

TOUT ^{LE} BTS

Diététique Nutrition

•
NOUVEAU
RÉFÉRENTIEL
•

Cours, QCM et exercices corrigés

Sous la direction de
Laurine Caliz

Laura Bensimon
Victoria El Baz
Amel Fouaji
Damien Vitiello

TOUT LE PROGRAMME DES DEUX ANNÉES :

- Biologie et physiopathologie appliquées à la diététique et à la nutrition
- Bloc 1 : Élaboration et mise en œuvre d'une démarche de soin diététique et nutritionnel
- Bloc 2 : Concevoir et élaborer une alimentation saine, durable et adaptée
- Bloc 3 : Intervenir en santé publique dans le domaine de la diététique et de la nutrition

DUNOD

TOUT LE BTS

Diététique Nutrition

Cours, QCM et exercices corrigés

TOUT ^{LE} BTS

Diététique Nutrition



Cours, QCM et exercices corrigés

Sous la direction de
Laurine Caliz

Laura Bensimon
Victoria El Baz
Amel Fouaji
Damien Vitiello

DUNOD

Éditorial : Laetitia Jammet et Vanessa Beunèche
Maquette intérieure et fabrication : Cédric Mathieu
Maquette de couverture : Audrey Baudoin
Mise en page : KEPLER



NOUS PROTÉGEONS LE DROIT D'AUTEUR :

Ce livre ne peut être reproduit ni utilisé à des fins
d'entraînement de systèmes d'intelligence artificielle.
La fouille de textes et de données est interdite
conformément à l'article 4(3) de la Directive (UE) 2019/790.

Toute reproduction ou diffusion de cet ouvrage, même partielle,
sans autorisation, est strictement interdite.

Le piratage porte atteinte au travail des auteurs
et fragilise l'ensemble de la chaîne du livre.

En partageant ou reproduisant ce livre illégalement, vous mettez
en danger celles et ceux qui le créent, le produisent et le diffusent.

Table des matières

Avant-propos.....	1
Remerciements.....	4
Les auteurs	5

BLOC BPADN
***Biologie et physiopathologie appliquées
à la diététique et à la nutrition***

Partie 1. Structures biologiques et physiologie générale du corps humain	8
Chapitre 1. Des molécules aux systèmes de l'organisme	9
1.1 Biochimie structurale.....	9
1.2 Biologie cellulaire	15
1.3 Histologie	25
1.4 Les systèmes biologiques humains.....	29
Chapitre 2. Fonctionnement intégré et adaptations physiologiques de l'organisme	67
2.1 Les filières énergétiques de l'organisme	67
2.2 Les principales régulations métaboliques l'organisme	69
2.3 Les principales régulations électrolytiques et hydrominérales de l'organisme.....	72
2.4 Les adaptations spécifiques du corps humain.....	75
Partie 2. Physiopathologie et déséquilibres nutritionnels	83
Chapitre 3. Les examens paracliniques	84
3.1 Les principales imageries médicales du corps humain.....	84
3.2 Les principaux enregistrements graphiques du corps humain	89
3.3 Les principaux examens biologiques et anatomo-cytopathologiques du corps humain	92

Chapitre 4. Aspects physiopathologiques (pathologies nutritionnelles, cardiovasculaires et du système digestif).....96

4.1 Insuffisance d'apports alimentaires	96
4.2 Excès d'apports alimentaires.....	100
4.3 Les pathologies cancéreuses (généralités)	106
4.4 Les dyslipidémies	108
4.5 Les pathologies cardiovasculaires	110
4.6 Les pathologies digestives (hors intestin).....	121
4.7 Les pathologies digestives intestinales.....	141

Chapitre 5. Aspects physiopathologiques (pathologies métaboliques chroniques, liées à la grossesse, à l'âge et maladies du système nerveux).....151

5.1 Le diabète de type 2.....	151
5.2 Les pathologies rénales.....	153
5.3 La corticothérapie au long cours.....	159
5.4 Les états nutritionnels d'hypercatabolisme	161
5.5 Les pathologies pédiatriques.....	169
5.6 Les pathologies du système immunitaire.....	174
5.7 Les pathologies liées à la grossesse.....	178
5.8 Les pathologies gériatriques.....	186
5.9 Les maladies du système nerveux.....	190

BLOC 1

Élaboration et mise en œuvre d'une démarche de soin diététique et nutritionnel

Partie 3. La prise en charge des pathologies par des soins diététiques adaptés200

Chapitre 6. Les stratégies de prise en charge du soin diététique et nutritionnel201

6.1 La démarche de soin diététique.....	201
6.2 L'éducation thérapeutique du patient (ETP).....	207
6.3 L'adaptation de l'alimentation courante	213

Chapitre 7. Adaptation de l'alimentation dans les pathologies nutritionnelles et les maladies cardiovasculaires.....222

7.1 Insuffisance d'apports alimentaires.....	222
7.2 Excès d'apports alimentaires	226
7.3 Les dyslipidémies.....	231
7.4 Les pathologies cardiovasculaires.....	237

Chapitre 8. Adaptation de l'alimentation dans les pathologies du système digestif.....244

8.1 Les pathologies digestives (hors intestin).....	244
8.2 Les pathologies digestives intestinales.....	256

Chapitre 9. Adaptation de l'alimentation dans les pathologies chroniques et métaboliques263

9.1 Le diabète de type 2.....	263
9.2 Les pathologies rénales.....	265
9.3 La corticothérapie au long court	271
9.4 Les états d'hypercatabolisme.....	272

Chapitre 10. Adaptation de l'alimentation dans les pathologies liées à l'âge ou à certains états physiologiques280

10.1 Les pathologies pédiatriques	280
10.2 Les pathologies du système immunitaire	286
10.3 Les pathologies liées à la grossesse	289
10.4 Les pathologies gériatriques	294

Partie 4. La diététique au sein du système de santé300

Chapitre 11. Télésanté et données de santé.....301

11.1 Télésanté : réglementation, bonnes pratiques et usages.....	301
11.2 Identifier un usager ou un professionnel de santé.....	304
11.3 Caractériser et traiter des données de santé à caractère personnel.....	306
11.4 Accéder aux données de santé en respectant les exigences professionnelles et légales	308
11.5 Utiliser les outils numériques pour interagir entre professionnels et avec les usagers	309
11.6 Utiliser les logiciels métiers et des services numériques	311

11.7 Utilisation maîtrisée des objets connectés et applications mobiles.....	311
11.8 Identifier l'articulation entre différents dossiers partagés.....	313
11.9 Respecter les règles de communication en santé, un enjeu éthique et professionnel.....	314
11.10 La mise en œuvre de la cybersécurité dans l'environnement professionnel.....	314

Chapitre 12. L'offre de soins, les structures de santé et les professionnels de santé316

12.1 L'offre de soins.....	316
12.2 Les structures de santé.....	320
12.3 Les professionnels de santé.....	327

Chapitre 13. Outils et techniques de communication et d'animation spécifiques utilisés dans la relation avec le patient ..333

13.1 Les fondamentaux de la communication dans la relation avec le patient ...	333
13.2 Les techniques de communication spécifiques utilisées en consultation	335
13.3 Les outils pédagogiques et supports de communication du diététicien	337
13.4 Les techniques d'animation dans la relation avec le patient.....	339
13.5 Adapter sa communication aux différents publics	340
13.6 Évaluer l'efficacité de la communication et de l'animation	341

BLOC 2

Concevoir et élaborer une alimentation saine, durable et adaptée

Partie 5. Sciences des aliments et nutrition des populations bien portantes..... 344

Chapitre 14. Besoins nutritionnels pour la population générale.....345

14.1 Concepts et terminologie	345
14.2 Les besoins énergétiques	346
14.3 L'activité physique et la sédentarité	349
14.4 Les besoins en nutriments.....	353

Chapitre 15. Sciences des aliments : généralités	367
15.1 L'étiquetage des denrées alimentaires	367
15.2 Les conditionnements alimentaires.....	371
15.3 Les additifs alimentaires.....	373
15.4 Les arômes.....	373
15.5 Les auxiliaires technologiques	374
15.6 Les aliments ultra-transformés.....	374
15.7 La conservation des aliments.....	376
 Chapitre 16. Sciences des aliments : les groupes alimentaires.....	 381
16.1 Les fruits et légumes	381
16.2 Les corps gras	384
16.3 Les produits gras et/ou sucrés.....	387
16.4 Les boissons.....	391
16.5 Les légumineuses.....	395
16.6 Les produits céréaliers et tubercules	397
16.7 Les produits laitiers.....	401
16.8 Les viandes.....	405
16.9 Les produits de la pêche	408
16.10 Les œufs et ovoproduits.....	411
16.11 Les nouveaux aliments (<i>novel foods</i>).....	414
 Chapitre 17. L'alimentation rationnelle (adaptée en fonction des populations).....	 417
17.1 Outils et moyens utilisés en restauration collective	417
17.2 L'alimentation des enfants en bas âge (0-3 ans)	424
17.2 L'alimentation des enfants et adolescents (3-17 ans)	429
17.3 L'alimentation végétarienne chez les adultes.....	432
17.4 L'alimentation des femmes enceintes.....	433
17.5 L'alimentation des sportifs	439
17.6 L'alimentation des personnes âgées.....	442

Partie 6. Alimentation durable et sécurité sanitaire en restauration collective	445
Chapitre 18. Alimentation durable et développement durable.....	446
18.1 Développement durable et Objectifs de Développement Durable (ODD)	446
18.2 Systèmes alimentaires et impacts environnementaux.....	449
18.3 Les réglementations	451
Chapitre 19. La sécurité sanitaire	457
19.1 Prévention et gestion des Toxi-Infection Alimentaire collective (TIAC)	457
19.2 La démarche HACCP	466
19.3 Les bases de la toxicologie alimentaire.....	469
19.4 Nutrivigilance et les compléments alimentaires.....	472
Chapitre 20. Exercice professionnel en restauration collective	474
20.1 L'organisation des structures	474
20.2 Les modes de production.....	474
20.3 Les modes de distribution.....	475
20.4 Les modes de gestion.....	476
20.5 Les secteurs de la restauration collective	476
 Partie 7. Culture organisationnelle et gestion professionnelle du métier de diététicien	 479
Chapitre 21. Culture managériale	480
21.1 La typologie des organisations.....	480
21.2 Les composantes de l'environnement de l'organisation	483
21.3 La gestion de la relation client	489
21.4 La gestion de la relation fournisseur.....	492
21.5 Le management par la qualité totale	494
21.6 Formation des personnels et conduite du changement.....	502
21.7 La conduite du changement.....	509
Chapitre 22. Culture juridique	512
22.1 Le contrat.....	512
22.2 Les responsabilités juridiques.....	520
22.3 Les régimes juridiques d'exercice du métier de diététicien	532

Chapitre 23. Éléments de gestion	541
23.1 La gestion des stocks	541
23.2 La gestion des coûts	546
23.3 La gestion budgétaire	556

BLOC 3

Intervenir en santé publique dans le domaine de la diététique et de la nutrition

Partie 8. Promotion et éducation pour la santé publique	564
--	------------

Chapitre 24. La santé publique.....	565
--	------------

24.1 Les enjeux de santé publique	565
24.2 Éléments de psychologie sociale	567
24.3 Pratiques et comportements alimentaires	571
24.4 La littératie en santé.....	573
24.5 Éthique et déontologie.....	574

Chapitre 25. La démarche de projet.....	577
--	------------

25.1 Les étapes de la démarche de projet.....	577
25.2 Outils et moyens	582

Chapitre 26. Communication	587
---	------------

26.1 Outils et techniques de communication et d'animation	587
26.2 Réglementation du numérique en santé.....	593
26.3 Les bonnes pratiques de l'usage du numérique	593
26.4 Étude de cas.....	595

Chapitre 27. Recherche appliquée en nutrition humaine – Veille scientifique, professionnelle et réglementaire	599
--	------------

27.1 Recherche appliquée en nutrition humaine	599
27.2 Veille scientifique, professionnelle et réglementaire	602

Partie 9. Atelier diététique : organisation et pratiques culinaires	608
--	------------

Chapitre 28. L'environnement de l'atelier	609
--	------------

28.1 L'hygiène en cuisine	609
---------------------------------	-----

28.2 Gestes écologiques et économiques.....	611
28.3 Techniques de changement de texture.....	612
28.4 Les techniques de dégustation	614
28.5 Animation, gestion et évaluations des ateliers culinaires	615
Chapitre 29. Les techniques culinaires	619
29.1 Les différents modes de cuisson	619
29.2 La réalisation de pâtes.....	621
29.3 Alimentation et recettes enrichies.....	629
29.4 Alimentation et recettes contrôlées en énergie	631
29.5 Alimentation et recettes contrôlées en protéines.....	633
29.6 Alimentation et recettes contrôlées en lipides.....	635
29.7 Alimentation et recettes contrôlées en glucides.....	637
29.8 Alimentation et recettes contrôlées en fibres alimentaires	639
29.9 Alimentation et recettes contrôlées en résidus.....	641
29.10 Alimentation et recettes contrôlées en sodium	643
29.11 Alimentation et recettes contrôlées en potassium.....	645
 <i>QCM, exercices et cas pratiques</i>	
Énoncés	648
Solutions	687
 Index.....	 699
 Crédits iconographiques	 715

Avant-propos

Le BTS Diététique et Nutrition a fait l'objet d'une réforme importante qui est entrée en vigueur à la rentrée 2025. Cette nouvelle maquette vise à renforcer les compétences professionnelles des futurs diététiciens, en tenant compte des évolutions du système de santé, des attentes des usagers et des enjeux actuels en matière de nutrition.

Cette formation prépare à un métier polyvalent, à l'intersection de la santé, de la nutrition, de la prévention et de l'éducation. Les diététiciens peuvent exercer dans une grande diversité de structures : établissements de soins, collectivités, cabinets libéraux, structures de santé publique ou encore dans des centres sportifs.

Cette formation, proposée sur l'ensemble du territoire français, s'appuie sur un programme national unique, garantissant une homogénéité des enseignements dispensés, que ce soit en voie scolaire, en alternance ou en formation continue.

En tant qu'enseignants accompagnant quotidiennement les étudiants du BTS Diététique et Nutrition, nous avons souhaité concevoir un ouvrage répondant aux besoins que nous observons sur le terrain : un support complet, actualisé et directement connecté aux exigences de la formation et de la pratique professionnelle.

Conçu dans le contexte de cette réforme, ce manuel a pour ambition d'accompagner les étudiants dans l'acquisition progressive des connaissances et des compétences attendues par le nouveau référentiel. Au-delà de la transmission des savoirs, nous avons souhaité proposer un outil favorisant le raisonnement professionnel, l'autonomie et l'articulation entre les enseignements théoriques et les réalités du terrain.

Afin de favoriser l'assimilation des contenus et l'entraînement régulier, ce manuel intègre également des exercices, des QCM ainsi que des cas pratiques permettant de tester ses connaissances et de se préparer progressivement aux exigences des examens.

Les stages, répartis sur les deux années, occupent une place centrale dans le parcours de formation. Ils permettent une immersion progressive dans différents milieux professionnels (restauration collective, soins, santé publique) et constituent un véritable tremplin vers l'insertion professionnelle ou la poursuite d'études.

20 semaines de stages obligatoires	Déroulement des stages
1 ^{re} année : restauration collective	4 semaines consécutives dans une restauration collective accueillant au moins 150 convives par jour. La présence d'un diététicien n'est pas obligatoire.
1 ^{re} + 2 ^e années : stage en santé publique	6 semaines à répartir en 2 périodes : 2 à 3 semaines en 1 ^{re} année ; 3 à 4 semaines en 2 ^e année. Tous les secteurs professionnels permettant une intervention en santé publique dans le domaine de la nutrition sont acceptés. La présence d'un diététicien n'est pas obligatoire. Exemples : centre de cure, association, écoles, salles de sport...
2 ^e année : stages thérapeutiques	10 semaines réparties sur deux structures dont au moins 4 semaines par stage. L'un des stages devra présenter un programme d'ETP au sein de l'établissement. La présence d'un diététicien est obligatoire au moins à 80 % d'un temps complet.

Dans le cadre du BTS Diététique et Nutrition, les évaluations peuvent prendre deux formes : le Contrôle en Cours de Formation (CCF) ou l'épreuve ponctuelle.

Attention : seuls les établissements habilités peuvent organiser des CCF.

Le CCF est réalisé au fil de la formation, par les enseignants de l'établissement. Il remplace alors l'épreuve finale.

L'épreuve ponctuelle est organisée à une date unique, fixée au niveau national. Elle se déroule en fin d'année, dans un cadre formel (écrit, oral ou pratique).

	Coefficients	Établissements habilités à faire passer les examens	Autres centres de formation
Épreuves obligatoires			
E1 – Anglais	1	2 CCF : • compréhension de l'oral (30 min) ; • production et interaction orales (15 min).	Identiques aux CCF mais sous forme ponctuelle
E2 – Biologie et physiopathologie appliquées à la diététique et à la nutrition	4	Épreuve ponctuelle écrite de 4 h	Épreuve ponctuelle écrite de 4 h
E3 – Élaboration et mise en œuvre d'une démarche de soin diététique et nutritionnel	4	2 CCF : • au cours du second stage de diététique thérapeutique, la prise en soin diététique et nutritionnelle d'un patient est présentée sur site au tuteur diététicien et à l'enseignant référent ; • à l'issue des stages de diététique thérapeutique, la prise en charge de soin diététique et nutritionnelle réalisée auprès de deux patients, relevant de situations cliniques différentes, est analysée par le candidat. Les situations cliniques sont différentes de celles choisies lors de la première situation d'évaluation.	Oral ponctuel de 45 min avec dossier de 20 pages maximum (hors annexes) présentant 3 cas patients et les activités réalisées dans le cadre d'un programme d'ETP.
E4 – Conception et élaboration d'une alimentation saine, durable et adaptée	4	Épreuve ponctuelle écrite de 4 h	Épreuve ponctuelle écrite de 4 h

	Coefficients	Établissements habilités à faire passer les examens	Autres centres de formation
E5 – Interventions en santé publique dans les domaines de la diététique et de la nutrition	4	Sous forme de CCF : - oral de 30 min (10 min d'exposé et 20 min de questions) : soutenance de stage de santé publique avec un dossier écrit de 10 pages maximum, hors annexes ; - conception et réalisation d'un atelier culinaire dans le cadre d'une intervention en santé publique (3 h).	Épreuves ponctuelles Oral de 30 min (10 min d'exposé et 20 min de questions) : soutenance de stage de santé publique avec un dossier écrit de 10 pages maximum, hors annexes. Conception et réalisation d'un atelier culinaire dans le cadre d'une intervention en santé publique (3 h).
Épreuves facultatives			
EF1 Langue vivante facultative	Seuls les points au-dessus de 10 sont pris en compte.	Épreuve ponctuelle orale : oral d'une durée maximale de 15 min, précédé de 15 min de préparation. L'épreuve s'appuie sur un ou plusieurs documents (texte, document iconographique, document audio ou vidéo) dans la langue vivante étrangère choisie.	Épreuve ponctuelle orale : oral d'une durée maximale de 15 min, précédé de 15 min de préparation. L'épreuve s'appuie sur un ou plusieurs documents (texte, document iconographique, document audio ou vidéo) dans la langue vivante étrangère choisie.
EF2 – Engagement étudiant	Seuls les points au-dessus de 10 sont pris en compte.	Épreuve orale de 20 min sous forme de CCF.	Épreuve ponctuelle orale de 20 min à la suite de l'E3.

Remerciements

Nous adressons nos remerciements à Laetitia Jammet pour avoir initié et porté ce projet éditorial.

Nous remercions Vanessa Beunèche pour son accompagnement et son expertise dans la coordination éditoriale de cet ouvrage.

Nous remercions chaleureusement Sabrina Arfaoui, Marie-Hélène Canu, Laura Martinez, Sabine Pudebat, Nathalie Wallart, Zoé Yadan pour leur participation active, leurs relectures attentives et leurs observations, qui ont permis d'enrichir et d'améliorer les contenus proposés.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué, directement ou indirectement, à la réalisation de cet ouvrage.

Les auteurs

Laurine Caliz est diététicienne du sport de formation. Enseignante en nutrition et activités technologiques de l'alimentation en BTS Diététique au lycée Gregor Mendel (Vincennes), elle y est également formatrice en éducation thérapeutique du patient (ETP). Elle rejoint également l'équipe pédagogique de l'Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance (INSEP à Paris). Elle est par ailleurs formatrice au sein du DIU Nutrition et Activités Physiques et Sportives (NAPS). Membre du jury du BTS Diététique, elle contribue à la formation et à l'évaluation des futurs professionnels de la nutrition. Elle a rédigé les chapitres consacrés à la nutrition, la sécurité sanitaire, l'exercice professionnel en restauration collective, les techniques culinaires et la physiopathologie.

Laura Bensimon est diététicienne-nutritionniste. Elle exerce en cabinet libéral, en accompagnement individualisé, ainsi qu'en milieu hospitalier au sein d'un service de néphrologie. Elle anime également des ateliers de cuisine et de prévention santé, où elle mobilise son savoir-faire de cheffe et pâtissière pour rendre l'alimentation saine accessible et gourmande. Formatrice en BTS Diététique et en BUT, elle enseigne la diététique thérapeutique et intervient également dans le cadre de programmes d'Éducation Thérapeutique du Patient (ETP). Elle est également membre du jury du BTS Diététique. Elle a rédigé les chapitres consacrés à la diététique thérapeutique, à l'Éducation Thérapeutique du Patient (ETP) ainsi qu'aux techniques culinaires appliquées aux différentes pathologies.

Victoria El Baz est diététicienne-nutritionniste spécialisée dans les troubles digestifs, notamment le syndrome de l'intestin irritable et sa prise en charge par le régime pauvre en FODMAP. Elle exerce en cabinet libéral et développe des actions de prévention, de promotion de la santé et d'éducation nutritionnelle auprès de collectivités, d'entreprises et d'associations. Formatrice en BTS Diététique et auprès de professionnels de santé, elle enseigne la santé publique, l'environnement professionnel et accompagne les étudiants dans la réalisation de leur mémoire et de leurs rapports de stages et intervient régulièrement lors de conférences en nutrition et santé publique. Elle a rédigé les chapitres consacrés au numérique en santé, à l'exercice professionnel, à la santé publique et à la communication.

Amel Fouaji est enseignante en économie-gestion, intervenant principalement dans l'enseignement supérieur. Elle enseigne en BTS Communication, où elle accompagne le développement de solutions média et digitales innovantes, ainsi qu'en Bachelor Communication et Marketing digital. Elle a également enseigné en BTS Diététique et en économie-droit au lycée Gregor Mendel (Vincennes), et intervient en économie-gestion auprès d'un public spécialisé dans le secteur du bâtiment et des travaux publics à l'EBTP de Vincennes. Elle a rédigé les chapitres consacrés à la sécurité sanitaire, l'alimentation durable et l'économie-gestion.

Damien Vitiello (Ph. D.) est maître de conférences habilité à diriger des recherches (HDR) à l'UFR STAPS de Paris et Directeur de l'UFR STAPS de l'Université Paris Cité. Il est physiologiste de l'exercice et spécialiste de l'Activité Physique Adaptée (APA) pour l'amélioration de la prise en charge des maladies chroniques au sein de l'Institut des Sciences du Sport-Santé de Paris (I3SP-URP 3625). Il est aussi spécialiste de physiologie et de physiopathologie cardiovasculaire. Il est également référent à l'UFR STAPS pour les formations en lien avec la santé (PASS/LAS). Il est aussi Vice-Président au CA de la C3D STAPS en charge de la filière APA-Santé. Il a rédigé les chapitres consacrés à la biologie et la physiopathologie, la sécurité sanitaire, et la recherche et veille.

La biologie et la physiopathologie appliquées à la diététique et à la nutrition (BPADN) offrent une compréhension fondamentale des mécanismes qui régissent le fonctionnement de l'organisme, depuis l'échelle moléculaire jusqu'aux systèmes physiologiques complexes.

Pour comprendre comment les aliments influencent notre santé, il faut d'abord explorer le fonctionnement interne de notre organisme. Le bloc BPADN a ainsi pour objectifs de développer les compétences suivantes.

Compétences	Non acquis	En cours d'acquisition	Acquis
Mobiliser et exposer des connaissances scientifiques			
Analyser et interpréter des données			
Argumenter scientifiquement et faire preuve d'esprit critique			
Synthétiser des informations			
S'exprimer avec clarté en utilisant le vocabulaire scientifique et médical			

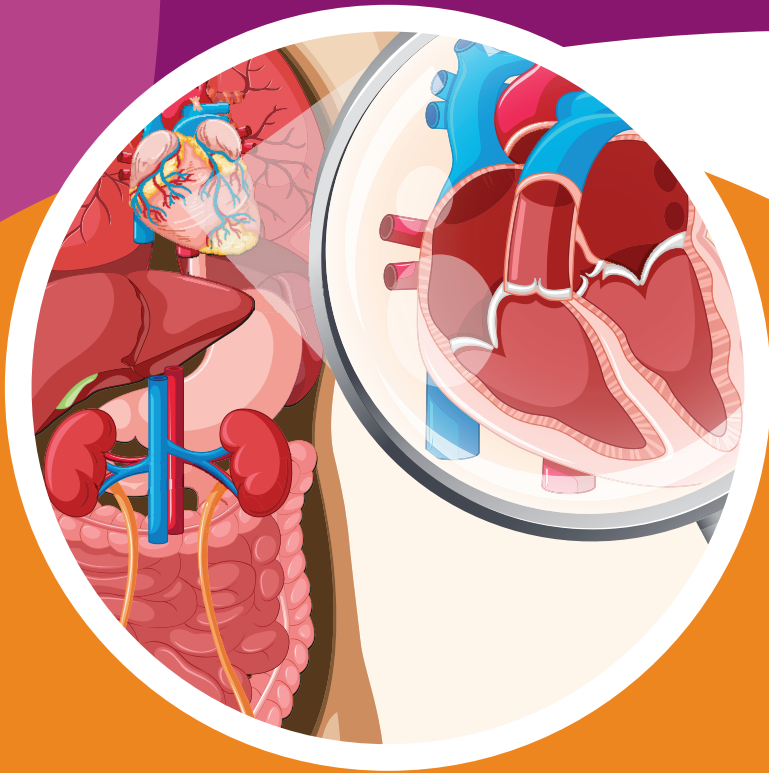
Partie 1

Structures biologiques et physiologie générale du corps humain..... 8

Partie 2

Physiopathologie et déséquilibres nutritionnels 83

BLOC BPADN

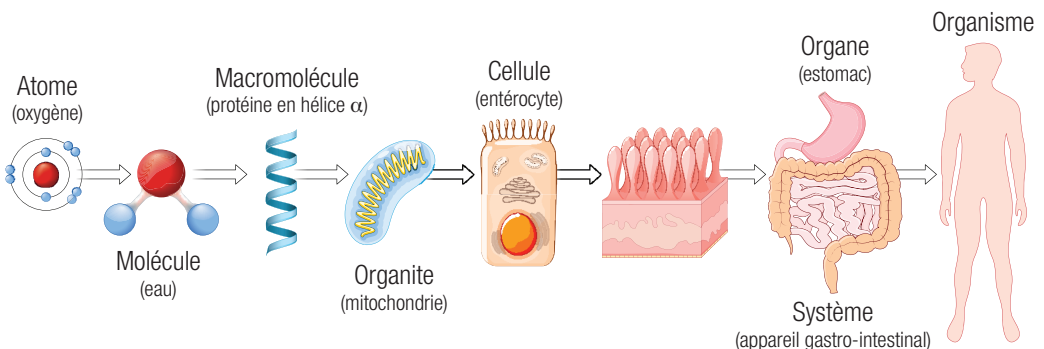


Biologie et physiopathologie
appliquées à la diététique
et à la nutrition

Partie 1

Structures biologiques et physiologie générale du corps humain

Cette première partie est consacrée à la biologie humaine et vous invite à un voyage à travers les différents niveaux d'organisation du corps, depuis les molécules qui nous constituent jusqu'aux systèmes complexes qui nous maintiennent en vie. Nous commencerons par explorer les molécules (glucides, lipides, protéines) qui forment la base de notre alimentation et de notre structure biologique. Ces molécules s'assemblent pour former des cellules, dont le regroupement en tissus et en organes permet le bon fonctionnement de notre corps. Nous explorerons ensuite la physiologie des grands systèmes biologiques qui assurent notre survie et notre équilibre au quotidien. Cette partie pose ainsi les bases anatomiques et physiologiques nécessaires pour comprendre comment notre corps utilise ce que nous mangeons et comment il s'ajuste en permanence pour maintenir son équilibre interne, un processus appelé homéostasie.



Chapitre 1

Des molécules aux systèmes de l'organisme

Les glucides sont le carburant énergétique principal de l'organisme, notamment pour le cerveau et les muscles. Les lipides constituent, eux, une réserve d'énergie, participent à la structure cellulaire et au transport des vitamines. Les protéines sont essentielles à la construction/réparation des tissus et au fonctionnement enzymatique et hormonal. Ensemble, ces molécules assurent le métabolisme de base, le développement et le maintien des fonctions vitales de notre organisme assurées par différents systèmes biologiques comme les systèmes endocrinien, cardiovasculaire, digestif, immunitaire... Connaître ces différentes interactions biologiques permet d'adapter scientifiquement les conseils nutritionnels aux spécificités physiologiques de chaque patient, une compétence centrale du métier de diététicien-nutritionniste.

1.1 Biochimie structurale

a) Les macromolécules organiques

Définition

Les **macromolécules organiques** sont de grandes molécules essentielles à la vie, composées principalement d'atomes de carbone liés de façon covalente à des atomes d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. Elles sont formées par l'assemblage de petites unités (monomères) et jouent des rôles majeurs dans le stockage d'énergie, la structure et les fonctions cellulaires de l'organisme.

Les glucides

Les glucides sont des molécules organiques composées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, selon la formule générale $(CH_2O)_n$. Ils constituent la principale source d'énergie pour l'organisme. La structure des glucides varie selon le nombre de molécules.

Les monosaccharides (oses) forment l'unité de base des glucides. Dans cette catégorie, on retrouve le glucose, le fructose et le galactose (**Fig. 1.1**). Voici la formule semi-développée du glucose : $CH_2OH-CHOH-CHOH-CHOH-CHOH-CHO$.

Dans le groupe des disaccharides (diholosides), on trouve par exemple le lactose (glucose + galactose : liaison osidique β (1 $\rightarrow$ 4)), le maltose (glucose + glucose : liaison glycosidique α (1 $\rightarrow$ 4)) et le sucrose (glucose + fructose : liaison osidique α (1 $\leftrightarrow$ 2) β).

Enfin, quand il y a plus de deux monosaccharides dans une molécule, on parle de polysaccharides (polyholosides). Dans cette catégorie, il y a par exemple le glycogène et les fibres alimentaires.

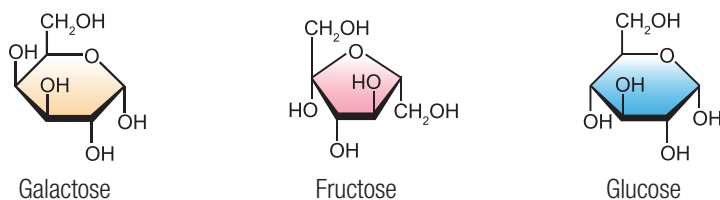


Figure 1.1 – Les trois monosaccharides de base

Le rôle des glucides dans le corps humain varie en fonction de leur structure :

- le glucose est la principale source d'énergie utilisable par notre organisme. Grâce à sa dégradation en adénosine triphosphate (ATP) (voir encart section 1.2 b), le cœur va pouvoir assurer son rôle de pompe par exemple ;
- le glycogène, quant à lui, est la principale forme de stockage des glucides au sein de notre organisme. Le glycogène est principalement retrouvé dans le foie, les muscles et les reins ;
- les fibres alimentaires constituées de cellulose favorisent le transit intestinal et donc la bonne digestion.

Les lipides

Les lipides sont des molécules hydrophobes composées principalement de carbone, hydrogène et oxygène. Ils jouent un rôle majeur dans le stockage d'énergie, la structure des membranes cellulaires et la synthèse d'hormones.

Dans notre organisme, les lipides sont présents sous différentes formes dont les triglycérides (+ de 95 % des lipides alimentaires ingérés) (**Fig. 1.2**), les phospholipides, les sphingolipides et les esters de cholestérol.

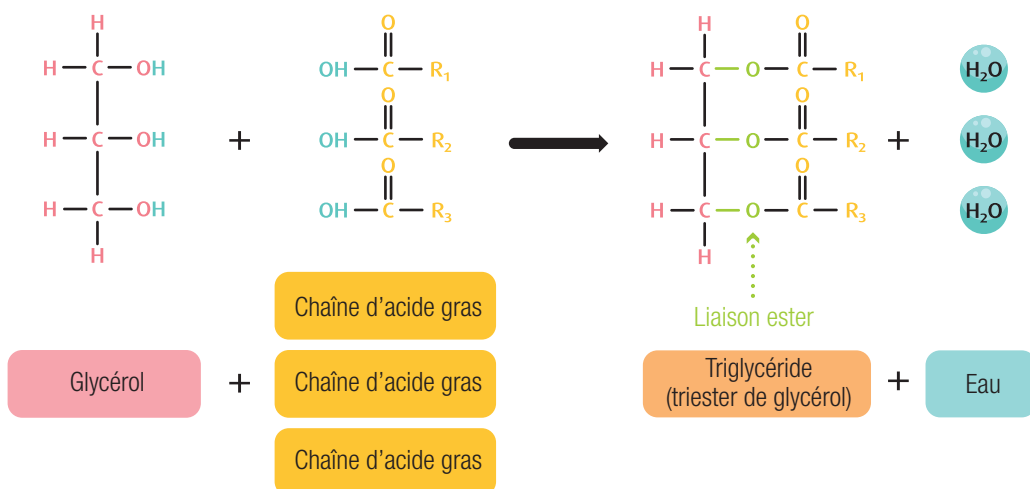


Figure 1.2 – La formation d'un triglycéride

Ces différents lipides sont constitués principalement d'acides gras (**Fig. 1.3**) classés eux-mêmes en trois catégories :

- acides gras saturés (ex. : acide palmitique) ;
- acides gras insaturés (ex. : acide oléique). Voici la formule semi-développée de l'acide oléique : $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$;
- acides gras polyinsaturés (ex. : acide arachidonique).

Comme pour les glucides, leur fonction dépend de leur structure :

- les triglycérides (3 acides gras + 1 glycérol) représentent la principale forme de stockage des lipides dans l'organisme notamment au sein du tissu adipeux ;
- les phospholipides (2 acides gras + 1 glycérol) entrent dans la constitution des membranes cellulaires. Parmi ces phospholipides, les sphingolipides présents dans la membrane plasmique

sont essentiels à la reconnaissance cellulaire (immunité) et à la transmission de signal (ex. : fixation d'une hormone sur son récepteur) ;

- les esters de cholestérol sont importants pour le transport du cholestérol au sein de l'organisme et la régulation du métabolisme lipidique ;
- les stéroïdes sont essentiels pour la formation des hormones.

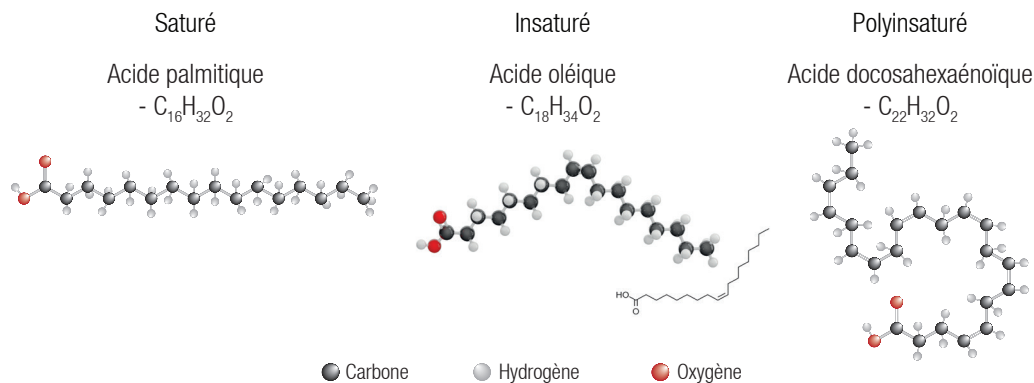


Figure 1.3 – Les principales formes d'acide gras

Les protéines

Les protéines sont des polymères d'acides aminés (contenant de l'azote en plus du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène) (**Fig. 1.4**) par des liaisons peptidiques. Elles interviennent dans la structure, le métabolisme et la régulation des fonctions cellulaires.

Parmi les 20 acides aminés, 9 sont dits « essentiels » ou « indispensables » : le corps humain ne peut pas les fabriquer en quantité suffisante (histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane, valine). Ils doivent donc être apportés obligatoirement par l'alimentation. Les autres sont dits « non essentiels ». En fonction de leur nombre et de leur assemblage, les acides aminés forment des protéines de taille et de structure très variées dont voici les principaux rôles :

- structure : collagène (présent dans tous les tissus conjonctifs comme la peau ou les os), kératine (protéines des poils, cheveux et ongles), élastine (permet l'élasticité des ligaments), spectrine (renforce la membrane plasmique de certaines cellules) ;
- enzymatique : accélèrent les réactions biochimiques (ex. : amylase qui décompose l'amidon) ;
- transport : hémoglobine (transport de l'oxygène du dioxygène), lipoprotéines (transport des lipides) ;
- immunité : anticorps et cytokines ;
- mouvement : actine et myosine (contraction des muscles striés) ;
- régulation du PH : albumine (agit comme base ou acide) ;
- régulation du métabolisme : hormones peptidiques.



Acide aspartique (Asp)	C4H7N04	HOOC-CH2-CH(NH2)-COOH
Acide glutamique (Glu)	C5H9N04	HOOC-(CH2)2-CH(NH2)-COOH
Alanine (Ala)	C3H7N02	CH3-CH(NH2)-COOH
Arginine (Arg)	C6H14N4O2	HN=C(NH2)-NH-(CH2)3-CH(NH2)-COOH
Asparagine (Asn)	C4H8N2O3	H2N-CO-CH2-CH(NH2)-COOH
Cystéine (Cys)	C3H7N02S	HS-CH2-CH(NH2)-COOH
Glutamine (Gln)	C5H10N2O3	H2N-CO-(CH2)2-CH(NH2)-COOH
Glycine (Gly)	C2H5N02	NH2-CH2-COOH
Histidine (His)	C6H9N3O2	NH-CH=N-CH=C-CH2-CH(NH2)-COOH
Isoleucine (Ile)	C6H13N02	CH3-CH2-CH(CH3)-CH(NH2)-COOH
Leucine (Leu)	C6H13N02	(CH3)2-CH-CH2-CH(NH2)-COOH
Lysine (Lys)	C6H14N2O2	H2N-(CH2)4-CH(NH2)-COOH
Méthionine (Met)	C5H11N02S	CH3-S-(CH2)2-CH(NH2)-COOH
Phénylalanine (Phe)	C9H11N02	Ph-CH2-CH(NH2)-COOH
Proline (Pro)	C5H9N02	NH-(CH2)3-CH-COOH
Sérine (Ser)	C3H7N03	HO-CH2-CH(NH2)-COOH
Thréonine (Thr)	C4H9N03	CH3-CH(OH)-CH(NH2)-COOH
Tryptophane (Trp)	C11H12N2O2	Ph-NH-CH=C-CH2-CH(NH2)-COOH
Tyrosine (Tyr)	C9H11N03	HO-Ph-CH2-CH(NH2)-COOH
Valine (Val)	C5H11N02	(CH3)2-CH-CH(NH2)-COOH

Figure 1.4 – Les acides aminés : molécules de base des protéines (en rouge : les acides aminés essentiels)

Les acides nucléiques

Les acides nucléiques sont des macromolécules porteuses de l'information génétique. Ils sont composés de nucléotides (base azotée + sucre pentose + phosphate) et permettent la transmission et l'expression des gènes.

Ils représentent les unités de base de l'acide désoxyribonucléique ou ADN et de l'acide ribonucléique ou ARN (**Fig. 1.5**).

L'ADN contient l'information génétique sous forme de gènes et les ARN (messager, de transfert et ribosomal) permettent la synthèse des protéines via les processus de transcription et traduction.

b) Les micronutriments

Définition

Les **micronutriments** sont des substances nécessaires en petites quantités pour le bon fonctionnement de l'organisme. Ils ne fournissent pas d'énergie directement, mais sont indispensables à de nombreux processus métaboliques, comme la croissance, la défense immunitaire et la régulation des réactions biochimiques. Leur carence ou leur excès peut entraîner des troubles graves, d'où l'importance d'une alimentation équilibrée.

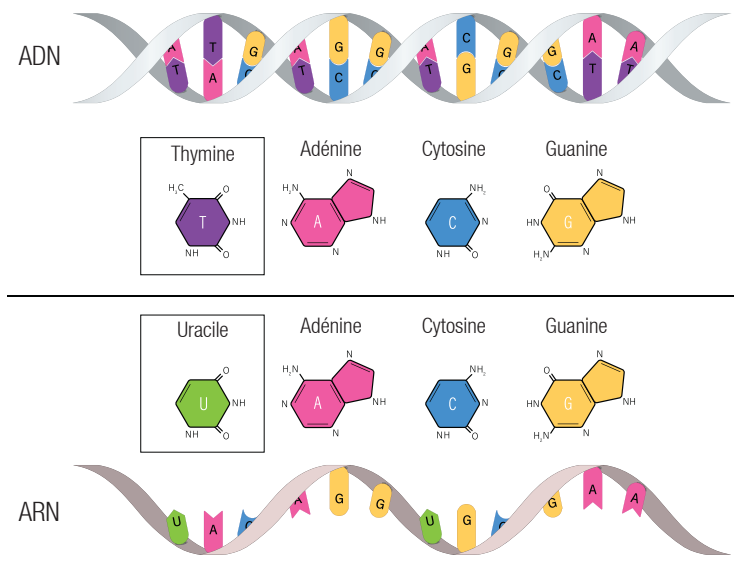


Figure 1.5 – Les acides nucléiques : molécules de base de l'information génétique

Les micronutriments sont classés en deux catégories :

- organique avec les vitamines ;
- inorganique avec les minéraux et oligo-éléments.

Les vitamines

Les vitamines sont des composés organiques que l'organisme ne peut pas synthétiser en quantité suffisante (sauf exceptions comme la vitamine D). Elles doivent donc être apportées par l'alimentation. Elles interviennent comme coenzymes dans les réactions métaboliques, ou comme antioxydants pour protéger les cellules.

Les vitamines sont de deux types : hydrosolubles (solubles dans l'eau) et liposolubles (solubles dans les graisses).

Tableau 1.1 – Exemples, rôles et sources alimentaires de vitamines hydrosolubles et liposolubles

Type	Solubilité	Exemples	Rôle principal	Sources alimentaires
Hydrosolubles	Eau	Vitamines B (B1, B2, B3, B6, B9, B12), C	Métabolisme énergétique, synthèse de l'ADN, antioxydant (vitamine C)	Fruits, légumes, céréales complètes, viandes
Liposolubles	Graisses	Vitamines A, D, E, K	Vision (A), absorption du calcium (D), antioxydant (E), coagulation (K)	Huiles, produits laitiers, poissons gras, légumes verts

Les minéraux et oligo-éléments

Les minéraux et oligo-éléments sont des éléments inorganiques nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme. Ils interviennent dans la structure osseuse, le métabolisme, la transmission nerveuse et la régulation des liquides corporels.

Tableau 1.2 – Rôles, effets de carence et sources alimentaires d'oligo-éléments essentiels pour l'organisme

Minéraux/ Oligo-éléments	Rôle	Carence	Sources alimentaires
Calcium	Structure osseuse, contraction musculaire, coagulation sanguine	Ostéoporose, crampes	Produits laitiers, légumes verts, amandes
Phosphore	Structure osseuse, métabolisme énergétique (ATP)	Faiblesse, perte d'appétit	Viandes, poissons, céréales
Magnésium	Métabolisme énergétique, fonction musculaire et nerveuse	Fatigue, crampes, irritabilité	Chocolat noir, noix, légumineuses
Fer	Transport de l'oxygène (hémoglobine), métabolisme énergétique	Anémie (fatigue, pâleur)	Viandes rouges, légumineuses, épinards
Zinc	Immunité, cicatrisation, synthèse des protéines	Retard de croissance, troubles immunitaires	Viandes, fruits de mer, graines
Iode	Synthèse des hormones thyroïdiennes (régulation du métabolisme)	Goitre, hypothyroïdie	Poissons, sel iodé, algues
Sélénium	Antioxydant, fonction thyroïdienne	Faiblesse musculaire, troubles cardiaques	Noix du Brésil, poissons, viandes

Les besoins journaliers en calcium, phosphore, magnésium, sodium, potassium, chlore sont > 100 mg/jour et les besoins journaliers en fer, zinc, cuivre, iode, sélénium, fluor, manganèse sont < 100 mg/jour.

c) L'eau et les sels minéraux

Définition

L'eau est le solvant universel du corps humain, essentiel à toutes les réactions biochimiques, au transport des nutriments et à la régulation de la température. Les sels minéraux (ou électrolytes) sont des ions dissous dans l'eau qui participent à l'équilibre hydrique, à la transmission nerveuse et à la contraction musculaire.

L'eau

L'eau (H₂O) a une structure qui lui permet de dissoudre de nombreuses substances (ex. : sucres, sels, acides aminés), de réguler la température corporelle en absorbant et libérant de la chaleur et de véhiculer les nutriments, les hormones et les déchets dans le sang, la lymphe et les fluides interstitiels. L'eau représente près de 60 % de la masse corporelle d'un être humain adulte et au regard de son rôle ubiquitaire doit être régulée finement pour éviter la déshydratation. Une déshydratation de 1 % du poids corporel peut déjà entraîner une altération de l'attention ou des crampes musculaires. Ainsi, il est recommandé d'apporter 2,5 L d'eau par jour via l'alimentation pour compenser les pertes naturelles à travers la transpiration, la respiration, l'urine et les fèces et éviter les déséquilibres hydriques et électrolytiques.

Les électrolytes

Les électrolytes sont des ions avec une charge électrique positive (cations) ou une charge électrique négative (anions). Ils sont notamment indispensables pour transmettre les influx nerveux, permettre les contractions musculaires, maintenir de la pression osmotique (échanges transmembranaires entre le secteur intravasculaire et le secteur interstitiel tissulaire) et réguler l'équilibre acido-basique sanguin.

Tableau 1.3 – Rôles, déséquilibres et sources alimentaires des principaux électrolytes

Électrolyte	Rôle principal	Déséquilibres	Sources alimentaires
Sodium (Na⁺)	Équilibre hydrique, transmission nerveuse, contraction musculaire	Excès : hypertension, rétention d'eau Carence : crampes	Sel de table, charcuterie, fromages, plats industriels
Potassium (K⁺)	Équilibre hydrique, fonction cardiaque et musculaire	Carence : fatigue, troubles du rythme cardiaque, faiblesse musculaire Excès : arythmie	Fruits (banane, abricot), légumes (épinards, pommes de terre), légumineuses
Chlorure (Cl⁻)	Équilibre acido-basique, digestion (acide chlorhydrique)	Déséquilibre rare : vomissements répétés	Sel, légumes, viandes, poissons
Calcium (Ca²⁺)	Structure osseuse, coagulation sanguine, contraction musculaire, transmission nerveuse	Carence : ostéoporose, tétanie (spasmes musculaires) Excès : calculs rénaux, troubles cardiaques	Produits laitiers, légumes verts (brocoli, chou), amandes, eaux minérales riches en calcium
Magnésium (Mg²⁺)	Métabolisme énergétique, fonction musculaire et nerveuse	Carence : crampes, irritabilité, fatigue Excès : diarrhée (rare)	Noix, légumineuses, chocolat noir, céréales complètes, bananes
Phosphore (PO₄³⁻)	Structure osseuse, métabolisme énergétique (ATP), équilibre acido-basique	Carence rare : faiblesse, perte d'appétit Excès : troubles rénaux	Viandes, poissons, œufs, céréales, produits laitiers
Bicarbonate (HCO₃⁻)	Régulation du pH sanguin (tampon)	Déséquilibre : acidose (pH < 7,35) ou alcalose (pH > 7,45)	Produit par l'organisme

Au regard de l'importance de leurs rôles, les électrolytes doivent être présents en quantité suffisante et finement régulée pour permettre le bon fonctionnement de l'organisme. Un apport alimentaire varié entre sources acidifiantes (ex. : viandes) et sources alcalinisantes (ex. : fruits et légumes) est donc central pour éviter les déséquilibres acido-basiques.

1.2 Biologie cellulaire

a) La cellule humaine : structure et fonctions

Définition

La **cellule** est l'unité fondamentale de tout être vivant. Elle est délimitée par une membrane et contient des organites spécialisés qui assurent des fonctions vitales comme la production d'énergie, la synthèse de molécules et la transmission de l'information génétique.

La cellule humaine (**Fig. 1.6**) est composée de trois parties :

- la membrane plasmique formée d'une double couche de phospholipides contient différents types de protéines membranaires. Il y a des récepteurs qui permettent la communication cellulaire, des canaux ioniques qui permettent les échanges d'ions et des protéines de transport pour faciliter le transport des molécules entre le milieu intra et le milieu extracellulaire ;

- le cytoplasme est une substance gélatineuse où baignent l'ensemble des organites de la cellule et le noyau ;
- le noyau est délimité par une enveloppe nucléaire perforée. Il contient l'ADN empaquetée sous forme de chromatine et le nucléole, le lieu de la transcription de l'ADN en ARN messager. La membrane perforée du noyau permet l'entrée des acides nucléiques et la sortie de l'ARN messager lors de la synthèse protéique.

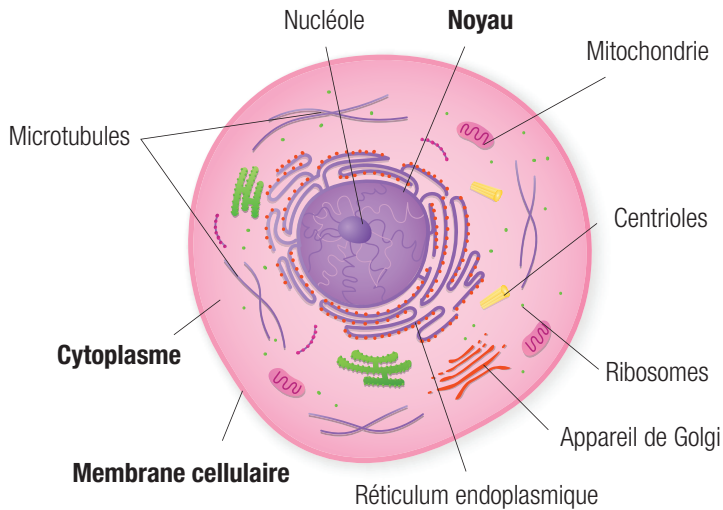


Figure 1.6 – Les principaux constituants d'une cellule humaine

Tableau 1.4 – Fonction des organites cellulaires et leur lien avec la nutrition

Organites et cytosquelette	Fonction	Lien avec la nutrition
Mitochondries	Production d'ATP à partir de glucides, lipides et protéines	90 % de la synthèse d'ATP cellulaire
Réticulum endoplasmique (RE)	RE rugueux : synthèse des protéines (ribosomes) RE lisse : métabolisme des lipides	Synthèse des enzymes digestives et des lipoprotéines (transport des lipides)
Appareil de Golgi	Modification, tri et emballage des protéines et lipides pour exportation	Maturation des enzymes digestives (ex. : lipases)
Lysosomes	Digestion intracellulaire	Recyclage des nutriments
Peroxisomes	Détoxification (peroxyde d'hydrogène) et métabolisme des acides gras	Dégradation des acides gras en énergie
Ribosomes	Synthèse des protéines à partir de l'ARNm	Production des enzymes et hormones (ex. : glucagon)
Cytosquelette	Maintien de la forme cellulaire, mouvement	Transport des nutriments et des vésicules dans la cellule

Les cellules humaines ont des formes et des tailles très variées en rapport avec leurs fonctions (**Fig. 1.7**). Les entérocytes vont par exemple participer à l'absorption des nutriments au niveau intestinal et les globules rouges vont permettre le transport du dioxygène lors de la synthèse d'ATP au niveau musculaire.

Enfin, les cellules échangent différents types de molécules à travers la membrane plasmique pour assurer leurs besoins et éliminer leurs déchets. Pour réaliser ces échanges, deux types de transports sont utilisés à savoir le transport actif et le transport passif.

Le transport passif est permis par deux mécanismes de diffusion :

- diffusion simple : passage de petites molécules liposolubles et d'ions (ex. : H_2O , Ca^{2+}) ;
- diffusion facilitée : via des transporteurs (ex. : glucose avec les GLUT).

Le transport actif est permis par deux mécanismes qui requièrent de l'énergie :

- pompes ioniques : nécessite de l'ATP pour transporter des ions (ex. : pompe Na^+/K^+ ATPase) ;
- endocytose/exocytose : transport de macromolécules (ex. : LDL-cholestérol).

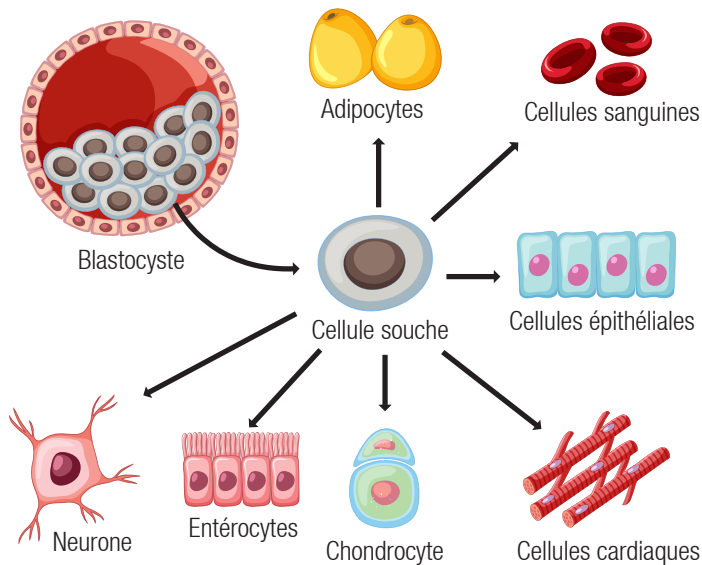


Figure 1.7 – Les différents types cellulaires au sein de l'organisme

b) Le métabolisme cellulaire

Définition

Le **métabolisme cellulaire** désigne l'ensemble des réactions chimiques qui se déroulent dans la cellule pour transformer les nutriments en énergie (catabolisme) ou en molécules complexes (anabolisme). Ces réactions permettent à la cellule de croître, de se reproduire et de répondre à son environnement.

Le métabolisme cellulaire se divise en deux processus complémentaires que sont le catabolisme et l'anabolisme. Le catabolisme permet la production d'énergie à partir de la dégradation de molécules. L'anabolisme consomme de l'énergie pour produire de nouvelles molécules à partir de molécules de base.

Les principales voies cataboliques de l'organisme

Le catabolisme se déroule en trois grandes étapes que sont la digestion des aliments, l'absorption des nutriments au niveau du tractus digestif et la dégradation des nutriments (glucide, lipide, protéine) en plus petites molécules appelées substrats énergétiques (ex. : glucose, acides gras, acides aminés), sources de molécules d'ATP.

Pour dégrader les aliments en nutriments puis en substrats énergétiques, le corps dispose d'enzymes permettant d'accélérer et d'optimiser les réactions chimiques, notamment d'hydrolyse. Ainsi, l'amylase va permettre la dégradation des glucides, la lipase va permettre la dégradation des lipides et les protéases celle des protéines.

L'ATP, une source d'énergie chimique pour la cellule

L'adénosine triphosphate (ATP) est un nucléotide produit par le métabolisme énergétique cellulaire. L'hydrolyse de l'ATP en ADP est utilisée comme source d'énergie pour alimenter un grand nombre de réactions cellulaires. Pour produire de l'ATP au sein de l'organisme, il existe différentes voies métaboliques en fonction du substrat énergétique et des besoins de l'organisme. Les mitochondries y jouent un rôle clé.

La glycolyse, la voie métabolique pour dégrader le glucose (Fig. 1.8)

À partir d'une molécule de glucose, la glycolyse permet de produire deux molécules d'ATP au sein du cytoplasme de la cellule et aussi deux molécules de pyruvate.

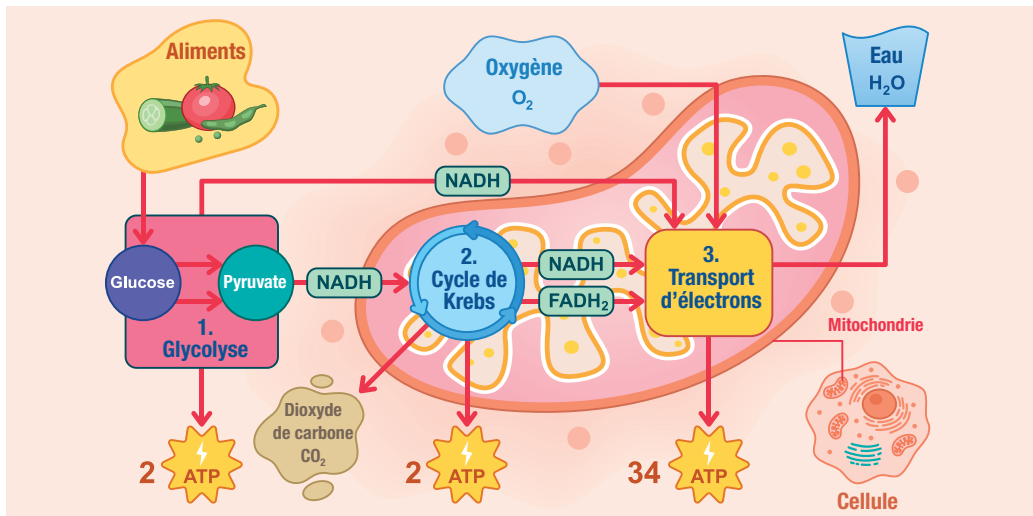


Figure 1.8 – Glycolyse et respiration cellulaire avec dégradation complète du glucose en ATP et en eau lors d'un effort endurant

Le pyruvate peut être ensuite oxydé en acétyl-CoA au sein des mitochondries qui va être dégradé au sein du cycle de Krebs lors d'un exercice physique endurant par exemple. Un tour de cycle donne deux nouvelles molécules d'ATP et aussi deux autres types de molécules appelées NADH et FADH₂.

Toujours dans le contexte d'un effort endurant, ces deux molécules de NADH et FADH_2 vont pouvoir être réoxydées lors d'un processus appelé respiration mitochondriale. Grâce à ce processus complexe également appelé phosphorylation oxydative, la mitochondrie synthétise au bout de la chaîne 34 molécules d'ATP. Ainsi, à partir d'une molécule de glucose, il est possible de dégager 38 molécules d'ATP.

Dans le contexte d'un effort physique plus court et intense, une partie importante du pyruvate produit sera convertie en lactate. Cette nouvelle molécule ne permettra pas la suite du processus catabolique (cycle de Krebs + respiration mitochondriale) et donc la production d'ATP. En revanche, le lactate peut être utilisé comme substrat énergétique par le cœur et substrat de la néoglucogenèse.

La bêta-oxydation, la voie métabolique pour dégrader les acides gras

Cette réaction chimique se déroule au sein de la mitochondrie. À partir d'une molécule d'acide gras, la bêta-oxydation peut produire une quantité importante d'ATP en fonction de l'acide gras. Par exemple, l'acide palmitique (chaîne moléculaire à 16 carbones) activé dans un premier temps en acyl-CoA puis oxydé en acétyl-CoA, entraîne la production de 129 ATP à travers le cycle de Krebs puis la chaîne de respiration mitochondriale.

En cas de jeûne ou de régime cétogène (faible en glucides), les acides gras sont convertis via la cétogenèse en corps cétoniques (acétone, acétoacétate, β -hydroxybutyrate) dans le foie qui vont pouvoir être utilisés par le cerveau et les muscles comme substrats énergétiques, sauf l'acétone. Environ 25 % de l'acétone produit est métabolisée en précurseurs du glucose par la voie du glycérol ou en CO_2 et en eau via le pyruvate. Le reste est éliminé principalement par la respiration et dans l'urine.

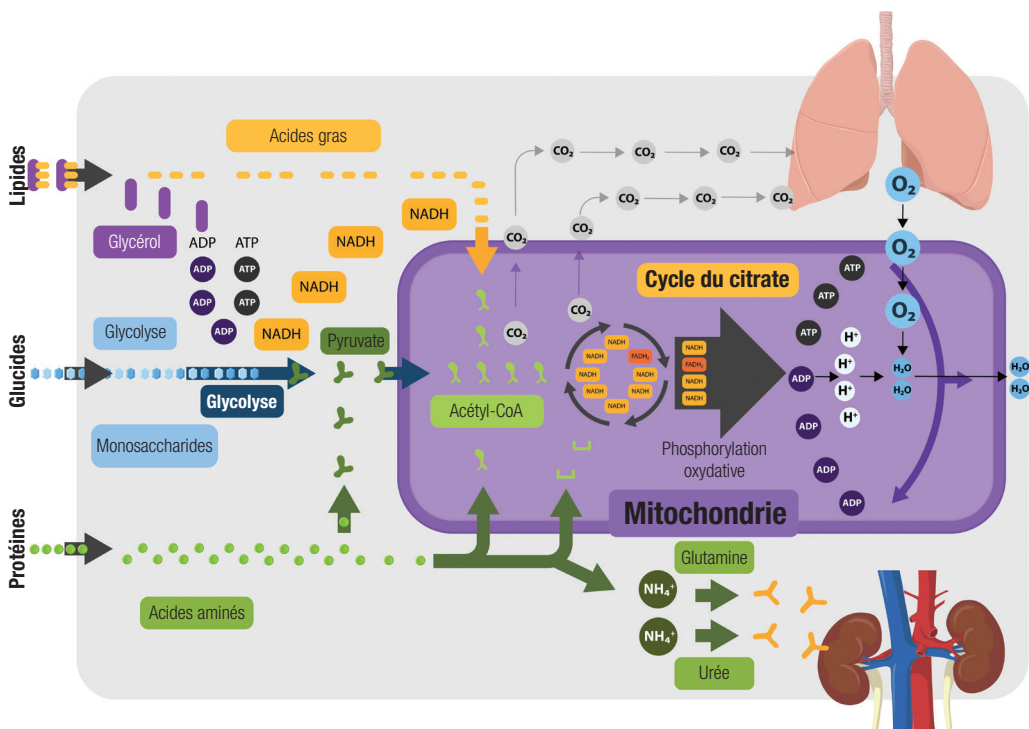


Figure 1.9 – Schéma récapitulatif des principales voies métaboliques utilisées pour produire de l'ATP dans le corps humain

La transamination, la voie métabolique pour dégrader les acides aminés

Les acides aminés subissent une transamination (transfert du groupe amine) au niveau hépatique ou musculaire. Par exemple, l'alanine est transportée vers le foie, où elle est désaminée en glutamate + pyruvate ou en acétyl-CoA qui permettra la production d'environ 12 ATP à travers le cycle de Krebs puis la chaîne de respiration mitochondriale. Le produit de cette dégradation est l'ammoniac (NH_3) qui est rapidement converti en urée par le cycle de l'urée et excrété par les reins. Les acides aminés peuvent ensuite subir une désamination (suppression du groupe amine) ou subir directement une désamination sans passer par l'étape de transamination (ex. : sérine et thréonine).

Au bilan, en fonction des besoins de l'organisme, du contexte (ex. : exercice physique, repos) et des ressources énergétiques, la production d'ATP, et donc d'énergie à la suite de la dégradation de l'ATP, est constamment renouvelée selon une interrelation des voies métaboliques.

Le pyruvate (issu de la glycolyse) peut soit :

- entrer dans le cycle de Krebs (effort endurant) ;
- être converti en lactate (en anaérobie, effort court et intense) ;
- servir à la gluconéogenèse ou néoglucogenèse (synthèse de glucose) (en cas de jeûne).

L'acétyl-CoA (issu des glucides, lipides ou protéines) peut soit :

- entrer dans le cycle de Krebs pour produire *in fine* de l'ATP ;
- servir à la synthèse des acides gras (lipogenèse) ;
- servir à la production de corps cétoniques (cétogenèse) qui fourniront de l'énergie au cerveau et aux muscles.

Les principales voies anaboliques de l'organisme

À la différence des voies cataboliques qui permettent le renouvellement des stocks d'ATP pour assurer une production énergétique continue, les voies anaboliques de l'organisme permettent de construire des molécules complexes à partir de précurseurs simples en consommant de l'énergie. L'anabolisme est étroitement lié au catabolisme selon le fait que l'énergie produite par la dégradation des nutriments (catabolisme) est utilisée pour alimenter les voies anaboliques. Les principales voies anaboliques vont notamment permettre la synthèse des glucides, des lipides, des protéines et des acides nucléiques.

La glycogénogenèse et la néoglucogenèse, les voies métaboliques principales pour synthétiser les glucides

La glycogénogenèse est la synthèse de glycogène, une longue chaîne moléculaire formée à partir de monomères de glucose principalement dans le foie et les muscles. Le glycogène est donc une forme de stockage du glucose. Le glycogène hépatique a pour objectif de maintenir la glycémie entre les repas et le glycogène musculaire permet la fourniture de l'énergie pendant l'exercice physique.

La néoglucogenèse est la synthèse de nouvelles molécules de glucose à partir de molécules non glucidiques, en cas d'exercice physique intense, de jeûne prolongé et de régime pauvre en glucides. L'organe principalement impliqué dans cette voie anabolique est le foie (et dans une moindre mesure le rein) :

- à partir du lactate produit lors d'un exercice physique intense, le foie reconverti cette molécule en pyruvate par la lactate déshydrogénase (LDH) qui sera ensuite transformé en glucose par le cycle de Cori ;
- à partir du glycérol produit de la dégradation des triglycérides, le foie le phosphoryle en glycérol-3-phosphate puis oxyde cette dernière molécule en dihydroxyacétone phosphate (DHAP) qui sera *in fine* transformé en glucose ;

- à partir des acides aminés glucogéniques (ex. : alanine, aspartate, glutamate), produits de la dégradation des protéines (protéolyse), le foie reconverti cette molécule en pyruvate ou en intermédiaires du cycle de Krebs (ex. : oxaloacétate) via la transamination ou la désamination qui seront *in fine* transformés en glucose.

La lipogenèse, la voie métabolique principale pour synthétiser les lipides

La lipogenèse est la synthèse d'acides gras et de triglycérides à partir de l'excès de glucides ou de protéines. Elle se déroule principalement dans le foie et le tissu adipeux.

Les acides gras sont synthétisés dans le cytoplasme des cellules hépatiques et des cellules du tissu adipeux (adipocytes) à partir de l'acétyl-CoA issu de la glycolyse ou de la bêta-oxydation grâce à différentes réactions chimiques médiées par l'enzyme acide gras synthase.

Les triglycérides sont issus d'une estérification des acides gras avec du glycérol-3-phosphate au niveau des réticulums endoplasmiques lisses des cellules hépatiques ou des adipocytes.

La traduction, la voie métabolique principale pour synthétiser les protéines

La traduction est le processus de synthèse des protéines à partir de l'ARN messager (ARNm) au niveau des ribosomes. L'ARNm est une copie d'une petite portion de l'ADN contenu dans le noyau cellulaire. À partir de cet ARNm, les ribosomes et les ARN de transfert sont capables de décoder l'information génétique et réaliser la synthèse d'acides aminés et leur assemblage spécifique afin de former une protéine particulière.

La biosynthèse des acides nucléiques, la voie métabolique principale pour synthétiser les acides nucléiques

La biosynthèse des acides nucléiques est un processus biochimique permettant la synthèse des nucléotides, eux-mêmes construits à partir des bases azotées (adénine, guanine, cytosine, thymine/uracile), de sucres (pentoses) et de groupes phosphate.

Les bases azotées sont synthétisées à partir d'acides aminés (ex. : glutamine, aspartate) et de CO₂ ou peuvent être recyclées après la dégradation des acides nucléiques. Les bases azotées sont liées au désoxyribose-phosphate pour l'ADN ou au ribose-phosphate pour l'ARN. C'est l'ADN polymérase (pour l'ADN) ou l'ARN polymérase (pour l'ARN) qui associe les nucléotides pour former des brins spécifiques.

Un apport suffisant en micronutriments est crucial pour éviter les blocages métaboliques de notre organisme. Par exemple, les vitamines B sont indispensables comme coenzymes dans les deux voies métaboliques et une carence bloque des étapes clés de ces voies. Autre exemple, le fer, le cuivre et le magnésium sont essentiels pour la chaîne respiratoire et la synthèse d'ATP. Ainsi, un apport alimentaire équilibré est nécessaire pour apporter les micronutriments en quantité suffisante, pour assurer la construction de molécules complexes et la dégradation de molécules pour produire de l'ATP.

Pour aller plus loin

<https://licenceshift.fr/h5p/metabolisme/>



Tableau 1.5 – Importance des micronutriments dans le métabolisme cellulaire

Micronutriment	Rôle dans l'anabolisme	Rôle dans le catabolisme	Sources alimentaires
Vitamine B1	Cofacteur pour la synthèse des pentoses (voie des pentoses phosphates)	Décarboxylation du pyruvate (pyruvate déshydrogénase) en acétyl-CoA	Céréales complètes, viande de porc, légumineuses
Vitamine B2	Précurseur du FAD pour la synthèse des lipides et la respiration cellulaire	Cofacteur du FAD dans la chaîne respiratoire et la bêta-oxydation des acides gras	Lait, œufs, amandes, champignons
Vitamine B3	Précurseur du NAD ⁺ /NADP ⁺ pour la synthèse des lipides et des acides nucléiques	Cofacteur du NAD ⁺ dans la glycolyse, le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire	Viandes, poissons, céréales enrichies, arachides
Vitamine B5	Composant du coenzyme A (CoA) pour la synthèse des acides gras et des stéroïdes	Formation de l'acétyl-CoA à partir du pyruvate et des acides gras (bêta-oxydation)	Viandes, légumes, avocats, brocolis
Vitamine B6	Cofacteur pour la synthèse des acides aminés et des neurotransmetteurs (sérotonine, dopamine)	Cofacteur des transaminases (désamination des acides aminés en α -cétoacides)	Viandes, poissons, pommes de terre, bananes
Vitamine B7	Cofacteur de l'acétyl-CoA carboxylase (lipogénèse)	Cofacteur de la pyruvate carboxylase (néoglucogénèse)	Œufs, noix, légumes (carottes, épinards)
Vitamine B9	Synthèse des nucléotides (ADN/ARN) et métabolisme des acides aminés	Métabolisme de l'homocystéine et synthèse des acides aminés	Légumes verts, légumineuses, agrumes
Vitamine B12	Synthèse des acides nucléiques et régénération de la méthionine	Cofacteur de la méthylmalonyl-CoA mutase (métabolisme des acides gras) et de la méthionine synthase	Viandes, poissons, produits laitiers
Fer	Transport du dioxygène (hémoglobine) et synthèse de l'ADN	Composant des cytochromes (chaîne respiratoire) et des protéines héminiques	Viandes rouges, légumineuses, épinards
Magnésium	Activation des enzymes de la glycogénèse et de la synthèse protéique	Cofacteur de plus de 300 enzymes, dont celles de la glycolyse et du cycle de Krebs	Noix, légumineuses, chocolat noir
Zinc	Synthèse de l'ADN et des protéines	Cofacteur des enzymes antioxydantes et des déhydrogénases (métabolisme énergétique)	Viandes, fruits de mer, graines de courge
Cuivre	Synthèse des protéines et métabolisme du fer	Cofacteur de la cytochrome oxydase (chaîne respiratoire)	Fruits de mer, noix, foie
Manganèse	Synthèse des protéines et des os	Cofacteur de la superoxyde dismutase (protection mitochondriale) et de l'arginase (cycle de l'urée)	Noix, céréales complètes, légumes verts