

I. LES MACROMOLECULES

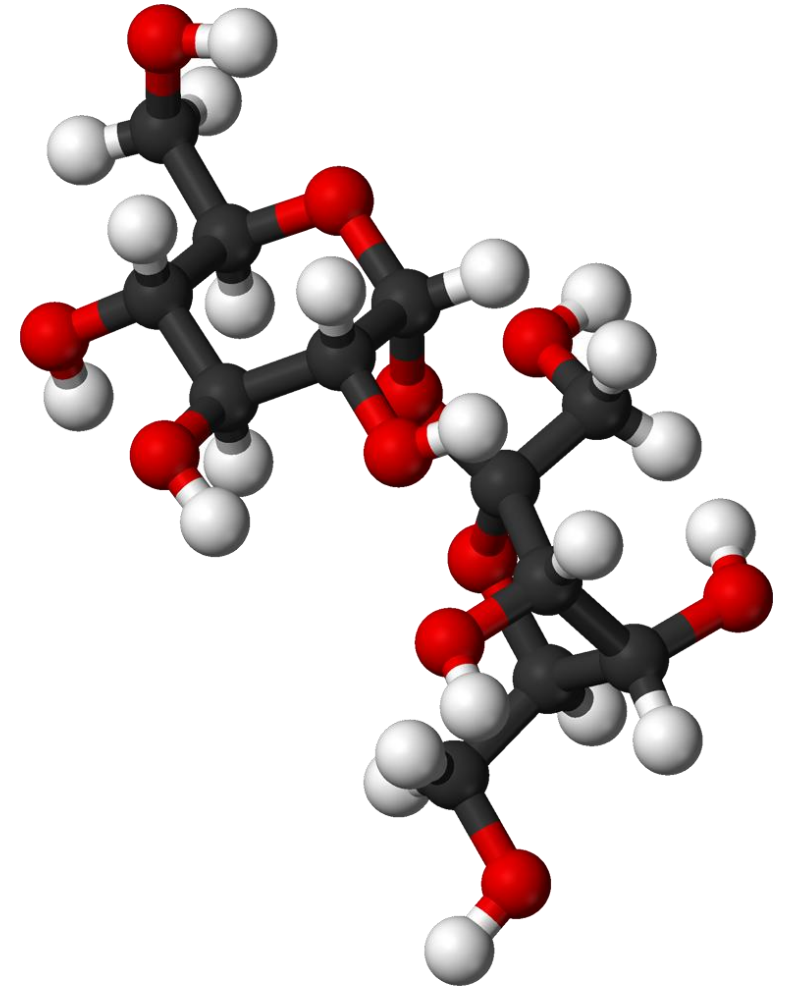
1. La synthèse et la dégradation des polymères
2. La diversité des polymères

II. LES GLUCIDES

1. Les monosaccharides
2. Les disaccharides
3. Les polysaccharides
 - a. Les polysaccharides de réserve
 - b. Les polysaccharides structuraux

III. LES LIPIDES

1. Les triglycérides
2. Les phosphoglycérolipides
3. Les stéroïdes



Les molécules de la vie (ou biomolécules)

Définition :

« Une biomolécule est une molécule qui participe au métabolisme et à l'entretien d'un organisme vivant, par exemple les glucides, les lipides, les protéines, l'eau et les acides nucléiques. On parle aussi de biomolécules pour des molécules identiques à celles trouvées dans le vivant, mais obtenues par d'autres moyens, par exemple dans les conditions qui prévalent dans l'espace (thème de l'exobiologie) ou dans des processus purement géophysiques. »

Étant donné la richesse et la complexité de la vie sur Terre, on s'attendrait à ce que les organismes soient constitués d'une extraordinaire variété de molécules. Toutefois, on constate avec étonnement que les molécules complexes d'importance déterminante pour tous les êtres vivants (des bactéries aux éléphants) appartiennent à seulement 4 classes principales :

les glucides, les lipides, les protéines et les acides nucléiques.

Les molécules de glucides, de protéines et d'acides nucléiques sont extrêmement volumineuses, on les appelle **macromolécules**.

Par exemple, les protéines peuvent comporter des milliers d'atomes et constituer de véritables colosses moléculaires dont la masse peut largement dépasser 100 000 Da (daltons*).

Il est plus facile de saisir la fonction d'une macromolécule lorsqu'on comprend son architecture. Comme l'eau et les molécules organiques simples, les molécules biologiques complexes présentent des propriétés uniques dues à l'arrangement ordonné de leurs atomes.



* Dalton: Unité de masse pour les molécules chimiques correspondant à la masse d'un atome d'hydrogène ou plus exactement au **douzième de la masse du noyau du carbone ^{12}C** .

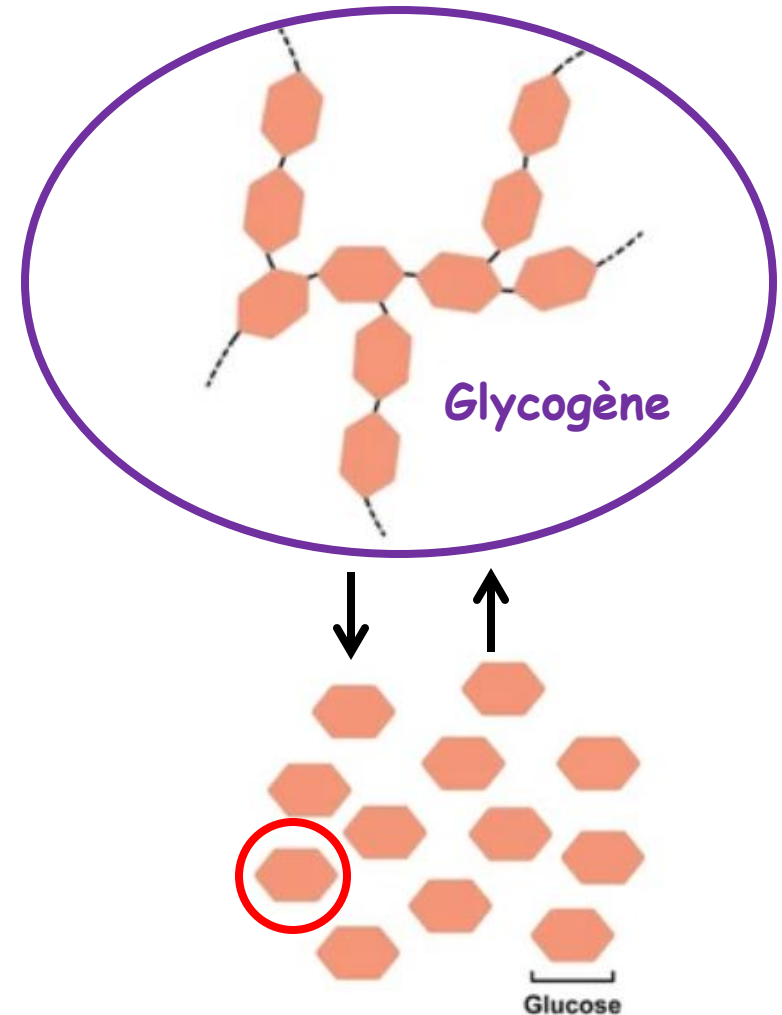
Symbole Da ou D : 1 dalton = $1,67 \times 10^{-24}$ gramme.

I. Les macromolécules

Les macromolécules appartenant à trois des quatre classes de composés organiques, soit les glucides, les protéines et les acides nucléiques, sont des polymères (du grec *polus*, « plusieurs », et *meros*, « partie »).

Un polymère est une molécule constituée d'un grand nombre d'unités structurales identiques ou semblables rattachées par des liaisons covalentes, comme un train formé d'une chaîne de wagons.

Chacune des petites unités structurales formant un polymère s'appelle un monomère (du grec *monos*, « un seul »).



1. La synthèse et la dégradation des polymères

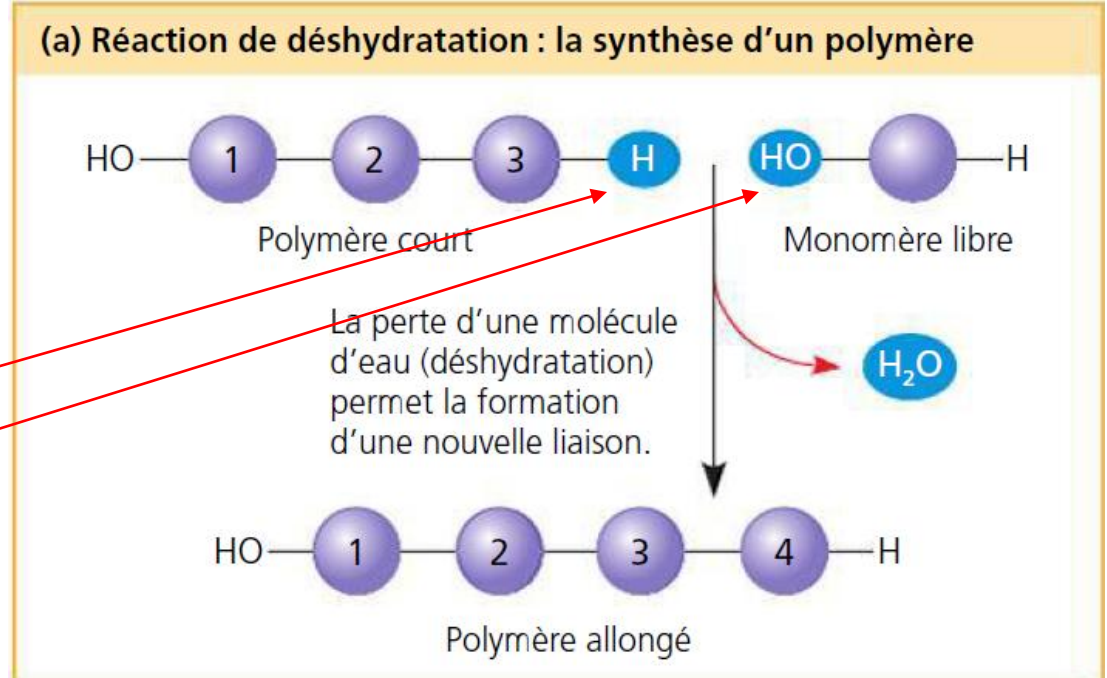
Chaque classe de polymères est constituée d'un type différent de monomères, mais les mécanismes chimiques par lesquels les cellules synthétisent ou dégradent les macromolécules sont toujours les mêmes.

Dans les cellules, ces processus font intervenir des **enzymes**, des **macromolécules spécialisées** qui **augmentent la vitesse des réactions chimiques**

Les monomères se lient au cours d'une réaction dans laquelle 2 molécules s'associent par une liaison covalente (forte) en même temps qu'il se forme une molécule d'eau. Il s'agit d'une **réaction de déshydratation**.

Chaque fois que 2 monomères s'unissent, chacun fournit une partie de la molécule d'eau éliminée au cours de la réaction :

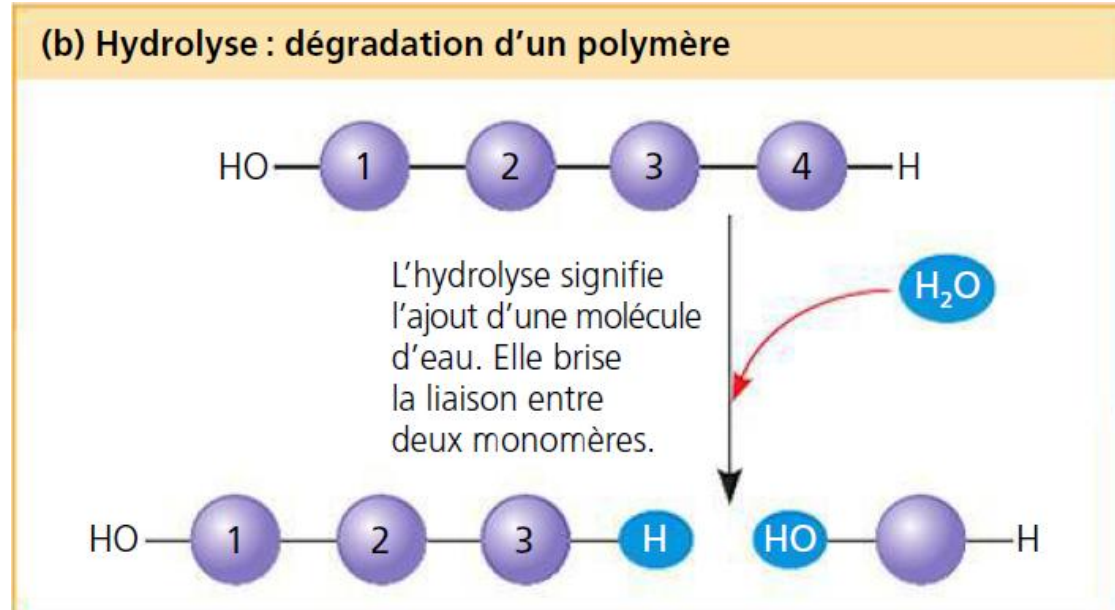
- l'un d'eux perd un atome d'hydrogène (-H),
- l'autre, un groupement hydroxyle (-OH).



Inversement, les polymères se scindent (coupent) en monomères par **hydrolyse**, le processus inverse de la réaction de déshydratation. Le terme **hydrolyse** signifie « briser à l'aide de l'eau » (du grec *hudôr*, « eau », et *lûsis*, « briser »).

L'addition de molécules d'eau rompt la liaison entre les monomères:

- l'atome d'hydrogène -H provenant de l'eau s'attache à un monomère
- tandis que le groupement hydroxyle -OH s'attache au monomère adjacent.



Exemple d'hydrolyse dans le corps: Réactions chimiques au cours de la digestion

La majeure partie de la matière organique présente dans nos aliments se compose de polymères beaucoup trop volumineux pour entrer dans nos cellules.

Dans le tube digestif, diverses enzymes accélèrent l'hydrolyse des polymères. Les monomères ainsi libérés traversent la paroi du tube digestif et passent dans la circulation sanguine, qui les distribue à toutes les cellules de l'organisme.

2. La diversité des polymères

Chaque cellule d'un organisme contient des milliers de macromolécules différentes, dont un grand nombre varie d'un tissu à l'autre.

Les différences qui existent entre les frères et soeurs, par exemple, témoignent de légères variations dans les polymères, notamment dans l'**ADN et les protéines**.

Les différences moléculaires sont plus importantes entre les individus sans liens de parenté, et encore plus entre les espèces.

La diversité des macromolécules dans le monde vivant est considérable ; son potentiel tend vers l'infini.

Malgré cette immense diversité, **les structures moléculaires et les fonctions peuvent être regroupées de façon générale en classes**. Examinons chacune des 4 classes principales de macromolécules biologiques.

les glucides, les lipides, les protéines et les acides nucléiques.

II. Les glucides

Chez l'Homme, les glucides jouent un rôle énergétique majeur, ils constituent 50 % environ de notre apport alimentaire (1 gramme de glucide apporte 4 kilocalories).

Ils sont utilisés de façon immédiate ou stockés sous forme de glycogène (animaux) ou d'amidon (végétaux).

Le glucide de référence est le **glucose**, c'est le seul substrat à pouvoir fournir de l'énergie (ATP) même dans des conditions anaérobies (sans oxygène).

La grande majorité des glucides est apportée par l'alimentation sous 3 formes :

- Polysaccharides (amidon dans riz, pâtes, pommes de terre)
- Disaccharides (saccharose ou lactose)
- Monosaccharides (fructose : sucre des fruits)

Les glucides les plus simples sont les **monosaccharides** ou **glucides simples**. Ce sont des monomères à partir desquels sont synthétisés les glucides plus complexes.

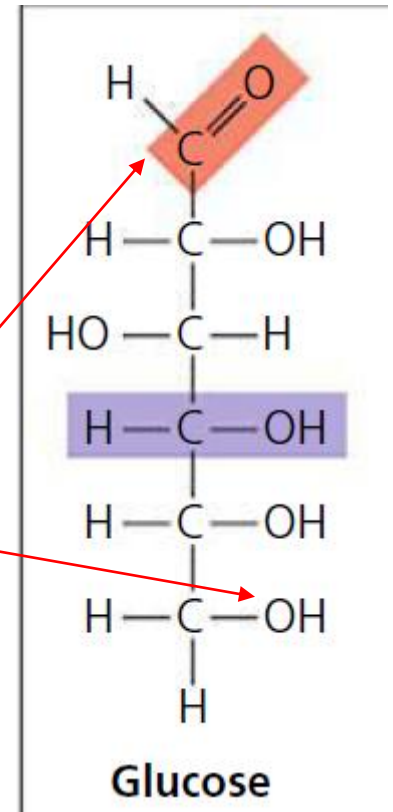
Les **disaccharides** sont des **glucides doubles** qui résultent de l'union de deux monosaccharides unis par une liaison covalente.

Les glucides comprennent également des macromolécules appelées **polysaccharides**, c'est-à-dire des polymères formés de nombreux monosaccharides (monomères).

1. Les monosaccharides

Les **monosaccharides** (du grec *monos*, « un seul », et *sakkharon*, « sucre ») ont habituellement des formules moléculaires qui sont des multiples de CH_2O . Le glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) est le monosaccharide le plus courant.

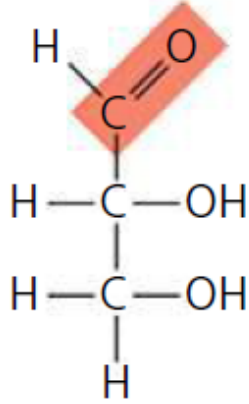
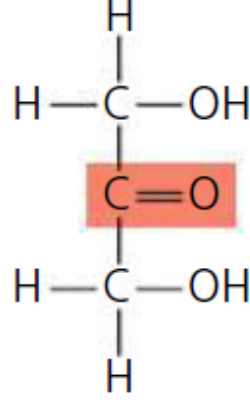
La molécule possède un **groupe carbonyle** ($\text{C}=\text{O}$) et de nombreux **groupements hydroxyle** ($-\text{OH}$).



Selon la position du groupement carbonyle, un monosaccharide est :

- soit un aldose (le carbonyle fait partie de la classe fonctionnelle des **aldéhydes**),
- soit un cétose (le carbonyle fait partie des cétones).

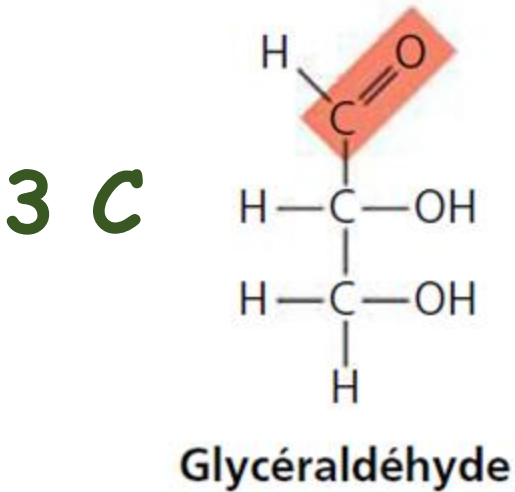
Par exemple, le **glucose est un aldose**, alors que le **fructose, un isomère du glucose, est un cétose**,

Aldoses (fonction aldéhyde) Le groupement carbonyle se situe à l'extrémité de la chaîne de carbone	Cétooses (fonction cétone) Le groupement carbonyle se situe sur la chaîne de carbone
Trioses : glucides à trois atomes de carbone (C ₃ H ₆ O ₃)	
 Glycéraldéhyde Un produit initial de la dégradation du glucose	 Dihydroxyacétone Un produit initial de la dégradation du glucose

La longueur des chaînes carbonées est un autre facteur de classification des monosaccharides ; celles-ci sont constituées de **3 à 7 atomes de carbone**.

Le **glucose**, le **fructose** et les autres monosaccharides qui possèdent **six** atomes de carbone se nomment **hexoses**.

Les **trioses** (qui ont trois atomes de carbone) et les **pentoses** (qui en ont cinq) sont également répandus dans la nature.



5 C

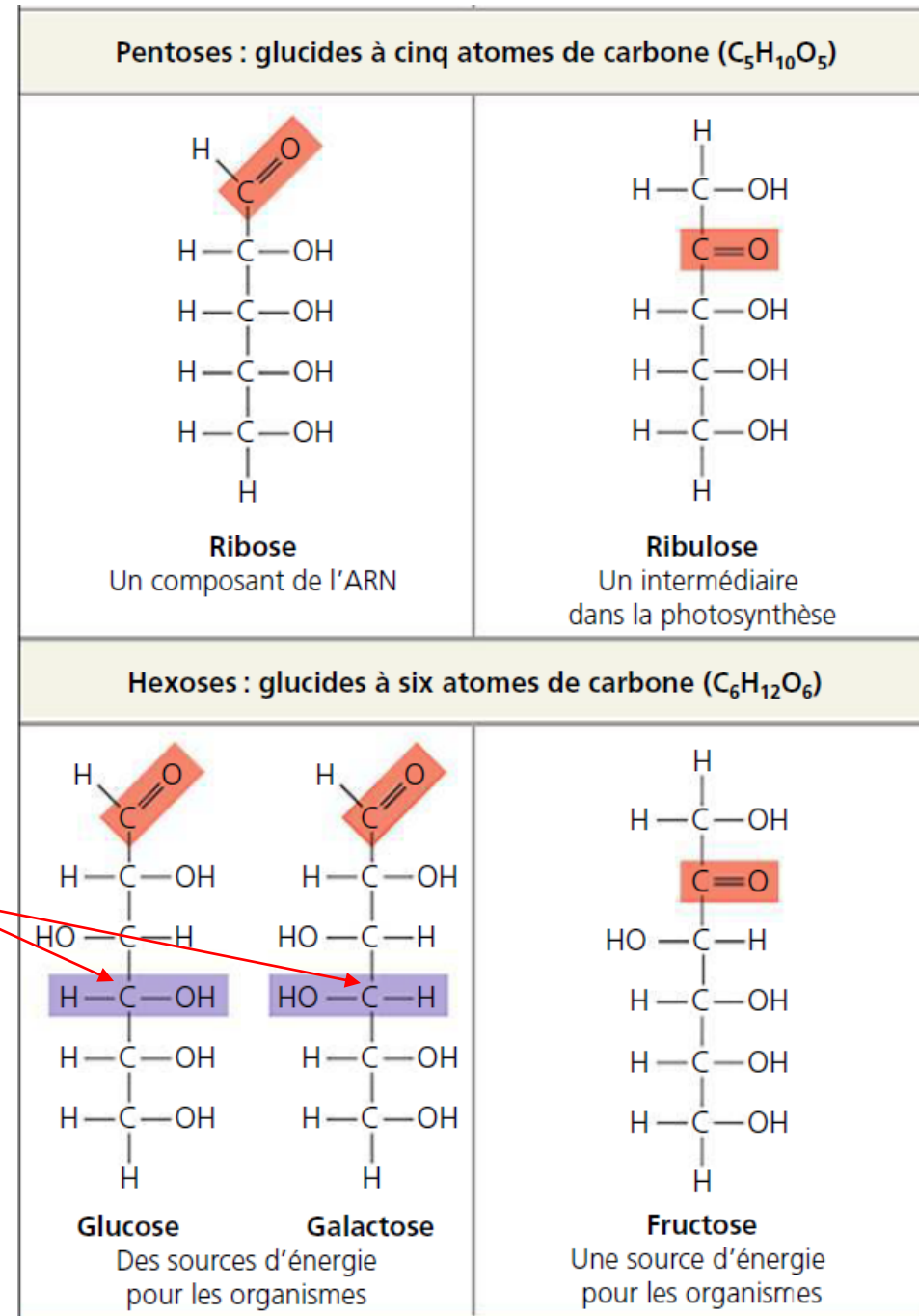
Pentoses : glucides à cinq atomes de carbone (C ₅ H ₁₀ O ₅)		
The diagram shows the chemical structure of ribose, a pentose. It is a five-carbon chain. The top carbon is an aldehyde group (H-C=O), with the C=O bond highlighted in a red box. The next three carbons each have a hydroxyl group (OH) on the right. The bottom carbon is bonded to a hydrogen atom (H) on the left and a hydroxyl group (OH) on the right. The structure is labeled 'Ribose' and 'Un composant de l'ARN'.	The diagram shows the chemical structure of ribulose, a pentose. It is a five-carbon chain. The top carbon is bonded to a hydrogen atom (H) on the left and a hydroxyl group (OH) on the right. The second carbon is a ketone group (C=O), with the C=O bond highlighted in a red box. The next three carbons each have a hydroxyl group (OH) on the right. The bottom carbon is bonded to a hydrogen atom (H) on the left and a hydroxyl group (OH) on the right. The structure is labeled 'Ribulose' and 'Un intermédiaire dans la photosynthèse'.	
Hexoses : glucides à six atomes de carbone (C ₆ H ₁₂ O ₆)		
The diagram shows the chemical structure of glucose, a hexose. It is a six-carbon chain. The top carbon is an aldehyde group (H-C=O), with the C=O bond highlighted in a red box. The second carbon has a hydroxyl group (OH) on the right. The third carbon has a hydroxyl group (OH) on the left, with the C-H bond highlighted in a purple box. The fourth carbon has a hydroxyl group (OH) on the right. The fifth carbon has a hydroxyl group (OH) on the right. The bottom carbon is bonded to a hydrogen atom (H) on the left and a hydroxyl group (OH) on the right. The structure is labeled 'Glucose' and 'Des sources d'énergie pour les organismes'.	The diagram shows the chemical structure of galactose, a hexose. It is a six-carbon chain. The top carbon is an aldehyde group (H-C=O), with the C=O bond highlighted in a red box. The second carbon has a hydroxyl group (OH) on the right. The third carbon has a hydroxyl group (OH) on the left, with the C-H bond highlighted in a purple box. The fourth carbon has a hydroxyl group (OH) on the right. The fifth carbon has a hydroxyl group (OH) on the right. The bottom carbon is bonded to a hydrogen atom (H) on the left and a hydroxyl group (OH) on the right. The structure is labeled 'Galactose' and 'Des sources d'énergie pour les organismes'.	The diagram shows the chemical structure of fructose, a hexose. It is a six-carbon chain. The top carbon is bonded to a hydrogen atom (H) on the left and a hydroxyl group (OH) on the right. The second carbon is a ketone group (C=O), with the C=O bond highlighted in a red box. The third carbon has a hydroxyl group (OH) on the left. The fourth carbon has a hydroxyl group (OH) on the right. The fifth carbon has a hydroxyl group (OH) on the right. The bottom carbon is bonded to a hydrogen atom (H) on the left and a hydroxyl group (OH) on the right. The structure is labeled 'Fructose' and 'Une source d'énergie pour les organismes'.

6 C

L'arrangement spatial autour d'un atome de carbone, parfois asymétrique, contribue à la diversité des monosaccharides, qui forment de nombreux **isomères** (un atome de carbone asymétrique est lié à 4 atomes ou groupes d'atomes différents.)

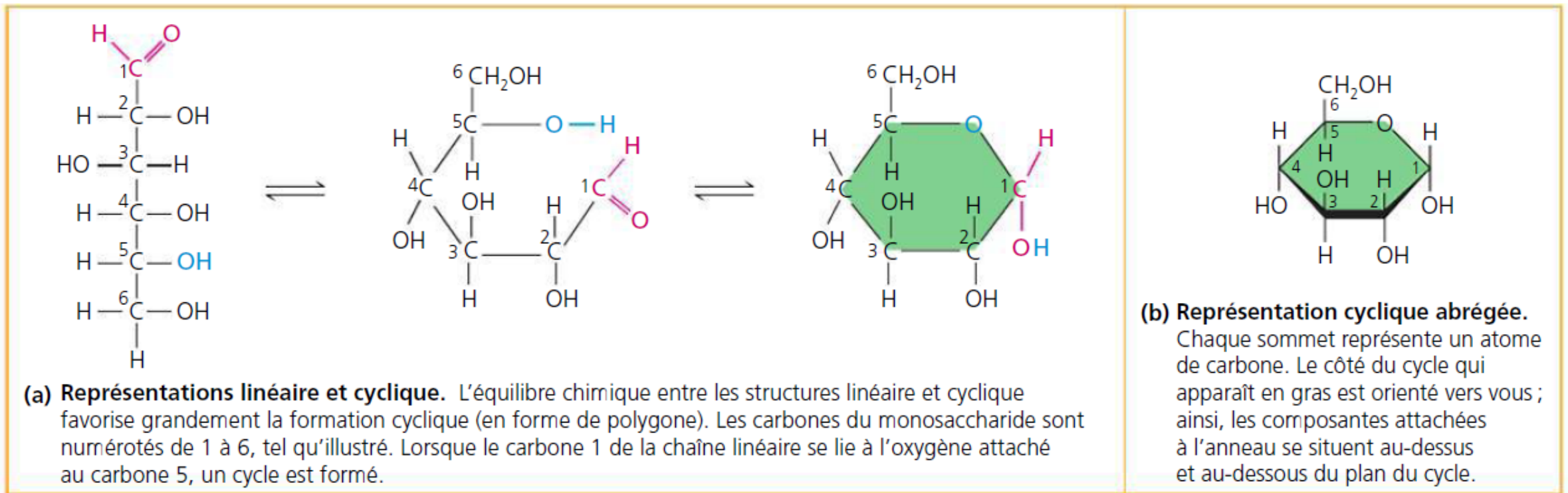
Exemple: Le glucose et le galactose diffèrent seulement par la disposition de leurs groupements hydroxyle autour d'un carbone asymétrique.

Cette différence peut sembler minime, mais elle suffit à donner à ces 2 monosaccharides une forme et un comportement distincts.



Bien qu'il soit commode de représenter le glucose sous forme de chaîne carbonée linéaire, cette schématisation n'est pas tout à fait exacte.

En effet, dans une solution aqueuse, les molécules de glucose se présentent surtout sous une forme cyclique, comme la majorité des autres monosaccharides à cinq ou à six carbones.



▲ **Figure 5.4** Les représentations linéaire et cyclique du glucose.

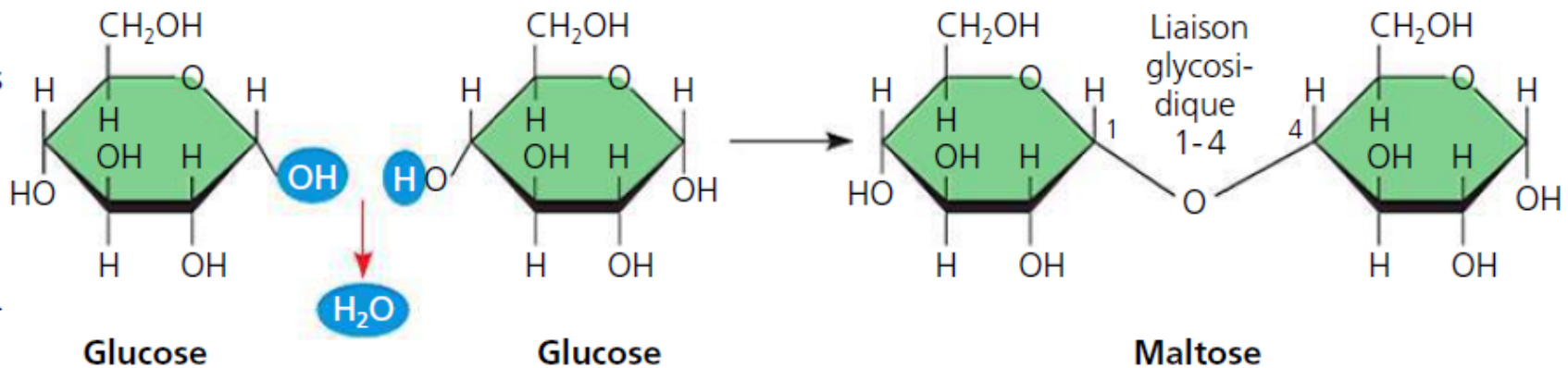
2. Les disaccharides

Un **disaccharide** se compose de 2 monosaccharides unis par une liaison covalente, appelée **liaison glycosidique**, qui se forme lors d'une réaction de déshydratation.

Par exemple, le **maltose** est un disaccharide formé par la liaison de deux molécules de glucose. Il est également appelé sucre de malt, et il constitue un ingrédient important dans la fabrication de la bière.

(a) Synthèse du maltose par une réaction de déshydratation.

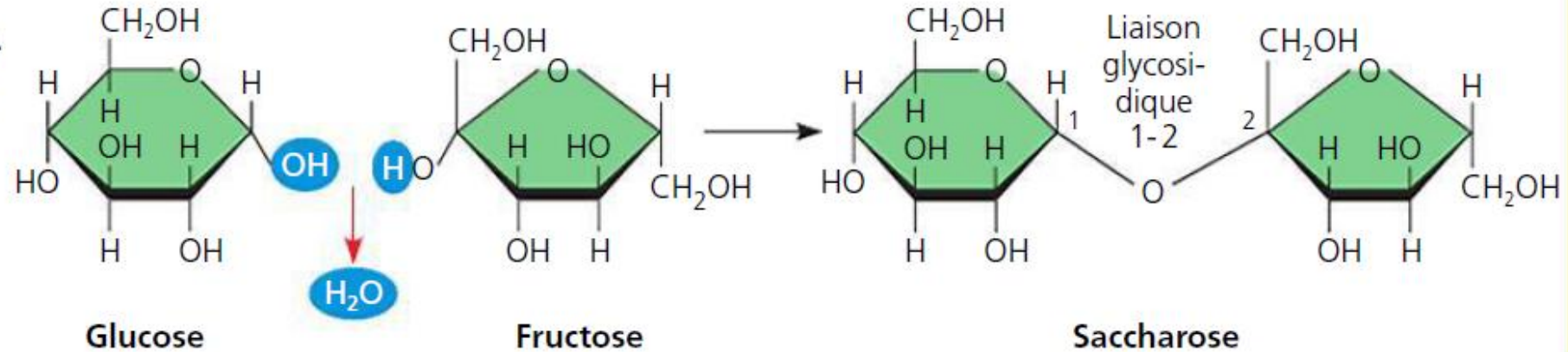
La combinaison de deux molécules de glucose donne une molécule de maltose. Une liaison glycosidique s'établit entre le carbone 1 d'un glucose et le carbone 4 de l'autre glucose. L'union de ces deux monomères à un autre emplacement aboutirait à la formation d'un disaccharide différent.



Le **disaccharide** le plus répandu est le **saccharose (= sucrose)**, plus connu sous le nom de sucre granulé. Ses deux monomères sont le glucose et le fructose .

(b) Synthèse du saccharose par une réaction de déshydratation.

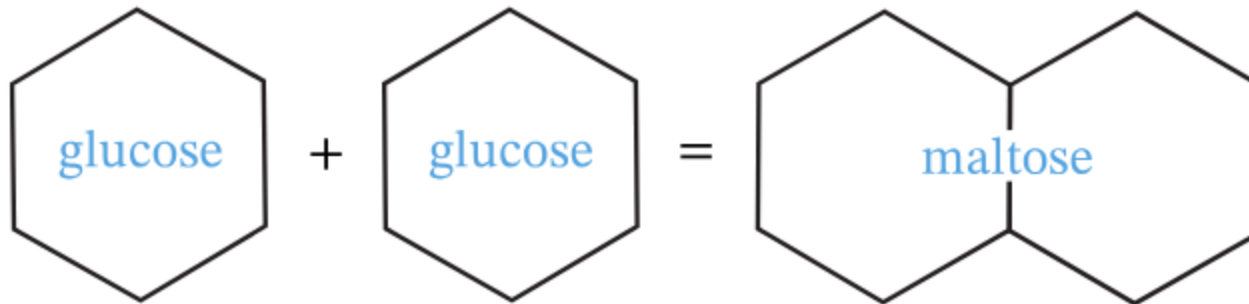
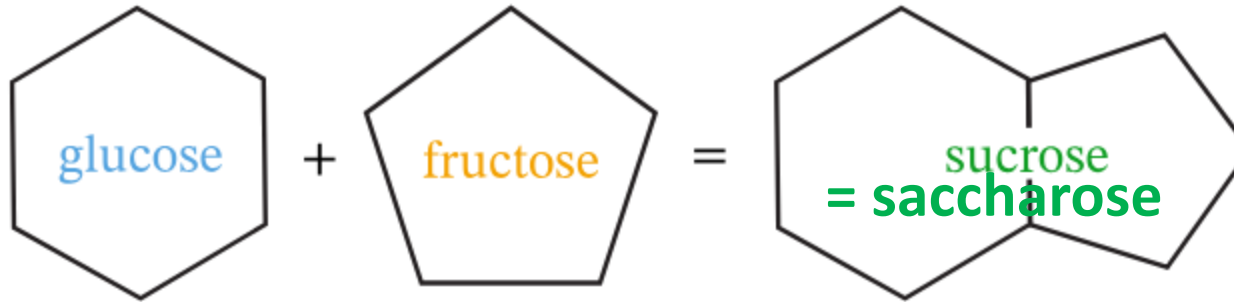
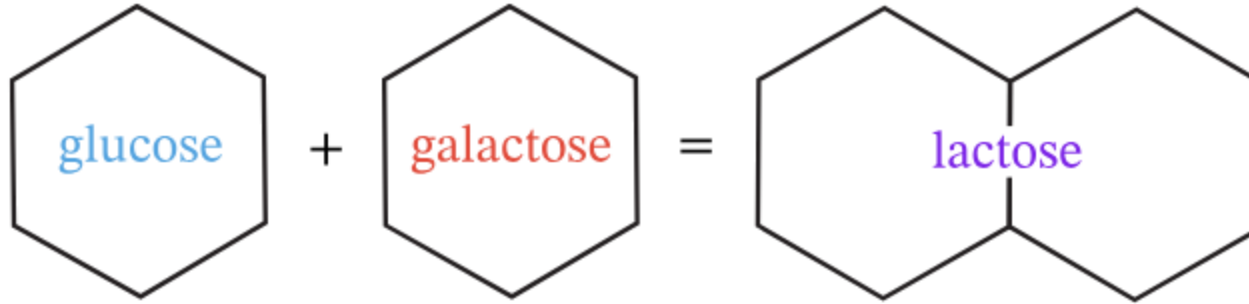
Le saccharose est un disaccharide formé d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose. Remarquez que le fructose, bien qu'il soit un hexose comme le glucose, forme un cycle à cinq côtés plutôt qu'à six.



C'est sous forme de saccharose que les glucides élaborés dans les feuilles des plantes se rendent jusqu'aux racines et aux autres organes non photosynthétiques.

Le glucide présent dans le lait, le **lactose**, est aussi un disaccharide ; mais celui-ci est formé d'une molécule de **glucose** liée à une molécule de **galactose**.

Quelques disaccharides



Le **maltose** est un sucre issu de la dégradation (hydrolyse) de l'amidon contenu dans l'orge ou le maïs (au cours de la germination)

3. Les polysaccharides

Les **polysaccharides** sont des macromolécules, soit des polymères composés de quelques centaines à quelques milliers de monosaccharides unis par des liaisons glycosidiques.

Certains polysaccharides (polysaccharides de réserve) jouent le rôle de substances de réserve et sont hydrolysés en fonction des besoins de la cellule en monosaccharides.

D'autres polysaccharides (polysaccharides structuraux) servent de matière première destinée à l'édification des structures protégeant la cellule ou l'organisme entier.

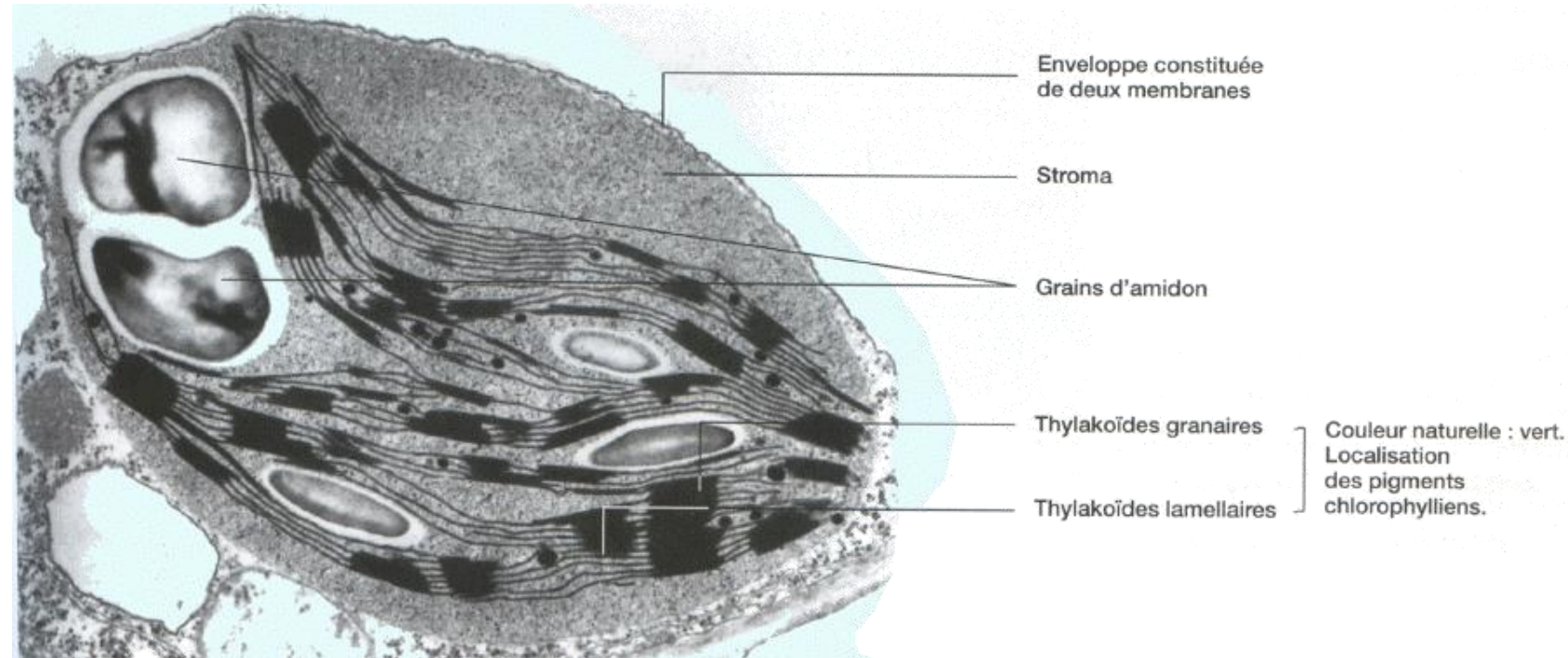
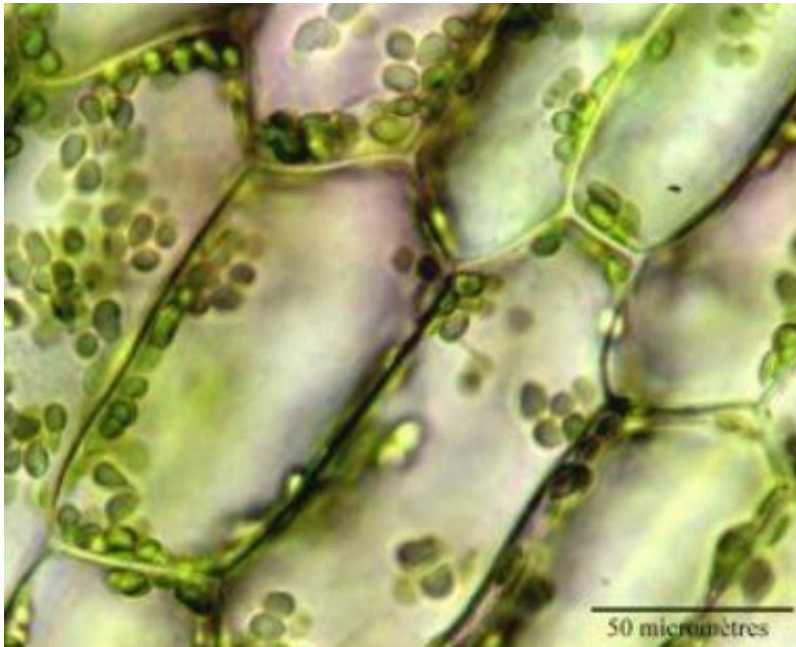
L'architecture et la fonction d'un polysaccharide sont déterminées par la **nature** de ses monomères et par la **position** des liaisons glycosidiques

3.a. Les polysaccharides de réserve

Les Végétaux et les Animaux emmagasinent des monosaccharides sous forme de polysaccharides de réserve pour un usage ultérieur.

3.a.1 Chez les végétaux

Les Végétaux emmagasinent l'amidon, un **polymère formé de glucose**, sous forme de granules dans des structures cellulaires appelées plastides, tels que les chloroplastes.



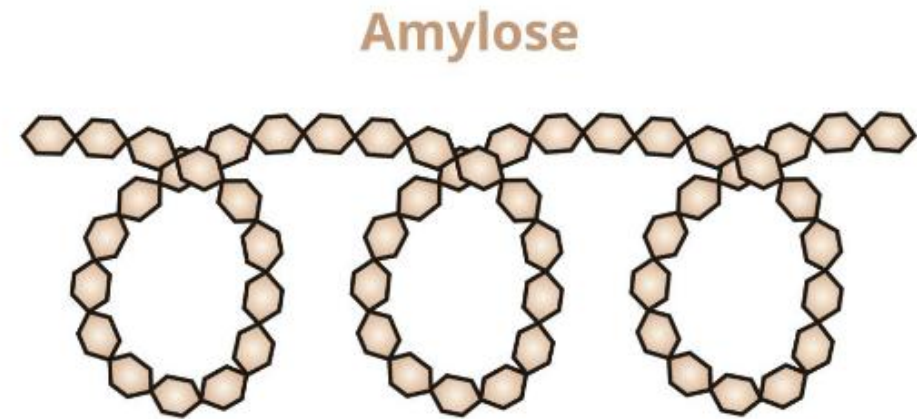
En synthétisant l'amidon, les végétaux constituent des réserves de glucose, une source d'énergie cellulaire importante.

Par la suite, la cellule peut puiser dans ces réserves en faisant appel à des réactions d'hydrolyse qui rompent les liaisons entre les monomères de glucose.

La plupart des monomères de glucose qui composent l'amidon sont unis par des liaisons glycosidiques 1-4 (entre le carbone 1 d'une molécule de glucose et le carbone 4 de la suivante), comme les unités de glucose dans le maltose.

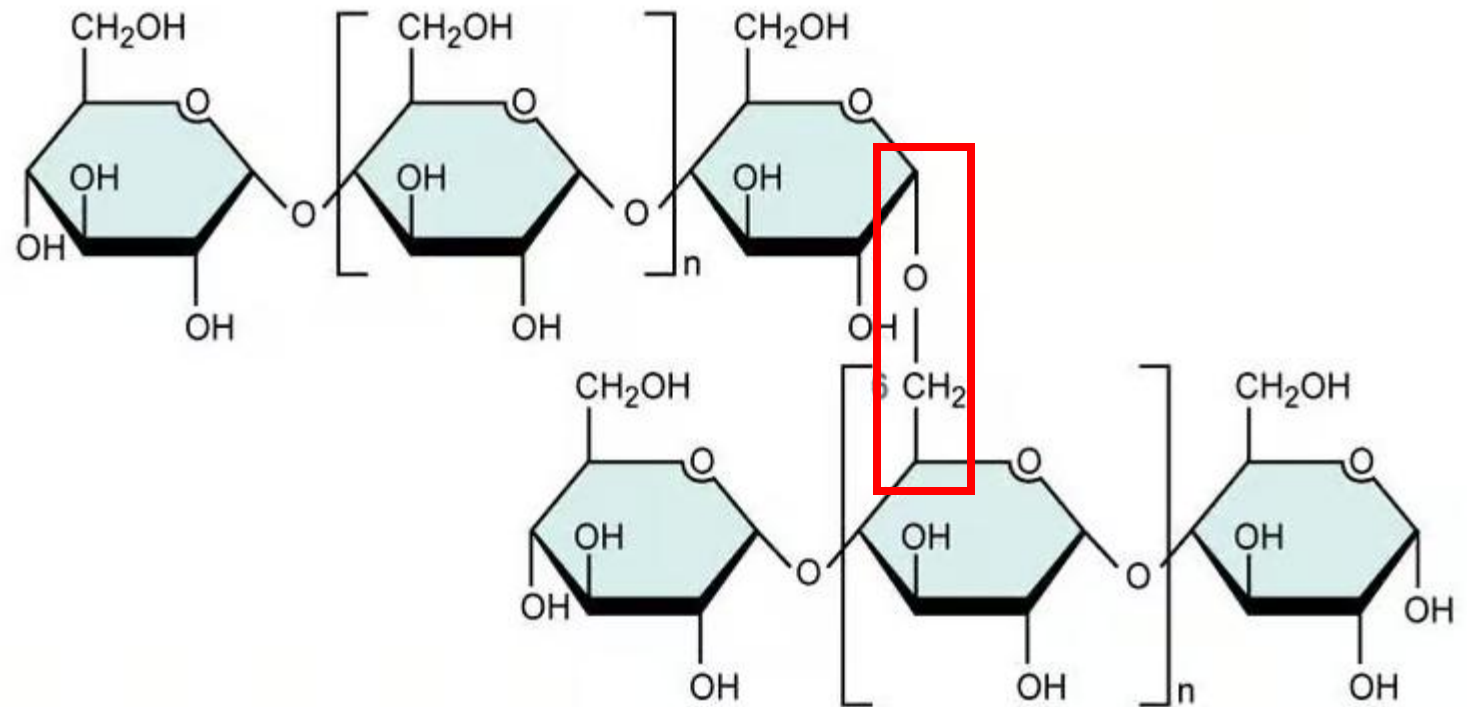
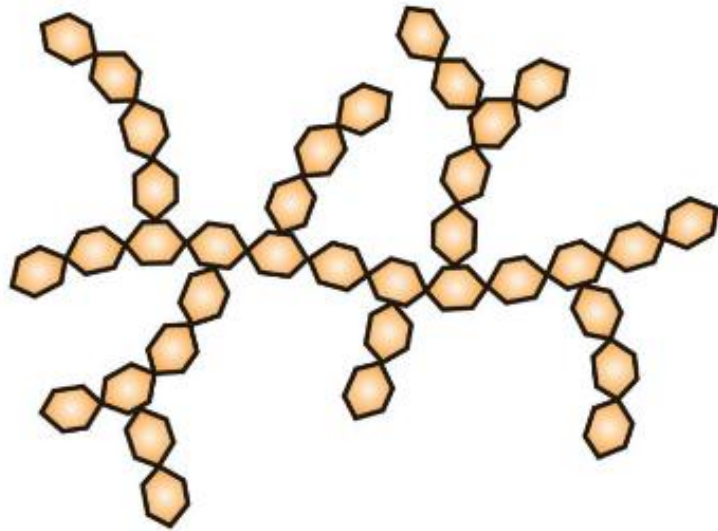
L'amidon peut être présent sous 2 formes:

- la plus simple, l'**amylose**, est constituée d'une chaîne linéaire, non ramifiée ;



- la plus complexe, l'**amylopectine**, est faite d'une chaîne ramifiée comportant **des liaisons glycosidiques 1-6** aux embranchements.

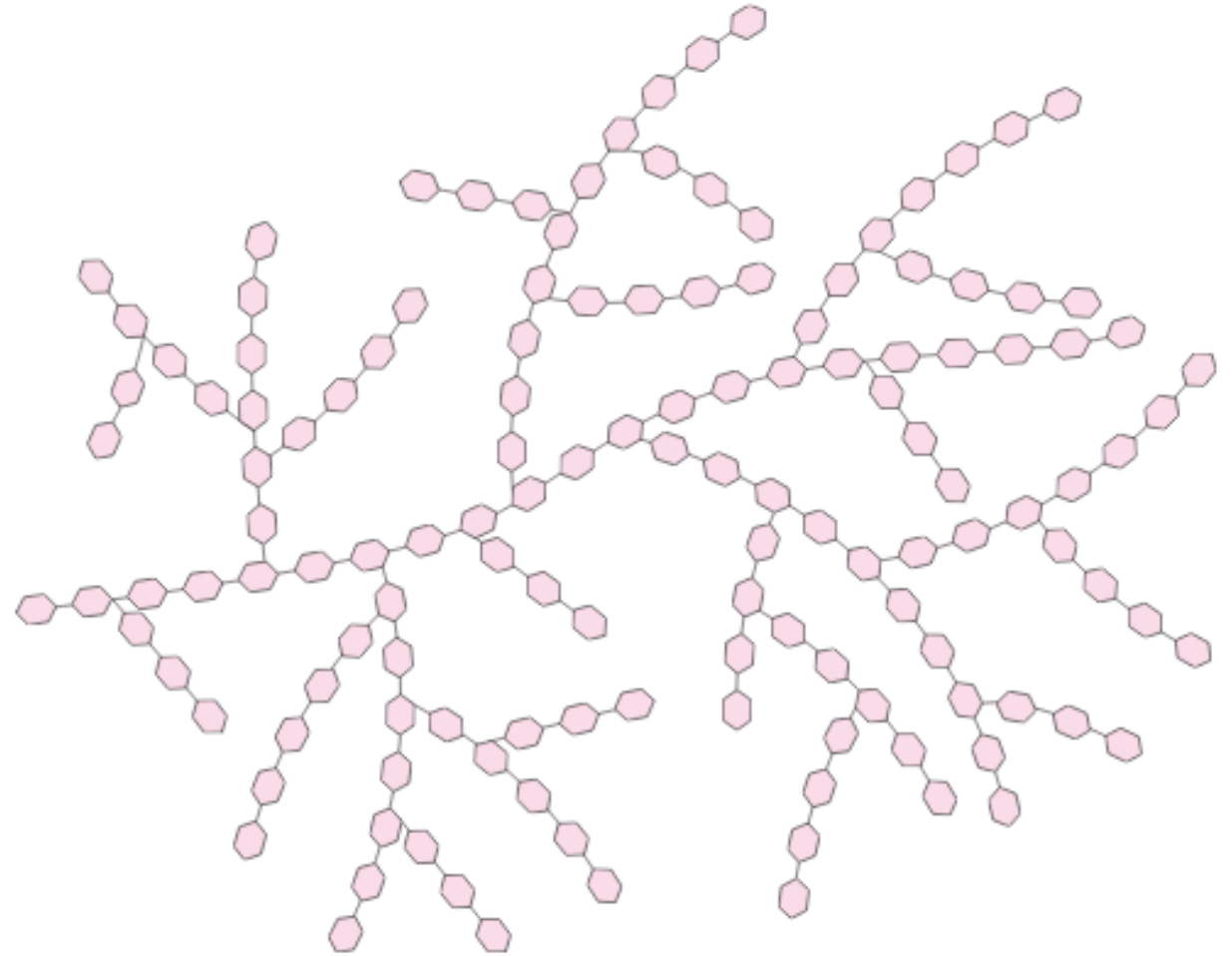
Amylopectin



3.a.2 Chez les animaux

Les Animaux emmagasinent un polysaccharide appelé **glycogène**, un polymère du glucose semblable à l'amylopectine, mais plus ramifié.

Les ramifications se rencontrent à tous les 30 monomères dans le cas de l'amylopectine et à tous les 10 à 12 monomères dans le cas du glycogène.



Glycogène

Les êtres humains et les autres Vertébrés emmagasinent du glycogène principalement dans les cellules du **foie** et dans les **muscles**.

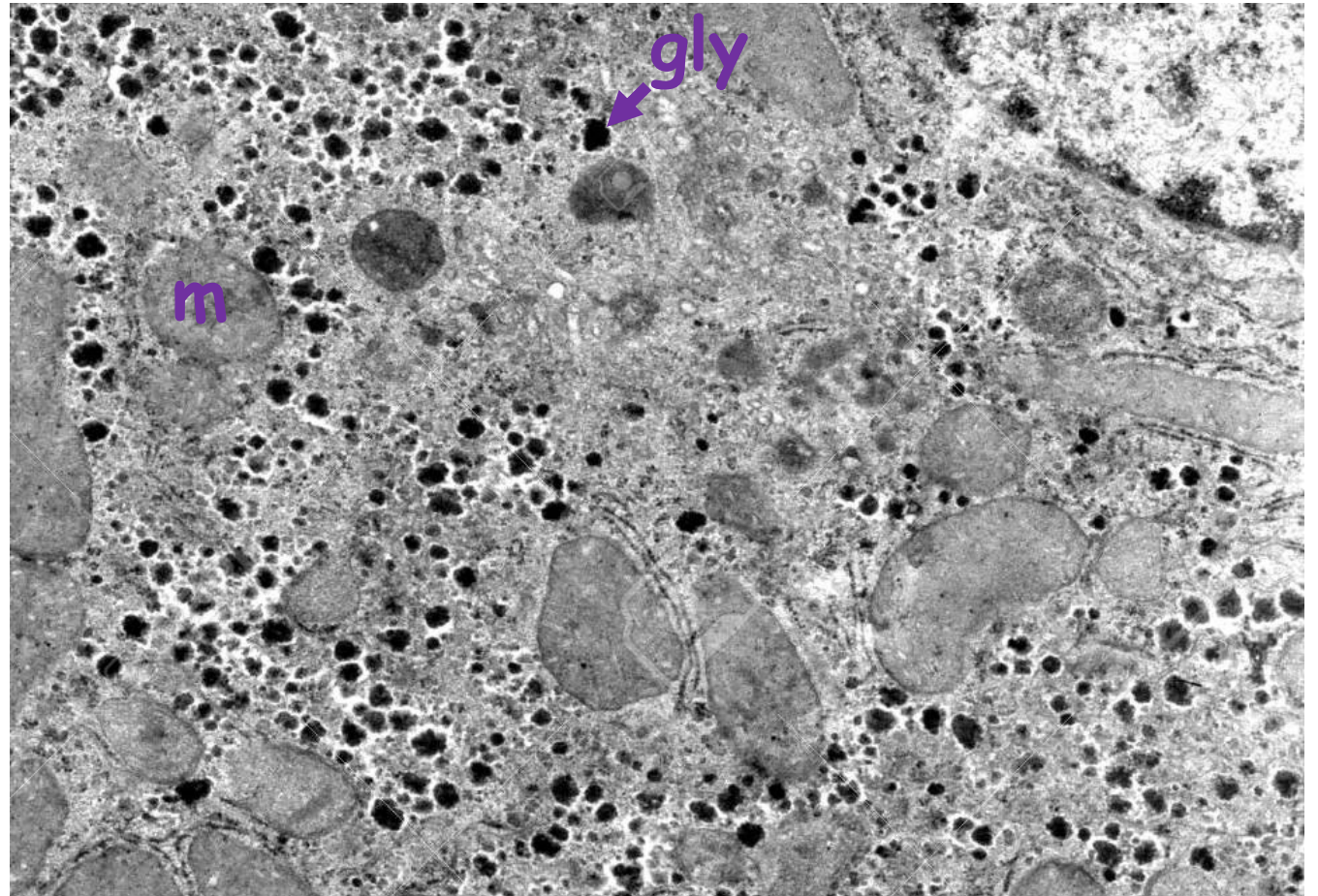
L'hydrolyse de ce polysaccharide libère du glucose dans ces cellules lorsque les besoins en monosaccharides augmentent.

Cependant, cette énergie de réserve ne soutient pas un animal bien longtemps. La réserve de glycogène des êtres humains, par exemple, **s'épuise en un jour** environ si aucun aliment ne vient la réapprovisionner.

Micrographie au microscope électronique à transmission (MET) d'un hépatocyte (cellule de foie)

m = mitochondries

gly = grains de glycogène)



3.b. Les polysaccharides structuraux

Certains organismes fabriquent des matériaux solides à partir de polysaccharides structuraux. Par exemple, le polysaccharide appelé **cellulose** est un constituant important, car il est à l'origine de la grande résistance de la paroi des cellules végétales.

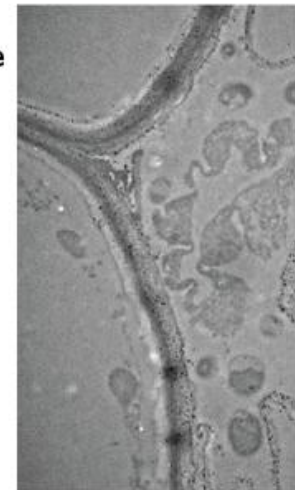
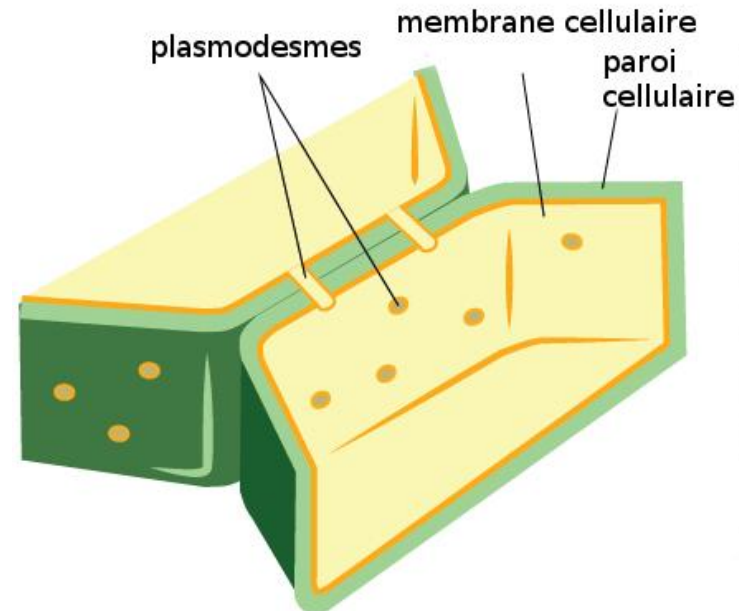
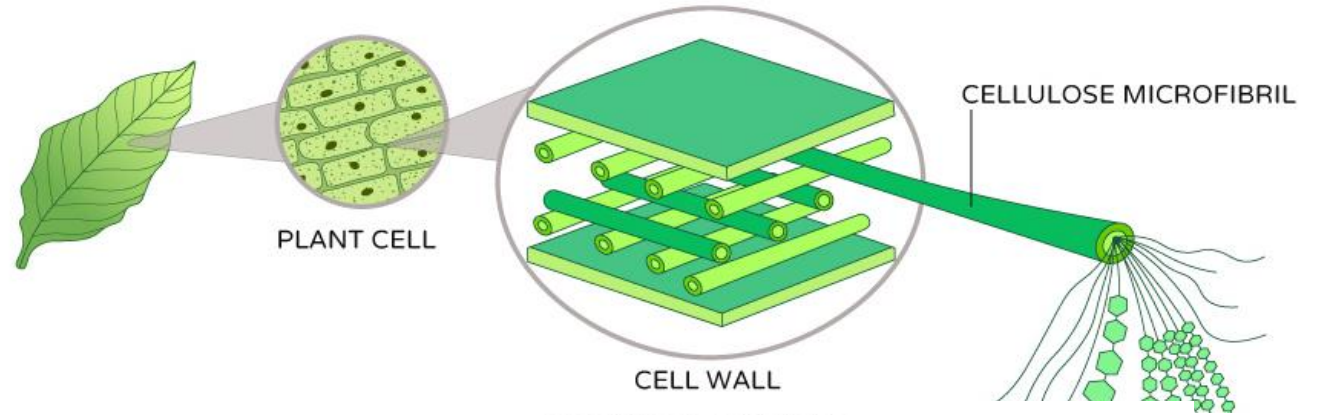


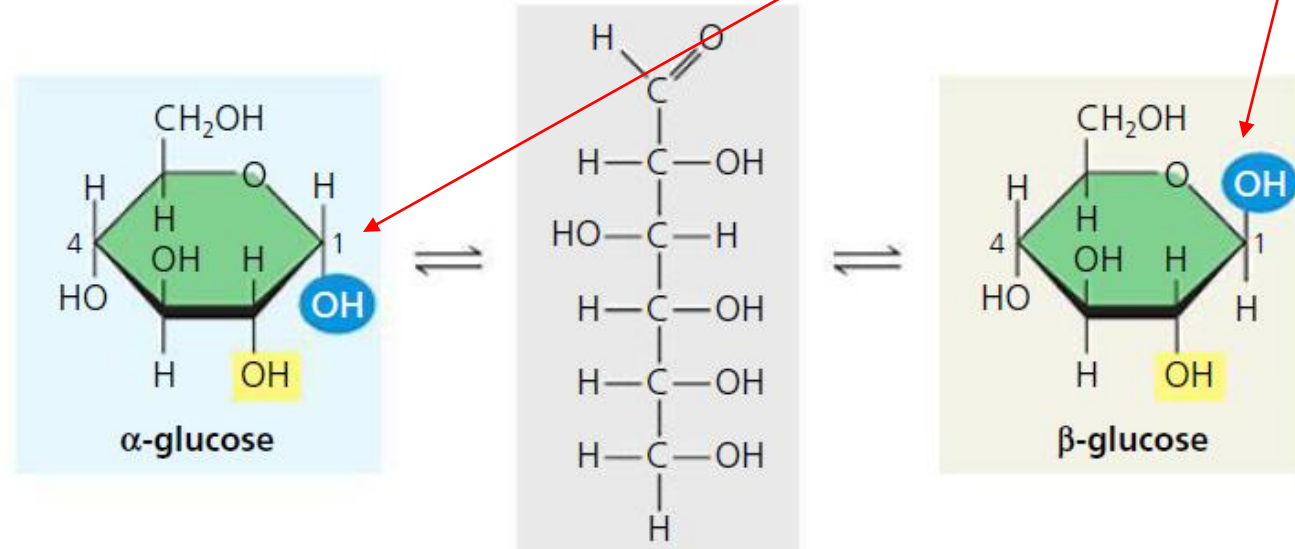
Photo TEM de la paroi cellulaire

Comme l'amidon, la cellulose est un polymère de glucose ; toutefois, les liaisons glycosidiques de ces deux polymères ne sont pas identiques.

En effet, le cycle du glucose existe sous deux formes : le groupement hydroxyle (OH) lié au carbone 1 peut se situer soit au-dessous, soit au-dessus du plan de l'anneau.

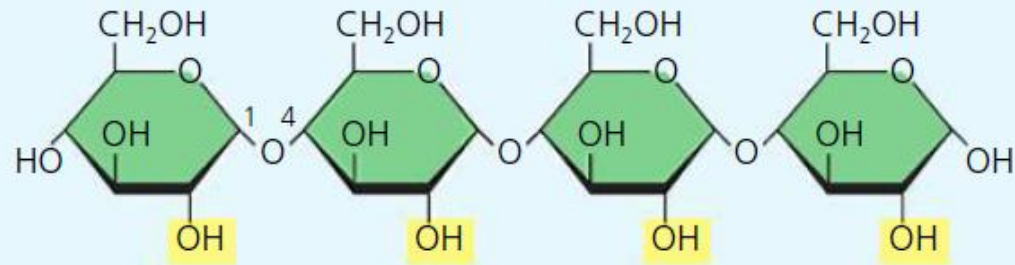
Ces deux formes cycliques du glucose se nomment respectivement alpha (a) et bêta (b).

(a) Structures cycliques α et β du glucose. Ces deux formes interchangeables de glucose diffèrent par la position du groupement hydroxyle (en bleu) attaché au carbone 1.

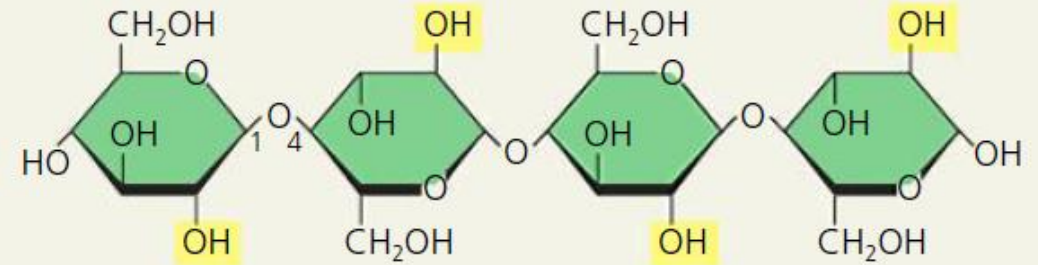


Dans l'**amidon**, tous les monomères de glucose présentent la **configuration alpha**.

Dans la **cellulose**, par contre, tous les monomères prennent la **configuration bêta**, de sorte que chaque monomère de glucose est inversé par rapport aux monomères adjacents.



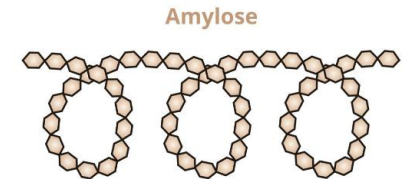
(b) Amidon : liaison glycosidique 1-4 entre les monomères de glucose α . Tous les monomères possèdent la même orientation. Comparez les positions des groupements $-OH$ mis en évidence en jaune avec ceux de la cellulose (c).



(c) Cellulose : liaison glycosidique 1-4 entre les monomères de glucose β . Dans la cellulose, chaque monomère de glucose β est inversé par rapport aux monomères adjacents.

Étant donné que les molécules d'amidon et de cellulose ont des liaisons glycosidiques différentes, elles diffèrent aussi par leur structure tridimensionnelle.

Certaines molécules d'**amidon** sont principalement **hélicoïdales**.

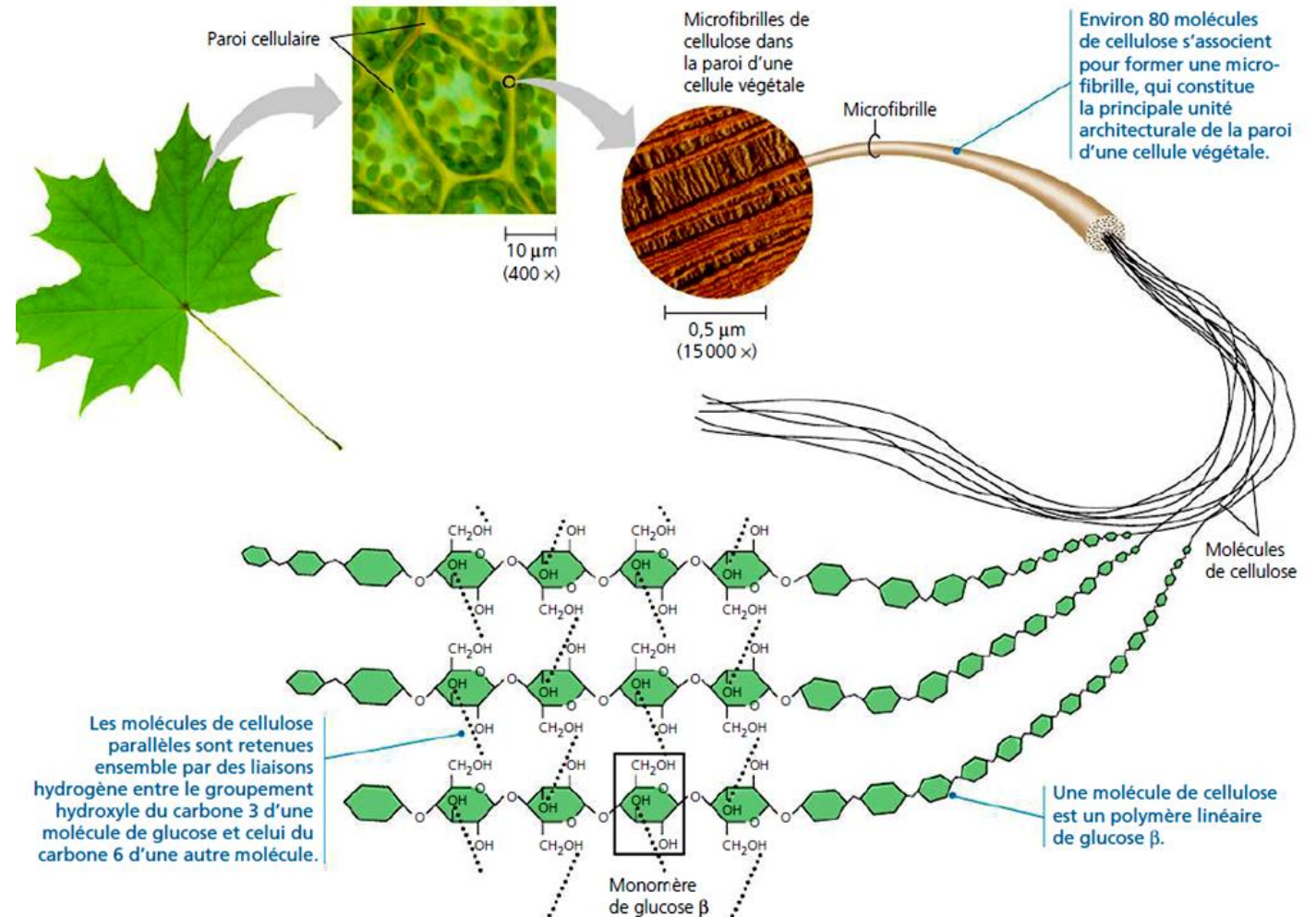


Quant à la molécule de **cellulose**, elle est droite, jamais ramifiée, et quelques-uns de ses groupements hydroxyle situés sur les monomères de glucose peuvent former des liaisons hydrogène avec des groupements hydroxyle d'autres molécules de cellulose parallèles.

Dans la **paroi d'une cellule végétale**, des molécules de cellulose parallèles, retenues ensemble de cette façon, s'associent en unités appelées microfibrilles. Ces microfibrilles constituent un matériau de soutien résistant pour les Végétaux et une substance importante pour les êtres humains, car la cellulose est le principal constituant du papier et la seule composante du coton.



Coton constitué de fibres de cellulose



▲ **Figure 5.8** L'arrangement de la cellulose dans la paroi des cellules végétales.

Les **enzymes** qui digèrent l'**amidon** en hydrolysant les liaisons **glycosidiques alpha** sont **incapables** d'hydrolyser les liaisons **glycosidiques bêta** de la **cellulose** en raison des configurations distinctes de ces deux molécules.

En fait, peu d'organismes produisent des enzymes capables d'hydrolyser la cellulose. Ni les Animaux ni les êtres humains ne peuvent dégrader la cellulose. Celle que contiennent les aliments n'est pas digérée : elle passe tout droit dans le tube digestif et elle est éliminée avec les matières fécales.

En érodant les parois du tube digestif, la cellulose stimule la sécrétion de mucus, lequel facilite le passage des aliments. Donc, même si la cellulose ne constitue pas un nutriment pour les humains, elle fait partie de tout régime alimentaire sain.



La **chitine** est un autre polysaccharide structural important. Les Arthropodes, parmi lesquels figurent les Insectes, les Araignées et les Crustacés, synthétisent de la chitine pour construire leur exosquelette.

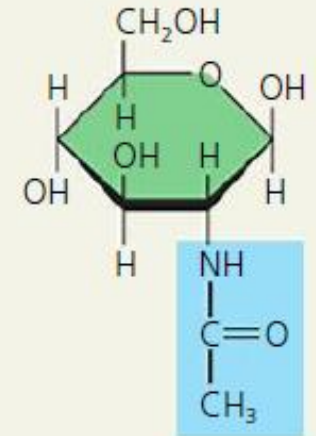


▲ L'exosquelette des Arthropodes est constitué de chitine. Cette cigale mue ; elle se dépouille de son vieil exosquelette pour apparaître dans sa forme adulte.

▲ **Figure 5.9** La chitine, un polysaccharide structural.



▲ On utilise la chitine dans la composition d'un fil chirurgical fort et flexible, qui se décompose après la guérison de la plaie ou de l'incision.



▲ La structure d'un monomère de chitine.

III. Les lipides

Les **lipides** sont des molécules biologiques plus ou moins complexes qui ne sont pas de vrais polymères et ne sont pas assez grosses pour être considérées comme des macromolécules.

Les **lipides** sont des composés regroupés en fonction d'une caractéristique commune importante : ils ne se mélangent pas, sinon très peu, avec l'eau.

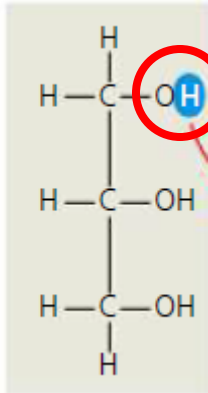
Les familles les plus importantes sont:

- les **triglycérides**,
- les **phosphoglycérolipides**
- et les **stéroïdes**

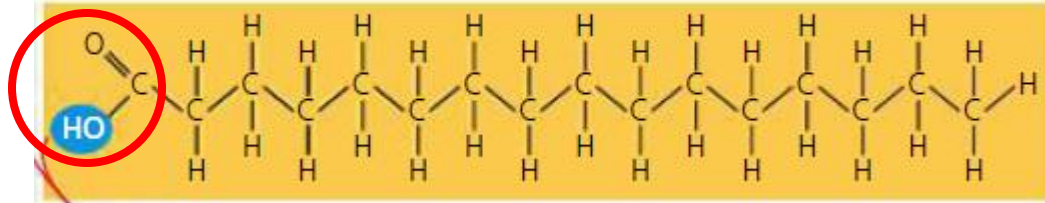
1. Les triglycérides

Les triglycérides sont de grosses molécules construites à partir de molécules plus petites qui s'associent par des réactions de déshydratation.

Un triglycéride se compose de 2 types de molécules : du **glycérol** et des **acides gras** .



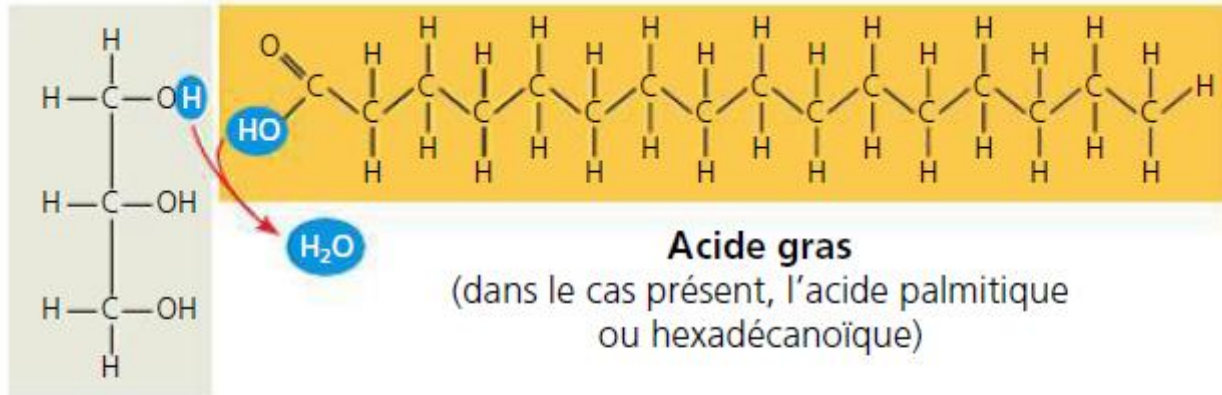
Le glycérol est un alcool à 3 atomes de carbone, qui portent chacun un **groupement hydroxyle (OH)**.



Le glycérol est un alcool à 3 atomes de carbone, qui portent chacun un groupement hydroxyle (OH).

L'acide gras, lui, possède une longue chaîne d'hydrocarbures comptant habituellement de 16 à 18 atomes de carbone.

À l'une des extrémités de cette chaîne se trouve un **groupement carboxyle**, le groupement fonctionnel qui confère à cette molécule le nom d'*acide gras*.

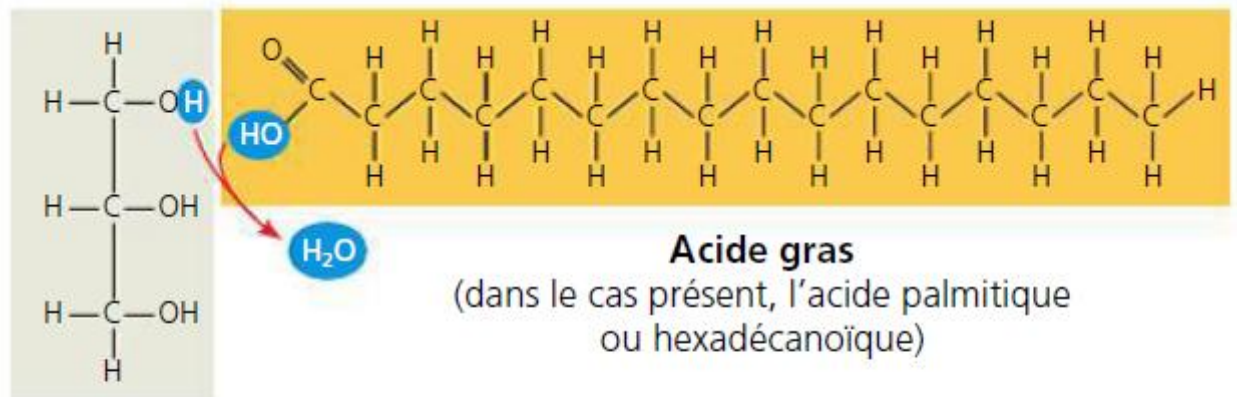


Glycérol

(a) Une des trois réactions de déshydratation dans la synthèse d'un triglycéride

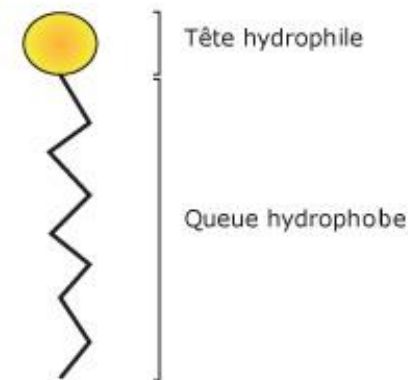
Le glycérol est un alcool à 3 atomes de carbone, qui portent chacun un groupement hydroxyle (OH).

L'acide gras, lui, possède une longue chaîne d'hydrocarbures comptant habituellement de 16 à 18 atomes de carbone. À l'une des extrémités de cette chaîne se trouve un groupement carboxyle, le groupement fonctionnel qui confère à cette molécule le nom d'*acide gras*.

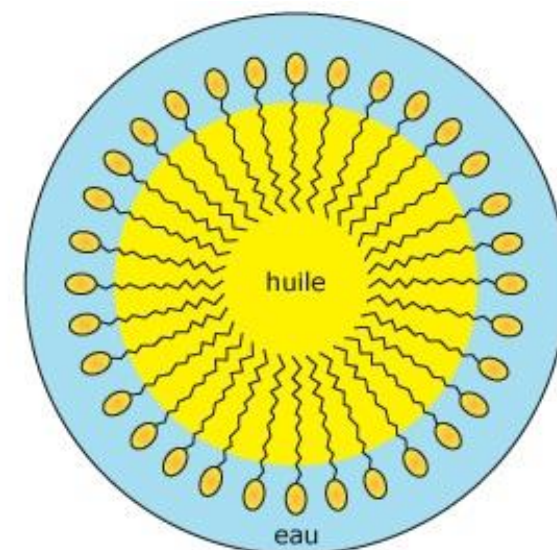


Glycérol

(a) Une des trois réactions de déshydratation dans la synthèse d'un triglycéride



Structure d'un lipide



Organisation d'une micelle

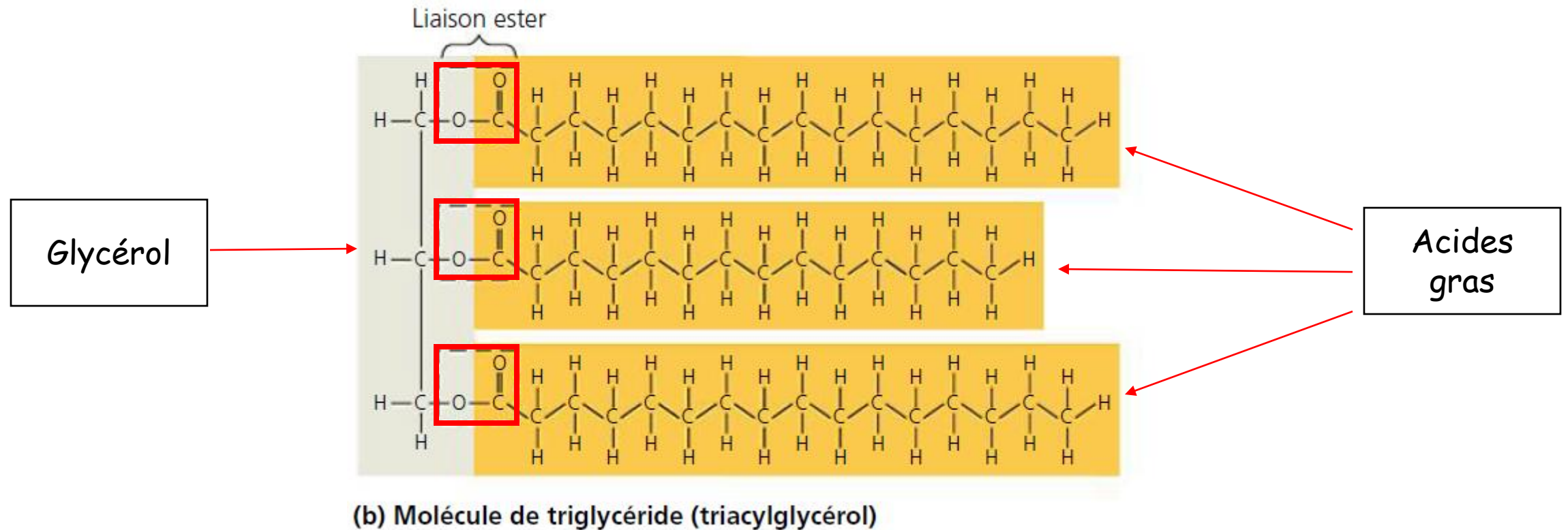
La chaîne d'hydrocarbures comporte des liaisons C—H non polaires, ce qui explique le caractère **hydrophobe** des triglycérides. Les molécules d'eau établissent des liaisons hydrogène entre elles, repoussant ainsi les triglycérides.

C'est la raison pour laquelle, dans une vinaigrette, l'huile végétale (un triglycéride liquide à la température ambiante) se sépare de la solution aqueuse de vinaigre !



Un triglycéride se forme alors lorsque 3 molécules d'acides gras s'unissent par des liaisons ester avec une molécule commune de glycérol. (Une **liaison ester** est une liaison entre un groupement hydroxyle et un groupement carboxyle.)

Le triglycéride produit est aussi appelé triacylglycérol



En nutrition, on utilise souvent les expressions *acides gras saturés* et *acides gras insaturés*. Cela fait référence à la structure de la **chaîne hydrocarbonée des acides gras**.

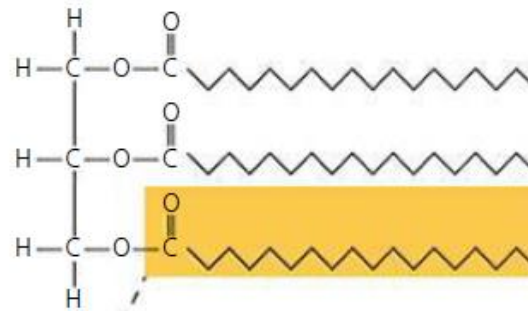
- S'il n'y a pas de liaisons doubles entre des atomes du squelette carboné, un maximum d'atomes d'hydrogène est lié à l'acide gras. Une telle structure est dite *saturée* d'hydrogène et forme ainsi un **acide gras saturé**.

(a) Triglycéride saturé

À la température ambiante, les molécules d'un triglycéride saturé, comme le beurre, sont étroitement agglomérées et forment un solide appelé **graisse**.



Formule développée d'une molécule de triglycéride saturé. (Chaque chaîne d'hydrocarbures est illustrée par une ligne en zigzag où chaque sommet représente un atome de carbone ; les hydrogènes ne sont pas montrés.)



Modèle compact de l'acide stéarique, un acide gras saturé (rouge = oxygène, noir = carbone, gris = hydrogène)



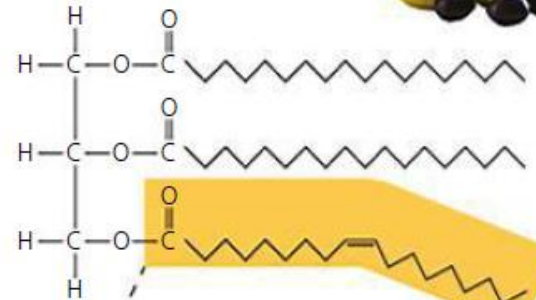
- Un **acide gras insaturé**, par contre, comporte **une ou plusieurs liaisons doubles**, et il y a **un atome d'hydrogène en moins sur chaque carbone engagé dans une telle liaison** ; on parlera alors d'acide gras monoinsaturé (une seule liaison double) ou polyinsaturé (deux liaisons doubles ou plus).

(b) Triglycéride insaturé (huile)

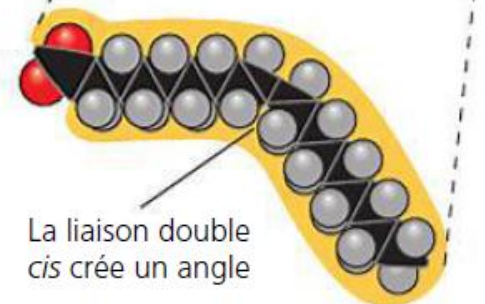
À la température ambiante, les molécules d'un triglycéride insaturé, comme l'huile d'olive, ne peuvent s'agglomérer suffisamment pour se solidifier en raison des angles dans certaines chaînes d'hydrocarbures de leurs acides gras.



Formule développée d'une molécule de triglycéride insaturé



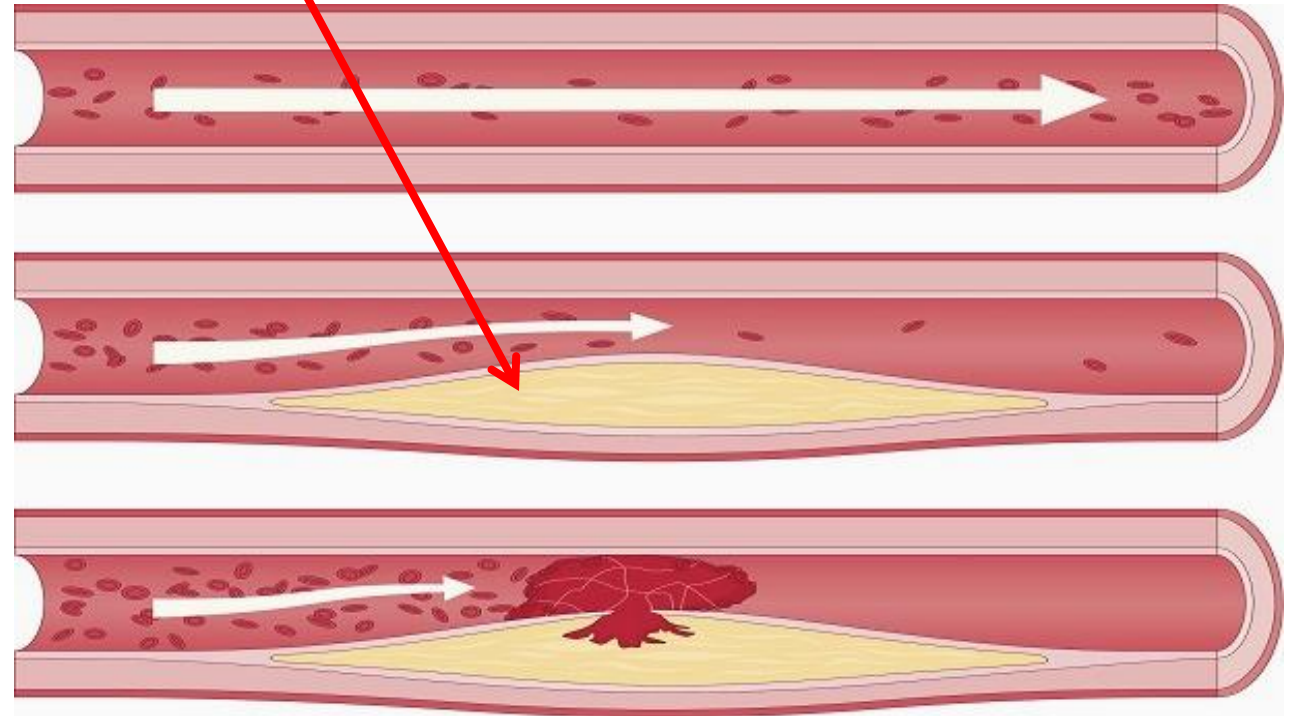
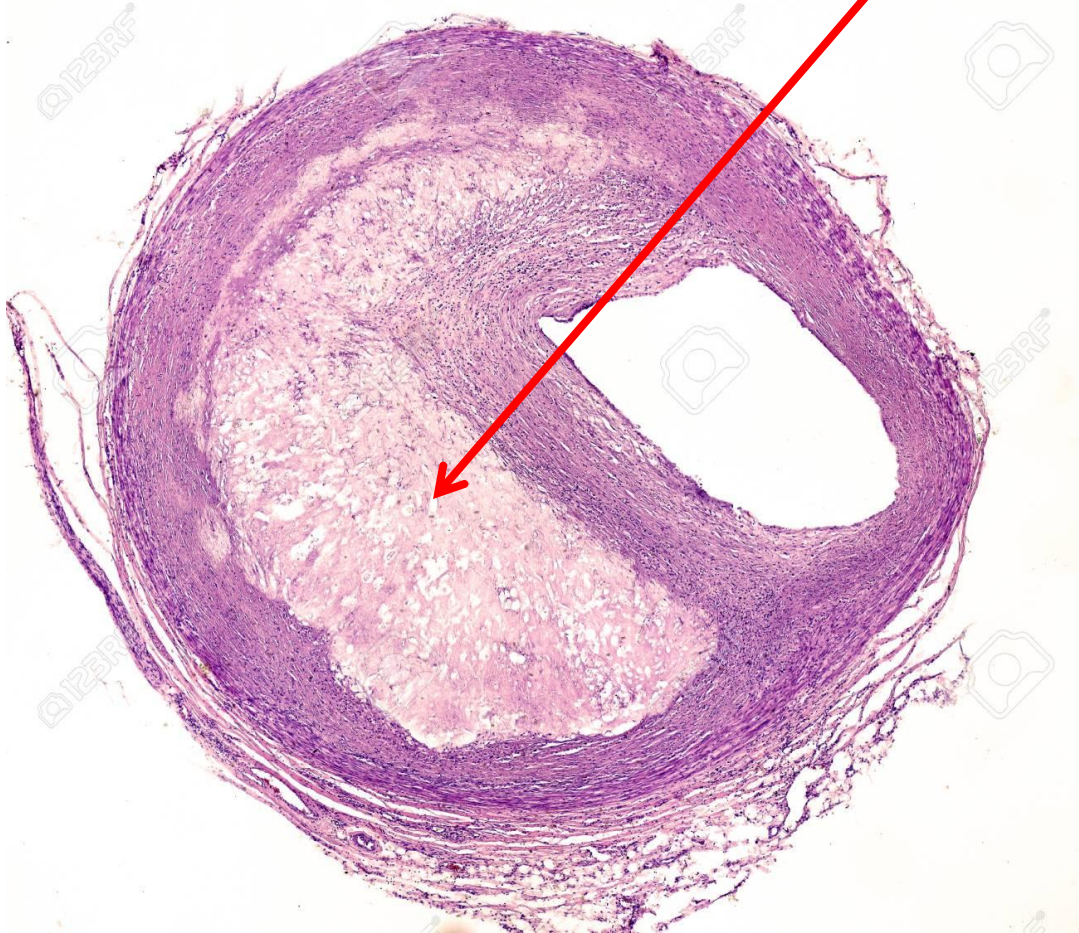
Modèle compact de l'acide oléique, un acide gras insaturé



La liaison double *cis* crée un angle

Un régime alimentaire riche en **triglycérides saturés** est un des facteurs qui contribuent à l'apparition de l'**athérosclérose**, une maladie cardiovasculaire.

Dans cette affection, des dépôts appelés **athéromes** se forment sur les parois des vaisseaux sanguins, créant des saillies internes qui entravent la circulation et réduisent l'élasticité des vaisseaux.



Certains **acides gras insaturés** doivent faire partie du régime alimentaire des êtres humains, car l'organisme est incapable de les synthétiser.

Ces **acides gras essentiels** comprennent les acides gras **oméga-3** (qui portent ce nom à cause de la liaison double sur la troisième liaison carbone-carbone à partir de l'extrémité de la chaîne carbonée).

Ils sont requis pour le développement normal des enfants et contribueraient, en outre, à prévenir les maladies cardiovasculaires chez les adultes.

Les poissons gras et certains triglycérides végétaux ou de palmiste sont riches en acides gras oméga-3.



Apport journalier recommandé : 1,3g par jour en moyenne

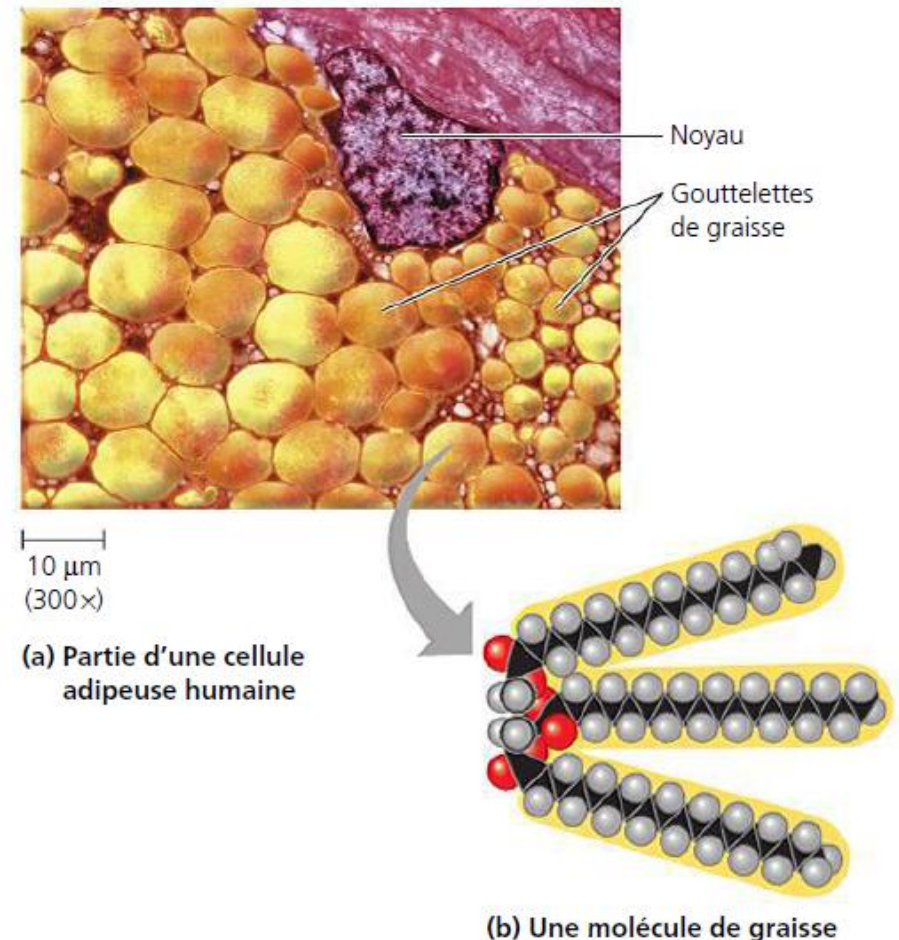
Informations nutritionnelles : quantité d'oméga 3 /100g			
			
Les graines de chia 15,7g	Les graines de lin 16,7g	Les amandes 0.0506 g	Les noix 9,08 g
			
La mâche 0.035 g	Les graines de chanvre 5,6g	Le chou fleur 0.105 g	Les noix de cajou 0.0935 g
			
L'huile de colza 8.24 g	Les noisettes 0.06 g	L'avocat 0,127 g	Les épinards 0,138 g

La fonction principale des triglycérides consiste à **emmagasiner de l'énergie**. Les hydrocarbures qu'ils contiennent ressemblent aux molécules d'essence et sont aussi riches en énergie.

1 g de triglycéride emmagasine **plus de deux fois** la quantité d'énergie contenue dans un gramme de polysaccharide comme l'amidon.

Les êtres humains et les autres Mammifères accumulent leurs **réserves d'énergie** à long terme dans leurs **cellules adipeuses**, qui s'emplissent ou se vident selon que le triglycéride y est emmagasiné ou en est retiré.

Le tissu adipeux sert aussi d'**amortisseur** protégeant les organes vitaux (les reins, par exemple). Le tissu adipeux sous-cutané assure également une **isolation thermique** ; il est particulièrement épais chez les baleines, les phoques et la plupart des autres Mammifères marins, afin de les protéger des eaux froides de la mer.

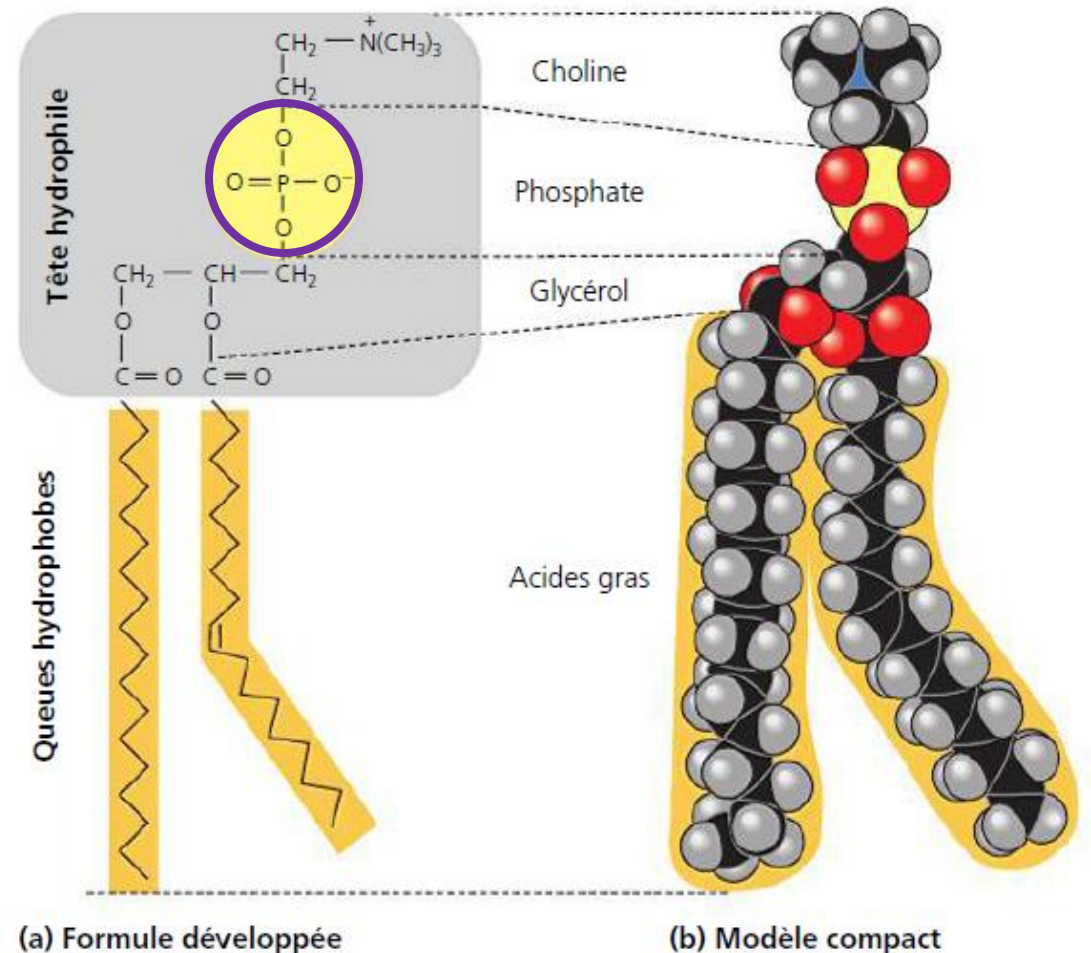


2. Les Phosphoglycérolipides

Un **phosphoglycérolipide** (*glycérophospholipides*, *phosphoglycérides* ou **phospholipides**) ressemble à 1 triglycéride, mais il ne possède que **2 acides gras au lieu de trois**.

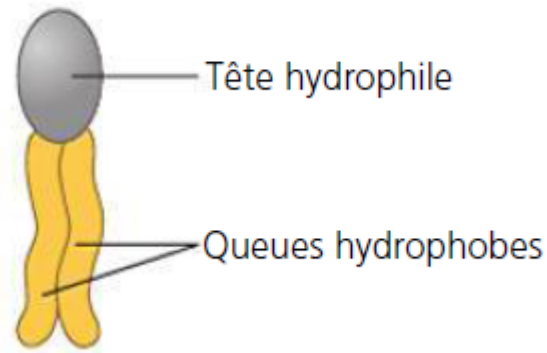
En effet, le **troisième groupement hydroxyle du glycérol est lié à un groupement phosphate porteur de charges négatives**.

De petites molécules additionnelles, habituellement chargées ou polaires, peuvent se lier à ce groupement phosphate et former divers phosphoglycérolipides.

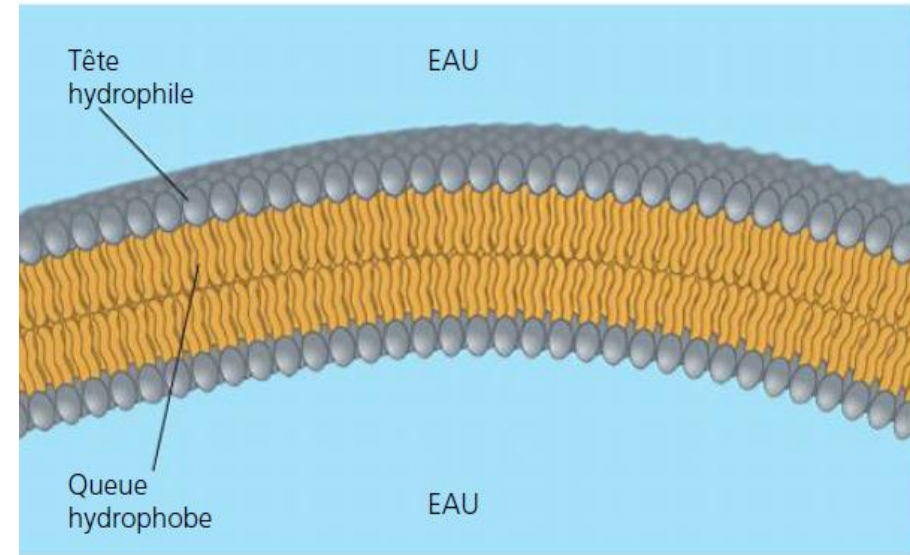


Les 2 extrémités des phosphoglycérolipides ont un **comportement différent** à l'égard de l'eau.

Les **queues hydrocarbonées** sont **hydrophobes** et sont isolées de l'eau.



(c) Symbole des phosphoglycérolipides

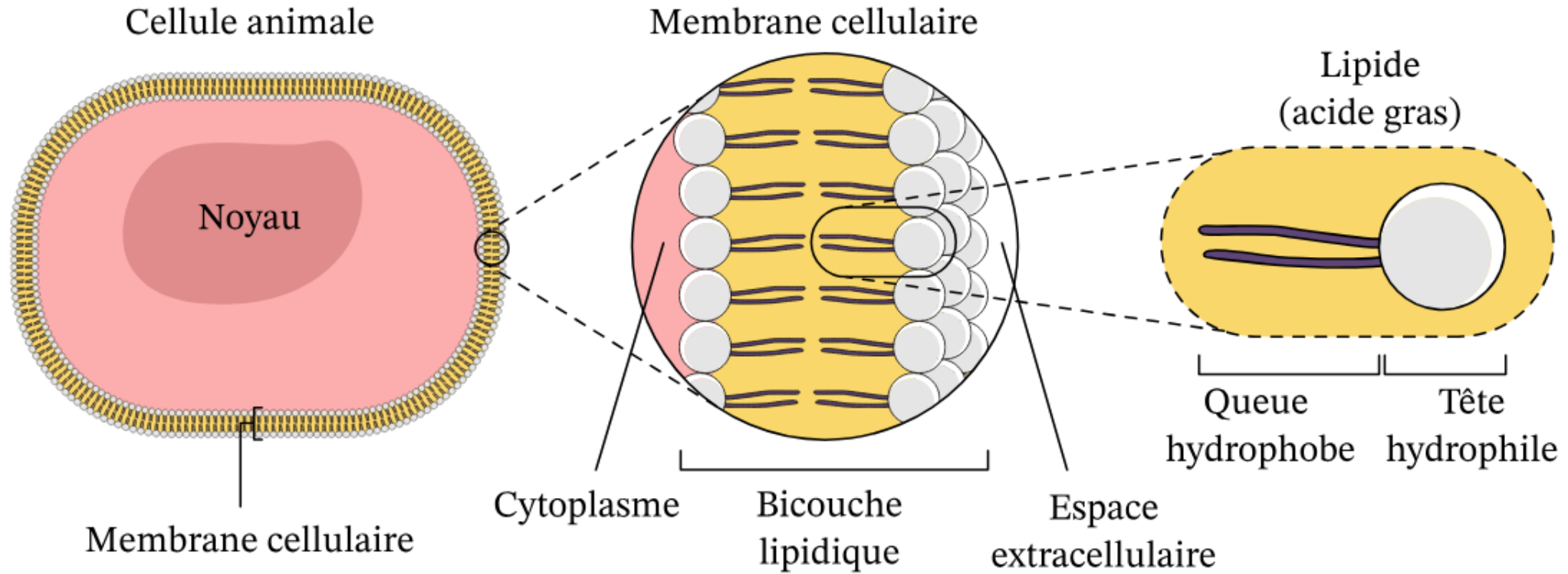


▲ **Figure 5.13** La structure en bicouche formée par l'agglomération

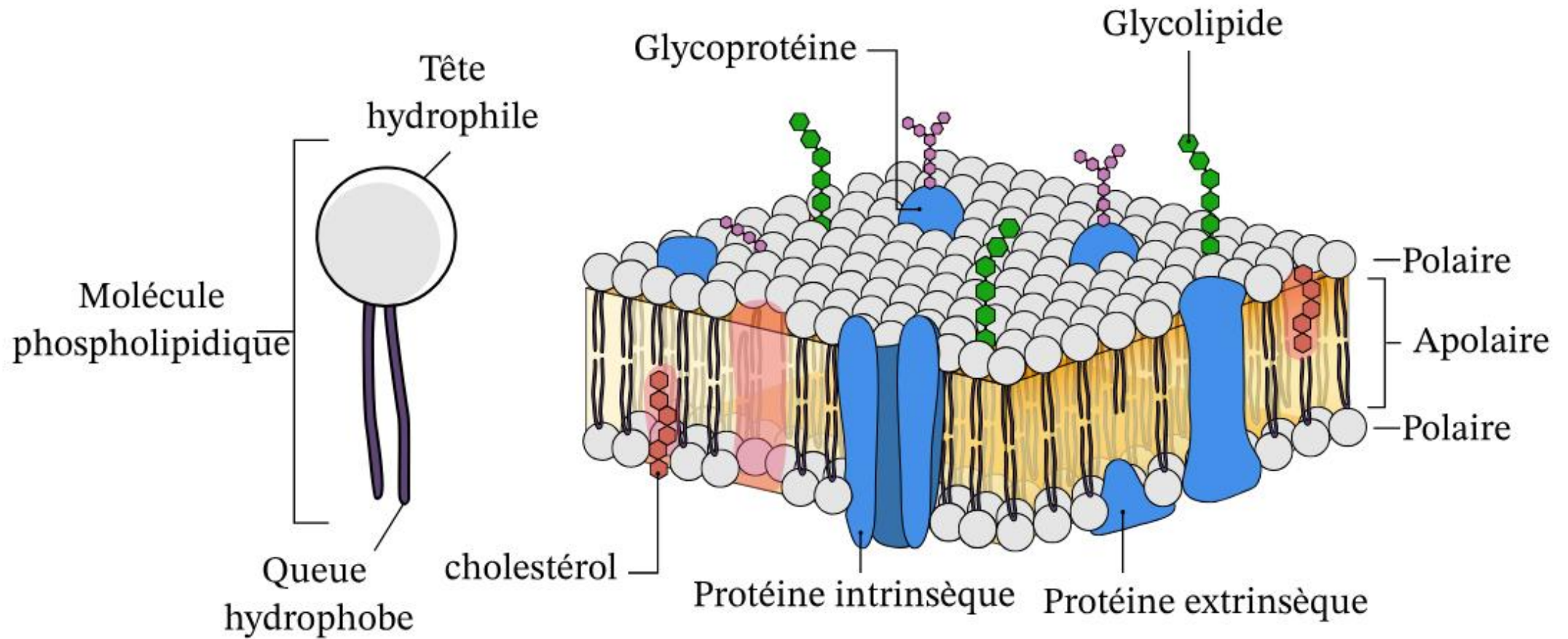
Par contre, le groupement phosphate et les molécules qui s'y rattachent forment une **tête hydrophile**, qui a une **affinité pour l'eau**.

Dans l'eau, les phosphoglycérolipides s'agglomèrent pour former des **structures en doubles couches**, appelées « **bicouches** », qui cachent leurs parties hydrophobes .

Structure de la membrane plasmique avec **double couche de phospholipides**



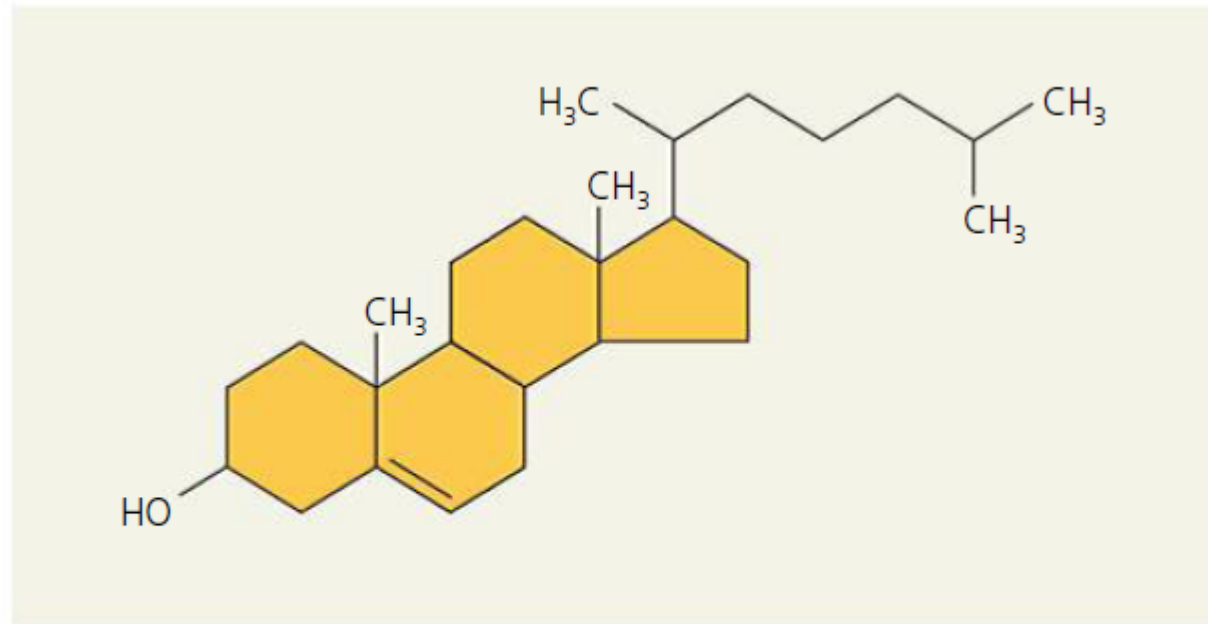
Structure de la membrane plasmique avec **double couche de phospholipides**



3. Les stéroïdes

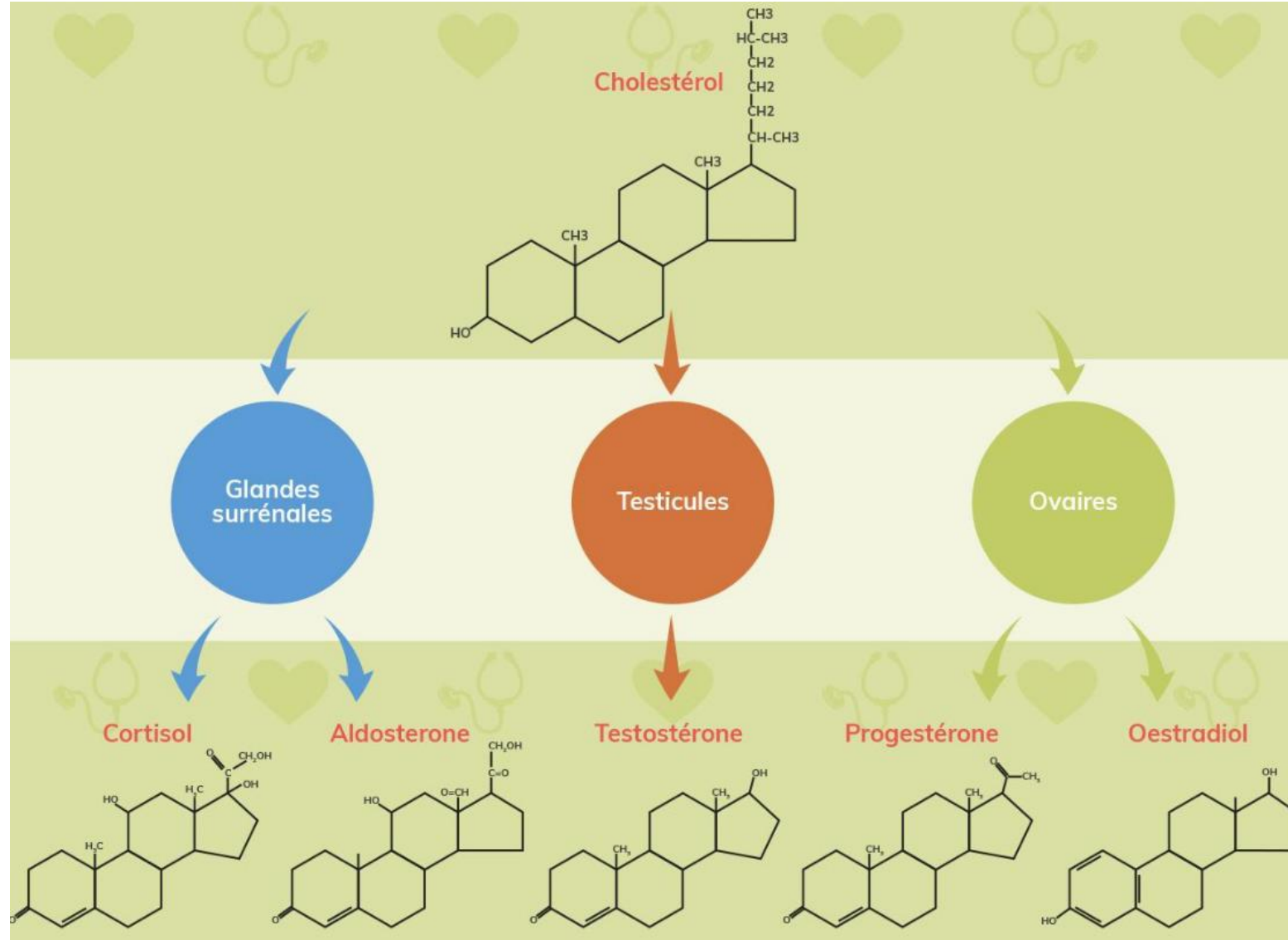
Les **stéroïdes** sont classés parmi les lipides en raison de leur **faible affinité pour l'eau** et non à cause de leur structure. Ces molécules se différencient des graisses et des huiles par leur squelette carboné formé de **quatre cycles accolés**.

Différents stéroïdes, comme le **cholestérol** et les **hormones sexuelles** des Vertébrés, se distinguent par les groupements fonctionnels particuliers attachés à l'ensemble des cycles.



▲ **Figure 5.14 Le cholestérol: un stéroïde.** Le cholestérol est le précurseur d'autres stéroïdes, comme les hormones sexuelles. Les stéroïdes diffèrent par les groupements chimiques qui se fixent à leurs quatre cycles accolés (illustrés en doré).

Le cholestérol est une molécule essentielle chez les Animaux.
Il est présent dans les membranes cellulaires animales et il constitue également le **précurseur** d'autres stéroïdes.



Chez les Vertébrés, une partie du cholestérol est synthétisée dans le foie et l'autre provient du régime alimentaire.

Un taux sanguin élevé de cette molécule peut causer de l'athérosclérose (en fait, les gras saturés et les gras *trans* exercent un effet négatif sur la santé en influant sur les taux de cholestérol).

