

Albert L. Lehninger

# BIOÉNERGÉTIQUE

édition française dirigée par J. et M. Duquesne

 InterEditions

# Table des matières

<b>Préface de l'auteur</b> .....	5
<b>Préface de l'Édition française</b> .....	7
<b>I Introduction</b> .....	9
1-1 Biologie et transformations de l'énergie .....	10
1-2 Complexité et information en biologie .....	11
1-3 La bionique .....	12
1-4 Les principes de la thermodynamique et leur influence sur la biologie .....	13
<b>II Principes de la thermodynamique de l'équilibre</b> .....	
2-1 Portée et méthodes de la thermodynamique .....	16
2-2 Énergie calorifique et Premier principe .....	19
2-3 La nature isotherme des phénomènes cellulaires .....	23
2-4 L'entropie et le Second principe .....	24
2-5 Énergie libre .....	26
2-6 Énergie libre et constante d'équilibre .....	27
2-7 Catalyse et énergie d'activation .....	32
2-8 Systèmes « ouverts » et systèmes « fermés » .....	33
2-9 La cellule : objet de petites dimensions .....	34
<b>III Écoulement de l'énergie dans le monde biologique</b> .....	
3-1 La lumière solaire, source de l'énergie biologique .....	36
3-2 La photosynthèse .....	38
3-3 Respiration dans les cellules hétérotrophes .....	40
3-4 Le travail biologique .....	41

3-5	Circulation de la matière dans le monde biologique .....	45
3-6	Immensité du cycle de l'énergie biologique .....	46
3-7	Modèle interprétant l'écoulement de l'énergie dans la cellule isolée .....	47
3-8	« Division du travail » dans les cellules .....	49

#### IV Adénosine triphosphate et transfert de l'énergie chimique

4-1	Structure et propriétés de l'ATP .....	52
4-2	Energie libre d'hydrolyse .....	55
4-3	Pourquoi l'énergie libre d'hydrolyse de l'ATP est-elle grande ? .....	56
4-4	La liaison phosphate riche en énergie : une dénomination ambiguë .....	57
4-5	Energie libre d'hydrolyse d'autres composés phosphatés ..	58
4-6	Rôle central du système ATP-ADP .....	59
4-7	Couplage d'énergie et principe de l'intermédiaire commun .	61
4-8	Conservation de l'énergie d'oxydation sous la forme de l'énergie de l'ATP .....	62
4-9	Utilisation de l'énergie de l'ATP pour exécuter du travail chimique .....	65

#### V Production d'ATP dans les cellules anaérobies

5-1	Rôle biologique de la fermentation anaérobie .....	69
5-2	La glycolyse .....	71
5-3	Les enzymes .....	73
5-4	Les étapes successives de la glycolyse .....	75
5-5	La voie du carbone .....	79
5-6	Le nicotinamide adénine dinucléotide (NAD) .....	80
5-7	La première étape de conservation de l'énergie .....	82
5-8	Le phosphopyruvate et la seconde étape de conservation de l'énergie .....	83
5-9	Energétiques comparées de la fermentation et de la respiration .....	84

#### VI Respiration et production d'ATP dans la mitochondrie

6-1	Le cycle tricarboxylique de Krebs ou cycle de l'acide citrique .....	86
6-2	La chaîne respiratoire .....	91
6-3	Energétique du transport d'électrons .....	93
6-4	Phosphorylation oxydative .....	96
6-5	Bilan énergétique de l'oxydation du glucose .....	99

<b>Table des matières</b>	<b>231</b>
6-5 Equilibre dynamique des transporteurs respiratoires et « autorégulation » du rythme respiratoire .....	100
6-7 Les mitochondries et leur organisation moléculaire .....	103
<b>III La photosynthèse et le chloroplaste</b>	
7-1 Equation de la photosynthèse .....	107
7-2 Réactions « photochimiques » et réactions « obscures » ..	109
7-3 La lumière et son énergie .....	109
7-4 Excitation des molécules par la lumière .....	111
7-5 Les chlorophylles .....	113
7-6 Excitation de la chlorophylle et transport d'électrons sous l'action de la lumière .....	114
7-7 La photophosphorylation .....	117
7-8 Production du pouvoir réducteur et production d'oxygène .	117
7-9 Formation de sucre dans la phase obscure de la photosynthèse .....	121
7-10 L'efficacité de la photosynthèse .....	123
7-11 Le chloroplaste .....	123
<b>IV Contraction et mouvement</b>	
8-1 Les divers systèmes contractiles et mobiles .....	128
8-2 Propriétés dynamiques du muscle du squelette .....	129
8-3 Source de l'énergie nécessaire à la contraction musculaire .	130
8-4 La phosphocréatine : réservoir de phosphate riche en énergie .....	132
8-5 Structure des cellules musculaires .....	134
8-6 Composants moléculaires du système contractile .....	135
8-7 Mécanismes moléculaires intervenant dans la contraction .	138
8-8 Cils et flagelles .....	140
<b>V Transport actif et travail électrique</b>	
9-1 Transport actif homocellulaire .....	142
9-2 Transport actif transcellulaire .....	146
9-3 Transport actif intracellulaire .....	147
9-4 Structure et propriétés des membranes cellulaires .....	148
9-5 Thermodynamique classique du travail de concentration ..	150
9-6 Le transport actif est un processus de « non-équilibre » ..	151
9-7 Action directionnelle des enzymes dans les mécanismes de transport .....	152
9-8 Effets bioélectriques du transport actif. Potentiels d'action .	157

<i>des matières</i>	231
6-6 Equilibre dynamique des transporteurs respiratoires et « autorégulation » du rythme respiratoire .....	100
6-7 Les mitochondries et leur organisation moléculaire ....	103
<b>La photosynthèse et le chloroplaste</b>	
7-1 Equation de la photosynthèse .....	107
7-2 Réactions « photochimiques » et réactions « obscures » ..	109
7-3 La lumière et son énergie .....	109
7-4 Excitation des molécules par la lumière .....	111
7-5 Les chlorophylles .....	113
7-6 Excitation de la chlorophylle et transport d'électrons sous l'action de la lumière .....	114
7-7 La photophosphorylation .....	117
7-8 Production du pouvoir réducteur et production d'oxygène .	117
7-9 Formation de sucre dans la phase obscure de la photosynthèse .....	121
7-10 L'efficacité de la photosynthèse .....	123
7-11 Le chloroplaste .....	123
<b>Contraction et mouvement</b>	
8-1 Les divers systèmes contractiles et mobiles .....	128
8-2 Propriétés dynamiques du muscle du squelette .....	129
8-3 Source de l'énergie nécessaire à la contraction musculaire .	130
8-4 La phosphocréatine : réservoir de phosphate riche en énergie .....	132
8-5 Structure des cellules musculaires .....	134
8-6 Composants moléculaires du système contractile .....	135
8-7 Mécanismes moléculaires intervenant dans la contraction .	138
8-8 Cils et flagelles .....	140
<b>Transport actif et travail électrique</b>	
9-1 Transport actif homocellulaire .....	142
9-2 Transport actif transcellulaire .....	146
9-3 Transport actif intracellulaire .....	147
9-4 Structure et propriétés des membranes cellulaires .....	148
9-5 Thermodynamique classique du travail de concentration ..	150
9-6 Le transport actif est un processus de « non-équilibre » ..	151
9-7 Action directionnelle des enzymes dans les mécanismes de transport .....	152
9-8 Effets bioélectriques du transport actif. Potentiels d'action .	157

<b>X</b>	<b>Travail chimique de la biosynthèse : polyholosides et lipides</b>	
10-1	Croissance de la cellule .....	160
10-2	Renouvellement dynamique des constituants cellulaires ..	162
10-3	Vitesse de la biosynthèse et distribution de l'énergie biosynthétique .....	163
10-4	Aspects thermodynamiques de la biosynthèse cellulaire ..	166
10-5	Principe de l'intermédiaire commun dans les réactions de biosynthèse - rôle du pyrophosphate .....	167
10-6	Utilisation d'autres triphosphates pour canaliser l'énergie de l'ATP .....	170
10-7	Biosynthèse des polyholosides .....	174
10-8	Biosynthèse des lipides .....	177
10-9	Renouvellement (turnover) de l'ATP au cours de la biosynthèse active .....	182
<b>XI</b>	<b>Biosynthèse des macromolécules informationnelles</b>	
11-1	Schéma moléculaire du système informationnel .....	184
11-2	Réplication de l'ADN .....	192
11-3	Transcription sur l'ARN messenger .....	193
11-4	La synthèse des protéines et le ribosome .....	194
11-5	Séquence des acides aminés des molécules protéiques .....	199
<b>XII</b>	<b>Information biologique et assemblage de la structure cellulaire</b>	
12-1	Théorie de l'information .....	203
12-2	Contenu informationnel des protéines, des acides nucléiques et des cellules .....	203
12-3	Entropie et information .....	205
12-4	La croissance de la cellule est-elle programmée .....	207
12-5	Stabilisation de la structure macromoléculaire et supra-moléculaire .....	208
12-6	Equilibre dynamique de la cellule et production d'entropie .	213
<b>XIII</b>	<b>Autres perspectives</b> .....	216
	<b>Bibliographie</b> .....	219
	<b>Glossaire</b> .....	223
	<b>Table des matières</b> .....	229
	<b>Index</b> .....	233