BTS DIÉTÉTIQUE

TOUT EN UN

Programmes de 1re et 2e années

Fiches
Schémas
Exos

Diététique

annales corrigées

- E1A Biochimie - Physiologie
- E1B Nutrition - Alimentation
- E2 Bases physiopathologiques de la diététique
- E3 Économie - Gestion
- E5B Activités technologiques de l'alimentation

Cédric Favro (coord.), Stéphanie Ballot,
Saveria Colombani, Sandra Cussigh,
Claire Montintin

ellipses

BTS DIÉTÉTIQUE

TOUT EN UN

Programmes de 1re et 2e années

annales corrigées

BTS Diététique

ellipses
FAVRO Cédric, le 17/07/2023
Dater et signer, suivi de la mention « accord pour le BAT ».
B A T

Cédric Favro (coord.),
Stéphanie Ballot, Saveria Colombani,
Sandra Cussigh, Claire Montintin

ellipses

Retrouvez la collection sur notre site Internet
www.editions-ellipses.fr

ISBN 9782340-082823
©Ellipses Édition Marketing S.A., 2023
8/10 rue la Quintinie 75015 Paris

DANGER
LE
PHOTOCOPILLAGE
TUE LE LIVRE

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5.2° et 3°a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

www.editions-ellipses.fr

Table des matières

U1.1

Biochimie - PhysiologieMicrobiologie **13**

Partie Ia **Biochimie structurale** **15**

Chapitre 1 **Composition de la matière vivante** **16**

Fiche 1 L'atome et les liaisons chimiques 16
Fiche 2 Macroéléments et oligoéléments 18
Fiche 3 L'eau et ses propriétés 19
Fiche 4 Classification des biomolécules 21

Chapitre 2 **Les glucides** **22**

Fiche 5 Définition, rôles et classification des glucides 22
Fiche 6 Structure des oses 23
Fiche 7 Les oligosides 27
Fiche 8 Les polyosides 29
Fiche 9 Les hétérosides 32
Fiche 10 Hydrolyse des osides 33

Chapitre 3 **Les lipides** **34**

Fiche 11 Définition, rôles et classification des lipides 34
Fiche 12 Les acides gras (AG) 35
Fiche 13 Les glycérides ou acylglycérols 40
Fiche 14 Les glycérophospholipides 42
Fiche 15 Les stéroïdes et dérivés du cholestérol 44
Fiche 16 Les vitamines liposolubles 47

Chapitre 4 **Les protides** **48**

Fiche 17 Les acides aminés 48
Fiche 18 Les peptides 52
Fiche 19 Les protéines 54

Chapitre 5 **Les acides nucléiques** **62**

Fiche 20 Structure et rôles des nucléotides 62
Fiche 21 Structure et rôles des acides nucléiques (ADN et ARN) 64

Partie Ib **Biochimie métabolique** **67**

Chapitre 6 **Enzymologie** **68**

Fiche 22 Définition et caractéristiques des enzymes 68
Fiche 23 Spécificité enzymatique et classification des enzymes 71
Fiche 24 La cinétique enzymatique 72
Fiche 25 La régulation de l'activité enzymatique 75

Chapitre 7 **Bioénergétique** **78**

Fiche 26 Éléments de thermodynamique chimique 78
Fiche 27 La synthèse d'ATP 80
Fiche 28 Le cycle de Krebs 83

Chapitre 8 **Le métabolisme glucidique** **85**

Fiche 29 La glycolyse 85
Fiche 30 La néoglucogenèse 90
Fiche 31 Le métabolisme du glycogène 92
Fiche 32 Le métabolisme du fructose et du galactose 94

Chapitre 9 **Le métabolisme lipidique** **95**

Fiche 33 Le catabolisme des acides gras (AG) 95
Fiche 34 La biosynthèse des acides gras 100
Fiche 35 Le métabolisme des glycérolipides 101
Fiche 36 La cétogenèse 103
Fiche 37 Le métabolisme du cholestérol 105
Fiche 38 Les lipoprotéines 106

Chapitre 10 **Le métabolisme azoté** **110**

Fiche 39 Le métabolisme azoté 110

Chapitre 11 **L'expression génétique** **113**

Fiche 40 La transcription 113
Fiche 41 La traduction 115

Partie II **Physiologie** **119**

Chapitre 1 **Organisations cellulaire et tissulaire de l'organisme** **120**

Fiche 42 La cellule 120
Fiche 43 Les tissus biologiques 126

Chapitre 2 **Les systèmes de communication de l'organisme** **134**

Fiche 44 Organisation générale du système nerveux 134
Fiche 45 Intégration et transmission du message nerveux 139
Fiche 46 Le système endocrinien 145

Chapitre 3 **Les fonctions de nutrition** **152**
Fiche 47 Le milieu intérieur 152
Fiche 48 Organisation du système cardiovasculaire 158
Fiche 49 Physiologie cardiaque 159
Fiche 50 Physiologie vasculaire 163
Fiche 51 Organisation du système digestif 168
Fiche 52 La cavité buccale et le début de la digestion 170
Fiche 53 L'œsophage et la déglutition 172
Fiche 54 L'estomac et la digestion gastrique 174
Fiche 55 Le foie et la sécrétion biliaire 177
Fiche 56 Le pancréas et la digestion chimique 180
Fiche 57 Digestion et absorption au niveau de l'intestin grêle 183
Fiche 58 Le gros intestin et la formation des selles 186
Fiche 59 Physiologie respiratoire 190
Fiche 60 Physiologie rénale 198
Chapitre 4 **Adaptations métaboliques et physiologiques** **204**
Fiche 61 La régulation de la glycémie 204
Fiche 62 L'équilibre acido-basique 207
Fiche 63 L'équilibre hydrominéral 210
Fiche 64 L'équilibre phosphocalcique 212
Fiche 65 L'adaptation au jeûne 214
Fiche 66 Adaptations à l'exercice physique 216
Fiche 67 L'adaptation au stress 222
Fiche 68 La thermorégulation 225
Fiche 69 Régulation de la prise alimentaire 227
Fiche 70 Le système immunitaire 229
Chapitre 5 **La transmission de la vie et le développement de l'enfant** **235**
Fiche 71 Les gamètes et la fécondation 235
Fiche 72 Le développement embryonnaire et fœtal 237
Fiche 73 Le développement de l'enfant 240
Fiche 74 La grossesse et la lactation 241

Partie III **Microbiologie** **245**
Fiche 75 Structure et ultrastructure des bactéries 246
Fiche 76 Physiologie bactérienne 248
Fiche 77 Les relations hôtes/micro-organismes 250
Fiche 78 Le pouvoir pathogène et la toxinogenèse 251
Fiche 79 Le Microbiote intestinal 254

Fiche 80 Les moisissures et les levures 257
Fiche 81 Notions de virologie 259
Fiche 82 Notions de parasitologie 261

U1.2

Nutrition - Alimentation 265

Partie I **Nutrition 267**

Chapitre 1 Les besoins en énergie 268
Fiche 83 Notion de compartiment corporel et de dépenses énergétiques 268
Fiche 84 Les besoins en énergie 270

Chapitre 2 Les besoins en eau, protéines, lipides, glucides, fibres alimentaires, minéraux et vitamines 272
Fiche 85 Les besoins en eau 272
Fiche 86 Les besoins en protéines 274
Fiche 87 Les besoins en lipides 277
Fiche 88 Les besoins en glucides 279
Fiche 89 Les besoins en fibres alimentaires 281
Fiche 90 Les besoins en minéraux et oligoéléments 283
Fiche 91 Les besoins en vitamines 286

Chapitre 2 Les besoins nutritionnels des populations bien portantes 288
Fiche 92 Alimentation en collectivité, restauration hors foyer 288
Fiche 93 Les besoins nutritionnels des enfants de 0 à 3 ans 293
Fiche 94 Les besoins nutritionnels des enfants de 4 ans à 17 ans 296
Fiche 95 Les besoins nutritionnels de la femme enceinte 302
Fiche 96 Les besoins nutritionnels de la femme allaitante 305
Fiche 97 Les besoins nutritionnels des personnes âgées 307
Fiche 98 Les besoins nutritionnels du sportif 310

Partie II **Sciences des aliments 313**

Chapitre 1 Étude des aliments 314
Fiche 99 Les boissons 314
Fiche 100 Les céréales et les produits céréaliers 317
Fiche 101 Les fruits et légumes 321
Fiche 102 Les laits et les produits laitiers 326
Fiche 103 Les viandes 330
Fiche 104 Les poissons et les fruits de mer 334

Fiche 105 Les œufs et ovoproduits 337
Fiche 106 Les matières grasses 342
Fiche 107 Le sucre et les produits sucrés 346
Fiche 108 Les additifs alimentaires 351
Fiche 109 Les produits fermentés 353
Chapitre 2 Procédés de conservation, réglementation et étiquetage alimentaire 354
Fiche 110 Les procédés de conservation 354
Fiche 111 Réglementation et étiquetage alimentaire 357

U2

Bases Physiopathologiques de la diététique 361

Partie I **Physiopathologie 363**
Chapitre 1 Introduction à la physiopathologie 364
Chapitre 2 Pathologies de la nutrition 369
Fiche 112 L'obésité 369
Fiche 113 L'obésité infantile 373
Fiche 114 La dénutrition 378
Chapitre 3 Pathologies métaboliques 382
Fiche 115 Les dyslipoprotéinémies (DLP) 382
Fiche 116 Les diabètes sucrés type I et type II 385
Fiche 117 Le diabète gestationnel 391
Fiche 118 L'hyperuricémie 393
Chapitre 4 Pathologies cardiovasculaires et respiratoires 395
Fiche 119 L'athérosclérose 395
Fiche 120 L'insuffisance cardiaque 399
Fiche 121 Atteintes de la paroi cardiaque 402
Fiches 122 Pathologies respiratoires 406
Chapitre 5 Pathologies rénales 410
Fiche 123 Définitions et classification des néphropathies 410
Fiche 124 Le syndrome néphrotique 411
Fiche 125 Les lithiases urinaires 413
Fiche 126 L'insuffisance rénale aiguë (IRA) 416
Fiche 127 L'insuffisance rénale chronique (IRC) 419
Chapitre 6 Pathologies digestives 423
Fiche 128 Pathologies des voies aérodigestives supérieures 423

Fiche 129 Pathologies de l'œsophage 425
Fiche 130 Pathologies de l'estomac 432
Fiche 131 Pathologies de l'intestin 436

Chapitre 7 Pathologies hépato-biliaires et pancréatiques 444

Fiche 132 Pathologies hépatiques 444
Fiche 133 Pathologies biliaires 450
Fiche 134 Pathologies pancréatiques 453

Chapitre 8 Autres pathologies 457

Fiche 135 Éléments de cancérologie 457
Fiche 136 Troubles des conduites alimentaires 461
Fiche 137 Pathologies pédiatriques 464

Partie II **Diététique thérapeutique 471**

Chapitre 1 l'ETP et les alimentations thérapeutiques courantes 472

Fiche 138 L'éducation thérapeutique du patient (ETP) 472
Fiche 139 Les alimentations thérapeutiques courantes 474
Fiche 140 Les textures modifiées 479

Chapitre 2 Prise en charge des pathologies de la nutrition et du métabolisme 480

Fiche 141 Les anémies 480
Fiche 142 La dénutrition 481
Fiche 143 Surpoids, obésité et chirurgie bariatrique 485
Fiche 144 Les pathologies métaboliques 488

Chapitre 3 Prise en charge des pathologies digestives 492

Fiche 145 Les pathologies de l'œsophage 492
Fiche 146 Les pathologies de l'estomac et du duodénum 495
Fiche 147 Les pathologies intestinales 498
Fiche 148 Les pathologies des glandes digestives annexes 502

Chapitre 4 Prise en charge des pathologies cardiovasculaires, respiratoires et rénales 505

Fiche 149 Les pathologies cardiovasculaires 505
Fiche 150 Les pathologies des voies respiratoires 509
Fiche 151 Les pathologies rénales 511

Chapitre 5 Autres pathologies 513

Fiche 152 Les pathologies neurodégénératives 513
Fiche 153 Nutrition et Cancérologie 514
Fiche 154 Le syndrome d'immunodéficience acquise (SIDA) 515
Fiche 155 Les brûlures 516

U3

Économie - Gestion 517

Thème 1 **Le contexte organisationnel de l'activité du diététicien** 519

Fiche 156 Qu'est-ce qu'une organisation ? 520
Fiche 157 Les types d'organisation 521
Fiche 158 L'impact du numérique sur les organisations 523

Thème 2 **Le cadre juridique de l'activité** 533

Fiche 159 La notion de contrat 534
Fiche 160 La notion de responsabilité 537
Fiche 161 Les formes juridiques de l'organisation 538
Fiche 162 Le choix de la structure juridique 542
Fiche 163 Les régimes juridiques 544
Fiche 164 Les relations de travail 545
Fiche 165 Le dialogue social 549

Thème 3 **La connaissance du marché** 551

Fiche 166 Les comportements du consommateur 552
Fiche 167 La veille mercatique et commerciale 553
Fiche 168 L'étude du marché 555
Fiche 169 Approches, démarches et stratégies mercatiques 560
Fiche 170 La politique produit 562
Fiche 171 La politique prix 564
Fiche 172 La politique de distribution 567
Fiche 173 La politique communication 570
Fiche 174 La relation client 572
Fiche 175 La prise en compte des aspirations sociétales 574

Thème 4 **Analyse de la performance de l'organisation** 577

Fiche 176 L'information financière 578
Fiche 177 La tenue des comptes en partie double 579
Fiche 178 Le processus achat/vente de biens et services 580
Fiche 179 Le processus d'investissement/financement 583
Fiche 180 Exercice comptable, inventaire et principes comptables 585
Fiche 181 Évaluation des stocks à la clôture de l'exercice 586
Fiche 182 Évaluation des immobilisations amortissables à la clôture de l'exercice 589
Fiche 183 Dépréciation des actifs et provisions 591
Fiche 184 Les documents annuels de synthèse 592

Fiche 185 Analyse de la profitabilité 594
Fiche 186 Analyse de la rentabilité 598
Fiche 187 Analyse de la structure financière de l'entreprise 599
Fiche 188 Le financement de l'entreprise 603
Fiche 189 La gestion des stocks 606
Fiche 190 Démarche budgétaire et gestion de la trésorerie 608
Fiche 191 Le coût complet 611
Fiche 192 Les coûts partiels 613
Fiche 193 L'analyse des écarts 615

Thème 5 **L'activité humaine** **617**
Fiche 194 L'analyse des besoins en ressources humaines 618
Fiche 195 Le recrutement 619
Fiche 196 La gestion des compétences et l'employabilité 622
Fiche 197 La communication des organisations 623
Fiche 198 La communication au sein des groupes 625
Fiche 199 Le stage à thème optionnel 627

U5.2

Activités technologiques de l'alimentation **629**

Chapitre 1 Techniques culinaires de base **630**
Fiche 200 Les formes de taillage 630
Fiche 201 Les modes de cuisson 631
Fiche 202 Cuisson des légumes et fruits 632
Fiche 203 Cuisson des féculents 634
Fiche 204 Cuisson des œufs 635
Fiche 205 Les techniques de liaisons 636
Fiche 206 La pâte levée à l'œuf 639
Fiche 207 Les pâtes levées à la levure 640
Fiche 208 La pâte brisée 642
Fiche 209 La pâte sablée 644
Fiche 210 La pâte feuilletée 645
Fiche 211 La pâte à crêpes 646
Fiche 212 La pâte à choux 647
Fiche 213 Les sauces 648
Fiche 214 Les épaississants 649
Fiche 215 Les biscuits 650

Fiche 216 La garniture et les décorations 651
Fiche 217 Utilisation des additifs alimentaires et de produits alimentaires intermédiaires 653

Chapitre 2 Adaptation des techniques culinaires et utilisation rationnelle des aliments 654

Fiche 218 Le bon de commande 654
Fiche 219 L'organigramme 656
Fiche 220 Calcul du coût de revient 658
Fiche 221 Calcul de la valeur nutritionnelle 659
Fiche 222 Méthode des 5 M pour la réalisation de la crème aux œufs 660
Fiche 223 Régimes adaptés et textures modifiées 662

Chapitre 3 Hygiène 666

Fiche 224 Le fonctionnement en cuisine 666
Fiche 225 Le paquet hygiène et le Plan de Maîtrise sanitaire 669
Fiche 226 La loi EGAlim 676
Fiche 227 Les liaisons chaude et froide 678
Fiche 228 Les TIAC 680

Sujets + Corrigés

BTS Diététique Session 2022 683

Sujets **BTS Diététique Session 2022 685**

Corrigés **BTS Diététique Session 2022 751**

E1A Biochimie Physiologie – Corrigé sujet 2022 752
E1B Alimentation et nutrition – Corrigé sujet 2022 755
E2 Bases physiopathologies de la diététique – Corrigé sujet 2022 759
E3 Économie Gestion – Corrigé sujet 2022 765
E5A Étude de cas – Corrigé sujet 2022 768

U1.1

Biochimie
Physiologie
Microbiologie

PARTIE IA

Biochimie structurale

Fiche 1

L'atome et les liaisons chimiques

Le premier niveau d'organisation du corps humain correspond au **niveau chimique** avec les atomes et les molécules.

I • Rappels sur l'atome

L'atome, ou élément chimique, constitue la plus petite partie indivisible de la matière. Il est composé :

- D'un **noyau** contenant un ou plusieurs **proton(s)** chargé(s) positivement, étroitement lié(s) à un ou plusieurs **neutron(s)** non chargé(s). L'ensemble forme les **nucléons**.
- D'un ou plusieurs **électron(s)** chargé(s) négativement et qui gravite(nt) autour du noyau. Électrons et protons sont en nombre égal pour que la matière reste neutre.

Dans la classification périodique des éléments, un atome X est représenté selon l'écriture suivante :

$$^{A}_{Z}X$$

A : nombre de nucléons (ou nombre de masse ou **masse atomique**, le plus souvent en g/mol) ; Z : nombre de protons (ou **numéro atomique**) ;

Le **numéro atomique** désigne également la quantité d'électrons de l'atome. Lorsque l'atome :

- Perd un électron, il devient déficitaire d'une charge négative conférant alors une charge + à l'atome qui devient ainsi un **cation.** Ex : Na^+ (ion sodium) ;
- Acquiert un électron, il se retrouve avec une charge négative excédentaire conférant une charge – à l'atome qui devient ainsi un **anion.** Ex : Cl^- (ion chlorure).

On parlera d'ion mono, di ou trivalent selon le nombre d'électrons perdus ou acquis par l'atome. Ex : ion calcium Ca^{2+} est un ion divalent.

II • Les liaisons covalentes

Une **liaison covalente** s'établit lorsqu'un atome partage un électron avec l'électron d'un autre atome pour former un **doublet d'électrons** liant les deux atomes.

L'assemblage d'au moins deux atomes liés par liaison covalente forme une **molécule.**

Illustration : l'atome A possède un électron célibataire, noté « • », pouvant s'associer à l'électron célibataire « • » d'un atome B. Ainsi, l'association A• + •B forme la molécule A–B où la liaison « – » correspond au doublet des électrons et donc à la liaison covalente.

Le nombre d'électrons présents dans la couche la plus périphérique de l'atome détermine la valence de celui-ci. Ex : l'atome de C possède **quatre électrons** dans sa couche périphérique, il peut donc établir **quatre liaisons** covalentes et est qualifié de **tétravalent.**

Les liaisons covalentes sont qualifiées de **liaison forte** car l'énergie pour les créer ou les rompre est élevée (de l'ordre de la centaine de kJ/mol). Elles sont à l'origine de la rigidité du squelette des biomolécules.

III • Les liaisons non covalentes

Les liaisons **non covalentes** :

- Sont **essentielles à la dynamique** des réactions du vivant : Les réactions du métabolisme sont dues à la **création/destruction** de liaisons non covalentes inter et intra moléculaires.
- Sont qualifiées de **liaisons faibles** car l'énergie pour les créer ou les rompre est faible (de l'ordre de la dizaine de kJ/mol). On distingue :

A Les liaisons hydrogène (H)

Une liaison hydrogène résulte de l'attraction électrostatique entre un atome électronégatif (ex : O) et un atome d'hydrogène (H) lui-même lié par liaison covalente à un deuxième atome électronégatif (ex : N).

Illustration : [R1]-**N-H** |||||||||||||||| **O=C**-[R2]

B Les interactions ioniques

Les interactions ioniques s'établissent entre le + et le – de deux ions ou de deux groupements fonctionnels ionisés (R1 et R2 ci-dessous).

Illustration : [R1]**(+)** |||||||||||||||| **(–)**[R2]

C Les interactions hydrophobes

Les **interactions hydrophobes** s'établissent lorsque des molécules, qui n'ont aucune affinité avec l'eau (molécules hydrophobes), se regroupent et interagissent ensemble sous l'effet des contraintes exercées par l'eau.

D Les liaisons de Van der Waals

Les **liaisons de Van der Waals** s'établissent par interaction électrique de faible intensité lorsque les atomes sont très proches. Elles sont plus faibles mais plus nombreuses que les liaisons H.

Fiche 2

Macroéléments et oligoéléments

Dans un organisme vivant, les atomes ne sont pas en proportion équivalente permettant ainsi de distinguer les **macroéléments** des **oligoéléments**.

I • Les macroéléments

Un macroélément est un élément chimique qui représente plus de 5 g chez un homme de 70 kg, et qui nécessite un apport journalier supérieur à 50 mg.

96 % de la composition de la matière vivante est représenté par **C (carbone), H (hydrogène), O (oxygène) et N (azote)**. Ces atomes sont essentiellement impliqués dans la **structure des biomolécules** et la formation de **groupements fonctionnels** (fonction alcool **–OH** ; fonction acide carboxylique **-COOH** ; fonction amine **-NH_2** ; etc.) nécessaires au métabolisme.

3,5 % est représenté par les minéraux suivants : **calcium (Ca), phosphore (P), potassium (K), soufre (S), sodium (Na), chlore (Cl) et magnésium (Mg)**, essentiellement sous forme ionisée.

Si Ca et P ont un rôle principalement structural (cristal osseux), les autres macroéléments minéraux ont essentiellement un rôle fonctionnel. Ex : Mg^{2+} qui a un rôle de cofacteur enzymatique ; Na^+ et K^+ impliqués dans la conduction nerveuse, etc.

II • Les oligoéléments

Un oligoélément est un élément chimique minéral, nécessaire à la vie d'un organisme mais en quantité très faible (< 1 % de la masse du corps humain ou 1 mg/Kg de poids corporel). Exemples : Fe, I, Co, Mn, Zn, etc.

Les oligoéléments sont essentiels pour le fonctionnement de nombreuses réactions chimiques mais certains peuvent avoir un **rôle structural** comme l'iode (I) et le fer (Fe) qui entrent respectivement dans la composition des hormones thyroïdiennes et l'hémoglobine.

Fiche 3

L'eau et ses propriétés

Dans le corps humain, l'eau (de formule H_2O) représente en moyenne **60 %** de la masse corporelle dont les deux tiers composent le cytosol des cellules (le tiers restant se trouvant dans le milieu extracellulaire, essentiellement le sang et lymphe).

I • Rôles de l'eau dans l'organisme

A Rôle de solvant

L'eau **dissout les composés hydrophiles** (ions Na^+, K^+, etc. et molécules hydrophiles telles que glucose, urée, protéine, etc.) mais **ne dissout pas les molécules hydrophobes** (acides gras longs, triglycérides, etc.).

B Rôle de réactif

L'eau intervient en tant que réactif dans certaines réactions chimiques (hydrolyse, réaction acide/base, etc.).

Illustration de l'hydrolyse : [R1]-[R2] + **H_2O** → [R1]-**OH** + **H**-[R2]

C Rôles physiologiques

- **Composant principal du sang**. L'eau contribue de ce fait à la diffusion et au transport des substances dissoutes dans l'organisme ;
- **Milieu réactionnel** où se produisent les réactions biochimiques entre solutés. Ex : Le cytosol qui est un milieu aqueux.
- **Rôle dans la thermorégulation** par l'intermédiaire de la circulation du sang, mais aussi grâce à la **sueur**.
- **Rôle de lubrifiant** au niveau des articulations par l'intermédiaire du liquide synovial qui limite les frottements articulaires lors des mouvements ;
- **Rôle de protection mécanique**. Ex : liquide céphalorachidien qui entoure et protège l'encéphale et la moelle épinière ; liquide amniotique qui protège le fœtus.

II • Polarité de la molécule d'eau

L'eau est une **molécule polaire** car elle possède des **liaisons covalentes polarisées** : l'atome d'O, **électronégatif (δ-)**, est lié par covalence à un H **électropositif (δ+)** (électronégativité = capacité à attirer les électrons lors de la formation d'une liaison chimique avec un autre atome).

La molécule d'eau est ainsi considérée comme un **dipôle permanent** (car possède deux liaisons polarisées) pouvant interagir par liaison H avec d'autres molécules d'eau mais aussi avec **d'autres molécules polarisées** (glucose, urée, acides aminés, etc.).

III • Capacité de l'eau à interagir avec des composés polaires et/ou chargés

Grâce à sa polarité, l'eau dissout un composé à condition que celui-ci établisse des liaisons H avec les molécules d'eau. Ce composé est alors qualifié d'**hydrophile** et peut être :

- Une molécule **polaire** (ex : Glucose, urée, acide aminé, etc.), c'est-à-dire qui possèdent des **liaisons polarisées** capables d'interagir avec l'eau par liaisons H.
- Un **soluté chargé** où les charges + et – interagissent respectivement avec O et H de la molécule d'eau.

La capacité pour une molécule polaire à interagir avec l'eau dépend de sa richesse en groupements fonctionnels polarisés : alcool -OH ; acide carboxylique -COOH ; amine -NH_2 ; etc. Dans le cas contraire, la molécule ne peut interagir avec l'eau et est qualifiée d'**hydrophobe**.

L'eau forme ainsi des **couches d'hydratation (sphères de solvatation)** qui entourent les solutés polaires et les protègent ainsi de l'influence des autres substances chargées proches.

IV • L'eau et l'équilibre hydrique dans l'organisme

La constance des volumes des compartiments liquidiens (cytoplasme, plasma, liquide interstitiel, etc.) est notamment permise par une loi physique : **l'osmose.**

L'osmose :

- Correspond à un mouvement d'eau du milieu le moins concentré en solutés (**hypotonique**) vers le milieu le plus concentré en solutés (**hypertonique**), jusqu'à égalité de concentration entre les deux milieux (**isotonie**) ;
- Contribue à l'**équilibre hydrique** entre les compartiments liquidiens, en association avec les propriétés des solutés présents dans les liquides biologiques, tels que le sodium et les protéines.

La contre-pression pour empêcher ce mouvement d'eau est appelée **pression osmotique.**

Des **déséquilibres osmotiques** sont à l'origine de perturbations pouvant avoir des conséquences graves pour la santé (œdème, hypertension, etc.)

Fiche 4

Classification des biomolécules

I • Définition

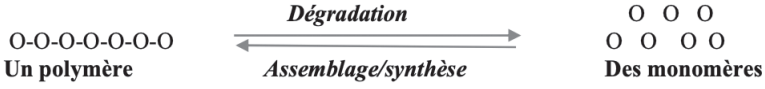
Une **biomolécule** est une molécule caractéristique du monde vivant le plus souvent définie par sa composition atomique ainsi que par sa composition en groupements fonctionnels. On distingue ainsi **quatre grandes familles** de biomolécules :

Biomolécules	Composition élémentaire	Groupements fonctionnels caractéristiques	Principales molécules
Protides	C, H, O, N, (S)	Carboxyles ($COOH/COO^-$) et amines ($-NH_2/-NH_3^+$)	**Acides aminés** (unités de base), **peptides** et **protéines**
Glucides	C, H, O	Hydroxyle (ou alcool OH), cétone (>C=O), aldéhyde (CHO).	**Oses** (unités de base) et **osides** (assemblages d'au moins deux oses).
Lipides	C, H, O (N, P)	Carboxyles ($COOH/COO^-$), hydroxyle (ou alcool OH), ester (R-COO-R').	**Lipides simples** (C, H, O) : acides gras, triacylglycérols, cérides et stérides. **Lipides complexes** (C, H, O, N, P) : phospholipides et sphingolipides.
Acides nucléiques	C, H, O, N, P	Ester phosphate	**ADN et ARN,** composés de **nucléotides.**

II • Notion de monomère/polymère

Certaines grandes biomolécules sont élaborées à partir d'une unité de base plus simple. Ces grandes molécules prennent alors le nom de **polymère**, et les unités de base sont qualifiées de **monomère.**

Illustration :



Ces polymères sont parfois qualifiés de **macromolécules**. Ex : protéine → polymère d'acides aminés ; glycogène → polymère de glucoses.

Fiche 5

Définition, rôles et classification des glucides

I • Définition et rôles des glucides

Les **glucide**s désignent un ensemble de molécules organiques composées de C, H et O, contenant un **groupement carbonyle** (**aldéhyde ou cétone**) et au moins deux groupements **hydroxyle (ou alcool -OH)**. Ils sont classés en **oses et osides**.

Les glucides ont de nombreux rôles :

- **Source et stockage** d'énergie (glucose, amidon, glycogène)
- **Constituants des acides nucléiques** (ribose et désoxyribose)
- **Éléments structuraux** chez les bactéries et les cellules végétales (peptidoglycane, cellulose, etc.)
- **Signaux de reconnaissances** lorsqu'ils sont associés à des protéines ou des lipides. Ex : marqueurs des groupes sanguins ABO.

II • Classification des glucides

On distingue :

- Les **oses**, ou **glucides simples** ou **monosaccharides**, sont **non hydrolysables**. Ex : glucose, fructose, galactose.
- Les **osides**, ou **glucides complexes** ou **polysaccharides**, sont des polymères d'oses liés par une **liaison osidique.** Ils sont de ce fait **hydrolysables**.

On parle d'**holoside** lorsque l'oside est constitué uniquement d'oses, et d'**hétéroside** si l'oside est associé à une partie non glucidique nommée **aglycone**.

Les **holosides** sont regroupés selon le nombre d'oses qui les constituent :

- Les **oligosides**, composés d'un petit nombre d'oses (< 10). Les plus fréquents étant les **diosides** (= deux oses liés) tels que le **saccharose**, le **lactose** et le **maltose**.
- Les **polyosides**, composés d'un grand nombre d'oses (> 10). Ils comprennent les **polyosides homogènes,** composé d'un seul type d'ose tels que le glycogène, l'amidon et la cellulose, tous composés de glucose, et les **polyosides hétérogènes** composés d'au moins deux types d'oses (ex : hémicellulose).

Fiche 6

Structure des oses

I • Formule et caractéristiques des oses

Les oses sont des substances ayant pour **formule brute** $(CH_2O)n$, avec $3 \leq n \leq 7$, permettant de caractériser des **trioses** (n = 3), des **tétroses** (n = 4), des **pentoses** (n = 5), des **hexoses** (n = 6) et des **heptoses** (n = 7).

Un ose comporte au moins (n – 1) **groupements hydroxyle (-OH)** et une **fonction carbonyle (C=O) aldéhyde ou cétone**.

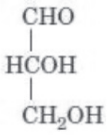
Les atomes de C sont numérotés en partant du C le plus oxydé. On parle ainsi :

- D'**aldose** si la fonction aldéhyde est en C1 (sur le C n° 1). Ex : glucose, galactose, mannose et ribose ;
- De **cétose** si la fonction cétone est en C2 (sur le C n° 2). Ex : fructose.

II • Isomérie des oses

A Isomérie des aldoses

Le plus simple des aldoses est le **glycéraldéhyde (GA), un aldotriose** de formule :



Les aldoses à nombre de **C ≥ 3** :

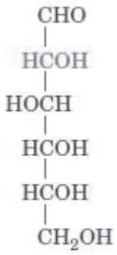
- Ont au moins un **C asymétrique**. Ils peuvent donc avoir différentes configurations dans l'espace : ce sont des **stéréo-isomères.**
- Peuvent être synthétisés à partir du **GA**. Il en résulte deux séries d'aldoses : les D-oses et les L-oses. Les aldoses naturels sont pour la plupart de la **série D**.

On parle de :

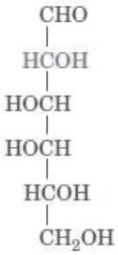
- **D-ose** (D : dextrogyre) si l'avant-dernier C a la configuration du D-GA (fonction -OH à droite en représentation de Fischer) ;
- **L-ose** (L : lévogyre) si l'avant-dernier C a la configuration du L-GA (fonction -OH à gauche en représentation de Fischer).

Si deux oses ont même formule brute mais une configuration au niveau d'un -OH qui n'est pas celui de l'avant-dernier C, on les appelle des **épimères.** Ex : **galactose** qui est l'épimère en C4 du **glucose**.

Formule du D-glucose :



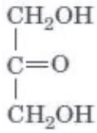
Formule du galactose :



B Isomérie des cétoses

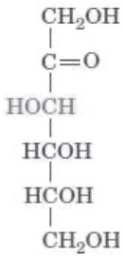
On note que :

- Le plus simple des cétoses est le **dihydroxyacétone (DHA)**, **un cétotriose** de formule :



- Les cétoses à nombre de C > 4 ont au moins un C asymétrique.
- Par analogie avec les aldoses, les cétoses appartiennent à la série D ou L selon la configuration du groupement -OH porté par l'avant-dernier C (n–1).
- Tous les cétoses connus à l'état naturel font partie de la **série D**.
- Le cétose le plus connu est le **fructose** (= cétohexose).

Formule du D-fructose :



III • Cyclisation des oses

Les oses à nombre de C > 4 ont une forte **tendance à se cycliser** par réaction entre le carbonyle (-C=O) et un -OH situé vers l'extrémité opposée. Ex :

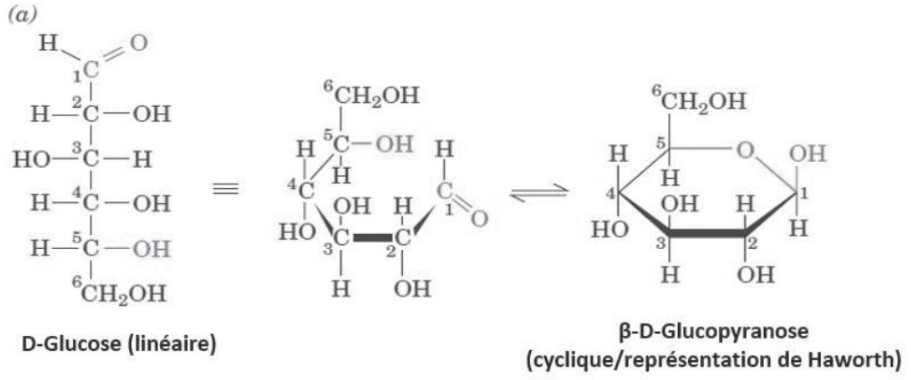
- La cyclisation du glucose entre C1 et C5 aboutit à une **forme hexagonale** qualifiée de **pyrane.** On parle de **D-Glucopyranose**.
- La cyclisation du fructose entre C2 et C5 aboutit à une **forme pentagonale** qualifiée de **furane.** On parle de **D-Fructofuranose**.

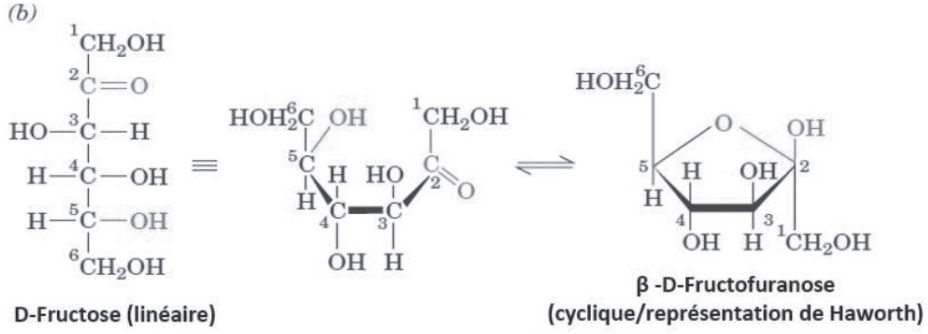
La forme linéaire est représentée selon **la règle de Fischer**, tandis que la forme cyclique est représentée selon la **règle de Haworth**.

Cette cyclisation entraîne l'apparition d'un **nouveau C asymétrique** : le C1 pour les aldoses et le C2 pour les cétoses. Ce C est appelé **C anomérique** car il permet à l'ose d'obtenir deux nouvelles configurations possibles en représentation de Haworth :

- **Anomère alpha** si le C anomérique présente son OH vers le bas,
- **Anomère bêta** si le C anomérique présente son OH vers le haut.

Cyclisation du glucose (a) et du fructose (b). ***Les chiffres à gauche des atomes correspondent à leur numérotation :***





IV • Les dérivés d'oses

Ce sont des composés qui possèdent une **structure analogue à celle des oses** mais qui présentent une ou plusieurs modifications. Parmi les dérivés d'oses les plus connus :

- Les **désoxyoses ;** dérivent des oses par **perte d'oxygène (O).** Exemple : le **D-2-Désoxyribose** où l'O du C2 du ribose est remplacé par un atome d'H.
- Les **acides uroniques** ; dérivent des oses par **oxydation de la fonction -OH primaire** en acide carboxylique (**-COOH**). Exemple : **acide glucuronique** qui dérive du glucose.
- Les **oses aminés (ou osamines) ;** dérivent des oses par remplacement d'une fonction -OH par une fonction amine. Ex : **D-2-Galactosamine**.
- Les **acides sialiques ;** ensemble de composés qui dérivent de **l'acide neuraminique** qui résulte lui-même de la condensation d'un mannosamine et d'un pyruvate. Ex : **acide N-acétyl-neuraminique (NANA),** notamment impliqué dans les interactions cellulaires.
- **Les polyols** ; dérivent de la réduction des aldoses et des cétoses. Ex : **le sorbitol** qui dérive du glucose, **le glycérol** qui dérive du glycéraldéhyde.

V • Propriétés chimiques des d'oses

- Les **oses sont hydrosolubles** de par leur richesse en groupements polaires hydrophiles (fonctions alcool -OH)
- Les oses ayant une fonction aldéhyde libre ou la fonction -OH du C anomérique libre (c'est-à-dire non impliquée dans une liaison), sont **réducteurs.** Cette propriété est mise en évidence par une réaction positive à la **liqueur de Fehling** (coloration **rouge brique**).
- Les oses sont capables de former des **esters phosphoriques** par réaction d'un de leur -OH (le plus souvent au niveau du C6) avec une molécule de phosphate (PO_4^{3-}). Ex : formation de glucose-6-phosphate.

Fiche 7

Les oligosides

Les oligosides sont composés de deux à dix oses liés par une **liaison osidique**. Ils sont **hydrosolubles** et **hydrolysables**. Les **oligosides** les plus fréquents sont des **diosides**.

I • Formation de la liaison osidique

Dans les oses cycliques, le -OH du C anomérique peut former une **liaison osidique** par réaction avec le -OH d'un autre ose (celui du C anomérique ou d'un autre C) ou avec le -OH d'une molécule non glucidique.

Illustration : [Ose]-OH + HO-[R] → [Ose]-**O**-[R] + H_2O

La liaison ainsi formée est appelée **liaison O-osidique**.

Le groupement -OH d'un ose peut également réagir avec la fonction amine (-NH_2) d'un osamine ou d'une glycoprotéine. Il se forme alors une **liaison N-osidique**.

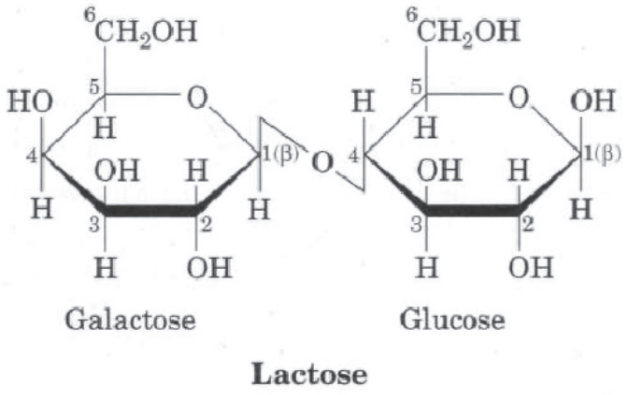
Illustration : [Ose]-OH + H_2N-[R] → [Ose]-**NH**-[R] + H_2O

II • Les principaux diosides

Les **diosides** résultent de l'assemblage de deux oses, identiques ou différents, unis par une liaison osidique. En biologie, les trois diosides d'importance sont le **lactose**, le **saccharose** et le **maltose,** formés de **deux hexoses liés :**

Nom (nomenclature)	Composition	Source	Glucide réducteur
Lactose (β-D-Galactopyranosyl (1-4) D-Glucopyranose)	Galactose + glucose	Lait (sucre du lait)	Oui
Fructose (α-D-Glucopyranosyl (1-2) β-D-Fructofuranoside)	Glucose + fructose	Betterave Canne à sucre (Sucre de table)	Non
Maltose (α-D-Glucopyranosyl (1-4) α-D-Glucopyranose)	Glucose + glucose	Malt (grains d'orge)	Oui

Formule du lactose :



Lactose

Fiche 8

Les polyosides

Les **polyosides** sont composés d'un grand nombre d'oses (> 10). Ils sont donc **hydrolysables**.

I • les polyosides homogènes

Les polyosides homogènes sont **composés d'un seul type d'ose.** Les plus connus sont l'amidon, le glycogène et la cellulose. Ce sont des **glucosanes**, c'est-à-dire composés uniquement de glucose.

A L'amidon

C'est la principale **réserve glucidique des cellules végétales**. L'amidon est un polymère de glucose formé de deux constituants en proportions variables :

- **L'amylose** : **structure hélicoïdale** formée d'un enchaînement de glucose (250 à 300) liés par des **liaisons α 1-4**.
- **L'amylopectine**, majoritaire (70 à 80 %), **structure ramifiée** formée d'une **chaîne principale** de glucose liés par des **liaisons α 1-4**, sur laquelle sont greffées des chaînes de 20 à 30 glucoses liés par des **liaisons α 1-4** (**ramifications**). Chaque ramification est liée à la chaîne principale par des **liaisons α 1-6**.

L'amidon est **insoluble dans l'eau froide**, il se solubilise à chaud, formant un liquide visqueux : **l'empois d'amidon**.

B Le glycogène

C'est la principale **réserve glucidique des cellules animales**. Le glycogène :

- Est localisé dans le **foie** et les **muscles** chez les vertébrés.
- Se présente **sous forme de granules cytoplasmiques** de 10 à 40 nm de diamètre, contenant jusqu'à 120 000 unités de glucose.
- A une structure **analogue à l'amylopectine** mais ses ramifications sont plus courtes (10 à 15 glucoses liés), plus nombreuses et sa masse moléculaire est plus élevée.

C La cellulose

C'est un constituant responsable de la **structure/rigidité de la paroi des cellules végétales**. La cellulose est un **polymère linéaire de glucose** (1 000 à 10 000) liés par des **liaisons β 1-4**.

Plusieurs chaînes de cellulose peuvent s'associer par liaisons H pour former une **structure compacte**, **insoluble dans l'eau** : la **microfibrille** de cellulose. L'empilement de ces microfibrilles forme la fibre de cellulose.

II • Les polyosides hétérogènes

Les **polyosides hétérogènes** sont des composés dont l'hydrolyse peut libérer non seulement différents **oses neutres**, mais également des **acides uroniques, des osamines…**

Nous retiendrons deux exemples : l'hémicellulose et les pectines.

A L'hémicellulose

L'**hémicellulose** est un composant de la paroi des cellules végétales dont il assure le pontage des fibres de cellulose.

La forme la plus connue (**xyloglucane**) est composée d'une chaîne principale de β-D Glucose associée à des ramifications contenant xylose, galactose et fucose.

B Les pectines

Les **pectines** sont un des constituants des parois des cellules végétales, en particulier au niveau des lamelles des végétaux. Leurs propriétés structurales leur permettent de former un réseau ou gel capable d'emmagasiner de l'eau.

Les pectines désignent un ensemble complexe de polymères glucidiques constitués :

- D'une **chaîne principale** formée d'un polymère d'**acide α-D galacturonique,** méthylés ou non, liés par des liaisons α 1-4 et contenant par endroits des **α-L Rhamnoses**.
- **Des ramifications** composées de divers oses (galactose, arabinose, etc.) et qui prennent naissance au niveau des rhamnoses de la chaîne principale.

III • Se préparer au BTS

▶ **Questions tirées de la session 2016 du BTS diététique**

L'amidon est un polyholoside composé de deux formes moléculaires.

Question 1.1.1. ***Définir le terme souligné et nommer les deux formes moléculaires en question.***

Question 1.1.2. ***Présenter ces deux formes moléculaires et écrire la structure chimique de chacune d'elles (on se limitera, dans chaque cas, à la représentation de l'enchaînement caractéristique de trois unités glucose).***

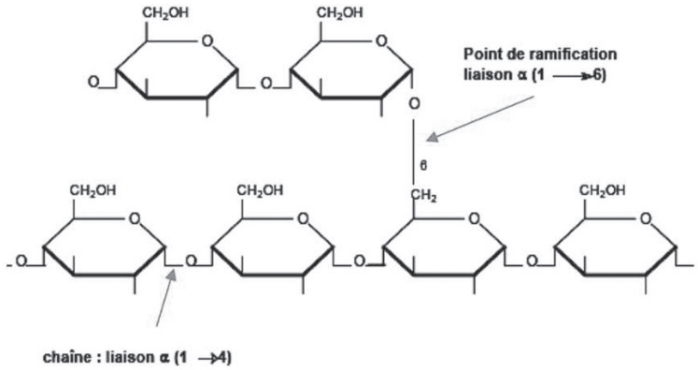
Correction

Question 1.1.1.

Polyholoside : oside composé d'un grand nombre d'oses (> 10).

Formes moléculaires de l'amidon : amylose et amylopectine.

Question 1.1.2.



Amylose : polymère linéaire de glucoses liés par des liaisons α 1-4 ; Amylopectine : polymère ramifié de glucoses, impliquant des liaisons α 1-4 (chaîne principale) et α 1-6 (pour les points de ramifications).

Fiche 9

Les hétérosides

Ils résultent de l'association d'un ose, ou d'un oside, avec un ou plusieurs groupements non glucidiques qualifié d'**aglycone**.

Exemples d'hétérosides :

- Les **glycolipides** des membranes plasmiques ;
- Les **protéoglycanes** (composant des tissus conjonctifs) : protéines liées à des **glycosaminoglycanes**, eux-mêmes constitués par des répétitions d'unités diosidiques telles que **l'acide hyaluronique** (= acide glucuronique – N AcétylGlucosamine) ;
- Les **glycoprotéines** : chaînes glucidiques courtes (20 oses environ) greffées en divers endroits d'une protéine (cas de la majorité des protéines plasmatiques) ;
- Certains antibiotiques comme la **streptomycine** ;
- Les **nucléotides**, constituants des **acides nucléiques (ADN et ARN)**, où ribose et désoxyribose sont liés à une base azotée (guanine, cytosine, etc.) ;
- **Le peptidoglycanne** de la paroi bactérienne : réseau de polyosides reliés par de petits peptides.

Fiche 10

Hydrolyse des osides

L'**hydrolyse** d'un oside est une réaction chimique qui consiste en la rupture d'une ou plusieurs de ses liaisons osidiques avec l'aide d'une molécule d'eau ;

L'hydrolyse peut être **totale ou partielle** selon le procédé utilisé ;

I • Hydrolyse totale des osides

L'**hydrolyse totale aboutit la libération de tous les oses** qui composent l'oside. Elle se fait par méthode chimique en **milieu acide (pH 1 à 2) et à chaud.**

C'est une méthode qui **permet de connaître la composition d'un oside**. Ex : l'hydrolyse acide de l'amidon ou du glycogène ne libère que du glucose.

II • Hydrolyse partielle des osides

L'hydrolyse partielle est surtout réalisée par des enzymes. On parle **d'hydrolyse enzymatique.**

C'est une méthode plus spécifique qui **permet de connaître la structure des oses engagés** dans une liaison osidique.

Les enzymes utilisées sont spécifiques :

- Du **type de liaison osidique**. Ex : α-osidase, spécifique de la liaison anomérique α ;
- **De l'ose engagé** dans la liaison osidique par son C anomérique. Ex : Glucosidase, fructosidase.

Exemples :

- Le maltose est hydrolysé par **l'alpha-glucosidase (= maltase)** ;
- Le lactose par la **bêta-galactosidase (= lactase)** ;
- Le saccharose peut être hydrolysé par deux enzymes : soit par **l'alpha-glucosidase**, soit par la **bêta-fructosidase (= saccharase = invertase = sucrase).**

Fiche 11

Définition, rôles et classification des lipides

Les lipides forment un groupe très hétérogène de composés, de structures très différentes, réunis selon leur propriété d'être **insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques** (éthanol, acétone, chloroforme, benzène…).

Cette propriété est liée à leur **richesse en groupements hydrophobes** (-CH_3, -CH_2-, -CH=CH-).

Les rôles des lipides dans l'organisme sont globalement au nombre de trois :

- Rôle **structural** avec les lipides qui composent les membranes cellulaires ;
- Rôle de **réserve énergétique** mobilisable ;
- Rôle de **précurseur de molécules biologiques d'intérêt.** Ex : stéroïde, vitamines liposolubles, prostaglandines.

Il est possible de classer les lipides en deux grandes catégories selon leur composition :

- Les **composés des acides gras (AG)** ;
- Les **composés de l'isoprène** (= **lipides isopréniques**) dont font partie les **stérols.**

Fiche 12

Les acides gras (AG)

Les AG :

- Sont des **acides carboxyliques aliphatiques** (= avec une longue chaîne hydrocarbonée).
- Peuvent être **insaturés ou saturés** selon respectivement qu'ils contiennent ou non des **doubles liaisons C=C** dans la chaîne carbonée.
- Ont généralement un nombre de carbones pair (de 4 à 40).
- Ne sont pas ramifiés.

I • Les acides gras saturés

A Formule générale

Formule générale (semi-développée) : CH_3-$(CH_2)_{(n-2)}$-COOH

avec n(nombre total de C) ≥ 2

B Nomenclature

Le nom systématique des AG vient du **nom de l'alcane correspondant** avec le **suffixe** ***-oïque*** qui remplace la lettre « **e** ». Ex : Butan**e** (CH_3-CH_2-CH_2-CH_3) et acide butan**oïque** (CH_3-CH_2-CH_2-COOH).

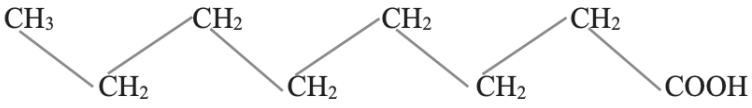
On symbolise les AG par la lettre **C**, suivie du nombre de carbones, et d'un « **:** » suivi du nombre de doubles liaisons. Ex : **C4 : 0** pour l'acide butanoïque

Les AG sont cependant le plus souvent appelés par leur nom usuel lié à leur origine. **Exemples :**

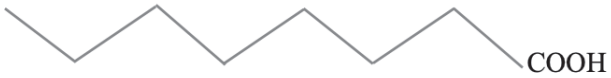
Symbole	Nom systématique	Nom usuel	Formule semi-développée
C12 : 0	Acide dodadécanoïque	Acide laurique	CH_3-$(CH_2)_{10}$-COOH
C14 : 0	Acide tétradécanoïque	Acide myristique	CH_3-$(CH_2)_{12}$-COOH
C16 : 0	Acide hexadécanoïque	Acide palmitique	CH_3-$(CH_2)_{14}$-COOH
C18 : 0	Acide octadécanoïque	Acide stéarique	CH_3-$(CH_2)_{16}$-COOH

En 3D, la chaîne de l'AG se dispose dans l'espace en formant des coudes.

Illustration :



Soit :



Les atomes de C peuvent pivoter par rapport à l'axe des liaisons qui les unissent, rendant la chaîne flexible.

II • Les acides gras insaturés (AGI)

A Formule générale

Les AGI :

- Possèdent une ou plusieurs doubles liaisons C=C sur la chaîne carbonée et sont respectivement **mono-insaturés (AGMI) ou poly-insaturés (AGPI)**.
- Ont leurs doubles liaisons séparées par trois atomes de C.

Les chaînes hydrocarbonées insaturées (…-CH_2-CH=CH-CH_2-…) ne peuvent plus pivoter au niveau de la double liaison qui forme un **coude rigide.**

B Nomenclature

Le nom systématique des AGI se décrit de la façon suivante :

acide *cis/trans-x-*(*radical*)*-ènoïque*.

Avec :

- **Cis/trans** : configuration de l'insaturation (les AGI naturels sont la plupart en configuration *cis*).
- **x** : position(s) de la ou des insaturation(s).
- **(radical)** : nombre de C.
- **-èn** : indique qu'ils dérivent des alcènes.
- -**oïque** : indique le caractère acide carboxylique.

De la même façon que les AGS, les AGI se distinguent par un nom systématique, qui tient compte de la composition de l'AGI, et un nom usuel :

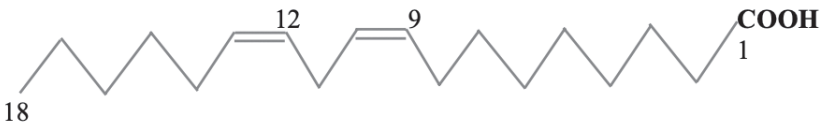
Symbole	Nom systématique	Nom usuel	Formule semi-développée
C18 : 1	Acide 9-octadécénoïque	Acide oléique	$CH_3(CH_2)_7CH=CH-(CH_2)_7COOH$
C18 : 2	Acide 9,12 octadécadiènoïque	Acide linoléique	$CH_3(CH_2)_4(CH=CH-CH_2)_2(CH_2)_6COOH$

Dans le cas des AGI, le nombre et la position des doubles liaisons peuvent être représentés de deux façons selon la considération du 1er carbone ;

- Soit en partant du carboxyle -COOH : nomenclature delta (Δ)
- Soit en partant du méthyl -CH_3 : nomenclature oméga (ω)

Exemple avec l'**acide linoléique** (18C et deux insaturations) :

$$CH_3\text{-}(CH_2)_4\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}(CH_2)_7\text{-}COOH$$



Soit deux écritures possibles :

- **C18 : 2 $\Delta^{9,12}$** → 18C, 2 insaturations dont la première en position 9 en partant du COOH (comme indiqué ci-dessus)
- **C18 : 2 ω^6** → 18C, 2 insaturations dont la première en position 6 en partant du CH_3

Les **acides linoléiques** (précurseurs de la famille des **ω6**) et **α-linolénique** (**ω3**) sont des **AG essentiels** qui doivent être fournis par l'alimentation.

Deux autres AGPI importants de la famille des ω3 dérivent de l'acide α-linolénique :

- L'**EPA** : acide eicosapentaénoïque = C20 : 5 $\Delta^{5,8,11,14,17}$
- Le **DHA** : acide docosahexaénoïque = C22 : 6 $\Delta^{4,7,10,13,16,19}$

Ces AGPI ainsi que l'**acide arachidonique** (C20 : 4 $\Delta^{5,8,11,14}$) sont les précurseurs de molécules biologiques d'importance (prostaglandines, leucotriènes).

III • Propriétés des acides gras

A Le point de fusion

Le **point de fusion** correspond à la température de passage de l'état solide à l'état liquide.

Les AGI ont un point de fusion plus bas que les AGS car le point de fusion augmente avec le nombre de C et diminue avec le taux d'insaturation.

À 20 °C, les AG à n = 10C sont solides ; ils sont liquides si n < 10C.

B Solubilité des AG

Les AG :

- Sont **amphiphiles** (hydrophiles par leur fonction -COOH, et hydrophobes par leur chaîne aliphatique CH_3-CH_2-…). La solubilité dans l'eau diminue avec le nombre de C (Ex : l'acide butyrique (C4 : 0) est soluble dans l'eau) ;
- Sont insolubles à partir de n > 10C. Les AG sont solubles dans les solvants organiques (acétone, éther, etc.).
- Forment des **structures feuilletées (films)** à l'interface air/eau, et des **structures micellaires** à l'interface huile/eau.

C Oxydation des AGI

L'**oxydation** des doubles liaisons des AGI par l'O_2 de l'air contribue au phénomène de **rancissement des graisses.** Celui-ci correspond à l'oxydation des AGI en acide butyrique et radicaux peroxydes puis, par rupture de la double liaison, à la libération d'aldéhydes responsables de l'odeur rance.

R-**CH=CH**-$(CH_2)_n$-COOH + 2**O_2** → R-**COOH** + **HOOC**-$(CH_2)_n$-COOH

D Hydrogénation des AGI

Elle correspond à l'addition de **dihydrogène H_2** (par catalyseur et à haute température) au niveau des doubles liaisons. Les liaisons C-C de l'AG deviennent alors saturées en H :

R-**CH=CH**-$(CH_2)_n$-COOH + **H_2** → R-**CH_2-CH_2**-(CH_2)n-COOH

Remarque : l'hydrogénation partielle permet de transformer des AGI *cis* en AGI *trans* ayant un point de fusion plus élevé, ce qui les rend plus solide à température ambiante (*cf.* fabrication des margarines).

E Transestérification des AG

Il s'agit de la réaction d'un ester sur un alcool pour donner un autre ester :

R-COO-R1 + HO-**R2** → R-COO-**R2** + HO-R1

Remarque : la transestérification de l'huile de colza par du méthanol permet d'obtenir un « carburant vert » composé de linoléate de méthyle.

IV • Se préparer au BTS

▶ Questions tirées de la session 2019 du BTS diététique

> Données extraites des 12es Journées Francophones de Nutrition, 10-12 décembre 2014.
> Le microbiote intestinal produit des métabolites particuliers à partir de **l'acide linoléique** (C18 : 2 $\Delta^{9,12}$) ou de **l'acide alpha linolénique** (C18 : 3 $\Delta^{9,12,15}$). Ces métabolites influeraient sur le métabolisme lipidique hépatique.

Question 2.4. ***Représenter la structure chimique (formule semi-développée) des deux acides gras soulignés.***

Correction

Question 2.4.

Acide linoléique : CH_3-$(CH_2)_4$-CH=CH-CH_2-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH

Acide alpha-linolénique : CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH- CH_2-CH=CH – $(CH_2)_7$-COOH

Fiche 13

Les glycérides ou acylglycérols

Les **glycérides, ou acylglycérols,** sont des esters d'AG et de glycérol. Ils forment des lipides de **réserve énergétique** qui constituent 90 % **des adipocytes** (cellules du tissu adipeux).

I • Structure des acylglycérols

Ils résultent de l'association (par estérification) entre une molécule de glycérol et un, deux ou trois acides gras pour former respectivement un **mono, di ou triacylglycérols (mono di ou triglycérides)** notés **MAG, DAG et TAG.**

Illustration de la synthèse d'un triacylglycérol :



II • Nomenclature

Un acylglycérol est **simple** si le glycérol n'est estérifié que par un seul type d'AG, il est **mixte** si le glycérol est estérifié par différents types d'AG.

Dans la nomenclature :

- Le suffixe *-ique* (ou *-ate*) des AG (nom usuel) est remplacé par *-yl* ;
- La position des AG sur les C du glycérol est désignée par 1, 2 ou 3.
- On ajoute « glycérol » à la fin pour désigner l'alcool estérifié.

Autre possibilité : les AG se terminent par -ate et glycérol est remplacé par « *de glycéryle* ». Exemples :

TG simple : trioléate de glycéryle (ou trioléyl glycérol)

TG mixte : 1-oléate 2-stéarate 3-oléate de glycéryle (ou 1-oleyl 2-stearyl 3-oleyl glycérol)

III • Propriétés des acylglycérols

A Le point de fusion

Le **point de fusion** (**Tf** ; cf. propriétés des AG) dépend ici des AG constitutifs des acylglycérols. Ainsi, les huiles sont liquides à 15 °C car riches en AGI, tandis que les beurres ont un Tf d'environ 25 °C du fait de leur abondance en AGS.

Dans les cellules (37 °C), les TAG sont à l'état liquide sous forme de **gouttelettes lipidiques.**

B Solubilité des TAG

Les TAG sont :

- Très **hydrophobes** et donc très insolubles dans l'eau car le caractère hydrophile des AG est engagé dans la liaison ester avec le glycérol.
- Solubles dans les solvants organiques (acétone, éthanol, éther, etc.). La solubilité varie selon les AG constitutifs des TAG.

Les TAG forment des **émulsions** instables dans l'eau (stabilisées par le savon ou encore les sels biliaires).

C Hydrolyse des TAG

L'hydrolyse des TAG conduit à la libération des AG et du glycérol qui constituent les TAG. Les MAG et DAG formés au cours de cette hydrolyse correspondent ici à des formes intermédiaires.

L'hydrolyse peut se faire :

En condition chimique (à chaud, sous pression et en présence de base ou d'acide). En milieu fortement alcalin (soude NaOH ou potasse KOH) et à chaud, l'hydrolyse des TAG conduit à la formation de **savons** (= sels alcalins d'AG). C'est la **saponification** :

TAG + KOH (à chaud) → 3 R-COO^-K^+ **(= savon**) + Glycérol

Par voie enzymatique grâce à des enzymes, les **lipases :**

- La **lipase pancréatique** (composante du suc pancréatique) catalyse l'hydrolyse des TAG alimentaires en MAG et 2 AG ;
- La **lipase hormono-sensible** catalyse l'hydrolyse des TAG du tissu adipeux en 3 AG + glycérol.

Fiche 14

Les glycérophospholipides

Les **glycérophospholipides** :

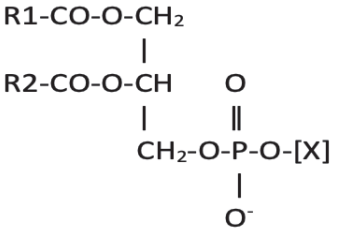
- Sont des **lipides complexes** contenant **N** et **P** en plus de C, H et O.
- Sont principalement **localisés au niveau des membranes cellulaires** (= **rôle structural).**

I • Structure et principaux groupes

Les **glycérophospholipides** dérivent de **l'acide phosphatidique** (= association **diacylglycérol** + **phosphate).**

Pour former les différents glycérophospholipides, l'acide phosphatidique est estérifié au niveau de son **phosphate** par un **alcool aminé** (**sérine, choline ou éthanolamine**), ceci afin de former les différents glycérophospholipides membranaires : **Phosphatidylsérine, Phosphatidyléthanolamine, Phosphatidylcholine**.

Formule générale d'un glycérophospholipide :



[X]-O : alcool aminé (sérine, choline, éthanolamine) / R1 et R2 : chaînes carbonées

II • Propriétés

Les **glycérophospholipides** sont des molécules amphiphiles. On retrouve ainsi :

- Une **tête hydrophile** (alcool aminé + phosphate).
- Une **queue hydrophobe** (deux chaînes d'acide gras liées au glycérol).

Les liaisons ester et ester-phosphate sont la cible d'enzymes appelées respectivement **estérases** et **phospho-estérases**.

Dans les **membranes cellulaires** (bicouche phospholipidique), les têtes hydrophiles sont orientées vers les milieux aqueux (intra et extracellulaire), tandis que les queues hydrophobes sont orientées vers l'intérieur de la membrane (interactions hydrophobes).

III • Cas particulier des lécithines

Les **lécithines** correspondent à la **phosphatidylcholine.** Ils constituent les **phospholipides majoritaires** des membranes cellulaires de nombreux tissus biologiques (tissu nerveux, foie, pancréas, soja, jaune d'œuf, etc.).

La partie « choline » est chargée positivement, tandis que le phosphate confère à la lécithine une charge négative.

Les lécithines sont :

- Des **tensio-actifs** qui, au contact de l'eau, se disposent soit en **bicouche** lipidique, soit en **micelle** (émulsion).
- Des composants de la **bile** où ils jouent un rôle dans l'émulsion des lipides alimentaires au cours de la digestion.
- Des composants du **surfactant pulmonaire** destiné à maintenir dilatées les parois alvéolaires.

Dans l'industrie agroalimentaire, les lécithines sont majoritairement extraites du soja et sont essentiellement utilisés comme **émulsifiants** (fabrication du chocolat, de pâtes à tartiner, etc.).

Fiche 15

Les stéroïdes et dérivés du cholestérol

Les **stéroïdes** sont des **lipides isopréniques**, c'est-à-dire qu'ils ont pour base structurale l'**isoprène** (hydrocarbure insaturé à 5 C).

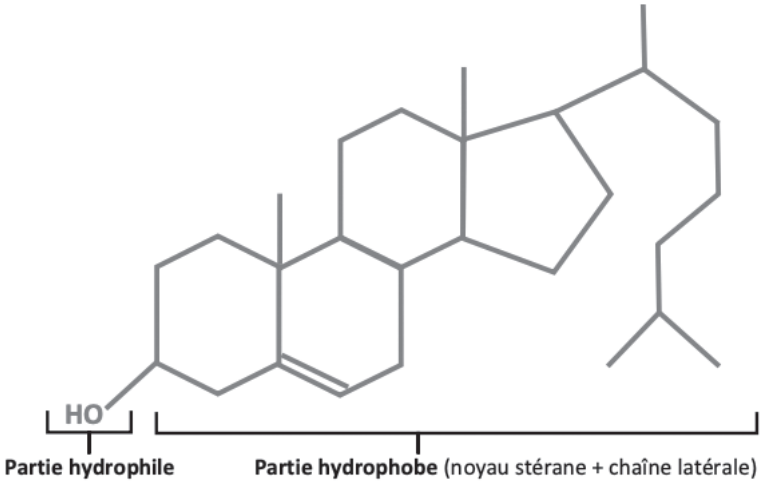
Ils forment un groupe de lipides qui dérivent des **triterpénoïdes** (qui résultent eux-mêmes de la condensation de six unités **isoprènes**, soit **30C** en tout) et sont caractérisés par une structure polycyclique : le **cyclopentanophénanthrène** (= **noyau stérane**) hydrophobe, partiellement ou totalement hydrogéné.

I • Les stérols et le cholestérol

Les stérols dérivent des stéroïdes et sont caractérisés par la **présence d'un groupement hydroxyle (–OH) sur le carbone C3**.

Le principal stérol d'origine animal est le **cholestérol (=** mono-alcool polycyclique et insaturé à 27C).

Formule (simplifiée) du cholestérol :



Le **cholestérol** est présent dans les membranes plasmiques. Il est totalement hydrophobe à l'exception de la **fonction -OH qui constitue un petit pôle hydrophile** et explique sa disposition dans les membranes (-OH étant orientée vers l'extérieur de la membrane).

La fonction -OH du cholestérol peut être estérifié par un AG pour former un **ester de cholestérol (stéride), totalement hydrophobe.**

II • Les dérivés du cholestérol

A Les acides biliaires

Les deux principaux sont les **acides choliques et désoxycholiques.**

Les acides biliaires :

- Sont des **produits de dégradation du cholestérol** et sa seule forme d'élimination.
- Sont synthétisés par **le foie** et éliminés dans la **bile** (1 % de la bile) sous forme de sels de sodium (= **sels biliaires**).
- Permettent **l'émulsion des lipides alimentaires** au niveau de l'intestin grêle, favorable à la dégradation enzymatique des lipides (par les lipases).

B Les calciférols ou vitamines D

Ce sont des vitamines liposolubles nécessaires à **l'homéostasie phosphocalcique** en assurant :

- L'absorption intestinale et la réabsorption rénale des ions Ca^{2+} et phosphates.
- La minéralisation osseuse (formation du cristal osseux à partir des ions Ca^{2+} et phosphates)

Les calciférols comprennent en particulier :

- **D_2 ergocalciférol (origine végétale)** ou **vitamine D2,**
- **D_3 cholécalciférol (origine animale)** ou **vitamine D3.**

La **vitamine D_3** dérive du « 7, déhydro-cholestérol » présent dans la peau. Les UV permettent la transformation de celui-ci en **cholécalciférol** (soleil, traitement UV) dont la forme active (**1,25 dihydroxy-cholécalciférol)** sera obtenue après passage au niveau du foie puis des reins.

C Les hormones stéroïdes ou stéroïdiennes

On retrouve deux catégories d'hormones stéroïdiennes :

- Les **hormones sexuelles** : œstrogènes C18 (dont œstradiol), androgènes C19 (dont la testostérone) et les progestagènes C21 (dont progestérone), toutes impliquées dans le développement des caractères sexuels primaires et secondaires.
- Les **hormones corticosurrénaliennes** (= corticostéroïdes), molécules en C21 comprenant les **glucocorticoïdes** (dont le cortisol) et les **minéralocorticoïdes** (aldostérone).

III • Se préparer au BTS

▶ **Questions tirées de la session 2020 du BTS diététique**

Chez le nouveau-né, le cholestérol est une molécule importante qui intervient dans le développement cérébral. Il est en outre **précurseur de nombreuses molécules dans l'organisme**. Le **document 4** donne la formule du cholestérol non estérifié.

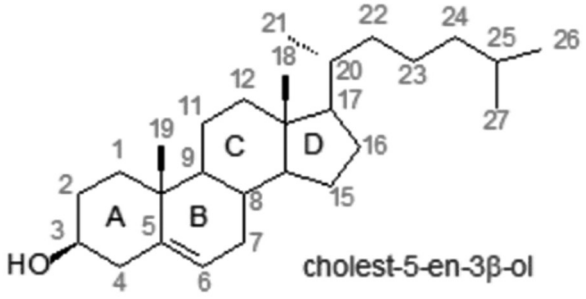
Question 1.2.5. ***À l'aide du* document 4*, justifier le caractère amphiphile du cholestérol non estérifié.***

Question 1.2.6. ***En déduire la conséquence structurale au niveau des membranes cellulaires (…).***

Question 1.2.7. ***Justifier l'affirmation soulignée en donnant au moins deux exemples.***

Document 4 : structure du cholestérol non estérifié

Source : https://www.lipidhome.co.uk/lipids/simple/cholest/index.htm



Correction

Question 1.2.5. La fonction alcool (-OH) est hydrophile, tandis que le reste de la molécule (cycles et chaîne latérale carbonés) est hydrophobe. Le cholestérol est donc amphiphile.

Question 1.2.6. Dans la membrane plasmique, la partie hydrophile (-OH) du cholestérol est orientée vers les faces externes de la membrane plastique, soit vers les milieux intra et extra-cellulaires (milieux aqueux), tandis que la partie hydrophobe est au contact des acides gras (queues hydrophobes des phospholipides).

Question 1.2.7. Exemples de molécules synthétisées à partir du cholestérol : Vitamine D, sels biliaires, hormones stéroïdiennes (hormones sexuelles, aldostérone, cortisol, etc.).

Fiche 16

Les vitamines liposolubles

Il s'agit des **vitamines A, D, E et K** appartenant au groupe des **lipides isopréniques**.

Si la vitamine D est proche des stéroïdes, on ne retrouve pas le noyau stérane dans les vitamines A, E et K. Ces dernières forment des **terpènes** ou substances partiellement isopréniques.

La vitamine D (cf. ***fiche 15***) est la seule vitamine synthétisée par l'organisme humain.

A La vitamine A

La **vitamine A** n'existe que dans le règne animal. Le **rétinol** constitue une des formes de la vitamine A. Il est issu **:**

- Du **carotène ou provitamine A** (origine végétale)
- Du **palmityl rétinol** (origine animale).

La **provitamine A** a elle-même un rôle **anti-oxydant** (neutralisation des radicaux libres).

Le **rétinol** peut avoir plusieurs fonctions selon son métabolisme :

- Rôle dans la **vision** si transformé en **rétinal** (composant des pigments rétiniens) ;
- Rôle au niveau **cutané** si transformé en **acide rétinoïque** (hydratation, synthèse de mélanine, cicatrisation, croissance, etc.).

B La vitamine E (ou tocophérol)

La **vitamine E** :

- Est **d'origine végétale** (huile de germes de céréales).
- Est un **antioxydant** qui freine le vieillissement cutané et assure la stabilité des structures cellulaires (protège les AGI dans les membranes cellulaires).
- Est également un facteur de fécondité et possède un rôle protecteur contre les maladies coronariennes.

C La vitamine K

La **vitamine K** est essentiellement produite par les **bactéries du microbiote intestinal** mais peut également provenir de l'alimentation.

Elle intervient essentiellement dans la synthèse des **protéines de la coagulation sanguine** par le foie. C'est donc une vitamine **antihémorragique**. Elle possède également un rôle dans le métabolisme osseux.

Il existe deux formes de la vitamine K :

- **Vitamine K1 :** Phylloquinone (origine végétale)
- **Vitamine K2 :** Ménaquinone (origine animale et microbienne).

Fiche 17

Les acides aminés

Les protides :

- Sont une famille de molécules regroupant les **acides aminés, les peptides et les protéines**, tous composés de **C, H, O, N** et parfois de **S**. On les qualifie pour cela de **molécules azotées**.
- Constituent 50 à 80 % du poids sec d'un organisme vivant.

Au niveau structural, peptides et protéines sont des **enchaînements d'acides aminés (AA).** On distingue :

- Les dipeptides : 2 AA liés
- Les oligopeptides : 2 à 10 AA liés
- Les polypeptides : 10 à 100 AA liés
- Les protéines : > 100 AA liés, soit un poids moléculaire supérieur à 10 000 g/mol

Au niveau fonctionnel, les peptides et les protéines sont le groupe de molécules dont les fonctions biologiques sont les plus variées :

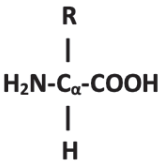
- Catalyse (enzyme),
- Communication (hormones : ocytocine, ADH, insuline, etc.)
- Défense immunitaire (anticorps)
- Transport sanguin (albumine, hémoglobine, etc.)
- Contraction musculaire (actine, myosine)
- Transports membranaires (canaux ioniques, pompes, etc.)
- Structure (collagène, kératine, etc.)
- Etc.

I • Structure et classification des acides aminés

A Formule générale d'un acide aminé

Un **AA** contient une **fonction amine** (-NH_2 ou -NH_3^+ selon le pH) et une **fonction acide carboxylique** (-COOH ou COO^- selon le pH), toutes deux liées à un **C central** (Cα).

Formule générale d'un acide aminé :



R (Radical) constitue la **chaîne latérale**, variable selon l'acide aminé.