

Activité 8.1 – Solubilité des espèces dans l'eau

Objectifs :

- ▶ Comprendre la notion de liaison polaire.
- ▶ Comprendre la polarité de la molécule d'eau et la liaison hydrogène.
- ▶ Comprendre le lien entre liaison hydrogène et solubilité.

Contexte : En préparant un gâteau avec du caramel, Mehdi remarque que le sucre est soluble dans l'eau, mais que l'huile n'est pas soluble dans l'eau.

→ **Comment expliquer que certaines espèces chimiques sont plus solubles que d'autres dans l'eau liquide ?**

Document 1 – Liaison polaire

Une **liaison covalente** entre deux éléments dans une molécule est **polaire** si la répartition des électrons mis en commun est dissymétrique entre les deux éléments.

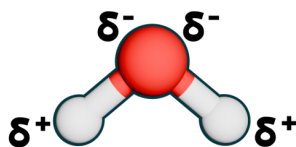
L'attraction des électrons par un élément dépend de son **électronégativité**, notée χ (« ki »). Plus l'électronégativité d'un élément est forte, plus il attire les électrons. Si on prend O et H, on voit qu'il y a une forte différence d'électronégativité ($\chi(O) - \chi(H) = 1,24 > 0,4$), ce qui indique que l'électron sera plus proche de l'oxygène que de l'hydrogène, la liaison O—H est **polaire**.

H $\chi = 2,20$						
Li $\chi = 0,98$	Be $\chi = 1,57$	B $\chi = 2,04$	C $\chi = 2,50$	N $\chi = 3,04$	O $\chi = 3,44$	F $\chi = 3,98$
Na $\chi = 0,93$	Mg $\chi = 1,31$	Al $\chi = 1,61$	Si $\chi = 1,90$	P $\chi = 2,19$	S $\chi = 2,58$	Cl $\chi = 3,16$

↑ Électronégativité de quelques éléments chimiques

Une liaison polaire implique que la molécule est légèrement chargée électriquement aux extrémités de la liaisons, avec une **charge négative** du côté de l'élément le plus électronégatif et une **charge positive** du côté de l'élément le moins électronégatif.

Document 2 – La molécule H₂O



L'eau est une molécule **polaire**, car

- la liaison O—H est une liaison polaire ;
- les charge δ^+ (« delta + ») et δ^- n'ont pas le même centre.

Autour de l'oxygène se trouve une zone chargée négativement de charge $2\delta^-$. Autour des deux hydrogènes se trouve deux zones chargées positivement de charge δ^+ . Ici δ est un nombre compris entre 0 et e la charge élémentaire.

Document 3 – Liaison hydrogène

La **liaison hydrogène** est une liaison électrostatique entre deux molécules polaires.

Comme les deux bouts opposés d'un aimant, les charges + et - s'attirent mutuellement. Contrai-

rement aux liaisons covalentes, les liaisons hydrogènes sont représentées en pointillés.

Pour les molécules du vivant, les liaisons hydrogène se forment quasiment toujours avec des groupes hydroxyle HO ou sur des groupes carbonyle $O=C$.

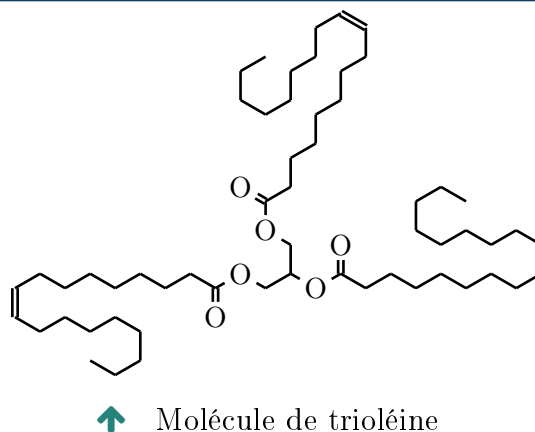
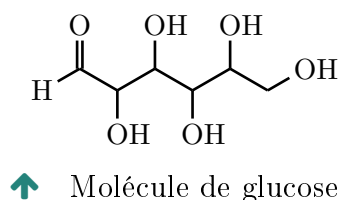
C'est parce que l'électronégativité du carbone et de l'oxygène sont différentes ($\chi(O) - \chi(C) > 0,4$), alors que les électronégativités du carbone, de l'hydrogène et de l'azote sont similaires.

Document 4 – Solubilité

- Un solvant est **polaire** s'il est composé de molécules polaires : l'eau est un solvant polaire.
- Un solvant est **apolaire** s'il n'est pas composé de molécules polaires : l'huile est apolaire.

Les solides polaires et ioniques se dissolvent facilement dans les solvants polaires, car des liaisons hydrogènes se forment entre les éléments du solide et les molécules du solvant, ce qui le dissout. Les solvants apolaires et polaires ne se mélangent pas.

Document 5 – Glucose et oléine



- 1 – En s'aidant du document 3, montrer que la molécule de glucose est polaire.
- 2 – Est-ce que la trioléine, qui compose l'huile d'olive, est polaire ?
- 3 – Expliquer pourquoi le sucre se mélange avec l'eau, mais pas avec l'huile d'olive.

Document 6 – Stockage des nutriments

La polarité d'une molécule va avoir un impact sur la façon dont elle peut être stockée dans l'organisme. Par exemple, les vitamines apolaires peuvent être stockées dans les graisses (elles aussi apolaires), ce qui permet de constituer des réserves, alors que les vitamines polaires vont être dissoutes dans le sang et évacuées par les urines.

Activité 8.2 – Hydrophilie, hydrophobie et micelle

Objectifs :

- ▶ Comprendre la notion d'hydrophilie et d'hydrophobie.
- ▶ Voir la structure d'une micelle.
- ▶ Voir schématiquement la structure d'une membrane plasmique.

Contexte : Tous les êtres vivants sur Terre sont composés de une ou plusieurs cellules. Les cellules possèdent une membrane plasmique, qui permet de séparer l'intérieur, le cytoplasme, du milieu extérieur.

→ Quelles molécules permettent de former une membrane plasmique ?

Document 1 – Hydrophilie et hydrophobie

Les molécules polaires sont dites **hydrophiles**, les molécules apolaires sont dites **hydrophobes**.

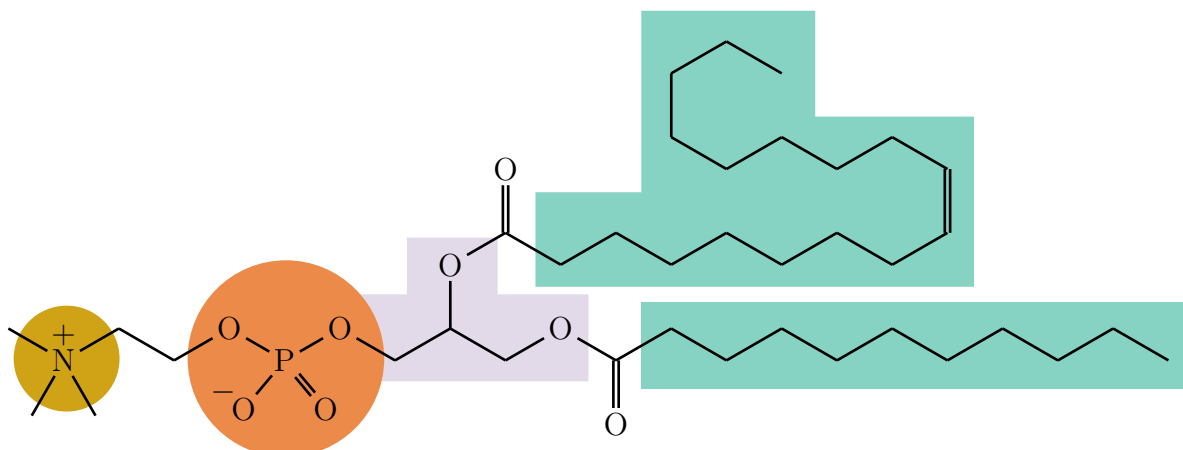
Une molécule hydrophile (« *qui aime l'eau* ») se mélangera bien dans l'eau, une molécule hydrophobe (« *qui n'aime pas l'eau* ») ne se mélangera pas avec de l'eau.

Document 2 – Molécules tensioactives

Une molécule est dite **tensioactive** si elle possède une partie **hydrophobe** et une partie **hydrophile**.

Les parties hydrophobes sont composées de carbones et d'hydrogènes (même électronégativité), tandis que les parties hydrophiles ont des azotes N, des oxygènes O et des phosphore P.

La plupart des lipides sont des tensioactifs. Les lipides sont composés d'une **tête hydrophile**, schématisé par un cercle, et d'une **queue hydrophobe**, schématisé par une vaguelette.



- ↑ Phospholipide composé de deux **acides gras** reliés à un groupe **phosphate** et un groupe **choline** par un **glycérol**.

- 1 – Entourer les deux groupes ester du phospholipide.
- 2 – Entourer le glycérol dans le phospholipide, puis donner sa formule brute.

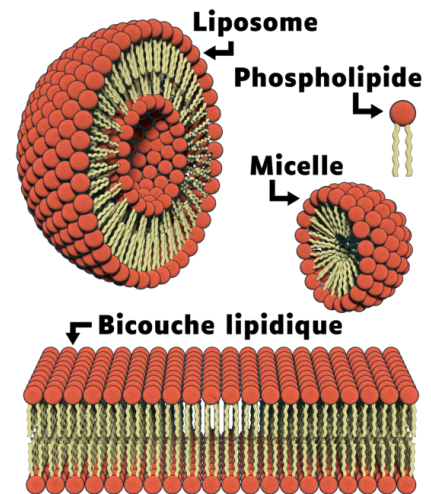
La formule du glycérol est $C_3H_8O_3$, c'est du propan-1,2,3-triol.

Document 3 – Micelles et couches-bilipidiques

La structure des molécules de lipides mène à la formation de structure particulière dans de l'eau liquide. Les queues hydrophobes étant repoussées par les molécules d'eau, elles vont s'agglomérer et former des structures où les queues sont isolées de l'eau environnante : **les micelles**, avec un intérieur sans eau.

Si on a deux couches courbées composées de phospholipides, **une couche bi-lipidique**, on peut avoir la formation de **liposomes**, si la courbure est forte. Si la courbure est plus faible, on a formation de la base **d'une membrane cellulaire**.

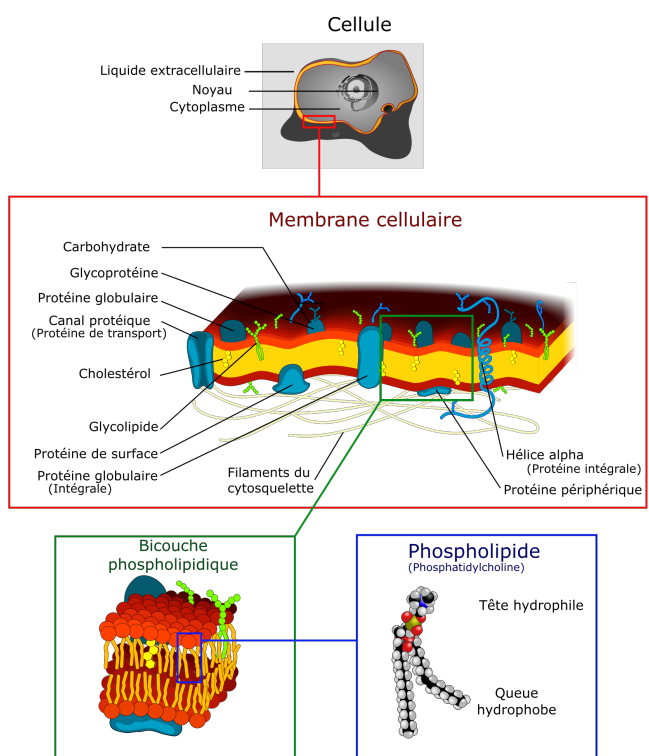
Dans les **couches bi-lipidiques** les deux couches de lipides ont leurs têtes hydrophiles orientée vers l'extérieur, ce qui permet à leur queue hydrophobes de ne pas rentrer en contact avec de l'eau. Ce sont les interactions électrostatiques entre les différentes parties de cette bicouche qui la pousse à former une sphère, avec un extérieur et un intérieur, comme une bulle de savon.



Document 4 – Membrane cellulaire

Les membranes cellulaires sont plus complexes qu'une simple couche bi-lipidique : elles sont aussi composées de **protéines**, qui permettent de renforcer la structure de la membrane cellulaire et de contrôler ce qui sort et ce qui entre de la cellule.

Les protéines sur la membrane plasmique font office de porte d'entrée pour la cellule. Elles régulent la concentration de certains oligo-éléments dans la cellule, ou ne laissent entrer que les protéines qui ont la bonne géométrie. Comme les membranes se forment à partir de liaison électrostatique et non à l'aide de liaisons covalentes, elles sont très souples et peuvent prendre des formes très variées. C'est le **cytosquelette** d'une cellule qui va déterminer sa forme, un peu comme les piquets d'une tente.



3 – Recopier le phospholipide du document 2, et entourer sa partie hydrophobe et sa partie hydrophile.

La partie hydrophobe est composée des deux acides gras. La partie hydrophile est composée du groupe choline et du groupe phosphate.

Activité 8.3 – Les aliments comme source d'énergie

Document 1 – Les aliments sont sources d'énergie

Le **métabolisme** est l'ensemble des réactions chimiques qui permettent aux cellules d'un organisme de fonctionner. Cet ensemble de réactions chimiques a besoin **d'énergie** pour avoir lieu et cette énergie est issue de la **dégradation des aliments avalés**.

Document 2 – Les différents types de nutriments

Pendant la digestion, les molécules complexes dans les aliments vont être fragmentées en nutriments simples par **hydrolyse** (« *délier avec l'eau* » en grec). Les nutriments sont ensuite transportés jusqu'aux organes et aux muscles. On peut distinguer deux types de nutriments :

- les **macronutriments énergétiques** qui doivent être apportés en grande quantités à l'organisme et servent de sources d'énergie. Ce sont les **glucides**, les **lipides** et les **protéines**.
- les **micronutriments** qui doivent être apportés en plus petites quantités à l'organisme et ne servent pas à produire de l'énergie. Ce sont les **vitamines**, les **minéraux** et les **oligoéléments** (oligo veut dire « *peu abondant* » en grec).

Document 3 – Avoir une alimentation équilibrée

Aucun aliment seul ne contient tous les nutriments nécessaires au bon fonctionnement du corps humain. Il faut donc avoir une **alimentation variée**, avec au minimum **5 fruits et légumes par jour**, c'est-à-dire au moins **5 portions de fruits et légumes par jour**.

« Une **[portion] de légumes** (frais, surgelés ou en conserve) représente 80 à 100 grammes. Cela peut correspondre à, par exemple :

- 1 petite assiette de crudités ou de légumes cuits ;
- 1 tomate moyenne ou 1 carotte ;
- 1 bol de soupe (250 ml) ou 1 part de gratin de légumes.

Une **portion de fruits** correspond par exemple à :

- 1 pomme, 1 poire ou 1 banane ;
- 2 clémentines, 2 kiwis ou 2 gros abricots ;
- 1 petit bol de salade de fruits ou de fruits au sirop (à consommer sans le sirop) ;
- 1 petit pot de compote sans sucre ajouté.

Jus de fruits et yaourts aux fruits : zéro portion de fruit. »

<https://www.ameli.fr>

Les fruits et légumes sont essentiels, car ils contiennent des **fibres alimentaires**, qui permettent d'avoir un **microbiote intestinal** sain et fonctionnel.

Il faut par ailleurs respecter l'apport énergétique (AE) recommandé par l'agence nationale de la santé :

- 35 à 40 % des apports énergétique doivent venir des lipides ;
- 10 à 20 % des apports énergétique doivent venir des protéines ;
- 40 à 55 % des apports énergétique doivent venir des glucides.

Document 4 – Valeur énergétique des aliments

La valeur énergétique d'un aliment est exprimée en kilojoules noté kJ.

Pour des raisons historiques, on peut aussi l'exprimer en **calorie** noté cal ou en kilocalories noté kcal. Une **calorie** est l'énergie requise pour augmenter de 1 °C un gramme d'eau.

La valeur énergétique d'un aliment correspond à la chaleur produite pendant leur combustion avec du dioxygène dans l'organisme. Pour calculer la valeur énergétique d'un aliment, il faut faire la somme de l'énergie apporté par les glucides, les lipides et les protéines.

L'énergie fournie par les macronutriments est de

- 38 kJ · g⁻¹ pour les lipides ;
- 17 kJ · g⁻¹ pour les glucides.
- 17 kJ · g⁻¹ pour les protéines ;

Données :

- 1 cal = 4,18 J
- 1 kJ = 1 000 J
- A 18 ans, la ration alimentaire recommandée est de 2 300 kcal par jour.

Pour calculer la valeur énergétique d'un aliment, on additionne l'énergie fournie par les glucides, les protéines et les lipides

$$E_{\text{aliment}} = (m_{\text{glucide}} + m_{\text{protéine}}) \times 17 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1} + m_{\text{lipide}} \times 38 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$$

Document 5 – Exemple d'un repas du déjeuner

À la cantine le repas suivant est servi :

- 100 g de quinoa cuit ;
- 150 g de steak de soja ;
- 40 g de clémentine ;
- 25 g de pain complet.

Composition en g pour 100 g d'aliment	Glucide	Lipides	Protéines
Quinoa cuit	21	1,9	4,4
Steak de soja	0	9,0	20
Clémentine	12	0,19	0,8
Pain complet	44	1,5	9,0

1 — Calculer la valeur énergétique E de chaque aliment pour 100 g

2 — Calculer la valeur énergétique totale du repas fourni à la cantine.

3 — Vérifier si ce repas fourni 35 % de la ration alimentaire journalière pour un-e ado.

Activité 8.4 – Production d'énergie dans la cellule

Objectifs :

- ▶ Comprendre que la cellule utilise la combustion du glucose comme source d'énergie.
- ▶ Comprendre que cette énergie est stockée dans des adénosines triphosphate, qui servent de « batteries » moléculaire, grâce à une réaction d'hydrolyse.

Contexte : Au sein des cellules, il y a un ensemble très complexe de processus chimiques et physiques pour fabriquer des protéines et assurer un ensemble très varié de fonctions biologiques. Ces processus ont besoin d'un apport constant d'énergie pour fonctionner.

→ **Comment de l'énergie est produite au sein d'une cellule ?**

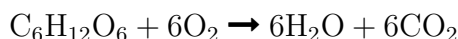
Document 1 – La respiration cellulaire

La **respiration cellulaire** est l'ensemble des mécanismes chimiques, permettant de produire et de stocker de l'énergie dans les molécules **d'adénosine triphosphate** (notée ATP) au sein des cellules, à partir de la combustion du glucose.

Les cellules possèdent deux moyens de fabriquer de l'ATP à partir de la combustion du glucose :

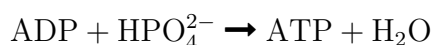
- La filière aérobie (« *vie avec air* » en grec), qui a lieu en présence de dioxygène O_2 , dans les **mitochondries** et qui produit jusqu'à 36 ATP.
- La filière anaérobie (« *vie sans air* » en grec), qui a lieu en absence de dioxygène O_2 , dans le **cytosol**. Elle produit 2 ATP et de l'acide lactique.

Pour la filière aérobie, le glucose de formule brute $C_6H_{12}O_6$ va réagir avec le dioxygène O_2 issue du sang au cours d'une réaction de combustion



Cette réaction d'oxydoréduction génère un flux d'électrons échangés qui va permettre d'enclencher un ensemble de réactions appelées **cycle de Krebs** au sein des mitochondries.

Chaque cycle de Krebs produit de l'ATP à partir **d'adénosine diphosphate** (notée ADP), grâce à une enzyme : **l'ATP-synthase**, qui se trouve dans les crêtes mitochondriales. La production d'ATP peut se résumer par la réaction suivante



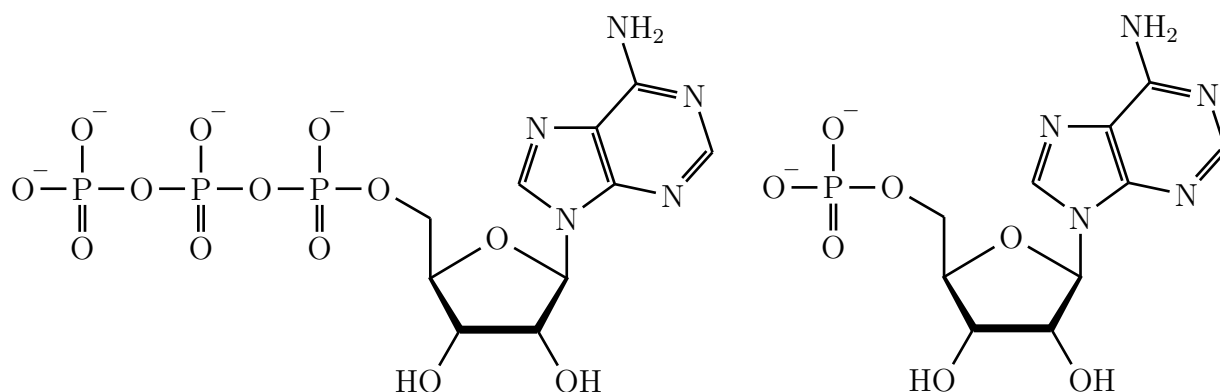
L'ATP permet de stocker l'énergie dans la cellule sous une forme facilement récupérable.

Document 2 – L'adénosine triphosphate : une réserve d'énergie pour les cellules

Dans les cellules, l'énergie est stockée dans une molécule : l'adénosine triphosphate (notée ATP). En entrant en contact avec l'eau contenue dans la cellule, l'adénosine triphosphate va se transformer en adénosine diphosphate (notée ADP), en libérant de l'énergie directement utilisable par la cellule



Cette réaction s'appelle **l'hydrolyse de l'adénosine triphosphate**. Elle permet à la cellule de fonctionner en récupérant l'énergie stockée dans les molécules d'ATP.



↑ Formule topologique de l'ATP, l'adénosine triphosphate. L'adénosine triphosphate est constituée de trois groupes phosphate et d'une adénosine (ribose + adénine).

Données :

- $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $M(\text{N}) = 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

↑ Formule topologique de l'ADP, l'adénosine diphosphate. L'adénosine diphosphate est constituée de deux groupes phosphate et d'une adénosine (ribose + adénine).

- $M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $M(\text{P}) = 31 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

1 — Écrire la formule semi-développée de la molécule d'adénosine triphosphate (ATP). Entourer et nommer les groupes caractéristiques que vous reconnaissez.

2 — Donner la formule brute de l'ATP.

3 — Calculer la masse molaire de l'ATP.

4 — Au cours d'un exercice physique prolongé, l'apport en dioxygène diminue et de l'acide lactique se forme dans les cellules, ce qui mène à des crampes et des douleurs musculaires. Expliquer cette formation d'acide lactique à l'aide du document 1.

5 — Réaliser une carte mentale qui synthétise les différentes étapes de production, stockage et récupération de l'énergie dans une cellule.

TP 8.1 – Contrôle de la glycémie

Document 1 – Mesurer la glycémie

Pour contrôler la glycémie d'une personne, on peut prélever une goutte de sang et mesurer la concentration massique en glucose. Le principe est le suivant : on utilise des bandelettes qui contiennent une enzyme, la glucose oxydase. Le glucose contenu dans le sang va réagir chimiquement en présence de glucose oxydase et former des ions hydrogène H^+ et du dioxygène O_2 . La production d'ions hydrogène va entraîner l'apparition d'un faible courant électrique. L'intensité du courant dans la bandelette va donc varier avec concentration de glucose dans le sang.

Document 2 – Étalonnage de la bandelette

Pour pouvoir mesurer une concentration en glucose avec une bandelette, il faut l'étalonner en mesurant l'intensité du courant pour plusieurs solutions étalon.

Un fabricant a mesuré les valeurs suivantes :

$c_m(\text{glucose}) \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$	1,2	2,12	2,88	4,11	4,92	6,03	6,85	7,87	9,18	10,09
I du courant μA	11,85	21,39	28,66	41,1	49,28	60,3	68,41	78,6	91,8	100,73

Document 3 – Conversion d'une concentration massique en concentration molaire

Pour passer d'une concentration massique c_m à une concentration molaire c , il faut utiliser la relation suivante

$$c = \frac{c_m}{M}$$

avec M la masse molaire de l'espèce chimique dont on mesure la concentration.


Données :

— $M(\text{glucose}) = 180,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Document 4 – Taux normaux de glycémie

	à jeun	2h après le repas	femme enceinte à jeun	femme enceinte 2h après le repas
Taux normaux de glycémie	3,9 à $5,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	3,9 à $7,7 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	3,9 à $5,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	3,9 à $6,6 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

Ces valeurs augmentent de $0,6 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ par décennie après 50 ans.

1 — À l'aide d'un programme python ou d'un tableur, tracer la concentration molaire du glucose en fonction de l'intensité du courant.  il faut convertir la concentration massique !

2 — Utiliser une régression linéaire pour obtenir la relation entre concentration molaire du glucose en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ et intensité du courant en μA dans la bandelette.

3 — Des médecins ont mesuré une intensité de $15,4 \mu\text{A}$ pour une femme de 60 ans, deux heures après son déjeuner. En utilisant toutes les données fournies, indiquer si la femme a une glycémie normale.

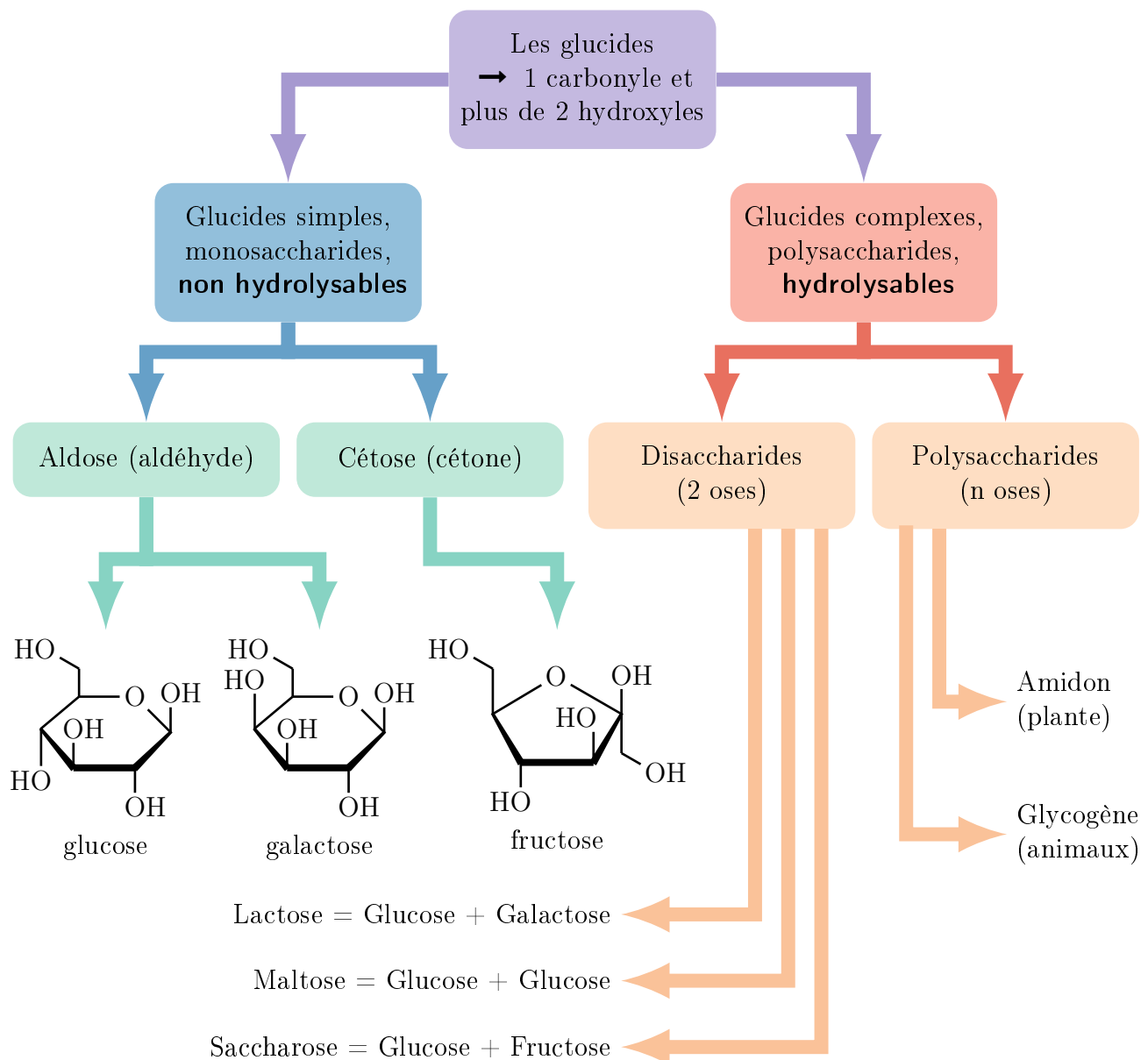
Activité 8.5 – Stockage des glucides dans l'organisme

Document 1 – Classification des glucides

Les **glucides** sont des molécules organiques possédants **1 groupe carbonyle C=O** et **au moins 2 groupes hydroxyles HO ou OH**.

Dans nos organismes, les briques de bases des glucides sont trois molécules isomères de formules brutes $C_6H_{12}O_6$: le **glucose**, le **fructose** et le **galactose**. Tous les autres glucides sont des **polymères** de ces sucres simples.

Un **polymère** est une macromolécule assemblée à partir d'une même unité de base répétée plusieurs fois. Les molécules composant le polymère sont appelées **monomères** et leur nombre de répétition est appelé **indice de polymérisation**.



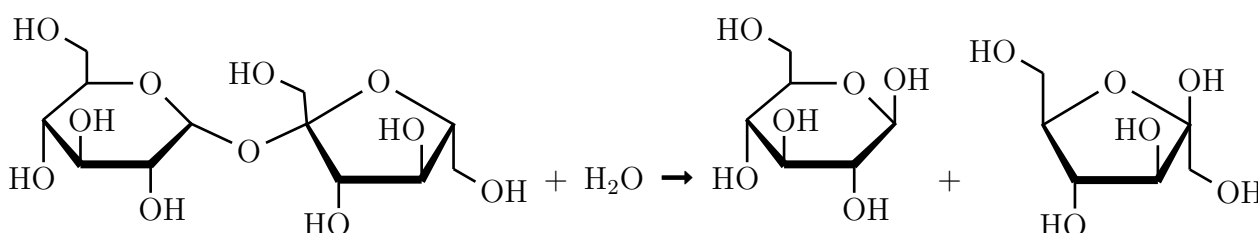
Le maltose est un polymère du glucose avec un indice de polymérisation de 2. L'amidon et le glycogène sont des polymères du glucose avec un indice de polymérisation allant de 600 à 100 000.

Document 2 – Hydrolyse des glucides

Les glucides complexes servent de **réserve d'énergie** pour l'organisme. Cette énergie stockée peut être récupérée au cours d'une réaction **d'hydrolyse**, ou le glucide complexe va être coupé en un polymère plus petit et un monomère, ou deux monomères pour les disaccharides.

Pour que la réaction d'hydrolyse ait lieu, il faut que le milieu dans lequel se trouvent les glucides complexes **soit acide** ou qu'il contienne **une enzyme** adaptée pour couper le glucide.

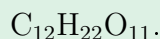
► *Exemple* : Réaction d'hydrolyse du saccharose en milieu acide ou en présence de saccharase :



1 – Identifier les deux espèces chimiques formées pendant l'hydrolyse du saccharose.

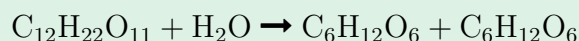
À gauche on a le glucose, à droite on a le fructose.

2 – Donner la formule brute du saccharose.



3 – Réécrire la réaction d'hydrolyse du saccharose en utilisant uniquement les formules brutes des molécules.

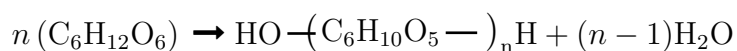
Le saccharose est coupé en deux par l'eau pour former un glucose et un fructose :



Document 3 – Stockage des glucides

Quand le glucose présent dans le sang n'est pas utilisé comme carburant par un organisme, il est stocké sous forme **de glycogènes** (chez les animaux) ou **d'amidon** (chez les plantes).

Le **glycogène** (« *origine du glucose* ») est un polymère de glucose, formé dans l'organisme au cours d'une réaction de **polycondensation**, c'est-à-dire une réaction de condensation en chaîne du glucose, selon l'équation suivante :



Ce glycogène constitue une réserve d'énergie facilement synthétisable et facilement accessible pour l'organisme par hydrolyse.

Une autre façon de stocker le glucose est de former des **acides gras**, puis des **triglycérides**, qui seront stockés dans les **tissus graisseux** chez les animaux. La formation de triglycérides à partir de glucoses est réalisée dans le foie et implique plusieurs protéines, qui jouent un rôle de régulation et d'enzymes nécessaires pour synthétiser des triglycérides.

On retiendra que les organisme stockent l'énergie contenue dans le glucose sous deux formes :

- le glycogène pour former des réserves rapidement. C'est la source d'énergie qui est utilisée en premier par les cellules.
- les triglycérides pour former des réserves sur la durée, qui seront utilisées en cas d'absence de glycogène. À masse égale, les triglycérides libèrent 6 fois plus d'énergie que les glycogènes.