

## Activité : Synthèses de l'ibuprofène

(Activité page 457)

Lors des synthèses industrielles, en plus de l'espèce recherchée, des substances qu'il convient de détruire ou de traiter sont coproduites.

### Étude de documents

L'ibuprofène (Fig. 1) a longtemps été produit selon une synthèse génératrice de beaucoup d'autres produits de réaction (appelés sous-produits), nécessitant de nombreuses extractions et purifications (Fig. 2). En 1990, un procédé alternatif (Fig. 3) a été élaboré, plus soucieux de l'environnement car produisant moins de déchets.

C'est dans cette optique d'une réduction de la pollution à la source que la chimie « verte » propose une évolution du concept d'efficacité d'un procédé de synthèse, en prenant en compte la minimisation de la quantité de déchets. L'indicateur de l'efficacité d'un procédé n'est alors plus son rendement, mais son « utilisation atomique » ou « économie d'atome ».

L'utilisation atomique (UA), exprimée en %, est égale au rapport de la masse molaire du produit recherché sur la somme de celles de tous les réactifs qui apparaissent dans l'équation stœchiométrique. Chaque masse molaire doit être affectée du nombre stœchiométrique correspondant.



Fig. 1 L'ibuprofène est le principe actif de nombreux anti-inflammatoires.

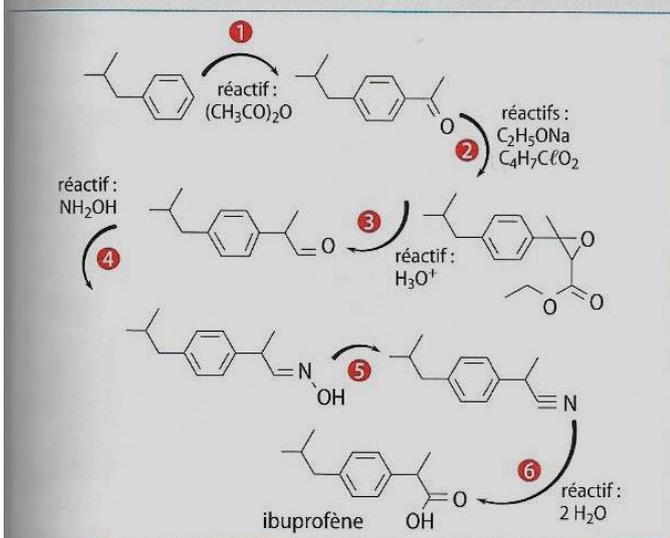


Fig. 2 Le procédé historique fait appel à 6 réactions.

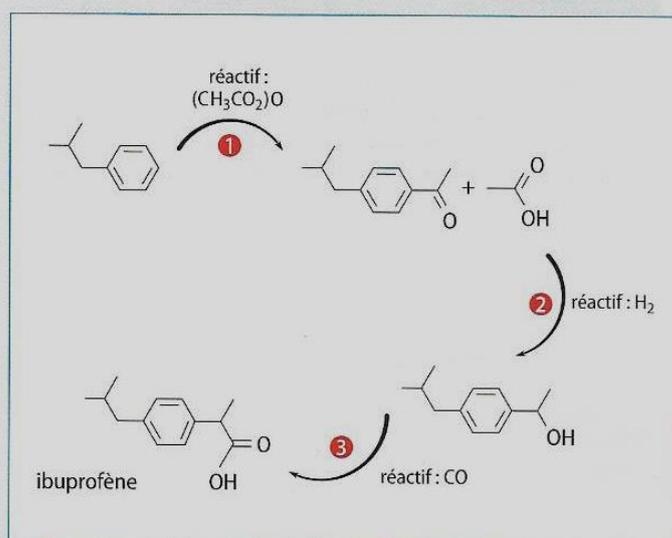


Fig. 3 Le procédé alternatif met en jeu 3 réactions catalysées.

### Pistes de réflexion

1 Quels principes de la chimie verte (voir Activité 1) ont été mis à profit dans le nouveau procédé de synthèse ?

2 a. Pour chacun des deux procédés, calculer les masses molaires de tous les réactifs, puis en déduire l'utilisation atomique.

b. L'acide éthanoïque étant utilisé dans de nombreuses synthèses industrielles, pourquoi peut-on dire que l'UA du nouveau procédé est en réalité proche de 100 % ?

3 Rappeler le rôle d'un catalyseur dans une réaction de synthèse.

4 a. Rappeler ce que sont les réactions d'addition, de substitution et d'élimination.

b. Dans l'idée d'une économie d'atome, classer ces types de réaction de la plus à la moins économique.

### Pour conclure

5 Lors d'une synthèse organique, quelles sont les techniques qui permettent d'isoler le produit recherché ? En quoi sont-elles sources de dépenses d'énergie et de matière ?

**Activité : Synthèses de l'ibuprofène - CORRECTION**

(Activité page 457)

1. En regard du procédé historique, les principes de la chimie verte que parait avoir intégré le nouveau procédé sont :

- éviter la production de résidus ;
- maximiser les économies d'atomes et d'étapes ;
- augmenter l'efficacité énergétique ;
- éviter la production de dérivés chimiques ;
- utiliser la catalyse de préférence aux procédés stoechiométriques.

2. a.

Procédé historique		Nouveau procédé	
Réactifs	Masse molaire	Réactifs	Masse molaire
$C_{10}H_{14}$	134	$C_{10}H_{14}$	134
$(CH_3CO)_2O$	102	$(CH_3CO)_2O$	118
$C_2H_5ONa$	68	$H_2$	2
$C_4H_7ClO_2$	122,5	$CO$	28
$H_3O^+$	19		
$NH_3O$	33		
$NH_2OH$	36		
Produit	Masse molaire	Produit	Masse molaire
Ibuprofène $C_{13}H_{18}O_2$	206	Ibuprofène $C_{13}H_{18}O_2$	206

$$UA(\text{historique}) = \frac{206}{(134 + 102 + 68 + 122,5 + 19 + 33 + 36)} = 40,0\%$$

$$UA(\text{nouveau}) = \frac{206}{(134 + 118 + 2 + 28)} = 73,0\%$$

b. L'acide éthanoïque est l'unique sous-produit formé à l'issue de l'étape du nouveau procédé de synthèse.

Dans la mesure où il est précurseur de nombreuses synthèses organiques et donc recyclable, on peut considérer que l'économie d'atome réalisée est donc de 100 %.

3. Dans une réaction de synthèse, un catalyseur concourt à diminuer la durée de la réaction et par la même à économiser de l'énergie si elle nécessite haute température ou haute pression. Sélectif, il permet également de n'obtenir qu'un seul produit.

4. a. Au cours d'une réaction d'addition, une liaison double se transforme en liaison simple. Au cours d'une réaction de substitution un atome ou groupe d'atomes, lié à un carbone par une liaison simple, est remplacé par un autre atome ou groupe d'atomes. Enfin, au cours d'une réaction d'élimination, une des liaisons simples se transforme en liaison double.

b. Les réactions d'addition présentent l'économie d'atome la plus importante. Concernant les réactions de substitution ou d'élimination, l'économie d'atome dépend de la nature des groupes éliminés, soit des sous-produits formés.

5. Pour isoler le produit recherché, l'extraction, la purification, la recristallisation nécessite nombre de solvants volatils..., ces derniers devant par la suite être eux-mêmes recyclés. De plus, les coûts en termes de matière qu'ils engendrent, tous ces procédés nécessitent des conditions de température et de pression spécifiques énergétivores. Enfin, l'usage de ces solvants est nuisible à la santé des opérateurs et à l'environnement.