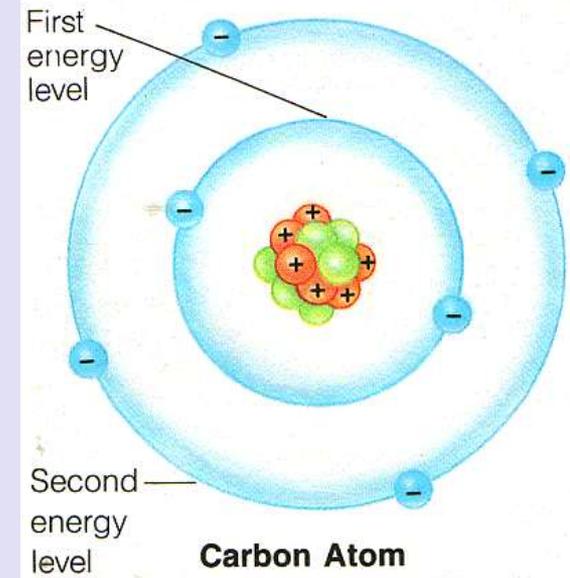
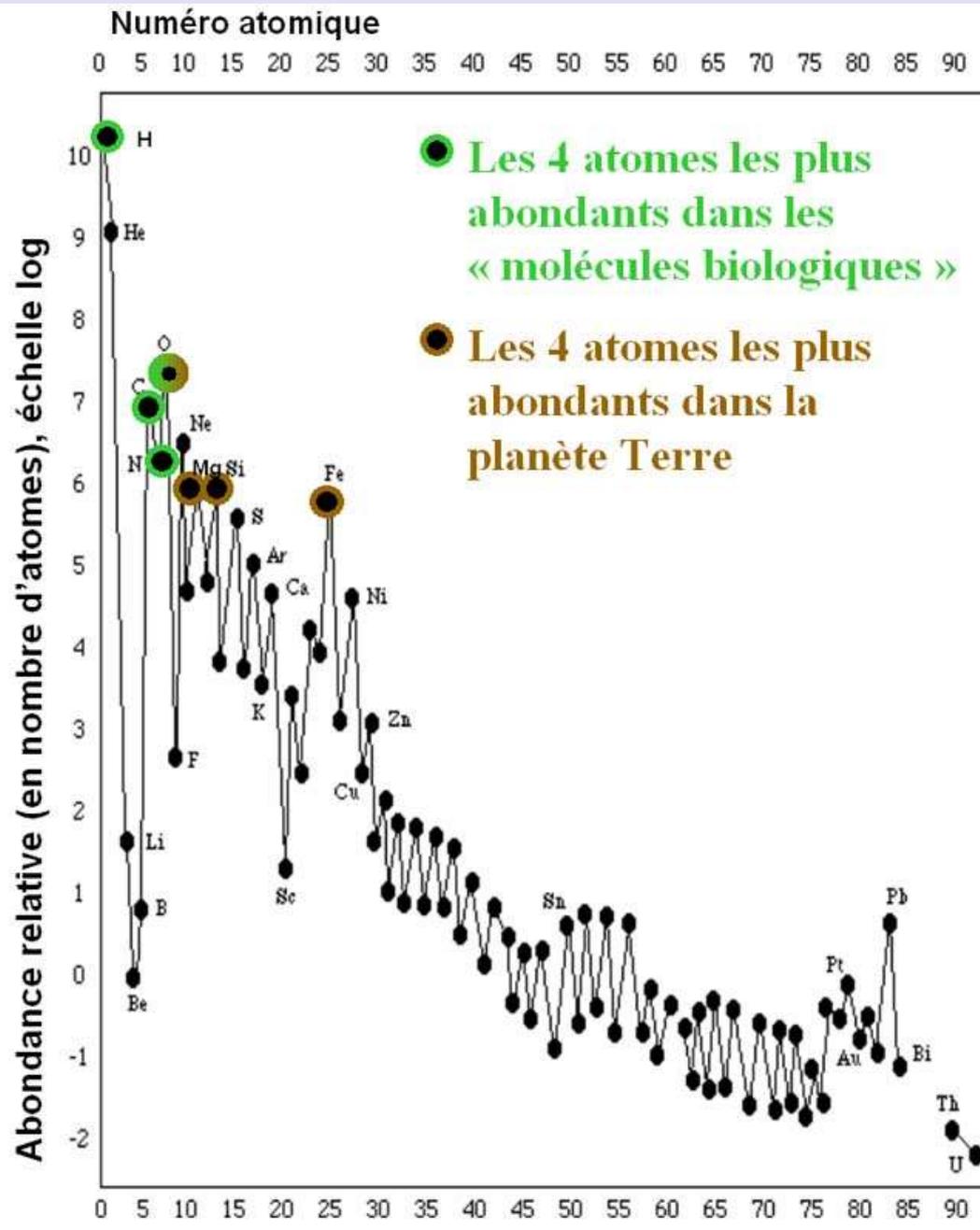


## Chapitre SV – D – 1 :

# Les constituants du vivant





**Abondance relative des éléments chimiques à la surface du Soleil**  
 (Les valeurs sont très voisines de celles du système solaire dans son ensemble – le soleil représente 99,9 % de sa masse – et de celle de l'univers tout entier).

# Abondance des principaux éléments chimiques

(en pourcentage massique)

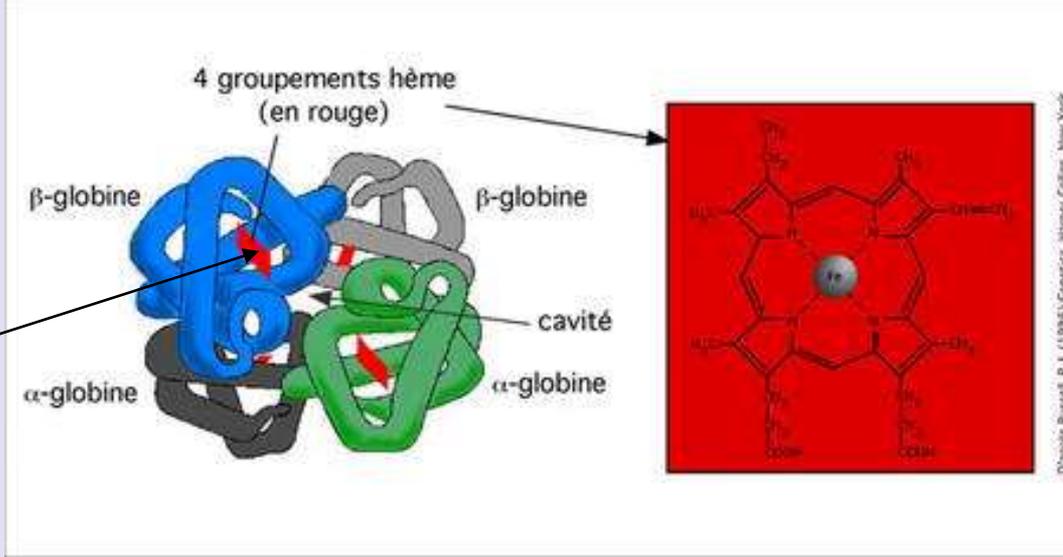
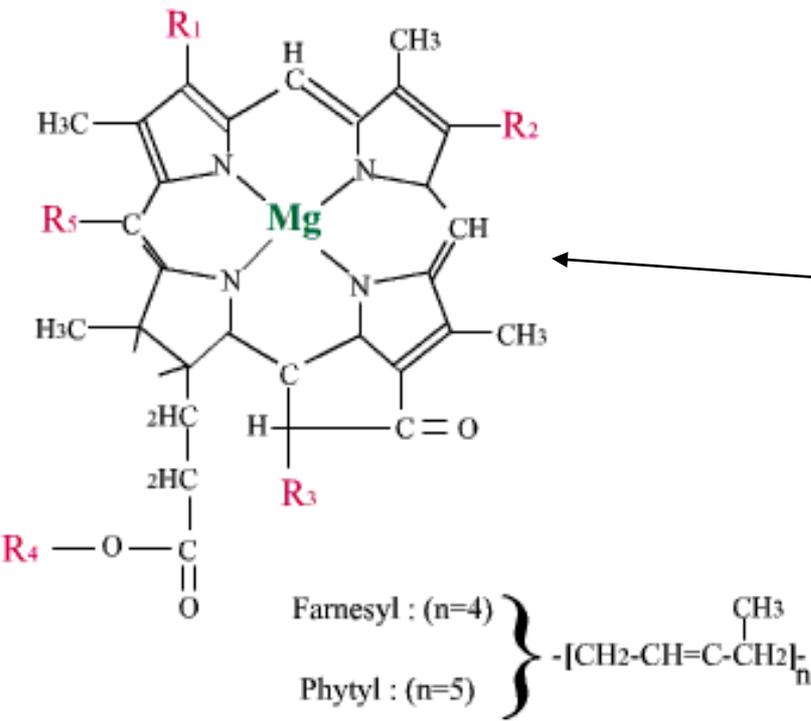
Éléments	Lithosphère + hydrosphère + atmosphère	Luzerne	Homme
Oxygène O	50	76,30	62,81
Carbone C	0,2	11,30	19,37
Hydrogène H	1	9,53	9,31
Azote N	0,03	0,825	5,14
Calcium Ca	3,2	0,58	1,38
Soufre S	0,1	0,108	0,64
Phosphore P	0,1	0,706	0,63
Sodium Na	2,4	0,039	0,26
Potassium K	2,3	0,226	0,22
Chlore Cl	0,2	0,07	0,18
Magnésium Mg	2	0,08	0,04
Fer Fe	4	0,0027	0,005
Silicium Si	25,8	0,0093	0,004
Aluminium Al	7,3	0,0025	0,001
<b>Total</b>	98,63	99,78	99,99
<b>Total des éléments majeurs</b>	-	98,77	97,9

**Macroéléments** : C, H, O, N, P, S représentent environ 98 % de la biomasse.

**Oligoéléments** : Cl, K, Ca, Mg, Na dont la forme ionique est prévalente.

**Microéléments** : Fe, Zn, Cu, I, Mn, Se, Co sont présents à très faible dose (<1mg/kg)

# Le noyau tétrapyrrole de la chlorophylle



# L'hème de l'hémoglobine

constituants (MM moyenne, en Da)	<i>Escherichia coli</i>		Cellule hépatique de rat	
	% du poids total	nombre de molécules par cellule	% du poids total	nombre de molécules par cellule
eau (18) ions inorganiques (40)	70	$4 \cdot 10^{10}$	75-85	$4,2 \cdot 10^{13}$
petites molécules et précurseurs (100-300)	1-2	$2,5 \cdot 10^8$	1-2	$2,4 \cdot 10^{11}$
lipides et précurseurs (750)	3-4	$2,5 \cdot 10^8$	0,5-2	$1,4 \cdot 10^{10}$
polysaccharides	1-2	/	2-10	/
protéines ( $4 \cdot 10^4$ )	1-2	$2,5 \cdot 10^7$	2-5	$2,5 \cdot 10^{10}$
ARN ( $10^4$ - $10^6$ )	15	/	2-10	/
ADN	6	$3,6 \cdot 10^6$	10-12	$2,5 \cdot 10^9$
	1	$4,6 \cdot 10^5$	0,8-1	$1,5 \cdot 10^8$
		1-2 (MM = $2,5 \cdot 10^9$ )	0,4	44 chromosomes

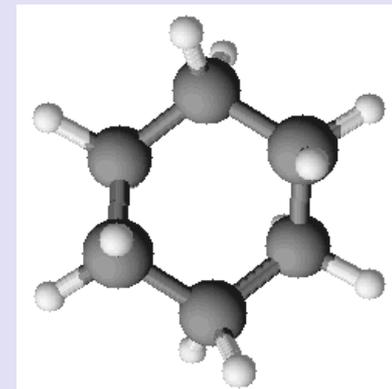
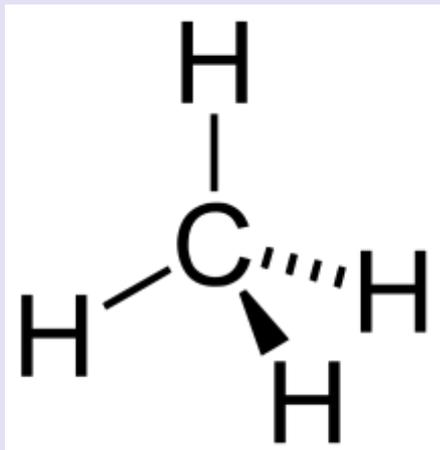
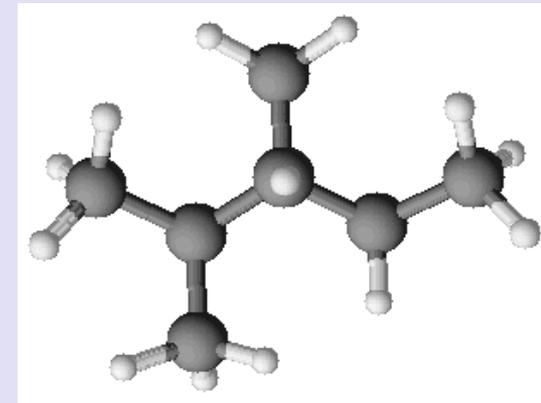
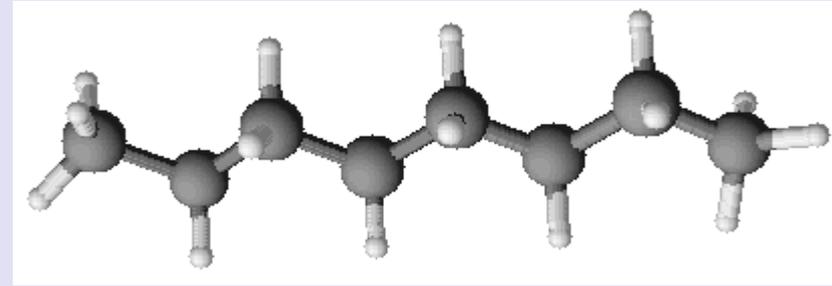
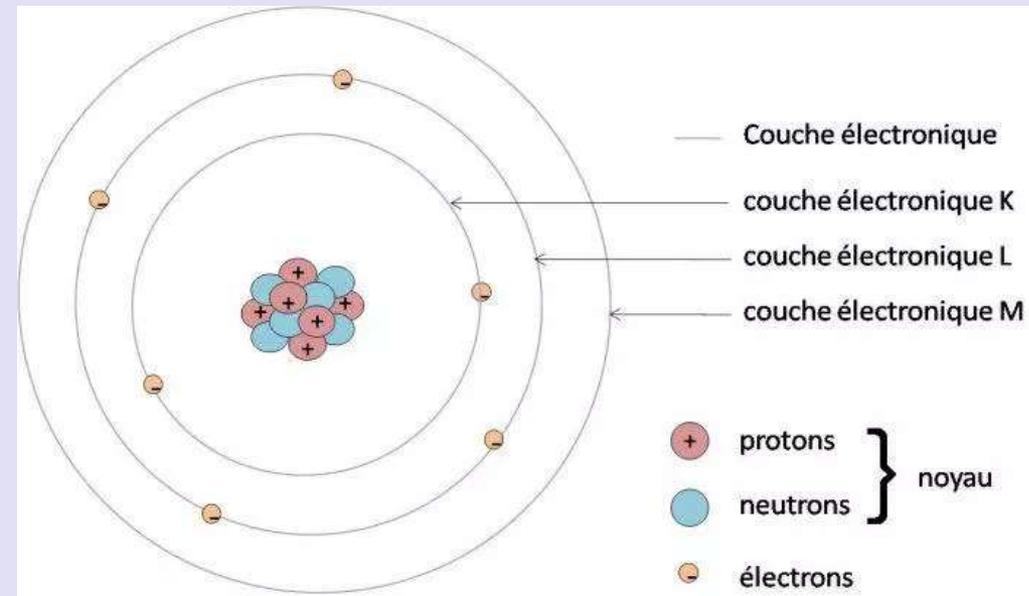
## Comparaison des catégories moléculaires de cellules eubactérienne (*E. coli*) et eucaryote (foie de Rat).

L'hépatocyte a un volume environ 1000 fois supérieur à celui de la cellule bactérienne.

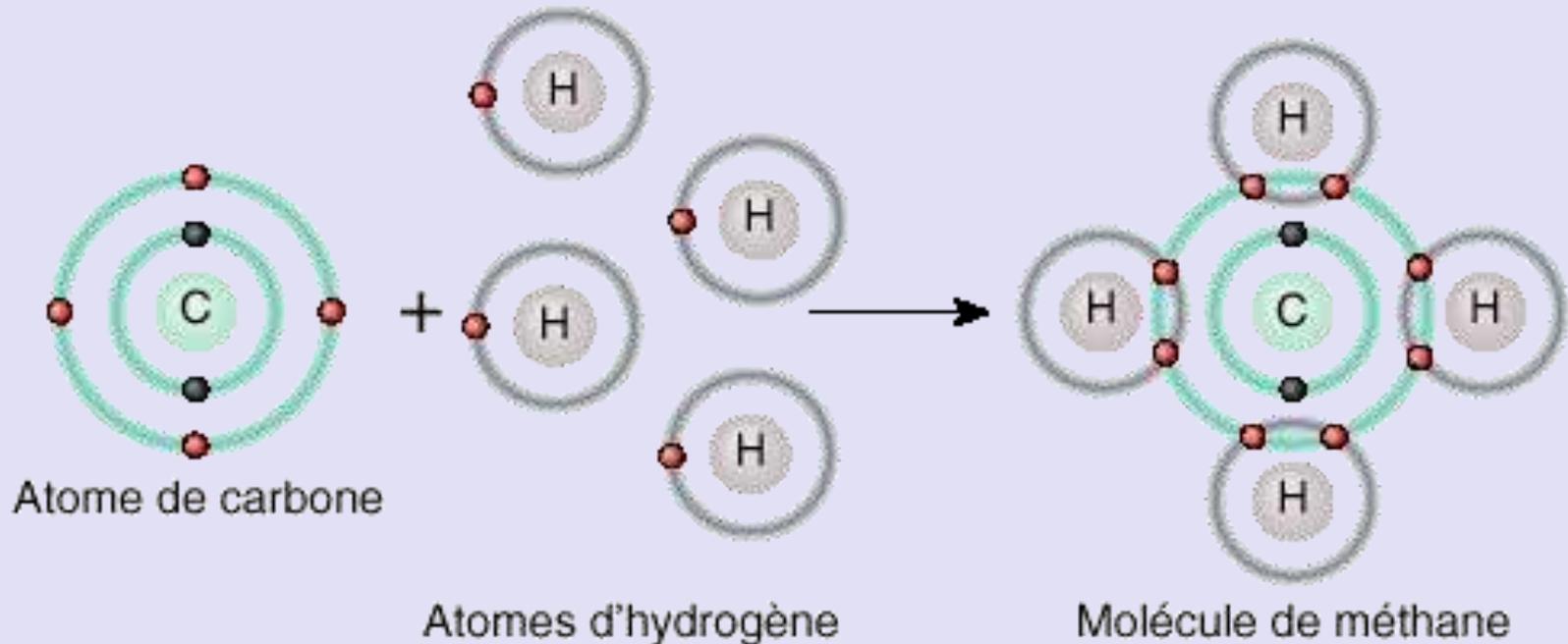
eau	1	Dans une cellule eucaryote, on peut dénombrer jusqu'à 10 000 macromolécules différentes.
ions minéraux	20	
petites molécules organiques	800	
macromolécules organiques	5000	

**Document 1. Inventaire (approximatif) du nombre d'espèces chimiques différentes dans une cellule de type eubactérie.**

# L'atome de carbone peut donner des édifices variés

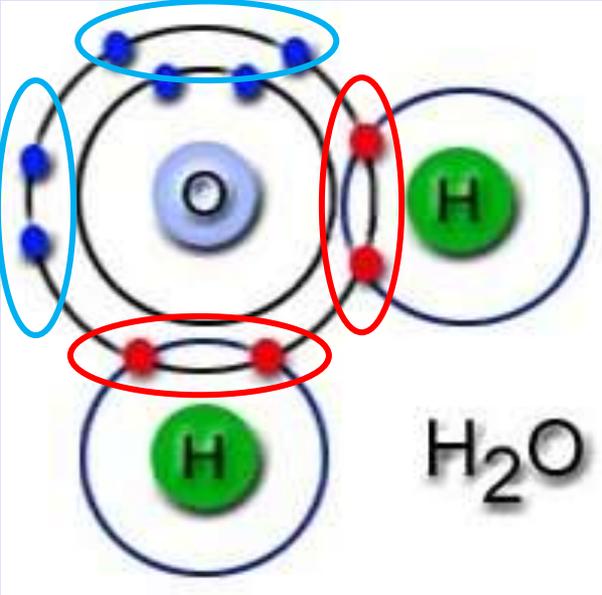


# La liaison covalente



- **Mise en commun d'électrons**
  - **Distance faible entre atomes : 0,03 à 0,1 nm**
- **Energie de liaison très élevée : qq 100aines de kJ/mol**  
(350 kJ/mol pour une liaison C-C) → **stable**



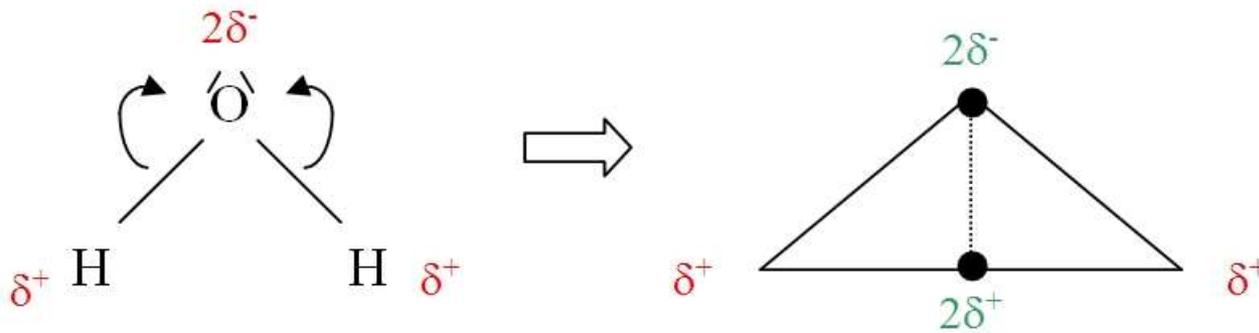
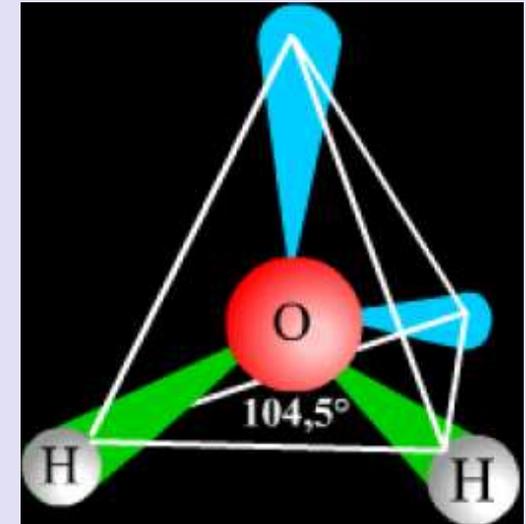


**Liaisons covalentes**  
dans la molécule d'eau

# Structure de la molécule d'eau

Voir Document 3.

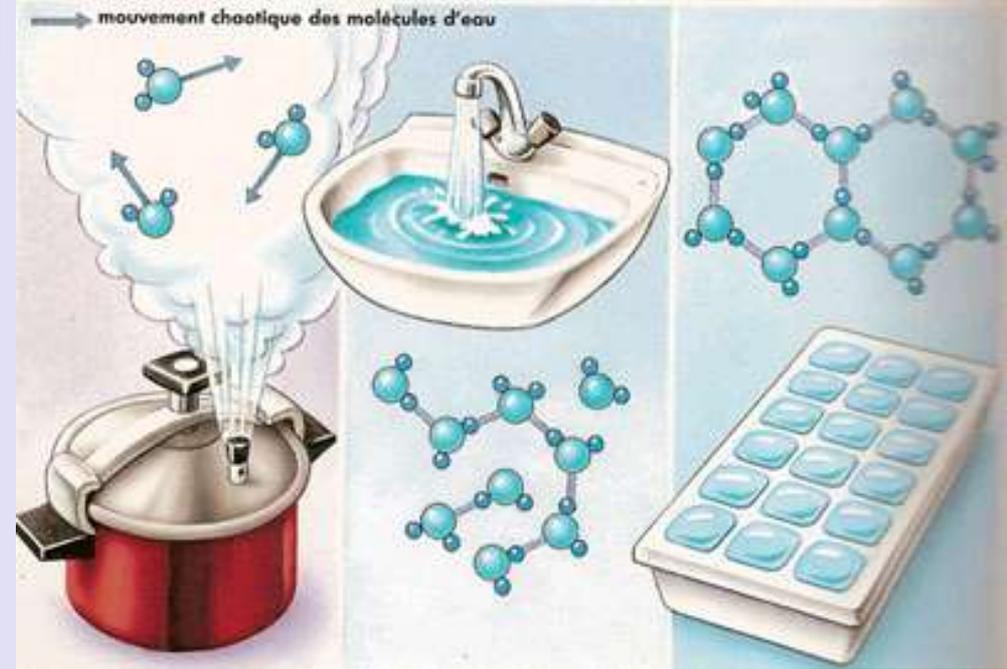
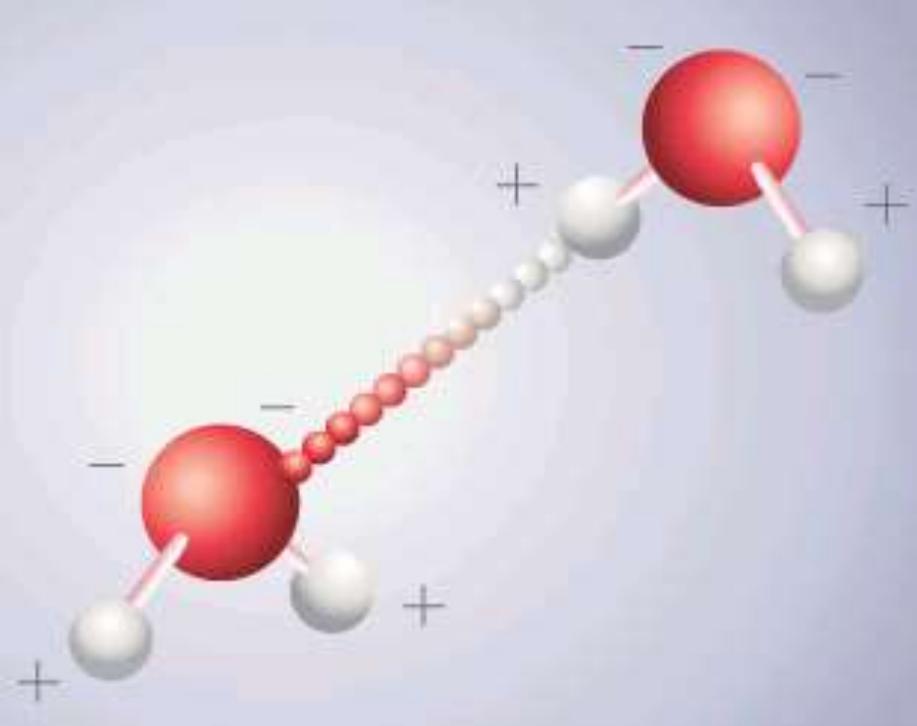
La molécule d'eau possède une structure en forme de tétraèdre à cause de la présence de **deux doublets d'électrons non liants**



Une représentation de la molécule d'eau en 3D : un dipôle électrique.

Le barycentre des charges partielles positives ne coïncide pas avec celui des charges partielles négatives → molécule polaire





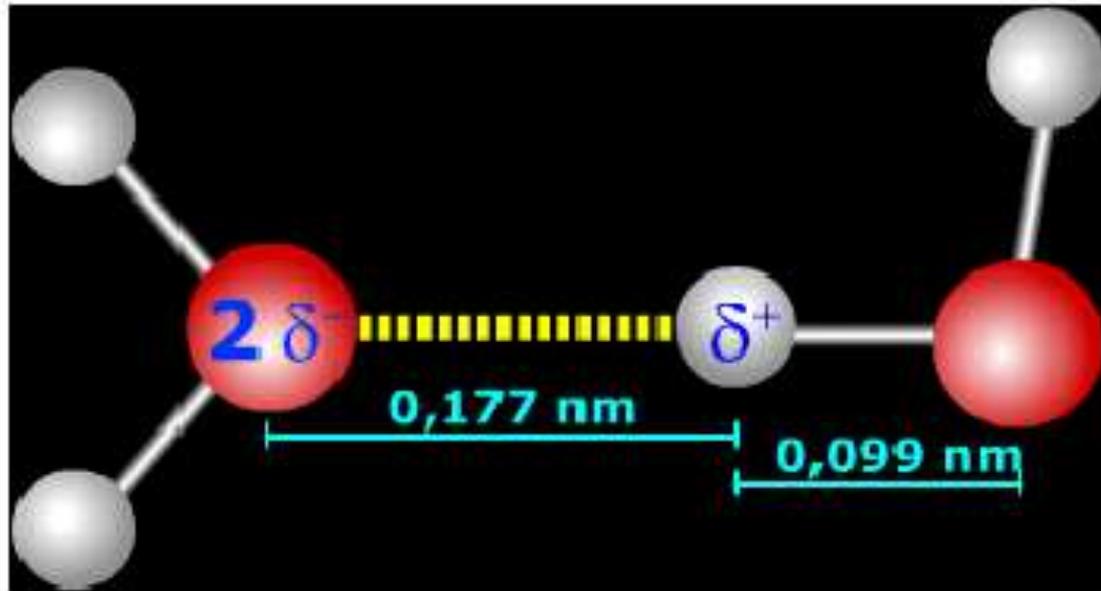
© CNRS / A. L. Siat - Ecole Estienne

# Eau et liaison hydrogène

L'eau est le seul liquide à développer un aussi grand nombre de ces liaisons hydrogène qui jouent un rôle extrêmement important en lui conférant des propriétés très particulières.

**Voir Document 3.**

# Propriétés de la liaison hydrogène entre molécules d'eau

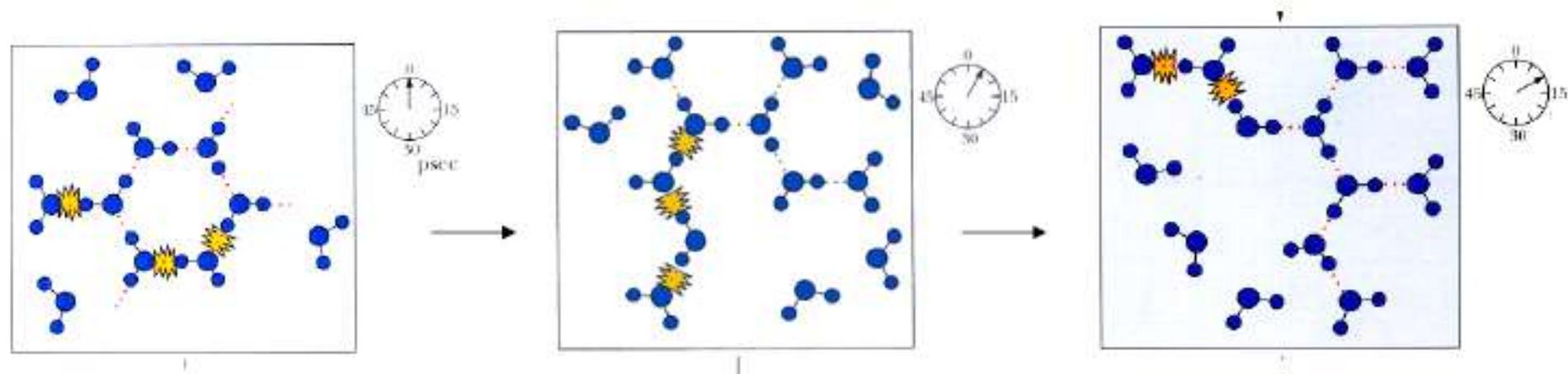


De nature électrostatique, elle s'établit entre un atome d'hydrogène porteur d'une charge partielle  $\delta^+$  et l'atome d'oxygène d'une molécule d'eau voisine.

Energie de cette liaison :  $20 \text{ kJmol}^{-1}$ , très inférieure à l'énergie d'une liaison de covalence (100 à 400).

L'interprétation moderne de la structure de l'eau est que les molécules d'eau sont reliées par des suites ininterrompues de liaisons hydrogène s'étendant dans toutes les directions de l'échantillon.

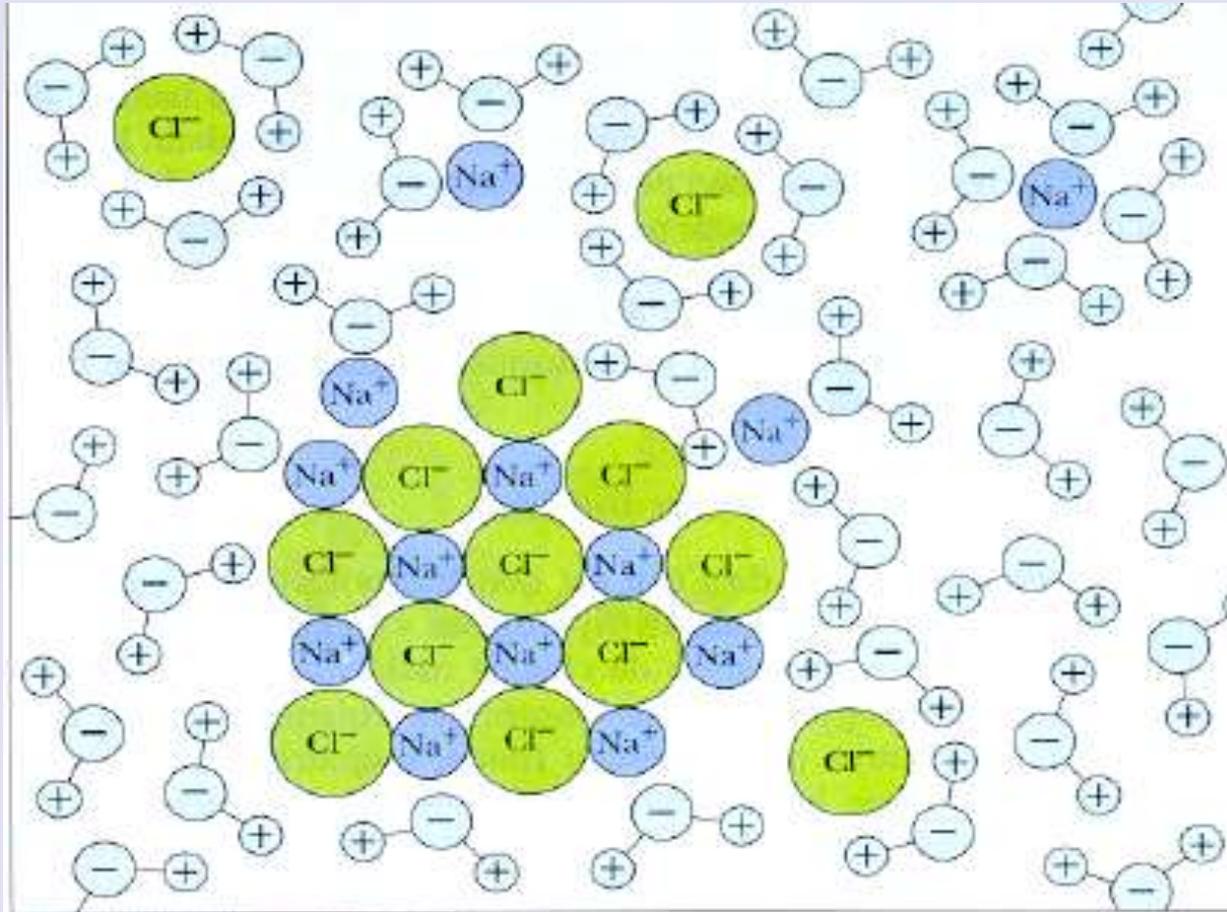
La participation de chaque molécule d'eau à la formation statistique de liaisons hydrogène avec les molécules voisines signifie que chaque molécule est reliée aux autres par un réseau fluide, toujours renouvelé de liaisons H.



La durée moyenne d'une liaison H entre 2 molécules d'eau est de 9.5 ps ( $10^{-12}$ s)

Toutes les 10 ps, une quelconque molécule  $H_2O$  se déplace, se réoriente, et interagit avec de nouveaux voisins : c'est la fluidité de l'eau

# L'eau , solvant efficace



- Liaisons H établies entre molécules d'eau et ions plus fortes que les liaisons entre les ions → solvation
  - Structures dynamiques stables : 2 à 4 ns (100 fois plus que les liaisons H de l'eau)

# Propriétés de solvatation

Nature extrêmement polaire de l'eau → excellent solvant pour

- 1) des substances ionisables (sels, NaCl)
- 2) des substances non ionisables polaires (oses, alcools, amines, carbonyles..)

1) : Interactions électrostatiques

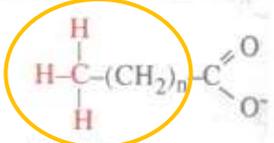
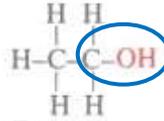
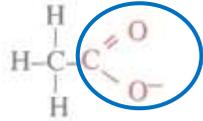
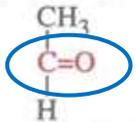
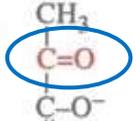
2) : Interactions par liaison H

Composés hydrophiles

L'eau ne peut pas dissoudre les composés non polaires qui interagissent entre eux par

3) : Interactions hydrophobes

Composés hydrophobes

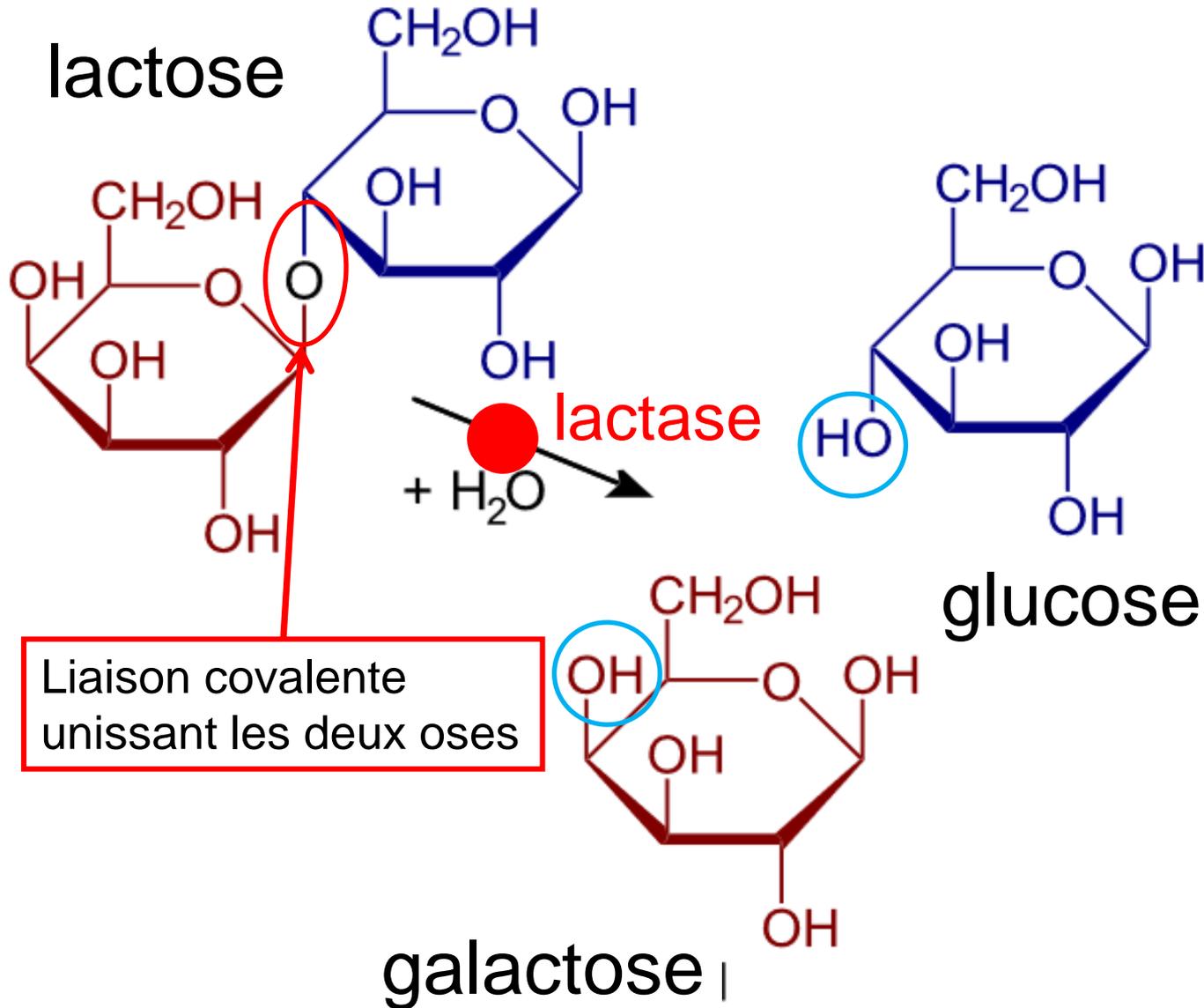
Groupe	Formule	Signification biologique	Exemple de molécule
Méthyle	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ -\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	Hautement insoluble dans l'eau. La chaîne aliphatique ne forme pas de ponts hydrogène.	 Acide gras
Hydroxyle	-OH	Soluble dans l'eau. Forme des ponts hydrogène.	 Ethanol
Carboxyle	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	Chargé négativement à pH physiologique. Bon accepteur de ponts hydrogène.	 Acide acétique
Carbonyle	>C=O	Forme des ponts hydrogène avec l'eau.	 Acétaldéhyde
Aldéhyde	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \backslash \\ \text{C}=\text{O} \\ / \\ \text{H} \end{array}$		 Pyruvate
Cétone	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \backslash \\ \text{C}=\text{O} \\ / \\ \text{R} \end{array}$		
Amine	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ >\text{C}-\text{N} \\   \\ \text{H} \\ \dots \end{array}$	Forme des ponts hydrogène avec l'eau.	$\text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}_3$ Alanine 

Fonction apolaire  
→ hydrophobe

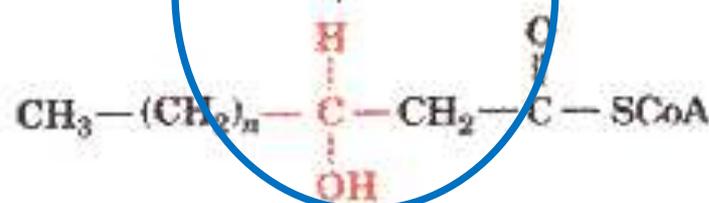
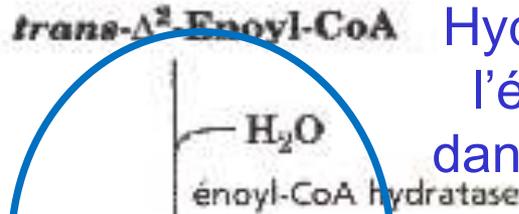
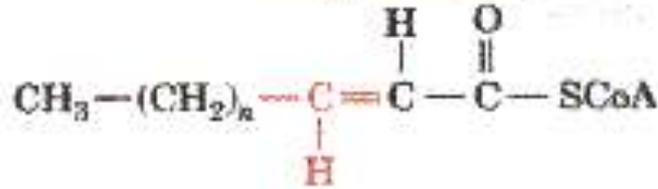
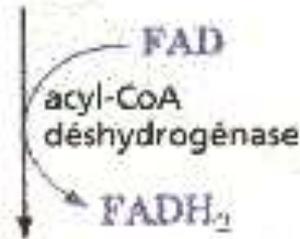
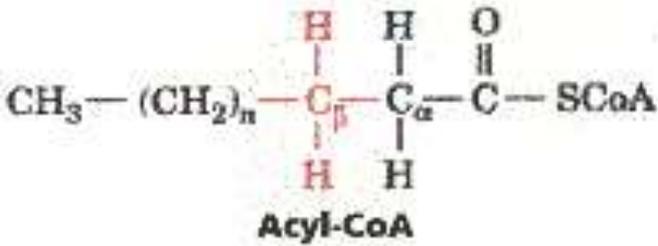
Fonctions polaires  
→ hydrophiles  
→ solubilité dans l'eau si petite molécule

**Document 2. Principales fonctions portées par les atomes de carbone des molécules biologiques et leurs propriétés.**

# L'hydrolyse du lactose

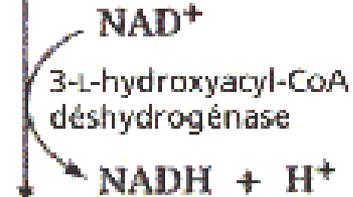
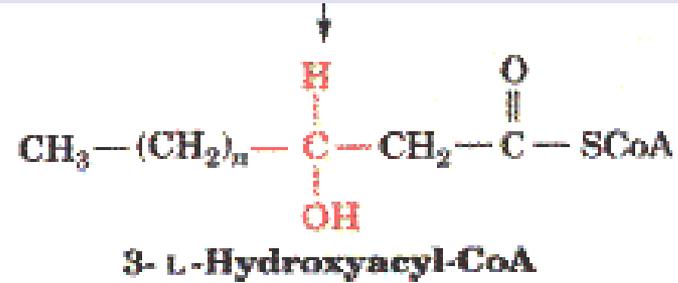


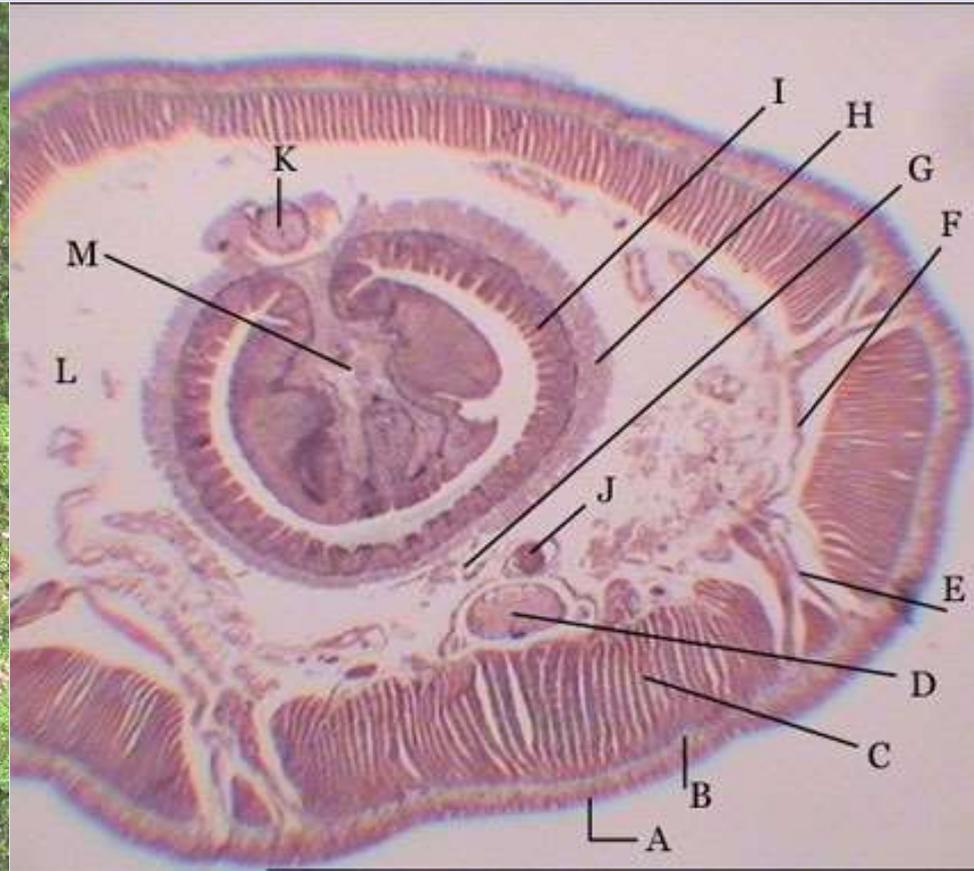
# Document 4. Hydratation



3-L-Hydroxyacyl-CoA

Hydratation de l'énoyl-Co-A dans l'hélice de Lynen



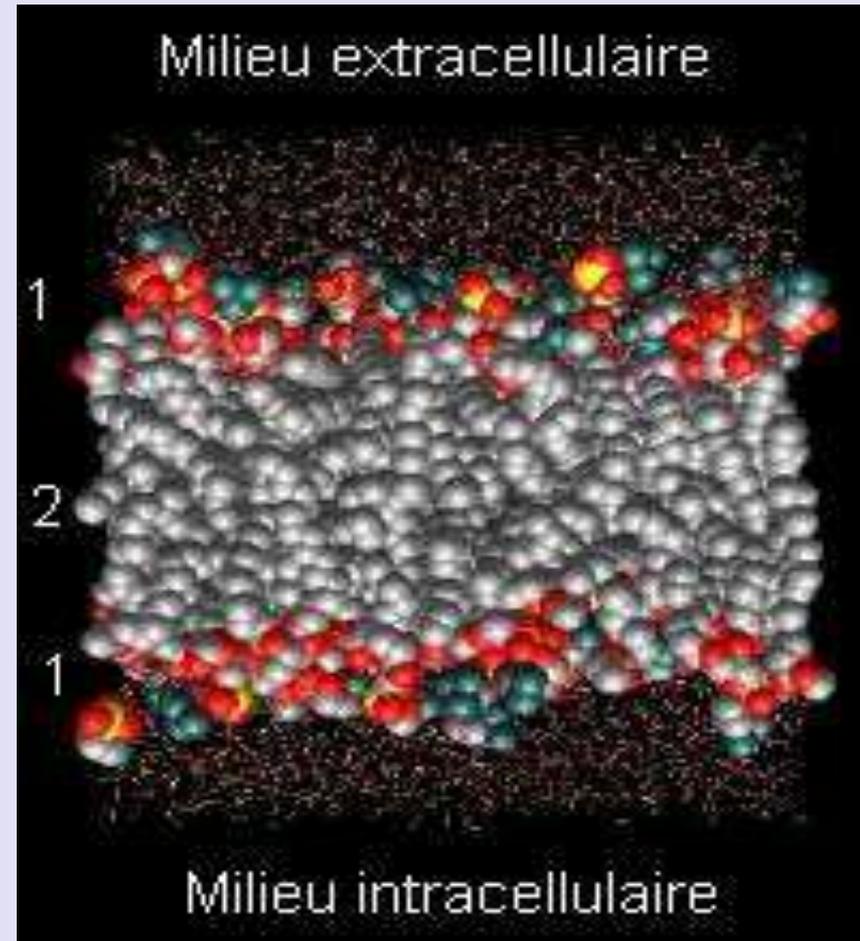


**Coupe transversale de Lombric**

u-bordeaux1.fr

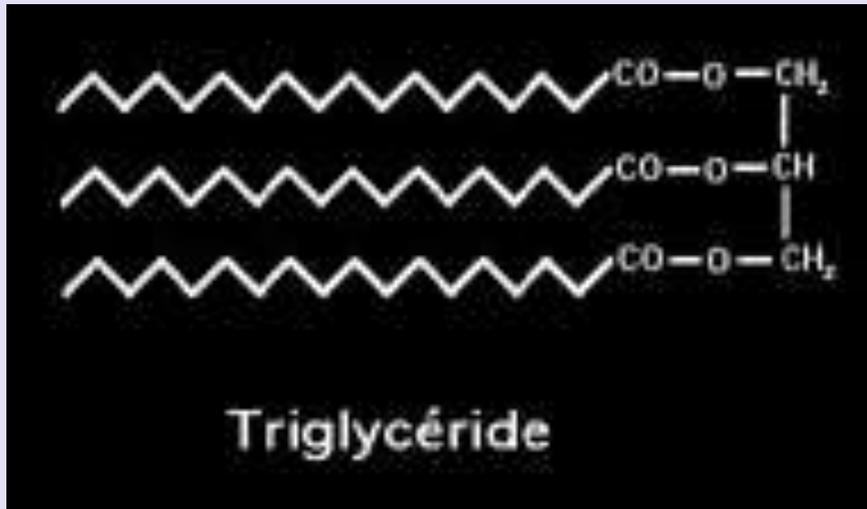
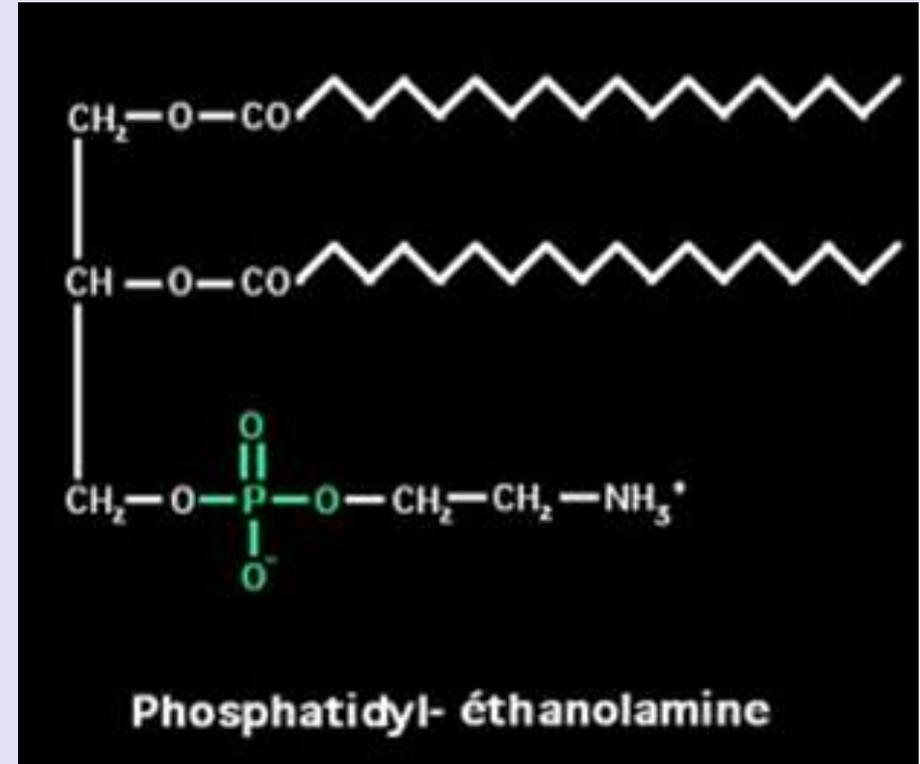
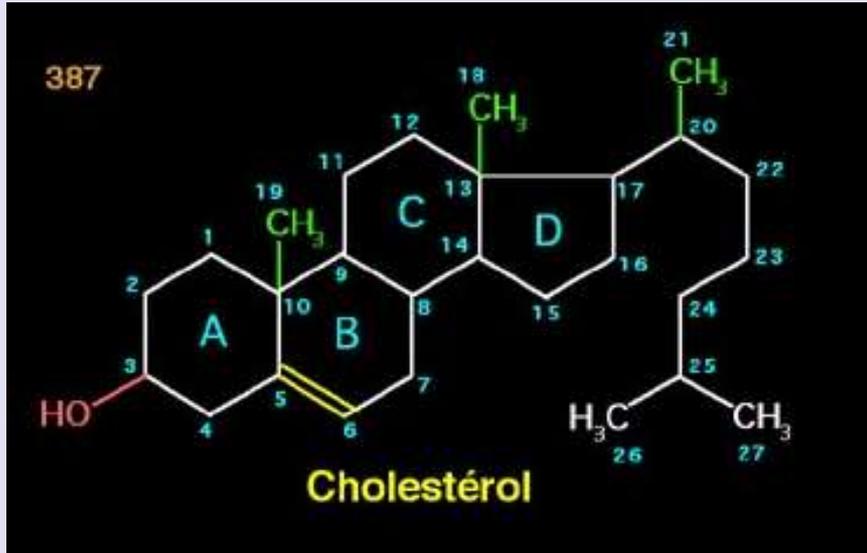
**Le Lombric se déplace grâce à son hydrosquelette**

# Eau et interactions hydrophobes



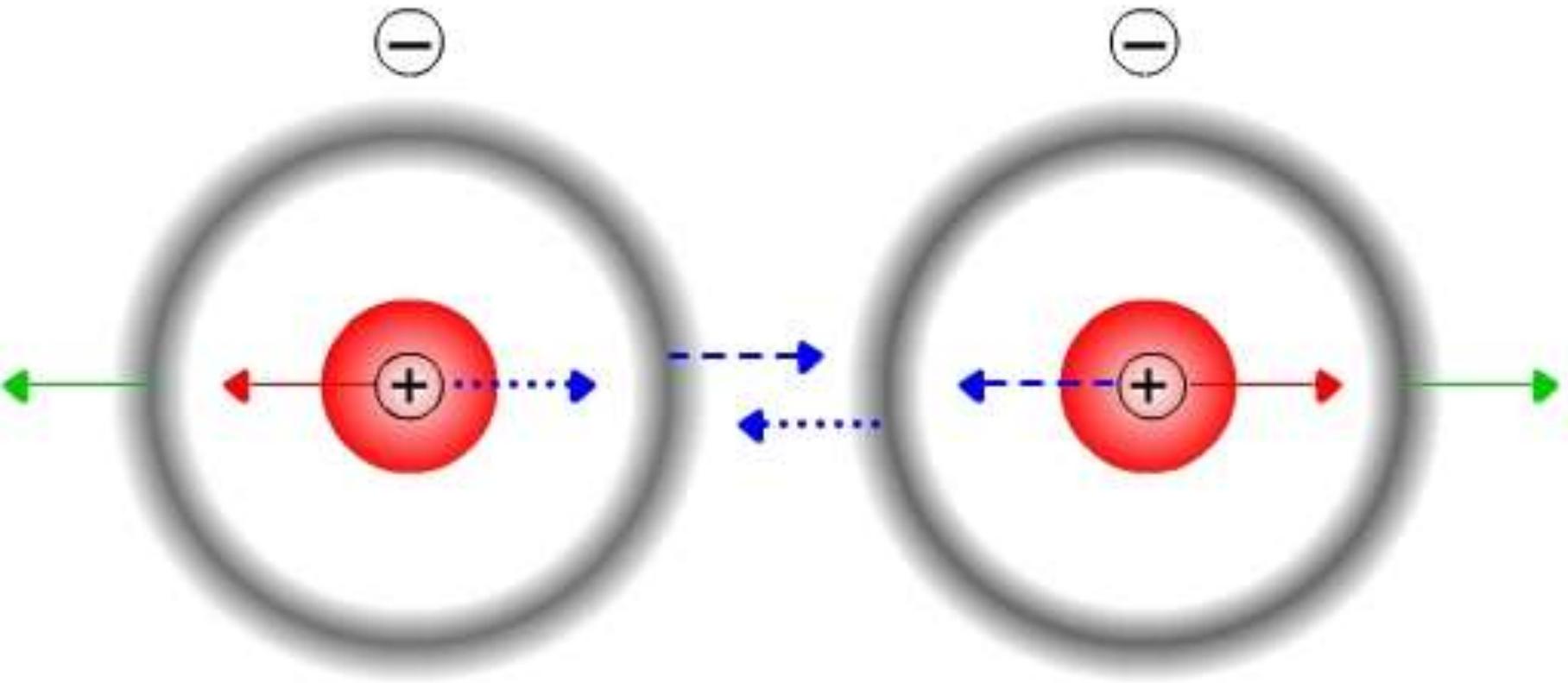
→ Structuration des lipides amphiphiles en milieu aqueux

# Quelques lipides



**Cholestérol et phosphatidyl-éthanolamine sont des lipides membranaires**

# Interactions de type Van der Waals



- Répulsion entre les noyaux
- Répulsion entre les nuages électroniques
- Attraction entre le noyau d'un atome et le nuage électronique de l'autre atome