

# Chimie du vivant



# L'EAU : molécule de la vie

- La plupart des cellules baignent dans l'eau: milieu interstitiel
- leur milieu intracellulaire, le cytosol est constitué de 70 à 95% d'eau (les méduses par exemple)



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

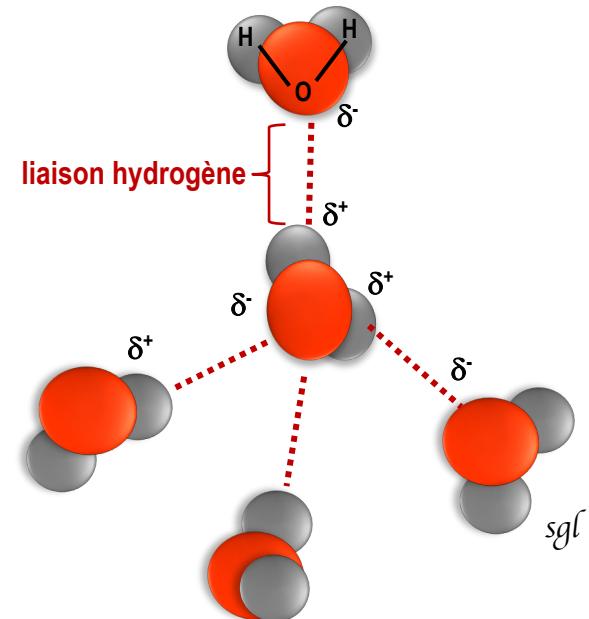
Campbell & Reece, 2010

**L'eau couvre les ¾ de la surface du globe terrestre**

# L'EAU permet l'établissement et le maintien de la vie

➤ Molécule **polaire** : polarité qui permet aux molécules d'eau de former des **liaisons hydrogène** entre elles et avec d'autres molécules polaires

➤ Chaque molécule d'eau est liée à 4 autres molécules d'eau, par des liaison hydrogène, de façon à former un **tétraèdre** : les effets cumulés d'un très grand nombre sont responsables des propriétés physiques de l'eau et de leurs conséquence sur la vie



En raison des interactions des molécules d'eau, entre elles, par des liaisons hydrogène (quatre liaisons hydrogène pour chaque molécule d'eau !), les propriétés émergentes, suivantes, de l'eau sont pour une grande part responsables du fonctionnement de la chimie du vivant :

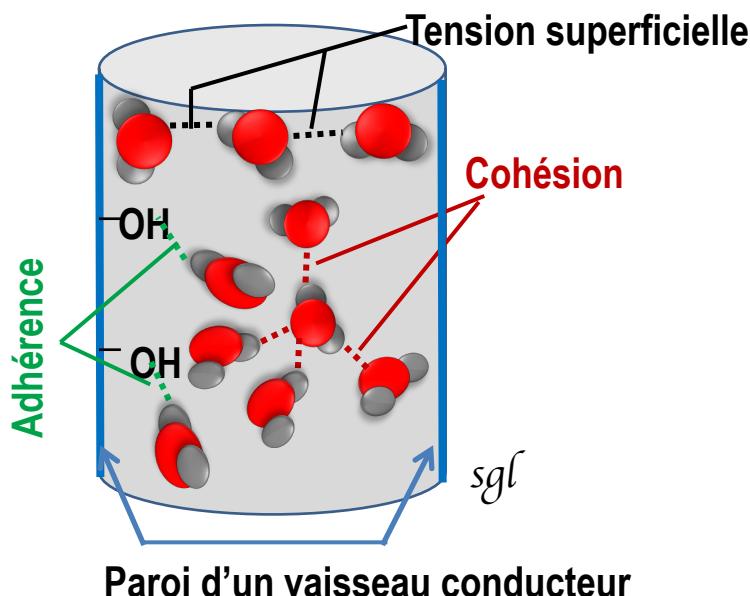
1. Cohésion, adhérence et tension superficielle
2. Stabilisation de la température
3. Dilatation lors de la solidification
4. Solvatation polyvalente

# 1. La cohésion implique le phénomène d'adhérence et une tension superficielle de l'eau élevée

Collectivement, les liaisons hydrogène maintiennent les molécules d'eau à proximité les unes des autres : c'est le phénomène de **cohésion**

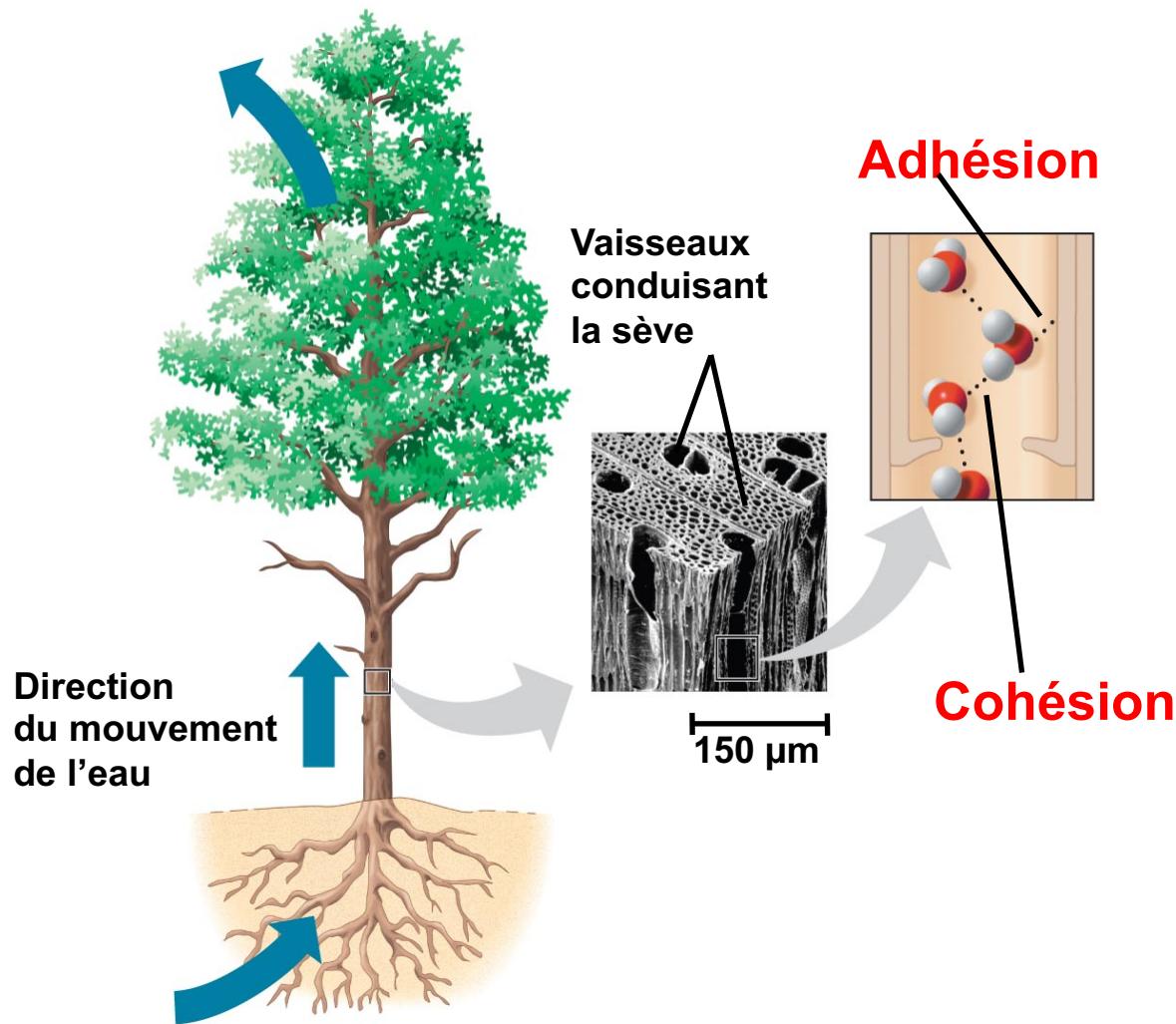
Le caractère de cohésion implique deux autres phénomènes :

- ✓ adhérence
- ✓ tension superficielle élevée



# 1. La cohésion implique l'adhérence

**Adhérence** : Une molécule d'eau adhère aux molécules polaires de la paroi des cellules végétales qui forment les parois des vaisseaux conduisant la sève, ce qui permet de contrer la force de gravitation.



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Campbell & Reece, 2010

# 1. La cohésion implique une tension superficielle de l'eau élevée

## Tension superficielle élevée

à l'interface air-eau, les molécules d'eau, n'ayant pas de molécules avoisinantes par-dessus, toutes les liaisons H sont orientées vers le bas de façon à ce que les molécules d'eau sont attirées les unes aux autres par des forces hydrogène encore plus attractives, créant ainsi une couche mince à la surface de l'étendue d'eau sur laquelle peuvent marcher et même courir des oiseaux ou gros insectes



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

***Gerris paludum*, appelé “le patineur”  
marchant sur un étang sans en briser la  
surface d'eau**

## 2. Stabilisation de la température

- L'eau absorbe de **la chaleur** dans un milieu chaud et libère de la chaleur dans un milieu froid : c'est la stabilisation de la température
- **Il y a absorption de chaleur lorsque les liaisons hydrogène se brisent (4 liaisons hydrogène pour chaque molécule d'eau), et libération de chaleur lorsqu'elles se forment**
- Ceci, en raison des deux propriétés de l'eau :
  1. **chaleur spécifique élevée**
  2. **chaleur de vaporisation élevée**

## 2. Stabilisation de la température

- La **chaleur spécifique** est la quantité d'énergie qui doit être absorbée ou perdue par 1g d'une substance pour modifier sa température de 1° C : elle mesure le **degré de résistance** d'une substance, à un changement de température
  - La chaleur spécifique de l'eau est de 4,186 J/g/°C (1 cal/g/ °C) : 2 fois plus élevée que les composées organiques :
    - ❖ L'eau chauffe moins vite que la plupart des composés
    - ❖ mais, conserve plus longtemps la température qu'elle a emmagasiné
- => Cela permet aux organismes, constitués en majeure partie d'eau, de maintenir leur température interne relativement constante

## 2. Stabilisation de la température

Quelle est l'importance de la chaleur spécifique élevée de l'eau sur un écosystème ?

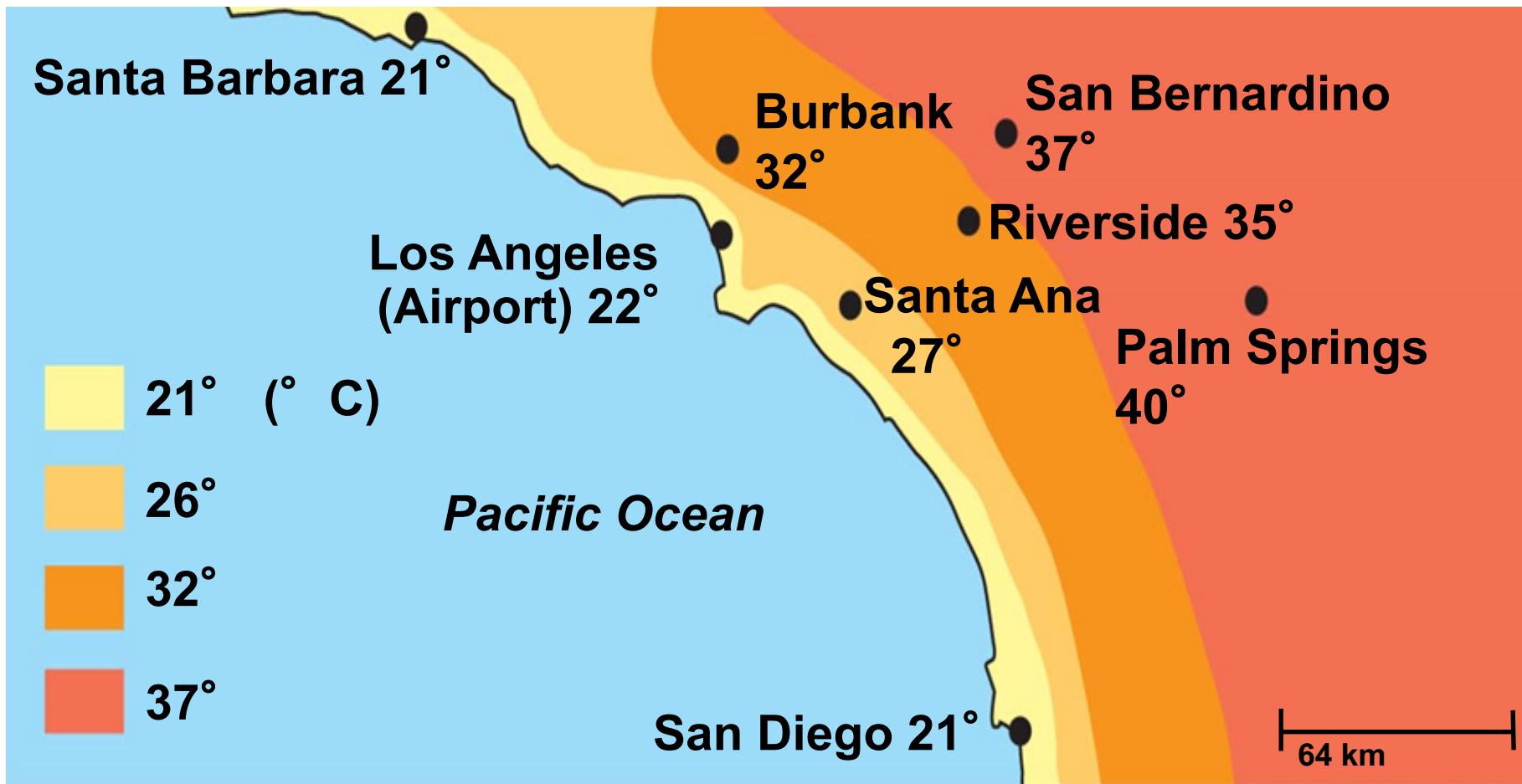
## 2. Stabilisation de la température

Réponse :

Une grande étendue d'eau peut absorber ou emmagasiner une énorme quantité de chaleur solaire durant le jour et pendant l'été, tout en se réchauffant de quelques degrés seulement

La nuit et en hiver, l'eau se refroidit graduellement et peut réchauffer l'air

## 2. Stabilisation de la température



Campbell & Reece, 2010

**Les régions côtières possèdent généralement des climats plus doux que les régions intérieures**

## 2. Stabilisation de la température

L'eau possède aussi une **chaleur de vaporisation** élevée, parce que la transition de l'état liquide à l'état gazeux nécessite la rupture d'un nombre considérable de liaisons hydrogènes (quatre liaisons hydrogène pour chaque molécule d'eau !)

=> L'évaporation d'eau d'une surface implique un **refroidissement** de celle-ci ;

De nombreux organismes vivant évacuent leur excès de chaleur corporelle par transliration

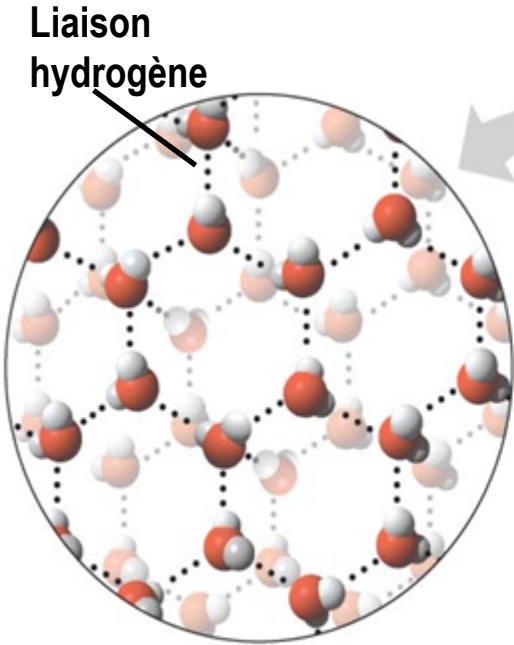
### 3. Dilatation lors de la solidification

À basse température ( $\leq 0^\circ \text{ C}$ ), les molécules d'eau sont bloquées dans un réseau cristallin dont les liaisons hydrogène sont plus longues et plus stables que celles de l'eau liquide : c'est de la glace

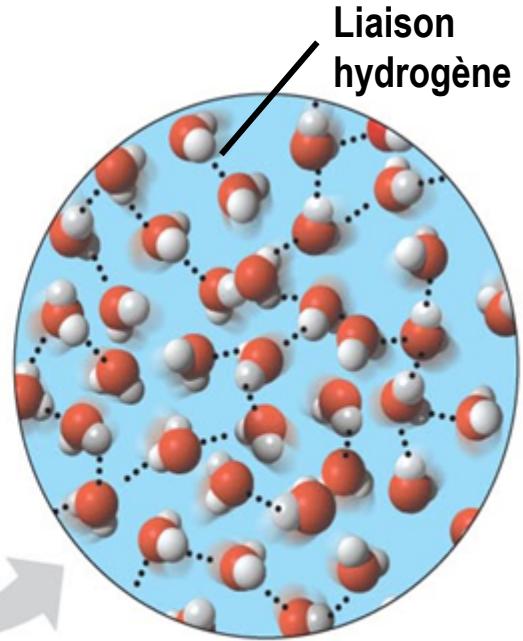
#### **La glace est moins dense que l'eau liquide**

- => Cela explique les icebergs flottants à la surface des océans
- => La flottabilité de la glace, due à sa masse volumique plus faible que celle de l'eau liquide, permet à la vie d'exister sous les surfaces gelées des océans, des lacs et des rivières

### 3. Dilatation lors de la solidification



**Structure de la glace :**  
**les liaisons hydrogène**  
**sont plus longues et stables**



**Structure de l'eau liquide :**  
**les liaisons hydrogène**  
**sont plus courtes,**  
**se cassent et se reforment**  
**continuellement**

## 4. Solvation polyvalente

- Grâce à sa capacité de former des liaisons hydrogènes, **l'eau est un solvant polyvalent : c'est le solvant fondamental de la vie.**
- Solvation ionique : cas du chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ )
- Solvation moléculaire : cas du sucre (saccharose cristallisé :  $[\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}]_n$ )

## 4. Solvation polyvalente

Le **coton** formé de cellulose est un produit végétal **hydrophile** qui ne se dissout pas dans l'eau

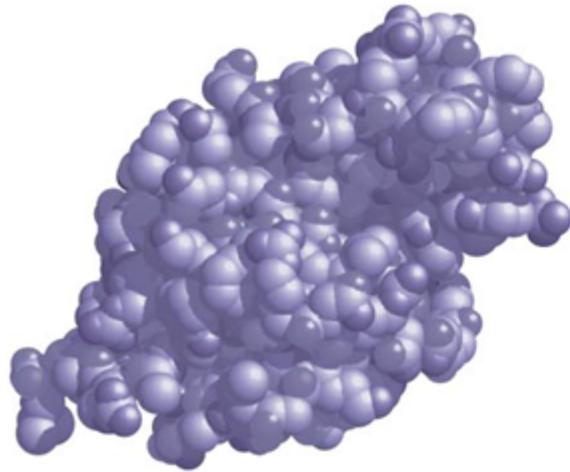
- **L'eau adhère aux fibres de la cellulose**
- La cellulose forme les parois cellulaires des cellules végétales. C'est une macromolécules qui comportent de nombreuses charges partielles positives et négatives associées à des liaisons polaires

# Autres intérêts biochimiques relatifs à la polarité de l'eau

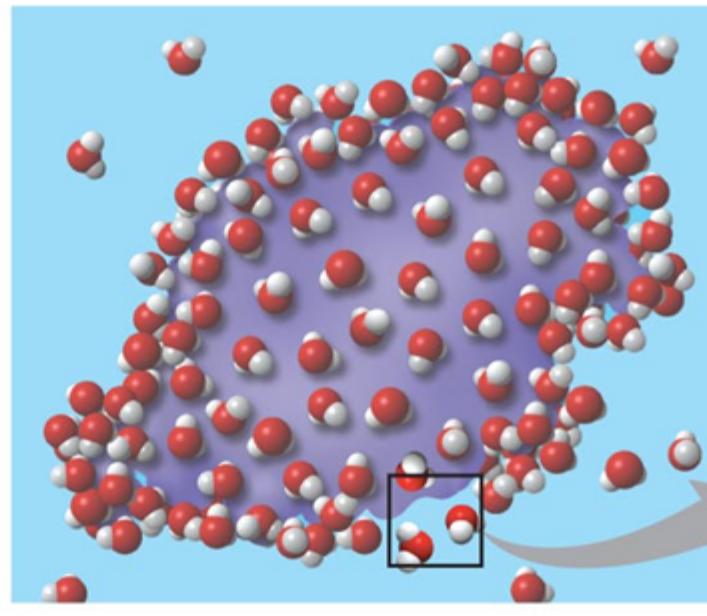
## Comportement des molécules organiques vis-à-vis de l'eau

- Substances **hydrophiles** : substances polaires ou ioniques qui ont une affinité pour l'eau
  - Substances **hydrophobes** : sont non polaires qui fuient l'eau
  - Substances **amphiphiles** ont un pôle hydrophile et un pôle hydrophobe : caractéristique des membranes biologiques dont la charpente est formée de phospholipides
- Les molécules d'eau s'agglutinent étroitement autour de toute substance porteuse de charges électriques (ions ou molécules polaires) et forme ainsi une **enveloppe d'hydratation**

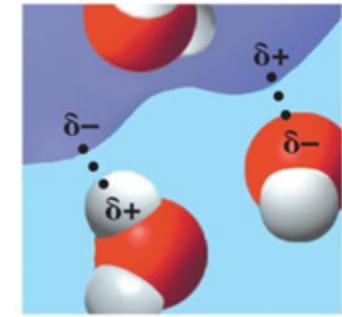
## 4. Solvation universelle



Un lysozyme inactif dans un milieu sec



le lysozyme actif dans un milieu aqueux



Les régions ioniques et polaires à sa surface attirent les molécules d'eau.

Campbell & Reece, 2010

**Un lysozyme est une enzyme antimicrobienne présente dans la salive, les larmes, et les sécrétions des muqueuses**

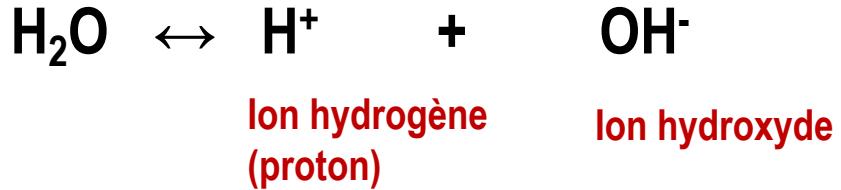
➤ L'eau comme **métabolite** (substance qui intervient ou se forme au cours du métabolisme) est nécessaire aux réactions métaboliques. Notamment :

- ❖ Les **réactions d'hydrolyse** : pour scinder une grosse molécule en molécules plus petites il faut l'ajout d'une molécule d'eau pour chaque petite molécule libérée
- ❖ Les **réactions de déshydratation** lors de la synthèse d'une grosse molécule à partir de molécules plus petites, une molécule d'eau est libérée pour chaque liaison covalente nouvellement formée

# Autres intérêts biochimiques relatifs à la polarité de l'eau

- L'eau s'ionise : La dissociation des molécules d'eau crée des **conditions acides** ou **basiques** qui influent sur les organismes

La réaction de dissociation d'une molécule d'eau en un proton ( $H^+$ ) et un ion hydroxyde ( $OH^-$ ) s'écrit :



$$pH = - \log [H^+]$$

Acidité croissante  
 $[H^+] > [OH^-]$



Neutralité  
 $[H^+] = [OH^-]$

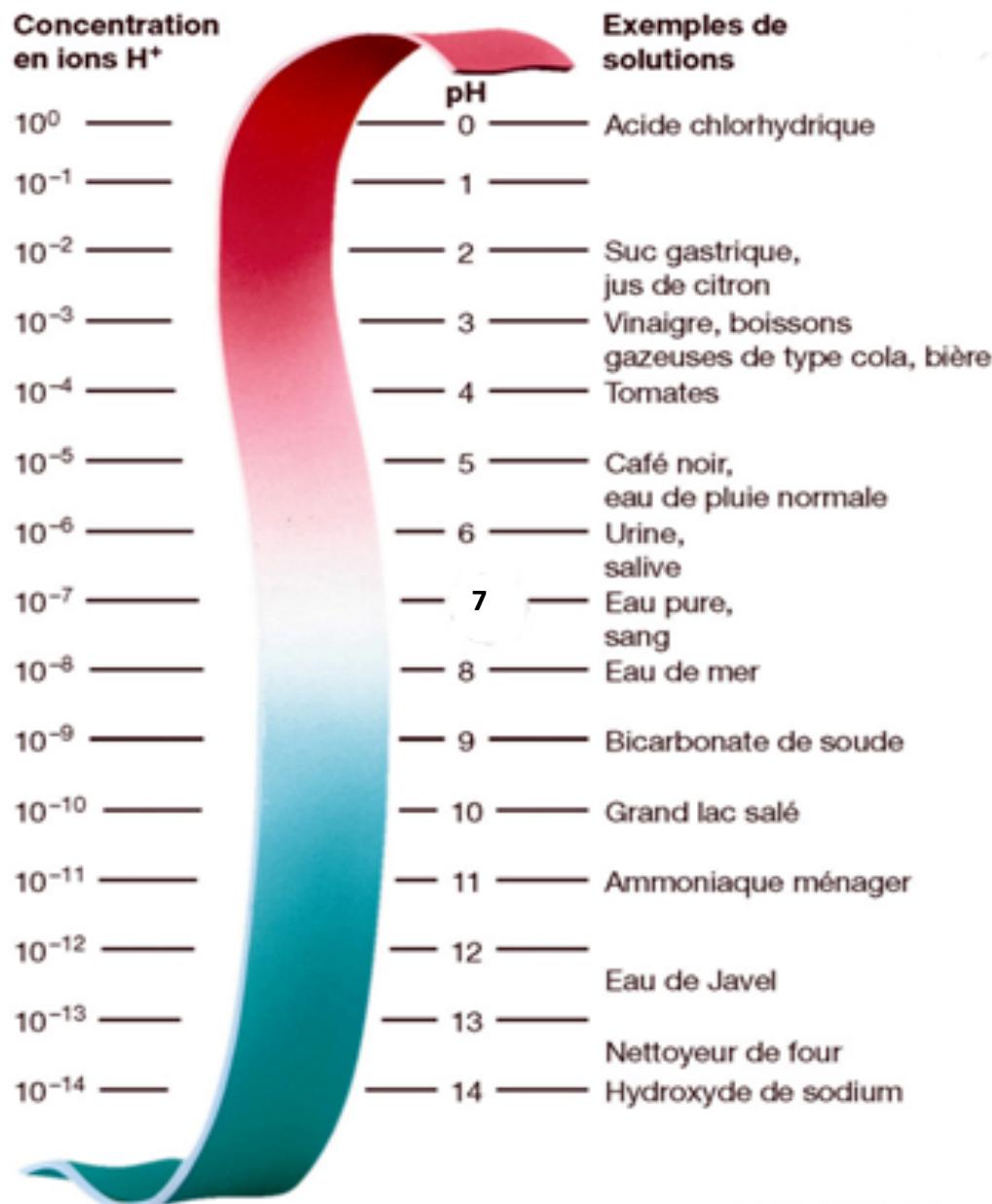


Basicité croissante  
 $[H^+] < [OH^-]$

14

Les acides sont donneurs de protons  $H^+$   
(ou accepteurs des  $OH^-$ )

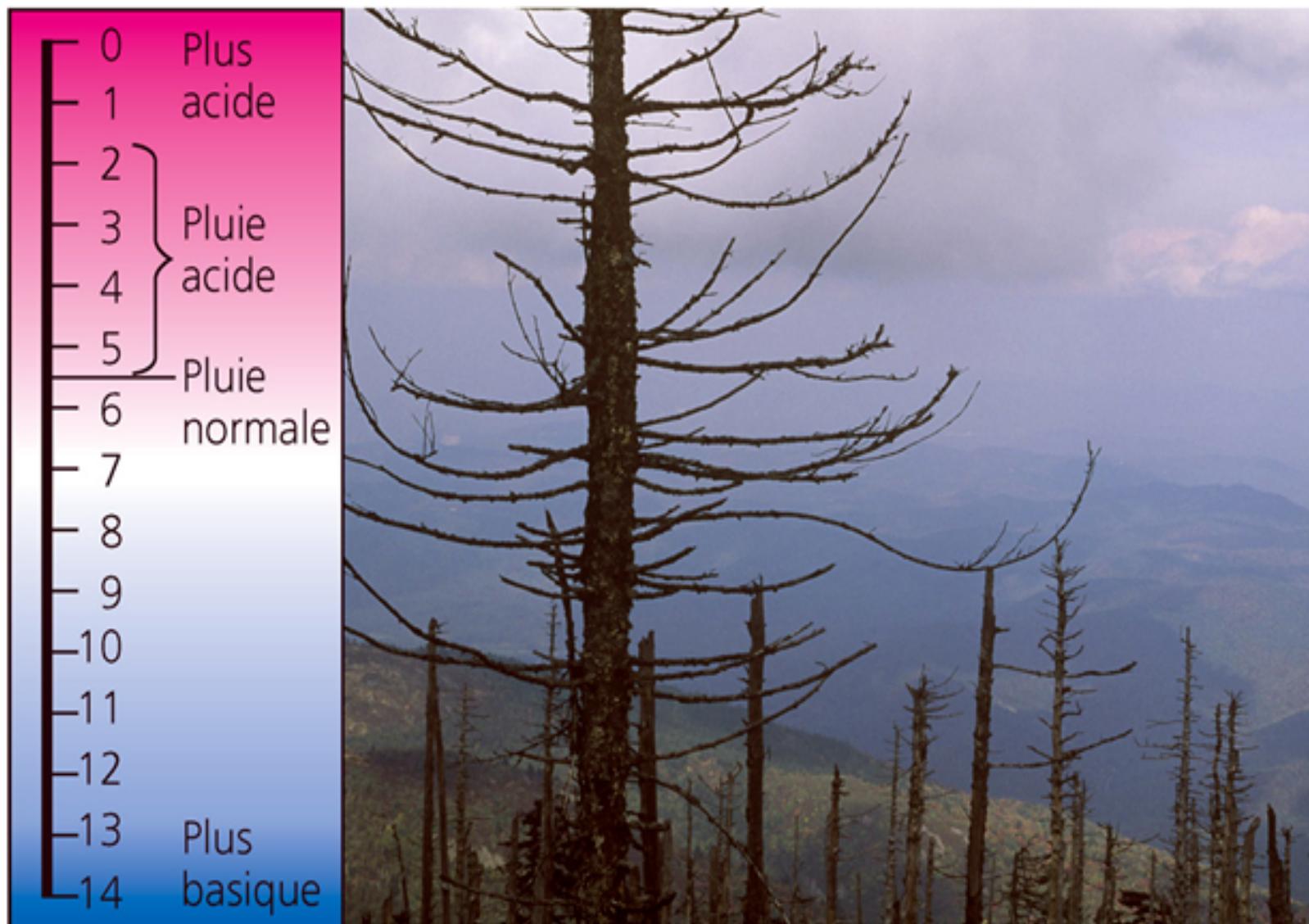
Les bases sont donneurs d'hydroxydes  $OH^-$   
(ou accepteurs des  $H^+$ )



© De Boeck Université, 2007

# Effets des précipitations acides sur l'environnement

- Les précipitations acides sont principalement dues à la présence dans l'atmosphère du  $\text{SO}_2$  et  $\text{NO}_2$  provenant des combustibles fossiles
- $\text{SO}_2$  et  $\text{NO}_2$  réagissent avec l'humidité de l'air pour former des solutions d'acide sulfurique et d'acide nitrique, qui tombent avec les précipitations
- L'acide sulfurique et l'acide nitrique peuvent s'accumuler sous forme de dépôts secs de sulfates et nitrates



**À cause des précipitations acides toute une forêt de sapins morts dans la république tchèque**

Campbell & Reece 2012

# Solutions tampons

- Le pH intracellulaire et extracellulaire des organismes multicellulaires est proche de 7,2
- Dans les cellules, les réactions chimiques nécessitent des **catalyseurs** biologiques appelés **enzymes** qui sont **très sensibles au pH**
- en plus des aliments acides ou basiques qu'ingèrent les Animaux, les réactions chimiques des cellules produisent constamment des acides et des bases. Cela nécessite l'intervention de **solutions tampons pour maintenir un pH constant dans l'organisme**

# Solutions tampons

- permet aux solutions biologiques de résister aux variations du pH
- constituée d'une paire acide-base qui se combine de façon réversible avec les protons
- maintiennent le pH sanguin autour de 7,2
- le CO<sub>2</sub> et les protons résultant de l'activité métabolique sont des acteurs clés du pouvoir tampon : dans le sang par exemple, **le CO<sub>2</sub> se combine à l'eau pour former un acide faible qui a un pouvoir tampon :**

**l'acide carbonique et le bicarbonate**

# Solutions tampons : l'acide carbonique et le bicarbonate



- Lorsque le milieu devient acide,  $[\text{H}^+]$  augmente et l'ion bicarbonate en prend pour reformer l'acide carbonique
- Lorsque le milieu devient basique,  $[\text{H}^+]$  diminue et l'acide carbonique en donne pour reformer l'ion carbonate

# Questions

- 1) Pour qu'une molécule soit polaire elle doit :
- A. être constituée d'éléments différents
  - B. être constituée d'éléments ayant une électronégativité différente
  - C. avoir des liaisons covalentes polaires et ne pas présenter un centre de symétrie
  - D. avoir des liaisons covalentes apolaires et présenter un centre de symétrie
  - E. avoir une charge + dans un pôle et une charge négative dans l'autre pôle
- 2) La glace flotte sur l'eau parce que :
- A. un solide est toujours moins dense qu'un liquide
  - B. un solide est toujours plus dense qu'un liquide
  - C. les molécules d'eau sont plus éloignées les unes des autres de façon à ce que les liaisons hydrogène sont plus longues
  - D. il y a plus de liaisons hydrogène dans la glace que dans l'eau, qui les rapprochent les une des autres

# Questions

3) Une molécule est soluble dans l'eau si :

- A. elle peut au moins faire des liaisons hydrogène
- B. elle peut ioniser la molécule d'eau en  $H^+$  et  $OH^-$
- C. elle est entourée d'une enveloppe d'hydratation
- D. elle possède au moins un groupe OH (comme l'eau)

4) La glace est un bon isolant thermique vis à vis des lacs et océans, parce que :

- A. la glace présente une structure lacunaire et de ce fait, elle est moins dense que l'eau
- B. la glace est plus dense que l'eau
- C. le point de fusion de la glace est à zéro degré Celsius
- D. le point de fusion de la glace est à zéro Kelvin

# Questions

- 5) Une aiguille flotte sur l'eau parce que :
- A. l'acier est moins dense que l'eau
  - B. l'aiguille est creuse
  - C. les liaisons hydrogènes de l'eau exercent une résistance à la pénétration de l'aiguille dans l'eau
  - D. l'aiguille présente une grande surface de contact
- 6) Concernant la solubilité d'une substance dans l'eau :
- A. L'hexane ( $C_6H_{14}$ ) est soluble dans l'eau car il possède beaucoup d'atomes d'hydrogène
  - B. Le  $CO_2$  est insoluble dans l'eau car il ne possède pas d'atomes d'hydrogène
  - C. Le  $CO_2$  est soluble dans l'eau car il contient des atomes d'oxygène
  - D. L'acétone ( $H_3CCOCH_3$ ) est insoluble dans l'eau car son atome d'oxygène n'est pas directement lié à un atome d'hydrogène

# Questions

- 7) L'attraction des molécules entre elles s'appelle :
- Adhérence
  - Cohésion
  - Action capillaire
  - Tension superficielle
- 8) Quelles sont les propriétés qui permettent à l'eau de modérer les changements de température ?
- Formation d'enveloppe d'hydratation et chaleur spécifique élevée
  - Chaleur de vaporisation et chaleur spécifique élevées
  - Chaleur de vaporisation et exclusion hydrophobe
  - Exclusion hydrophobe et formation d'enveloppe d'hydratation

# Questions

- 9) L'eau a une chaleur spécifique élevée parce que :
- A. les liaisons hydrogène doivent se rompre pour augmenter sa température
  - B. les liaisons hydrogène doivent se former pour augmenter sa température
  - C. l'eau est un bon isolant
  - D. l'eau a une faible densité vue la taille de la molécule
  - E. l'eau peut être ionisée
- 10) Concernant les molécules organiques, comment les liaisons hydrogène diffèrent-elles des liaisons covalentes ?
- A. Les liaisons covalentes se forment entre tous les types d'atomes, alors que les liaisons hydrogène ne se forment qu'entre H et O
  - B. Les liaisons covalentes mettent en commun des paires d'électrons et les liaisons hydrogène impliquent le transfert complet des électrons d'un côté ou d'un autre de la liaison
  - C. Les liaisons covalentes déterminent la structure 3D des molécules, alors que les liaisons hydrogène maintiennent les atomes entre eux pour former des molécules
  - D. Les liaisons covalentes sont des liaisons faibles, alors que les liaisons hydrogène sont des liaisons fortes
  - E. Les liaisons covalentes maintiennent les atomes entre eux, alors que les liaisons hydrogène maintiennent la structure tridimensionnelle des molécules, qui est responsable de leur fonction