

Anne-Sophie Bernard | Sylvain Clède | Matthieu Émond  
Hélène Monin-Soyer | Jérôme Quérard

**TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES  
EN CHIMIE**

**CLASSES PRÉPAS ET CONCOURS**

**TRAVAUX PRATIQUES**

4<sup>e</sup> édition

**DUNOD**

*l'intelligence*

Couverture : création Hokus Pokus, adaptation Studio Dunod

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1<sup>er</sup> juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du

Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2023

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

[www.dunod.com](http://www.dunod.com)

ISBN 978-2-10-085177-5

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2<sup>o</sup> et 3<sup>o</sup> a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

85177 - (I) - OSB 80 - CMU

JOUVE - PRINT  
733, rue Saint-Léonard, 53100 MAYENNE  
Dépôt légal : mai 2023

*Imprimé en France*

# Préface

La chimie est une science qui s'intéresse à la description de la matière et de ses transformations, qu'elle analyse en termes moléculaires, mécaniques ou physiques. Depuis toujours, l'approche expérimentale et les techniques associées sont au cœur de cette discipline. Il est loin aujourd'hui, le temps où l'alchimiste gardait scrupuleusement ses recettes, et chaque chimiste est convaincu qu'il est fondamental de communiquer sur la pratique expérimentale. Cet ouvrage *Techniques expérimentales en chimie* explique en mots simples, précis et convaincants ce qu'il faut savoir sur les méthodes et techniques utilisées au laboratoire de chimie. Son organisation en fiches, construites sur un même modèle, en rend l'utilisation très pratique et l'index détaillé donne un accès aisé à des informations ciblées.

La progression du livre est pertinente, avec un début sur les considérations de sécurité, les risques et les questions transversales sur la mesure des incertitudes, notions souvent mal comprises et explicitées ici de manière théorique rigoureuse, avant de passer en revue méthodes et techniques de chimie générale, analytique et organique. Les auteurs prennent la peine de décrire la verrerie de base et d'en expliquer la spécificité, ce qui en permettra le bon usage : on y apprendra pourquoi l'erenmeyer a un col étroit, on maîtrisera la notion de verrerie in et ex, essentielle mais si rarement enseignée... Les gestes canoniques du laboratoire, illustrés dans des schémas clairs, sont discutés et justifiés avec soin : on sait par exemple qu'on ne met pas la verrerie jaugée à l'étau, mais ce livre nous rappellera ou nous apprendra pourquoi.

La première partie de chaque fiche présente les principes d'une technique, avec des définitions rigoureuses : l'étudiant ne pourra plus ignorer la différence entre dosage direct, indirect et en retour ou qu'une électrode est une demi-pile... La mise en œuvre pratique est ensuite décrite en étapes simples, en avertissant des écueils possibles. La section « *Et concrètement à la paillasse* » peut être réalisée en travaux pratiques et offre une illustration expérimentale qui permettra aux élèves une meilleure appropriation de la présentation théorique. Une dernière rubrique « *Pour aller plus loin* » incite à l'observation directe et au questionnement. Pourquoi le noir de platine est-il noir ? Peut-on faire des mesures de potentiel en milieu organique ? Pourquoi l'électrode de verre est-elle sensible au pH et quelles limites en déduit-on quant à son utilisation ? Pourquoi l'entraînement à la vapeur est-il adapté à la purification de produits fragiles ? En marge du texte, tout au long des fiches, on trouve des remarques qui ouvrent sur des notions complémentaires, historiques ou qui apportent des précisions : pourquoi ne peut-on pas utiliser plus de 20 % de méthanol avec un support de silice ? Pourquoi doit-on nettoyer un banc Kofler sans aller vers la zone chaude ? Peut-on utiliser de la pierre ponce pour réguler l'ébullition dans une distillation sous pression réduite ?

Autant de questions que les candidats aux concours des grandes écoles, du CAPES ou de l'agrégation, peuvent se voir poser, à l'écrit comme à l'oral, pour sonder leur niveau de compréhension des phénomènes : il s'agit de savoir si les réponses faites sont simplement livresques ou si elles traduisent une maîtrise en profondeur. J'ai toujours été fascinée, au cours de mes études et au-delà, par la multitude de notions qui se manifeste au laboratoire de chimie lors des opérations les plus simples. Ce livre en est l'illustration en ne se contentant pas d'énoncer les règles d'un savoir-faire : il les explicite, les justifie et pose ainsi toutes les bases pour la maîtrise d'une bonne pratique de laboratoire raisonnée et durable.

L'équipe de rédacteurs est un groupe de chimistes agrégés, professeurs en classes préparatoires, qui ont tous enseigné au niveau de la préparation à l'agrégation, à la fois aux spécialistes de chimie mais aussi de physique. Ils sont donc rompus à l'enseignement en travaux pratiques dans le contexte exigeant des concours : leur discours est tout à la fois rigoureux et accessible au non spécialiste.

En bref, un livre à mettre entre toutes les mains, qui donne les moyens d'aimer la chimie en asseyant ses bases rationnelles.

*Pr. Clotilde POLICAR,  
Directrice des études sciences de l'ENS-PSL.*

# *Sommaire*

<b>1 Sécurité au laboratoire</b>	<b>9</b>
<b>2 Risque chimique</b>	<b>13</b>
<b>3 Mesures et incertitudes</b>	<b>17</b>
<b>4 Verrerie</b>	<b>27</b>
<b>5 Pesée</b>	<b>35</b>
<b>6 Dosages et titrages</b>	<b>39</b>
<b>7 Titration colorimétrique</b>	<b>45</b>
<b>8 Potentiométrie</b>	<b>51</b>
<b>9 Électrolyse</b>	<b>59</b>
<b>10 pHmétrie</b>	<b>63</b>
<b>11 Conductimétrie</b>	<b>69</b>
<b>12 Spectrophotométrie UV-visible</b>	<b>75</b>
<b>13 Calorimétrie</b>	<b>83</b>
<b>14 Déroulement d'une synthèse</b>	<b>91</b>
<b>15 Chauffage à reflux</b>	<b>97</b>
<b>16 Appareil de Dean-Stark</b>	<b>101</b>
<b>17 Appareil de Soxhlet</b>	<b>105</b>
<b>18 Filtration et essorage</b>	<b>107</b>
<b>19 Extraction liquide/liquide</b>	<b>111</b>
<b>20 Séchage d'une phase organique</b>	<b>119</b>
<b>21 Évaporateur rotatif</b>	<b>121</b>
<b>22 Chromatographie sur couche mince</b>	<b>125</b>

<b>23 Détermination d'une température de fusion</b>	<b>131</b>
<b>24 Réfractométrie</b>	<b>135</b>
<b>25 Polarimétrie</b>	<b>141</b>
<b>26 Chromatographie sur colonne</b>	<b>147</b>
<b>27 Recristallisation</b>	<b>155</b>
<b>28 Distillation</b>	<b>159</b>
<b>Mentions de danger (H) et conseils de prudence (P)</b>	<b>169</b>
<b>Incertitude-type par la méthode de Monte-Carlo à l'aide de GUM_MC</b>	<b>174</b>
<b>Régression linéaire avec Python – z-scores et incertitudes</b>	<b>176</b>
<b>Coefficients de Student</b>	<b>180</b>
<b>Tableau de miscibilité des solvants usuels</b>	<b>181</b>
<b>Abaques pression-température</b>	<b>182</b>
<b>Évolution de la température d'ébullition de solvants avec la pression</b>	<b>183</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>184</b>
<b>Index</b>	<b>186</b>

# *Avant-propos*

Cet ouvrage décrit des techniques expérimentales utilisées tant en chimie analytique qu'en chimie organique. Présenté sous forme de fiches pour une utilisation facilitée, il permet d'aborder indépendamment chaque technique, pour compléter ou consolider des acquis.

Étant fondé sur la pratique expérimentale, cet ouvrage débute par des fiches concernant la sécurité et le risque chimique (incluant la réglementation CLP pour les produits chimiques). S'ensuit une présentation du calcul des incertitudes-types, qui est indissociable de la mesure d'une grandeur physique. Il aborde ensuite des techniques expérimentales de chimie générale et analytique, puis de chimie organique.

Outre quelques fiches généralistes comme celles décrivant la verrerie et le déroulement global d'une synthèse organique, chaque technique est détaillée spécifiquement. Le « **principe de la technique** » est explicité en s'appuyant sur des fondements théoriques, puis une « **mise en œuvre pratique** » est détaillée point par point.

Le discours s'appuie sur des schémas (verrerie, appareils de mesure, montages expérimentaux, électrodes), des graphiques et des courbes. La réalisation pas à pas de certaines étapes expérimentales est aussi présentée (pipetage à l'aide d'une pipette jaugée, dilution dans une fiole jaugée, utilisation d'une ampoule à décanter, remplissage d'une colonne de chromatographie, *etc.*).

Dans la marge, apparaissent des commentaires sur un point particulier du texte (erreurs à éviter, astuces de manipulation, conseils particuliers, *etc.*) et parfois une brève approche historique (« Un peu d'histoire »).

La plupart des fiches se terminent par deux rubriques supplémentaires :

- « **Et concrètement à la paillasse?** » : afin de mettre à profit les informations contenues dans la fiche, un exemple de manipulation réalisable en séance de TP et utilisant la technique considérée est présenté. Les résultats sont exploités comme l'expérimentateur est amené à le faire au laboratoire. En particulier, le calcul des incertitudes-types est réalisé pour les titrages.
- « **Pour aller plus loin...** » : présentée sous forme de questions, cette rubrique permet d'aborder des notions qui sortent du cadre strict des programmes des classes préparatoires aux grandes écoles.

Les techniques expérimentales présentées dans cet ouvrage sont celles que doivent connaître les étudiants des classes préparatoires. Leur maîtrise permet d'aborder sereinement l'épreuve de travaux pratiques de chimie des concours d'entrée aux grandes écoles.

Au cours de cette épreuve, le candidat réalise des manipulations de chimie générale et/ou organique au cours desquelles il est amené à suivre et analyser un mode opératoire décrit et/ou à proposer un protocole pour obtenir un résultat dans le cadre d'une démarche d'investigation.

Une **lecture attentive du sujet** permet d'avoir une idée générale du déroulement des manipulations et des temps morts. Elle permet de prendre conscience du nombre d'expériences, de leur durée, de leur but et d'**optimiser ainsi la gestion du temps** de l'épreuve.

L'évaluation de l'épreuve est d'abord fondée sur l'**habileté** avec laquelle le candidat manipule les outils courants du chimiste, qu'il doit donc connaître parfaitement. Le jury l'interroge oralement afin qu'il **justifie** pourquoi et comment il réalise une opération. Le jury est attentif au fait que le candidat respecte les **consignes de sécurité** (port des équipements de protection individuelle, manipulation des produits chimiques en adéquation avec leur dangerosité). Une annexe indique pour chaque sujet la toxicité des produits employés.

L'épreuve de travaux pratiques est une épreuve **orale et pratique** où le candidat doit faire preuve d'**autonomie** et d'**adaptation**.

Les étudiants préparant les concours de recrutement de l'Éducation nationale (CAPES et agrégation de physique-chimie), ainsi que les élèves des classes de BTS et d'IUT, y trouveront de précieux conseils pour la préparation de leurs épreuves pratiques de chimie.

Notre expérience d'examineurs de TP de chimie aux concours d'entrée aux Écoles normales supérieures et d'enseignants formant des élèves aux concours de recrutement de l'Éducation nationale nous a montré que souvent les pratiques expérimentales en elles-mêmes, même les plus simples, sont mal maîtrisées par les candidats ayant parfois un bagage théorique important.

Cet ouvrage se veut donc un support pour transposer et compléter à la paillasse des acquis théoriques, afin que la pratique expérimentale soit mieux comprise et donc mieux réalisée en toute sécurité.

La présente édition a été écrite en accord avec les nouveaux programmes des classes préparatoires, notamment en ce qui concerne le traitement des incertitudes-types. Le lecteur pourra ainsi trouver, pour chaque technique de chimie analytique, des calculs d'incertitudes-types menés avec la méthode de Monte-Carlo, soit en utilisant une feuille de calcul Python, soit en utilisant le logiciel libre de droits GUM\_MC.

*Nous tenons à remercier nos collègues et amis pour la relecture minutieuse des premières épreuves et leurs précieux conseils : Thomas BARILERO, Agnès ÉMOND, Ludovic FOURNIER, Rémi LE ROUX, Anne-Laure CLÈDE, Jean-Baptiste ROTA.*

*Nous tenons à remercier particulièrement Clotilde POLICAR qui a préfacé cet ouvrage; Xavier BATAILLE, David CHAPÉLIER et Lucas HENRY qui ont relu notre manuscrit; Jean-Marie BIANSON qui nous a donné l'autorisation d'utiliser des captures d'écran de GUM\_MC.*

*Merci aussi à Jean-Bernard BAUDIN, Ludovic JULLIEN et Clotilde POLICAR pour leur bienveillance à l'égard de ce projet.*

*Les auteurs*

# Notations

## Phases des espèces chimiques

La phase dans laquelle se trouve l'espèce chimique considérée est systématiquement indiquée en indice :

- $A_{(s)}$  signifie que l'espèce A est en phase solide;
- $A_{(l)}$  signifie que l'espèce A est en phase liquide;
- $A_{(g)}$  signifie que l'espèce A est en phase gazeuse;
- $A_{(aq)}$  signifie que l'espèce A est en solution dans l'eau;
- $A_{(org)}$  signifie que l'espèce A est en solution dans un solvant organique.

## Équations

- Le symbole  $\rightleftharpoons$  se réfère à une réaction chimique à l'équilibre.
- Le symbole  $=$  traduit le bilan comptable des espèces chimiques à l'échelle macroscopique.
- Le symbole  $\longrightarrow$  est utilisé lors de la présentation d'une étape de synthèse et explicite le sens de la transformation d'une molécule en une autre. Il est souvent accompagné, au-dessus ou en dessous, de données expérimentales telles que le solvant, le catalyseur, un réactif, la température, le temps de chauffage, *etc.*

## Fixations dans les montages

Dans les schémas de montage, les fixations et les clips de sécurité sont figurés par les symboles suivants :

- • pour une fixation ferme de type pince trois-doigts;
- ◦ pour une fixation lâche de type pince trois-doigts;
- ■ pour une fixation ferme de type pince plate;
- ★ pour un clip de sécurité.



# Sécurité au laboratoire

Travailler dans un laboratoire de chimie expose à des **risques** dus aussi bien aux **produits chimiques** potentiellement toxiques qu'au **matériel spécifique**. Il faut ainsi avoir conscience des risques encourus et tout faire pour **protéger les autres et soi-même**, tout en gardant en tête que le danger peut venir d'autrui.

La lecture précise des modes opératoires de TP et la compréhension globale des phénomènes mis en jeu permettent généralement de prévenir certaines erreurs de manipulation entraînant des situations à risque.

## Une question de bon sens

Le simple fait d'entrer dans un laboratoire de chimie impose le **respect strict de certaines règles** :

- Ne pas fumer, manger, boire ou mâcher de chewing-gum.
- Ne pas encombrer le sol avec divers sacs, cartables, *etc.* En particulier, laisser dégagés les allées et les chemins d'accès vers les sorties de secours.
- Ne pas encombrer la paillasse avec classeurs, trousse, *etc.*
- Ne pas courir.
- Ne pas utiliser de téléphone portable.
- Ne pas porter à la bouche ou au visage ses mains, son stylo, *etc.*
- Ne pas sentir les produits chimiques.
- Ne pas manipuler seul.
- Ne pas faire des essais de manipulation sans avertir l'enseignant.
- Ne pas jouer avec le matériel.

Il faut de plus **se laver les mains** régulièrement pendant un TP et systématiquement avant de sortir, temporairement ou définitivement, du laboratoire.

## La tenue du chimiste

L'entrée dans un laboratoire de chimie nécessite une tenue adaptée :

- Un **pantalon** couvrant les jambes, des **chaussettes** couvrant les chevilles et des **chaussures fermées** pour minimiser les zones de peau exposées en cas de projections.
- Les **cheveux longs attachés**.
- Pas de bague, bracelet, montre, boucles d'oreilles pendantes.
- **Pas de lentilles de contact**, qui seraient difficiles à enlever en cas de projection dans les yeux.

Il est vivement recommandé de **ne jamais manipuler en position assise ou à genoux** car ces positions ne permettent pas de se dégager rapidement en cas de renversement.

## Les équipements de protection individuelle

S'ajoutent aux règles vestimentaires de base le port d'équipements de protection individuelle :

- Des **lunettes de sécurité** ou des surlunettes placées **sur les yeux à tout moment**.
- Une **blouse en coton à manches longues**, qui doit être **boutonnée**.
- Des **gants** à utiliser à bon escient.



### Le bon usage des gants

La manipulation de produits corrosifs ou nocifs nécessite le port de gants de taille adaptée. En laboratoire d'enseignement, deux types de gants sont généralement rencontrés :

Entre 1 et 5 % de la population est allergique au latex. Dans ce cas, il convient de prévenir l'enseignant et de n'utiliser que des gants en nitrile.

- Des **gants en latex** : bien adaptés pour la manipulation de solutions aqueuses. Ils sont généralement blancs ou beiges.
- Des **gants en nitrile** : plus coûteux mais moins perméables aux substances organiques. Ils sont généralement colorés : bleus, violets...

Quelques points sont à retenir concernant l'usage des gants :

- Ils sont à **usage unique**.
- Ils ne constituent **pas une protection absolue** et ne sont **pas indéfiniment imperméables** : ils doivent être **changés régulièrement**, en particulier dès qu'ils sont en contact avec un produit toxique, qu'ils se détendent ou qu'ils sont troués ou tachés.
- Ils doivent être exclusivement utilisés pour manipuler produits et verrerie et **jamais pour taper sur un clavier, ouvrir une porte, etc.** De plus, il ne faut pas se toucher le visage ou les cheveux avec des gants.
- Ils doivent être systématiquement **portés lors de la vaisselle** (en plus des lunettes).

Si un produit a traversé le gant, il est maintenu en contact avec la peau, augmentant le risque chimique.

Pour retirer une paire de gants sans se souiller les mains, il suffit de les retourner en tirant sur la partie à la base du poignet. Une fois les deux gants au bout des doigts, on en fait une boule qui est jetée dans la poubelle appropriée (fiche 2). Il convient de se laver les mains après avoir ôté ses gants.



Comment retirer ses gants ?

On considère que les solutions aqueuses acides et basiques peuvent être manipulées sans gants à des concentrations inférieures à  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Compte tenu de l'empreinte économique et environnementale des gants, il est préférable de manipuler une solution non toxique et non corrosive **sans gants**. Par exemple, il est inapproprié de porter des gants pour pipeter une solution de sulfate de cuivre (II).

## Les équipements de protection collective

### La hotte aspirante

Les produits nocifs ou toxiques par inhalation doivent être manipulés sous **hotte aspirante**. Plusieurs consignes doivent alors être respectées :

- Enclencher l'aspiration.
- Manipuler avec la vitre **baissée** : **seuls les avant-bras** sont introduits.
- Ne jamais mettre la tête sous la hotte.
- Ne pas manipuler trop près du bord de la paillasse.
- Éviter que la paillasse de la hotte ne soit trop encombrée.

### La douche

Elle se trouve généralement à l'entrée de la salle et doit être utilisée en cas de **brûlure ou de projection chimique étendue**. Il est recommandé de se déshabiller une fois sous l'eau (sauf si les vêtements collent à la peau).

En cas de brûlure ou de projection peu étendue, passer la zone touchée sous l'eau courante pendant environ 15 min à une vingtaine de centimètres du jet.

### Le rince-œil

Il doit être systématiquement utilisé en cas de **projection oculaire**.

En l'absence de rince-œil, laver immédiatement à l'eau du robinet tiède pendant 15 à 20 min. **Ne pas chercher à ôter les lentilles de contact**, qui n'auraient pas dû être portées...

Pour tout accident oculaire, faire un bilan ophtalmologique dans les plus brefs délais.

### La couverture antifeu

Elle permet d'étouffer le feu sur une personne. Pour cela, il faut empêcher la personne de courir, la plaquer au sol et étouffer les flammes avec la couverture en protégeant ses propres mains. **Ne pas utiliser d'extincteur directement sur une personne.**

Il existe des douches portatives, de même forme qu'un extincteur mais de couleur verte.



Pictogrammes localisant la douche de sécurité, le rince-œil et la couverture antifeu.

## La conduite à tenir en cas d'accident

En cas d'accident de personne, le témoin de l'accident est le premier maillon de la chaîne de secours. S'il n'a aucune formation de secourisme, son rôle consiste, dans l'ordre, à :

1. **se protéger**;
2. **protéger la victime et les autres témoins**;
3. **alerter les secours**.

Numéros d'appel d'urgence	
Numéro d'appel d'urgence européen	112
SAMU	15
Pompiers	18

Au téléphone avec les secours, il faut donner :

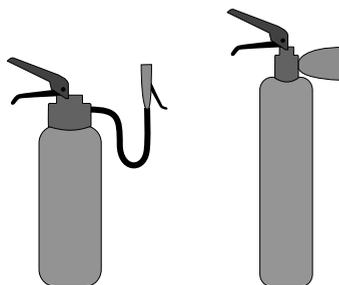
- son nom ;
- le numéro de téléphone depuis lequel on appelle ;
- l'adresse exacte (bâtiment, étage) ;
- une description de l'accident ;
- quelques informations sur la victime (âge, sexe) et son état général (saignement, brûlure, inconscience).

Dans tous les cas **ne jamais raccrocher sans autorisation.**

## POUR ALLER PLUS LOIN...

### Quel extincteur utiliser en cas d'incendie?

Il existe trois catégories d'extincteurs selon le type de feu. Même si leur forme varie en fonction de ce qu'ils contiennent, le moyen le plus sûr de les identifier est de lire l'étiquette.



À gauche : dessin d'un extincteur à eau, à mousse ou à poudre. À droite : dessin d'un extincteur à dioxyde de carbone.

✓ : approprié ; ✗ : non approprié		eau/mousse	poudre	CO <sub>2</sub>
<b>Feu « sec »</b>	Papier, tissus, bois...	✓	✓	✗
<b>Feu « gras »</b>	Solvants, graisses, huiles, vernis, plastiques...	✗	✓	✓
<b>Feu de gaz</b>	Propane, acétylène, butane...	✗	✓	✓
<b>Feu de métaux</b>	Sodium, calcium, magnésium...	✗	✗	✗
<b>Feu électrique</b>		✗	✓	✓

Notons que seul **le sable** est indiqué pour éteindre les feux de métaux.

# Risque chimique

Que ce soit pour les stocker ou les manipuler, il est nécessaire de **connaître** les **produits chimiques** utilisés et les **dangers** associés. Toute personne les utilisant est responsable de leur gestion, de leur prélèvement jusqu'à leur élimination.

Ainsi, **avant** de réaliser une expérience, il faut :

- **examiner attentivement le mode opératoire** proposé;
- **comprendre les manipulations envisagées** et se poser les bonnes questions : utilité de cette espèce, toxicité potentielle, possibilité de la remplacer par une autre espèce moins toxique, *etc.*;
- **se renseigner sur les produits chimiques** qui vont être utilisés, afin de les manipuler correctement et d'envisager des solutions pour leur élimination.

Par produits chimiques, on entend ici les réactifs, les catalyseurs, le solvant mais aussi les produits de la réaction, qui sont potentiellement toxiques.

## Connaissance des produits utilisés

Il existe trois grandes catégories de **dangers intrinsèques** aux substances chimiques :

- les **dangers physiques** (risque d'explosion, d'inflammation, *etc.*);
- les **dangers pour la santé** (toxicité aiguë, lésion oculaire, toxicité pour la reproduction, *etc.*);
- les **dangers pour l'environnement** (danger pour les milieux aquatiques).

Les produits chimiques sont **nécessairement stockés** dans une pièce prévue à cet effet, à **accès restreint**. Les critères de stockage dépendent de la nature même des produits. En particulier, certaines substances chimiques doivent être stockées à basse température.

## Règlement CLP (*Classification, Labelling, Packaging*)

Ce règlement concerne **la classification, l'étiquetage et l'emballage** des produits chimiques.

La première information sur les dangers d'une substance chimique est fournie par l'**étiquette**, sur laquelle doivent apparaître au moins :

- le **nom du produit**;
- des **pictogrammes de danger**;
- des **mentions de dangers** (phrases H);
- des **conseils de prudence** (phrases P);
- une **mention d'avertissement**.

Sur l'étiquette peuvent aussi figurer des grandeurs physiques (densité, masse molaire, composition, *etc.*).

L'image suivante donne l'exemple d'une étiquette de toluène.



Reproduction de l'étiquette d'une bouteille de toluène.

### Pictogrammes de danger

SGH signifie Système Général Harmonisé. Ce système sert de base aux pays souhaitant mettre en application les recommandations internationales préconisées par l'Organisation des Nations Unies.

Ces schémas représentent des types de dangers particuliers. Ils sont notés SGHXX et sont présentés dans le tableau de la page 3 de la couverture en fin d'ouvrage.

### Mentions de danger (phrases H)

Les mentions de danger complètent les pictogrammes. Elles commencent toujours par la **lettre H** (pour *Hazard* = danger), qui est suivie d'un nombre à 3 chiffres. Le 1<sup>er</sup> chiffre correspond à la catégorie de danger :

- H2XX : mentions de dangers relatives aux dangers physiques ;
- H3XX : mentions de dangers relatives aux dangers pour la santé ;
- H4XX : mentions de dangers relatives aux dangers pour l'environnement.

Se reporter aux p. 169 et suivantes pour la signification de chaque mention de danger.

### Conseils de prudence (phrases P)

Les conseils de prudence complètent également les pictogrammes. Ils commencent toujours par la **lettre P** (pour *Prudence*), qui est suivie d'un nombre à 3 chiffres. Le 1<sup>er</sup> chiffre correspond à la catégorie de conseil de prudence :

- P1XX : conseils de prudence généraux ;
- P2XX : conseils de prudence - Prévention ;
- P3XX : conseils de prudence - Intervention ;
- P4XX : conseils de prudence - Stockage ;
- P5XX : conseils de prudence - Élimination.

Se reporter aux p. 171 et suivantes pour la signification de chaque conseil de prudence.

### Mention d'avertissement

Sur l'étiquette figure une mention d'avertissement « **Attention** » ou « **Danger** », qui indique le degré relatif de dangerosité. « Danger » est utilisé pour les dangers les plus graves.

Il existe aussi des informations additionnelles notées EUHXXX (voir p. 170).