

# Transformations en chimie organique

Manon Leconte

16 mai 2020

**Définition – Chimie organique** : chimie des composés carbonés (c'est-à-dire possédant au moins un atome de carbone), qu'ils soient naturels ou synthétiques. Ces composés sont alors qualifiés d'organiques.

Les molécules organiques sont très présentes dans notre quotidien. Elles sont notamment responsables des odeurs, des arômes et elles constituent aussi les principes actifs des médicaments.

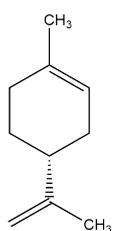


Figure 1 – Le (+)-limonène est responsable de l'odeur du citron.

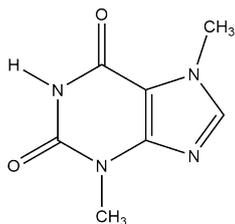


Figure 2 – La théobromine est responsable de l'arôme de chocolat.

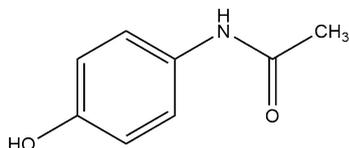


Figure 3 – Le paracétamol est le principe actif du Doliprane, notamment.

Pour obtenir ces molécules, on peut les extraire de composés naturels (huiles essentielles, parfums, ...), mais on peut également les **synthétiser**, c'est-à-dire les construire progressivement à partir de molécules plus petites, comme on construirait des légos.

**Problématique** – Comment les réactions en chimie organique participent-elles de la transformation de la matière ?

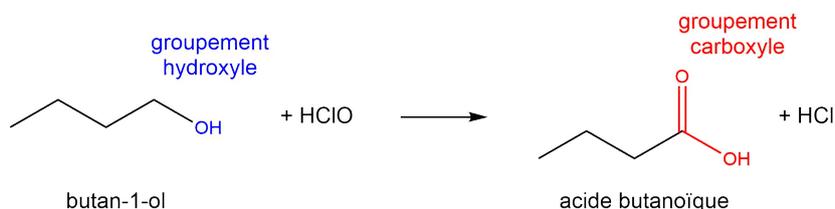
# 1 Les différents types de transformations

On peut classer les réactions organiques suivant différents critères que l'on va détailler dans les sous-parties suivantes.

## 1 Modifications d'une molécule organique

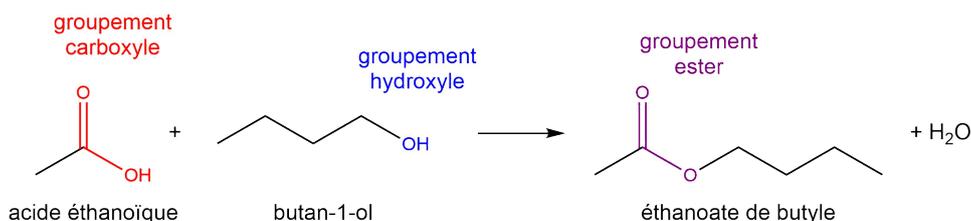
**Objectifs** – Distinguer une modification de chaîne d'une modification de groupe caractéristique.

On considère tout d'abord l'oxydation d'un alcool :



Le butan-1-ol est oxydé en présence d'eau de Javel (ions hypochlorites HClO) pour former l'acide butanoïque. Le groupe caractéristique de ces deux molécules change. On parle de **modification de groupe caractéristique**.

Considérons maintenant la réaction suivante :



On voit qu'un acide carboxylique et un alcool réagissent ensemble pour former un ester et une molécule d'eau. Il ne s'agit cependant pas seulement d'une modification de groupe caractéristique. L'éthanoate de butyle formé possède une chaîne carbonée beaucoup plus longue (6 carbones) que l'acide éthanoïque (2 carbones) ou le butan-1-ol (4 carbones). Cette réaction est donc un **allongement de chaîne**.

**Remarque** – L'acide éthanoïque correspond au vinaigre blanc. Le butan-1-ol a une odeur proche de celle de l'éthanol. Ces deux composés, dont les odeurs sont très différentes, peuvent se combiner pour former l'éthanoate de butyle, dont l'odeur est entre la pomme et la banane.

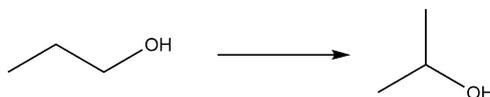
## Transformations en chimie organique

---

Si l'on considère la réaction dans le sens inverse (l'ester qui donne l'alcool et l'acide éthanoïque), on observe cette fois un **raccourcissement de la chaîne carbonée**.

Ces deux réactions chimiques sont ainsi des **modifications de chaîne**.

Un dernier type de modification de chaîne est décrit ci-dessous :



Le groupe caractéristique du réactif est le même que celui du produit. Il ne s'agit donc pas d'une modification de groupe caractéristique. Cependant, le réactif et le produit possèdent le même nombre de carbones (3). Il s'agit pourtant d'une modification de chaîne car le réactif a une chaîne linéaire tandis que celle du produit est ramifiée.

*Bilan* : une modification de chaîne est une modification du **nombre de carbones** ou de la **ramification** entre le réactif et le produit.

| **Pour s'entraîner** – Exercice 8, Micromega TS (corrigé).

## 2 Les réactions de base en chimie organique

| **Objectifs** – Déterminer la catégorie d'une réaction (substitution, addition, élimination) à partir de l'examen de la nature des réactifs et des produits.

| **Définition – Substitution** : réaction au cours de laquelle un atome ou un groupe d'atomes est **remplacé** par un autre atome ou un autre groupe d'atomes.

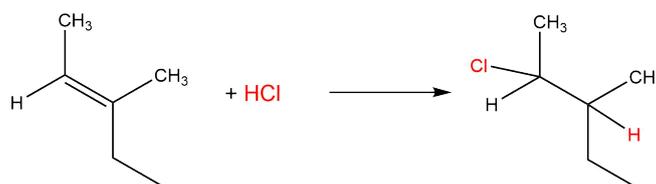
*Exemple* :



L'équation-bilan d'une substitution comporte généralement deux réactifs et deux produits.

| **Définition – Addition** : réaction au cours de laquelle un atome ou un groupe d'atomes est ajouté sur une molécule. Aucun des atomes de la molécule de départ ne disparaît.

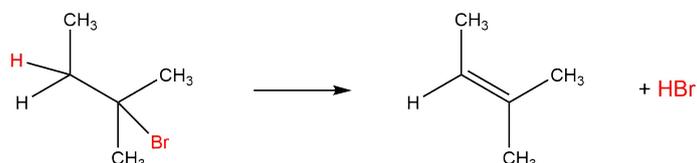
*Exemple* :



L'équation-bilan d'une addition comporte généralement deux réactifs et un produit.

**Définition – Elimination** : réaction au cours de laquelle un atome ou un groupe d'atomes est supprimé sur une molécule.

Exemple :



L'équation-bilan d'une addition comporte généralement un réactif et deux produits.

**Pour s'entraîner** – Exercices 10 et 11, Micromega TS.

## 2 Explication microscopique de la réactivité

Pour comprendre comment les molécules vont réagir entre elles, ce que l'on appelle aussi **réactivité**, il faut utiliser des outils microscopiques, à l'échelle des liaisons chimiques.

### 1 Polarisation des liaisons

**Objectifs** – Déterminer la polarisation des liaisons en lien avec l'électronégativité (table fournie).

**Rappels** – Une **liaison covalente** correspond à la mise en commun de deux électrons de valence entre deux atomes.

**Electronégativité**  $\chi$  : aptitude d'un atome à attirer vers lui le doublet d'électron qu'il partage avec un autre atome dans une liaison.

Les électrons de la liaison ne se trouvent donc pas "au milieu" de la liaison. Plus un atome est électronégatif, plus il attire à lui les électrons de la liaison. Pour déterminer la **polarité** d'une liaison, il faut comparer les électronégativités des deux atomes impliqués. On attribue une **charge partielle négative**  $\delta^-$  à l'atome le plus électronégatif et une **charge partielle positive**  $\delta^+$  à l'atome le moins électronégatif.

Exemple : Quelle est la polarité de la liaison dans le dihydrogène et dans l'acide chlorhydrique HCl ?

On utilise une table d'électronégativité pour répondre à la question.

H 2,2																
Li 0,98	Be 1,57											B 2,04	C 2,55	N 3,04	O 3,44	F 3,98
Na 0,93	Mg 1,31											Al 1,61	Si 1,9	P 2,19	S 2,58	Cl 3,16
K 0,82	Ca 1	Sc 1,36	Ti 1,54	V 1,63	Cr 1,66	Mn 1,55	Fe 1,83	Co 1,88	Ni 1,91	Cu 1,9	Zn 1,65	Ga 1,81	Ge 2,01	As 2,18	Se 2,55	Br 2,96
Rb 0,82	Sr 0,95	Y 1,22	Zr 1,33	Nb 1,6	Mo 2,16	Tc 2,1	Ru 2,2	Rh 2,28	Pd 2,2	Ag 1,93	Cd 1,69	In 1,78	Sn 1,96	Sb 2,05	Te 2,1	I 2,66
Cs 0,79	Ba 0,89	*	Hf 1,3	Ta 1,5	W 1,7	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 2,4	Hg 1,9	Tl 1,8	Pb 1,8	Bi 1,9	Po 2	At 2,2

$\chi(\text{H}) = 2,2 < \chi(\text{Cl}) = 3,16$ . On en déduit la représentation suivante :

	Position des atomes et des électrons de la liaison	Notation
Dihydrogène	H  H	H—H
Chlorure d'hydrogène	H  Cl	$\delta^+$ H—Cl $\delta^-$

Polarisation de liaisons. Le rectangle vert représente la liaison covalente et les points rouges les électrons mis en commun par les deux atomes.

Figure 4 – Source : Micromega TS.

Le dihydrogène est une **molécule apolaire** car les deux atomes qui constituent la liaison ont la même électronégativité. L'acide chlorhydrique est quant à lui une **molécule polaire**.

 La charge partielle d'un atome dépend de celui auquel il est lié ! Par exemple, le carbone ( $\chi(\text{C}) = 2,56$ ) porte une charge partielle positive dans la liaison C-O ( $\chi(\text{O}) = 3,44$ ), mais une charge partielle négative dans la liaison C-H ( $\chi(\text{H}) = 2,2$ ).

| **Pour s'entraîner** – Exercices 12 (corrigé) et 13, Micromega TS.

## 2 Sites donneurs et accepteurs

| **Objectifs** – Identifier un site donneur, un site accepteur de doublet d'électrons.

La polarité d'une liaison permet d'attribuer à chaque atome de la liaison un rôle différent.

| **Définition – Site accepteur** : site présentant un défaut d'électrons. Il correspond donc à l'atome le moins électronégatif de la liaison.

Certains sites accepteurs sont aussi reconnaissables car ils possèdent une charge partielle positive  $\delta^+$  ou entière + ou une lacune électronique (représentée par un rectangle et traduisant un écart à la règle de l'octet).

**Définition – Site donneur** : site présentant un excès d'électrons. Il correspond donc à l'atome le plus électronégatif de la liaison.

Certains sites donneurs sont aussi reconnaissables car ils possèdent une charge partielle négative  $\delta^-$  ou entière  $-$ , un doublet non liant ou une liaison multiple carbone-carbone.

*Retour à l'exemple précédent* : L'atome d'hydrogène est le site accepteur de la molécule puisqu'il possède une charge partielle  $\delta^+$ . L'atome de chlore est quant à lui le site donneur de la molécule parce qu'il possède une charge partielle  $\delta^-$ .

**Pour s'entraîner** – Exercices 14 et 15, Micromega TS.

### 3 Mécanisme réactionnel

**Objectifs** – Pour une ou plusieurs étapes d'un mécanisme réactionnel donné, relier par une flèche courbe les sites donneur et accepteur en vue d'expliquer la formation ou la rupture de liaisons.

Les équations-bilan que l'on a écrit dans la partie 1 correspond en fait, à l'échelle microscopique, à une succession d'étapes (réactions simples) comme celles décrites dans la sous-partie 2. On appelle cette succession d'étapes un **mécanisme réactionnel**.

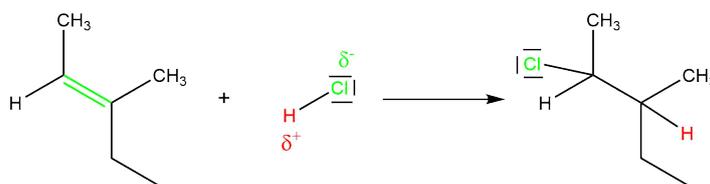
Au cours des étapes d'un mécanisme, on observe le **mouvement de doublets d'électrons, des sites donneurs vers les sites accepteurs**. Ce mouvement est représenté par une **flèche courbe**.

**Méthode** – Tracer les flèches courbes dans un mécanisme réactionnel

1. Repérer les sites donneurs et accepteurs de doublets d'électrons sur la molécule ;
2. Repérer les ruptures de liaisons sur les molécules ;
3. En déduire les mouvements de doublets d'électrons sachant qu'une flèche part toujours d'un doublet non liant ou d'une liaison et qu'elle est généralement orientée d'un site donneur vers un site accepteur. Il faut qu'à l'issue de tous les mouvements d'électrons, on obtient le(s) produit(s) déjà dessiné(s).

*Retour à l'exemple de l'addition de la partie 12 :*

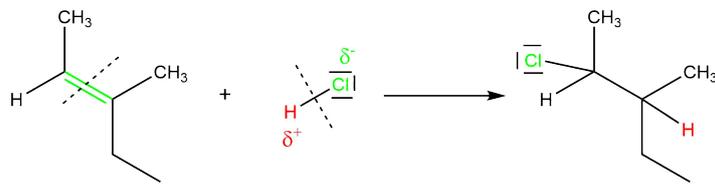
Etape 1 : l'acide chlorhydrique est une molécule polaire. On peut donc représenter les charges partielles sur la liaison. De plus, l'autre réactif possède une double liaison C=C. Il s'agit d'un site donneur de doublets électroniques.



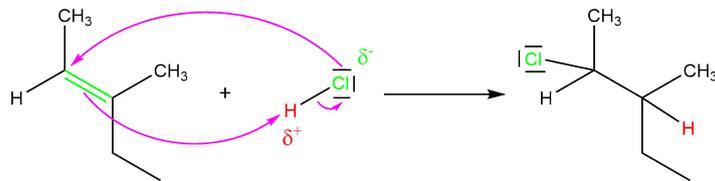
## Transformations en chimie organique

---

Etape 2 : on observe la rupture de la liaison entre l'hydrogène et le chlorure de l'acide chlorhydrique et la double liaison devient une liaison simple.



Etape 3 : on fait partir une première flèche partant du chlore qui est donneur vers sa position finale sur la molécule. Puis, on dessine une seconde flèche partant de la double liaison C=C, l'autre site donneur, vers l'hydrogène, site accepteur. Enfin, pour obtenir la molécule finale, il faut que la liaison entre l'hydrogène et le chlore se rompe. Pour cela, on fait partir une flèche de la liaison vers le chlore. En effet, le chlore doit posséder trois doublets non liants sur le produit et il en a engagé un pour former une liaison avec un carbone.



| **Pour s'entraîner** – Exercices 11 et 12, Hachette éducation TS.