophidiens						
<i>Boa constrictor</i>	C	-				Presque pas de salive
MAMMIFÈRES						
Marsupiaux						
<i>Phalanger maculatus</i>		+	-	-	-	
Edentés						
<i>Dasybus villosus</i>	O	-	-	-	-	
<i>Choloepus didactylus</i>	H	±				
Périsodactyles						
<i>Equus (Hippotigris) Greveyi</i>	H	±				
Artrodactyles						
<i>Hippopotamus amphibius</i>	H	+	-	-	-	
<i>Camelus bactrianus</i>	"	++	-	-	-	
" <i>dromedarius</i>	"	+	-	-	-	
<i>Lama peruana</i>	"	+	-	-	-	
<i>Alces machilis</i>	"	+	-	-	-	
<i>Cervus muntjak</i>	"	+	-	-	-	
<i>Coassus rufus</i>	"	+	-	-	-	
<i>Gazella dorcas</i>	"	+	-	-	-	
<i>Oreas livingstoni</i>	"	+	-	-	-	
<i>Rusa hippelaphus</i>	"	+	-	-	-	
<i>Antilope cervicapra</i>	"	+	-	-	-	
<i>Anoa depressicornis</i>	"	±	-	-	-	
<i>Bubalus buffalus</i>	"	+	-	-	-	
Proboscidiens						
<i>Elephas maximus</i>	"	++	-	-	-	
Carnivores						
<i>Canis familiaris dingo</i>	C	-	-	-	-	
<i>Felis leo</i>	"	+	-	-	-	
<i>Felis onca</i>	"	-	-	-	-	
<i>Felis tigris</i>	"	+	-	-	-	
<i>Paradoxurus leucomystax</i>	"	±	-	-	-	
<i>Cercoleptes candidivolvulus</i>	"	+	-	-	-	
Primates						
<i>Cebus chrysopus</i>	O	+	-	-	-	

vrai qu'à la longue la gélatine est également dissoute par l'eau pure, mais une quantité double de la quantité d'enzyme employée avait toujours besoin de 12 à 24 heures pour percer la membrane de gélatine. En pratique on n'a donc pas à tenir compte de cette action de l'eau, si on limite la durée de l'épreuve à 6 ou 8 heures. La méthode est évidemment moins sensible que „l'épreuve de Ricin" de M. JACOBY <sup>1)</sup>, ne fût-ce que parce que la gélatine est une substance albuminoïde et ne se laisse donc pas attaquer aussi facilement par la tryptine que les protéines. Mais elle est excessivement simple; seulement la préparation des pellicules de gélatine exige quelque habileté.

Pour déceler la présence de pepsine on peut employer la méthode de la solution faiblement acide de l'enzyme.

Pour déceler la trypsine j'ai appliqué aussi la méthode de la caséine de MICHAELIS <sup>1)</sup>. On voit sur le tableau que la trypsine n'a été trouvée nulle part.

#### Résumé.

Voici quel est, me semble-t-il, le résultat de ces recherches.

Parmi les espèces animales examinées c'était *Elephas maximus* dont la salive était de beaucoup la plus active. De toutes les autres espèces c'était la salive de *Cebus chrysopus* qui se rapprochait le plus de celle de l'homme.

La ptyaline ne manque dans la salive d'aucun herbivore et elle existe aussi dans celles de divers carnivores. Une différence semblable à celle entre *Felis tigris* et *Felis onca* se retrouve chez les deux anoures *Bufo marinus* et *Rana adspersa*, dont le premier a une salive à action diastatique alors que cette action fait défaut chez le second.

Parmi les produits de destruction de l'amidon nous trouvons, après l'érythro-dextrine, une substance qui pourrait être du glycogène.

On n'a trouvé ni cellulases ni protéases.

---

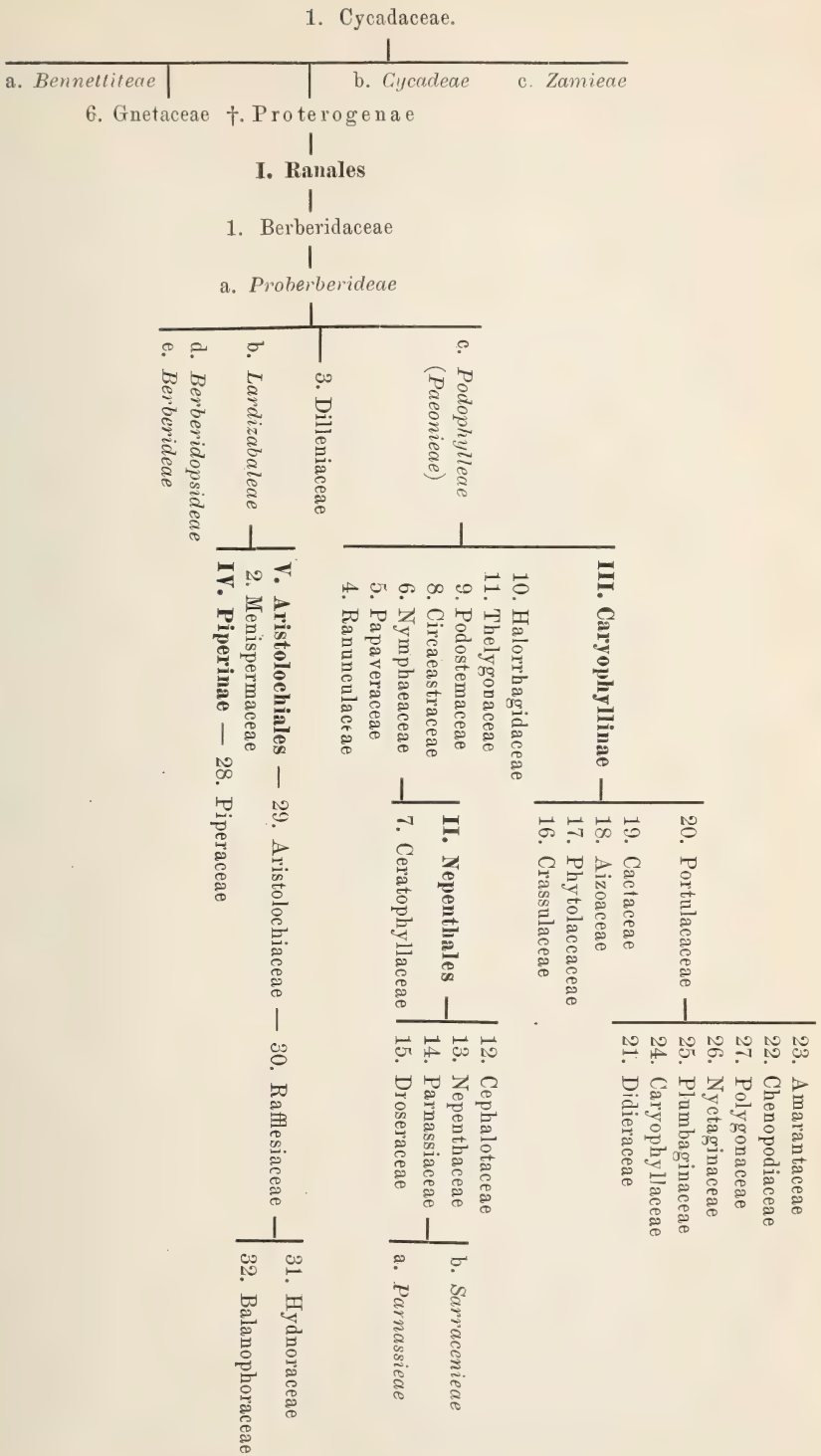
<sup>1)</sup> ABDERHALDEN. Handb. d. Biochem. Arbeitsmethoden, t. III.









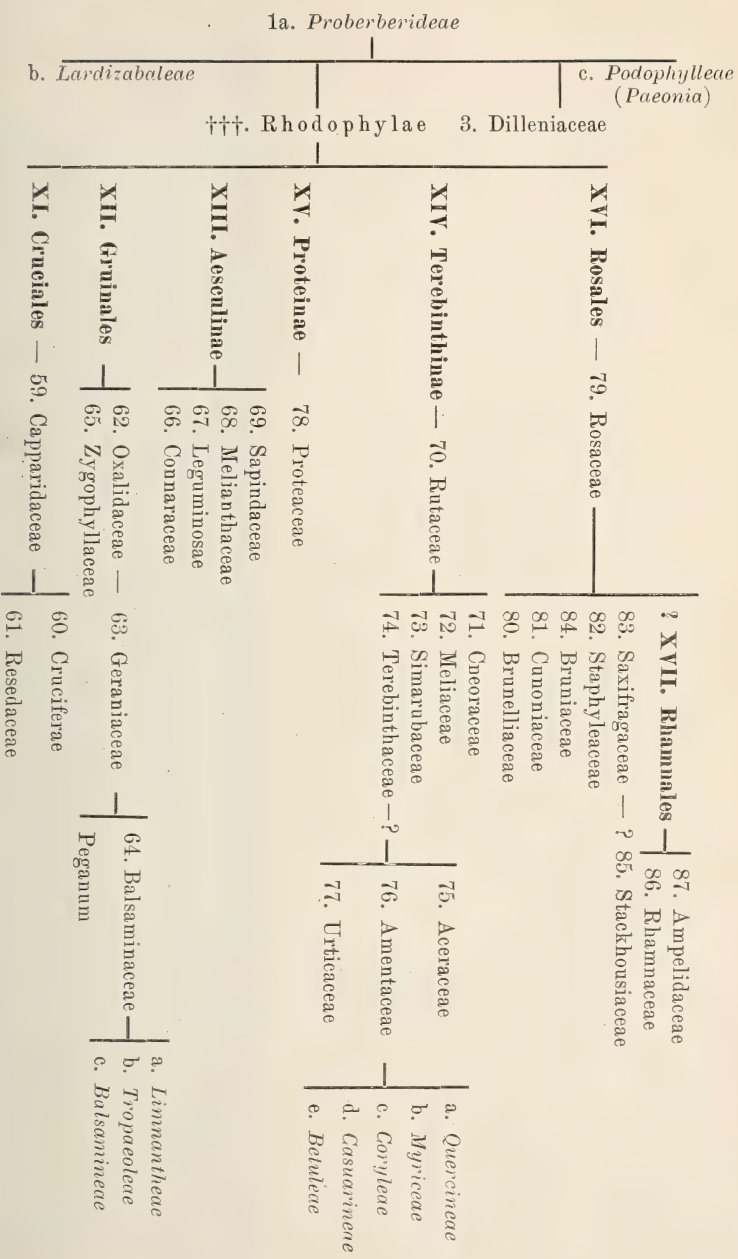






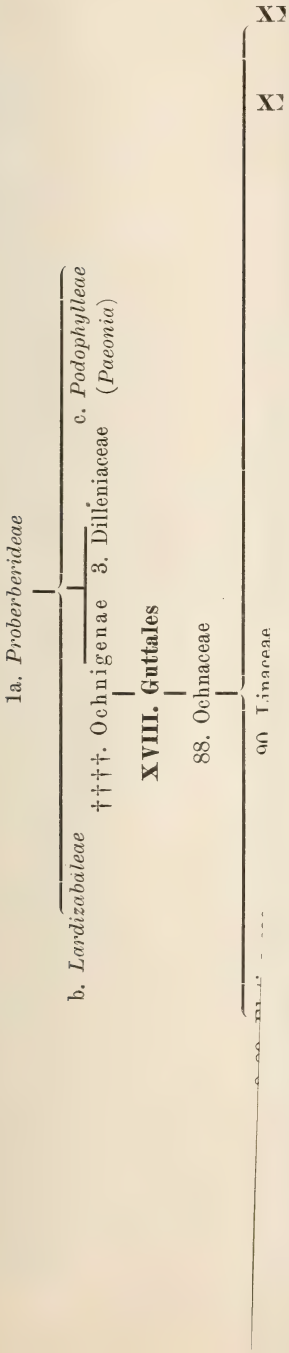






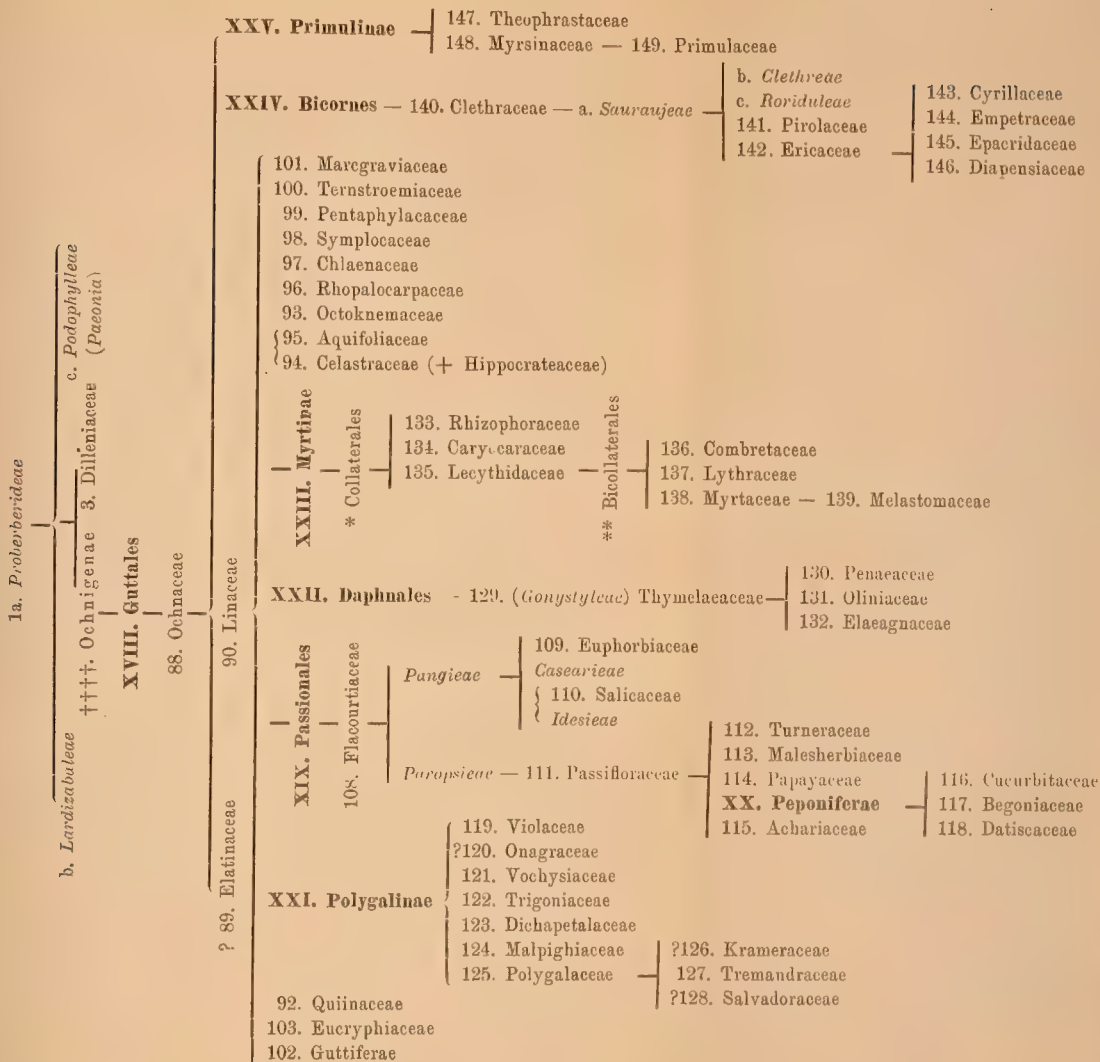








HANS HALLER. Arbre généalogique des Angiospermes. IV. Ochnigènes 1.







90. Linaceae

XXVIII. Tubiflorae      XXVII. Sapotales      XXVI. Santalales

- 158. Pittosporaceae
- 159. Polemoniaceae
- 160. Convolvulaceae
- 161. Apocynaceae (+ Asclepiadaceae) — 162. Gentianaceae
- 163. Loganiaceae — **XXIX. Rubiacinae** —
  - 174. Rubiaceae
  - 175. Caprifoliaceae —
- 164. Solanaceae — ? 165. Myoporaceae
- 167. Gesneraceae
- 168. Oleaceae
- 169. Bignoniaceae
- 170. Pedaliaceae
- 171. Acanthaceae
- 172. Verbenaceae — 173. Labiatae
- 176. Valerianaceae —
- 177. Dipsacaceae

- 151. Olacaceae —
- 150. Ebenaceae
- 157. Sapotaceae
- Rhaptopetaleae* —
  - 153. Styracaceae
  - 152. Alangiaceae
  - Teacineae* —
  - Olaceae* —
  - 154. Santalaceae —
  - 156. Loranthaceae
  - Opiliaceae*
- 155. Myzodendraceae

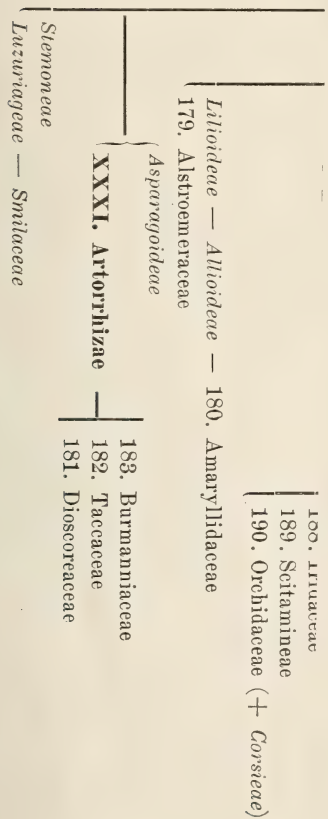


1a. *Prob*

b. *Lardizabaleae*    β. *Monoc*

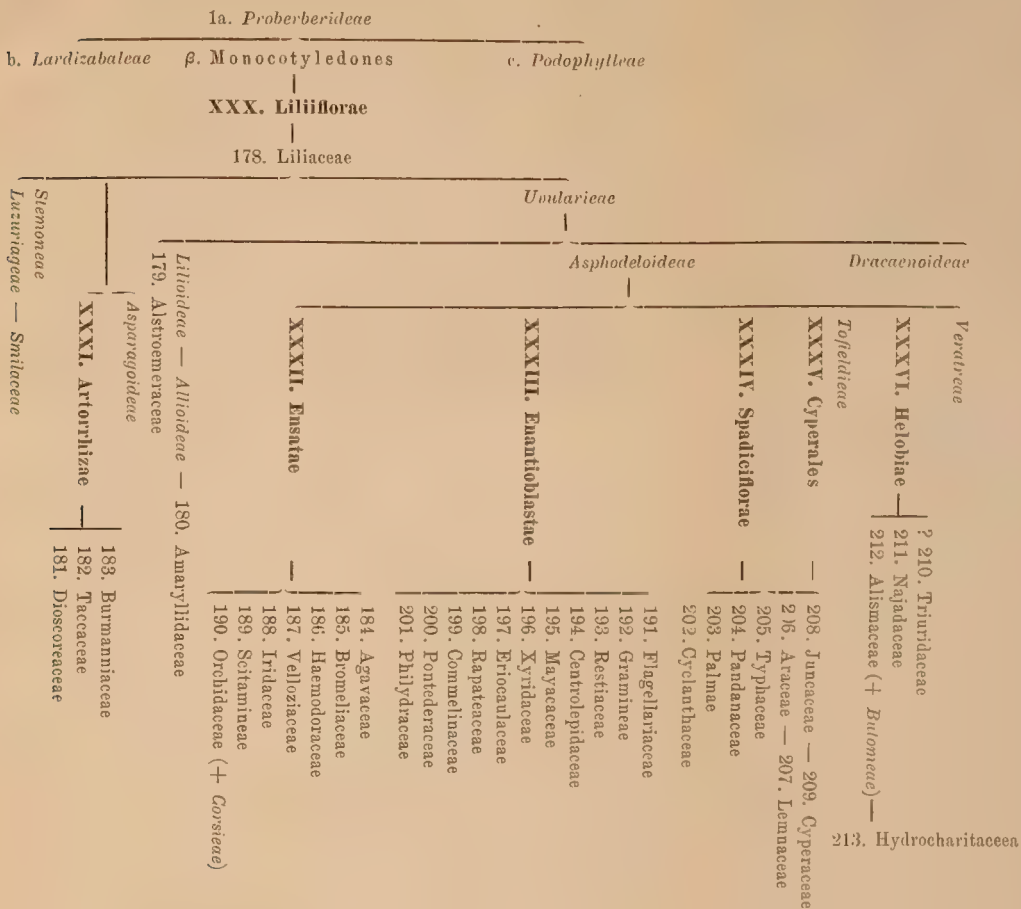
**XXX. 1**

178. ]





HANS HALLIER. Arbre généalogique des Angiospermes. VI. Monocotylédones.





1470















SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 01305 3319