

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse

Cadre de référence de la leçon

- CH4.1.1** Reconnaître dans la formule d'une espèce chimique organique les groupes caractéristiques : $-\text{OH}$ (hydroxyle) ; $-\text{CO}_2\text{H}$ (carboxyle) ; $-\text{CO}_2\text{R}$ (ester) ; $-\text{CO} - \text{O} - \text{CO}-$ (anhydride).
- CH4.1.2** Écrire les équations des réactions d'estérification et d'hydrolyse.
- CH4.1.3** Retrouver, à partir de la formule semi-développée de l'ester, les formules de l'acide carboxylique et de l'alcool correspondants.
- CH4.1.4** Nommer les esters comportant cinq atomes de carbone au maximum.
- CH4.1.5** Connaître les caractéristiques des réactions d'estérification et d'hydrolyse (lentes et limitées).
- CH4.1.6** Savoir que le catalyseur est une espèce qui augmente la vitesse d'une réaction chimique sans modifier l'état d'équilibre du système.
- CH4.1.7** Savoir que la présence de l'un des réactifs en excès ou l'élimination de l'un des produits déplace l'état d'équilibre du système dans le sens direct.
- CH4.1.8** Déterminer la composition du mélange réactionnel à un instant donné.

Travaux pratiques

- TP-CH8** Estérification et hydrolyse.

Compétence ciblée

- CC8** Méthodes de contrôle de l'évolution des systèmes chimiques. Exécuter un protocole expérimental pour fabriquer une espèce chimique déterminée et augmenter son rendement en utilisant un réactif plus efficace et un catalyseur convenable.

1

Nomenclature et groupes fonctionnels

Cadre de référence : CH4.1.1, CH4.1.3, CH4.1.4

Les quatre groupes caractéristiques du programme

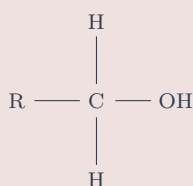
Famille	Groupe	Formule générale
alcool	hydroxyle $-\text{OH}$	$\text{R} - \text{OH}$
acide carboxylique	carboxyle $-\text{CO}_2\text{H}$	$\text{R} - \text{COOH}$
ester	ester $-\text{CO}_2\text{R}'$	$\text{R} - \text{COO} - \text{R}'$
anhydride d'acide	$-\text{CO} - \text{O} - \text{CO}-$	$\text{R} - \text{CO} - \text{O} - \text{CO} - \text{R}'$

1) Les alcools

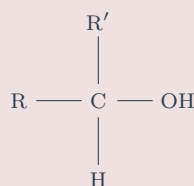
Un alcool $\text{R} - \text{OH}$ contient le groupe hydroxyle $-\text{OH}$ porté par un carbone tétraédrique. On le nomme en remplaçant le *e* final de l'alcane correspondant par le suffixe **-ol**, précédé de l'indice du carbone porteur.

Formule semi-développée	Nom	Classe
$\text{CH}_3 - \text{OH}$	méthanol	—
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	éthanol	primaire
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	propan-1-ol	primaire
$\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$	propan-2-ol	secondaire
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	butan-1-ol	primaire
$(\text{CH}_3)_3\text{C} - \text{OH}$	2-méthylpropan-2-ol	tertiaire

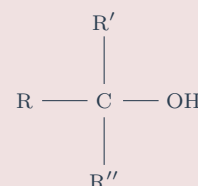
Les trois classes d'alcools se distinguent par le nombre de groupes alkyle portés par le carbone fonctionnel :



primaire



secondaire



tertiaire

2) Les acides carboxyliques

Le groupe carboxyle $-\text{COOH}$ est toujours en bout de chaîne : son carbone porte l'indice 1. On nomme le composé **acide ...oïque**.

Formule	Nom
$\text{H} - \text{COOH}$	acide méthanoïque (acide formique)
$\text{CH}_3 - \text{COOH}$	acide éthanoïque (acide acétique)
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$	acide propanoïque
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$	acide butanoïque

3) Les esters

Un ester $\text{R}_1 - \text{COO} - \text{R}_2$ se nomme en deux mots : le premier vient de l'**acide** (suffixe **-oate**), le second du groupe alkyle apporté par l'**alcool** (suffixe **-yle**).

Formule	Nom	Provient de
$\text{H} - \text{COO} - \text{CH}_3$	méthanoate de méthyle	acide méthanoïque + méthanol
$\text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_3$	éthanoate de méthyle	acide éthanoïque + méthanol
$\text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	éthanoate d'éthyle	acide éthanoïque + éthanol
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COO} - \text{CH}_3$	propanoate de méthyle	acide propanoïque + méthanol

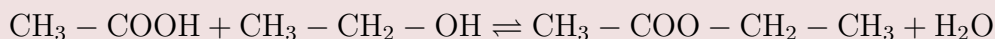
Retrouver l'acide et l'alcool à partir de l'ester. On coupe la liaison $\text{C} - \text{O}$ *simple* : le fragment qui garde le $\text{C} = \text{O}$ redonne l'acide (en ajoutant OH), l'autre redonne l'alcool (en ajoutant H).

4) Les anhydrides d'acide

Un anhydride $\text{R}_1 - \text{CO} - \text{O} - \text{CO} - \text{R}_2$ résulte formellement de la perte d'une molécule d'eau entre deux acides carboxyliques. Exemple : $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{O} - \text{CO} - \text{CH}_3$, l'**anhydride éthanoïque** (ou anhydride acétique).

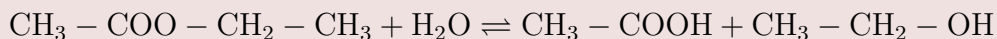
Exemples d'estérification et d'hydrolyse

a) **Estérification** — acide éthanoïque + éthanol :



acide éthanoïque + éthanol $\rightleftharpoons$ éthanoate d'éthyle + eau

b) **Hydrolyse** — la réaction inverse, sur le même ester :



c) **Estérification par un anhydride** — rapide et totale :



d) **Hydrolyse basique (saponification)** — totale elle aussi :



2

Estérification et hydrolyse

Cadre de référence : CH4.1.2, CH4.1.5 à CH4.1.8 — TP-CH8

L'estérification et l'hydrolyse sont deux réactions inverses qui ont lieu simultanément. Ce sont des réactions **lentes** et **limitées**. À l'équilibre, la vitesse d'estérification est égale à la vitesse d'hydrolyse.

La constante d'équilibre s'écrit :

$$K = Q_{r,\text{éq}} = \frac{[\text{ester}]_{\text{éq}}[\text{eau}]_{\text{éq}}}{[\text{acide}]_{\text{éq}}[\text{alcool}]_{\text{éq}}}$$

Si $Q_r < K$, l'évolution se fait dans le sens direct (estérification).

Si $Q_r > K$, l'évolution se fait dans le sens inverse (hydrolyse).

Rendement

Le rendement r d'une transformation est défini par :

$$r = \frac{n_{\text{exp}}}{n_{\text{max}}}$$

L'élévation de la température et la présence d'un catalyseur augmentent la vitesse d'évolution sans modifier l'état final. Le rendement augmente si l'un des réactifs est en excès ou si l'ester et/ou l'eau sont éliminés au fur et à mesure de leur formation.