

## Conversion de l'énergie stockée dans la matière organique

### I. Combustion des alcanes et des alcools

#### 1. Réaction de combustion

##### a. Equation de combustion

Lors de la combustion complète d'un hydrocarbure ou d'un alcool, le combustible réagit avec le comburant (le dioxygène) pour former du dioxyde de carbone et de l'eau.

Une combustion est modélisée par une réaction d'oxydoréduction dont l'équation peut s'écrire à partir des couples rédox  $O_2(g)/H_2O(g)$  et  $CO_2(g)/\text{Combustible}$

Exemple:

##### b. Comment équilibrer une équation de combustion :

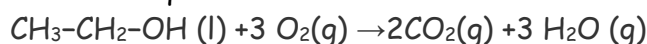
- **Soit directement en écrivant :**
  1. la conservation de l'élément C.
  2. la conservation de l'élément H.
  3. la conservation de l'élément O en ajustant le coefficient devant  $O_2$ .

- **Soit à partir des demi-équations rédox :**

pour la combustion de l'éthanol :

1. couple  $O_2(g)/H_2O(g)$  :  $O_2(g) + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O(g)$
2. couple  $CO_2(g)/\text{Ethanol}$  :  $2CO_2(g) + 12H^+ + 12e^- = C_2H_6O(l) + 3H_2O(g)$

Equation de combustion complète de l'éthanol liquide.



**Remarque 1 :** Par convention le nombre stœchiométrique écrit devant le combustible est égal à 1.

**Remarque 2 :** en général, on fait en sorte que les nombres stœchiométriques soient entiers et les plus petits possibles.

**Remarque 3 :** lorsque l'apport en dioxygène est insuffisant, la combustion devient incomplète et des espèces autres que le dioxyde de carbone et l'eau peuvent se former. Il peut se former du carbone C (fine poudre noire) et du monoxyde de carbone (gaz toxique).

#### 2. Energie libéré lors d'une combustion

##### Définition :

On appelle « énergie molaire de combustion » l'énergie libérée par une mole de combustible consommée lors d'une combustion complète.

Ainsi, lorsque n moles de combustible sont mises en jeu lors d'une combustion complète, l'énergie libérée est alors :

$$E_{\text{lib}} = n \times E_{\text{m,comb}}$$

Avec n en mol,  $E_{\text{m,comb}}$  en  $J \cdot mol^{-1}$  et  $E_{\text{lib}}$  en J

##### Quelques données :

$$E_{\text{m,comb}}(\text{carbone}) = 393,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$E_{\text{m,comb}}(\text{méthane}) = 820 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$E_{\text{m,comb}}(\text{butane}) = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$E_{\text{m,comb}}(\text{octane}) = 5,2 \cdot 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

## II. Energie libérée au cours d'une transformation chimique.

### 1. Origine de cette énergie.

Cette énergie représente la variation de l'énergie interne du système chimique lors de la transformation des réactifs en produits.

L'énergie chimique est une énergie potentielle microscopique d'interaction : elle est mise en jeu dans les liaisons entre atomes, ions, molécules...

Un système chimique consomme de l'énergie lorsque des liaisons se rompent ; il libère de l'énergie lorsque des liaisons se forment.

Cette énergie est stockée au niveau des liaisons intramoléculaires.

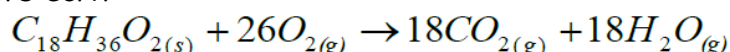
Au cours d'une transformation chimique certaines liaisons sont rompues ce qui consomme de l'énergie et d'autres liaisons s'établissent ce qui libère de l'énergie.

L'énergie transférée au cours de la transformation chimique est le bilan de ces énergies consommées et de ces énergies libérées.

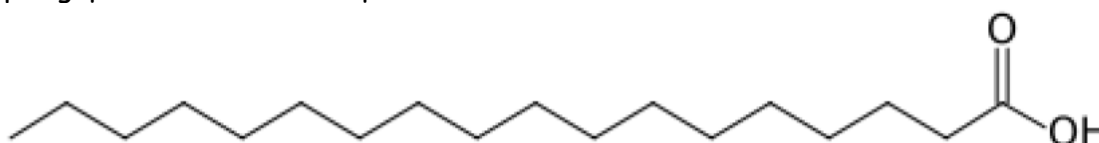
Liaison A-B	Energie libérée par la formation de la liaison (kJ.mol <sup>-1</sup> )	Energie consommée lors de la rupture de la liaison (kJ.mol <sup>-1</sup> )
C – H	-415	+415
C – C	-345	+345
C – O	-356	+356
O = O	-498	+498
C = O	-798	+798
O – H	-463	+463

### 2. Exemple de l'estimation de l'énergie transférée : Combustion de l'acide stéarique (bougie)

L'équation de la réaction s'écrit



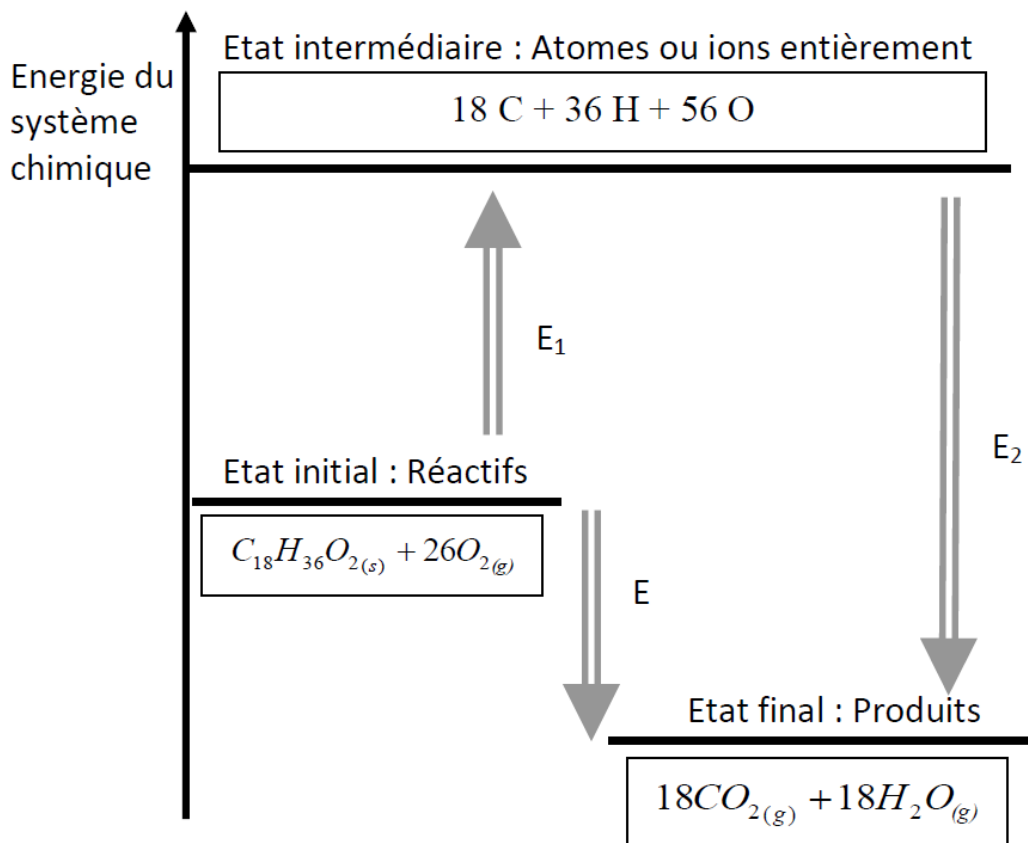
Formule topologique de l'acide stéarique :



L'énergie d'une réaction chimique peut être calculée en considérant un état intermédiaire (fictif) à la réaction : il s'agit d'un état dans lequel tous les atomes (ou ions) intervenant dans la réaction seraient séparés les uns des autres.

Pour arriver à cet état, il faudrait évidemment apporter une quantité d'énergie énorme au système chimique. Il s'agirait donc d'un état très instable.

On peut schématiser l'évolution de l'énergie chimique du système au cours de sa transformation par le diagramme suivant :



Où :

- $E_1$  est l'énergie qu'il faut apporter au système pour rompre toutes les liaisons des réactifs.
- $E_2$  est l'énergie libérée par le système lors de la formation des liaisons des produits.
- $E$  est alors l'énergie libérée lors de la combustion :  $E = E_1 + E_2$

D'après la formule topologique, l'acide stéarique compte :

17 liaisons C - C  
 35 liaisons C - H  
 1 liaison C = O  
 1 liaison O - H  
 1 liaison C - O

Lors de la combustion, il y a donc fallu casser ces liaisons, soit :

$$E_1 = 17E_{\text{C-C}} + 35E_{\text{C-H}} + E_{\text{C=O}} + E_{\text{C-O}} + E_{\text{O-H}} + 26E_{\text{O=O}} = 34950 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

Rq : ne pas oublier les 26 liaisons O = O formant les 26 molécules d'O<sub>2</sub> nécessaires à la combustion.

Lors du passage de l'état intermédiaire à l'état final, il faut former 36 liaisons C=O et 36 liaisons O-H, soit :

$$E_2 = 36E_{\text{C=O}} + 36E_{\text{O-H}} = - 45396 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

Et donc l'énergie libérée par la combustion de l'acide stéarique est :

$$E = E_1 + E_2 = - 10446 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

### 3. Généralisation.

L'énergie transférée lors d'une transformation chimique ne mettant en jeu que des espèces gazeuses s'obtient en faisant le bilan énergétique des liaisons rompues et des liaisons établies au cours de cette transformation.

$$\Delta E = \sum E(\text{liaisons rompues}) + \sum E(\text{liaisons établies})$$