

La notion de rendement en phytophysiologie

Autor(en): **Pilet, Paul-Emile**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **67 (1958-1961)**

Heft 302

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-275099>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

La notion de rendement en phytophysiologie

PAR

PAUL-ÉMILE PILET¹

Laboratoire de physiologie végétale de l'Université de Lausanne

On commence de plus en plus à prendre conscience du rôle extrêmement important que l'énergétique est appelée à jouer dans l'étude des problèmes qui concernent la physiologie et la biochimie des tissus végétaux. La notion de rendement, intimement liée à celle des échanges d'énergie, est par conséquent fondamentale, mais elle est restée encore très imprécise. Nous essaierons d'en donner quelques exemples dont on discutera, pour un certain nombre de processus essentiels, la signification physico-chimique et l'importance biologique.

Le rendement maximum.

Si l'être vivant était une machine thermique idéale (reversible), son rendement maximum serait donné par le théorème de CARNOT-CLAUSIUS :

$$I. \quad R = \frac{Q_t}{Q_c + Q_t} \quad \text{où} \quad \begin{array}{l} Q_t + Q_c = \text{chaleur formée par la source chaude} \\ Q_t = \text{chaleur transformée en travail} \\ Q_c = \text{chaleur cédée au condenseur} \end{array}$$

ou en introduisant les températures absolues :

$$II. \quad R = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad \text{où} \quad \begin{array}{l} T_1 = \text{température de la source chaude} \\ T_2 = \text{température de la source froide} \end{array}$$

Pour l'organisme végétal, comme pour tous les systèmes naturels, qui sont irréversibles, le rendement réel est évidemment différent. Si l'on admet, avec BOLTZMANN que l'augmentation d'entropie d'un système irréversible isolé, obéissant au principe de CARNOT-CLAUSIUS, correspond à l'évolution du système vers l'état le plus probable, c'est-à-dire le moins organisé, on doit reconnaître que la matière vivante est organisatrice avant tout et que l'anabolisme, dans son ensemble, constitue une diminution d'entropie. Cette considération a entraîné certains chercheurs (v. GUYE, 10 et BOUTARIC, 5) à con-

¹ Nous tenons à remercier notre collaboratrice M. Athanasiadès-Mercanton qui a bien voulu relire les épreuves de ce travail et faire à ce sujet quelques judicieuses remarques.

tester la valeur du second principe, appliqué aux organismes vivants. Mais la tendance actuelle est de considérer comme système fermé l'organisme vivant et son biotope, l'organisme lui-même étant un système ouvert (v. GOUDOT, 9) dont on peut exprimer la modification d'entropie totale ΔS ainsi (PRIGOGINE, 20):

$$1) \quad \Delta S = \Delta_0 S + \Delta_i S$$

où $\Delta_0 S$ = modification entropique due aux variations de masse et d'énergie (aux dépens du biotope) et qui peut être > 0 ou < 0

$\Delta_i S$ = augmentation d'entropie (conformément au second principe) due aux processus irréversibles se déroulant dans le système et qui est toujours > 0 .

La modification totale de l'entropie dans un tel système ouvert peut donc être < 0 ou > 0 , ce qui ne permet pas de lui appliquer les critères de thermodynamique à moins de le replacer dans le milieu ambiant dont il est isolé quant au déroulement de sa « destinée » mais non quant aux moyens de l'accomplir.

L'entropie peut donc diminuer dans un système biologique ouvert (par exemple une cellule isolée comme une algue), il ne faut pas en tirer la conclusion que les lois de la thermodynamique ne sont pas applicables à la matière vivante (v. PILET, 16).

Processus photosynthétiques

Ce rendement photosynthétique est, à première vue, une notion simple : on fournit une certaine quantité d'énergie lumineuse W_L et on obtient une certaine quantité de produit photosynthétisé (par exemple du glucose) correspondant à une énergie de réserve W_R , le rendement vaudra alors :

$$\text{III. } R = 10^2 \cdot \frac{W_R}{W_L} ; \quad W_L = n \cdot h \nu \quad \begin{array}{l} \text{où } h \nu = \text{un quantum} \\ n = \text{nombre de quanta} \end{array}$$

Ce rendement « brut » est extrêmement faible (environ 0,9 %) parce que, pour le calculer, on n'a pas tenu compte du fait que l'énergie absorbée par la plante ne représentait que le p % de l'énergie totale qu'on lui fournit, on est amené alors à une autre formule du rendement :

$$\text{IV. } R = 10^2 \cdot \frac{W_R}{W_L} \cdot \frac{1}{p} \quad \text{où } p = \% \text{ d'absorption}$$

Mais la discussion qui va suivre nous entraîne à formuler l'équation de la photosynthèse. Autrefois, on admettait que :

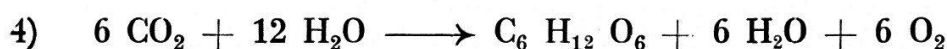


Aujourd'hui, à la suite des recherches de RUBBEN et coll. (21) et de WINOGRADOV et TEIS (31), basées sur l'emploi de O^{18} (O^*) d'une part et celles de WARBURG et KRIPPAHL d'autre part, on utilise l'équation suivante :



Nous pouvons introduire alors une autre notion du rendement qui nous permettra de tenir compte de la quantité d'énergie nécessaire à la formation d'une molécule de réserve, c'est-à-dire d'après l'équation 3) à la fixation d'une molécule de CO_2 . Là il nous faudra distinguer entre le *rendement quantique* et le *rendement énergétique*. Dans ces deux cas, l'énergie fournie par le système sera celle qui correspond à l'énergie que, par « combustion », le produit formé pourra fournir.

D'après la loi d'équivalence photochimique (EINSTEIN), on peut dire que le rendement quantique, dans la réaction précédente, sera égal à 1 si, à chaque quantum d'énergie absorbé, correspond la fixation d'une molécule de CO_2 (même si toute l'énergie n'est pas utilisée chimiquement). Pour former 1 molécule de glucose, il nous faudra évidemment 6 molécules de CO_2 , selon l'équation schématique suivante :



Mais 1 mol de glucose libre, en s'oxydant complètement, 677 kcal. Pour fixer une molg de CO_2 , il faudra une énergie minimum w qui vaut :

$$5) \quad w = \frac{677}{6} = 112,83 \text{ kcal (chaleur de réaction)}$$

Nous appellerons *rendement quantique* (voir V) l'inverse de la quantité $N \cdot h \nu$ nécessaire pour fixer une molg de CO_2 et *rendement énergétique* (voir VI) le rapport entre l'énergie utilisée chimiquement et l'énergie quantique fournie. La quantité d'énergie fournie par $N \cdot h \nu$ dépend de la longueur d'onde (λ) de la lumière utilisée :

$$6) \quad W = N \cdot h \nu = N \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} \text{ ergs puisque } c = \lambda \nu$$

où $h = \text{const. de Planck} = 6,55 \cdot 10^{-27}$ $c = \text{vit. de la lumière}$
 $= 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec.}$

$$N = \text{nombre d'Avogadro} = 6,05 \cdot 10^{23}$$

si on donne λ en cm, on peut calculer W en calories,

$$7) \quad W = N \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda J} \text{ calories, où } J = \text{équiv. méc. cal.} = 4,19 \cdot 10^7 \text{ ergs}$$

pour λ en Å et W en kcal, on aura :

$$8) \quad W = 28,4 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{\lambda} \text{ kcal.}$$

Mais nous connaissons la quantité d'énergie minimum nécessaire à la fixation d'une molg de CO_2 (v. équat. 5) ; on peut donc calculer la quantité minimum n_m de quanta (qui varie évidemment suivant λ) indispensable pour assurer la fixation d'une molg de CO_2 , on aura :

$$9) \quad n_m \geq \frac{112,83}{28,4 \cdot 10^4} \geq \lambda \cdot 4,12 \cdot 10^{-4} \quad ^2$$

On conçoit qu'à une certaine énergie w (v. équat. 5) correspond une énergie $W \cdot n_m$ (v. équat. 8 et 9) en général supérieure ; en d'autres termes il y aura davantage d'énergie fixée ($W \cdot n_m$) que d'énergie libérée (w) et on peut introduire la notion d'énergie perdue Wp :

$$10) \quad Wp = W \cdot n_m - w$$

Ces notions étant établies, on peut voir que :

$$\text{V. Rendement quantique } r_1 = \frac{1}{n_m}$$

$$\text{VI. Rendement énergétique } r_2 = \frac{w}{W \cdot n_m}$$

et on constate que :

$$\text{VII. } r_2 = \frac{w}{W} \cdot r_1$$

Nous avons calculé, pour diverses longueurs d'onde, r_1 et r_2 (v. *Tableau 1*). Ainsi qu'on peut le voir c'est aux environs de 5000 Å (lumière jaune) que deux quanta correspondent au rendement énergétique maximum, en supposant que l'absorption lumineuse est totale aux différentes longueurs d'onde. En fait, c'est aux environs de 6500 Å que l'absorption est maximum, par conséquent, c'est à cette longueur d'onde qu'il faudra travailler pour obtenir le meilleur rendement.

Remarquons que WARBURG et NEGELEIN (29), par une autre méthode, avaient trouvé pour $\lambda = 6500$ Å, un n_m égal à 4 ($r_1 = 0,24$). Plus récemment, WARBURG (24-26) montre que r_1 devrait être égal à 0,33, ce qui confirme ainsi nos calculs. Mais le

² Il va sans dire que n_m est un nombre entier.

rendement calculé est supérieur au rendement expérimental obtenu, même en ne tenant compte que des radiations absorbées (v. BLADER-GROEN, 3); ceci s'explique par le fait que nous avons admis que la quasi totalité du rayonnement était transformé en énergie chimique, ce qui est loin d'être le cas. D'autre part nous avons considéré uniquement le cas de la biosynthèse d'un composé monocarboné, ce qui biologiquement est discutable (v. PILET, 19).

TABLEAU 1.

Données énergétiques relatives aux processus photosynthétiques : Rendements quantique (r_1) et énergétique (r_2)¹.

λ Å	W_{kcal} (Equat. 8)	n_m (Equat. 9)	$W \cdot n_m$	$W_P = W \cdot n_m - w$ (Equat. 10)	$r_1 = \frac{1}{n_m}$	$r_2 = \frac{w}{W} \cdot r_1$
4000	71,5	2	143,0	30,2	0,50	0,79
5000	57,2	2	114,4	1,6	0,50	0,99
6500 ²	43,7	3	131,1	18,3	0,33	0,86
7000	42,3	3	126,9	14,1	0,33	0,89

¹ Nous ne considérerons ici que l'énergie absorbée.

² C'est pour cette radiation que l'absorption par la chlorophylle A est maximum.

Une autre méthode a été proposée pour apprécier le rendement photosynthétique, elle est basée sur l'utilisation des valeurs entropiques partielles des composés réactifs (v. *Tableau 2*).

TABLEAU 2.

Valeur entropique (à 25°C et sous 1 atm.) des composés entrant dans l'équation photosynthétique.

(Adapté de BORSOOK, 4) S_0 est donné en cal/deg.

	Composés			
	CO ₂ (I)	H ₂ O (II)	C ₆ H ₁₂ O ₆ (III)	O ₂ (IV)
Pour 1 mol.	51,08	16,75	50,59	49,02
Pour 6 mol.	306,48	100,50	—	294,12
Pour 12 mol.	—	201,00	—	—

En partant de l'équation 4), nous avons :

$$11) \Delta S = I(-306,48) + II(-201,00) + III(+50,50) + II(+100,50) + IV(+294,12) = -62,36 \text{ cal/deg}$$

Si la réaction se déroulait en accord avec le second principe (v. p. 280), nous pourrions écrire :

$$12) \quad \Delta S + \Delta S' = 0 \quad \text{donc} \quad 13) \quad \Delta S' = -\Delta S = W/T$$

Pour $T = 298 \text{ }^\circ\text{K}$, $W = \frac{62,36}{1000} \cdot 298 = 18,53 \text{ kcal}$, la variation

d'enthalpie ΔH étant égale à 677 kcal, nous pouvons calculer le rendement :

$$\text{VIII.} \quad R = 10^2 \cdot \frac{677}{677 + 18,58} \cong 97,3 \text{ } \%$$

Cette valeur est trop forte et ceci provient du fait que W est généralement beaucoup plus grand. BLADERGROEN (3) rapporte des valeurs expérimentales de R de l'ordre de 5 à 20 %, ce qui, dans nos calculs, donnerait pour W (si $R = 20 \text{ } \%$ par exemple) :

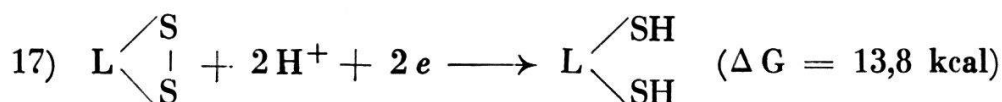
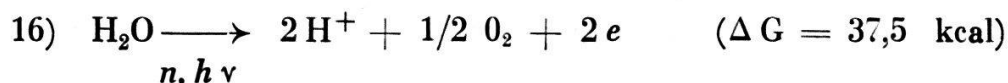
$$14) \quad W = H \cdot (100/R - 1) = 2708 \text{ kcal}$$

Ceci voudrait donc dire que :

$$15) \quad \Delta S + \Delta S' > 0$$

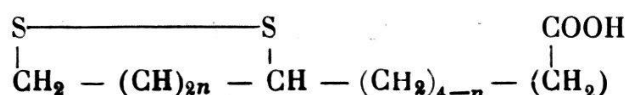
La modification de l'entropie, dans la réaction photosynthétique, serait positive. Mais, en se souvenant que le déroulement des processus photosynthétiques comprend deux étapes, d'ailleurs liées, la photolyse de l'eau et l'édification des chaînes carbonées, la notion de rendement se complique (v. WESSELS, 30).

Certaines théories (v. CALVIN, 6, 7) ont mis en évidence, dans les réactions photolytiques de l'eau, l'intervention de l'acide lipoïnique³ comme accepteur primaire de l'hydrogène :



Comme l'apparition de 2 électrons correspond à la fixation d'un nombre équivalent de photons, et si nous travaillons à 6500 Å, l'é-

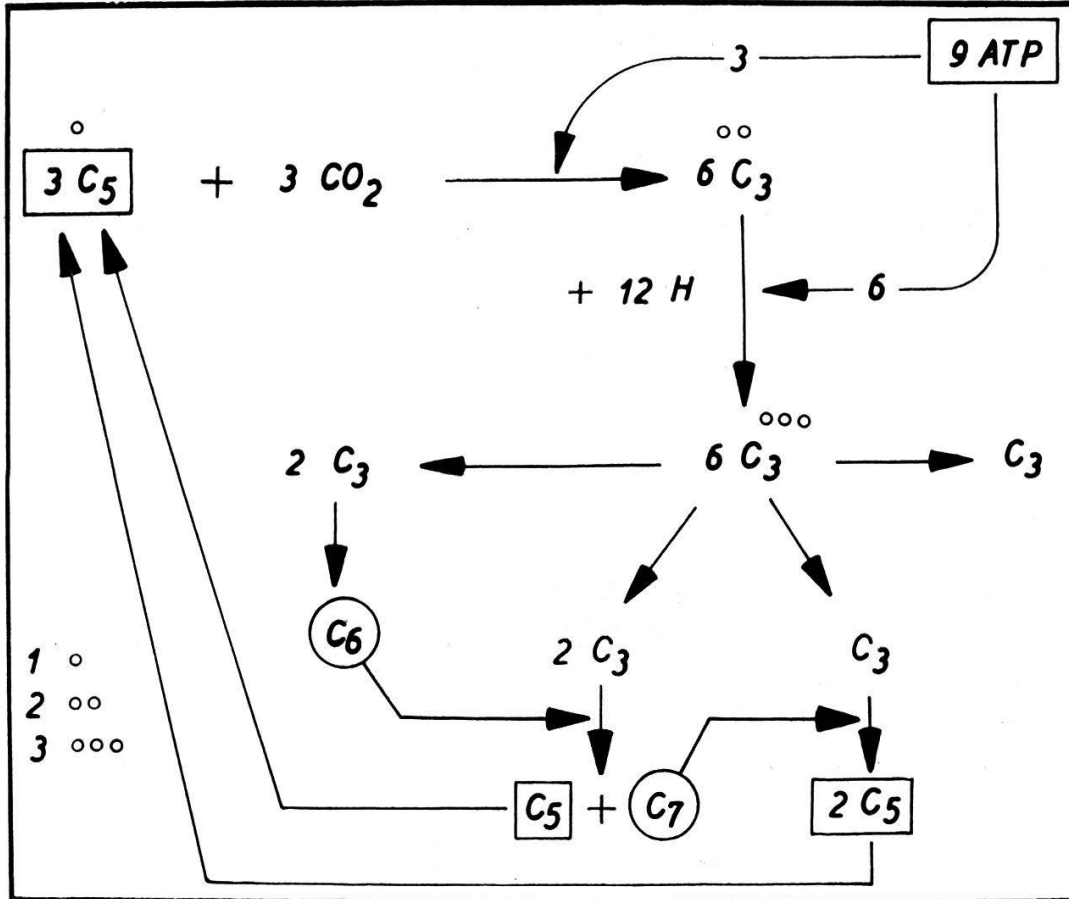
³ On pense aujourd'hui que l'acide lipoïnique, schématiquement désigné par $\text{L} \begin{array}{l} \diagup \text{S} \\ | \\ \diagdown \text{S} \end{array}$ correspondrait à la formule suivante :



nergie absorbée sera égale (v. tabl. 1) à $2 \cdot 43,7 = 87,4$ kcal; le rendement vaudra, par conséquent :

$$\text{IX. } R = 10^2 \cdot \frac{37,5 + 13,8}{87,4} \approx 58,7 \%$$

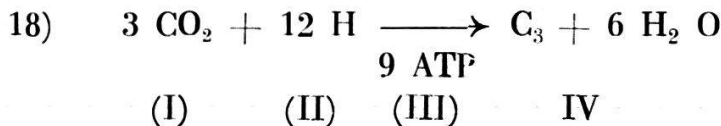
Les recherches de BASSHAM et CALVIN (2) ont permis d'établir des schémas relatifs aux diverses étapes de la biosynthèse des glucides; nous en proposerons un (v. fig.) qui donnera le bilan du carbone :



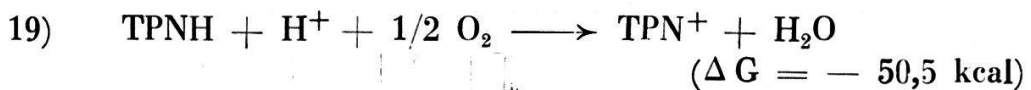
Bilan du carbone au cours des processus de biosynthèse d'un hexose (Réactions photosynthétiques).

Composés du type (1) ribulose-1,5-diphosphate, (2) aldéhyde-3-phosphoglycérique, (3) phosphodioxy-acétone.

On a :



Mais le TPN intervient dans la mobilisation de l'hydrogène :



Pour avoir 12 H, il faut 6 H₂O donc 6 TPNH

$$\Delta G' = - 6 \cdot 50,5 = - 303 \text{ kcal}$$

L'ATP lui-même se transforme en ADP :

20) $\text{ATP} \longrightarrow \text{ADP} + \text{Ph}$ ($\Delta G = - 7 \text{ kcal}$) où $\text{Ph} = \text{H}_3\text{PO}_4$
 Mais 9 ATP étaient indispensables, donc

$$\Delta G' = - 9 \cdot 7 = - 63 \text{ kcal}$$

La formation de corps en C_3 (du type $(\text{CH}_2\text{O})_3$ par exemple) peut se concevoir ainsi :

21) $3 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow (\text{CH}_2\text{O})_3 + 3 \text{O}_2$ ($\Delta G = + 336 \text{ kcal}$)

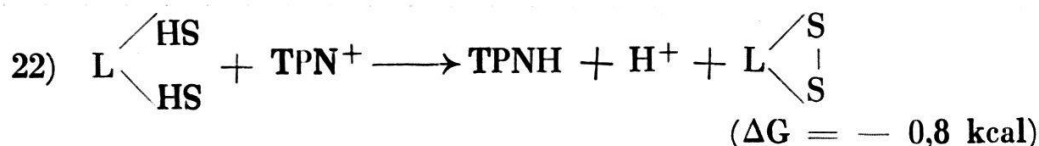
Le rendement vaudra alors :

$$\text{X. } R = 10^2 \cdot \left(\frac{336}{303 + 63} \right) \cong 91,1 \%$$

Mais si l'on considère l'équation 22) on peut donner au rendement une autre valeur. En effet, nous savons que 1 molg de CO_2 correspond à 3 molg d'acide lipoïnique, c'est-à-dire à $6 \cdot N h \nu$. L'énergie utilisée sera par conséquent (et pour 1 molg de CO_2) de $6 \cdot 43,7 = 262,2 \text{ kcal}$ (si l'on travaille à 6500 \AA); comme 3 molg de CO_2 sont engagées dans cette réaction, le rendement vaudra :

$$\text{XI. } R = 10^2 \cdot \left(\frac{336}{3 \cdot 262,2} \right) \cong 42,7 \%$$

Comment expliquer la différence entre ces deux résultats (X et XI) ? Il faut évidemment tenir compte, ce que nous n'avons pas fait, de la réoxydation de l'acide lipoïnique qui entraîne une diminution très nette de l'énergie libérée, donc une réduction de ce rendement de 91,1 % :



Enfin, on peut exprimer le rendement photosynthétique en fonction de l'énergie fixée et restituée par la chlorophylle (CHL); on aura :

23) $\text{CHL} + n \cdot h \nu \longrightarrow \text{CHL}^*$ où $\text{CHL}^* = \text{chlorophylle activée}$

24) $\text{CHL}^* \longrightarrow a \text{CHL}^* + b \text{CHL} + \text{E}$ où $a + b = 1$

le rendement, dans ce cas, vaudra :

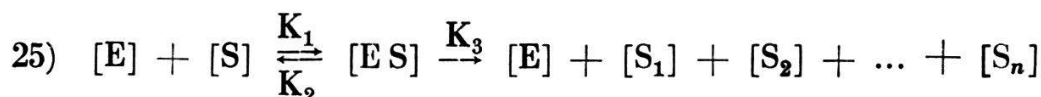
$$\text{XII. } R = 10^2 \left(\frac{\text{E}}{n \cdot h \nu} \right)$$

En fait, dès qu'on veut préciser la nature physico-chimique de ces processus, les problèmes abordés se compliquent considérablement,

et le schéma précédent qui ne fait intervenir ni les réactions de tautomérie et de dismutation (URI, 23), ni les radicaux libres (SCHENCK, 22), n'a qu'un intérêt théorique.

Processus enzymatiques.

La notion de rendement peut également être appliquée au travail enzymatique; [E] étant la conc. de l'enzyme et [S] celle du substrat.



Imaginons que la concentration du substrat soit : au temps 0 : $[S_0]$

et au temps t : $[S]$:

On peut écrire que le substrat détruit $[S_d]$ vaut :

$$26) \quad [S_d] = [S_0] - [S]$$

Le rendement correspond alors à :

$$XIII. \quad R = 10^2 \cdot \left(\frac{[S_d]}{[S_0]} \right) = 10^2 \cdot \left(1 - \frac{[S]}{[S_0]} \right)$$

Mais ce rendement peut être exprimé en fonction des vitesses réelle (V) et maximum (V_m) et de la constante de MICHAELIS (K_m); en effet LINEWEAVER et BURK (12) ont montré que :

$$27) \quad 1/V = K_m/(V_m \cdot [S]) + 1/V_m \quad \text{d'où} \quad 28) \quad [S] = K_m \cdot \left(\frac{V}{V_m - V} \right)$$

En remplaçant cette valeur dans l'équation XIII, on aura :

$$XIV. \quad R = 10^2 \cdot \left(1 - \frac{K_m}{S_0} \cdot \left(\frac{V}{V_m - V} \right) \right)$$

Cette expression du rendement nous paraît essentielle, en particulier lorsqu'on parle des processus d'adaptation enzymatique (par exemple adaptation des auxines-oxydases (v. GALSTON et DALBERG, 8; PILET, 18)⁴. Mais le rendement d'une enzyme est fonction aussi de l'intensité de l'énergie libérée. Les deux grandes classes d'enzymes (v. BALDWIN, 1 et LEHNARTZ, 11) seront précisément caractérisées par un rendement très différent (tableau 3).

⁴ Dans ce cas, nous avons montré qu'un prétraitement par le substrat a pour conséquence d'accroître le rendement des auxines-oxydases, en d'autres termes d'augmenter la quantité d'acide β indolyl-acétique dégradé par voie enzymatique.

TABLEAU 3.

Valeur comparée des rendements enzymatiques.

Enzymes :	Fonction :	Libération d'énergie	Rendement :	Rapport :
Desmolases	catalysent l'hydrolyse de leur substrat	faible	R_H	$R_H < R_D$
Hydrolases	dégradent par processus oxydatif leur substrat	forte	R_D	$R_D > R_H$

Processus respiratoire.

D'une façon générale, la dégradation oxydative (réaction exothermique) d'un composé C correspond à la formation de produits c à potentiel énergétique plus bas (soient W_p et w_p ces potentiels respectifs) et à la libération d'énergie W ; on peut écrire :



et le rendement sera :

$$XV. \quad R = 10^2 \cdot \left(\frac{W_L}{W_p} \right) = 10^2 \cdot \left(\frac{W_L}{n \cdot w_p + W_L} \right)$$

Bornons-nous à l'étude du glucose : WARBURG et CHRISTIAN (27), ont calculé, dans la réaction d'oxydation de ce glucide, que $\Delta G = -686$ kcal/molg dégradé. Mais cette réaction peut se décomposer ainsi :

phase 1 : glucose \longrightarrow acide lactique + 2 ATP/mol de glucose

phase 2 : ac. lactique \longrightarrow acide pyruvique + 6 ATP

phase 3 : dégradation oxydative de l'ac. pyruvique,
formation de 38 ATP

Chacune de ces 38 molécules d'ATP correspond à 38 liaisons phosphoriques (Ph ∞) à haut potentiel énergétique. Chaque liaison correspondant à 7 kcal, l'énergie vaudra $38 \cdot 7 = 266$ kcal, et le rendement sera par conséquent :

$$XVI. \quad R = 10^2 \cdot 266 / 686 \cong 38,7 \text{ \%}$$

D'autres réactions cataboliques sont caractérisées par un rendement qu'on peut calculer comme on vient de le faire (*tableau 4*).

TABLEAU 4.

Détermination du rendement dans quelques réactions cataboliques
(Adapté partiellement de BLADERGROEN, 3).

Réactions :	$-\Delta G$ kcal/mol	Ph	Energie *	R ₁	Energie **	R ₂
Ac. pyruvique \rightarrow CO ₂ + H ₂ O	274	15	180	66 %	105	40
Glucose \rightarrow Ac. pyruvique	36	2	24	67	14	39
Glycogène \rightarrow Alcool éthylique	50	2	24	48	14	28
Glucose \rightarrow Ac. lactique	58	3	36	62	21	37

Une liaison (riche en énergie) de Ph vaut :

* 12 kcal selon LIPMANN (13) et MEYERHOF (14).

** 7 kcal selon MORALES et coll. (1)

Conclusion.

Il nous paraît impossible de parler d'échanges d'énergie chez les organismes vivants sans faire intervenir le rendement. Mais cette notion est directement liée aux cycles énergétiques qui caractérisent les processus biologiques; ces cycles sont parfois très hypothétiques et les théories qui cherchent à rendre compte des réactions physico-biochimiques demeurent encore fort diverses et souvent contradictoires. C'est pourquoi il est si difficile, même pour un phénomène physiologique déterminé, de trouver une seule expression exacte et irréprochable du rendement.

BIBLIOGRAPHIE.

- BALDWIN E. — Aspects of biochemistry. Univ. Press Cambridge, 1952.
- BASSHAM J. A. et CALVIN M. — Photosynthesis in « D. E. GREEN — Currents in biochemical research ». Interscience, New York, 1956.
- BLADERGROEN W. — Einführung in die Energetik und Kinetik biologischer Vorgänge. Wepf & Co, Bâle, 1955.
- BORSOOK H. — *Ergebn. Enzymforsch.* 4, 1, 1935.
- BOUTARIC A. — La physique de la vie. P. Univ. France, vol. 184, Paris, 1945.
- CALVIN M. — *Nature* 176, 1215, 1955.
- *Angew. Chemie* 68, 253, 1956.
- GALSTON A. W. et DALBERG L. Y. — *Amer. J. Bot.* 41, 373, 1954.
- GOUDOT A. — Les quanta et la vie. P. Univ. France, vol. 530, Paris, 1952.

10. GUYE Ch. E. — L'évolution physico-chimique. Hermann, Paris, 1942.
11. LEHNARTZ E. — Chemische Physiologie. Springer-Verlag, Berlin, 1952.
12. LINEWEATER H. et BURK D. — *J. Amer. Chem. Soc.* 56, 658, 1934.
13. LIPMANN F. — *Advances in enzymology* 1, 99, 1941.
14. MEYERHOF O. — *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 45, 377, 1944.
15. MORALES M. F., BOTTS J., BLUM J. J. et HILL T. L. — *Physiol. Reb.* 35, 475, 1955.
16. PILET P. E. — L'énergie végétale. P. Univ. France, vol. 716, Paris, 1956.
17. — *Rév. gén. Bot.* 64, 106, 1957.
18. — *Rev. gén. Bot.* 66, 450, 1959.
19. — *Industr. atom.*, 9-10, 63, 1959.
20. PRIGOGINE L. — Etude thermodynamique des phénomènes irréversibles, Desser, Liège, 1947.
21. RUBEN S., RANDALL M., KAMEN M. D. et HYDE J. — *J. Amer. Chem. Soc.* 63, 877, 1941.
22. SCHENCK G. O. — *Naturw.* 40, 205, 1953.
23. URI N. — *Chem. Rev.* 50, 375, 1952.
24. WARBURG O. — Schwermetalle als Wirkungsgruppen von Fermenten. Saenger Verlag, Berlin, 1948.
25. — *Zschr. Naturf.* 9 b, 302, 1954.
26. — *Biochim. Biophys. Acta* 18, 163, 1955.
27. — et CHRISTIAN W. — *Biochem. Z.* 301, 221, 1939.
28. — et KRIPPAHL G. — *Zschr. Naturf.* 11, 52, 1956.
29. — et NEGELEIN E. — *Biochem. Z.* 214, 64, 1929.
30. WESSELS J. S. — *Rec. Trav. Chim.* 73, 529, 1954.
31. WINOGRADOV A. P. et TEIS R. V. — *C. R. Acad. Sc. URSS* 56, 59, 1947.

Manuscrit reçu le 15 mars 1960.

Effet de quelques acides phénoxy-aryle-carboxyliques substitués sur la croissance des fruits du *Prunus armeniaca* L.

PAR

WERNER WURGLER

Stations fédérales d'essais agricoles (Lausanne)

Les abricotiers de la cv. Luizet, la plus répandue en Valais, produisent souvent des fruits petits et peu colorés, c'est-à-dire développant peu d'anthocyanes dans leur épiderme, et qui mûrissent un peu tardivement. C'est devant ces constatations que feu M. Hermann Gaillard à Charrat nous a soumis, en 1953, le problème d'ordre pratique d'essayer de faire grossir davantage les abricots, de les faire rougir et de les faire mûrir plus rapidement. Or depuis 1952, CRANE et coll. (5) en Californie ont publié quelques résultats sur l'influence du sel d'ammonium de l'acide 2,4,5-trichlorophénoxyacétique sur la croissance des abricots des cv. Tilton, Derby, Royal et Stewart. D'autre part, les recherches de NITSCH (9) et de LUCKWILL (7) ont montré que les auxines provenant des embryons en développement influencent la croissance des tissus du péricarpe et que ces auxines endogènes peuvent être remplacées par un apport de substances de croissance du même type physiologique comme certains acides phénoxyacétiques substitués¹.

Stade de développement du fruit lors de l'application.

D'après CRANE (4), le moment le plus propice à l'application des acides phénoxy-aryle-carboxyliques se situe au début de la lignification des noyaux. Des abricots sont récoltés à partir du début de mai pour le contrôle de la lignification des noyaux. Des coupes longitudinales de la drupe, d'une épaisseur moyenne de 100 μ , sont plongées pendant dix minutes dans une solution alcoolique de phloroglucine à 2 % et ensuite exposées aux vapeurs d'acide chlorhydrique concentré. La lignification, marquée par le rougissement, commence vers la pointe du noyau. L'opération est répétée sur d'autres fruits pendant les jours qui suivent, jusqu'à ce que la totalité

¹ Grâce à la collaboration de M. SCHWAB, chimiste à Charrat, nous avons pu, pendant quelques années, entreprendre des essais dans des vergers d'abricotiers de la cv. Luizet.