

Thème 1 : Constitution et transformation de la matière

Chapitre 13 : Structure des entités organiques

La chimie organique est l'étude des composés à base de carbone. On l'appelle également la *chimie du carbone*.

En chimie organique les molécules sont classifiées en plusieurs familles que nous allons étudier. Comment les reconnaître, comment les nommer ?

I. Formules et représentations d'une molécule organique

1. Structure des molécules organiques

- ⬡ Une molécule organique est constituée d'une **chaîne** d'atomes de **carbone** reliés entre eux et sur lesquels sont fixés d'autres atomes.
- ⬡ La chaîne peut être **linéaire**, **ramifiée** ou **cyclique**.

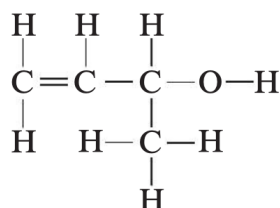
2. Formules de molécules

Pour écrire une molécule sur le papier, on utilise différentes formules :

- ⬡ **Brute** : indique les **éléments** chimiques composant la molécule ainsi que le **nombre** de **chacun** de ces éléments en indice à droite du symbole.
- ⬡ **Développée** : indique **toutes** les **liaisons covalentes**.
- ⬡ **Semi-développée** : on enlève les **doublés liants** des atomes d'hydrogène.

Exemple :

Une molécule de formule brute C_4H_8O a pour formule développée :



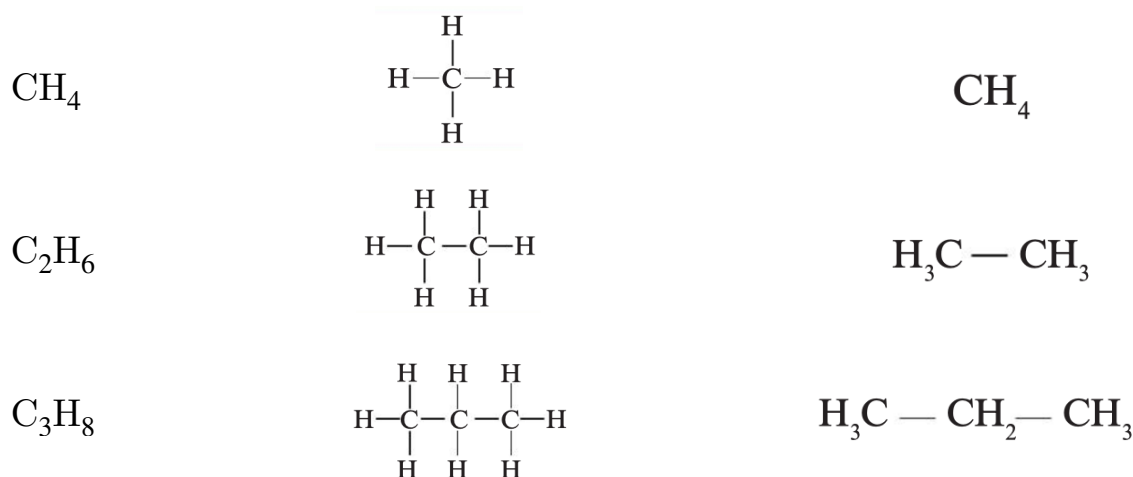
Formule semi-développée : $H_2C=CH-\underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 \end{array}}{CH}-OH$

II. Quelques familles de molécules organiques

1. Les alcanes : hydrocarbures saturés

- ⬡ Ce sont les molécules les plus simples de la chimie organique.
- ⬡ Uniquement composées par des atomes de carbone et d'hydrogène liés par des liaisons covalentes **simples**.


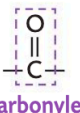

Exemples : Formule développée Formule semi-développée



⬡ Toujours de formule brute : $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ avec $n \in \mathbb{N}^*$

2. Groupes caractéristiques et familles

- ⬡ Un **groupe caractéristique** est un groupement spécifique d'atomes qui ne contient pas uniquement des atomes de carbone et d'hydrogène.
- ⬡ Les molécules qui présentent le même groupe caractéristique ont des propriétés chimiques similaires et font partie de la même famille.

Groupe caractéristique*	Famille de composés	Formule générale
 hydroxyle	Alcool	$\text{R} - \text{OH}$
 carbonyle	Aldéhyde	$\text{H} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{H}$ ou $\text{R} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{H}$
	Cétone	$\text{R} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{R}'$
 carboxyle	Acide carboxylique	$\text{R} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{OH}$

R : chaîne carbonée

*Ces groupes ne peuvent être liés directement qu'à des atomes d'hydrogène H ou à des atomes de carbone C non liés à des atomes autres que l'hydrogène H ou le carbone C.

Famille		Groupe caractéristique	Formule générale
alcool		—OH groupe hydroxyle	R—OH
composés carbonylés	aldéhyde	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \\ \text{H} \end{array}$ groupe carbonyle	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R—C} \\ \\ \text{H} \end{array}$
	cétone	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \diagup \text{C} \diagdown \end{array}$ groupe carbonyle	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R} \diagdown \text{C} \diagup \\ \text{R}' \end{array}$
acide carboxylique		$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$ groupe carboxyle	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R—C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$

(1) R différent de H ; (2) R et R' différents de H.

composés carbonylés

Même groupe

- ⬡ Famille des Alcools : groupe hydroxyle
- ⬡ Famille des Aldéhydes : groupe carbonyle
- ⬡ Famille des Cétones : groupe carbonyle
- ⬡ Famille des Acides Carboxyliques : groupe carboxyle

3. Règles de la nomenclature (IUPAC Union internationale de chimie pure et appliquée)

- ⬡ Chaque molécule organique possède un **nom** qui donne des informations sur sa chaîne carbonée et la famille de composés à laquelle elle appartient.
- ⬡ Il y a des règles systématiques. Pour les molécules monofonctionnelles, le nom donne 3 informations sur :
 - l'appartenance à une famille (groupe fonctionnel)
 - la chaîne carbonée principale
 - les ramifications éventuelles.

⬡ Les noms ont la structure suivante: préfixe - racine - suffixe

nom de la (ou des)
ramification(s) s'il y
en a

nombre de carbone
de la chaîne
principale

groupe fonctionnel
⇒ indique la famille

⬡ **Suffixe** : Groupe fonctionnel / caractéristique

Famille	alcane	alcool	aldéhyde	cétone	acide carboxylique
Suffixe	-ane	-ol	-al	-one	-oïque <small>(acide devant le nom)</small>

⬡ **Racine** : La chaîne principale est la chaîne carbonée linéaire la plus longue portant obligatoirement le groupe caractéristique (Squelette). LA racine du nom correspond au nombre d'atomes de carbone sur cette chaîne.

Nombre	nom	Nombre	nom
1	méth-	6	hex-
2	éth-	7	hept-
3	prop-	8	oct-
4	but-	9	non-
5	pent-	10	déc-

⬡ **Préfixe** : Les ramifications, groupes **alkyles**, sont les chaînes composées de carbone et d'hydrogène qui n'appartiennent pas à la chaîne principale mais qui y sont attachées. Leur nom est ajouté devant la partie principale suivant le nombre de carbone qu'elles comportent.

Nombre d'atomes de C	1	2	3	4	5
Préfixe	méthyle	éthyle	propyle	butyle	pentyle

Dans l'écriture du nom, on ne notera pas le « e » final. Par contre pour écrire le nom du groupe, on met bien le « e ».

- ⬡ La nomenclature impose de préciser la **position** sur la chaîne **principale** du **groupe** caractéristique ainsi que des **ramifications**.
- ⬡ La chaîne principale est numérotée de sorte que le numéro de l'atome de carbone fonctionnel (celui qui porte le groupe) soit le plus petit possible.
- ⬡ Lorsqu'il y a plusieurs ramifications, on les nommera par ordre alphabétique.
- ⬡ La position est indiquée par des chiffres, placés avant le nom concerné et séparés par un tiret. Si plusieurs chiffres sont nécessaires, on les sépare par une virgule.

Représenter les molécules suivantes en formule semi-développée :

méthan-1-ol

pentan-1-ol

pentan-3-ol

acide éthanoïque

hexan-3-one

2-méthylbutane

III. La spectroscopie infrarouge

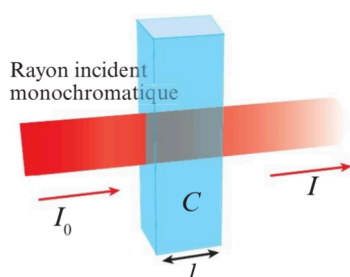
1. Principe

Nous avons déjà vu que la matière pouvait interagir avec la lumière (Niveaux d'Énergie & photons)

Grâce à la lumière, on peut obtenir des informations sur la structure de molécules : identification de liaisons et de groupes caractéristiques.

Ces méthodes d'analyse sont dites spectroscopiques et sont très utiles aux chimistes.

On fait passer dans une solution un faisceau lumineux



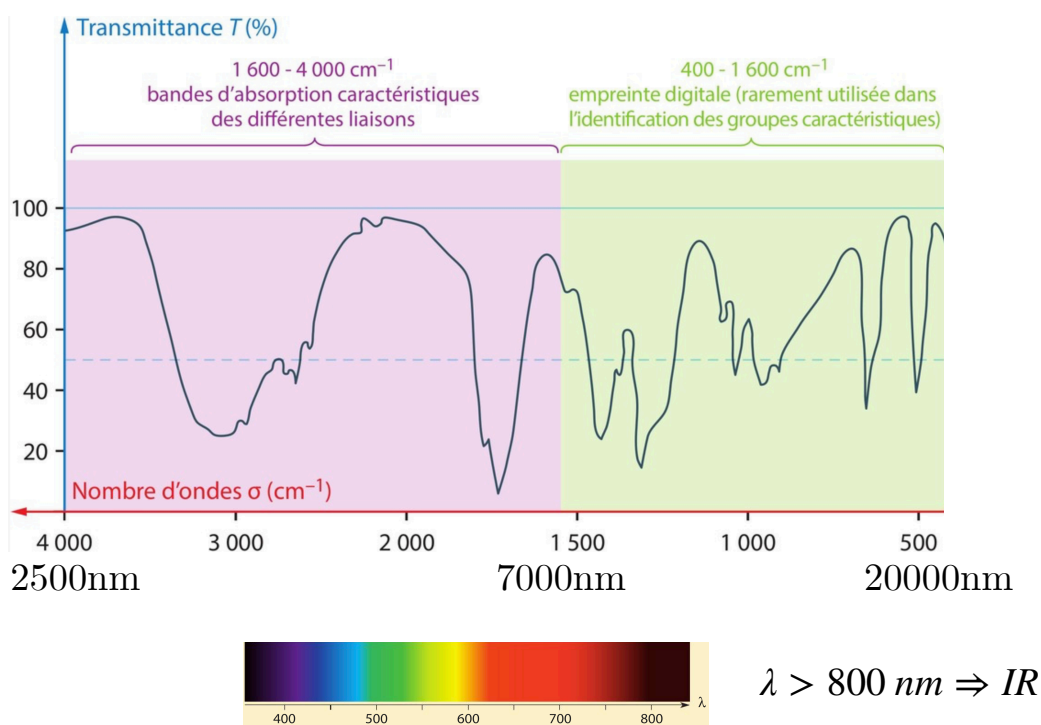
On a 2 grandeurs :

- la transmittance : $T = \frac{I}{I_0}$ (souvent en % $\Rightarrow \times 100$)

- l'absorbance : $A = -\log T = \log \frac{I_0}{I}$

Pour réaliser un spectre infrarouge, on fait passer une suite de rayonnements de différentes longueurs d'ondes et d'intensité I_0 connue.

Un capteur mesure I et on trace $T = f(\sigma)$ avec $\sigma = \frac{1}{\lambda}$ (nombre d'onde).



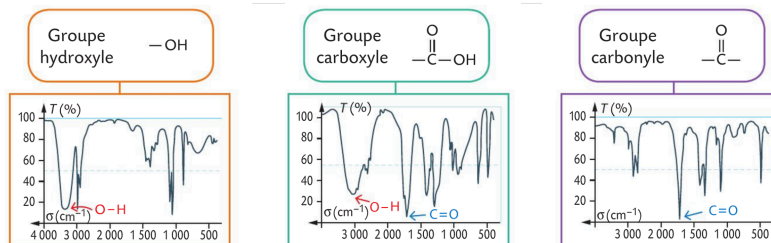
Les maxima d'absorption (donc minima de transmission) sont appelés bandes d'absorption et dépendent du composé et renseignent sur sa structure.

L'énergie portée par les rayonnements infrarouges peut provoquer la vibration ou la rotation de certains groupes d'atomes, et ainsi nous renseigner sur leur présence au sein de la molécule étudiée.

La position d'une bande permet de déterminer quel groupe d'atomes est responsable de cette absorption.

Liaison	O — H alcool	O — H acide carboxylique	C=O
σ (cm^{-1})	3 200-3 400 Bande forte et large*	2 600-3 200 Bande forte et très large*	1 700-1 760 Bande forte et fine*

* On dit qu'une bande est « forte » lorsque la transmittance est faible, une bande est large » si elle s'étale sur un intervalle de nombre d'ondes important.



Groupes caractéristiques et familles de composés				
Groupe caractéristique	Hydroxyle	Carbonyle		Carboxyle
Structure	—OH	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}- \end{array}$		$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$
Famille de composés	Alcool	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array} \quad \text{ou} \quad \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ <p>Aldéhyde</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$ <p>Cétone</p>	Acide carboxylique

R et R' représentent des composés hydrocarbonés

indique la nature et la position des substituants → **préfixe - racine - suffixe** ← désigne la famille de composés

↑
donne le nombre d'atomes de carbone dans la chaîne principale

Exemple :

1 groupe méthyl comme substituant sur l'atome de carbone n° 3 : « 3-méthyl- »

alcool : 1-ol

4 atomes de carbone dans la chaîne principale : « butan- »

On numérote de façon à ce que l'atome de carbone fonctionnel ait le numéro le plus petit

3-méthylbutan-1-ol

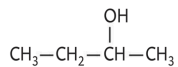
11 Corriger des noms de molécules

Utiliser un modèle ; faire preuve d'esprit critique.

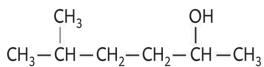
Les formules semi-développées ci-dessous ont été associées à des noms.

- Corriger si nécessaire ces noms en justifiant la réponse.

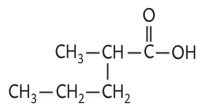
a butan-3-ol



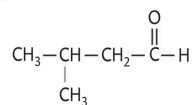
b 2-méthylpentan-2-ol



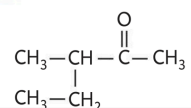
c acide 3-propylpropanoïque



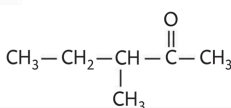
d 3-méthylbutanal



e 3-méthylpentan-2-one

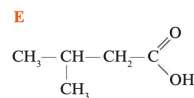
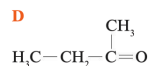
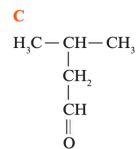
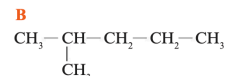
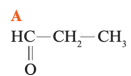


f 3-méthylpentan-4-one



Exercice 2 - nomenclature

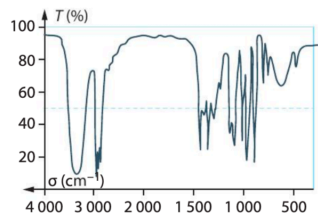
Nommer les molécules suivantes.



14 Identifier les bandes d'absorption

Exploiter des informations.

Le spectre infrarouge du butan-2-ol est donné ci-dessous :

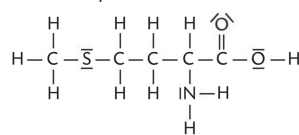


- D'après le nom de la molécule, déterminer la famille de composés à laquelle appartient le butan-2-ol.
- Identifier la (ou les) bande(s) d'absorption caractéristique(s) du butan-2-ol.

6 Écrire une formule semi-développée

Utiliser un modèle.

La méthionine est un acide α -aminé essentiel, non synthétisé par l'être humain, qui doit donc être fourni par l'alimentation. Un schéma de Lewis de la molécule de méthionine est représenté ci-dessous.

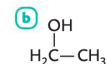
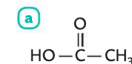
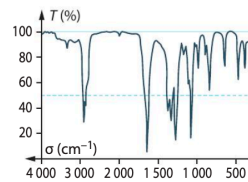


- Écrire la formule semi-développée de la molécule de méthionine.

13 Associer une espèce chimique à un spectre infrarouge

Exploiter des informations ; rédiger une argumentation.

- Le spectre infrarouge d'une espèce chimique E est donné ci-dessous. Parmi les propositions ci-dessous, identifier la formule semi-développée de E.



Utiliser le réflexe E

16 À chacun son rythme

Le pain au levain de San Francisco

Exploiter des informations ; utiliser un modèle ; rédiger une explication.

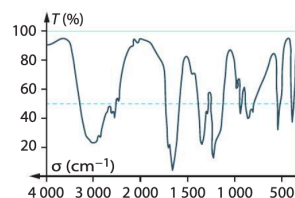
Une des spécialités culinaires de la ville de San Francisco est le pain au levain qui doit son goût à une espèce chimique E de formule $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$. Le spectre infrarouge de l'espèce chimique est donné ci-dessous.



> Pain au levain.

Donnée

- Bandes de vibration infrarouges : Rabat III



Énoncé compact

- Établir la formule semi-développée de E.

Liaison	O — H alcool	O — H acide carboxylique	C = O
σ (cm ⁻¹)	3 200-3 400 Bande forte et large*	2 600-3 200 Bande forte et très large*	1 700-1 760 Bande forte et fine*

* On dit qu'une bande est « forte » lorsque la transmittance est faible, une bande est large » si elle s'étale sur un intervalle de nombre d'ondes important.

24
conseil

30
min

La chimie des sucres

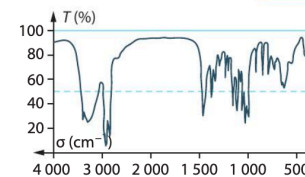
Utiliser un modèle ; exploiter des informations ; faire preuve d'esprit critique.

Le saccharose, en présence d'eau, se transforme en fructose et en glucose.

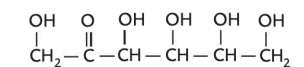
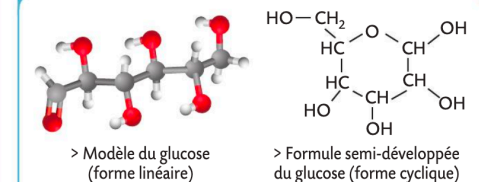
- Représenter la formule semi-développée du glucose sous forme linéaire.
- Identifier les familles de composés auxquelles le fructose appartient.
- Donner la formule brute du glucose.
- Discuter de la possibilité de différencier le glucose linéaire et le fructose par spectroscopie infrarouge.
- À 25 °C, une solution aqueuse de glucose linéaire contient 99,9 % de forme cyclique et 0,01 % de forme linéaire. Le spectre IR ci-dessous est obtenu par analyse d'un échantillon de glucose. Confirmez-vous la très faible proportion de la forme linéaire dans le glucose ? Justifier.

Utiliser le réflexe 1

Utiliser le réflexe E



A Représentations de différentes molécules



Données

- Bandes principales de vibration infrarouges :
 - O—H alcool : 3 200–3 400 cm⁻¹ (bande forte et large)
 - O—H acide carb. : 2 600–3 100 cm⁻¹ (bande forte et très large)
 - C=O : 1 700–1 760 cm⁻¹ (bande forte et fine)
 - H (○) ; C (●) ; O (●)

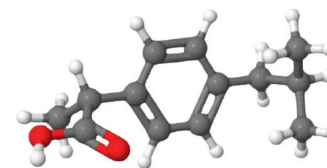
Rédiger une argumentation

- Question 5 réussie ? 😊 S'entraîner encore → ex. 13
- 😊 Relever un autre défi → ex. 17

15 La molécule d'ibuprofène

Mobiliser ses connaissances ; exploiter des informations.

L'ibuprofène a des propriétés anti-inflammatoires. Le modèle de sa molécule est représenté ci-dessous.



- Écrire la formule semi-développée de la molécule d'ibuprofène.
- Entourer et nommer le groupe caractéristique.
- Déterminer la famille de composés à laquelle appartient l'ibuprofène.
- En analysant le modèle, indiquer la géométrie autour de l'atome de carbone fonctionnel.

Donnée

- H (○) ; C (●) ; O (●)

18 Exercice à caractère expérimental

Réaliser un contrôle qualité

Exploiter des informations ; rédiger une argumentation ; effectuer un calcul.

L'acide glycolique est un solide utilisé en cosmétologie. Il peut être extrait du « vesou » (liquide obtenu par broyage de la canne à sucre et qui contient 0,1 % en masse d'acide glycolique) ou synthétisé à partir du glyoxal.

Données

- Masse volumique de l'acide glycolique : $1,49 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$
- Bandes de vibration infrarouges : Rabat III

1. Recopier la formule semi-développée de l'acide glycolique puis entourer et nommer les groupes caractéristiques présents.

2. Vérifier la présence d'acide glycolique dans le « vesou » (doc. A).

3. Justifier le nom de chacune des espèces chimiques présentes dans l'éluant (doc. A).

4. Déterminer la masse de « vesou » nécessaire pour obtenir 100 mL d'acide glycolique pur.

5. Proposer un argument qui explique que les industriels préfèrent la synthèse de l'acide glycolique à son extraction.

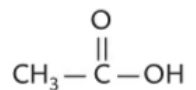
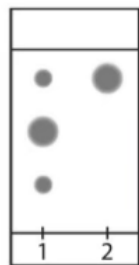
6. Un spectre infrarouge du produit synthétisé est donné (doc. B). Justifier qu'il peut correspondre à l'acide glycolique.

A Chromatographie sur couche mince du « vesou »

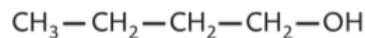
Nature des dépôts :

- dépôt 1 : vesou ;
- dépôt 2 : acide glycolique pur.

Éluant : acide éthanoïque (30 %) ;
butan-1-ol (70 %).



> Acide éthanoïque

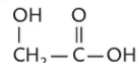


> Butan-1-ol

B Synthèse de l'acide glycolique

- L'acide glycolique (a) est synthétisé à partir du glyoxal (b) :

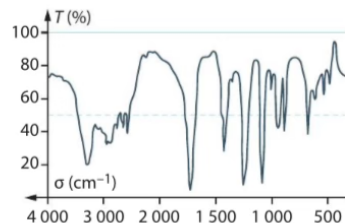
(a) acide glycolique



(b) glyoxal



- Spectre infrarouge du produit synthétisé :

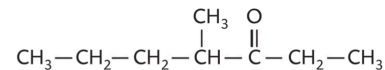


2 Exercice résolu

Des phéromones

Exploiter des informations.

La molécule 4-méthylheptan-3-one, dont la formule semi-développée est donnée ci-dessous, est une phéromone d'alarme sécrétée par les fourmis coupe-feuille.



1. Justifier le nom de cette phéromone à l'aide de la formule semi-développée ci-dessus.

2. Une espèce chimique, phéromone sexuelle d'un insecte nuisible, a été extraite pour pouvoir réaliser un piège. Le spectre infrarouge de cette espèce chimique est donné ci-contre. Déterminer si l'espèce chimique isolée peut être la 4-méthylheptan-3-one.

Donnée

- Bandes de vibration infrarouges : Rabat IV



> La fourmi coupe-feuille est un insecte qui vit dans les forêts tropicales.

