

P. 192

N° 1—6 B I

JANVIER—JUN

1930

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE POLONAISE
DES SCIENCES ET DES LETTRES

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES
SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES (I)

CRACOVIE
IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ
1930



rcin.org.pl

Publié, par l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres, sous la direction de
M. S. Maziarski. (Cracovie, Institut d'Histologie de l'Université, rue Wielopole 15)

Nakładem Polskiej Akademji Umiejętności.
Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego pod zarządem Józefa Filipowskiego.

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE POLONAISE DES SCIENCES ET DES LETTRES
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES
SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES I

O dokładności metody baniek przy pomiarach fotosyntetycznych. — Sur la précision de la méthode de la numération des bulles dans les recherches de photosynthèse.

Mémoire

de M. F. **GÓRSKI**,

présenté dans la séance du 13 janvier 1930, par M. Wł. Szafer m. t.

I.

§ 1. Chez les plantes aquatiques submergées, l'oxygène, formé au cours de l'assimilation peut quitter la plante de deux manières: une partie se dissout directement des cellules dans l'eau, une autre se dégage sous forme de bulles, de la section de la tige. Ces bulles sont formées par un mélange d'oxygène (20–60%), d'azote (40–80%), auquel il faut ajouter des traces de dioxyde de carbone (env. 1.5%) et de vapeur d'eau¹⁾. Ces faits pouvaient à juste titre ébranler les résultats des recherches photosynthétiques obtenus en appliquant la méthode connue sous le nom de méthode de la numération des bulles et c'est la raison pour laquelle sa précision a fait à plusieurs reprises l'objet d'investigations spéciales²⁾, notamment de celles de Godlewski (3) et de Kniep (7). En partant des propriétés des gaz dissous dans l'eau, le premier de ces savants chercha à démontrer que le total³⁾ des volumes des bulles dégagées dans une unité de temps (dé-

¹⁾ Pour le mécanisme des échanges gazeux et la composition des bulles v. Devaux (2), Kniep (7), Górski (4).

²⁾ Mentionnons les travaux de Sachs (18), de Reinke (17), de Kohl (8) et de Pfeffer (15).

³⁾ Cette somme V est plus grande quand l'eau est sursaturée, plus petit lorsque l'eau contient peu de gaz atmosphériques et de dioxyde de carbone.

signé par V) est généralement différente du volume correspondant d'oxygène (désigné par O). Il s'ensuit que la méthode des bulles ne peut être employée dans le cas de mensurations absolues. Pareillement, lorsqu'il s'agit de mensurations relatives, Godlewski fit voir qu'à cause de la variabilité du rapport O/V , la méthode en question ne saurait donner de résultats parfaitement exacts. De ses recherches expérimentales, Kniep¹⁾ conclut à la possibilité d'employer la méthode des bulles seulement entre des limites très étroites.

Toutefois, des expériences décisives n'ayant pas été exécutées jusqu'à présent, il nous a paru utile d'étudier ce problème encore une fois. Le principe de nos recherches consistait à doser d'une part l'oxygène dissous dans l'eau et d'autre part à déterminer le volume et la composition chimique des bulles dégagées. Nous conservons la notation de Godlewski et nous désignons par:

O , le total de l'oxygène qui se dissout dans l'eau (w) et de l'oxygène contenu dans les bulles (t). $O = w + t$ représente par conséquent l'oxygène total formé au cours de l'assimilation dans une unité de temps; il est évalué en millimètres cubes par heure.

V , le volume de gaz, en mm^3 , dégagé par heure par la plante sous forme de bulles.

La comparaison de ces deux volumes de gaz ainsi définis, c'est-à-dire le rapport O/V nous permettra d'étudier la précision de la méthode des bulles²⁾.

Les expériences furent exécutées sur des pieds d'*Elodea canadensis* d'une longueur de 7—13 cm. On trouvera les détails relatifs à la technique des expériences à la fin de ce mémoire. Ici nous nous bornerons à observer que l'eau employée dans les expériences provenait d'un réservoir maintenu constamment à 20° C.

¹⁾ Kniep (7) p. 480.

²⁾ Sans entrer dans les détails de cette question, il faut néanmoins remarquer que, V étant plus petit que O , le rapport O/V constitue une mesure plus sensible et plus uniforme que le rapport inverse V/O , comme il est facile de le voir sur un exemple numérique. Si par ex. $O/V = 1.90$ et $O/V = 1.20$, la différence est égale à 0.70. Pour les rapports inverses nous avons les nombres $0.83 - 0.52 = 0.31$ et la différence s'exprime par un nombre absolu plus petit. Par contre le rapport $V/O.100$ a une signification très concrète: il indique le pourcent de O représenté par V . C'est la raison pour laquelle nous avons indiqué dans quelques tableaux la valeur $V/O.100$ à côté de celle de O/V .

au moyen d'un thermorégulateur. Cette précaution est très importante, car la quantité d'oxygène dégagée par les plantes et absorbée par l'eau, dépend de la teneur de l'eau en ce gaz et, pour obtenir des données comparables entre elles, il est nécessaire d'employer de l'eau contenant une proportion constante d'oxygène et d'azote. Le procédé le plus simple consiste à se servir d'eau maintenue pendant un certain temps à une température constante. On sait en effet que dans des conditions données de pression et de température, la concentration de l'oxygène ou de l'azote dissous dans l'eau atteint une valeur constante (loi de Henry). L'eau préparée de la sorte, n'étant ni sursaturée, ni privée de gaz, convient particulièrement aux recherches exécutées avec la méthode des bulles¹⁾.

Les intensités lumineuses (désignées dans la suite par *A*, *B*, *C*) auxquelles on exposait les plantes étaient au nombre de trois (forte, moyenne et faible) et leurs rapports d'intensités s'exprimaient par les nombres 4:2:1. La même plante était utilisée dans plusieurs expériences. L'eau, dont la température pendant les expériences était évidemment maintenue à 20° C, contenait 80 mg. de dioxyde de carbone par litre²⁾.

Les résultats des analyses au nombre de 301, sont réunis dans le tableau XI. Pour cause d'erreurs, on a dû éliminer 41 analyses (marquées d'un astérisque). Toutes les données relatives aux volumes des gaz ont été réduites à 760 mm. de pression et à 0° C.

II.

§ 2. Variabilité du rapport *O/V*. Les principaux résultats de nos recherches sont réunis dans le tableau I, nous allons toutefois les examiner à l'aide de tableaux plus détaillés.

Il suffit de jeter un coup d'oeil sur le tableau XI pour se rendre compte que la valeur du rapport *O/V* est très variable. En classant les analyses suivant la valeur du rapport *O/V* on

¹⁾ L'emploi d'eau sursaturée peut conduire à un dégagement de bulles (même dans l'obscurité) qui n'a rien à voir avec l'assimilation (Van Thieghem 22, Lecoq 10, Kniep 7). En se servant d'eau privée de gaz, des quantités considérables d'oxygène se dissolvent dans l'eau.

²⁾ Selon Bose (1) la concentration la plus favorable pour *Hydrilla verticillata*.

TABLEAU I. — Les principaux résultats.

1 groupe	2 inten. lum.	3 nombre d'analy- ses	4 moy. <i>O</i> mm ³	5 moy. <i>V</i> mm ³	6 moyenne <i>M</i> <i>O/V</i>	7 écart moyen du rap. <i>O/V</i>	8 <i>V/O.100</i>
A	4	86	345	216	1.61 ± 0.021	± 0.196	62.1
B	2	88	260	151	1.72 ± 0.018	± 0.167	58.1
C	1	86	183	101	1.81 ± 0.021	± 0.198	55.2
total	—	260	263	156	1.68 ± 0.013	± 0.203	59.5

obtient le tableau II et sur le graphique des fréquences correspondant on a trois courbes à un sommet, légèrement asymétriques, car les analyses avec un rapport *O/V* plus grand que la moyenne, sont un peu plus nombreuses.

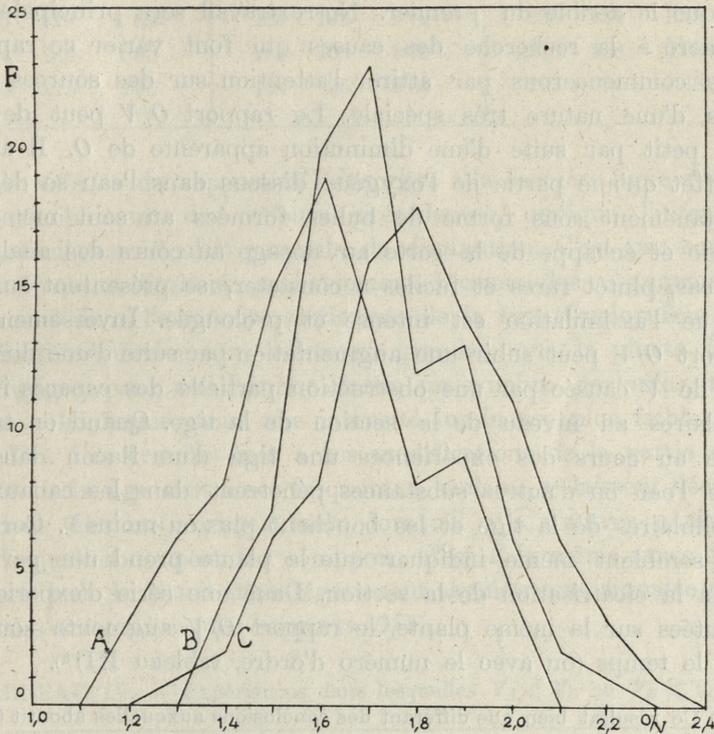
TABLEAU II. — Fréquences des rapports *O/V*.

groupe	rapport <i>O/V.100</i>												somme	
	115	125	135	145	155	165	175	185	195	205	215	225		235
A		3	6	8	15	19	14	8	9	4				86
B				4	7	20	23	12	13	6	2	1		88
C			1	2	6	8	16	18	14	11	6	3	1	86
total		3	7	14	28	47	53	38	36	21	8	4	1	260
<i>V/O.100</i>	87.0		74.0		64.5		57.1		51.3		46.5		42.5	

Les résultats du tableau I et II peuvent être résumés comme suit:

1. Le rapport *O/V* est toujours supérieur à l'unité, la moyenne générale étant 1.68. Il s'ensuit que le volume de gaz dégagé sous forme de bulles ne représente qu'une partie (43—83%, dans la plupart des cas 55—70%) de l'oxygène total formé au cours de l'assimilation. Des quantités considérables de ce gaz vont se dissoudre directement des cellules dans l'eau. C'est un fait que la structure des feuilles permettait de prévoir. Les cellules n'entrent

en contact avec les espaces intercellulaires que sur une surface relativement restreinte, et, par conséquent, une partie seulement de l'oxygène formé, pénètre dans les espaces intercellulaires, le reste se dissout dans l'eau.



Graphique 1 (tableau II) représentant les fréquences F des rapports O/V pour les trois groupes A, B, C .

2. $M_A < M_B < M_C$ [colonne 6, tabl. I]. La quantité d'oxygène qui se dissout dans l'eau est relativement d'autant plus petite que le dégagement des bulles est plus intense. En effet, quand l'assimilation est énergique, il se forme rapidement autour de la plante une couche d'eau saturée d'oxygène qui s'oppose à la pénétration de nouvelles quantités de ce gaz. Par contre la concentration de l'oxygène du côté des espaces intercellulaires restant à peu près constante, le dégagement de ce gaz sous forme de bulles est rendue

plus facile. Pour de faibles lumières, la plante en dégage donc relativement trop peu¹⁾.

3. Comme il résulte de la colonne 7 (tabl. I), la dispersion ou les variations des valeurs du rapport O/V sont considérables. Le rapport O/V oscille entre 1.2 et 2.3, ce dernier nombre étant presque le double du premier. Notre travail sera principalement consacré à la recherche des causes qui font varier ce rapport. Nous commencerons par attirer l'attention sur des sources d'erreurs d'une nature très spéciale. Le rapport O/V peut devenir plus petit par suite d'une diminution apparente de O . Il arrive en effet qu'une partie de l'oxygène dissous dans l'eau se dégage spontanément sous forme de bulles formées au sein même du liquide et échappe de la sorte au dosage au cours des analyses. Ces cas, plutôt rares et faciles à constater, se présentent surtout lorsque l'assimilation est intense et prolongée. Inversement, le rapport O/V peut subir une augmentation par suite d'une diminution de V causée par une obstruction partielle des espaces intercellulaires au niveau de la section de la tige. Quand on transporte au cours des expériences une tige d'un flacon dans un autre, l'eau ou d'autres substances pénètrent dans les canaux intercellulaires de la tige et les bouchent plus ou moins²⁾. Certains faits semblent même indiquer que la plante prend une part active à la cicatrisation de la section. Dans une série d'expériences exécutées sur la même plante, le rapport O/V augmente souvent avec le temps (ou avec le numéro d'ordre, tableau III)³⁾.

¹⁾ Ce résultat bien que différant des conclusions auxquelles aboutit Godlewski (et Pfeffer 15, p. 57), ne porte aucunement atteinte à la conception générale de celui-ci. Il ne fait que montrer que les conditions des échanges gazeux entre la plante et l'eau saturée normalement d'air, se rapprochent plus des conditions observées pour l'eau privée de gaz que pour l'eau sursaturée. Notre résultat confirme l'opinion émise par Kniep (7, p. 481).

²⁾ Selon Bose (1, chap. 3), une heure suffit pour arrêter le dégagement des bulles d'une feuille de *Vallisneria* par suite de la formation d'un dépôt de mucilage au niveau de la section. Devaux (2, p. 103), en plaçant un rameau de *Potamogeton* successivement dans une solution aqueuse de CO_2 et dans de l'eau bouillie, a pu voir »même simplement à la loupe, l'eau pénétrer directement par la section des canaux et courir rapidement dans ceux-ci en remplaçant les gaz«.

³⁾ Cette observation est confirmée par le fait que les tiges d'*Elodea* qui dégagent des bulles un jour, cessent de le faire le lendemain, à moins de pratiquer une nouvelle section.

TABLEAU III. — Influence du temps sur le rapport O/V .

N° 152-4			N° 155-7			N° 158-60		
O	V	O/V	O	V	O/V	O	V	O/V
225	119	1.89	188	109	1.72	235	131	1.79
226	122	1.85	184	108	1.70	240	109	2.20
230	113	2.03	194	95	2.04	233	94	2.48

Les valeurs du rapport O/V inscrites à la dernière ligne s'écartent sensiblement des valeurs précédentes, quoique l'intensité de l'assimilation O n'ait pas subi de diminution. C'est par conséquent V qui a diminué, probablement à cause des changements intervenus dans l'extrémité sectionnée de la tige. Quelquefois ces modifications deviennent tellement grandes, que la plante finit par dégager, pour une lumière forte, un nombre de bulles inférieur à celui formé pour une intensité lumineuse plus faible (tableau IV). Les erreurs dues à ces modifications de la partie sectionnée de la tige sont assez fréquentes, mais ne se laissent décèler que dans des cas exceptionnels, lorsqu'il y a d'autres analyses avec lesquelles on peut les comparer. C'est à la même cause qu'il faut attribuer la distribution légèrement asymétrique, signalée plus haut, des fréquences des rapports O/V .

TABLEAU IV. — Expériences dans lesquelles $V_A < V_B$ ou $V_B < V_C$.

inten. lum.	N° 44-6			inten. lum.	N° 210-13			inten. lum.	N° 96-7		
	O	V	O/V		O	V	O/V		O	V	O/V
A	182	125	1.45	B	362	225	1.61	C	144	96	1.50
B	165	105	1.57	B	307	190	1.62	B	231	94	2.46
A	186	102	1.82	A	385	220	1.75				
				A	350	173	2.02				

Bien que dans la plupart des cas $(O/V)_A < (O/V)_B < (O/V)_C$, il y a cependant des analyses pour lesquelles c'est l'inverse qui a lieu. (N° 9, 13, 14, 36, 67, 94, 100, 108, 120, 124, 216, 222,

226, 238, 240, 249, 267, 281, 288, 299, 301). Ces anomalies peuvent provenir, en partie du moins, des erreurs d'expériences au sens stricte du mot (erreurs de mensurations) et ne sauraient constituer à elles seules la preuve d'une obstruction des canaux intercellulaires. Il y a enfin quelques plantes pour lesquelles le rapport O/V est constant (N° 38—40, 104—106).

Nous voulons encore attirer l'attention sur une autre source d'erreurs. Les espaces intercellulaires contiennent dans l'obscurité de l'air, donc de l'oxygène. Or cet oxygène qui, remarquons le, n'a rien à voir avec l'oxygène photosynthétique, est entraîné avec ce dernier au cours du dégagement des bulles. Par conséquent, on ne devrait pas en tenir compte lorsqu'on dose O (intensité de l'assimilation). Toutefois il ne faut pas le retrancher de V qui, par définition, est le volume de gaz dégagé sous forme de bulles. On peut objecter à ce raisonnement qu'à la fin des expériences, cette quantité d'oxygène qui a pénétré des cellules dans les méats, mais qui n'a eu le temps de s'échapper sous forme de bulles, n'est pas dosée au cours des analyses. Il se fait ainsi une sorte de compensation. Cette objection est toutefois sans fondement, car dans l'obscurité l'égalisation des différences de concentration entre l'eau et les méats s'opère très rapidement, surtout lorsqu'on agite la plante ou l'eau¹⁾. Or c'est ce qui a lieu précisément à la fin de chaque expérience lorsqu'on ouvre le flacon et qu'on en retire la plante. Une partie donc de l'oxygène des méats passe dans l'eau et devient dosée. Tout compte fait, on trouve O trop grand et V trop petit. Il est facile de voir que l'erreur qui en résulte décroît à mesure que l'expérience se prolonge et que l'activité assimilatrice de la plante est plus intense. Aussi longtemps que le volume des espaces intercellulaires reste inconnu, il est impossible d'évaluer la grandeur de l'erreur que l'on vient d'examiner. Selon Devaux²⁾, chez *Elodea canadensis* le volume des espaces intercellulaires constitue 3% du volume total de la plante. Nous espérons élucider prochainement cette question.

§ 3. Influence de l'intensité d'assimilation sur le rapport O/V . En représentant graphiquement les données des colonnes 5 et 6 du tableau I, on obtient trois points situés approximativement sur une ligne droite. Un examen plus détaillé de la relation entre O/V et V confirme ce résultat (tableau V et graphique 2)³⁾.

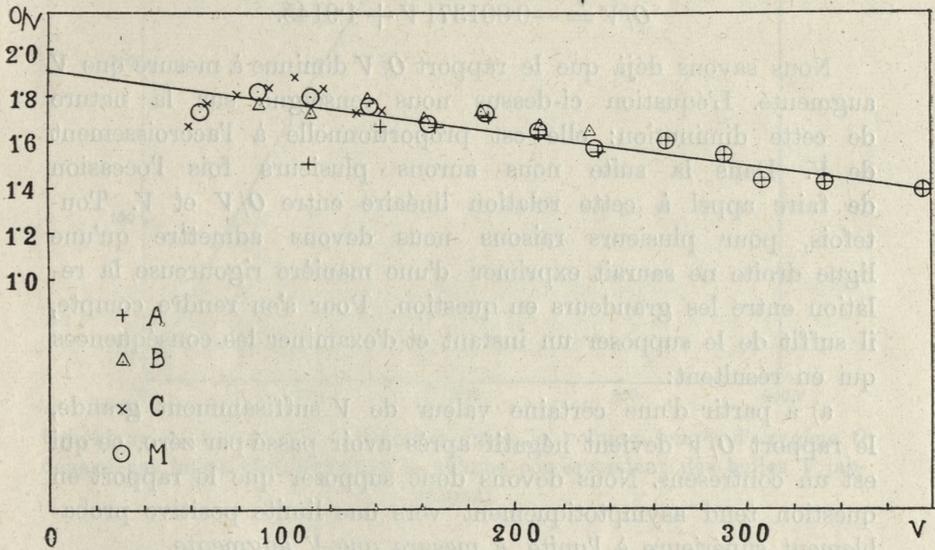
¹⁾ Kniep (7) p. 481—90.

²⁾ Devaux (2) p. 159.

³⁾ Dans le graphique, les moyennes O/V du groupe C ont été calculées pour des classes de V dont les intervalles mesuraient la moitié de ceux du tableau V.

TABLEAU V. — Fréquences (n) de V et moyennes O/V .

N° de classe:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		V = volume des bulles (mm ³) par heure												
groupe:		50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
A	n			3	4	15	17	16	10	7	5	5	3	1
	O/V			1.51	1.67	1.66	1.71	1.63	1.55	1.60	1.54	1.43	1.42	1.40
B	n		8	19	15	20	15	8	3					
	O/V		1.76	1.72	1.78	1.70	1.73	1.67	1.65					
C	n	11	35	28	11	1								
	O/V	1.73	1.82	1.86	1.73	1.84								
total	n	11	43	50	30	36	32	24	13	7	5	5	3	1
	O/V	1.73	1.81	1.79	1.75	1.68	1.72	1.64	1.57	1.60	1.54	1.43	1.42	1.40
	$V/O.100$	57.8	53.3	55.9	57.2	59.5	59.1	61.1	63.4	62.5	64.9	70.0	70.4	71.4
	O	113	163	200	242	274	323	346	371	425	448	439	474	526



Graphique 2 — représentant la relation entre le rapport O/V (ordonnées) et le volume V des bulles (abscisses) pour chaque groupe A , B , C pris séparément et pour les trois groupes réunis (M).

1. Les valeurs de V des groupes A , B , C sont compris dans des intervalles de plus en plus courts. La nécessité d'une distri-

bution pareille devient évidente, si l'on remarque que les courbes représentant V en fonction de l'intensité lumineuse convergent vers l'origine des axes du système (voyez le graphique 4).

2. Les moyennes O/V des classes V , pour chacun des groupes A, B, C pris séparément, décroissent à mesure que V augmente. L'anomalie présentée par le groupe C sera discutée plus loin. Pour une même classe de V , les valeurs des rapports O/V sont rapprochées et nous avons là une preuve que la valeur absolue de V constitue le facteur essentiel modifiant le rapport O/V . Cette circonstance nous autorise à calculer les moyennes pour les groupes A, B, C pris ensemble. Les valeurs du rapport O/V pour les classes extrêmes sont 1.8 et 1.4 environ. Le second nombre est de 22% plus petit que le premier.

3. Les moyennes du rapport O/V résultant de la réunion des groupes, sont situées, avec une approximation suffisante, sur une droite. Son équation, ajustée par la méthode des moindres carrés, s'écrit:

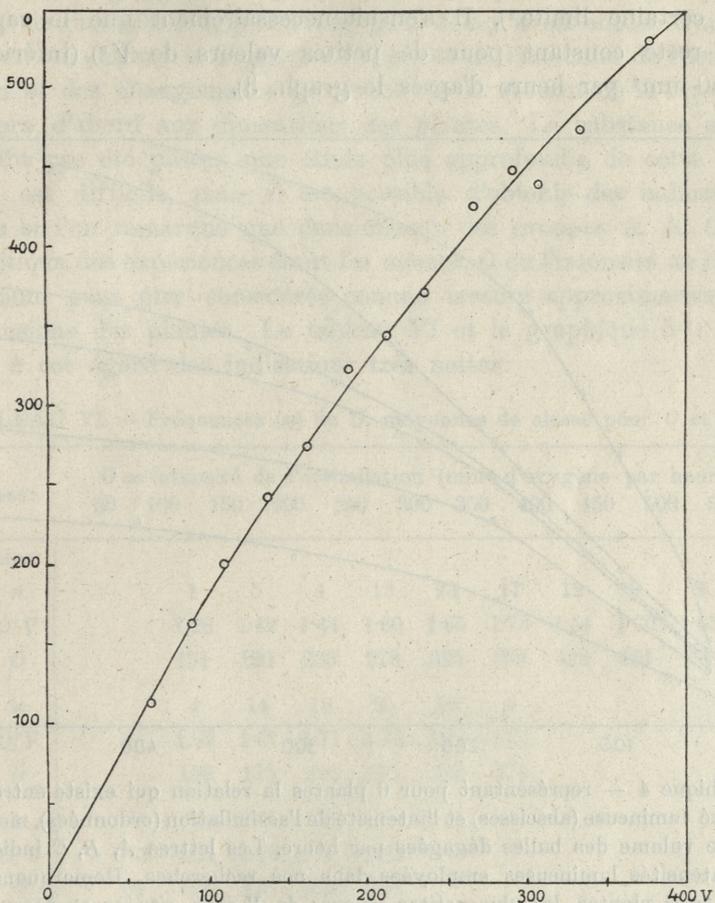
$$O/V = -0.001371 V + 1.9145.$$

Nous savons déjà que le rapport O/V diminue à mesure que V augmente. L'équation ci-dessus nous renseigne sur la nature de cette diminution: elle est proportionnelle à l'accroissement de V . Dans la suite nous aurons plusieurs fois l'occasion de faire appel à cette relation linéaire entre O/V et V . Toutefois, pour plusieurs raisons nous devons admettre qu'une ligne droite ne saurait exprimer d'une manière rigoureuse la relation entre les grandeurs en question. Pour s'en rendre compte, il suffit de le supposer un instant et d'examiner les conséquences qui en résultent:

a) à partir d'une certaine valeur de V suffisamment grande, le rapport O/V devient négatif après avoir passé par zéro, ce qui est un contresens. Nous devons donc supposer que le rapport en question tend asymptotiquement vers une limite positive probablement supérieure à l'unité, à mesure que V augmente.

b) pour $V=0$, on calcule de l'équation $O/V=1.91$. Certains faits semblent cependant indiquer que le rapport O/V demeure constant, tant que les valeurs de V ne dépassent pas une certaine limite. Dans le graphique 3, on a représenté la relation qui lie O et V (tableau V, dernière ligne). La courbe, pour de petites va-

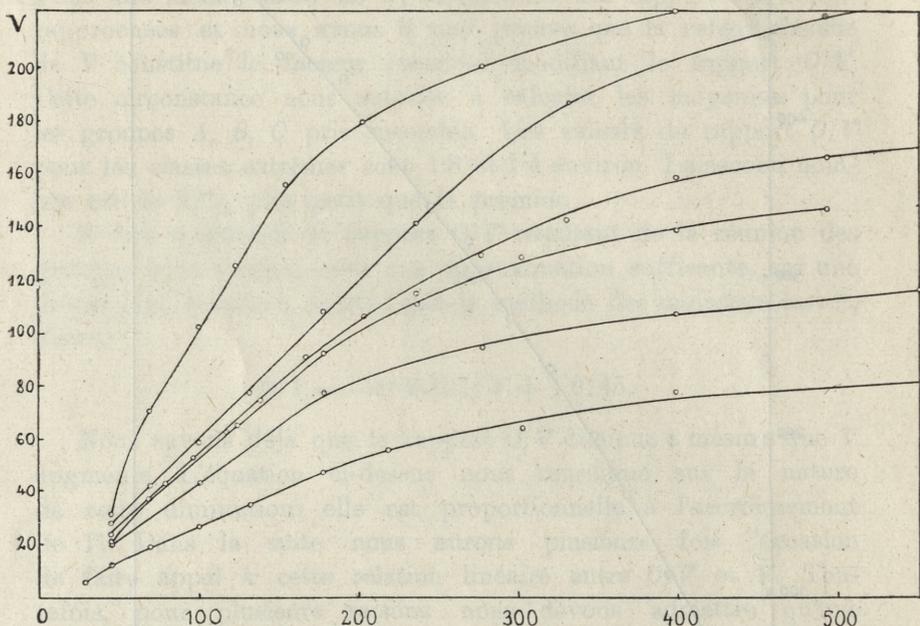
leurs de V , prend la forme d'une droite passant par l'origine des axes; c'est là une preuve de la proportionnalité entre O et V .



Graphique 3 — montrant la relation entre le volume (mm^3) d'oxygène O dégagé par heure (ordonnées) et le volume correspondant des bulles V (abscisses).

D'autres observations encore peuvent être invoquées à l'appui de cette thèse. Dans un graphique représentant la relation qui existe entre l'intensité lumineuse et le nombre des bulles (ou V), on voit des courbes qui passent par l'origine des axes et qui sont rectilignes

pour de faibles lumières (graphique 4)¹⁾. Or, d'autres méthodes ont permis d'établir que l'intensité de l'assimilation est proportionnelle à l'intensité lumineuse, tant que celle-ci ne dépasse pas une certaine limite²⁾. Il s'ensuit nécessairement que le rapport O/V reste constant pour de petites valeurs de V ³⁾ (inférieures à 150 mm^3 par heure d'après le graph. 3).



Graphique 4 — représentant pour 6 plantes la relation qui existe entre l'intensité lumineuse (abscisses) et l'intensité de l'assimilation (ordonnées), mesurée par le volume des bulles dégagées par heure. Les lettres *A*, *B*, *C* indiquent les intensités lumineuses employées dans nos recherches. Remarquons que pour trois plantes, les plus petites valeurs de V sont situées au-dessous du prolongement rectiligne de la courbe.

¹⁾ Comparez le tracé analogue des courbes chez Bose (1): fig. 7 et 59, tableau 36. Par contre, les courbes de la fig. 8 ne passent pas par l'origine des axes, ce qu'il faut probablement attribuer à l'emploi d'eau insuffisamment saturée d'air (chap. 2).

²⁾ Comp. Stiles (20), Spoehr (19), Warburg (23).

³⁾ Toutefois, pour des intensités lumineuses très faibles, le rapport O/V tend à l'infini, car la totalité ou à peu près, de l'oxygène se dissout dans l'eau ($V=0$). Les courbes du graphique 4 donnent à cet égard une indication. Dans certaines, pour de très faibles intensités de l'assimilation, le

§ 4. Influence des dimensions de la plante. Dans le graphique 2, les moyennes du groupe *C* sont légèrement supérieures à celles du groupe *B* et celles-ci aux moyennes du groupe *A*. Cette circonstance suggère l'idée qu'il doit y avoir encore d'autres facteurs modifiant le rapport O/V à côté de l'intensité de l'assimilation et des changements au niveau de la section de la tige. On pensera d'abord aux dimensions des plantes. La substance sèche n'ayant pas été pesée, une étude plus approfondie de cette question est difficile, mais il est possible d'obtenir des indications utiles si l'on remarque que dans chacun des groupes *A*, *B*, *C*, les conditions des expériences étant les mêmes, O ou l'intensité de l'assimilation, peut être considérée comme mesure approximative des dimensions des plantes. Le tableau VI et le graphique 5¹⁾ donnent à cet égard des indications très nettes:

TABLEAU VI. — Fréquences (n) de O , moyennes de classe pour O et O/V .

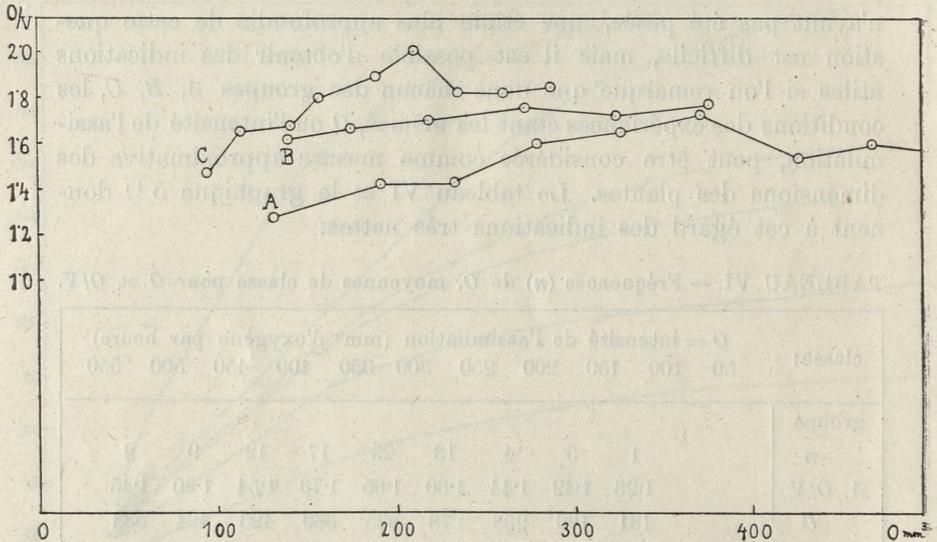
classe:	$O =$ intensité de l'assimilation (mm ³ d'oxygène par heure)										
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
groupe											
<i>n</i>		1	5	4	13	23	17	12	9	2	
<i>A</i> O/V		1.28	1.42	1.44	1.60	1.65	1.73	1.54	1.60	1.45	
O		131	190	233	278	325	369	423	464	538	
<i>n</i>		4	14	18	25	18	9				
<i>B</i> O/V		1.62	1.67	1.71	1.76	1.72	1.77				
O		139	175	218	271	322	374				
<i>n</i>		5	15	35	28	8					
<i>C</i> O/V		1.48	1.67	1.86	1.91	1.82					
O		96	128	178	223	268					

1. Le rapport O/V croît à mesure que O augmente. Une plante de grandes dimensions cède relativement plus d'oxygène à l'eau

point correspondant est situé au-dessous du prolongement rectiligne de la courbe. Il faut l'attribuer à une pression trop petite des gaz dans les espaces intercellulaires pour dégager plus abondamment les bulles.

¹⁾ Dans le graphique, les moyennes O/V du groupe *C* ont été calculées pour des classes de V dont les intervalles mesuraient la moitié de ceux du tableau VI.

qu'une plante petite. C'est dans la structure de la tige qu'il faut chercher l'explication de ce fait. Le gaz qui circule dans les espaces intercellulaires doit surmonter les frottements avec les parois et se frayer un passage à travers les noeuds. Or, comme la résistance présentée par les parois ou les noeuds croît rapidement avec leur longueur ou leur nombre, une pression plus élevée dans

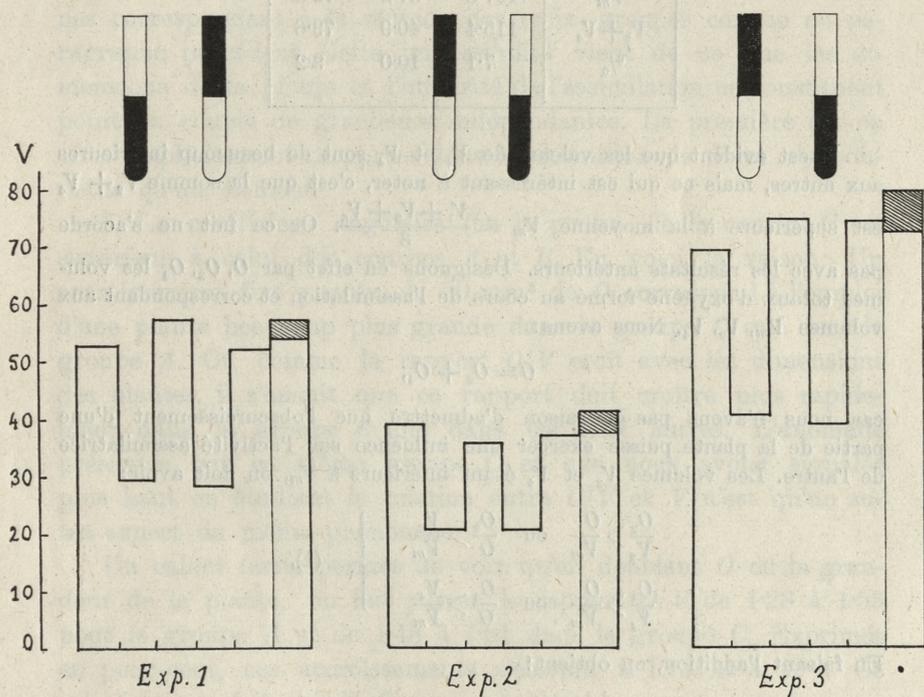


Graphique 5 — montrant la relation entre le rapport O/V (ordonnées) et l'intensité de l'assimilation (O mm³ par heure) ou la grandeur de la plante.

les espaces intercellulaires est nécessaire pour faire circuler les gaz dans une plante de fortes dimensions. Cette hausse de pression entraîne à son tour une diffusion plus grande de l'oxygène dans l'eau¹⁾.

¹⁾ Les moyennes O/V correspondant aux valeurs les plus élevées de O dans les groupes A et C dérogent à cette règle, sans qu'il nous soit possible d'en indiquer la raison avec précision. L'hétérogénéité du matériel employé aux expériences en est peut-être la cause. On rencontre deux variétés d'*Elodea canadensis*, l'une avec des feuilles longues, pointues, groupées en verticilles écartés, l'autre avec des feuilles courtes, obtuses et des verticilles serrés. Il nous semble que le pouvoir assimilateur de ces deux variétés est différent. Les plantes employées dans nos recherches appartenaient principalement à la seconde variété.

On peut à l'appui de cette explication citer l'expérience suivante: on place dans un tube à essai étroit une tige dont on a enlevé le sommet et dont on a bouché la section inférieure avec un peu de vaseline. Après avoir déterminé l'intensité de l'assimilation V pour la plante entière, on place dans l'obscurité la moitié inférieure (ou supérieure) de la plante au moyen d'un rouleau en carton noir qu'on fait glisser sur le tube à essai et on détermine V . On répète l'expérience, la partie supérieure (ou inférieure) venant cette fois à être obscurcie et pour finir on détermine V pour la plante entière. On obtient de la sorte 5 valeurs de V dont trois (V_1, V_3, V_5) correspondent à l'éclairage complet et deux (V_2, V_4) à l'obscurité partielle¹⁾. Dans le tableau suivant et dans le graphique 6 on a réunis les résultats de trois expériences.



Graphique 6 — (tableau VII) montrant l'influence exercée par l'obscurcissement de la moitié de la plante sur le volume de gaz dégagé sous forme de bulles (mm^3 par heure). Le dernier rectangle de chaque expérience représente $V_3 + V_4$ et V_m . La différence est couverte de hachures. Les tubes à essai au dessus de V_2 et de V_4 indiquent quelle moitié de la plante a été obscurcie.

¹⁾ On mesura V au moyen d'un microeudiomètre employé dans un travail antérieur et permettant de mesurer les volumes avec grande précision.

TABLEAU VII¹⁾.

Exp. N ^o :	1	2	3
V_1	105.3	39.0	60.0
V_2	58.6	20.6	40.5
V_3	114.0	35.7	74.5
V_4	56.8	20.3	39.1
V_5	104.0	36.8	73.5
V_m	107.8	37.2	72.3
$V_2 + V_4$	115.4	40.9	79.6
%	7.1	10.0	9.2

Il est évident que les valeurs de V_2 et V_4 sont de beaucoup inférieures aux autres, mais ce qui est intéressant à noter, c'est que la somme $V_2 + V_4$ est supérieure à la moyenne $V_m = \frac{V_1 + V_3 + V_5}{3}$. Or ce fait ne s'accorde pas avec les résultats antérieurs. Désignons en effet par O, O_2, O_4 les volumes totaux d'oxygène formé au cours de l'assimilation et correspondant aux volumes V_m, V_2, V_4 . Nous avons:

$$O = O_2 + O_4,$$

car nous n'avons pas de raison d'admettre que l'obscurcissement d'une partie de la plante puisse exercer une influence sur l'activité assimilatrice de l'autre. Les volumes V_2 et V_4 étant inférieurs à V_m , on doit avoir:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{O_2}{V_2} > \frac{O}{V_m} \quad \text{ou} \quad \frac{O_2}{O} > \frac{V_2}{V_m} \\ \frac{O_4}{V_4} > \frac{O}{V_m} \quad \text{ou} \quad \frac{O_4}{O} > \frac{V_4}{V_m} \end{array} \right\} (1).$$

En faisant l'addition, on obtient:

$$\frac{O_2 + O_4}{O} > \frac{V_2 + V_4}{V_m} \quad \text{ou} \quad 1 > \frac{V_2 + V_4}{V_m} \quad \text{ou} \quad \text{enfin} \quad V_m > V_2 + V_4.$$

En réalité on a $V_m < V_2 + V_4$. Il faudrait en conclure que les inégalités (1) sont erronées et que pour une assimilation intense, la plante dégage relative-

¹⁾ La dernière ligne du tableau indique la différence $V_2 + V_4 - V_m$, exprimée en pour-cent de V_m . Dans le graphique 6, l'échelle de V de la première expérience est deux fois plus petite que celle des deux autres expériences.

ment plus d'oxygène dans l'eau contrairement à ce qui a été dit au § 2. La contradiction entre cette conclusion et les résultats des mesures directes s'explique sans difficulté. Quand par exemple la partie supérieure de la plante est obscurcie, le gaz formé dans la moitié inférieure n'est pas entravé dans sa circulation par le gaz qui serait dégagé dans la partie supérieure. Il circule donc plus librement et plus lentement et peut s'échapper sous forme de bulles en quantités relativement plus abondantes.

2. Les valeurs de O sont distribuées d'une manière analogue à celle de V (§ 3, 1), mais les moyennes du groupe C étant beaucoup plus élevées que celles du groupe B et celles-ci que les moyennes du groupe A , il n'est pas possible de calculer les moyennes correspondant à la réunion des trois groupes comme au paragraphe précédent. Cette impossibilité vient de ce que les dimensions de la plante et l'intensité de l'assimilation ne constituent point un couple de grandeurs indépendantes. La première est en effet implicitement comprise dans la définition de V et n'y constitue qu'un élément.

3. Le coefficient angulaire (ou la pente) de la courbe C est supérieur à celui des courbes A et B . En voici la raison: Un accroissement fixe par ex. de 50 mm^3 de O correspond à l'emploi d'une plante beaucoup plus grande dans le groupe C que dans le groupe A . Or, comme le rapport O/V croît avec les dimensions des plantes, il s'ensuit que ce rapport doit croître plus rapidement dans le groupe C que dans les deux autres. L'anomalie présentée par ce même groupe C et que nous avons signalée plus haut en étudiant la relation entre O/V et V n'est qu'un autre aspect du même phénomène.

Un calcul facile permet de voir qu'en doublant O ou la grandeur de la plante, on fait passer le rapport O/V de 1.28 à 1.53 pour le groupe A et de 1.48 à 1.81 dans le groupe C . Exprimés en pour-cent, ces accroissements s'élèvent à 19.5 et à 22.0. Ce calcul mieux fait voit l'influence considérable exercée par la grandeur de la plante sur le rapport O/V .

§ 5. Nous venons de dire que les dimensions de la plante et l'intensité de l'assimilation ne forment pas un couple de grandeurs indépendantes. On peut éviter cette inconséquence en entendant par intensité de l'assimilation non plus, comme jusqu'à présent le volume absolu de gaz (ou d'oxygène), mais ce volume rapporté aux dimensions de la plante (poids sec, longueur, nom-

bre de feuilles etc.). Prise dans ce sens, l'intensité de l'assimilation et les dimensions de la plante agissent en sens contraire sur le rapport O/V . La première de ces variables tend à diminuer ce rapport, la seconde à l'augmenter. Les résultats de nos recherches peuvent être résumés comme suit:

1. Le rapport O/V est variable, mais toujours supérieur à l'unité (1.7 en moyenne).

2. Le rapport O/V décroît à mesure que l'intensité de l'assimilation augmente, les différences peuvent atteindre 20%.

3. Dans de mêmes conditions le rapport O/V est plus élevé pour des plantes dont les dimensions sont plus grandes. En doublant la grandeur de la plante on augmente la valeur du rapport O/V de 20%.

4. Le rapport O/V dépend de la nature de la section de la tige et peut subir un changement (généralement une augmentation) par suite des modifications survenues au niveau de la section de la tige.

On retrouve évidemment les résultats ci-dessus en calculant les coefficients de corrélation entre O , V , et O/V .

TABLEAU VIII. — Coefficients de corrélation.

groupe:	Corrélation entre:		
	O et V	O/V et O	O/V et V
A	+0.844±.031	+0.192±.138	-0.315±.097
B	+0.918±.017	+0.175±.103	-0.177±.103
C	+0.883±.024	+0.425±.088	+0.002±.108

La première colonne doit évidemment montrer une corrélation très étroite entre O et V . Dans la seconde colonne, on remarque la valeur assez élevée du coefficient du groupe C , dont la contre-partie nous est donnée par l'absence de corrélation entre O/V et V . Ce résultat est l'expression statistique de la dépendance du rapport O/V des dimensions de la plante et de la constance du rapport O/V pour de petites valeurs de V (§ 3, 3). La valeur plus élevée du coefficient de corrélation entre O/V et V pour le groupe A , en comparaison du groupe B , est d'accord avec les résultats exposés plus haut.

III.

Conséquences relatives à la précision de la méthode.

§ 6. Mesures absolues. La valeur du rapport O/V dépassant sensiblement l'unité (1.68 en moyenne), il s'ensuit que V ou le

volume de gaz dégagé sous forme de bulles dans une unité de temps, représente à peine 50—70% de l'oxygène total formé au cours de l'assimilation. »Ce n'est que dans des conditions exceptionnelles que la numération des bulles ou la mensuration du volume des gaz s'échappant de la section de la plante peut donner une mesure absolue de la vitesse de l'assimilation¹⁾. Les nombres que nous venons de trouver permettent toutefois d'évaluer approximativement la quantité d'oxygène dégagé lorsqu'on connaît V . Il suffit de multiplier V par un coefficient dont la valeur dépend d'abord des conditions des expériences (température, degré de saturation de l'eau par l'air), puis de l'intensité de l'assimilation et des dimensions de la plante. Mais du point de vue de la technique des expériences, il est préférable de ne pas séparer ces dernières grandeurs et de prendre l'intensité de l'assimilation dans le sens de volume absolu dégagé par unité de temps.

TABLEAU IX. — Relation entre V et O .

1 N° classe	2 V mm ³	3 O/V	4 écart moy. d. rap. O/V	5 O mm ³	6 erreur relative de O en %
1	65	1.73	±0.27	113 ±17	15.0
2	90	1.81	±0.23	163 ±21	12.7
3	112	1.78	±0.15	200 ±17	8.4
4	138	1.75	±0.17	242 ±23	9.5
5	163	1.68	±0.19	274 ±32	11.6
6	188	1.72	±0.16	323 ±31	9.5
7	211	1.64	±0.16	346 ±34	9.9
8	236	1.57	±0.15	371 ±35	9.4
9	266	1.60	±0.16	425 ±41	9.7
10	291	1.54	±0.08	448 ±24	5.3
11	307	1.43	±0.06	439 ±18	4.0

¹⁾ Godlewski 3, page 36. Par »conditions exceptionnelles«, il faut entendre l'emploi d'eau sursaturée d'oxygène.

Le tableau au-dessus (IX) permet de juger à quel point cette simplification est justifiée ¹⁾.

1. L'erreur relative (colonne 6) diminue à mesure que V augmente. Cette tendance à décroître résulte du fait que les classes correspondant aux valeurs peu élevées de V , comprennent des plantes très différentes quant à leurs dimensions. Ainsi par exemple la classe 4 comprend les plantes petites, moyennes et grandes des groupes A , B , C .

2. L'erreur relative est néanmoins assez constante, surtout si l'on ne tient pas compte des données extrêmes pour lesquelles d'ailleurs le nombre d'analyses est restreint. La moyenne s'élève à 9.6 et il faut remarquer que dans ce nombre sont compris également les erreurs d'expériences qui n'ont rien à voir avec les variations réelles du rapport O/V . C'est évidemment le degré de précision désirée qui doit décider de la possibilité d'appliquer ce procédé. Toutefois, même si une précision plus grande était nécessaire, il serait possible d'obtenir des données plus sûres en prenant la moyenne de plusieurs mensurations.

3. Pour pouvoir utiliser les données du tableau IX, il faut les ajuster convenablement. L'ajustement se fait très simplement, sans longs calculs, au moyen de la parabole

$$O = 1.9145 V - 0.001371 V^2$$

qu'on obtient immédiatement de l'équation de la droite du § 2. Un segment de l'arc parabolique a été tracé sur le graphique 3 et l'on peut s'assurer que l'ajustement est tout à fait suffisant.

§ 7. Mesures relatives. Le rapport O/V n'étant pas constant, il ne saurait être question d'une proportionnalité entre O et V . Les valeurs élevées de V sont relativement trop grandes en comparaison des valeurs plus petites (ou inversement les petites valeurs de V sont relativement trop petites par rapport aux gran-

¹⁾ Le tableau IX réclame peut-être une courte explication. Les colonnes 5 et 3 (sans les erreurs moyennes) sont identiques avec la 10-ème (la dernière) et la 8-ème ligne du tableau V. La colonne 4 indique l'erreur moyenne d'une analyse (racine carrée de la somme des carrés des écarts divisée par $n-1$, c'est-à-dire par le nombre des analyses moins l'unité). Les nombres de la colonne 5 sont les produits des colonnes 2×3 et 2×4 . La dernière colonne indique l'erreur moyenne de O exprimée en pour-cent de O (par ex. $15:100 = 17:113$).

des valeurs de V)¹⁾. Le tableau V ou IX permet d'évaluer la grandeur des écarts qui résultent de la variabilité du rapport O/V . Comparons deux classes extrêmes (1 et 12):

$$\frac{O_0}{V_0} = \frac{113}{65} = 1.73 \quad \frac{O_1}{V_1} = \frac{474}{334} = 1.42$$

et calculons la valeur (désignons la par V_1^*) que devrait avoir V_1 pour que le rapport O_1/V_1 devienne égal au rapport O_0/V_0

$$\frac{O_0}{V_0} = \frac{474}{V_1^*} = 1.73 \quad \text{et} \quad V_1^* = 274.$$

La différence $V_1 - V_1^* = 60$ équivaut à 12.5 p. 100 du nombre 334; c'est donc une erreur assez considérable.

Mais une objection se présente. Dans le calcul qu'on vient de faire, on compare des plantes différentes. En effet, les plantes qui sont comprises dans la classe 1, ne sont pas nécessairement les mêmes que celles qui forment la classe 12. Pour écarter les incertitudes il faut comparer uniquement les valeurs de V_0 et de V_1 qui se rapportent aux mêmes plantes. C'est en s'inspirant de ce principe qu'on a dressé le tableau X. On y voit des groupes de trois nombres. Le premier (empirique) indique le volume, exprimé en pour-cent de V_1 , qu'il faut retrancher de V_1 , (supposé plus grand que V_0), pour que le rapport O_1/V_1 devienne égal au rapport O_0/V_0 . Les taux ont été calculés à l'aide des valeurs de V_0 et de V_1 qui entrent dans la classe considérée et qui se rapportent aux mêmes plantes. Le troisième nombre de chaque groupe indique le nombre de couples de valeurs V_0 et V_1 qui entrent dans la classe considérée. Le second nombre (ajusté) a la même signification que le premier, avec cette différence que pour le calculer on fit usage de la droite ajustée exprimant la relation entre O/V et V (§ 3)²⁾.

1) On fera mieux de prendre comme valeur étalon la plus petite valeur de V . Lorsqu'on prend une valeur plus grande et qu'on applique aux valeurs plus petites que la valeur étalon les corrections du tableau X, on est conduit, dans le cas du graphique 4 par exemple, à tracer des courbes qui coupent l'axe positif des ordonnées, ce qui signifierait que la plante assimile dans l'obscurité.

2) A titre d'exemple nous donnons les calculs pour $V_0 = 75$ et $V_1 = 150$. Les analyses suivantes appartiennent à la classe $V_0 = 62.5 - 87.5$

1. Les nombres empiriques sont distribués assez irrégulièrement, ce qu'il faut attribuer, en partie du moins, au nombre restreint d'analyses comprises dans chaque compartiment du tableaux X¹). Néanmoins, l'accord avec les nombres ajustés étant assez exact, on peut évaluer l'erreur commise en se basant sur ces derniers. Les écarts entre les nombres empiriques et les nombres ajustés sont les plus grands dans la première colonne ($V_0 = 75$). C'est dans cette colonne en effet que se groupent les analyses pour lesquelles V_0 a subi une diminution anormale par suite d'une obstruction partielle de la section de la tige.

2. Le tableau donne une réponse détaillée à la question concernant la précision des mesures relatives. L'erreur croît avec la différence $V_1 - V_0$ ²). Elle peut dans les cas extrêmes atteindre

et $V_1 = 137.5 - 162.5$: Nos. 79/8, 250/48, 265/6. Du tableau XI, nous calculons les totaux:

$$\Sigma O_1 = 765, \quad \Sigma V_1 = 441, \quad \Sigma O_0 = 462, \quad \Sigma V_0 = 234,$$

puis, en divisant par trois les moyennes correspondantes: $O_1 = 225$, $V_1 = 147$, $O_0 = 154$, $V_0 = 78$. La proportion $O_1 : V_1^* = O_0 : V_0$ permet de calculer la valeur que devrait avoir V_1 . La différence $V_1 - V_1^* = 147 - 129 = 18$ est précisément égale à 12.2 p. 100 de la valeur V_1 . Le calcul du pour-cent peut se faire directement et plus rapidement en partant des sommes Σ .

¹) Le principe sur lequel repose la construction du tableaux X n'est pas sans soulever des objections. Les résultats des analyses exécutées avec la même plante ont souvent une tendance à se grouper dans les mêmes classes du tableau, ce qui peut quelquefois entraîner une cumulation des erreurs. Un exemple permettra de mieux saisir notre pensée. Désignons par a , b_1 , b_2 les résultats de trois analyses, a correspondant à une forte intensité lumineuse, b_1 et b_2 à une intensité moyenne et supposons que la valeur de a est anormale, que par exemple la valeur du rapport O/V pour a est plus grande que les valeurs des mêmes rapports pour b_1 et b_2 . Or, comme les valeurs de V pour b_1 et b_2 sont rapprochées, les nombres résultant de la comparaison de a avec b_1 et b_2 seront classés dans le même compartiment et pourront faire pencher la moyenne de leur côté, surtout si les analyses ne sont pas nombreuses (dans cet exemple le pour-cent peut devenir négatif).

²) La différence entre deux nombres ajustés consécutifs d'une même colonne est constante. Il est facile de la démontrer à condition d'admettre que la relation entre O/V et V est linéaire ($O/V = MV + H$, § 3). En désignant par D l'erreur exprimée en pour-cent, on peut établir la formule:

$$D = 100 M \frac{V_0}{O_0} (V_1 - V_0).$$

Pour une valeur constante de V_0 , D est proportionnel à la différence $V_1 - V_0$.

TABLEAU X — indiquant le volume, exprimé en pour-cent de V_1 , qu'il faut retrancher de V_1 (plus grand que V_0) pour satisfaire à la proportion $O_1/V_1 = O_0/V_0$. Le premier nombre est le nombre empirique, le second le nombre ajusté. Le dernier nombre de chaque groupe indique le nombre de couples d'analyses.

V_1 mm ³	$V_0 =$ intensité de l'assimilation plus faible (mm ³)						
	75	100	125	150	175	200	225
100	6.1	2.8					
	1.9	0.0					
	5	14					
125	-4.0	0.8	5.0				
	3.8	1.9	0.0				
	4	7	8				
150	12.2	8.6	1.3	2.7			
	5.7	3.9	2.0	0.0			
	4	14	8	4			
175	12.9	9.0	7.4	-2.3	-0.6		
	7.6	5.6	4.0	2.0	0.0		
	7	13	11	14	5		
200	13.2	11.1	4.1	-0.5	5.1	1.5	
	9.5	7.7	6.0	4.1	2.1	0.0	
	7	16	9	14	7	7	
225	—	10.8	4.9	5.8	4.5	-5.4	9.0
	11.3	9.6	7.9	6.9	4.2	2.1	0.0
	—	9	9	6	2	3	2
250	—	-1.2	5.3	4.6	-2.7	-6.8	—
	13.2	11.5	9.9	8.0	6.3	4.2	2.1
	—	4	3	2	2	4	—
275	—	5.9	20.6	—	15.4	-4.7	—
	15.1	13.5	11.8	10.1	8.4	6.3	4.3
	—	3	2	—	2	2	—
300	—	—	—	—	—	—	—
	17.0	15.4	13.8	12.0	10.5	8.4	6.4
	—	—	—	—	—	—	—

20%. On en tire cette indication expérimentale très importante qu'il est préférable d'employer des plantes de petites dimensions. Avec une plante petite l'accroissement $\Delta V = V_1 - V_0$ causé par l'accroissement d'un facteur F modifiant l'intensité de l'assimilation, est également petit. L'erreur relative est aussi plus petite et c'est ce qui permet de faire varier le facteur F dans un intervalle plus large sans que l'erreur dépasse une certaine limite¹⁾. Considérons deux plantes dans des conditions identiques, dont les activités assimilatrices s'expriment par les valeurs $V_0 = 75$ et $V_0 = 150$ mm³ par heure. En supposant l'accroissement de V proportionnel à celui de F (intensité lumineuse par exemple), il ressort du tableau X qu'avec la plante plus grande, en doublant F , on commet une erreur égale à celle qui résulte de l'emploi de la plante plus petite pour une intensité triple de F (11.3% — $V_1 = 225$ et 12% — $V_1 = 300$). L'intervalle de variation de F est donc de 50 p. 100 plus grand dans le dernier cas.

3. Une signification spéciale revient aux erreurs empiriques relatives des classes pour lesquelles $V_1 = V_0$. Ces erreurs se rapportent aux expériences qui ont été exécutées dans des conditions identiques (même plante, même intensité lumineuse). Elles peuvent servir à valuer la grandeur moyenne des erreurs d'expériences au sens stricte du mot. Leur moyenne s'élève à 2.7%. Une signification analogue revient aux valeurs négatives des erreurs empiriques qui figurent plusieurs fois dans le tableau X. Il faut les attribuer, en partie du moins, aux changements survenus à l'extrémité sectionnée de la tige. Elles correspondent aux analyses pour lesquelles le rapport O_0/V_0 est plus petit que le rapport O_1/V_1 . Ces remarques permettent de mieux saisir les causes de la distribution assez irrégulière, mentionnée plus haut, des nombres empiriques.

4. Rappelons que les résultats numériques précédents (mesures relatives et mesures absolues) ne concernent que les tiges d'*Elodea canadensis*, longues de 7–13 cm. plongeant dans de l'eau dont la teneur en air a atteint la valeur constante qui correspond à la température de 20° C. et à la pression atmosphérique. Par suite de la diminution de la solubilité de gaz, l'emploi de l'eau ayant une température supérieure à 20° C., aura probablement pour effet de faire diminuer le rapport O/V . Il est toute-

¹⁾ Cette erreur serait insignifiante dans la méthode de Kohl (8) qui consiste à compter au moyen d'un microscope les bulles dégagées par une feuille.

fois impossible de donner à priori des indications précises sur les changements à faire dans le tableau IX. Par contre, il est assez probable que les données du tableau X ne seront pas altérées d'une manière considérable.

A cause d'une structure analogue, il faut admettre que chez d'autres plantes aquatiques, possédant des espaces intercellulaires, le rapport O/V est supérieure à l'unité et qu'il subit des variations analogues à celles que nous venons de connaître chez *Elodea canadensis*.

Nous n'avons pas l'intention de passer en revue les résultats des nombreuses recherches entreprises à l'aide de la méthode de la numération des bulles. Nous nous bornerons à observer que les données du tableau X ne nous autorisent pas à mettre en doute ces résultats, pourvu qu'il s'agisse de mesures relatives exécutées dans de conditions convenables¹⁾. Il est en outre dans le cas de mesures absolues; nous voulons parler des vastes recherches de J. C. Bose (1) exécutées sur *Hydrilla verticillata* qui offre certaines analogies de structure avec *Elodea canadensis*²⁾. Après avoir constaté que les bulles sont un mélange d'oxygène et d'azote, Bose jugea nécessaire de se débarrasser de ce dernier gaz, en plaçant le récipient avec la plante sous la cloche d'une pompe pneumatique.

La pompe γ détermine un vide partiel et élimine l'air contenu dans la plante et dans l'eau. La décompression doit être progressive, car la production d'un vide brutal déterminerait des lésions chez la plante. L'eau est ensuite chargée de CO_2 , dans la proportion que j'ai déterminée correspondre à l'optimum de 7 à 9 mg. pour 100 cm.³ d'eau. On fait aussi barboter dans l'eau une petite quantité d'oxygène dont la présence est indispensable à l'activité normale de la plante³⁾.

Il ressort clairement du texte cité que l'eau étant à coup sûr insuffisamment saturée, la plante doit lui céder des quantités considérables d'oxygène au cours de l'assimilation. Il est intéressant de noter que cette éventualité a échappé à Bose qui discute un peu plus loin la grandeur de l'erreur qui résulte de l'absorption par l'eau de l'oxygène des bulles déjà formées. L'accord entre les résultats de la méthode des bulles et ceux de la méthode de la pesée directe de la plante (chap. 23, théorie de la méthode et chap. 24) n'est qu'apparent (V. Noack K. 14). Dans ses expériences Bose ne détermina pas le poids des hydrates de carbone formés au cours de l'assimilation,

¹⁾ Par exemple nous attribuons à l'emploi d'eau sursaturé (surchauffée) la divergence entre les résultats de Marx (11) et les résultats des travaux plus anciens (Thouvenin 21, Kołtoński 9), concernant l'influence des courants électriques sur l'assimilation.

²⁾ Les genres *Elodea* et *Hydrilla* étaient jadis réunis dans le même genre *Udora*.

³⁾ Bose (1 a, chap. 2).

mais seulement la différence entre ce poids et le poids de l'eau déplacée par ces hydrates. Si les substances formées au cours de l'assimilation avaient exactement la même densité que l'eau, aucun changement du poids de la plante n'accompagnerait leur formation. L'augmentation du poids observée par Bose ne tient qu'à ce que la densité de l'amidon (env. 1.47) est supérieure à celle de l'eau.

Ces remarques ne diminuent d'ailleurs en rien l'importance des travaux de Bose, à condition de considérer ses données comme des mesures relatives.

§ 8. Indications méthodiques. C'est la nature des recherches et la précision désirée qui doivent décider de la possibilité d'appliquer la méthode des bulles. Si l'on tient à obtenir des résultats plus sûrs, il faut observer certaines précautions que nous allons brièvement énumérer.

1. Pour assurer la stabilité des conditions des expériences et pour disposer de données comparables entre elles, il est recommandé d'employer de l'eau saturée normalement d'air (c'est-à-dire de l'eau dont la teneur en gaz atmosphériques a atteint la valeur constante qui correspond à la température et à la pression données). L'emploi d'eau sursaturée ou privée de gaz peut conduire à des résultats erronés.

2. Pour éviter la sursaturation, le récipient avec la plante ne doit pas être trop petit (par. ex. un tube à essai), si l'expérience se prolonge quelques heures.

3. Comme la valeur du rapport O/V dépend de la nature de l'extrémité sectionnée de la tige, il faut autant que possible éviter de retirer ou de remuer la plante, ces manipulations pouvant facilement conduire à une obstruction des espaces intercellulaires. En cas de nécessité, il est préférable de changer l'eau du récipient sans en retirer la plante. On y arrive facilement en plaçant la plante dans un tube vertical, muni à l'extrémité supérieure d'un tube latéral et fermé en bas par un bouchon muni également d'un autre tube. Ce dernier tube sert à introduire de nouvelles quantités d'eau (p. ex. d'eau d'une teneur différente en CO_2), tandis que la première eau s'écoule par le tube latéral supérieur. En introduisant une quantité d'eau égale au double ou au triple du volume du tube, on est sûr de remplacer complètement l'eau première par de la nouvelle.

4. L'eau ne doit pas être agitée au cours des mesures¹⁾.

¹⁾ Kniep (7) p. 481—90.

5. Pour les mesures relatives, l'emploi de petites plantes est particulièrement recommandé (6—7 cm. et moins encore de longueur).

6. Si l'on applique les corrections des tableaux IX ou X (valables seulement pour 20° C. et pour des tiges d'*Elodea canadensis*), il ne faut pas oublier que dans des cas particuliers, les écarts entre les valeurs corrigées et les valeurs réelles peuvent être considérables; on peut obtenir des résultats plus sûrs en prenant la moyenne d'une série de mensurations.

7. »Le dégagement des bulles ne saurait être employé pour déterminer les limites inférieures au-dessus desquelles l'assimilation a encore lieu«¹⁾.

8. Tant que l'influence de la température sur le rappprt O/V ne sera pas connue, »la numération comparée des bulles ne saurait conduire à une connaissance plus détaillée de l'influence de la température sur l'assimilation«¹⁾.

IV.

§ 9. Dispositif des expériences. Pour déterminer la valeur du rapport O/V , il est nécessaire de connaître le volume et la composition chimique des bulles et la quantité d'oxygène qui se dissout dans l'eau. Le dispositif employé par nous s'écartait de celui qui a été décrit par Kniep (6) et permettait d'éviter l'emploi très incommode de paraffine liquide pour empêcher la diffusion des gaz²⁾. On place la plante dans un flacon (220 cm.³) rempli d'eau dont la température s'élève à 20° C. et qui est chargée de dioxyde de carbone (80 mg. par litre). Un bouchon en caoutchouc muni de deux ouvertures sert à fermer le flacon. L'une d'elles, très étroite, reste ouverte, la seconde sert à fixer un petit tube *R* dont l'extrémité supérieure est soudée. On place la tige sectionnée de la plante dans l'ouverture du tube *R* rempli d'eau et on ferme le flacon en évitant de laisser des bulles d'air sous le bouchon. Au cours de l'assimilation, les bulles se rassemblent dans le tube *R*

¹⁾ Godlewski (3) p. 36. Contrairement à l'opinion de Godlewski, nous croyons qu'il est possible d'étudier l'influence du dioxyde de carbone par la méthode des bulles. Les concentrations de dioxyde qui n'agissent pas d'une manière nocive sur la plante, sont des concentrations faibles, dont l'influence sur le degré de saturation de l'eau est insignifiante. L'opinion de Godlewski vient de ce que dans des recherches plus anciennes, les auteurs employaient souvent des concentrations de dioxyde très fortes et que le dégagement des bulles observé par eux pouvait n'avoir rien de commun avec l'assimilation. Comp. par ex. Müller (13), Prillieux (16) et l'expérience de Wolkoff citée par Godlewski (p. 13). V. aussi Kniep (7) p. 488.

²⁾ V. aussi Molliard (12) p. 78, 86.

et le bouchon empêche l'oxygène qui se dissout dans l'eau de s'échapper. Après un certain temps (1—3 heures) on interrompt l'expérience et après avoir transporté la plante dans un autre flacon, on procède aux analyses de l'eau et des gaz recueillis.

L'oxygène dissous dans l'eau est dosé par la méthode de Winkler¹⁾; au cours des manipulations nécessaires on ferme le flacon avec un bouchon en verre. L'accroissement de l'oxygène par rapport à la teneur initiale de l'eau en ce gaz (déterminée au moyen de deux dosages), correspond à l'oxygène formé au cours de l'assimilation et dissous dans l'eau²⁾. Cette quantité rapportée à l'unité de temps (une heure) donne w .

L'appareil décrit ci-dessous sert à analyser le gaz dégagé sous forme de bulles. Le gaz contenu dans le tube R est introduit dans l'évasement L plongeant dans un récipient large W . En ouvrant le robinet T on aspire le gaz dans le tube à mensurations A . Après avoir fixé le volume, en tournant convenablement le robinet T , on introduit dans A une solution alcaline de pyrogallate de potassium, ce qui a pour effet de faire descendre le gaz analysé dans le tube B d'un diamètre plus grand que A (4—5 mm.). C'est dans B que se fait l'absorption de l'oxygène et des traces de dioxyde de carbone absorbés également par le pyrogallate, mais comme ce dernier gaz constitue environ 1.5%, il est possible de calculer la quantité d'oxygène pur contenu dans les bulles. Si l'on veut toutefois doser le dioxyde, il faut le faire avant l'introduction du pyrogallate. En desserrant la pince H de la ramification capillaire latérale G , on introduit le réactif (KOH) dans le tube A et l'on procède ensuite comme pour le pyrogallate.

Une fois l'analyse terminée, en ouvrant le robinet T et en aspirant par le tube K , on lave l'appareil à l'eau. La pince à vis I sert à évacuer l'alcali du tube capillaire G . Le récipient D avec le pyrogallate est relié au récipient E avec une solution de KOH au moyen d'un tube en caoutchouc long et mince, ce qui a pour effet de séparer le pyrogallate de l'atmosphère. La quantité de solution absorbée de E permet d'évaluer la quantité de réactif usée. Le tube C empêche la pénétration des réactifs dans le récipient W rempli d'eau dont la température est égale à celle de l'air. En rapportant les résultats des analyses (réduits à 760 mm. de pression et à 0° C.) à l'unité de temps on obtient V et t c'est-à-dire l'oxygène contenu dans les bulles. La somme $t + w$ est égale à O et représente l'oxygène total formé au cours de l'assimilation.

L'eau distillée provenait d'un récipient maintenu constamment à 20° C. au moyen d'un thermorégulateur. Elle contenait en moyenne 6.05 cm.³ d'oxygène par litre, la pression atmosphérique moyenne étant de 742 mm., ce qui rapporté à la pression de 760 mm. fait 6.20 cm.³ Ce nombre est de deux pour-

¹⁾ Kluth (5).

²⁾ Dans les calculs de w on introduisit deux corrections pour tenir compte 1) de la quantité d'eau déplacée par les réactifs, 2) de la différence entre le volume du flacon fermé par le bouchon en caoutchouc et par le bouchon en verre.

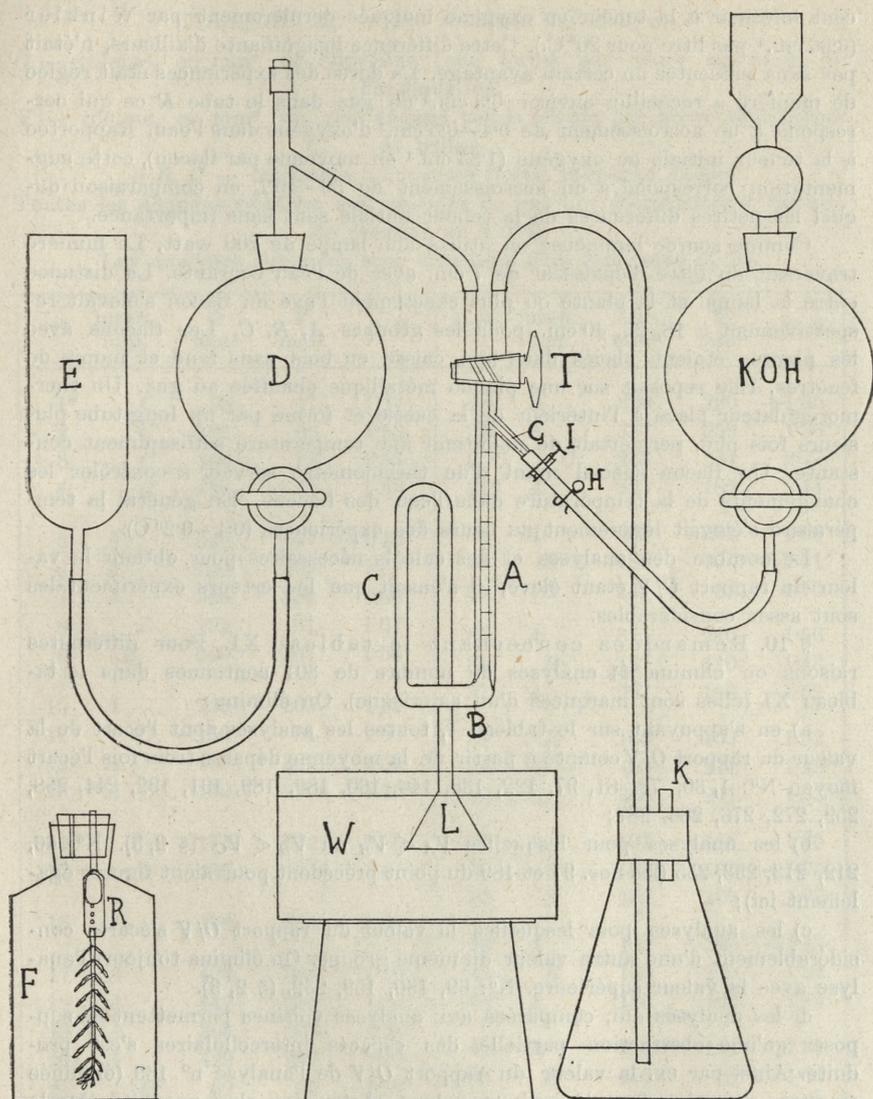


Fig. 1. — Appareil employé pour analyser les bulles.

A — tube de mensuration, B — tube d'absorption, D et KOH — récipients avec le pyrogallate de potassium et l'alcali, E — récipient avec de l'eau, G — tube latérale capillaire (1 mm. de diam.) I — pince à vis pour évacuer l'alcali, H — pince à ressort pour introduire l'alcali dans le tube A, T — robinet à trois voies, L — évasement pour recevoir le gaz de R, plongeant dans le récipient avec de l'eau W.

A gauche en bas le flacon F avec le tube R et la plante.

cent inférieur à la teneur en oxygène indiquée dernièrement par Winkler (6.36 cm.³ par litre pour 20° C.). Cette différence insignifiante d'ailleurs, n'était pas sans présenter un certain avantage. La durée des expériences était réglée de manière à recueillir environ 0.3 cm.³ de gaz dans le tube *R* ce qui correspond à un accroissement de 0.4—0.5 cm.³ d'oxygène dans l'eau. Rapportée à la teneur initiale en oxygène (1.33 cm.³ en moyenne par flacon), cette augmentation correspond à un accroissement de 30—40%, en comparaison duquel les petites différences de la teneur initiale sont sans importance.

Comme source lumineuse on utilisa une lampe de 200 watt. La lumière traversait un filtre d'épaisseur de 7 cm. avec de l'eau courante. La distance entre la lampe et la plante ou plus exactement l'axe du flacon s'élevait respectivement à 18, 26, 40 cm. pour les groupes *A*, *B*, *C*. Les flacons avec les plantes étaient placés dans une caisse en bois sans fond et munie de fenêtres. Elle reposait sur une plaque métallique chauffée au gaz. Un thermostat placé à l'intérieur de la caisse et formé par un long tube plusieurs fois plié, permettait de maintenir une température suffisamment constante. Un flacon spécial muni d'un thermomètre servait à contrôler les changements de la température dans l'eau des flacons. En général la température s'élevait légèrement au cours des expériences (0.1—0.2° C.).

Le nombre des analyses et des calculs nécessaires pour obtenir la valeur du rapport O/V étant élevé, il s'ensuit que les erreurs expérimentales sont assez considérables.

§ 10. Remarques concernant le tableau XI. Pour différentes raisons on élimina 41 analyses du nombre de 301 contenues dans le tableau XI (elles sont marquées d'un astérisque). On élimina:

a) en s'appuyant sur le tableau I, toutes les analyses dont l'écart de la valeur du rapport O/V compté à partir de la moyenne dépasse trois fois l'écart moyen N°: 1, 30, 72, 81, 97, 122, 138, 146, 160, 186, 189, 191, 192, 244, 258, 259, 272, 276, 286, 287;

b) les analyses pour lesquelles $V_A < V_B$ ou $V_B < V_C$ (§ 2, 3). N°: 46, 212, 213, 233, 255 (les nos. 97 et 189 du point précédent pourraient figurer également ici);

c) les analyses pour lesquelles la valeur du rapport O/V s'écarte considérablement d'une autre valeur du même groupe. On élimina toujours l'analyse avec la valeur supérieure. N°: 69, 130, 159, 232. (§ 2, 3).

d) les analyses qui, comparées aux analyses voisines permettent de supposer qu'une obstruction partielle des espaces intercellulaires s'est produite. Ainsi par ex. la valeur du rapport O/V de l'analyse n° 189 (éliminée en vertu du point a) et b) indique qu'une obstruction s'est produite. De la comparaison de la valeur du rapport O/V de l'analyse 188 avec celle de l'analyse 187, il résulte que cette obstruction s'est produite au cours de l'analyse 188 et c'est la raison pour laquelle on doit l'éliminer. N°: 188, 204, 205, 207, 256, 257, 275.

e) les analyses dont l'inexactitude a été constatée dans les protocoles d'expériences (dégagement des bulles à deux endroits, erreurs de titration etc. (N°: 31, 140, 180, 181, 182).

TABLEAU XI. — Les résultats des analyses.

O — volume, en mm³, de l'oxygène total formé par heure au cours de l'assimilation.

V — volume, en mm³, du gaz dégagé par la plante par heure sous forme de bulles.

A, B, C — intensités lumineuses (forte, moyenne, faible).

Toutes les données relatives aux volumes de gaz ont été réduites à 760 mm. de pression et à 0° C.

Les analyses éliminées sont marquées d'un astérisque (§ 10).

N°	inten. lum.	<i>O</i> mm ³	<i>V</i> mm ³	<i>O/V</i>	N°	inten. lum.	<i>O</i> mm ³	<i>V</i> mm ³	<i>O/V</i>
1*	<i>C</i>	55	47	1.17	28	<i>A</i>	320	220	+1.45
2	<i>C</i>	101	66	1.53	29	<i>A</i>	337	259	1.30
3	<i>C</i>	106	78	1.36	30*	<i>C</i>	233	84	2.77
4	<i>C</i>	-100	+75	1.33	31*	<i>A</i>	395	185	2.14
5	<i>A</i>	526	377	-1.40	32	<i>A</i>	333	201	1.66
6	<i>A</i>	-450	269	1.67	33	<i>B</i>	181	106	1.71
7	<i>A</i>	549	326	1.68	34	<i>B</i>	149	88	1.70
8	<i>C</i>	102	61	1.67	35	<i>A</i>	375	240	1.56
9	<i>B</i>	260	167	1.56	36	<i>B</i>	157	110	1.43
10	<i>A</i>	269	205	1.31	37	<i>A</i>	297	196	1.52
11	<i>C</i>	-150	94	-1.60	38	<i>B</i>	166	109	1.52
12	<i>A</i>	460	302	1.52	39	<i>A</i>	403	271	1.49
13	<i>A</i>	462	270	1.71	40	<i>A</i>	368	241	1.53
14	<i>B</i>	174	102	1.70	41	<i>A</i>	197	158	-1.25
15	<i>C</i>	139	85	1.64	42	<i>B</i>	184	105	+1.75
16	<i>A</i>	198	141	1.40	43	<i>B</i>	182	109	1.67
17	<i>A</i>	424	303	1.40	44	<i>A</i>	182	-125	+1.45
18	<i>A</i>	447	320	1.40	45	<i>B</i>	165	105	1.57
19	<i>A</i>	308	237	1.30	46*	<i>A</i>	186	102	1.82
20	<i>A</i>	429	287	1.49	47	<i>A</i>	243	186	1.31
21	<i>C</i>	82	60	1.37	48	<i>B</i>	-150	93	1.61
22	<i>A</i>	259	180	1.44	49	<i>A</i>	238	159	1.50
23	<i>B</i>	210	141	1.49	50	<i>A</i>	181	152	1.19
24	<i>A</i>	306	189	1.62	51	<i>B</i>	120	88	1.36
25	<i>B</i>	138	77	1.79	52	<i>A</i>	131	102	1.28
26	<i>A</i>	296	201	1.47	53	<i>A</i>	310	232	1.34
27	<i>A</i>	279	168	1.66	54	<i>B</i>	202	119	1.70
					55	<i>B</i>	193	115	1.68

N ^o	inten. lum.	O mm ³	V mm ³	O/V	N ^o	inten. lum.	O mm ³	V mm ³	O/V
56	A	287	174	-1.65	90	C	143	93	1.54
57	B	175	93	1.88	91	B	201	129	1.56
58	A	355	+225	1.58	92	C	161	88	1.83
59	B	205	120	1.71	93	B	209	112	1.86
60	B	214	124	1.72	94	C	-100	68	1.47
61	A	374	243	1.54	95	B	157	97	1.62
62	B	189	122	-1.55	96	C	144	96	1.50
63	B	221	114	1.94	97*	B	231	94	2.46
64	A	310	190	1.63	98	C	156	98	1.59
65	B	256	144	1.78	99	B	221	+150	1.47
66	B	+250	148	1.69	100	B	242	143	1.69
67	A	311	174	1.79	101	C	195	120	1.62
68	A	297	184	1.61	102	B	321	201	1.60
69*	B	192	93	2.06	103	C	194	116	1.67
70	B	254	152	1.67	104	C	153	95	1.61
71	A	309	166	1.86	105	B	239	+150	1.59
72*	B	255	108	2.36	106	A	278	173	1.61
73	B	207	99	2.09	107	C	161	97	1.66
74	A	387	220	1.76	108	A	384	-225	1.71
75	B	216	111	+1.95	109	C	144	90	1.66
76	B	257	136	1.89	110	A	326	220	1.48
77	A	345	194	1.78	111	C	153	89	1.72
78	C	117	65	1.80	112	A	288	181	1.59
79	A	230	158	+1.45	113	C	128	76	1.68
80	C	98	57	1.72	114	A	339	210	1.60
81*	A	272	119	2.29	115	B	375	236	1.59
82	A	315	203	+1.55	116	B	386	227	1.70
83	B	212	112	1.89	117	A	472	299	1.58
84	A	353	231	1.53	118	B	247	157	1.57
85	B	171	102	1.68	119	B	266	165	1.61
86	A	315	195	1.61	120	A	362	211	1.72
87	B	226	108	2.09	121	B	253	128	1.98
88	A	266	170	1.56	122*	A	356	158	+2.25
89	B	169	83	2.04					

N ^o	inten. lum.	O mm ³	V mm ³	O/V	N _o	inten. lum.	O mm ³	V mm ³	O/V
123	B	212	139	1.53	155	C	188	109	1.72
124	A	363	189	1.92	156	C	184	108	1.70
125	C	246	135	1.82	157	C	194	95	2.04
126	C	285	155	1.84	158	C	235	131	1.79
127	C	180	103	-1.75	159*	C	240	109	2.20
128	C	198	107	+1.85	160*	C	233	94	2.48
129	C	256	141	1.82	161	C	182	97	1.88
130*	C	273	121	2.26	162	C	192	+100	1.92
131	C	181	93	1.94	163	C	215	107	2.01
132	C	149	80	1.86	164	B	286	181	1.58
133	A	391	246	1.59	165	C	213	118	1.80
134	C	195	93	2.10	166	A	405	285	1.42
135	A	461	274	1.68	167	B	279	169	+1.65
136	C	204	97	2.10	168	C	192	107	1.79
137	A	351	198	1.77	169	A	408	302	+1.35
138*	C	145	52	2.79	170	B	270	162	1.67
139	A	444	257	1.73	171	C	213	121	1.76
140*	C	213	91	2.34	172	A	408	335	1.22
141	B	301	186	1.62	173	B	338	206	1.64
142	C	157	89	1.76	174	C	204	106	1.92
143	C	166	83	2.00	175	A	468	341	1.37
144	B	317	219	-1.45	176	A	340	217	1.57
145	C	146	80	1.83	177	C	164	92	1.78
146*	C	162	62	2.61	178	B	279	162	1.72
147	B	233	167	1.39	179	A	473	296	1.60
148	C	121	68	1.78	180*	C	280	120	2.33
149	B	332	220	1.51	181*	B	418	198	2.11
150	C	181	+100	1.81	182*	B	-350	176	1.99
151	C	189	99	1.91	183	A	358	182	1.97
152	C	+225	119	1.89	184	C	176	81	2.17
153	C	226	122	+1.85	185	A	319	190	1.68
154	C	230	113	2.03	186*	C	163	64	-2.55
					187	B	285	157	1.81
					188*	C	184	84	2.19
					189*	A	272	122	2.23

N ^o	inten. lum.	O mm ³	V mm ³	O/V	N ^o	inten. lum.	O mm ³	V mm ³	O/V
190	B	290	157	-1.85	229	C	227	135	1.68
191*	C	206	78	2.64	230	C	242	145	1.67
192*	B	306	121	2.53	231	B	383	231	1.66
193	B	299	186	1.61	232*	B	362	166	2.18
194	B	290	177	1.64	233*	A	+400	213	1.88
195	C	226	119	1.90	234	C	238	121	1.97
196	B	334	181	-1.85	235	C	205	101	2.03
197	B	259	171	1.51	236	B	310	160	1.94
198	C	234	123	1.90	237	B	345	177	+1.95
199	B	272	157	1.73	238	A	434	214	2.03
200	C	192	-100	1.92	239	C	207	119	1.74
201	C	195	99	1.97	240	C	194	117	1.66
202	B	260	136	1.91	241	A	342	201	1.70
203	A	313	174	1.80	242	C	136	76	1.80
204*	C	221	101	2.19	243	A	194	107	2.36
205*	C	217	98	2.22	244*	A	197	84	2.36
206	B	254	146	1.74	245	C	196	95	2.06
207*	A	342	165	2.07	446	C	217	107	2.03
208	C	240	141	1.70	247	A	374	198	1.89
209	C	203	127	1.60	248	C	162	86	1.88
210	B	362	-225	1.61	249	A	261	135	1.93
211	B	307	190	1.62	250	A	262	143	1.83
212*	A	385	220	1.75	251	B	303	180	1.68
213*	A	-350	173	2.02	252	C	193	97	2.00
214	C	214	117	1.83	253	B	312	173	1.80
215	C	211	+100	2.11	254	B	285	159	1.79
216	B	335	191	+1.75	255*	A	351	178	1.97
217	B	355	187	1.90	256*	B	289	133	2.17
218	A	464	246	1.89	257*	C	190	84	2.26
219	C	233	142	1.64	258*	A	344	134	2.57
220	C	214	109	1.96	259*	A	394	170	2.32
221	C	262	145	1.81	260	B	303	189	1.60
222	B	312	166	1.88	261	C	194	108	1.79
223	A	373	228	1.64	262	B	330	193	1.71
224	C	244	143	1.71	263	B	283	161	1.76
225	C	245	141	1.74	264	A	334	202	+1.65
226	B	381	212	1.80					
227	B	331	191	1.73					
228	A	425	260	1.63					

N°	inten. lum.	O mm ³	V mm ³	O/V	N°	inten. lum.	O mm ³	V mm ³	O/V
265	B	273	145	1.88	286*	A	475	208	2.28
266	C	183	83	2.20	287*	C	232	64	3.62
267	A	372	198	1.88	288	B	334	194	1.72
268	A	378	192	1.97	289	A	402	222	1.81
269	A	276	165	1.67	290	A	451	308	1.46
270	C	154	-75	+2.05	291	C	213	96	2.22
271	A	321	166	1.93	292	B	383	207	-1.85
272*	C	146	49	2.98	293	B	364	188	1.94
273	A	342	205	1.67	294	A	354	188	1.88
274	C	178	85	2.09	295	C	+150	66	2.27
275*	A	332	160	2.08	296	A	332	171	1.94
276*	C	142	60	2.37	297	B	277	128	2.16
277	A	222	147	1.51	298	C	123	81	1.52
278	C	120	62	1.94	299	B	188	117	1.61
279	B	267	140	1.91	300	C	98	66	1.49
280	B	259	133	+1.95	301	B	202	+125	1.61
281	A	337	170	1.98					
282	A	461	287	1.61					
283	C	229	114	2.01					
284	B	377	202	1.87					
285	B	331	165	2.00					

On élimina par conséquent — le n° 1 excepté — les analyses avec un rapport O/V très grand résultant principalement d'une obstruction des espaces intercellulaires. Cette élimination est fondée sur le fait que les modifications de la partie sectionnée de la tige ne sont pas mesurables comme V ou O . Sans cette élimination, l'étude de l'influence exercée par l'intensité de l'assimilation ou par les dimensions de la plante sur le rapport O/V , serait rendue difficile. Par contre, on élimina pas les analyses pour lesquelles $(O/V)_A > (O/V)_B$, ces anomalies pouvant provenir, en partie du moins, des erreurs de mensurations.

Résumé.

1. Le présent mémoire a pour objet de déterminer la précision de la méthode employée aux mesures de photosynthèse, connue sous le nom de méthode de la numération des bulles. On mesure d'une part le volume V des gaz dégagés dans l'unité de temps sous forme de bulles, et d'autre part on dose le volume O

d'oxygène (contenu dans les bulles et dissous dans l'eau) formé au cours de l'assimilation. Les expériences furent exécutées sur *Elodea canadensis*. La température de l'eau normalement saturée d'air s'élevait à 20° C.

2. Les principaux résultats sont les suivants: (§ 5). Le gaz dégagé sous forme de bulles ne constitue qu'une partie (40—80%) de l'oxygène formé au cours de l'assimilation, car de grandes quantités de ce gaz se dissolvent dans l'eau. Le rapport O/V est en effet variable et plus grand que l'unité (en moy. 1.7). Sa valeur dépend de la nature de la section; elle diminue à mesure que l'intensité de l'assimilation augmente. De plus, le rapport O/V croît avec les dimensions de la plante.

3. Il n'est pas possible d'appliquer la méthode de la numération des bulles dans le cas de mensurations absolues. En apportant certaines corrections, on peut obtenir les données absolues avec une précision de 10% environ.

4. Dans le cas de mensuration relatives, les valeurs obtenues par la méthode des bulles sont relativement d'autant plus élevées que l'assimilation est plus intense. La différence, exprimée en pourcent, peut atteindre 20.

5. Lorsqu'on applique la méthode des bulles, il est nécessaire d'observer certaines précautions examinées dans les détails (§ 8).

6. La dernière partie contient la description des appareils employés et les résultats des analyses au nombre de 301.

Je profite de cette occasion pour exprimer mes chaleureux remerciements à M. le prof. K. Rouppert pour ses encouragements et ses précieux conseils.

Laboratorium Botanicum Janczewskianum U. J. Cracovie.

Bibliographie.

1. Bose J. C. The Physiology of photosynthesis 1924. — 1a. Bose J. C. La physiologie de la photosynthèse 1927, trad. de J. et M. Dufrenoy. —
2. Devaux H. Annales des Sc. Natur. série VII Botanique t. 9. 1889. —
3. Godlewski E. 1) I tom Spraw. Wydz. Matem. przyr. Akad. Umiej.

1) Une traduction de ce mémoire de Godlewski sera publiée par l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres.

1874. — 4. Górski F. *Acta Soc. Botanic. Poloniae.* vol. 6. 1929. —
5. Kluth H. *Die Untersuchung des Wassers an Ort u. Stelle* 1927. —
6. Kniep H. *Handwörterb. d. Naturwis.* article Photosynthèse. — 7. Kniep H.
Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 56. 1915. — 8. Kohl F. G. *Ber. deut. Bot. Ges.*
Bd. 15. 1897. — 9. Koltoński A. *Beih. bot. Centralbl.* Abt. 1, 23. 1908. —
10. Lecoq C. R. t. 65. 1867. — 11. Marx D. *Annals of Botany,* vol. 53.
1929. — 12. Molliard M. *Nutrition de la plante,* t. 2. 1921. — 13. Müller
N. C. *Jahrb. f. wiss. Botanik.* Bd. 6. 1868. — 14. Noack K. *Zeitschr.*
f. Botanik. Bd. 18. 1926. — 15. Pfeffer W. *Arbeiten d. Botan. Instit.*
Würzburg 1871. — 16. Prillieux Ed. *Annales d. Sc. Natur.* V série Botan.
t. 10. 1869. — 17. Reinke J. *Botan. Zeitung.* Bd. 41, 42, 1883, 1884. —
18. Sachs J. *Vorlesungen ü. Pflanzenphysiologie.* — 19. Spoehr H. A.
Photosynthesis 1926. — 20. Stiles W. *Photosynthesis* 1925. — 21. Thou-
venin M. *Rev. génér. de Botan.* t. 8. 1896. — 22. Van Thieghem P.
C. R. t. 65. 1867. — 23. Warburg, O. *Biochem. Zeitschr.* Bd. 100, 1929 et
Bd. 166. 1925.
-

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE POLONAISE DES SCIENCES
ET DES LETTRES
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES
SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES
DERNIERS MÉMOIRES PARUS

I.

- I. Turowska.** Etudes sur les conditions vitales des bactéries ferrugineuses Oct. — Déc. 1929
- M. Thomaschewski.** Pollenanalytische Untersuchung der Moore Stangenwalde und Saskoschin im Gebiet der Freien Stadt Danzig (Planches 39—42) Oct. — Déc. 1929
- T. Wiśniewski.** Les associations des Muscinées (Bryophyta) épiphytes de la Pologne, en particulier celles de la forêt vierge de Białowieża (Planches 43—52). Oct. — Déc. 1929
- Wl. Szafer.** The mountain element in the flora of the Polish plain Oct. — Déc. 1929

II.

- L. Ejsmont.** Über zwei Schistosomatidengattungen der Vögel Oct. — Déc. 1929
- B. Dybowski.** Zur Kenntnis der Sibirischen Seehunde (Planches 22—24) Oct. — Déc. 1929
- Z. Szantroch.** L'histogénèse des ganglions nerveux du coeur (Planches 25—29) Oct. — Déc. 1929
- Z. Grodziński.** Über die Lymphherzen von fossilen Reptilien. Oct. — Déc. 1929
- B. Dybowski.** Die Polychaeten des Baikalsees Oct. — Déc. 1929
- S. Skowron.** Recherches sur la spermatogénèse in vitro (I-ère Partie) Oct. — Déc. 1929
- A. J. Klisiecki.** On the blood flow and the blood pressure in arteries Janv.—Fév. 1930
- E. Godlewski et I. Latinik.** La croissance ontogénétique et la croissance régénérative chez l'Axolotl Janv.—Fév. 1930
- J. Talko-Hrynciewicz.** Contribution à la craniologie des peuples actuels ou disparus de l'Asie Centrale (Mongolo-Khalchases, Bouriates, métis d'Ourga et peuples ensevelis dans des caisses formées par un assemblage de pièces de bois) (Planches 1—4) Janv.—Fév. 1930
- T. Marchlewski.** Genetic Studies on the domestic Dog (Planche 5) Janv.—Fév. 1930

TABLE DES MATIÈRES.

Janvier—Juin 1930

Page.

F. GÓRSKI. Sur la précision de la méthode de la numération des bulles dans les recherches de photosynthèse	1
--	---

Le «*Bulletin International*» de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres (Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles) paraît en deux séries. La première (A) est consacrée aux travaux sur les Mathématiques, l'Astronomie, la Physique, la Chimie, la Minéralogie, la Géologie etc. La seconde série (B) se divise en deux sous-séries; l'une d'elles «I» contient les mémoires qui se rapportent aux diverses branches de la Botanique (la Systématique, l'Anatomie et la Physiologie des Plantes), l'autre «II» est réservée aux publications qui concernent le vaste domaine des recherches morphologiques et physiologiques sur l'homme et les animaux (Anatomie, Biologie générale, Embryologie, Histologie, Pathologie, Pharmacologie, Physiologie, Psychologie, Zoologie systématique et expérimentale).

Depuis 1928, le «*Bulletin International*» ne contient que les communications dont l'étendue ne dépasse pas une limite strictement définie; les mémoires de plus vaste envergure sont réunis en un Recueil différent, les «*Mémoires*» de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres (Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles). Les *Mémoires* sont également publiés en deux séries: A et B. Chaque mémoire publié dans les *Mémoires* se vend séparément.

Les abonnements relatifs au «*Bulletin International*» sont annuels et partent de Janvier. Les livraisons de ce Recueil se vendent aussi séparément.

Adresser les demandes à l'Académie ou à la Librairie „Gebethner et Wolff“ Rynek Gł., Cracovie (Pologne).