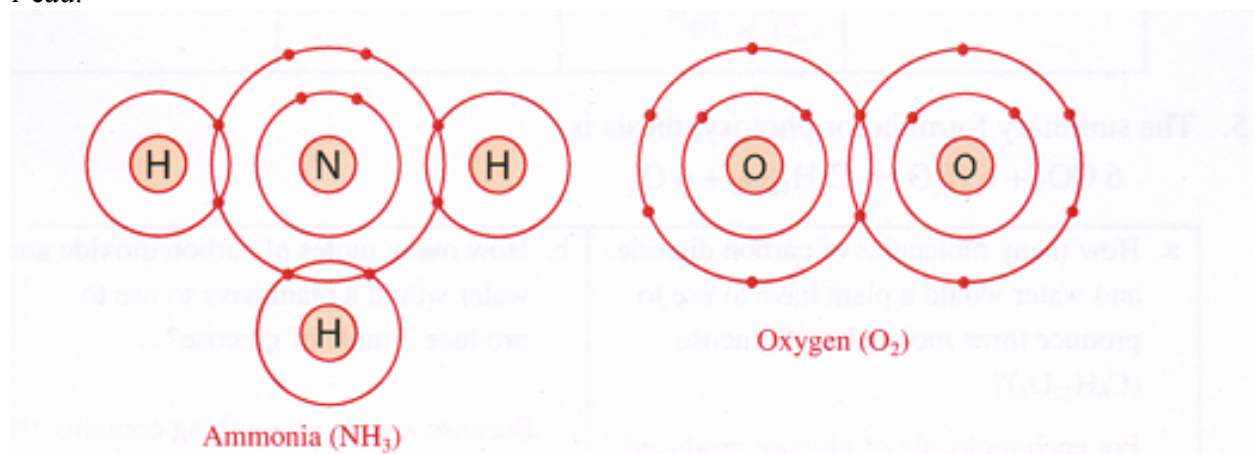


## EXERCICES : LES MOLÉCULES DE LA VIE

1. Le tableau 1 (annexe 1) énumère les éléments chimiques qui se produisent naturellement dans le corps humain. Des pourcentages similaires de ces éléments se trouvent dans la plupart des organismes vivants.

a. dans quelle forme chimique abiotique (non-vie) trouve-t-on, souvent, ces éléments dans la nature ?	b. Sous quelle forme chimique les animaux obtiennent-ils ces éléments ?	c. Sous quelle forme chimique les plantes obtiennent-ils ces éléments ?
<p>sous forme de <math>\text{CO}_2</math>, <math>\text{N}_2</math> et <math>\text{O}_2</math> dans l'atmosphère</p> <p>Sous forme de <math>\text{H}_2\text{O}</math>, <math>\text{PO}_4</math> et S dans la Terre</p>	<p>Excepté le dioxygène et l'eau, les animaux obtiennent la majorité de ces éléments sous forme de composés organiques (Ex. <math>\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6</math>)</p>	<p>Les Végétaux obtiennent</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- C sous forme de <math>\text{CO}_2</math></li> <li>- N sous forme d'ammoniaque, de nitrates ou de nitrites</li> <li>- P sous forme de <math>\text{PO}_4</math></li> <li>- S sous forme de sulfures</li> </ul> <p>En d'autres termes les plantes obtiennent ces éléments sous forme de composés inorganiques</p>

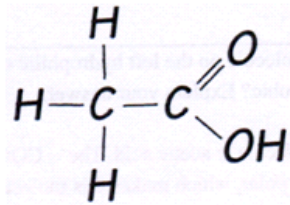
2.  $\text{O}_2$  et  $\text{NH}_3$  sont deux petites molécules trouvées dans les cellules.  $\text{NH}_3$  est extrêmement soluble dans un milieu aqueux de la cellule, alors qu' $\text{O}_2$  est relativement insoluble. Quelles la base de cette différence de solubilité entre ces deux molécules ? Pour répondre à cette question, dessinez les diagrammes de valence (dernière couche électronique) de ces deux molécules. Compte tenu de ces diagrammes, considérez les interactions que peut avoir chacune des deux molécules avec l'eau.



L'ammoniaque est une molécule polaire, tout comme la molécule d'eau. Le N dans cette molécule est relativement négatif et les H sont relativement positifs. Cela rend la molécule  $\text{NH}_3$  polaire, qui tend à être soluble dans l'eau contrairement à  $\text{O}_2$  qui n'est pas une molécule polaire.

3. Reportez-vous aux pages 20-21 du polycopié, qui décrivent ces types de liaisons chimiques : liaison covalente polaire et non polaire, liaisons ioniques, liaisons hydrogène et interactions *van der Waals*. Les électronégativités de H, C et O sont respectivement : 2,1 ; 2,5 et 3,5.

Expliquez comment vous pouvez déterminer le type de liaison reliant C à H, C à C, C à O et C à OH de cette molécules ci-dessous (CH<sub>3</sub>COOH).



La meilleure façon de définir le type de liaison est de déterminer l'EN (électronégativité ou attraction d'un atome pour des électrons) de chaque atome. En règle générale, plus la couche de valence est remplie, plus l'EN est élevé. En plus, moins on a d'électrons dans la couche de valence plus l'EN est grande. En conséquence, l'EN dans la table périodique, augmente de la gauche vers la droite et diminue du haut vers les bas.

Pour déterminer le type de liaison (covalente non polaire, covalente polaire ou ionique, vous avez besoin de déterminer la différence d'EN ( $\Delta EN$ ) entre les atomes qui forment la molécule. Si  $\Delta EN$  est petite :  $<0.5$ , la liaison est probablement covalente non polaire, si  $\Delta EN$  est grande :  $>1.6$ , la liaison est ionique. Des valeurs intermédiaires :  $0.5 < \Delta EN < 1.6$  : ça donne lieu à des liaisons covalentes polaires. Ci-dessous quelques valeurs de EN de certains éléments chimiques :

H= 2.1						
Li= 1.0	Be= 1.5	B= 2.0	C= 2.5	N= 3.0	O= 3.5	F= 4.0
Na= 0.9	Mg= 1.2	Al= 1.5	Si= 1.8	P= 2.1	S= 2.5	Cl= 3.0

## II. Propriétés de l'eau

1. Les composés capables de former des liaisons hydrogène avec l'eau sont dits « hydrophiles » (aimant l'eau). Ceux ne formant pas des liaisons hydrogène avec l'eau sont dits « hydrophobes » (fuyant l'eau).

	<p>Cette molécule est-elle hydrophile ou hydrophobe ? expliquez votre réponse.</p> <p>Le groupement -COOH est polaire, ce qui donne le caractère hydrophile à cette molécule.</p>
--	---

2. En plus d'être polaire, la molécule d'eau peut se dissocier en protons (H<sup>+</sup>) et en ions hydroxyde (OH<sup>-</sup>). La concentration de chacun de ces ions dans l'eau pure est de 10<sup>-7</sup>. Une autre façon d'exprimer la concentration des H<sup>+</sup> est : un H<sup>+</sup> pour chaque 10 millions ou un OH<sup>-</sup> pour chaque 10 millions de molécules.

a) la concentration de H<sup>+</sup> dans une solution peut être représentée par la valeur de son pH

Le pH = -log [H<sup>+</sup>]. Quel est le pH de l'eau pure ?

[H<sup>+</sup>] de l'eau pure est de 10<sup>-7</sup>. Log 10<sup>-7</sup> = -7. Donc, -log10<sup>-7</sup> = 7

b) Reportez-vous au diagramme de la molécule de l'acide acétique de la question 1. Le groupe fonctionnel COOH peut être ionisé et produire des ions  $H^+$  dans la solution. Si vous ajoutez de l'acide acétique à l'eau en augmentant  $[H^+]$  à  $10^{-4}$ , quel est le pH de cette solution ?

Le pH d'une solution avec  $[H^+] = 10^{-4}$  est égale à 4

3. La vie sur Terre ne peut exister sans l'eau. Toutes les réactions chimiques de la vie se produisent en solutions aqueuses. La molécule d'eau est polaire et elle est capable de former des liaisons hydrogène avec des molécules polaires ou chargées. Par conséquent, l'eau est caractérisée par les propriétés suivantes :

1. Les molécules  $H_2O$  sont cohésives ; elles forment des liaisons hydrogène entre elles.
2. Les molécules  $H_2O$  sont adhésives ; elles forment des liaisons hydrogène avec des surfaces polaires.
3. L'eau est liquide aux températures physiologiques (dans le corps).
4. L'eau a une chaleur spécifique élevée.
5. L'eau a une chaleur de vaporisation élevée
6. L'eau est plus dense mois de  $0^\circ C$ .

Expliquez comment les propriétés de l'eau sont-elles reliées aux phénomènes décrits ci-dessous. Plus d'une propriété peut être utilisée pour expliquer un phénomène donné.

a) En hiver, les températures de l'air de l'Europe du Nord peuvent descendre sous le  $0^\circ C$  pendant plusieurs mois ; cependant, les poissons et d'autres animaux vivant dans les lacs et dans les mers survivent.

La plus grande densité de l'eau est à  $4^\circ C$ . L'eau à  $0^\circ C$  est moins dense que l'eau à  $4^\circ C$ . En plus, plus l'eau gèle, plus elle prend des structures cristallines et devient de la glace. La glace a une densité de  $0.92 \text{ g/cm}^3$ , l'eau à  $0^\circ C$  a une densité de  $0.99 \text{ g/cm}^3$ , et l'eau pure à  $4^\circ C$  a une densité de  $1.0 \text{ g/cm}^3$ . La glace flottant dans un lac agit comme une isolation ce qui fait que la plupart des lacs ne gèlent pas dans les profondeurs, donnant lieu à un environnement propice à la vie des animaux lacustres.

b) Plusieurs substances — par exemple, le sel ( $NaCl$ ) et le sucre — se dissolvent rapidement dans l'eau.

La molécule d'eau est très polaire. L'attraction des molécules polaires de l'eau pour les ions  $Na^+$  et  $Cl^-$  de  $NaCl$  est assez forte pour permettre leur dissociation et leur interaction avec les molécules d'eau. (c'est le phénomène de dissolution).

c) Quant vous mettez de l'eau dans un cylindre gradué, un ménisque se forme à la surface. L'eau est attirée par les molécules polaires du verre (ou du plastique) du cylindre. En même temps, elles sont eux-même ( $H_2O$ ) attirées les unes aux autres. En conséquence, certaines molécules d'eau s'associent avec les molécules du cylindre et sont tirées vers le haut des bords du cylindre.

d) La sudation et l'évaporation de l'eau à la surface du corps aident à diminuer la température du corps humain.

L'eau a une chaleur spécifique élevée. Elle est de  $1 \text{ cal/g/}^\circ C$ . En d'autres termes, Il faut une chaleur de 1 calorie pour qu'1 g d'eau change sa température de  $1^\circ C$ . L'eau a aussi une chaleur de vaporisation élevée ( $540 \text{ cal/g}$  à  $100^\circ C$ ). ce qui peut être considéré comme une chaleur

supplémentaire nécessaire pour briser les liaisons hydrogènes des molécules d'eau et passer de l'état liquide à l'état solide. Et donc, l'évaporation de l'eau emporte avec elle beaucoup de chaleur.

e) Une bouteille contient un mélange à parts égales d'eau et d'huile minérale. Vous secouez énergiquement la bouteille et vous la posez à table. Bien que la loi de l'entropie favorise le maximum de phénomènes aléatoires, ce mélange se sépare en deux couches : une couche d'eau et une couche d'huile.

Les molécules d'huile sont non polaires et hydrophobes. Les molécules d'eau sont polaires et adhesives. En conséquence, les molécules d'eau tendent à interagir fortement entre elles en excluant les molécules d'huile. L'huile forme une couche à la surface de l'eau parce qu'elle est moins dense que l'eau.

f) les gouttelettes d'eau qui tombent sur une surface ont tendance à former des gouttelettes rondes.

Les molécules d'eau sont adhesives et forment entre elles des liaisons hydrogène. En conséquence, une gouttelette d'eau tend à former une perle ou à s'arrondir.

g) Les gouttelettes d'eau qui tombent sur votre voiture ont tendance à former des perles ou de s'arrondir beaucoup plus, après avoir poli (ou cirer) la voiture qu'avant de la polir.

La cire est hydrophobe et est donc moins polaire que ne l'était la surface de la voiture que vous avez polis. Parce que l'adhésion entre la surface et les molécules d'eau est plus faible, la cohésion entre les molécules d'eau tendent à être encore plus fortes.

h) Si vous touchez le bord d'une serviette avec une goutte d'eau colorée, l'eau va monter dans la serviette.

Les molécules d'eau adhèrent à la cellulose de la serviette tout en restant cohésive les unes aux autres. Par conséquence, elles sont retenues par la serviette. C'est le même mécanisme qui se passe lors du mouvement de l'eau dans les tubes capillaires.

### III. Comment pourriez-vous identifier des macromolécules organiques ?

Reportez-vous à la page annexe 2 pour répondre aux questions suivantes.

**Partie A. Répondez aux questions, puis utilisez vos réponses pour développer les règles simples identifiant les glucides, les lipides, les protéines et les acides nucléiques.**

1. Quel est le taux de C:H:O approximatif dans chaque type de macromolécules suivants ?

Glucides 1 :2 :1	Lipides 1 :2 : très peu	Protéines pas de rapport C :H :O pour les protéines	Acides nucléiques pas de rapport C :H :O pour les acides nucléiques
---------------------	----------------------------	---	--

2. Dans quels types de ces 4 macromolécules trouve-t-on le plus souvent du C, H et O seulement.  
Les glucides et les lipides sont le plus souvent composés seulement de C, H et O.

3. Lesquelles parmi ces 4 macromolécules peut-on identifier par le taux C:H:O seulement ?

Seuls les glucides et certains lipides peuvent être identifier en utilisant seulement le rapport C :H :O.

4. Quels autres éléments sont couramment associés à chacun de ces quatre types de macromolécules ?

	Glucides	Lipides	Protéines	Acides nucléiques
Contiennent toujours P	Non	Non (exception : les phospholipides)	Non	Oui
Généralement ne contiennent pas P	Oui	Oui (exception : les phospholipides)	Oui	Non
Contiennent toujours N	Non	Non	Oui	Oui
Généralement ne contiennent pas N	Oui	Oui	Non	Non
Fréquemment contiennent S	Non	Non	Oui	Non
Généralement ne contiennent pas S	Oui	Oui	Non	Oui

5. les groupes fonctionnels peuvent modifier les propriétés des molécules organiques. Indiquez dans le tableau, ci-dessous, si le groupe fonctionnel est polaire ou non ; hydrophile ou hydrophobe ; et lesquels de ces groupes trouve-t-on dans les protéines et les lipides ?

Groupe fonctionnel	Polaire ou non polaire	Hydrophile ou hydrophobe	Trouvé dans toutes les protéines	Trouvé dans plusieurs protéines	Trouvé dans plusieurs lipides
-OH	Polaire	Hydrophile	Non	Dans certains groupements R	Dans le côté terminal des acides gras
-CH <sub>2</sub>	Non polaire	Hydrophobe	Non	Oui dans les groupements	Oui
-COOH	Polaire	Hydrophile	Oui		Non
-NH <sub>2</sub>	Polaire	Hydrophile	Oui		Non
-SH	Polaire	Hydrophile	Non	Dans les cystéines	Non
-PO <sub>4</sub>	Polaire	Hydrophile	Non	Seulement s'ils ont été phosphorylés	Dans les phospholipides

6. Les macromolécules homologues ont souvent plusieurs caractéristiques en commun. Par exemple, elles ont les mêmes éléments chimiques et les mêmes groupes fonctionnels. Cependant, en quoi diffèrent-elles et comment peut-on marquer ou cibler cette différence ?

a) Qu'est-ce qui rend l'ARN différent de l'ADN ?

L'ARN contient le sucre ribose, alors que l'ADN contient le sucre désoxyribose.

L'ARN contient de l'uracile et non la thymine et l'ADN contient la thymine et non l'uracile.

b) Si vous voulez utiliser un marqueur radioactif ou fluorescent pour étiqueter seulement l'ARN dans une cellule, mais pas l'ADN, quel composé(s) spécifique à l'ARN utiliseriez-vous ?

On peut marquer soit l'uracile soit le ribose.

c) Si vous voulez étiqueter l'ADN, quel composé(s) utiliseriez-vous ?

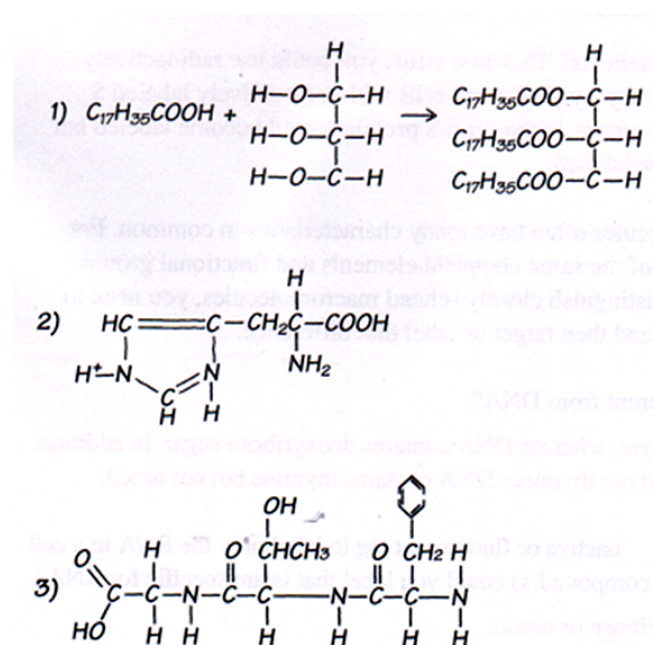
On peut marquer soit la thymine soit le désoxyribose.

8) En se basant sur vos réponses des questions 1 à 6, quelles règles simples utiliseriez-vous pour identifier les macromolécules suivants ?

Glucides	Vérifier le rapport 1 : 2 : 1 de C : H : O. Plusieurs glucides ne contiennent pas P, N ou S
Lipides	Vérifier le rapport 1 : 2 de C : H et petite quantité de O. La plupart ne contiennent pas S. Les phospholipides peuvent contenir P et N (Choline)
Protéines	Vérifier la présence du groupement amine et du groupement carboxyle. Dans certains acides aminés on trouve S. toutes les protéines peuvent être identifiées par leur liaison peptidique
Acides nucléiques	Vérifier la composition du nucléotide formé d'un sucre de 5 carbones, un groupement Phosphate et base azotée.
ADN vs ARN	L'ADN contient P, sucre désoxyribose et les bases azotées : adénine, guanine, cytosine et thymine. L'ARN contient P, un sucre ribose et les bases azotées : adénine, uracile, cytosine et guanine.

### Partie B. Glucides, lipides, protéines ou acides nucléiques ? Nommez ces structures !

En se basant sur les règles développées dans la partie A, identifiez les composés ci-dessous (et dans la page suivante) si c'est un glucide, un lipide, une protéine ou un acide nucléique. Indiquez ensuite, si chacun d'eux est susceptible d'être polaire ou non polaire, hydrophile ou hydrophobe.

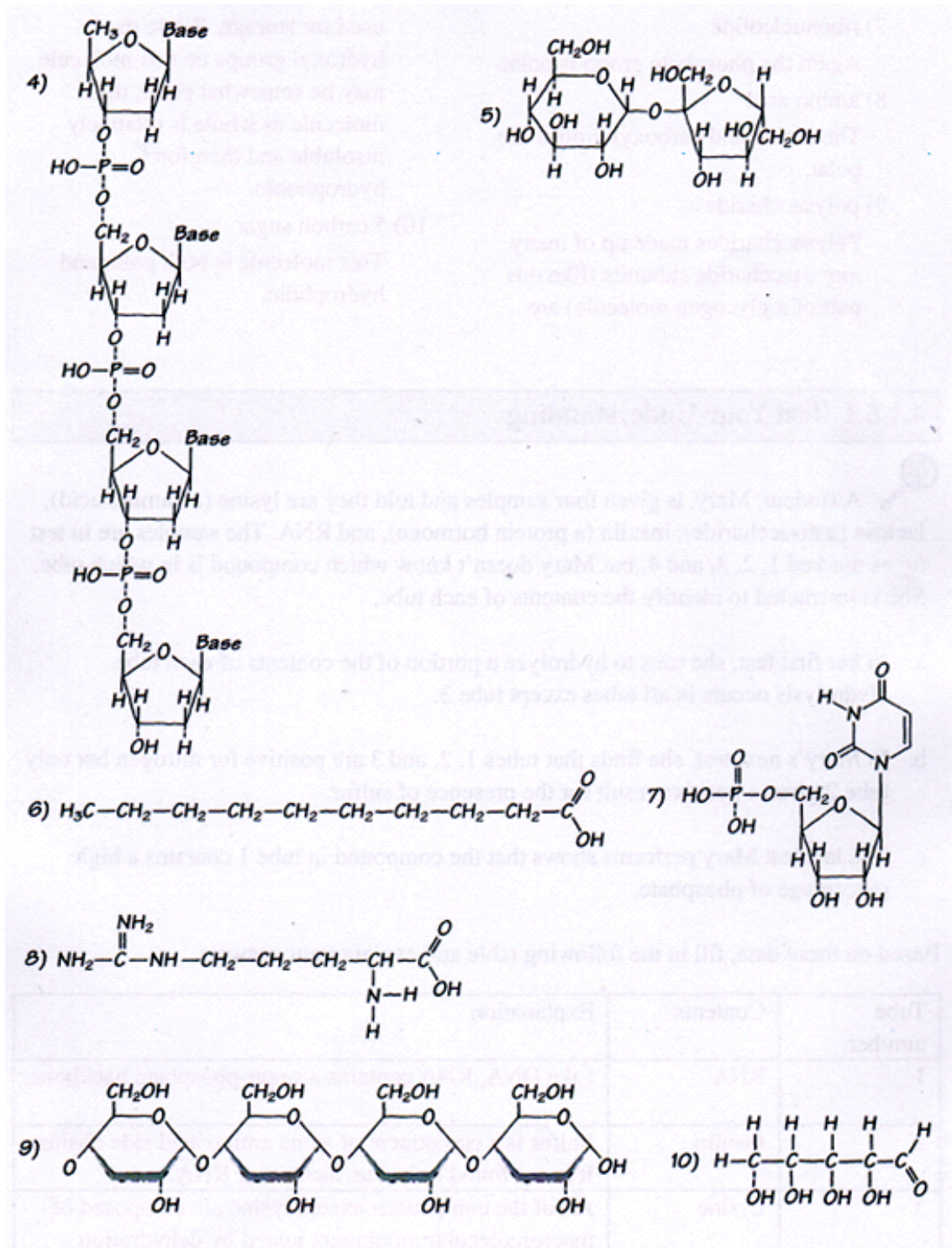


1) **lipide (graisse ou triglycéride) hydrophobe et non polaire.**

2) **Un acide aminé. Le groupement amine ou carboxyle font que la molécule est en quelque sorte polaire et hydrophile.**

3) **tripeptide formé de trois acides aminés. Les groupements R sont hydrophobes avec l'exception possible du groupement -OH. Les groupements amine et carboxyle sont hydrophile et polaires.**





4) un segment simple brin de 4 bases dans l'ADN. À cause du groupement  $\text{PO}_4$ , l'ADN tend à être chargé négativement donc polaire.

5) un glucide disaccharide.

6) un acide gras

7) un ribonucléotide. Le groupe phosphate la molécule polaire.

8) un acide aminé. Les groupement amine et carboxyle sont polaire.

9) un polysaccharide. Formé de plusieurs sous-unités de monosaccharide. Forme de stockage de ce monosaccharide. Alors que le groupement hydroxyle cette molécule peut être en quelque sorte polaire, la molécule, en entier, est relativement insoluble et donc hydrophobe.

10) un sucre à 5 carbones. Cette molécule est polaire et donc hydrophile.

### Tester votre compréhension

A. Nous avons donné à Marie quatre échantillons (tube n°1, tube n° 2, tube n°3, et tube n°4) et nous lui avons demandé d'identifier le contenu de chacun des quatre tubes. Dans un des tubes il y a la lysine (un aminoacide), l'autre le lactose (un disaccharide), un autre l'insuline (une protéine hormonale) et un autre l'ARN. Marie ne sait pas dans quel tube se trouve tel ou tel composé.

a) dans son premier test, Marie a essayé d'hydrolyser une portion du contenu de chacun des tubes, sauf le tube n°3.

b) Dans son deuxième test, elle a trouvé que les tubes 1, 2, et 3 sont positifs pour l'Azote (N) mais seulement le tube 2 était positif pour le Soufre (S).

c) son troisième test a montré que le composé du tube 1 contient un grand pourcentage de Phosphate (P).

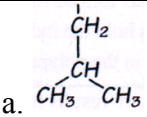
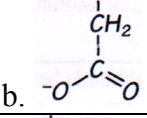
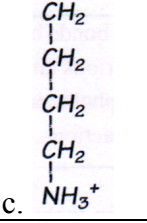
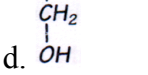
En se basant sur ces données, complétez le tableau ci-dessous et expliquez vos réponses.

Tubes	Contenu du tube : Insuline, lysine, Lactose ou ARN.	Explication de la réponse
1	ARN	Tout comme l'ADN, l'ARN contient un squelette formé d'une chaîne de « ribose-P »
2	Insulin	S est un composé de la chaîne latérale de certains acides aminés. On ne le trouve pas dans la lysine ni dans le lactose ni dans l'ARN
3	Lysine	Tous ces composés, excepté la lysine, sont formés de monomères liés entre eux par des réactions de déshydratation.
4	Lactose	Puisque tous les produits des autres tubes ont été déterminés à partir des tests a, b, et c, ce tube contient du lactose, un disaccharide.

### B. Si vous connaissez la structure des macromolécules organiques, quelles prévisions pouvez-vous dire quant à leur comportement ?

1. 20 aminoacides sont utilisés dans la synthèse des protéines. Ces aminoacides ont des chaînes latérales (groupe R) différentes, qui leur donnent des propriétés différentes. Quelles propriétés pouvez-vous associer à chacun des groupes R dans le tableau ci-dessous ? (plusieurs types de propriétés peuvent y être associés).



Groupe R	Base, acide ou neutre	Polaire ou non polaire	Hydrophobe ou hydrophile
a. 	Neutre	Non polaire	hydrophobe
b. 	Acide	Polaire	Hydrophile
c. 	Base	Polaire	Hydrophile
d. 	Neutre	Polaire	hydrophile

2. Les polypeptides et les protéines sont construits sous forme d'une séquence linéaire d'acides aminés. Sous sa forme fonctionnelle, chaque protéine adopte une structure tridimensionnelle (configuration) spécifique. Les interactions entre des acides aminés individuels et leurs chaînes latérales jouent un rôle majeur dans la détermination de la configuration des protéines.

a. Comment les acides aminés sont liés les uns aux autres pour former un polypeptide ou une protéine. Comment appelle-t-on ce type de liaison ?

b. définir les quatre structures d'une protéine	c. quelle type de liaison détermine chacune de ces structures
Primaire : c'est la séquence linéaire des acides aminés du polypeptide.	Liaisons covalente formé par des réaction de déshydratation.
Secondaire : les conformations de l'hélice a et du feuillet b produites à des intervalles réguliers dans le polypeptide.	Liaisons hydrogène entre un hydrogène du groupement amine d'un acide aminé et un oxygène du groupement carboxyle de l'autre acide aminé.
Tertiaire : la conformation fonctionnelle du polypeptide. Ou le polypeptide plié correctement.	Des liaisons hydrogène et des liaisons covalentes entre les groupements de la chaîne latérale des différents acides aminés contribuant à des interaction hydrophobes et des interactions van der Waals.
Quaternaire : la conformation fonctionnelle de la protéine, formée de plus d'un polypeptide.	Des liaisons hydrogène et des liaisons covalentes entre les groupements de la chaîne latérale des différents acides aminés contribuant à des interaction hydrophobes et des interactions van der Waals.

3. les lipides sont hydrophobes ou insoluble dans l'eau. Par conséquent, ce groupe comprend une gamme assez large de composés – par exemple, les graisses, les huiles, les cires et les stéroïdes comme le cholestérol.

a. Comment les acides gras et le glycérol sont-ils reliés entre eux pour former les graisses (triglycérides) ?

Par des réactions de déshydratation entre le –OH du groupement carboxyle de l'acide gras et le –OH de la molécule du glycérol.

b. Quelles sont les fonctions des graisses chez les organismes vivants ?

En général, les graisses servent à stocker de l'énergie.

---

### Annexe 1

Tableau 2.1 Les éléments constituant le corps humain		
Élément chimique	Symbole	Pourcentage de la masse corporelle (incluant l'eau)
Oxygène	O	65,0 %
Carbone	C	18,5 %
Hydrogène	H	9,5 %
Azote	N	3,3 %
		96,3 %
Calcium	Ca	1,5 %
Phosphore	P	1,0 %
Potassium	K	0,4 %
Soufre	S	0,3 %
Sodium	Na	0,2 %
Chlore	Cl	0,2 %
Magnésium	Mg	0,1 %
		3,7 %
Éléments trace (moins de 0,01 %) : bore (B), chrome (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), fluor (F), iode (I), fer (Fe), manganèse (Mn), molybdène (Mo), sélénium (Se), silicium (Si), étain (Sn), vanadium (V) et zinc (Zn).		

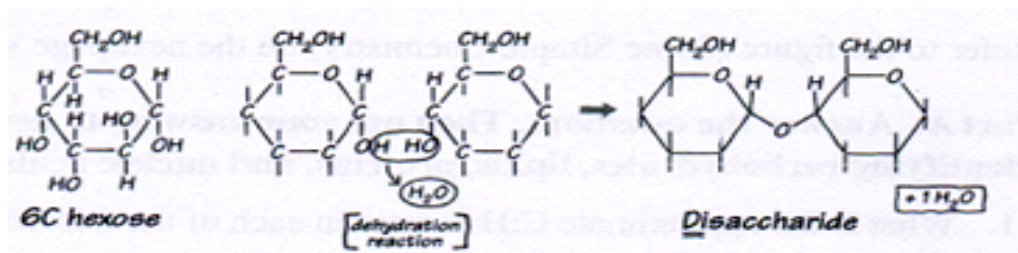
Tableau 1

## Annexe 2

Macromolécules	Composant de base	→	Réaction	→	Produit
----------------	-------------------	---	----------	---	---------

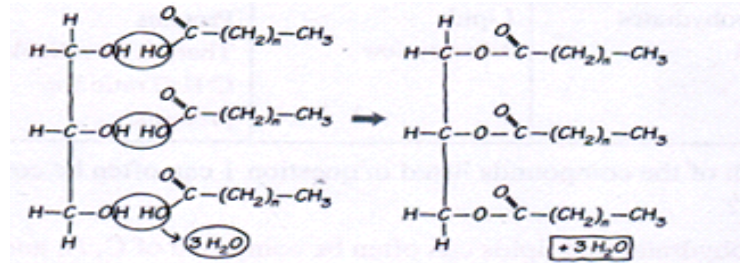
### Glucides :

Sucres, amidon,  
Glycogène,  
Cellulose



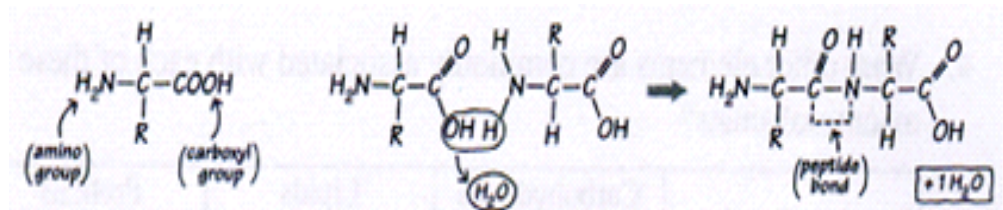
### Lipides :

Graisses,  
Huiles, cires,  
Cholestérol



### Protéines :

Enzymes,  
P. de structure



### Acides nucléiques :

ADN  
ARN

