

Activité 4.1 – Structure des acides α -aminés

Objectifs :

- ▶ Connaître la structure des acides aminés.
- ▶ Comprendre la notion de molécule énantiomère et de chiralité.
- ▶ Comprendre les différentes représentations des acides aminés.
- ▶ Comprendre le principe de la liaison peptidique.

Contexte : Un **acide aminé** est une molécule organique comportant à la fois une fonction acide carboxylique COOH et une fonction amine NH_2 .

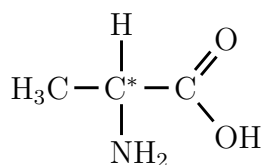
Les acides α -aminés sont les briques de bases des **protéines**, qui permettent à nos molécules de fonctionner.

→ **Quel est la structure des acides aminés et comment les représenter ?**

Document 1 – Les acides aminés

Un acide aminé est une molécule organique comportant un groupe carboxyle et un groupe amine.

On parle d'**acide α -aminé**, si les groupes **amine** et **carboxyle** sont porté par le même carbone, numéroté α .

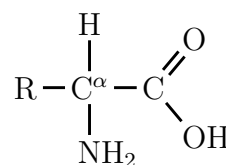


Molécule d'alanine

Ici **R** est une chaîne d'éléments appelée **résidu**.

Un **carbone asymétrique** est un carbone avec 4 liaisons simples, lié à quatre élément ou quatre groupements différents. On le note C^* .

Repérer les carbones asymétriques d'une molécule permet de déterminer si elle est **chirale**.



Exemple d'acide α -aminé

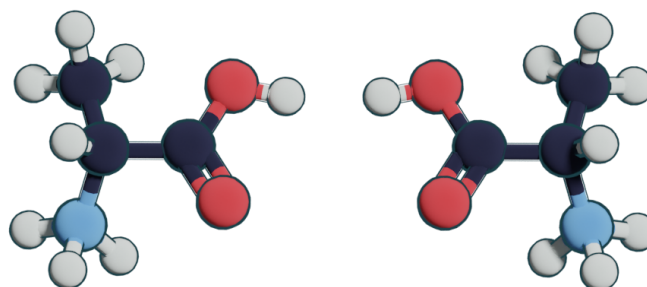
1 — Justifier que le carbone en α de l'alanine est bien asymétrique.

Document 2 – Chiralité et énantiomère

Une **molécule** est **chirale** si elle n'est pas superposable à son image dans un miroir. Une molécule est chirale si elle possède **au moins un carbone asymétrique**.

Si deux molécules sont images l'une de l'autre dans un miroir et ne sont pas superposables, alors ce sont des **énantiomères**.

On parle alors d'**isomérisme de configuration**.



↑ Molécules d'alanine et son image dans un miroir. Ces deux molécules ne sont pas superposables. Elles sont **énantiomères**.

2 – Donner des exemples d'objet chiraux dans la vie quotidienne.

Document 3 – Acides α -aminé produit par le vivant

Sur Terre, plus de 500 acides α -aminés sont produit naturellement, mais chez les eucaryotes, seuls 20 acides α -aminés sont utilisés et synthétisés. On parle d'acide α -aminé **protéino-gène** (« qui donne naissance aux protéines »). Les êtres humains peuvent synthétiser **11 acides aminés**.

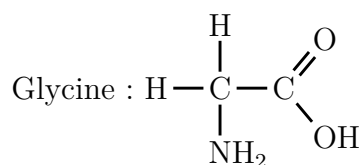
Les 9 acides α -aminés qui ne peuvent pas être synthétisé dans nos corps sont les acides aminés **essentiels**.

Isoleucine	Leucine	Méthionine	Valine
Ile	Leu	Met	Val

↑ Quelques acides aminés essentiels

 Entourer les carbones asymétriques dans les quatre exemples d'acide aminés essentiels donnés dans le document 3.

3 – La molécule de glycine est le seul acide α -aminé qui **n'est pas** chiral.




Expliquer pourquoi.

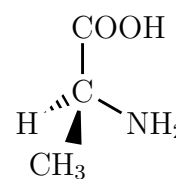
Le carbone fonctionnel de la glycine avec le groupe carboxyle et le groupe amine est lié à deux hydrogènes, et n'a donc que 3 groupes différents ce qui en fait un carbone symétrique. De même pour le carbone du groupe carboxyle. Comme la glycine n'a que des carbones symétriques, elle n'est pas chirale.

Document 4 – Représentation des acide aminés

Pour représenter en 2D des molécules 3D, on utilise la représentation de Cram en chimie et la représentation de Fischer en biologie.

Représentation de Cram : c'est une représentation en perspective avec trois conventions

- — liaison dans le plan ;
- liaison en arrière du plan (qui s'éloigne de nous) ;
-  liaison en avant du plan (qui s'approche de nous).



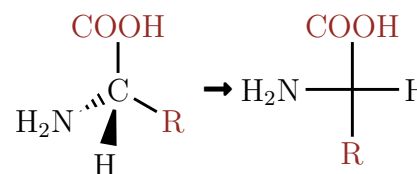
Cette représentation permet de distinguer deux formes énantiomères.

Représentation de Fischer : la molécule d'acide aminé est projetée dans le plan et représentée sous formes de croix, comme si on l'avait aplati

- l'atome de carbone C* asymétrique est celui sur lequel est centrée la représentation ;
- le groupe carboxyle COOH est placé au dessus du carbone asymétrique ;
- le résidu R est placé en dessous du carbone asymétrique ;
- H et le groupe amine NH₂ sont placés horizontalement, à droite ou à gauche du carbone asymétrique.

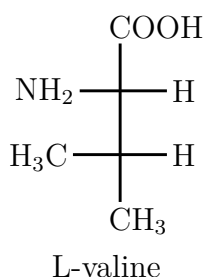
Il y a deux positions possibles pour le groupe amine.

- Si le groupe amine est à **gauche**, l'énantiomère est dit **énantiomère L**.
- Si le groupe amine est à **droite**, l'énantiomère est dit **énantiomère D**.



Dans le vivant, seuls les acides aminés de configuration L existent. Le nom des acides aminés sont précédés de la lettre L ou D.

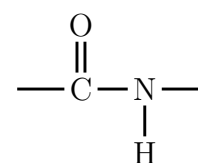
 Dans le vivant on trouve de la L-valine. Donner la représentation de Fischer de la D-valine.



Document 5 – Liaison peptidique

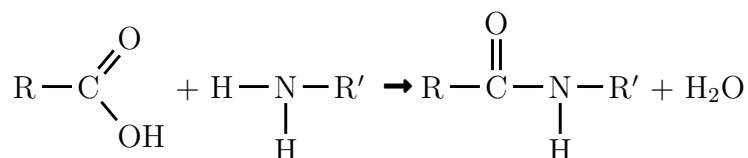
Pour former une protéine, il faut assembler des acides aminés entre eux avec des **liaisons peptidiques**.

La **liaison peptidique** est un groupe amide particulier. L'azote du groupe amide est monosubstitué, c'est-à-dire qu'il n'est relié qu'à un seul H.



↑ Liaison peptidique

Le groupe amide se forme au cours d'une réaction de **condensation** entre un acide carboxylique et un amine



Comme tous les acides aminés possèdent un **groupe amine** et un **groupe carboxyle**, cette réaction de condensation peut avoir lieu avec n'importe quelle paire d'acides aminés.

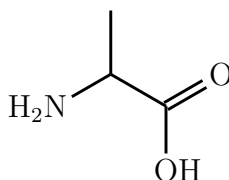
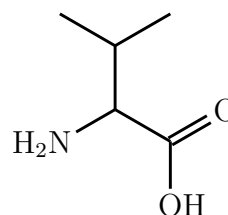
Un **dipeptide** est la molécule formée par deux acides aminés liés par une liaison peptidique. Pour nommer les **dipeptides** obtenus par réaction de condensation, on colle les abréviations des 2 acides aminés.

Dans un mélange **équimolaire** d'alanine et de valine, 4 dipeptides vont être formés, car chaque groupe amine peut réagir avec chaque groupe carboxyle : Ala-Val, Ala-Ala, Val-Ala et Val-Val.

À partir des dipeptides, on peut former des tri-, quadri-, etc. peptides. Quand la chaîne peptidique atteint un certain nombre d'acides aminés (plus d'une cinquantaine), on parle de **polypeptide** et si ce polypeptide remplit une fonction biologique, c'est une **protéine**.



Donner les formules topologiques de l'alanine et de la valine.



Donner les formules topologiques des dipeptides Val-Ala, Met-Ala et Val-Leu.

Document 6 – Acide α -aminés et alimentation

Les 9 acides α -aminés qui ne peuvent pas être synthétisés dans nos corps sont les acides aminés **essentiels**. Ils doivent être fournis par l'alimentation, en mangeant des protéines végétales ou animales.

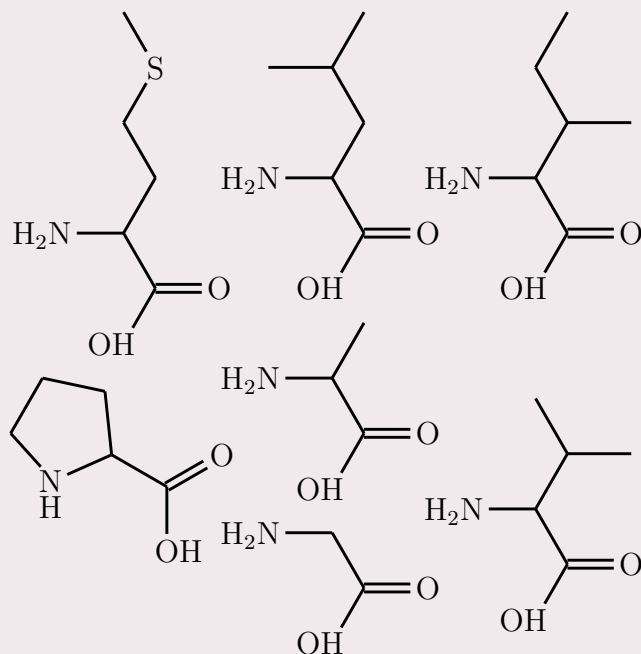
On parle de **protéines complètes** si l'aliment contient tous les acides α -aminés essentiels, comme le poulet, le saumon, le tempeh ou le tofu. La plupart des végétaux et certains produits animaux sont des **protéines incomplètes**, il faut donc les combiner pour avoir tous les acides α -aminés nécessaires au bon fonctionnement de notre corps.

Activité 4.2 – Les 20 acides alpha aminés protéinogènes

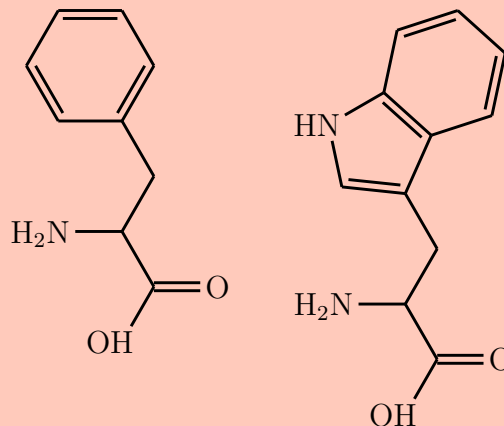
Document 1 – Les 20 acides α -aminés protéinogènes

On classe les acides alpha-aminés qui composent les protéines en fonction de leurs affinités avec les molécules d'eau, car ces déterminent pour la structure des protéines.

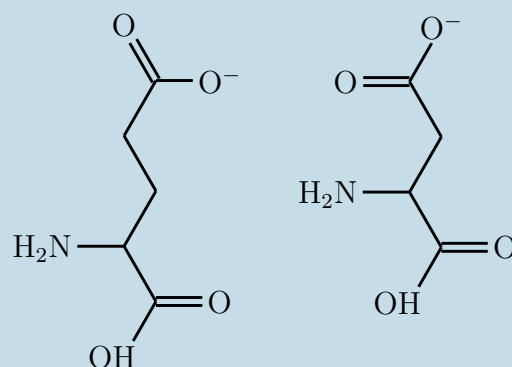
Apolaires



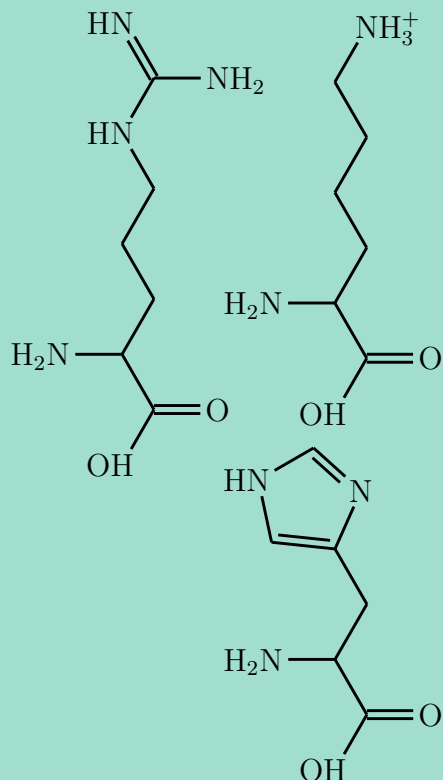
Apolaires aromatiques



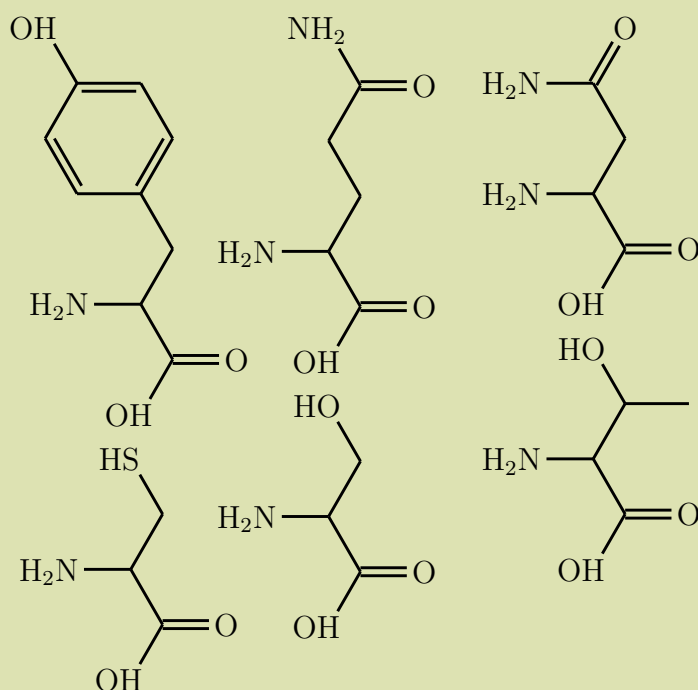
Chargés et polaires –





Chargés et polaires +



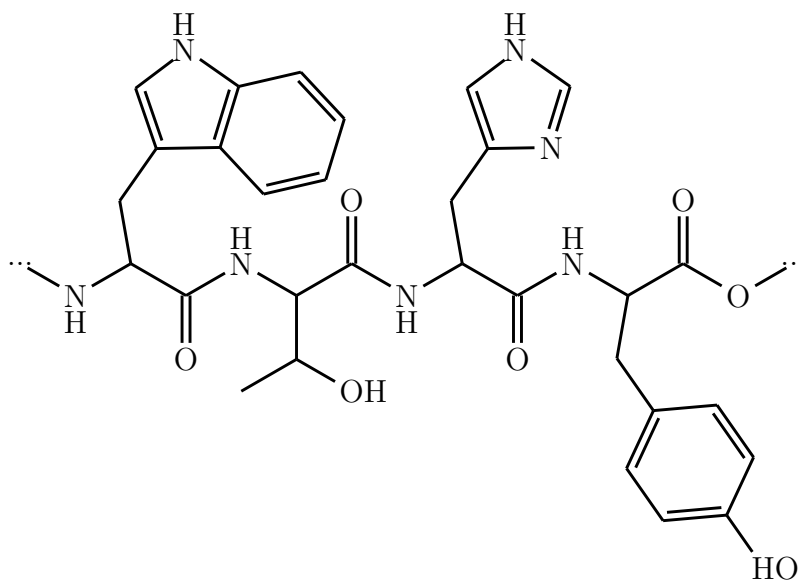
Polaires




-  Entourer tous les groupes carboxyles et amines des 20 acides α -aminés protéinogènes.
-  Indiquer avec une étoile la position des carbones asymétriques pour tous les acides α -aminés. Tous les acides α -aminés ont au moins un carbone asymétrique, sauf la glycine.

Document 2 – La tyrosinase

La tyrosinase est une enzyme qui permet de produire la mélanine. Dans cette protéine composée de 469 acides alpha-aminés, on trouve la séquence WTHY, ou Trp-Thr-His-Tyr, ou tryptophane-thréonine-histidine-tyrosine. Cette séquence est représentée ci-dessous :



-  Entourer les quatres acides alpha-aminés et les trois liaisons peptidiques dans la molécule de tyrosinase.

1 — En vous aidant du document 1, dire si ces quatres acides alpha-aminés sont hydrophobes ou hydrophiles.

2 — Justifier le caractère hydrophile ou hydrophobe de ces 4 acides alpha-aminés à partir de leurs formules topologiques.

Activité 4.3 – Structure des protéines

Objectifs :

- ▶ Comprendre la structure tridimensionnelles des protéines.
- ▶ Comprendre les actions biologiques des protéines.

Contexte : Les protéines sont des molécules complexes dont la structure tridimensionnelle unique leur donne des propriétés biologiques particulières.

→ **Comment la structure tridimensionnelle des protéines influence leur propriétés biologiques ?**

Document 1 – Structures des protéines

Un **polypeptide** est une chaîne d'acides α -aminés. Une **protéine** est une **macromolécule** composée d'un ou plusieurs **polypeptides repliés**. C'est la géométrie tridimensionnelle de la protéine qui lui donne ses propriétés particulière.

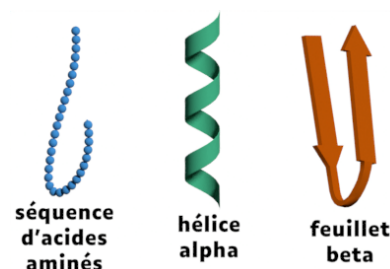


Une des plus petites protéine du corps humain est **l'insuline**, avec deux chaînes de 51 acides α -aminés. La plus grande protéine du corps humain est la **titine**, avec plus de 34 000 acides α -aminés. On peut décomposer la structure des protéines en quatre échelles :

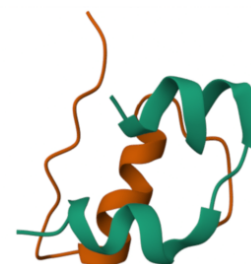
Structure primaire : séquence d'acides aminés qui compose la protéine, elle est codé dans de l'ADN.



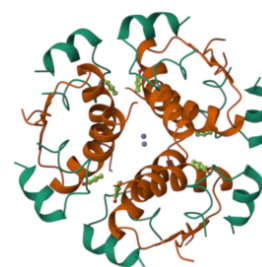
Structure secondaire : enroulement local des chaînes peptidiques à causes des interactions électrostatiques entre les acides aminés. Deux structures particulières se retrouvent fréquemment dans les protéines, les hélices alpha et les feuillets bêtas. Ces structures ont donc des représentations particulières dites en « ruban » pour faciliter leur visualisation dans la structure complexe d'une protéine.



Structure tertiaire : repliement tridimensionnel de la protéine en une structure compacte avec une géométrie unique qui lui donne ses propriétés biologiques. Cette géométrie est lié au interaction électrostatique entre les acides aminés et aux molécules d'eau qui entourent la protéine.



Structure quaternaire : assemblage de plusieurs protéines pour former une nouvelle protéine plus efficace ou pour en faciliter le transport dans l'organisme ou au sein d'une cellule.



Document 2 – Production des protéines

Les protéines sont produites dans les cellules avec l'information génétique contenue dans **l'ADN**.



Pour produire une protéine, l'information génétique est transmise par les **ARN messagers** aux **ribosomes**. Les ribosomes assemblent les acides α -aminés pour former des **peptides** en lisant les différents **codons** stockés dans la séquence nucléotidique de l'ARNm. Ces peptides sont ensuite **repliés** et assemblés dans la cellule pour leur donner leur structure tertiaire (ou quaternaire) et en faire une protéine fonctionnelle, avec les bonnes propriétés biologiques. Un mauvais repliement des peptides engendre des protéines inactive ou dysfonctionnelle, ce qui peut être dangereux pour l'organisme.

La structure tertiaire peut aussi être détruite, en modifiant le pH, avec une oxydation ou en augmentant la température, ce qui rend inactive la protéine : on parle de **dénaturation**.

Document 3 – Rôle des protéines dans l'organisme

Les protéines sont souvent spécialisées pour remplir un rôle biologique et assurent le bon fonctionnement de notre organisme. On trouve ainsi des :

- protéines **structurelles**, pour assurer la cohésion de certains tissus (kératine pour les ongles ou les cheveux, collagène pour la peau, titine dans les muscles) ou des cellules en formant leur cytosquelette ;
- protéines **transporteuses**, pour assurer le transfert de molécule dans et en dehors des cellules (hémoglobine qui transporte le dioxygène) ;
- protéines **régulatrices**, pour régler l'activité d'autres protéines ou pour contrôler l'expression des gènes ;
- protéines **de signalisation**, qui captent des signaux extérieurs pour les transmettre dans l'organisme ou dans une cellule, comme les protéines hormonales qui assurent la communication entre différentes parties du corps (insuline produite par les reins pour réguler les glucides dans le sang) ;
- protéines **réceptrices**, pour détecter les molécules ou les protéines envoyées par les autres cellules et agir en conséquence. On distingue
 - les **protéines sensorielles**, qui détectent les signaux environnementaux (lumière, température, etc.) et répondent en émettant d'autres signaux dans la cellule ;
 - et les **récepteurs d'hormones**, qui détectent les hormones et entraînent une action de la cellule (la détection d'insuline entraîne l'absorption du glucose) ;
- protéines **motrices**, pour permettre à certaines parties du corps de bouger (l'actine et la myosine permettent au muscle de se contracter) ;
- protéines **de stockage**, pour stocker des acides aminés et permettre la biosynthèse d'autres protéines (l'ovalbumine dans le blanc d'œuf permet le développement des embryons de poulet) ;
- protéines **enzymatiques**, pour modifier la vitesse de presque toutes les réactions chimiques qui ont lieu dans la cellule.

1 — Donner la fonction biologique de la kératine, de la myosine et de l'hémoglobine.

Activité 4.4 – Les vitamines

Objectifs :

- ▶ Connaître la définition de « hydrosoluble » et « liposoluble ».
- ▶ Relier les quantités des besoins journaliers en vitamine avec leur caractère hydrosoluble.
- ▶ Savoir analyser la structure des vitamines A, C et D pour déterminer leur caractère lipo- ou hydrosoluble.

Contexte : Contrairement aux glucides, lipides et protéines, les vitamines n'ont pas une structure commune qui permet de les distinguer d'autres molécules. Les vitamines sont simplement des molécules essentielles au bon fonctionnement du corps humain et qui ne peuvent pas être synthétisée par un organisme humain.

→ **Comment la solubilité des vitamines influence les besoins journaliers de chaque vitamine ?**

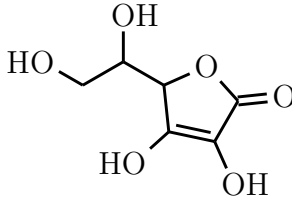
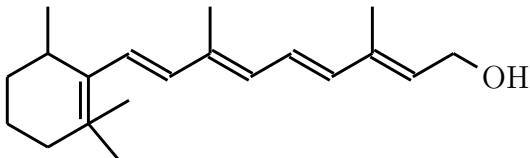
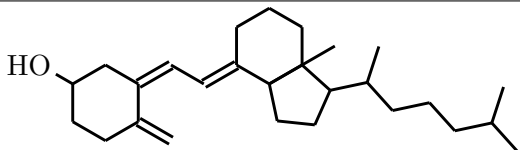
Document 1 – Molécule hydrosoluble et liposoluble

Une molécule est **hydrosoluble** si elle est soluble dans l'eau. Une molécule est hydrosoluble si elle possède plusieurs **liaisons polaires**.

Pour une molécule organique, les groupes hydroxyle O—H sont des liaisons polaires. Une molécule organique qui possède plusieurs groupe hydroxyle sera donc hydrosoluble, car elle va former plusieurs liaisons hydrogène avec l'eau et sera très soluble dans l'eau.

Une molécule est **liposoluble** si elle **n'est pas hydrosoluble**.

Document 2 – Structure des vitamines A, C et D

Solubilité	Vita.	Nom	Besoin journalier	Formule topologique
Hydrosoluble	C	Acide ascorbique	110 mg/jour	
Liposoluble	A	Rétinol	0,750 mg/jour	
	D	Cholécalciférol	0,015 mg/jour	

Document 3 – Source et stockage des vitamines dans l'organisme

Les vitamines liposolubles se trouvent principalement dans les aliments riches en matière grasse et sont stockées dans les tissus adipeux et le foie.

Les vitamines hydrosolubles se trouvent dans de nombreux aliments et ne sont pas stockées dans l'organisme. Tout excédent en vitamine hydrosoluble est évacuée par les urines ou la sueur.

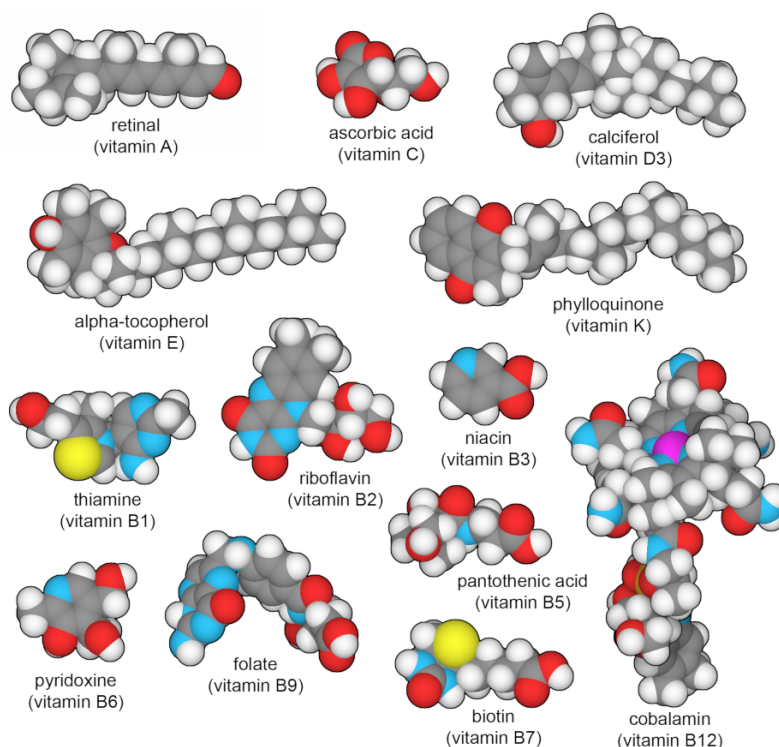
Toutes les vitamines sont **essentielles** au bon fonctionnement de notre corps. Avoir une carence en vitamine peut mener à la formation de maladies graves, voire à la mort.

Pour avoir des apports suffisants en vitamines, il faut avoir une alimentation variée et riche en fruit et légumes frais. Dans certaines situation, des vitamines peuvent être prescrite par un-e médecin.

1 – En comparant les structures moléculaires des vitamines A, C et D, justifier leur caractère hydrosoluble ou liposoluble.

2 – Expliquer pourquoi les besoins journalier en vitamine C sont beaucoup plus important que pour les vitamines A et D.

Document 4 – Quelques vitamines communes



Activité 4.5 – Lipides et alimentation

Objectifs :

- ▶ Revoir la structure des acides gras et des triglycérides.
- ▶ Comprendre l'impact du cholestérol sur l'organisme.

Contexte : Les lipides que l'on trouve dans les végétaux ou dans certains poissons sont indispensables pour être en bonne santé, tandis que ceux venant des animaux sont en général néfastes.

→ **Comment la structure des lipides influence-t-elle sur la santé ?**

Document 1 – Acides gras et triglycérides

La majorité des lipides naturels sont des **triglycérides**.

Un **triglycéride** est un triester du glycérol avec trois acides gras.

Les **acides gras** sont des acides carboxyliques possédant une longue chaîne carbonée, saturée ou insaturée.

Un acide gras est **insaturé** si sa chaîne carbonée comporte une double liaison carbone-carbone $C=C$.

Un acide gras **saturé** a toujours une formule brute de la forme $C_nH_{2n}O_2$.

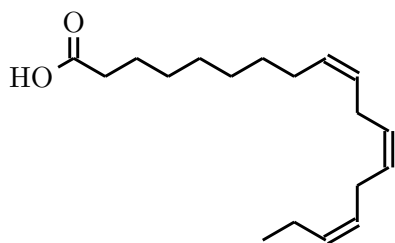
Document 2 – Acides gras et santé

Le **point de fumée** est la température à partir de laquelle les matière grasse vont commencer à émettre de la fumée. Chauffer une huile ou une graisse au-delà de son point de fumée entraîne la décomposition des acides gras qu'elle contient et l'apparition de composés toxiques ou cancérogènes.

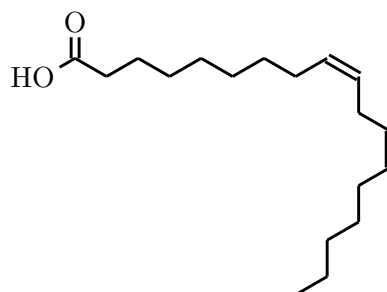
⚠ Le point de fumée dépend de l'origine de la matière grasse et augmente si elle est raffinée.

Matière grasse	Point de fumée en °C
Huile de tournesol	107
Huile d'olive	191
Huile de noix	160
Huile de colza	107
Huile de sésame	177
Beurre	130

Pour rester en bonne santé, il faut **réduire au maximum** la consommation de matières grasses issus de viande de mammifère et **préférer les huiles végétales ou issues des poissons**, riches en oméga-3 et oméga-6.



Acide alpha-linolénique, un oméga-3.



Acide linoléique, un oméga-6.

Acide alpha-linolénique se trouve dans les noix, le colza ou le soja. L'acide linoléique se trouve dans le colza, le tournesol ou les arachides.

On parle « d'oméga-3 » ou « d'oméga-6 », car le dernier carbone de la chaîne est appelée oméga et qu'on compte à combien de carbone se trouve la première double liaison carbone-carbone.

- 1 — Parmi les matières grasses dont le point de fumée est présentée document 2, lesquelles conseilleraient vous pour de la friture ($T > 140^{\circ}\text{C}$) ?

Document 3 – Le cholestérol

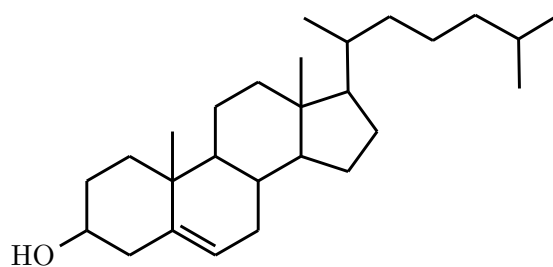
Le cholestérol est un lipide de la famille des **stérols**, ce n'est pas un triglycéride.

Le cholestérol est une molécule **amphiphile** : elle possède une partie **hydrophobe** et une partie **hydrophile**.

La formule brute du cholestérol est $\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}$.

Le cholestérol vient en partie de notre alimentation si on mange de la viande, mais la majeure partie est produite par le foie. Le cholestérol remplit plusieurs fonctions vitales :

- constitution des membranes cellulaires ;
- précurseur de la vitamine D ;
- ingrédient pour la bile ;
- précurseurs de nombreuses hormones...



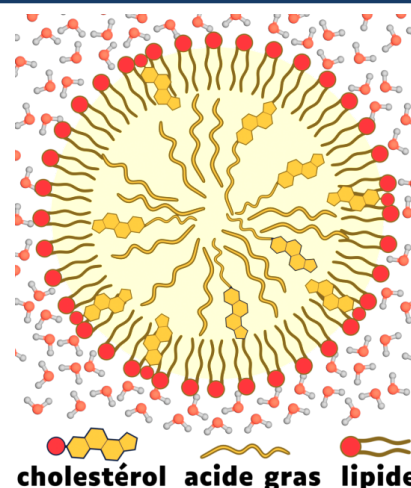
↑ Représentation topologique de la molécule de cholestérol

Document 4 – Cholestérol et lipoprotéines

Comme tous les lipides, le cholestérol n'est pas soluble dans le sang. Il est transporté par deux type de **lipoprotéines** :

- les **Low Density Lipoprotein (LDL)** qui le transportent du foie vers les cellules ;
- les **High Density Lipoprotein (HDL)** qui le transportent des artères vers le foie.

Quand la quantité de cholestérol transporté est trop importante, tous le cholestérol ne sera pas consommé par les cellules et les lipoprotéines de basse densité (LDL) vont alors rester dans le sang. S'il y a une trop grande concentration de LDL dans le sang, cela augmente les risques **d'accidents cardiovasculaires** : les LDL en surplus vont se déposer sur les parois des artères et former des **plaques d'athéromes**, ce qui diminue le diamètre des artères et perturbe la circulation sanguine. Pour diminuer la quantité de LDL dans le sang, il faut limiter la consommation de certaines graisses saturées et de cholestérol.



↑ Schéma d'une lipoprotéine contenant du cholestérol et des acides gras, entourée de molécules d'eau

- 2 — Expliquer pourquoi il faut des lipoprotéines pour transporter le cholestérol dans le sang.

Le cholestérol est une molécule liposoluble qui ne se mélange pas avec l'eau. Comme le sang est une solution aqueuse, le cholestérol ne peut pas se mélanger avec et il doit être transporté par une protéine.

✂️ Entourer la partie hydrophile et la partie hydrophobe du cholestérol dans les doc. 3 et 4.

TP 4.1 – Saponification d'une matière grasse

Objectifs :

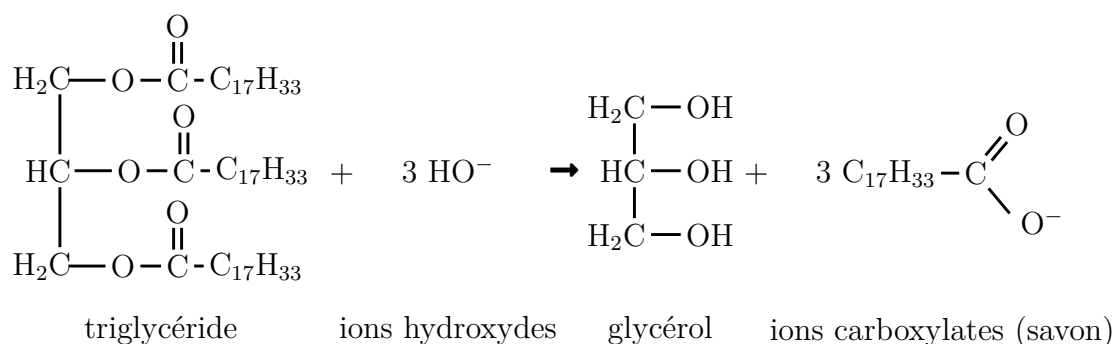
- ▶ Comprendre la réaction de saponification.
- ▶ Calculer le rendement d'une réaction de saponification.

Contexte : En ajoutant une base forte comme la soude dans une matière grasse, on peut transformer la matière grasse en savon, c'est la **saponification**.

→ Quelle réaction décrit la formation d'un savon à partir d'une matière grasse ?

Document 1 – Réaction de saponification

La **saponification** est l'hydrolyse d'un triglycéride en **milieu basique**. Cette réaction va transformer le triester en glycérol et en 3 ions carboxylate.



Les ions carboxylate $\text{R}-\text{CO}_2^-$ sont **amphiphile** : ils possèdent une tête ionique hydrophile et une chaîne carbonée hydrophobe.

Grâce à leur caractère amphiphile, les ions carboxylate vont venir se placer à l'interface entre les matière grasse et l'eau, ce qui permet d'enlever les résidus gras et en fait de bon détergents.

Document 2 – Réalisation pratique

En pratique on réalise du savon en mélangeant une **base forte** avec une **matière grasse** et en chauffant à reflux. Le **chauffage à reflux** a deux intérêts :

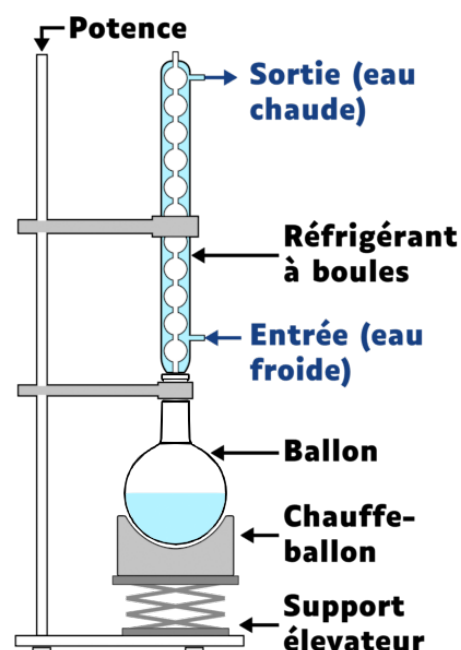
- chauffer le milieu réactionnel pour accélérer la réaction de saponification ;
- ne pas perdre de matière en condensant les vapeurs qui s'échappent du ballon avec le réfrigérant.

Le plus souvent on utilise de la soude NaOH ou de la potasse KOH comme base forte.

D'après la réaction de saponification du document 1, pour 1 mole de triglycéride, on produira 3 moles de savon, soit

$$n_{\text{savon}} = 3 \times n_{\text{triglycéride}}$$

En pratique la réaction n'est pas totale et on perd un



peu de matière avec le chauffage au cours de la réaction, on a donc un **rendement** η (« eta ») inférieur à 100 %. On calcule le rendement en divisant la quantité de matière obtenue sur celle attendue, ou de manière équivalente avec les masses :

$$\eta = \frac{n_{\text{savon obtenu}}}{n_{\text{savon théorique}}} \quad \text{ou} \quad \eta = \frac{m_{\text{savon obtenu}}}{m_{\text{savon théorique}}}$$

Document 3 – Savon de Marseille et huile d'olive

Le savon de Marseille est fabriquée à partir d'huile d'olive historiquement.

On va considérer que l'huile d'olive est constituée à 70 % en masse de trioléine, un acide gras composé de trois acides oléique.

La masse molaire de la trioléine est $M = 884 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1 — Expliquer pourquoi on utilise un chauffage à reflux, au lieu de laisser les vapeurs s'échapper du ballon.

2 — On introduit 10 g d'huile d'olive dans un ballon. Calculer la masse de trioléine m_o introduite dans le ballon.

3 — Calculer la quantité de matière de trioléine n_o introduite dans le ballon.

4 — Calculer la quantité de matière de savon n_{savon} que l'on s'attendrait à produire avec la réaction de saponification de la trioléine.

5 — Expérimentalement, on obtient une quantité de matière de savon $n_{\text{exp}} = 1,9 \times 10^{-2} \text{ mol}$. Calculer le rendement η de cette réaction.

6 — Proposer une hypothèse qui expliquerait pourquoi le rendement n'est pas de 100 %.

Activité 4.6 – Additifs alimentaires et arômes

Objectifs :

- Comprendre l'intérêt et les défauts des additifs alimentaires.

Contexte : Les additifs alimentaires sont ajoutés dans les aliments industriels pour les améliorer (arôme, texture, couleur, etc.) ou pour mieux les conserver. Ils sont utilisés massivement par l'industrie agro-alimentaire pour créer des produits appétissants et qui se conservent longtemps.

→ Quelles sont les différents types d'additifs alimentaires ?

Document 1 – Les additifs alimentaires

Les **additifs alimentaires** sont des produits ajoutés volontairement et en faible quantité dans un aliment pour remplir une fonction précise. En Europe, il existe une liste d'additifs alimentaires autorisés et ils doivent obligatoirement être indiqué sur les étiquettes des aliments qui en contiennent.

Les additifs autorisés sont codés avec 4 symboles qui commencent par « E » en Europe et dont le chiffre suivant indique le type d'additifs. Ils se décomposent en 4 grands groupes :

- les **colorants** codés **E1** ;
- les **conservateurs** codés **E2** ;
- les **antioxydants** codés **E3** ;
- les **agents de texture** codés **E4**.

Comme la liste des additifs autorisés est régulièrement mise à jour, certains additifs ne respectent pas ce code.

Certains additifs possèdent une Dose Journalière Admissible (DJA) ou une Dose Journalière Tolérable (DJT), il faut donc faire attention à ne pas consommer trop de produits qui en contiennent. Il est important de noter qu'un aliment vendu ne peut pas dépasser la DJA ou la DJT des additifs qu'il contient, mais la quantité d'additifs n'est pas indiquée sur l'étiquette. Il est donc difficile de savoir si on dépasse la DJA ou la DJT d'un additif en mangeant plusieurs aliments qui en contiennent...

Additif	Nom	Propriétés
E100	Curcumine	Colorant, pigment du curcuma
E220-8	Sulfites	Conservateur. DJA = $0,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
E320	BHA	Antioxydant. DJA = $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
E330	Acide citrique	Antioxydant
E450i	Diphosphate disodique	Émulsifiant. DJA = $70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
E461	Méthylcellulose	Stabilisant, épaississant
E471	Mono et diglycérides d'acide gras	Émulsifiant
E1403	Amidon transformé	Stabilisant, émulsifiant, liant, épaississant

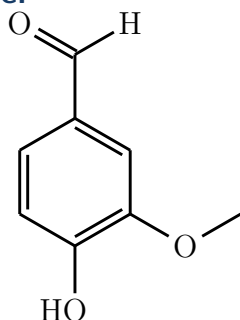
↑ Quelques additifs alimentaires.

Document 2 – L'arôme de vanille

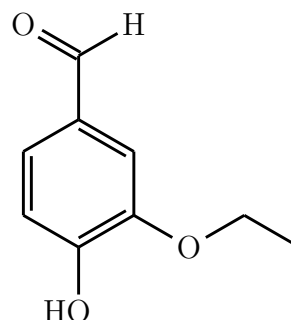
Les arômes naturels sont un mélange de molécules aromatiques. C'est ce mélange de molécules qui donnent aux aliments leur goût et leur odeur, même si une molécule est souvent majoritaire dans le mélange. Pour la vanille, l'arôme majoritaire est la **vanilline**. On peut donc donner à un aliment un arôme similaire à la vanille en y ajoutant de la vanilline.

La production mondiale de vanille ne suit pas les demandes des industriels alimentaires : on extrait à peine 50 tonnes de vanillines naturelles, alors qu'on en consomme plusieurs milliers de

tonnes. Pour répondre à cette demande, on peut synthétiser la vanilline de manière artificielle, ou on peut synthétiser une molécule similaire, mais avec un pouvoir aromatisant 5 fois plus puissant : **l'éthylvanilline**.



Vanilline, extraite depuis 1854, synthétisée depuis 1874.



Éthylvanilline, synthétisée depuis 1930.

On dit que l'éthylvanilline est un **arôme artificiel**, cette molécule donne les même sensation que la molécule naturelle de vanilline.

La vanilline synthétisée est un **arôme synthétique**, elle ne vient pas d'une plante, mais la molécule est identique à celle trouvée naturellement.

On notera qu'utiliser un arôme synthétique peut être plus écologique que d'utiliser sa version naturelle, si l'exploitation des ressources naturelles est trop intense et si la synthèse est peu coûteuse en matières premières.

Arôme	Origine	Coût
Vanilline	Naturelle	~12 500 euro le kg
	Synthétique	~10 euro le kg
Éthylvanilline	Artificielle	~10 euro le kg

1 — Entourer et nommer les fonctions organiques présentes dans les molécules de vanilline et d'éthylvanilline.

2 — Donner au moins 2 raisons pour préférer l'utilisation d'arômes synthétiques.

3 — Expliquer pourquoi l'éthylvanilline est moins cher à l'usage que la vanilline synthétique.