

Table des matières

Cellule et chimie

Introduction	2	2.4	Les isoméries : en toute sérénité	19
1 La cellule, une petite organisation domestique	2		Isomérie de constitution	19
1.1 La membrane cellulaire et son contenu	2		Stereo-isomérie	19
1.2 Les organelles cellulaires : les différents compartiments de la cellule	2	2.5 La mésomérie : ne pas se fier à l'apparence		22
Noyau, le « je sais tout » de la cellule	3	3. Les glucides ou hydrates de carbone		23
Mitochondries, usines de la cellule	3	3.1 Définitions		23
Ribosomes, ateliers de production des protéines	3	3.2 Osés ou monosaccharides		24
Réticulum endoplasmique, première gare d'exportation	4	Les hexoses, sucres à 6 carbones		24
Appareil de Golgi, deuxième gare d'exportation	4	Les pentoses, sucres à 5 carbones		27
Lysosomes, les éboueurs	5	Réactions des monosaccharides		27
Peroxisomes, dispensaires de détoxification	5	Méthode de dosage		28
1.3 Le cytosquelette, soutien et motilité	5	3.3 Les diholosides ou disaccharides		29
1.4 Transport des substances vers l'intérieur et l'extérieur de la cellule	6	Maltose et isomaltose, sucres du malt		30
1.5 Les contacts cellulaires : comment l'être humain maintient sa cohésion ..	7	Lactose, sucre du lait		30
1.6 La matrice extracellulaire : qu'y a-t-il entre les cellules ?	7	Saccharose, sucre de canne et sucre de betterave		31
2. Chimie générale	8	3.4 Oligosaccharides		31
2.1 Liaison chimique	8	3.5 Polysaccharides		31
Règle de l'octet	8	Homoglycannes ou homopolysaccharides		31
Électron libre et doublet électronique plus ou moins libre	10	Hétéroglycannes ou hétéropolysaccharides		32
Électronégativité	10	4 Lipides		34
Liaisons fortes, valences principales	11	4.1 Définitions		34
Liaisons faibles, valences secondaires	12	Rôle des lipides		35
2.2 Les groupes fonctionnels et leurs réactions	13	Classification des lipides		35
Principaux groupements fonctionnels oxygénés	13	4.2 Acides gras		35
Principaux groupements fonctionnels soufrés	16	Saturés ou insaturés		36
Principaux groupements fonctionnels azotés	16	Essentiels ou non essentiels		37
2.3 Réactions chimiques d'une cellule humaine	17	Pairs ou impairs		37
Les cinq types de réactions de base	17	Nomenclature		37
Rôle des réactions acide-base	18	4.3 Glycérides		38
		Triglycérides ou triacylglycérides (TAG), graisses classiques		38
		Glycérophospholipides, lipides membranaires		38
		4.4 Sphingolipides, lipides membranaires pour les nerfs		39
		Sphingophosphatides		40
		Glycolipides		40
		4.5 Isoprénoïdes : la diversité lipidique		41
		Terpènes		41
		Stéroïdes		42
		5 Acides aminés et protéines		44
		5.1 Acides aminés		44
		Les vingt acides aminés protéinogènes		44
		Acides aminés non protéinogènes		47
		Propriétés des acides aminés		47
		Réactions des acides aminés		49

5.2	Peptides et protéines	50	De l'assiette à la cellule	78
	Liaison peptidique	50	Métabolisme des glucides dans l'organisme	81
	Synthèse et dégradation des protéines	51	Mécanismes fondamentaux de régulation	82
	Nomenclature des peptides	51		
	Structure spatiale des protéines	52	2.2 Glycolyse	83
	Dénaturation et précipitation	54	Phase préparatoire : du glucose	
	Séparation des protéines : électrophorèse	55	au 3-phospho-glycéraldéhyde	
	Fonction des protéines dans l'organisme	55	(ou glycéraldéhyde-3-phosphate)	84
	Les prions, des protéines très particulières	56	Phase de production d'énergie :	
			du 3-phospho-glycéraldéhyde au pyruvate	85
			Comment le NADH/H ⁺ atteint la chaîne	
			respiratoire	87
			Régulation de la glycolyse : question	
			de vitesse	89

Métabolisme

1	Enzymes	60		
1.1	Quelques notions introductives d'énergétique	60	2.3 Destinée du pyruvate en aérobiose et anaérobiose	92
	Enthalpie et entropie	60	Catabolisme aérobie – rôle de la pyruvate	
	Quand une réaction se déroule-t-elle librement ? L'énergie libre	61	déshydrogénase	93
1.2	Comment fonctionne un enzyme	62	Catabolisme anaérobie par la lactate	
	Des petites réactions partielles au lieu d'une grande, le secret d'un biocatalyseur	62	déshydrogénase	97
	Accélération par diminution de l'énergie d'activation	63	Production d'énergie avec ou sans oxygène : aperçu général	99
	Les enzymes sont des protéines avec un centre actif	63		
	Vitesse et ordre d'une réaction	64	2.4 Voie des pentoses-phosphate : un concurrent pour la glycolyse ?	99
1.3	Cinétique enzymatique	65	Première phase : oxydative et irréversible	100
	Théorie de Menten et Michaelis	65	Deuxième phase : réversible et non oxydative	101
1.4	Régulation de l'activité enzymatique	67	Rôle du NADPH/H ⁺	102
	Mécanismes de régulation	67	Rôle du ribose	102
	Isoenzymes	70	Régulation de la voie des pentoses-phosphate	102
1.5	Conditions de fonctionnement des enzymes	71	Un déficit enzymatique entraînant l'hémolyse	102
	Conditions optimales de travail	71		
	Coenzymes et groupements prosthétiques	71	2.5 Métabolisme du glycogène	103
1.6	Classes d'enzymes	72	Organes stockant du glycogène	103
	Classe I : oxydo-réductases	72	Structure du glycogène	104
	Classe II : transférases	73	Biosynthèse du glycogène	104
	Classe III : hydrolases	73	Catabolisme du glycogène	107
	Classe IV : synthases ou lyases	74	Régulation du métabolisme du glycogène	109
	Classe V : isomérases	74	Déficit en glucose-6-phosphatase	110
	Classe VI : synthétases ou ligases	74		
	Synthase-synthétase	75	2.6 Néogluco-genèse	110
1.7	Les enzymes en clinique : diagnostic et traitement	75	Dans quels organes fonctionne la néogluco-genèse	111
	Diagnostic enzymatique	75	Contournement des trois réactions irréversibles de la glycolyse	112
	Thérapeutique	76	Substrats de la néogluco-genèse	114
2	Métabolisme des glucides	77	La néogluco-genèse et ses trois compartiments cellulaires	115
2.1	Introduction	77	Bilan énergétique : que coûte un glucose néosynthétisé ?	116
	Aperçu sur les principaux glucides métabolisés	77	Régulation de la néogluco-genèse	117
	Comment nos cellules peuvent-elles utiliser les glucides ?	77		
			2.7 Métabolisme des autres oses	117
			Fructose	118
			Galactose	119
			Mannose	121
			Osamines	121

3	Métabolisme des lipides	123	Régulation du métabolisme des protéines et des acides aminés	164
3.1	Introduction	123	4.2 Métabolisme des protéines	164
	Aperçu général des lipides métabolisés	123	Biosynthèse des protéines	165
	Utilisation des lipides par les cellules	124	Dégradation des protéines	166
	De l'assiette jusqu'aux cellules	126	4.3 Métabolisme des acides aminés	168
	Lipides et maladies	127	Stratégie du métabolisme des acides aminés	168
	Régulation du métabolisme des lipides	127	Vitamine B ₆	172
3.2	Catabolisme des acides gras	128	Rôle des différents organes	173
	Activation des acides gras	128	Biosynthèse des acides aminés	176
	Transport des acides gras dans la mitochondrie	129	Dégradation des acides aminés	179
	La β -oxydation	130	Cycle de l'urée	183
	Catabolisme des autres acides gras	132	Acides aminés donneurs de groupements fonctionnels	186
	Régulation de la β -oxydation	133	Amines biogènes	187
	Oxydation des acides gras dans les peroxyosomes	134	5 Production de l'ATP	189
3.3	Biosynthèse des acides gras	134	5.1 Pour finir, qu'en est-il de l'acétyl-CoA ?	189
	Biosynthèse de l'acide palmitique	134	Structure de l'acétyl-CoA	190
	Biosynthèse des acides gras plus longs	140	Origines de l'acétyl-CoA	190
	Biosynthèse des acides gras insaturés	140	Utilisations de l'acétyl-CoA	191
	Régulation de la biosynthèse des acides gras	140	Acide pantothénique	192
3.4	Triglycérides	141	5.2 Cycle du citrate ou cycle de Krebs	193
	Lipogenèse : biosynthèse des TAG	142	Rôles du cycle de Krebs	193
	Lipolyse : catabolisme des TAG	143	Les réactions du cycle du citrate	193
	Régulation du métabolisme des TAG	145	Fonctions anaboliques du cycle du citrate	196
3.5	Corps cétoniques	145	Réactions anapérotyques : réapprovisionnement du cycle du citrate	198
	Biosynthèse des corps cétoniques	145	Régulation du cycle du citrate	200
	Dégradation des corps cétoniques	147	Bilan intermédiaire	201
	Surabondance de corps cétoniques nuit	147	5.3 Coenzymes réduits : le NADH/H⁺ et ses auxiliaires	202
3.6	Cholestérol	148	NAD ⁺ et FAD, coenzymes des réactions du catabolisme	203
	Biosynthèse du cholestérol	148	NADPH, coenzyme de l'anabolisme	206
	Estérification du cholestérol	151	Trois autres coenzymes d'oxydoréduction	206
	Transformation du cholestérol	152	Où sont formés les coenzymes réduits dans la cellule ?	206
	Cholestérol et athérosclérose	153	5.4 Chaîne respiratoire	208
3.7	Quelques autres lipides	153	Principe de la chaîne respiratoire	208
	Phospholipides	153	Chimie de la chaîne respiratoire	210
	Glycolipides	157	Électrons, protons et hydrogène	213
3.8	Vitamine A	157	Fonctionnement de la chaîne respiratoire.....	213
	Qu'est-ce que la vitamine A	157	Production d'ATP	218
	Métabolisme de la vitamine A	158	Transports à travers la membrane mitochondriale	219
	Effets directs du β -carotène	158	Régulation de la chaîne respiratoire	220
	Acide rétinol et croissance cellulaire	159	Bilan de l'ensemble du catabolisme aérobie	221
	Le rétinol : son rôle dans la vision	159	AMP et autres nucléotides	221
	Carence ou excès en vitamine A	161	Découplants de la chaîne respiratoire	222
4	Métabolisme des protéines et des acides aminés	162	5.5 Propriétés de l'ATP	224
4.1	Introduction	162	Comment se présente l'ATP	224
	Rôle des protéines et des acides aminés	162	Hydrolyse de l'ATP	225
	De l'assiette jusqu'aux cellules	163		
	Le métabolisme des acides aminés et l'organisme	163		
	Protéines, acides aminés et pathologie	164		

Autres donneurs de phosphate	226
ΔG° et vrai ΔG	226
Rôles de l'ATP	226
Les quatre autres nucléotides	227

Génétique moléculaire

1 Molécules du matériel génétique	230
1.1 Structure chimique des nucléotides	230
Bases	230
Nucléosides (bases + sucres)	231
Nucléotides (nucléosides + phosphate)	232
Fonction des nucléotides	232
1.2 Chaînes nucléotidiques	233
Ribose et phosphate :	
pour tenir ensemble l'acide nucléique	233
Les bases, support de l'information	235
La double hélice d'ADN	236
1.3 Le génome humain	238
Chromatine et chromosome : comment	
deux mètres d'ADN sont empaquetés	
dans un noyau cellulaire de 10 μm	238
Notre génome	240
1.4 Biosynthèse des nucléotides	242
Biosynthèse du PRPP	242
Biosynthèse des nucléotides puriques	243
Biosynthèse des nucléotides pyrimidiques	247
La vitamine acide folique	249
Synthèse des désoxyribonucléotides	251
1.5 Catabolisme des nucléotides	251
DNAases et RNAases	252
Dégradation des nucléotides puriques	252
Goutte	253
Dégradation des nucléotides pyrimidiques	255
2 Cycle cellulaire et apoptose	256
2.1 Interphase et ses principaux moments	256
Phase G_1	257
Phase S	257
Phase G_2	257
2.2 Mitose et division cellulaire	258
Mitose	258
Division cellulaire : cytokinèse	259
2.3 Régulation de la division cellulaire	259
Facteurs de croissance	259
De l'action des facteurs de croissance	
à la division cellulaire	261
Déroulement d'un cycle cellulaire contrôlé	262
Les inhibiteurs des CDK	264
La protéine RB, centre de contrôle	
du cycle cellulaire	264
La protéine P53, gardienne du génome	265
Les cancers, maladies du cycle cellulaire	267

2.4 Apoptose : mort cellulaire programmée	268
Induction de l'apoptose	268
Molécules participant aux processus	
d'apoptose	269
Modifications cellulaires lors de l'apoptose	270
3 Une cellule humaine au quotidien	272
3.1 Transcription de l'ADN et synthèse de l'ARN	273
Ensemble des étapes de la transcription	273
Nature et fonction de l'ARN	275
3.2 Modifications post-transcriptionnelles : devenir de l'ARN après la transcription	279
Modifications concernant tous les ARN messagers	279
Modifications spécifiques à certains	
ARN messagers	282
3.3 Trafic nucléocytoplasmique	283
Noyau et cytoplasme	283
Importation vers le noyau	284
Exportation hors du noyau	284
Transport des ARNm sur de longues	
distances	285
3.4 Traduction des ARNs et synthèse des protéines	285
Activation des acides aminés	285
Initiation de la traduction : assemblage	
du ribosome	287
Élongation	288
Terminaison de la traduction	289
3.5 Modifications post-traductionnelles avant mise en service des protéines	290
Prise de conformation (redéploiement	
protéique)	290
Adressage et transport des protéines :	
comment les protéines rejoignent	
leur lieu de travail	290
Modification des protéines	291
3.6 Régulation de l'expression des gènes	294
Chromatine et transcription	294
Séquences régulatrices de transcription	
contenues dans l'ADN	295
Protéines se liant à l'ADN : facteurs	
de transcription	296
Processus biologiques définis au niveau	
de la transcription	297
Régulation au niveau de la transcription	298
4 Reproduction de l'ADN	299
4.1 Réplication de l'ADN	299
Réplication au niveau du chromosome	299
Réplication au niveau moléculaire	300
ADN polymérase	301
Télomérase et rêve de la jeunesse éternelle	302
4.2 Réaction de polymérisation en chaîne (PCR)	303
Principe de la PCR	303
Réactions de la PCR	303

Le gel d'agarose de séparation de l'ADN	305	Hormones et métabolisme	335
La PCR dans le diagnostic	305	Régulation du métabolisme	335
5 Menaces sur notre patrimoine génétique	306	Action sur les enzymes	335
5.1 Les lésions de l'ADN et leur réparation	306	Aperçu général sur la structure chimique des hormones	336
Lésions de l'ADN : comment des erreurs peuvent survenir	306	Hormones peptidiques	336
Mécanismes de réparation	307	Hormones stéroïdes	337
Conséquences possibles des lésions de l'ADN quand la réparation fonctionne mal	309	Hormones dérivées d'acides aminés	337
5.2 Mécanismes moléculaires de l'apparition et de la propagation des cancers	310	Éicosanoïdes et acide rétinolique	337
Qu'est-ce qu'une tumeur ?	310	État d'équilibre des hormones	338
Comment naît une tumeur	311	Les hormones dans l'organisme	338
Proto-oncogènes	311	Glandes endocrines	338
Gènes suppresseurs de tumeurs	313	Système hypothalamo-hypophysaire	339
Autres facteurs qui favorisent la survie et la progression des cancers	313	1 Mécanisme d'action des hormones	341
Tabac et cancer du poumon	314	1.1 Récepteurs enzymatiques (récepteurs de type I)	341
Cytostatiques, médicaments anticancéreux	314	Récepteurs à activité tyrosine-kinase	341
6 Génétique bactérienne et virale	315	Récepteurs à activité guanylate-cyclase	341
6.1 Bactéries	315	1.2 Récepteurs-canaux ioniques (récepteurs de type II)	342
Que sont les bactéries ?	315	Canaux ioniques de la membrane plasmique	342
Génétique des bactéries	317	Canaux ioniques intracellulaires	342
Bases moléculaires des thérapeutiques antibactériennes	317	1.3 Récepteurs membranaires couplés à une protéine G (récepteurs de type III)	342
6.2 Virus	320	Récepteurs	342
De quoi est composé un virus ?	320	Protéines G	343
Cycle de vie d'un virus	321	Enzymes activés par les protéines G	343
6.3 Le virus de l'immunodéficience humaine (VIH)	321	Adénylate-cyclase et AMPc	344
Comment est fait le VIH ?	322	Phospholipase C	345
Comment agit le VIH ?	323	1.4 Les récepteurs intracellulaires	347
Infection à VIH chez l'homme	325	Activation des récepteurs	347
Antiviraux	326	Interaction avec l'ADN	348
6.4 Les virus en thérapie génique	326	Hormones à récepteurs intracellulaires	348
Manipulations de biologie moléculaire	327	1.5 Récepteurs de cytokines	348
Production de virus recombinants	328	Récepteurs associés aux JAK (Janus-kinases)	348
		Transduction du signal	349
		1.6 Classification des hormones	349
		2 Hormones du métabolisme énergétique	350
		2.1 Métabolisme énergétique	350
		Phase absorbative	350
		Phase post-absorbative	350
		Enzymes-clés du métabolisme énergétique	351
		2.2 Insuline	352
		Biosynthèse de l'insuline	352
		Activités physiologiques et moléculaires de l'insuline	354
		Cheminement de l'insuline et du glucose dans l'organisme	357
		Dégradation de l'insuline	357
		Diabète sucré	357
		2.3 Glucagon	358
		Biosynthèse du glucagon	359
Communications intercellulaires			
Introduction : les communications intercellulaires	332		
Les divers messagers	332		
Hormones classiques	332		
Hormones locales	332		
Médiateurs	332		
Interleukines	333		
Neurotransmetteurs	333		
Récepteurs hormonaux	333		
Quatre types de récepteurs	333		
La répartition des récepteurs	334		
La transduction du signal	334		

Effets moléculaires et physiologiques	359	4.2	Calcium et phosphate	39
Cheminement du glucagon			Métabolisme phospho-calcique	39
dans l'organisme	360		Parathormone	39
Dégradation du glucagon	360		Calcitriol	39
Le glucagon comme médicament	360		Calcitonine	39
2.4 Adrénaline	360	5	Croissance	39
Biosynthèse de l'adrénaline	360	5.1	Somatotrophine ou GH	39
Effets moléculaires et physiologiques			Biosynthèse de la somatotrophine	39
de l'adrénaline	361		Activité de la somatotrophine	39
Cheminement de l'adrénaline			Catabolisme de la GH et des somatomédines	39
dans l'organisme	364		Cycle de régulation de la somatotrophine	39
Dégradation de l'adrénaline	364		Trop grand, trop petit ? Le juste milieu !	39
L'adrénaline comme médicament		5.2	Hormones thyroïdiennes	39
d'urgence	365	5.3	Androgènes	40
Trop ou trop peu d'adrénaline	365	5.4	Érythropoïétine	40
2.5 Glucocorticoïdes	365		Biosynthèse de l'érythropoïétine	40
Biosynthèse des glucocorticoïdes	365		Effets de l'érythropoïétine	40
Effets moléculaires et physiologiques	366		Applications médicales	40
Catabolisme des glucocorticoïdes	369		EPO et sport	40
Cycle de régulation des glucocorticoïdes	369	6	Reproduction	40
Pro-opio-mélano-cortine (POMC)	370	6.1	Estrogènes et gestagènes, hormones	
Cheminement des glucocorticoïdes			sexuelles de la femmes	40
dans l'organisme	370		Régulation par les gonadotrophines	40
Corticothérapie	371		Effets des estrogènes	40
Maladie de Cushing	371		Effets des gestagènes	40
2.6 Hormones thyroïdiennes	372		Cycle menstruel	40
Biosynthèse des hormones thyroïdiennes	372	6.2	Androgènes, hormones sexuelles	
Effets moléculaires et physiologiques	374		mâles	40
Dégradation des hormones thyroïdiennes	376		Régulation par les gonadotrophines	40
Cycle de régulation des hormones			Effets des androgènes	40
thyroïdiennes	376	6.3	Biosynthèse et catabolisme	
Cheminement des hormones thyroïdiennes			des hormones sexuelles	40
dans l'organisme	377		Biosynthèse des hormones sexuelles	40
Le goitre et les autres manifestations			Catabolisme des hormones sexuelles	40
de pathologie thyroïdienne	377	6.4	Prolactine	40
3 Hormones gastro-intestinales	379		Biosynthèse et régulation	40
3.1 Régulation de la sécrétion gastrique ...	379		Effets de la prolactine	40
Gastrine	379	6.5	Ocytocine	40
Histamine	380		Biosynthèse de l'ocytocine	40
Somatostatine	380		Effets sur l'utérus et la glande mammaire	40
VIP (<i>vasoactive intestinal peptide</i>)	380		L'ocytocine comme médicament	40
3.2 Régulation des sécrétions pancréatique		7	Cytokines, médiateurs de l'immunité ...	40
et biliaire	381	7.1	Classification des cytokines	40
Sécrétine	381	7.2	Propriétés générales des cytokines	40
Cholécystokinine	381	7.3	Effets moléculaires des cytokines	40
GIP (<i>gastric inhibitory peptide</i> ou <i>glucose</i>		7.4	Cytokines de l'immunité	
<i>induced insulinotropic polypeptide</i>)	382		non spécifique	40
3.3 Autres hormones intestinales	382		Interféron- α et interféron- β , interférons	
4 Eau, électrolytes et éléments minéraux	383		de type I	40
4.1 Sodium, potassium et eau	383		TNF- α , IL-1 et IL-6, initiateurs de la phase	
Équilibre hydro-électrolytique	383		aiguë de la réaction inflammatoire	40
ANP	385		Chémokines (ou chimiokines)	41
Aldostérone	387		Interleukine-10	41
Hormone antidiurétique (ADH)	388			

7.5	Cytokines de l'immunité spécifique	411
	Interleukine-2	411
	Interleukine-4 (IL-4)	411
	Interféron- γ	412
	<i>Transforming growth factor</i> β (TGF- β)	412
	Lymphotoxine (TNF- β)	412
7.6	Facteurs de croissance	
	hématopoïétiques	413
7.7	Cytokines régulatrices de la réaction	
	immunitaire	413
7.8	Les cytokines comme médicaments	413
8	Médiateurs	414
8.1	Éicosanoïdes	414
	Prostaglandines et thromboxanes	414
	Leucotriènes	417
	L'aspirine, inhibiteur de la COX	418
8.2	Monoxyde d'azote (NO)	419
	Biosynthèse du NO	419
	Effets moléculaires et physiologiques	419
	Dégradation du NO	420
	Traitement de l'angine de poitrine	420
8.3	Histamine	420
	Biosynthèse de l'histamine	420
	Catabolisme de l'histamine	422
	Histamine et allergie	422
	Effets moléculaires et physiologiques	422
8.4	Bradykinine et kallidine	422
	Biosynthèse de la bradykinine	422
	Effets moléculaires et physiologiques	422
	Dégradation des kinines	423
	Kinine et inflammation	423
9	Neuromédiateurs	424
9.1	Bases de la transmission nerveuse	424
	Propriétés générales des neuromédiateurs	424
	Récepteurs	424
	Synapses	424
9.2	Neuromédiateurs excitateurs	425
	Acétylcholine	425
	Glutamate	426
9.3	Neuromédiateurs inhibiteurs	428
	Glycine	428
	GABA	428
9.4	Neuromédiateurs à action complexe	429
	Noradrénaline	429
	Dopamine	429
	Sérotinine	430
	Opioides endogènes	432
	Opioides exogènes	432

Organes

1	Biologie cellulaire	434
1.1	Organelles cellulaires	434
	Cytosol et cytoplasme	434
	Organelles	434
1.2	Membrane plasmique	434
	Formation de la membrane plasmique	434
	Rôle des membranes plasmiques	436
	Origine des membranes	437
1.3	Transport des substances	437
	Les ions dans nos cellules	437
	Transport passif	437
	Transport actif	438
	Transporteurs protéiques	438
	Processus de cytose	438
1.4	Cytosquelette	439
	Filaments d'actine	439
	Filaments intermédiaires	440
	Microtubules	441
1.5	Noyau	443
	Formation du noyau	443
	Rôles du noyau	443
	Nucléole	444
	Duplication du noyau : mitose	444
1.6	Mitochondries	444
	Formation des mitochondries	444
	Rôle des mitochondries	445
	Théorie de l'endosymbiose	446
	Multiplication des mitochondries	446
1.7	Ribosomes	446
	Constitution des ribosomes	446
	Fonction des ribosomes	446
	Biosynthèse des ribosomes	447
1.8	Réticulum endoplasmique	447
	Réticulum endoplasmique lisse	447
	Réticulum endoplasmique rugueux	447
	Origine des membranes cellulaires	448
1.9	Appareil de Golgi	448
	Constitution de l'appareil de Golgi	448
	Fonctions de l'appareil de Golgi	448
	Origine de l'appareil de Golgi	448
1.10	Lysosomes	448
	Constitution des lysosomes	448
	Fonctions des lysosomes	448
	D'où viennent les lysosomes ?	449
1.11	Peroxisomes	449
	Constitution des peroxysomes	449
	Rôle des peroxysomes	449
	Comment se multiplient les peroxysomes	450

1.12	Contacts cellulaires	450	Vitamine E (tocophérol)	483
	Contacts serrés (<i>tight junctions</i>)	450	Dégradation des érythrocytes	484
	Contacts adhésifs (desmosomes)	450	4.2 Hémoglobine : pourquoi notre sang est-il si rouge ?	484
	Contacts de communication (<i>gap junctions</i>)	451	Molécule d'hémoglobine (Hb)	484
2	Matrice extracellulaire : qu'y a-t-il entre les cellules ?	452	Biosynthèse de l'hémoglobine	486
2.1	Cellules du tissu conjonctif	452	Métabolisme du fer	489
2.2	Protéines fibreuses	452	Transport de l'oxygène	491
	Collagènes	452	Transport du CO ₂	492
	Vitamine C	454	L'hémoglobine comme système tampon	493
	Élastine	455	Hémoglobines inactives et hémoglobines anormales	494
2.3	Glycosaminoglycannes	456	Dégradation de l'hémoglobine	495
	Acide hyaluronique	456	Ictères	497
	Autres glycosaminoglycannes	456	4.3 Groupes sanguins, une autre propriété des érythrocytes	497
2.4	Glycoprotéines	457	Système ABO	497
	Fibronectine	457	Système Rhésus	499
	Laminines	457	4.4 Thrombocytes	500
3	Absorption digestive	458	La production des thrombocytes	500
3.1	Alimentation	458	Fonctions des thrombocytes	500
	Quelle quantité d'aliments devons-nous ingérer ?	458	4.5 Hémostase : quand le système vasculaire fuit	501
	Contenu énergétique de l'alimentation	459	Réaction vasculaire	501
	Aliments essentiels	460	Rôle des thrombocytes	501
3.2	Tractus digestif	460	Coagulation sanguine	502
	De l'assiette à l'œsophage	460	Vitamine K	503
	Estomac	461	Fibrinolyse	505
	Duodénum et ses glandes	464	4.6 Plasma sanguin	506
	Reste de l'intestin	467	Glycémie	507
3.3	Absorption des divers constituants alimentaires	467	Protéines plasmatiques	507
	Glucides	467	4.7 Métabolisme des lipoprotéines	508
	Lipides	469	Apoprotéines	509
	Protéines	471	Lipoprotéines	509
	Acides nucléiques	471	Lipoprotéines et athérosclérose	511
	Eau	472	5 Foie	512
	Vitamines	472	5.1 Anatomie et histologie	512
	Éléments présents à l'état de traces	473	Lobule hépatique	512
	Éléments minéraux plus abondants	474	Irrigation sanguine	513
	Comment les substances alimentaires arrivent-elles à la périphérie ?	474	Zones fonctionnelles	513
4	Sang	475	Les cellules hépatiques	514
4.1	Érythrocytes	476	5.2 Foie et métabolisme énergétique	514
	Développement des érythrocytes : érythropoïèse	477	Phase absorptive	514
	Vitamine B ₁₂ (cobalamine)	477	Phase post-absorptive	515
	Métabolisme particulier des érythrocytes	479	Régulation enzymatique	516
	Le glutathion, médecin d'urgence des érythrocytes	481	Ce que le foie fait pour lui-même	516
	Qu'est-ce qui se cache derrière les oxydations si redoutées ?	482	Ce que le foie accomplit pour l'ensemble de l'organisme	516
			5.3 Métabolisme de l'alcool : juste un petit verre !	518
			Qu'est-ce que l'alcool ?	518
			Absorption d'alcool	519
			Métabolisme de l'alcool	519

Effets de l'alcool	520	7 Muscles	546
Alcootest	521	7.1 Constitution du muscle	546
5.4 Foie comme usine de production	522	7.2 Mécanisme de la contraction musculaire	547
Production des protéines plasmatiques	522	Théorie du filament glissant	547
Biosynthèse du cholestérol	522	Contraction en cadence	547
Production de la bile	522	Interaction nerf-muscle	548
La production d'hormones	526	Relâchement musculaire	549
Biosynthèse de la créatine	526	7.3 Métabolisme de la cellule musculaire	549
5.5 Réserves et défense	526	Réaction catalysée par la créatine-kinase	549
Foie comme organe de stockage	527	Adénylate kinase (ou myokinase)	550
Foie et son rôle dans l'immunité	527	Glycolyse anaérobie	550
5.6 Foie comme organe excréteur	527	Oxydations aérobies	550
Réactions de biotransformation	527	Aperçu général du métabolisme	550
Excrétion biliaire	532	8 Système immunitaire	552
Cycle de l'urée	532	8.1 Constituants du système immunitaire	552
5.7 Exploration fonctionnelle hépatique	532	8.2 Comment l'organisme se défend contre les hôtes indésirables	552
Exploration des fonctions de biosynthèse	533	Défense d'entrer	552
Exploration de la fonction excrétrice du foie	533	Défense de deuxième ligne : résistance naturelle et système immunitaire	554
Enzymes intracellulaires et exploration de la cytolyse	534	8.3 Leucocytes, cellules de l'immunité	555
6 Reins	536	Cellules de la série myéloïde	557
6.1 Voyage aller-retour à travers les reins : anatomie des vaisseaux	536	Cellules de la série lymphoïde	558
6.2 Le glomérule, un filtre chargé négativement	537	Récepteurs des cellules B et T (BCR et TCR) marqueurs du système immunitaire spécifique	560
6.3 Le tubule, un canal d'épuration tout à fait approprié	537	Organisation des gènes codant les récepteurs d'antigènes des lymphocytes	562
Tubule proximal	537	Molécules du MHC	563
Anse de Henle	538	Comment les lymphocytes T cytotoxiques et les cellules NK tuent leurs cellules-cibles	567
Tube distal	538	« Aucune chance pour les traités et les invalides ». Les lymphocytes autoréactifs et les lymphocytes à récepteurs défectueux sont éliminés	567
Tube collecteur	539	8.4 Immunité humorale	568
6.4 Un métabolisme énergétique propre	539	Anticorps	568
6.5 Au service de l'organisme	539	Allergie	572
Équilibre acide-base	539	Interaction entre lymphocytes B et T	573
Système rénine-angiotensine-aldostérone	541	Système du complément	575
Biosynthèses propres au rein	541	Protéines de la phase aiguë de l'inflammation	579
Hormones et médiateurs agissant sur le rein	542	Bibliographie	580
6.6 L'urine, un liquide tout à fait particulier ?	543	Index	582
Caractéristiques de l'urine normale	543		
Quand l'urine n'est pas jaune	544		
Les micro-organismes dans l'urine	544		
Constituants physiologiques de l'urine	544		
Les substances qui ne doivent pas se trouver dans l'urine	545		
Calculs urinaires	545		