

Henri Jupin André Lamant

2^e CYCLE • CAPES • AGRÉGATION

La photosynthèse



DUNOD

Table des matières



Avant-propos	IX
Remerciements	XI
Abréviations	XIII
1 Historique	1
2 La source d'énergie	
Les caractéristiques de l'énergie lumineuse	7
<i>L'émission de lumière</i>	7
<i>La mesure de l'énergie lumineuse</i>	9
Les sources lumineuses	13
<i>Les radiations photosynthétiquement actives</i>	14
<i>L'environnement lumineux en milieu naturel</i>	16
3 Les pigments de la photosynthèse	
Mise en évidence du rôle des pigments dans la photosynthèse	20
<i>L'expérience de Timiriazeff</i>	21
<i>L'expérience d'Engelman</i>	21
L'absorption de la lumière	22
Les caractéristiques des pigments	23
<i>Les caroténoïdes</i>	24
<i>Les pigments tétrapyrroliques</i>	25
Les spectres d'action	29
La coopération entre pigments : l'unité photosynthétique	30
4 Les chloroplastes	
Ultrastructure	33
Composition chimique	38
<i>Les lipides des thylakoïdes</i>	40
<i>Les protéines des thylakoïdes</i>	41
Conclusion	45
5 Les réactions d'oxydoréduction	
Introduction	47
L'expérience de R. Hill	48

L'effet Emerson	
Les deux photosystèmes	51
Les donneurs et accepteurs d'électrons	55
<i>Les donneurs et accepteurs physiologiques</i>	60
<i>Les accepteurs et les donneurs artificiels</i>	60
Conclusion	61
	64

6 Les photosystèmes

Les antennes	
<i>Les spectres d'action des réactions photochimiques</i>	68
<i>Les caractéristiques spectrales des photosystèmes</i>	68
<i>La séparation des photosystèmes</i>	71
Les centres	76
<i>Le centre réactionnel du photosystème I</i>	79
<i>Le centre réactionnel du photosystème II</i>	79
La répartition de l'énergie entre les photosystèmes	81
<i>Etat I et état II</i>	88
<i>Les mécanismes du changement d'état</i>	89
	92

7 La synthèse d'ATP

La théorie de P. Mitchell	95
<i>Les quatre hypothèses fondamentales</i>	96
<i>Les conséquences vérifiables</i>	100
Vérifications expérimentales	101
<i>Mise en évidence d'un gradient de pH</i>	102
<i>Mise en évidence d'un champ électrique</i>	104
<i>L'anisotropie membranaire</i>	108
La photophosphorylation	109
La sortie des protons : l'ATPase membranaire	111
<i>Structure</i>	111
<i>Fonctionnement</i>	112
L'entrée des protons : le complexe cytochrome b_6/f	113
<i>Composition et structure</i>	113
<i>Le fonctionnement du cytochrome, le cycle Q</i>	114
Conclusion	116

8 L'impact des variations d'intensité lumineuse

Un outil pour l'étude de l'appareil photosynthétique : la cinétique de fluorescence	120
<i>Les causes de la variation du rendement de fluorescence</i>	121
<i>Mesure en continu</i>	126
<i>Mesures instantanées</i>	128
<i>La cinétique de fluorescence</i>	130

Les adaptations aux faibles et fortes intensités lumineuses	132
<i>Les plantes d'ombre et de soleil</i>	132
<i>Les algues du phytoplancton</i>	137
Les dommages causés par les très fortes intensités lumineuses	138
<i>La rétroaction passive</i>	139
<i>Les mécanismes de régulation</i>	140
<i>La photodestruction</i>	143
Conclusion	144
9 L'assimilation du CO₂ : le cycle de Calvin	
Aspects techniques de l'étude de l'incorporation du carbone :	145
<i>Utilisation de l'isotope radioactif ¹⁴C (•C)</i>	146
<i>Séparation et identification des produits</i>	146
<i>Le matériel expérimental</i>	148
Le premier produit formé	148
L'accepteur du CO ₂	149
Réduction du phosphoglycérate	152
Régénération du Ribulose 1,5 bisphosphate	154
Le devenir des produits de la photosynthèse	157
<i>Les méthodes d'étude</i>	157
<i>Caractéristiques des principaux échanges du chloroplaste</i>	157
Bilans	165
Conclusion	167
10 La ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/oxygénase : la Rubisco	
Structure de la Rubisco	169
Biosynthèse de la Rubisco chez les Eucaryotes	171
Fonctionnement de la Rubisco	173
<i>CO₂ et O₂ dans l'environnement cellulaire</i>	173
<i>La fonction RuBP carboxylase</i>	175
<i>L'activation de la Rubisco</i>	176
<i>La fonction RuBP oxygénase</i>	179
11 Régulation du cycle de Calvin	
Mise en évidence d'un contrôle du cycle de Calvin	185
<i>L'accumulation périodique de l'amidon dans le chloroplaste</i>	185
<i>L'induction de l'incorporation du CO₂</i>	186
<i>L'évolution du pH stromatique</i>	187
Identification des sites et nature de la régulation	187
<i>Etapes contrôlées par la loi d'action de masse</i>	189
<i>Etapes irréversibles, nécessité d'un rétrocontrôle</i>	189

Régulation du cycle par l'entrée de l'énergie	190
<i>Régulation par les ions : H^+, Mg^{++}</i>	192
<i>Régulation par le pouvoir réducteur</i>	194
<i>Régulation par les composés phosphorylés</i>	197
Régulation du cycle par les flux de matière	200
<i>Régulation par les entrants, disponibilité en CO_2</i>	200
<i>Régulation par les sortants, devenir des trioses-phosphates</i>	201
12 Variations sur le mode d'assimilation du CO_2, les plantes C4 et CAM	
La découverte des plantes en C4	209
<i>Une carboxylation supplémentaire</i>	211
Anatomie de la feuille des plantes en C4	214
Les fonctions spécifiques des deux tissus	215
<i>Les techniques d'analyse</i>	216
<i>La localisation des activités enzymatiques</i>	216
<i>La coopération entre les tissus</i>	219
<i>Le transport des métabolites</i>	220
<i>Quelques variantes autour du cycle en C4</i>	223
<i>Le surcoût énergétique du cycle en C4</i>	226
La régulation de l'activité des principaux acteurs du cycle en C4	227
<i>La phosphoenolpyruvate carboxylase (PEPcase)</i>	227
<i>La pyruvatephosphate dikinase</i>	229
<i>La malate déshydrogénase</i>	231
<i>L'enzyme malique-NADP⁺ dépendante</i>	231
La sortie des produits finis	232
<i>La synthèse du saccharose</i>	232
<i>La synthèse de l'amidon</i>	232
Les végétaux en C4, la systématique et la paléontologie	233
<i>La caractérisation aisée des plantes en C4 par leur teneur en ^{13}C</i>	233
<i>Les Monocotylédones en C4</i>	234
<i>Les Dicotylédones en C4</i>	234
<i>L'origine du métabolisme en C4</i>	235
<i>Les espèces intermédiaires C3 / C4</i>	236
La photosynthèse des plantes crassuléscentes (CAM)	238
<i>Caractères généraux des plantes CAM</i>	238
<i>L'incorporation nocturne du CO_2</i>	242
<i>Le métabolisme diurne : les décarboxylations du malate.</i>	243
<i>La régulation du métabolisme des plantes crassuléscentes</i>	244
Conclusion	247
Bibliographie	249
Index	263

SCIENCES SUP

Henri Jupin
André Lamant

LA PHOTOSYNTHÈSE

La photosynthèse est le processus central permettant l'existence et le développement de la quasi-totalité des formes de vie végétales.

L'objectif de cet ouvrage est de présenter les mécanismes fondamentaux de la photosynthèse.

Les auteurs se sont attachés à retracer les modalités des découvertes successives, en analysant les concepts, les expériences cruciales, ainsi que les techniques originales qui ont permis d'aboutir à un modèle satisfaisant du fonctionnement de l'appareil photosynthétique des végétaux.

Cet ouvrage s'adresse aux étudiants de deuxième cycle de biologie et aux candidats aux concours de recrutement de l'enseignement secondaire.



9 782100 045525

ISBN 2 10 004552 0
Code 044552



HENRI JUPIN
est professeur
à l'université
de Perpignan.

ANDRÉ LAMANT
est professeur
à l'université
de Bordeaux I.

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE

