Chapitre 11

Stratégie en synthèse organique

La synthèse organique est le domaine de la chimie traitant des transformations chimiques faisant intervenir des molécules organiques, ainsi que les conditions expérimentales nécessaires à leur mise en oeuvre (matériel, nature des solvants, conditions de température etc.).

On s'intéresse ici aux structures des composés organiques, et aux stratégies que l'on peut mettre en place pour optimiser le rendement d'une synthèse :

11.1 Structure des composés organiques

11.1.1 Familles fonctionnelles

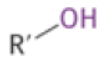
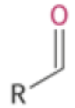
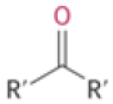
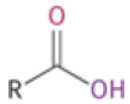
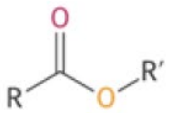
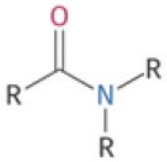
Groupe d'atomes		
Nom du groupe	Hydroxyle	Carbonyle
Famille	Alcool	Aldéhyde
Groupe d'atomes		
Nom du groupe	Carbonyle	Carboxyle
Famille	Cétone	Acide carboxylique
Groupe d'atomes		
Nom du groupe	Ester	Amine
Famille	Ester	Amine
Groupe d'atomes		
Nom du groupe	Amide	Halogéno
Famille	Amide	Halogénoalcane

Figure 11.1 – Tableau récapitulatif des principales fonctions chimiques (*Source : Le livre scolaire*).

11.1.2 Nomenclature

La nomenclature des différentes molécules en fonction de la famille fonctionnelle est détaillée dans les vidéos suivantes :

- Liste des familles fonctionnelles
  https://www.youtube.com/watch?v=rQN2piN4d4k&list=PLfhwM6-fGWEHsXHT0uYdoSLZ4uYFucpbC&index=23
- Alcanes linéaires
  https://www.youtube.com/watch?v=PgC_zS9E_yg&list=PLfhwM6-fGWEHsXHT0uYdoSLZ4uYFucpbC&index=12
- Alcanes ramifiés
  https://www.youtube.com/watch?v=H8m7NHTZnmU&list=PLfhwM6-fGWEHsXHT0uYdoSLZ4uYFucpbC&index=14
- Alcools
  https://www.youtube.com/watch?v=O2YDRdfCyh0&list=PLfhwM6-fGWEHsXHT0uYdoSLZ4uYFucpbC&index=19
- Aldéhydes et cétones
  https://www.youtube.com/watch?v=SIg_mh7Eja4&list=PLfhwM6-fGWEHsXHT0uYdoSLZ4uYFucpbC&index=23
- Amines
  https://www.youtube.com/watch?v=M2I-QqK3WqU&list=PLfhwM6-fGWEHsXHT0uYdoSLZ4uYFucpbC&index=21

  - Halogénoalcanes : numéro-préfixe (bromo, chloro, iodo etc.)-racine
  - Amides : racine-amide

11.1.3 Formule topologique

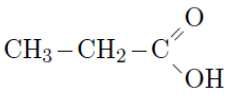
Afin de simplifier l'écriture et donc la lecture des molécules, on utilise la formule topologique.

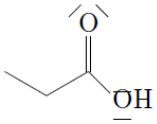
Formule topologique

La formule topologique permet de simplifier la formule semi-développée. On applique les règles suivantes :

- Les liaisons carbone-carbone C−C sont représentées par un trait plein.
- Les carbones C sont implicites et se situent aux extrémités des traits pleins.
- Les liaisons X−H n'apparaissent pas.
- Les hydrogènes H liés à un carbone n'apparaissent pas, ils sont implicites.
- Tous les autres atomes apparaissent ainsi que leurs liaisons.

Exemple : La molécule d'acide propanoïque, de formule brute $C_3H_6O_2$, a pour formule semi-développée (à gauche) et pour formule topologique (à droite) :





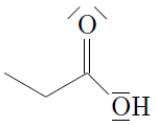
Remarque : On peut faire apparaître les doublets non-liants dans la formule topologique.

11.1.4 Insaturation

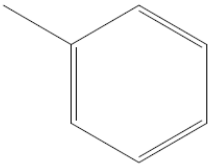
Insaturation

Chaque cycle et/ou liaison multiple (double ou triple) dans une molécule constitue ce que l'on appelle une **insaturation** du squelette carboné. Chaque insaturation nécessite la suppression de deux atomes d'hydrogènes du squelette carboné.

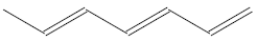
Exemples :



acide propanoïque



toluène



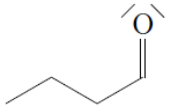
hept-1,3,5-triène

11.1.5 Isomérie de constitution

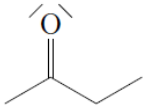
Isomérie de constitution

Deux molécules sont **isomères de constitution** si et seulement si elles possèdent la même formule brute, mais une formule semi-développée (et donc topologique) différente.

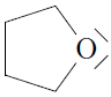
Exemples : Les molécules suivantes ont toutes pour formule brute C_4H_8O :



butanal



butanone



tétrahydrofurane

11.1.6 Polymères

Polymères

Un **polymère** est une **macromolécule**, c'est-à-dire un assemblage en chaîne de motifs chimiques élémentaires identiques appelés **monomères**. La synthèse de telles molécules est appelée **polymérisation**.

Exemple : Le plastique le plus courant est constitué d'un polymère : le polyéthylène.

Polyéthylène : $-\left(CH_2-CH_2\right)_n-$

11.2 Optimisation d'une étape de synthèse

Lorsque l'on réalise une synthèse organique, il apparaît crucial d'optimiser toutes les étapes. Les facteurs pris en compte pour optimiser une synthèse sont la durée de la synthèse, l'amélioration du rendement, la minimisation du coût et l'impact environnemental.
On s'intéresse ici aux leviers d'action dont on dispose pour **optimiser** la **vitesse d'une réaction chimique**, ainsi que son **rendement**.

11.2.1 Optimisation de la vitesse de réaction

Optimisation de la vitesse

Comme vu dans le chapitre 10, il existe trois facteurs cinétiques sur lesquels on peut jouer pour augmenter la vitesse volumique de formation d'un produit :

- La **température**
- La **concentration des réactifs**
- L'utilisation d'un **catalyseur**

Remarques :

- Augmenter la température accélère la réaction chimique, mais il faut tenir compte du coût énergétique requis pour chauffer, ainsi que de l'impact environnemental (notamment à l'échelle industrielle). Il faut trouver le bon compromis.
- Par définition, un catalyseur n'intervient pas dans l'équation bilan de la réaction, il n'est qu'un intermédiaire. Ainsi, il suffit d'en utiliser une petite quantité qui va se régénérer à l'issue de la réaction chimique. Il est réutilisable, et son coût est quasi nul.

- Selon la nature de la réaction, le choix du catalyseur peut s'avérer plus ou moins simple (conditions expérimentales, solvants, réactions multiples en compétition etc.).

11.2.2 Optimisation du rendement de la réaction

Rendement

Le **rendement** η d'une réaction chimique est le rapport (éventuellement exprimé en pourcentage) entre la quantité de matière finale n_f de produit obtenu, et celle maximale n_{max} que l'on aurait pu obtenir si la réaction est totale :

$$\eta = \frac{n_f}{n_{max}}$$

Optimisation du rendement

Une réaction chimique, selon la composition initiale du système, est équilibrée avec un certain taux d'avancement τ fixé. Il est possible de provoquer un **déplacement d'équilibre** (dans le sens direct a priori) pour augmenter ce taux d'avancement. Les deux manières de procéder sont les suivantes :

- **Augmenter la quantité d'un réactif pour le mettre en excès.**
- **Éliminer un produit de la réaction au fur et à mesure de sa formation.**