

# Chimie du vivant

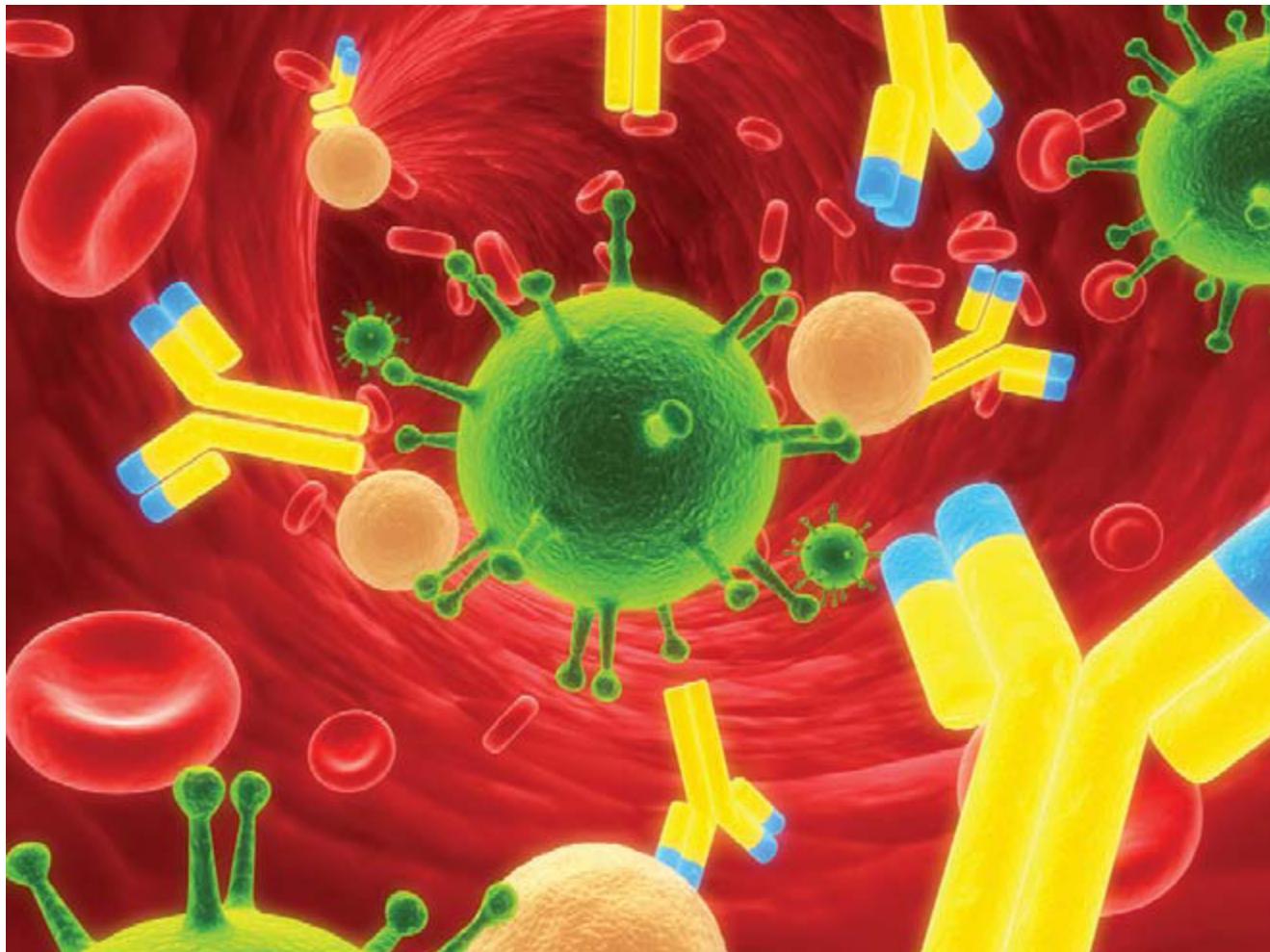


## Concepts clés :

1. Les propriétés d'un composé sont déterminées par la structure des atomes qui le composent.
2. Les liaisons fortes forment les molécules et les liaisons faibles leur donnent une conformation dans l'espace.
3. La structure et la fonction des molécules dépendent des liaisons chimiques entre les éléments qui les constituent.
4. Les réactions métaboliques établissent et rompent des liaisons chimiques.
5. l'eau : acteur principal des réactions chimiques qui maintiennent la vie sur Terre.

# Les molécules de la vie

*Des millions de molécules sont à la base du fonctionnement d'un organisme.*



*Crédit : Daniel Mansuy Chimie du et pour le vivant : objectif santé*

- Les organismes vivants sont formés de matière
- La matière est formée d'éléments chimiques : les atomes
- Les atomes sont classés, selon leurs **propriétés physico-chimiques**, dans la table périodique établit par *D. Mendeleïev*
- La table périodique fournit des informations **physico-chimiques** importantes sur les éléments de la matière et leurs interactions les uns avec les autres pour former des molécules

*corollaire : Les organismes vivants obéissent aux lois physico-chimiques de la matière.*





fourmi jardinière  
(*Myrmelachista schumanni*)



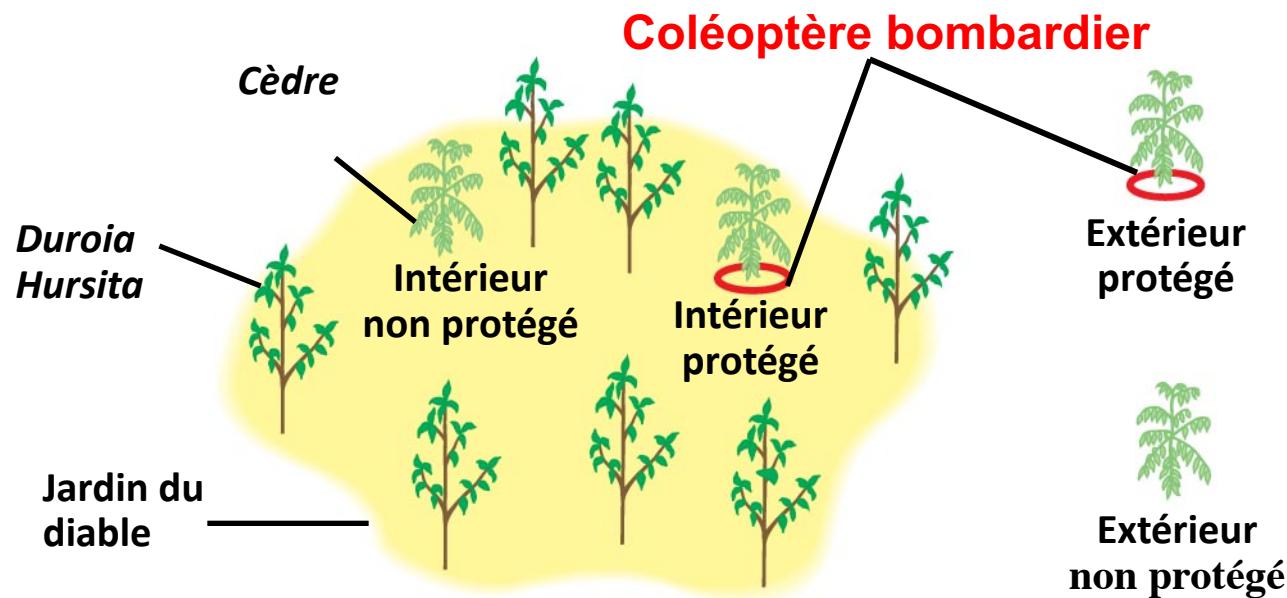
© PUCE / L. Jaramillo

La fourmi *Myrmelachista schumanni* colonise les tiges de l'arbuste *Duroia hirsuta*.

# Les organismes vivants obéissent aux lois de la physique et de la chimie

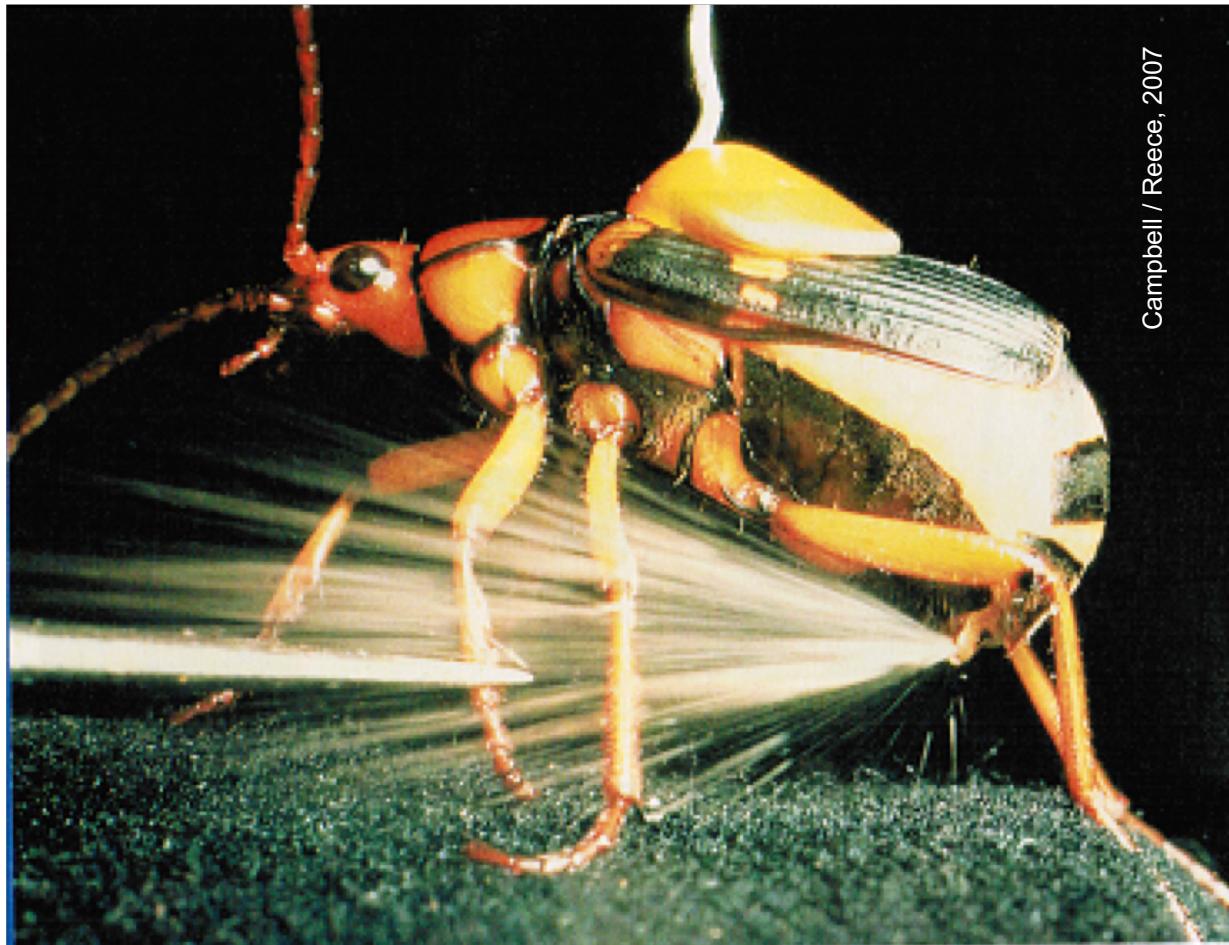
## Expérience

Cèdres plantés à l'intérieur et à l'extérieur du jardin du diable



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

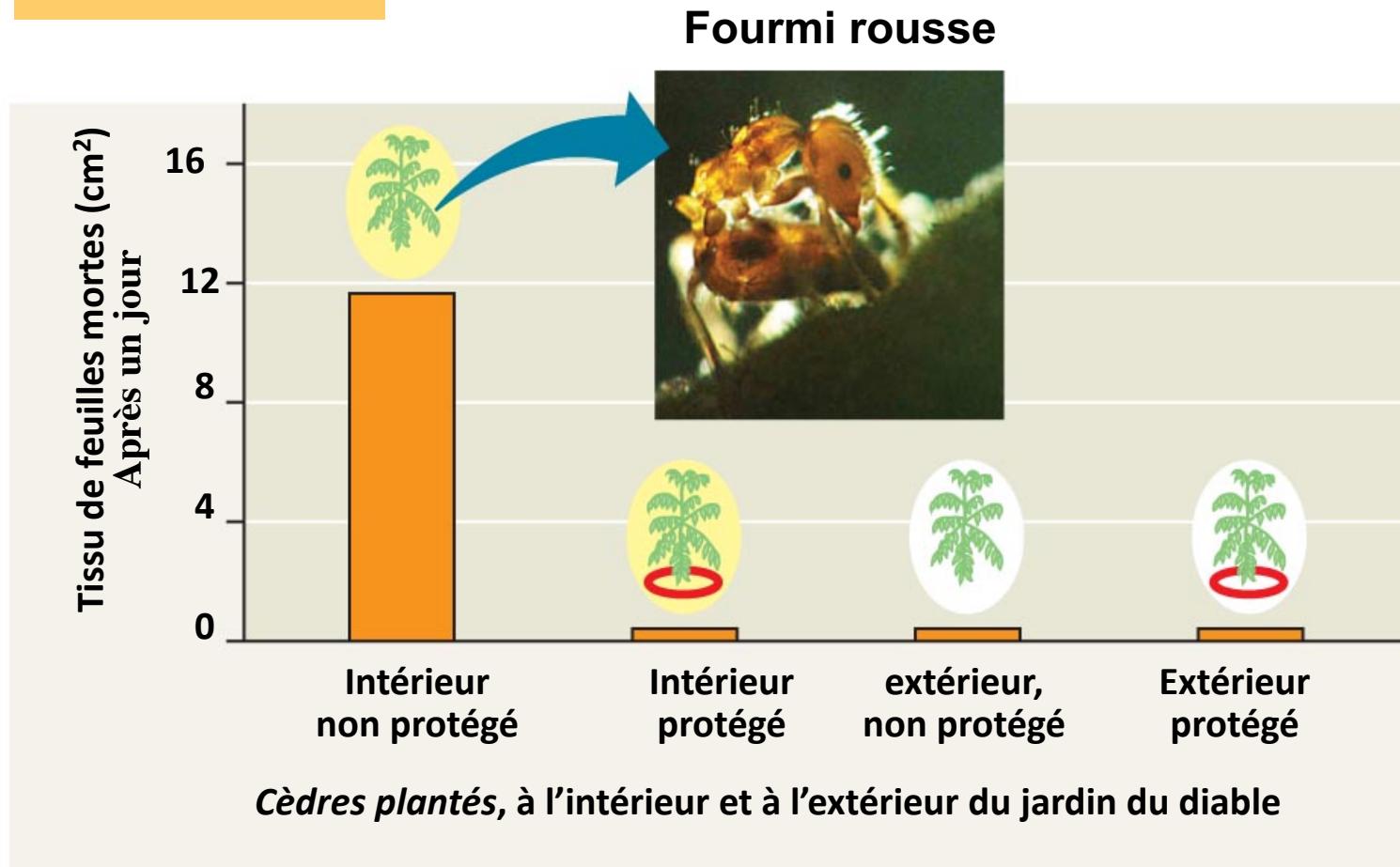
# Les organismes vivants obéissent aux lois de la physique et de la chimie



**Le coléoptère bombardier arrosant une pince, lui approchant,  
d'un jet de liquide brûlant secrété par ses glandes abdominales**

# Les organismes vivants obéissent aux lois de la physique et de la chimie

## Résultats



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

# Les organismes vivants obéissent aux lois de la physique et de la chimie

## Conclusion

Le coléoptère bombardier et les fourmis utilisent des moyens chimiques pour se défendre et pour survivre

Les fourmis, vivant en symbiose mutualiste avec les arbres *Duroia*, empêchent d'autres espèces d'arbres de pousser en les empoisonnant systématiquement par de l'acide formique qu'elles秘ètent

# Les organismes vivants obéissent aux lois de la physique et de la chimie

Pour étudier les processus biologiques des organismes, nous avons besoin d'utiliser **les concepts physiques et chimiques de la matière**

# Éléments chimiques constitutifs du vivant

- Environ 25 des 94 éléments naturels sont essentiels à la vie
- Le **carbone, l'hydrogène, l'oxygène, et l'azote** constituent **96,5 %** de la matière vivante
- Les **4%** restant sont composés en majorité de **calcium, phosphore, potassium et sulfures**
- Les **oligoéléments (Na, Mg, I, Zn, Fe, ...)** jouant un rôle important dans le métabolisme, ils sont indispensables aux organismes mais en quantité infimes (- de 1%).
- **Cellules spécialisées**, telles que les cellules osseuses (plus de Ca et de P) ou les érythrocytes (beaucoup de Fe)

# Effets d'une carence en oligoéléments

Carence en azote



À gauche, les plants de maïs croissent normalement dans un sol fertilisé avec de l'**azote**. Les plants à droite poussent dans un sol ne contenant pas d'azote.

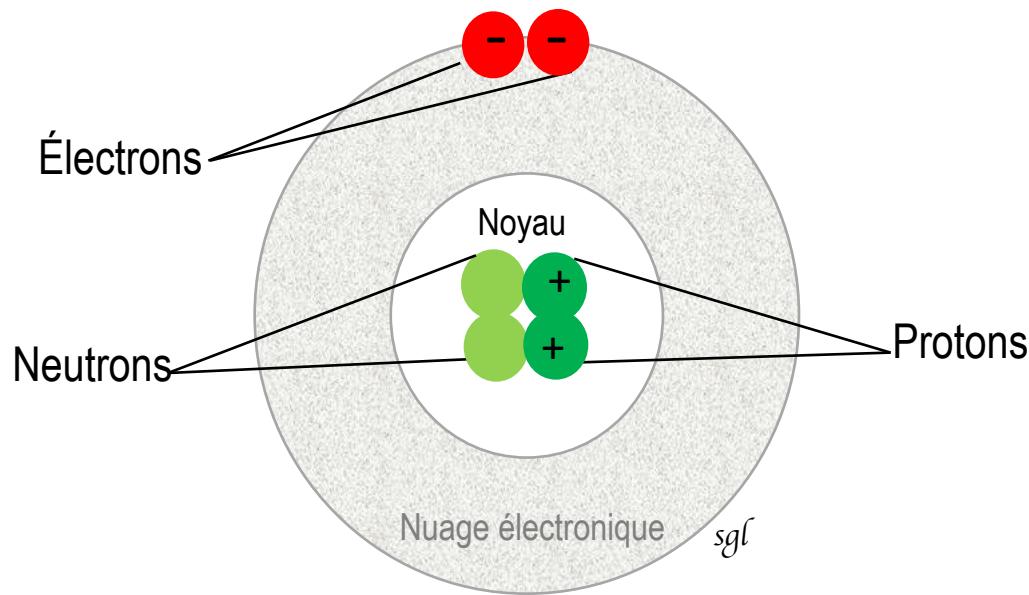
Carence en iodé



Le goître, une augmentation du volume de la glande thyroïde, est causé par une carence en **iodé**.

*Campbell & Reece, 2010*

# Concept physico-chimique des éléments de la matière



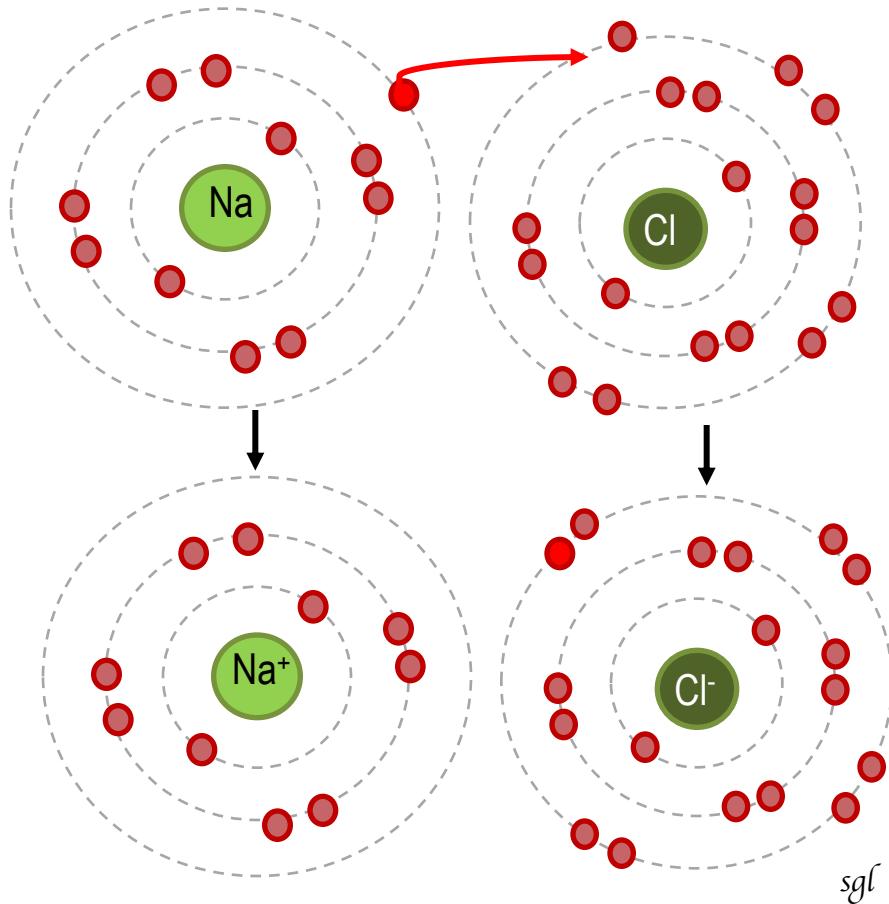
Atome d'Hélium, selon le modèle de Bohr

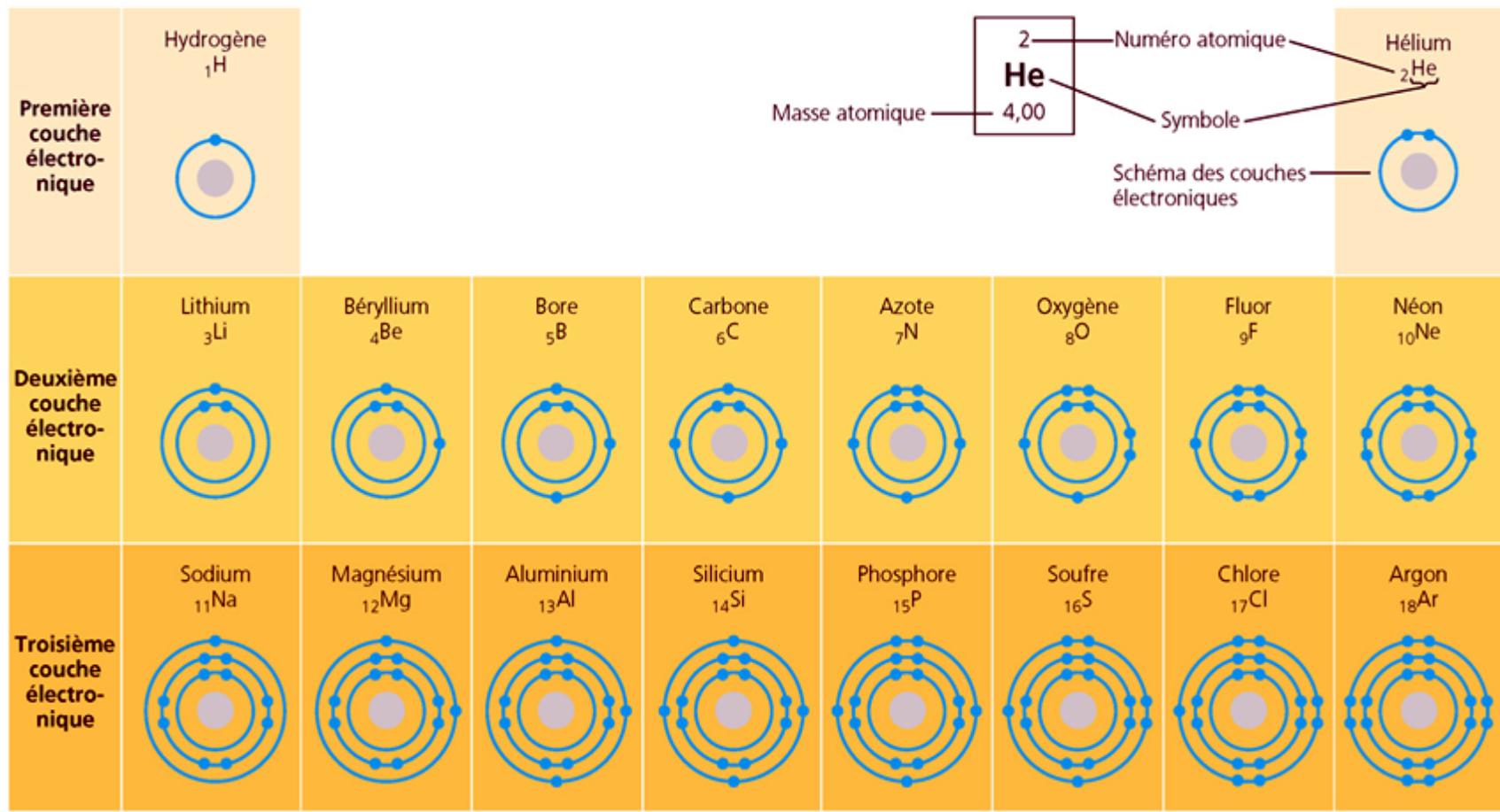
# Configuration électronique et propriétés chimiques

- ✓ Les électrons de valence se trouvent dans les couches périphériques (niveau d'énergie le plus bas)
- ✓ Les propriétés chimiques d'un atome dépendent principalement de ses électrons de valence
- ✓ La plus part des atomes peuvent former des liaisons chimiques avec d'autres atomes
- ✓ Les liaisons chimiques sont des forces qui maintiennent les atomes entre eux sous forme de composés

# Configuration électronique d'un atome

- ✓ Le comportement d'un atome dans une molécule dépend de sa **configuration électronique**
  
- ✓ La configuration électronique est la répartition des électrons dans des **couches électroniques**, qui représentent des **niveaux énergétiques**





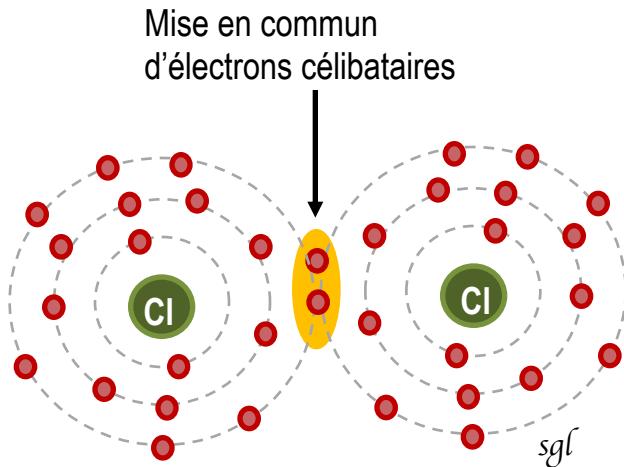
Campbell & Reece 2008

**Niveaux énergétiques des 18 premiers éléments de la table périodique.  
Chaque ligne (ou période) représente un niveau énergétique.**

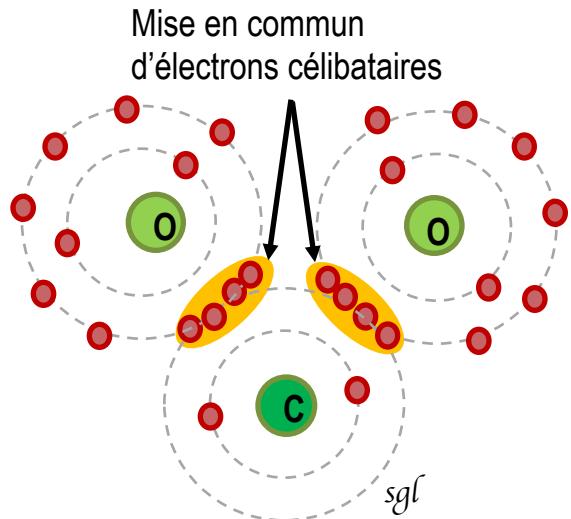
# Les propriétés des molécules dépendent des liaisons chimiques entre ses atomes

- La **liaison covalente** met en commun une (ou plusieurs) paire(s) d'électron(s) de valence. Elle peut être **apolaire ou polaire**
- La **liaison ionique** est une force électrostatique qui réunit des ions de charges opposées

# Liaison covalente apolaire

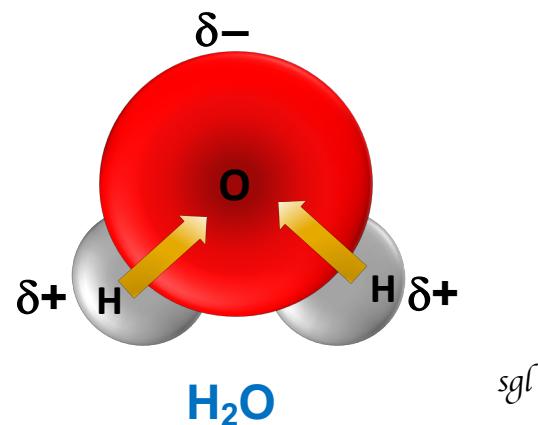
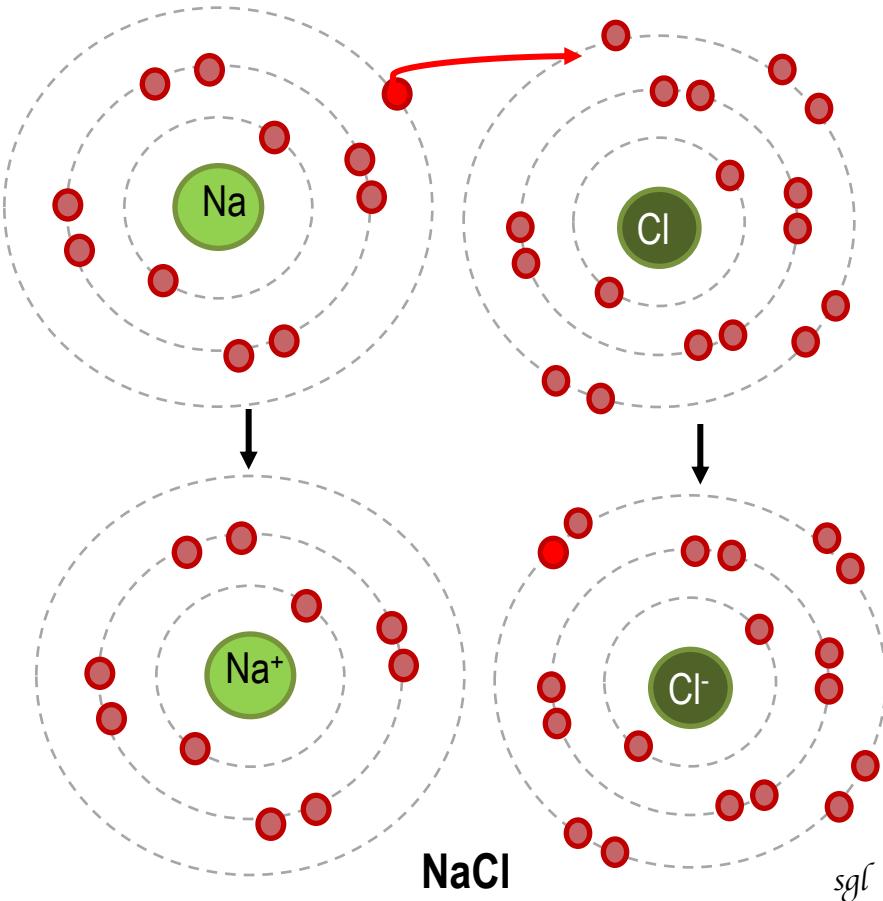


**Une liaison covalente simple**  
**Un seul doublet d'électrons partagé :  $\text{Cl}_2$**



**Une liaison covalente double**  
**Deux doublets d'électrons partagés :  $\text{CO}_2$**

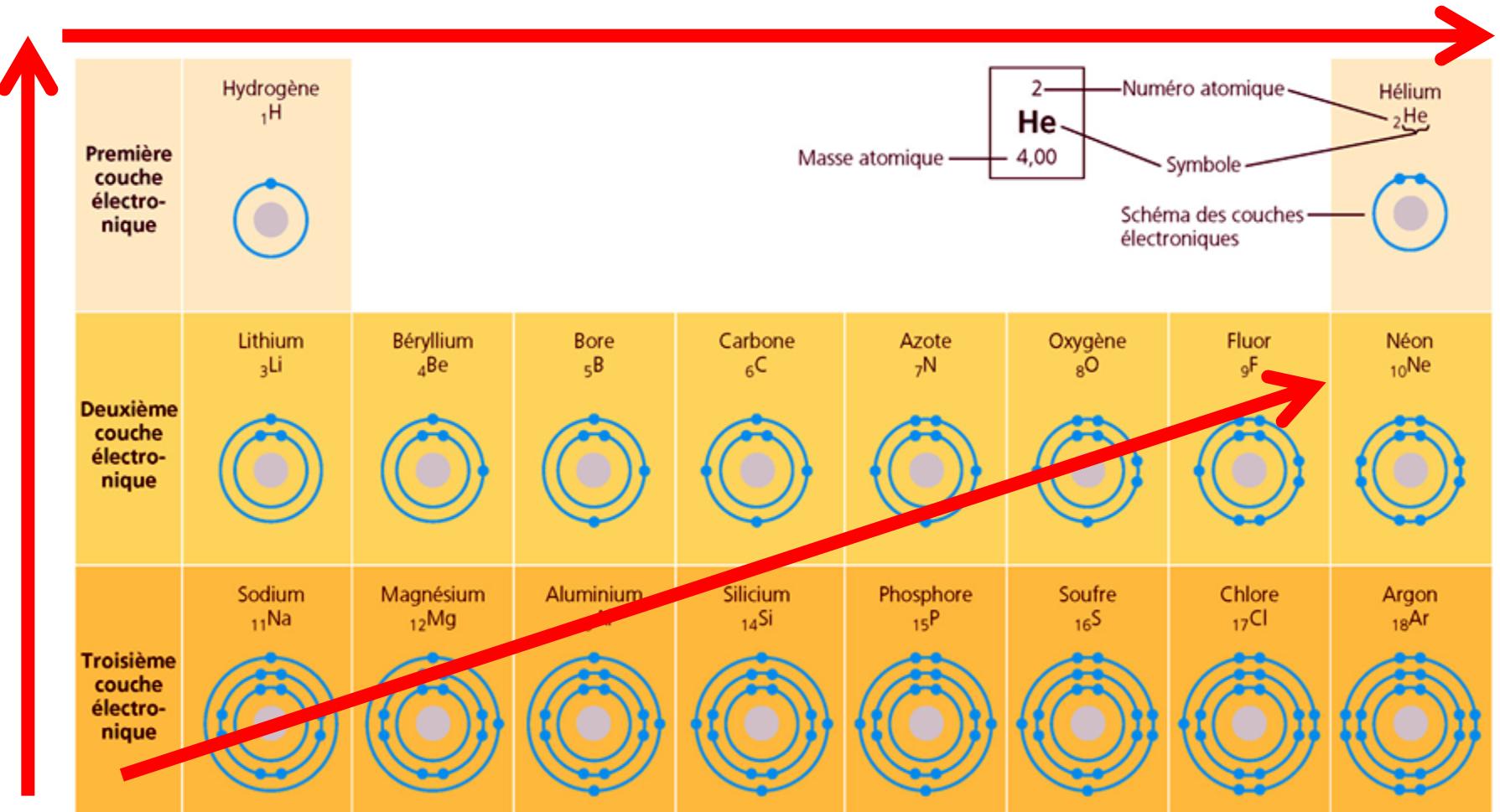
## Liaison covalente polaire



## Liaison ionique

# Les propriétés des molécules dépendent des liaisons chimiques entre les atomes qui les composent

- L'**électronégativité** : c'est l'attraction qu'un atome exerce sur les électrons qu'il met en commun avec un autre atome
- La différence d'électronégativité  $\Delta E$  entre 2 atomes détermine la nature de leur liaison :
  1. **Liaison covalente apolaire** :  $\Delta E \approx 0$
  2. **Liaison covalente polaire** :  $0 < \Delta E < 1,5$
  3. **Liaison ionique** :  $\Delta E > 1,5$



Campbell & Reece 2008.

→ : sens de l'augmentation de l'électronégativité

# Les propriétés des molécules dépendent des liaisons chimiques entre ses atomes

Un autre exemple de propriétés émergentes :



+



Campbell & Reece, 2010

Sodium pur : Na

Chlore pur : Cl

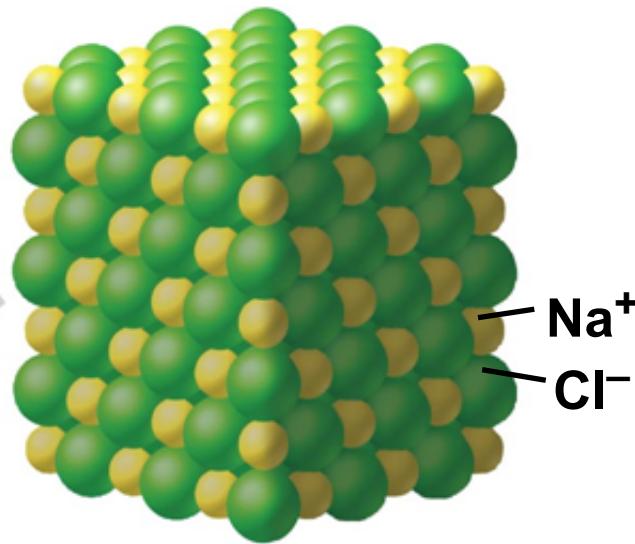
Sel de cuisine : NaCl  
Un composé.

# Les propriétés des molécules dépendent des liaisons chimiques entre ses atomes

- Les composés formés par des liaisons ioniques sont appelés **sels**
- Dans la nature, les sels ont souvent l'aspect de cristaux de taille et de forme diverses
- L'environnement influe sur la force des liaisons ioniques (liaisons fragiles)
- tous les sels se dissolvent dans l'eau



Campbell & Reece, 2010



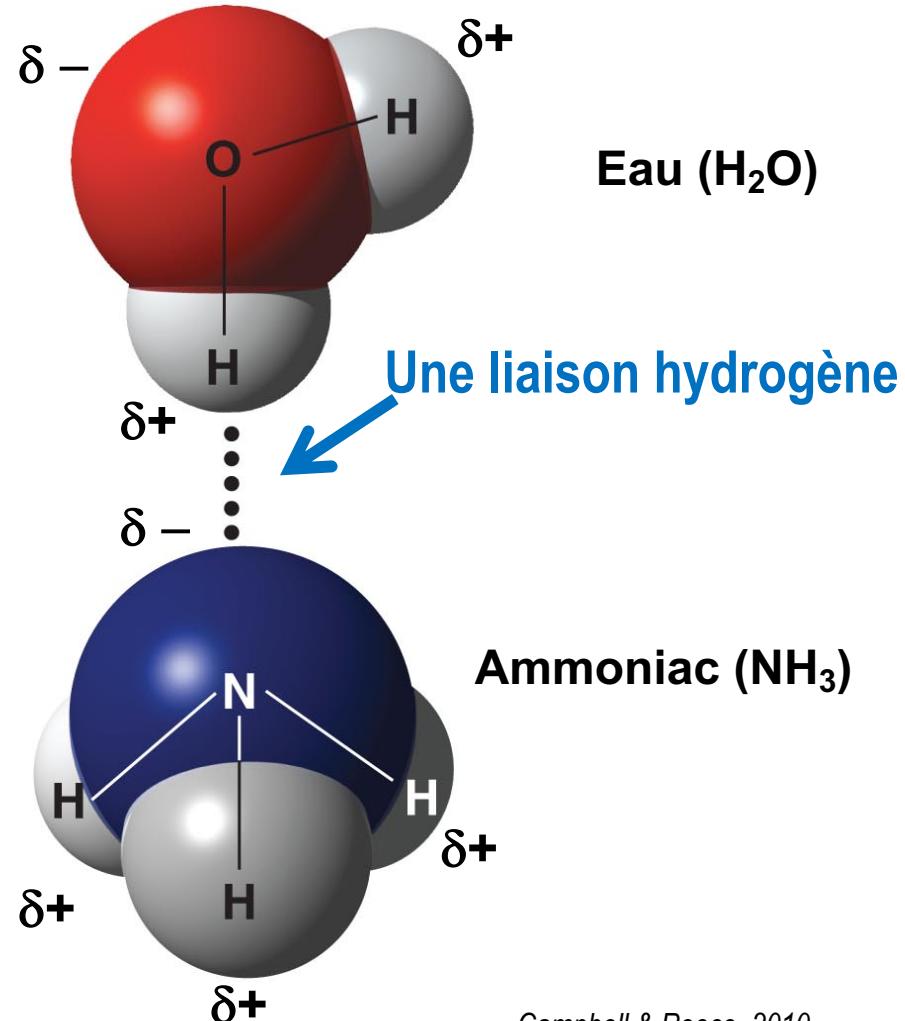
# Les propriétés des biomolécules dépendent des propriétés chimiques des éléments qui les composent

## Les liaisons chimiques faibles

- Les liaisons fortes (liaisons covalentes apolaires) forment les biomolécules
- Les liaisons faibles, telles que les liaisons ioniques (en milieu aqueux), les liaisons hydrogènes, etc., sont indispensables aux fonctions des biomolécules, elles :
  - **façonnent et renforcent la forme des biomolécules**
  - **maintiennent leur structure dans l'espace (3D)**
  - **responsable de leur fonctions.**

# Liaisons chimiques faibles

- La liaison hydrogène se forme quand un atome d'hydrogène, déjà lié par covalence à un atome électronégatif, subit l'attraction d'un autre atome électronégatif
- Chez les organismes ce sont essentiellement l'oxygène et l'azote qui donne lieu à des liaisons hydrogène.



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

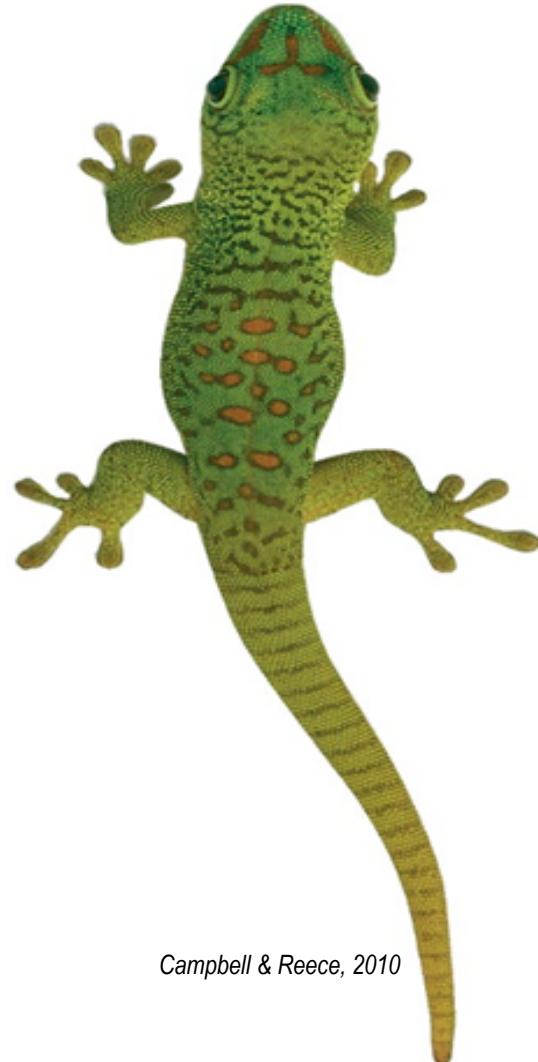
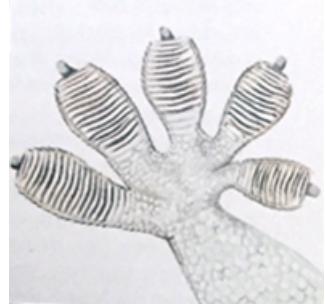
Campbell & Reece, 2010

## Forces de *Van der Waals*

- Dans une molécule, lorsque les électrons sont distribués d'une manière asymétrique, ils peuvent à tout moment se trouver rassemblés par hasard dans l'un ou l'autre côté, formant des "points chauds" chargés positivement ou négativement en changeant constamment de côté
- Les interactions de *Van der Waals* sont les attractions, encore plus faibles que les liaisons hydrogène, rapprochent les molécules les unes des autres à cause des points chauds constamment en mouvement

## Forces de *Van der Waals*

- Les pattes du gecko ont la peau repliée, où chaque lamelle est formée de milliers de poils minuscules, et chacun de ces poils se termine par une spatule assurant une forte adhésion à la moindre aspérité
- L'**effet cumulatif** dû au grand nombre des force de *Van der Waals*, permet au lézard d'escalader des surfaces, même en verre !



# Les biomolécules : structure et fonction

- Bien qu'elles soient faibles individuellement, les liaisons faibles ont un **effet cumulatif**, renforçant ainsi la **structure tridimensionnelle** des **macromolécules** organiques

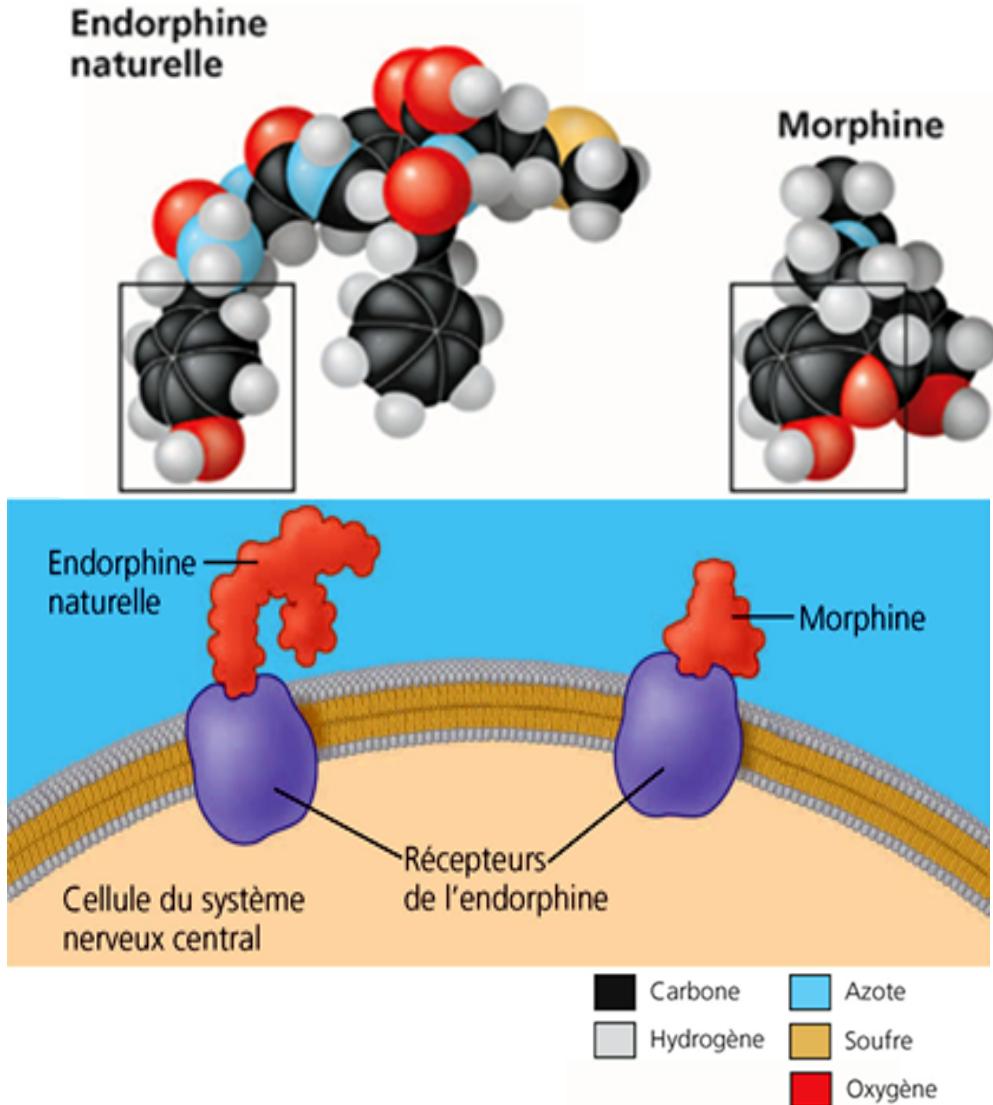
# Les biomolécules : structure et fonction

- La structure géométrique dans l'espace détermine la façon dont la plupart des biomolécules **se reconnaissent et réagissent entre elles, de manière spécifique**
- **Les molécules de même structure tridimensionnelle ont des fonctions similaires**

Exemple : les **endorphines** qui sont des molécules euphorisantes naturelles, et les **molécules des opiacés (morphine et ses dérivés)** mimant les effets des endorphines car elles se fixent sur les mêmes récepteurs membranaires des endorphines.

Les **endorphines** sont des molécules messagères, qui se fixent sur des molécules spécifiques (récepteurs membranaires) des cellules nerveuses et soulagent la douleur.

La **morphine** et l'**héroïne** sont des molécules de même structure géométrique. Elles se fixent aussi sur les récepteurs des endorphines et modifient la perception de la douleur en imitant les endorphines naturelles du système nerveux.



Campbell & Reece, 2010

# Après ce cours de devrez être capables de :

- 1) Connaître les éléments chimiques les plus abondants chez les organismes et leurs propriétés physico-chimiques
- 2) Distinguer entre les liaisons fortes et les liaisons faibles
- 3) Comprendre comment les liaisons hydrogènes, dans la molécule d'eau, gouvernent ses différentes propriétés et donc celles de la vie
- 4) Connaître les quatre propriétés de l'eau

# Questions

1. Un être vivant est composé :
  - A. exclusivement de molécules organiques
  - B. exclusivement d'eau et de molécules organiques
  - C. de molécules minérales et de molécules organiques
  - D. exclusivement d'eau et de molécules minérales
2. La molécule de CO<sub>2</sub> :
  - A. est une molécule organique, car elle contient l'atome de carbone
  - B. est une molécule organique, même si elle ne contient pas l'atome d'hydrogène
  - C. est une molécule organique, car elle peut être produite par un être vivant
  - D. n'est pas une molécule organique, car elle ne peut pas brûler

# Questions

3. Une molécule organique peut contenir :

- A. les atomes : C, H, O et N
- B. exclusivement des atomes : C, et H
- C. les molécules : C, H, O
- D. les molécules : H et O

4. Quels sont les produits, parmi les suivants, qui sont formés de molécules minérales :

- A. acide oléique  $C_{18}H_{34}O_2$
- B. sel de mer NaCl
- C. cire d'abeille  $C_{46}H_{92}O_2$
- D. quartz  $SiO_2$
- E. éthanol  $C_2H_5OH$

# Questions

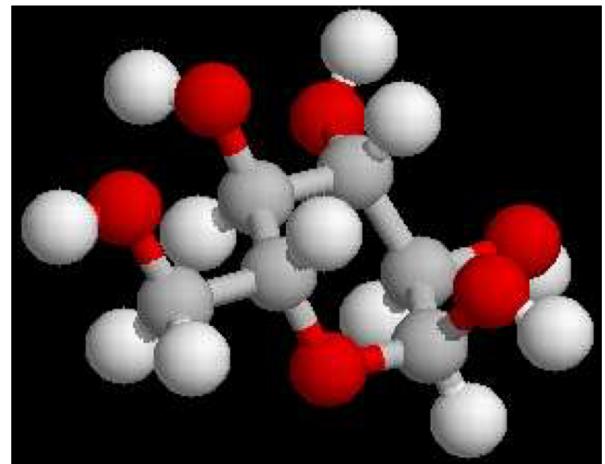
## 5. Les molécules organiques :

- A. sont des molécules synthétisées seulement au sein du vivant
- B. sont riches en eau
- C. peuvent contenir des atomes autres que C, H, O
- D. sont combustibles
- E. contiennent obligatoirement les atomes C, H, O

## 6. Cette image est issue du logiciel RASTOP

Elle représente :

- A. Un nucléotide
- B. une molécule minérale
- C. un atome
- D. une molécule organique



(Gris = carbone  
Rouge = oxygène  
Blanc = hydrogène)

# Questions

7. Les forces de *van der Waals* ont lieu avec les fluctuations des charges électriques entre deux atomes ou molécules proches ?
- A. Oui
  - B. Non
8. Les interactions hydrophobes correspondent à des liaisons hydrogène ?
- A. Oui
  - B. Non
9. Les liaisons ioniques sont des liaisons covalentes ?
- A. Oui
  - B. Non
10. Quelle est la caractéristique suivante des liaisons ioniques ?
- A. Les liaisons ioniques deviennent faibles avec les sels
  - B. Les liaisons ioniques sont plus fortes en solution aqueuse

# Questions

11. Les ponts disulfure (S-S) sont obtenus par l'un des moyens suivants ?
- A. Association de deux prolines
  - B. Association de deux Cystéines
  - C. Association d'une proline et d'une cystéine
12. Les ponts disulfure sont des liaisons covalentes ?
- A. Oui
  - B. Non
13. Quel est le résultat de l'interaction de l'acide acétique ( $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ) et l'eau ?
- A. Interaction hydrophobe
  - B. Liaison ionique
  - C. Liaison hydrogène
14. Le céto-acide  $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-COOH}$  forme des liaisons hydrogène intramoléculaires.
- A. Oui
  - B. Non