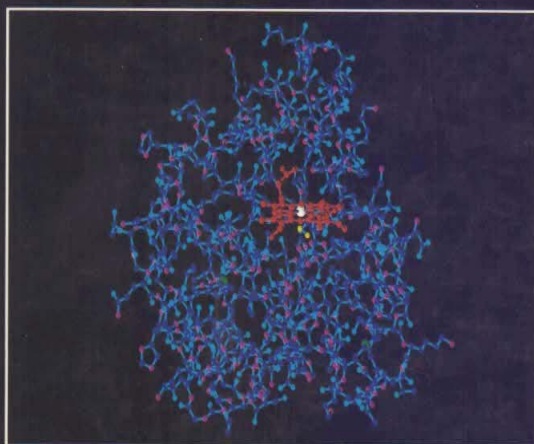


INVITATION À LA CHIMIE ORGANIQUE

• JOHNSON •

Traduit de l'anglais par Danielle Volant-Baeyens, Pauline Slosse
et Bernadette Devos-Wilmet



de boeck



Sommaire

QU'EST-CE QUE LA CHIMIE ORGANIQUE ?	1
CHAPITRE 1 LES COMPOSÉS CARBONÉS : LIAISONS ET STRUCTURE	8
CHAPITRE 2 LES ALCANES	40
CHAPITRE 3 LES HALOGENOALCANES	75
CHAPITRE 4 LES ALCOOLS	119
CHAPITRE 5 LES ÉTHERS	160
CHAPITRE 6 LES ALCÈNES	181
CHAPITRE 7 LES ALCYNES	230
CHAPITRE 8 LES DIÈNES CONJUGUÉS	250
CHAPITRE 9 LES AROMATIQUES	267
CHAPITRE 10 LES RADICAUX CARBONÉS	328
CHAPITRE 11 DÉTERMINATION DE STRUCTURE : LA SPECTROSCOPIE	350
CHAPITRE 12 LES AMINES	401
CHAPITRE 13 LES COMPOSÉS CARBONYLÉS : ALDÉHYDES ET CÉTONES	446
CHAPITRE 14 LES ACIDES CARBOXYLIQUES	493
CHAPITRE 15 LES DÉRIVÉS DES ACIDES CARBOXYLIQUES	528
CHAPITRE 16 LES PROTÉINES	577
CHAPITRE 17 L'ACTIVITÉ OPTIQUE	609
CHAPITRE 18 LES POLYMÈRES SYNTHÉTIQUES	643
CHAPITRE 19 INTRODUCTION À LA CHIMIE BIOLOGIQUE	670

Table des matières

À l'enseignant XXVII
À l'étudiant XXXI
Remerciements XXXV
Qu'est-ce que la chimie organique ? 1

CHAPITRE 1 Les composés carbonés : liaisons et structure 8

1.1 LIAISONS CHIMIQUES 9

- 1.1.1 L'atome et sa structure 9
- 1.1.2 Liaison chimique 12
- 1.1.3 Liaison covalente du carbone 15
- 1.1.4 Charge formelle 20

1.2 COMPOSÉS ORGANIQUES 22

- 1.2.1 Formules des composés organiques 22
- 1.2.2 Classification des composés organiques 25
- 1.2.3 Propriétés physiques des composés organiques 27

1.3 RÉACTIONS 31

- 1.3.1 Acides et bases 31
- 1.3.2 Électrophiles et nucléophiles 34
- 1.3.3 Introduction aux mécanismes de réaction 35

RÉCAPITULATIF

- Résumé du chapitre 36
- Problèmes supplémentaires 37

APPLICATIONS

- CHIMIE EN ACTION
DANS LE CORPS HUMAIN
L'impact de la forme moléculaire 28
- PROBLÈME
PRÉPROFESSIONNEL
Recherche, identification et
synthèse : le paclitaxel 38

CHAPITRE 2 Les alcanes 40

2.1 STRUCTURE DES ALCANES 41

2.2 ISOMÉRIE 44

- 2.2.1 Isomères de constitution 45
- 2.2.2 Isomères de conformation 46

2.3 NOMENCLATURE DES ALCANES 49

- 2.3.1 Alcanes non ramifiés 49
- 2.3.2 Groupes alkyle 50

RÉCAPITULATIF

- Résumé du chapitre 71
- Problèmes supplémentaires 71

2.3.3	Alcanes ramifiés	50		
2.3.4	Noms historiques consacrés par l'usage	53		
2.3.5	Classification des atomes de carbone et d'hydrogène et des groupes alkyle	53		
2.4	PROPRIÉTÉS, SOURCES ET UTILISATIONS DES ALCANES	55		
2.4.1	Propriétés des alcanes	55		
2.4.2	Sources et utilisations des alcanes	56		
2.5	CYCLOALCANES	59		
2.5.1	Nomenclature des cycloalcanes	59		
2.5.2	Isomérisie <i>cis-trans</i> dans les cycloalcanes	61		
2.5.3	Alcanes polycycliques	62		
2.6	CONFORMATIONS DU CYCLOHEXANE	63		
2.6.1	Conversion entre les conformations du cyclohexane	64		
2.6.2	Cyclohexanes monosubstitués	65		
2.6.3	Cyclohexanes disubstitués	65		
2.7	RÉACTIONS DES ALCANES ET DES CYCLOALCANES	69		
2.7.1	Halogénéation des alcanes	69		
2.7.2	Combustion (oxydation) des alcanes	69		
CHAPITRE 3	Les halogénoalcanes	75		
3.1	NOMENCLATURE DES HALOGÉNOALCANES	77		
3.1.1	Nomenclature IUPAC	77		
3.1.2	Noms historiques consacrés par l'usage	78		
3.2	PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES HALOGÉNOALCANES	78		
3.2.1	Liaison	78		
3.2.2	Autres propriétés	79		
3.3	INTRODUCTION À L'ÉNANTIOMÉRIE	80		
3.3.1	Chiralité	80		
3.3.2	Configuration des énantiomères	84		
3.3.3	Détermination de l'ordre des priorités des substituants	85		
3.4	RÉACTIONS DE SUBSTITUTION DES HALOGÉNOALCANES	89		
3.4.1	Mécanisme de la réaction S_N2	91		
3.4.2	Complications dans le cas de la substitution nucléophile des halogénoalcanes tertiaires	97		
3.4.3	Mécanisme de la réaction S_N1	98		
3.4.4	Comparaison des mécanismes S_N1 et S_N2	103		
3.5	AUTRES RÉACTIONS DES HALOGÉNOALCANES	104		
3.5.1	Synthèse des organométalliques	104		
3.5.2	Alcanes à partir de réactifs organocuprates	107		
			APPLICATIONS	
			■ CHIMIE EN ACTION SUR LE PLAN ÉCONOMIQUE	
			L'indice d'octane de l'essence	58
			■ CHIMIE EN ACTION DANS LA NATURE	
			Du cyclohexane au diamant	68
			■ PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL	
			Le méthane minier, l'alcane le plus simple	74
			RÉCAPITULATIF	
			Résumé du chapitre	114
			Résumé des réactions	114
			Problèmes supplémentaires	115
			APPLICATIONS	
			■ CHIMIE EN ACTION DANS LE CORPS HUMAIN	
			Médicaments chiraux	87
			■ PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL	
			L'effet réfrigérant des CFC	117

3.6 HALOGÉNOALCANES IMPORTANTS 110

- 3.6.1 Anesthésiques 110
- 3.6.2 Solvants 111
- 3.6.3 Réfrigérants 111
- 3.6.4 Ignifuges 112
- 3.6.5 Insecticides 112
- 3.6.6 Composés médicinaux 112
- 3.6.7 Halogénoalcane naturels 113

CHAPITRE 4 Les alcools 119

4.1 NOMENCLATURE DES ALCOOLS 120

- 4.1.1 Nomenclature IUPAC 120
- 4.1.2 Noms historiques consacrés par l'usage 122

4.2 PROPRIÉTÉS DES ALCOOLS 123

- 4.2.1 Liaison hydrogène 125
- 4.2.2 Acidité des alcools 126
- 4.2.3 Alcoolates 127

4.3 TRANSFORMATION DES ALCOOLS EN HALOGÉNOALCANES 129

- 4.3.1 Réaction des alcools avec les halogénures d'hydrogène 131
- 4.3.2 Transformation stéréospécifique des alcools en halogénoalcane 135

4.4 OXYDATION DES ALCOOLS 138

4.5 PRÉPARATION DES ALCOOLS À PARTIR DES HALOGÉNOALCANES 142

4.6 ALCOOLS IMPORTANTS 144

4.7 GLUCIDES 145

- 4.7.1 Terminologie 146
- 4.7.2 Structures des monosaccharides 146
- 4.7.3 Structures des disaccharides 149
- 4.7.4 Structures des polysaccharides 152
- 4.7.5 Chimie des glucides 153

RÉCAPITULATIF

Résumé du chapitre	155
Résumé des réactions	155
Problèmes supplémentaires	156

APPLICATIONS

CHIMIE EN ACTION AU MARCHÉ

Les thiols : qu'ont les cheveux, les oignons et les putois en commun ?	124
L'alcool ? Quel alcool ?	130
Les édulcorants artificiels	154

CHIMIE EN ACTION DANS LE CORPS HUMAIN

L'alcootest et le métabolisme de l'alcool	141
--	-----

PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL

Un cas d'erreur d'identification ou de meurtre ?	158
---	-----

CHAPITRE 5 Les éthers 160

- 5.1 ÉTHERS ACYCLIQUES 162
 - 5.1.1 Nomenclature des éthers acycliques 163
 - 5.1.2 Synthèse de Williamson des éthers 164
 - 5.1.3 Clivage du groupe méthoxy 166
- 5.2 ÉTHERS CYCLIQUES 167
 - 5.2.1 Nomenclature des éthers cycliques 167
 - 5.2.2 Préparation des oxacyclopropanes (oxiranes, époxydes) 168
 - 5.2.3 Ouverture des oxacyclopropanes catalysée par les acides 169
 - 5.2.4 Ouverture nucléophile des oxacyclopropanes 171
- 5.3 ÉTHERS IMPORTANTS 174

RÉCAPITULATIF

Résumé du chapitre	177
Résumé des réactions	177
Problèmes supplémentaires	178

APPLICATIONS

■ CHIMIE EN ACTION AU MARCHÉ	
Les colles époxy	175
■ PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL	
Dans les « vap ... » eurs d'éther	179

CHAPITRE 6 Les alcènes 181

- 6.1 NOMENCLATURE DES ALCÈNES 183
 - 6.1.1 Nomenclature IUPAC 183
 - 6.1.2 Noms historiques consacrés par l'usage 184
- 6.2 STRUCTURE DES ALCÈNES 185
 - 6.2.1 Structure électronique des doubles liaisons : l'hybridation sp^2 185
 - 6.2.2 Isomérisation *cis-trans* 187
 - 6.2.3 Stabilités relatives des alcènes 189
- 6.3 HYDROGÉNATION (RÉDUCTION) DES ALCÈNES 190
- 6.4 ADDITION ÉLECTROPHILE SUR LES ALCÈNES 192
 - 6.4.1 Addition des halogénures d'hydrogène 194
 - 6.4.2 Addition d'eau 196
 - 6.4.3 Addition des halogènes 200
- 6.5 OXYDATION DES ALCÈNES 203
 - 6.5.1 Époxydation des alcènes 203
 - 6.5.2 Oxydation par le permanganate de potassium 204
 - 6.5.3 Ozonolyse des alcènes 205
 - 6.5.4 Combustion des alcènes 208
- 6.6 PRÉPARATION DES ALCÈNES 208
 - 6.6.1 Déshydratation des alcools 209
 - 6.6.2 Déshydrohalogénéation des halogénoalcanes 214
- 6.7 ALCÈNES IMPORTANTS 221

RÉCAPITULATIF

Résumé du chapitre	223
Résumé des réactions	224
Problèmes supplémentaires	225

APPLICATIONS

■ CHIMIE EN ACTION AU MARCHÉ	
La margarine	192
L'éthène, une hormone végétale	222
■ PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL	
Les grenouilles... nouveaux canaris des mines ?	229

CHAPITRE 7 Les alcynes 230**7.1 NOMENCLATURE DES ALCYNES** 232

- 7.1.1 Nomenclature IUPAC 232
7.1.2 Noms historiques consacrés par l'usage 233

7.2 STRUCTURE DES ALCYNES 234

- 7.2.1 Structure électronique des triples liaisons : hybridation sp 234
7.2.2 Acidité des alcynes terminaux 236

7.3 RÉACTIONS DES ALCYNES 238

- 7.3.1 Hydrogénation (réduction) des alcynes 239
7.3.2 Oxydation des alcynes 241

7.4 SYNTHÈSE DES ALCYNES 242**7.5 ALCYNES IMPORTANTS** 244**CHAPITRE 8 Les diènes conjugués** 250**8.1 PARTICULARITÉS DES DIÈNES CONJUGUÉS** 252

- 8.1.1 Conjugaison 252
8.1.2 Stabilité des diènes conjugués 252

8.2 ADDITION ÉLECTROPHILE SUR LES DIÈNES CONJUGUÉS 253

- 8.2.1 Addition du dibrome (ou du dichlore) 253
8.2.2 Addition du bromure d'hydrogène (ou du chlorure d'hydrogène) 255

8.3 INTRODUCTION À LA RÉSONANCE 255

- 8.3.1 Stabilisation du carbocation allyle 255
8.3.2 Mécanisme de l'addition conjuguée 258

8.4 DIÈNES CONJUGUÉS IMPORTANTS 260

- 8.4.1 Caoutchouc 260
8.4.2 Terpènes et stéroïdes 261

CHAPITRE 9 Les aromatiques 267**9.1 STRUCTURE DU BENZÈNE** 268

- 9.1.1 Preuves expérimentales 269
9.1.2 Structure électronique du benzène 270
9.1.3 Autres composés aromatiques monocycliques 271

RÉCAPITULATIF

Résumé du chapitre	246
Résumé des réactions	247
Problèmes supplémentaires	247

APPLICATIONS

CHIMIE EN ACTION DANS LE CORPS HUMAIN Ènediynes, ADN et cancer	236
CHIMIE EN ACTION DANS LA NATURE Les alcynes et les phéromones	245
PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL Les phéromones : un rendez-vous qui ne vous coûte rien !	249

RÉCAPITULATIF

Résumé du chapitre	264
Résumé des réactions	265
Problèmes supplémentaires	265

APPLICATIONS

CHIMIE EN ACTION DANS LE CORPS HUMAIN Le β -carotène, la vitamine A et la vision	254
PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL Test ... 1, 2, 3	266

RÉCAPITULATIF

Résumé du chapitre	322
Résumé des réactions	322
Problèmes supplémentaires	323

9.2 NOMENCLATURE DES COMPOSÉS BENZÉNIQUES 272

- 9.2.1 Benzènes monosubstitués 272
- 9.2.2 Benzènes disubstitués 273
- 9.2.3 Benzènes polysubstitués 275

9.3 SUBSTITUTION ÉLECTROPHILE SUR AROMATIQUES 276

- 9.3.1 Mécanisme de la substitution électrophile sur aromatiques 277
- 9.3.2 Halogénéation 279
- 9.3.3 Nitration 282
- 9.3.4 Sulfonation 282
- 9.3.5 Alkylation de Friedel-Crafts 284
- 9.3.6 Alcanoylation (acylation) de Friedel-Crafts 285

9.4 EFFET DES SUBSTITUANTS ET LEUR UTILISATION EN SYNTHÈSE ORGANIQUE 288

- 9.4.1 Effets des substituants sur la réactivité 289
- 9.4.2 Effets d'orientation des substituants 292
- 9.4.3 Application de la réactivité et des effets d'orientation à la synthèse des composés aromatiques disubstitués 295
- 9.4.4 Effet de deux substituants sur la substitution électrophile sur aromatiques 297

9.5 PHÉNOLS 300

- 9.5.1 Acidité des phénols 300
- 9.5.2 Substitution électrophile sur les phénols 303
- 9.5.3 O-Alkylation des phénols (synthèse de Williamson) 304
- 9.5.4 Synthèse des phénols 304
- 9.5.5 Phénols importants et intéressants 305

9.6 RÉACTIVITÉ DES CHAÎNES LATÉRALES DES COMPOSÉS AROMATIQUES 306

- 9.6.1 Alcénylbenzènes 306
- 9.6.2 Intermédiaire benzylique de réaction 308
- 9.6.3 Oxydation des chaînes latérales alkyle 309

9.7 COMPOSÉS AROMATIQUES IMPORTANTS 312

- 9.7.1 Composés benzéniques 312
- 9.7.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques 313
- 9.7.3 Composés aromatiques hétérocycliques 316

CHAPITRE 10 Les radicaux carbonés 328**10.1 INTRODUCTION AUX RADICAUX CARBONÉS 329**

- 10.1.1 Formation des radicaux carbonés 330
- 10.1.2 Structure des radicaux carbonés 331
- 10.1.3 Stabilité des radicaux carbonés 332
- 10.1.4 Importance des radicaux carbonés 333

10.2 RÉACTION DES ALCANES AVEC LES HALOGÈNES 335

- 10.2.1 Mécanisme de la chloration du méthane 335
- 10.2.2 Halogénéation des alcanes en synthèse organique 337
- 10.2.3 Cas particuliers : bromation allylique et benzylique 340

APPLICATIONS

- CHIMIE EN ACTION DANS L'ENVIRONNEMENT
Les composés aromatiques chlorés biologiquement actifs 280
- CHIMIE EN ACTION AU MARCHÉ
Les détergents 283
L'effet explosif du groupe nitro 298
- CHIMIE EN ACTION DANS L'INDUSTRIE ET LE CORPS HUMAIN
Oxydation et désintoxication industrielles 311
- CHIMIE EN ACTION DANS LA NATURE
Les formes élémentaires du carbone 314
- CHIMIE EN ACTION DANS LE CORPS HUMAIN
Les médicaments contre le sida 321
- PROBLÈME, PRÉPROFESSIONNEL
Les dioxines : il n'y a pas de fumée sans feu ! 327

RÉCAPITULATIF

- Résumé du chapitre 347
- Résumé des réactions 348
- Problèmes supplémentaires 348

10.3 RÉACTION DES ALCÈNES AVEC LE BROMURE D'HYDROGÈNE 343

- 10.3.1 Mécanisme de l'addition radicalaire du bromure d'hydrogène 345
 10.3.2 Application en synthèse 345

APPLICATIONS

- **CHIMIE EN ACTION AU MARCHÉ ET DANS LE CORPS HUMAIN**
 Le combat contre l'auto-oxydation 340
- **CHIMIE EN ACTION DANS L'ENVIRONNEMENT**
 Les radicaux dans la couche d'ozone 344

CHAPITRE 11 Détermination de structure : la spectroscopie 350**11.1 PREUVES DE STRUCTURE 351**

- 11.1.1 Détermination de la formule moléculaire 351
 11.1.2 Indice de non-saturation (INS) 352
 11.1.3 Tests des groupes caractéristiques 353

11.2 SPECTROMÉTRIE DE MASSE 356

- 11.2.1 Principe de la spectrométrie de masse 356
 11.2.2 Ion moléculaire 357
 11.2.3 Modes de fragmentation 358
 11.2.4 Comment utiliser les spectres de masse 361

11.3 INTRODUCTION À LA SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE 363

- 11.3.1 Rayonnement électromagnétique 363
 11.3.2 Spectrophotomètres 364
 11.3.3 Comparaison de spectres 365

11.4 SPECTROSCOPIE ULTRAVIOLETTE ET VISIBLE 365

- 11.4.1 Excitation électronique 365
 11.4.2 Spectres UV-Vis et couleur 367
 11.4.3 Utilisations de la spectroscopie UV-Vis 369

11.5 SPECTROSCOPIE INFRAROUGE 371

- 11.5.1 États de vibration 372
 11.5.2 Région des empreintes digitales 373
 11.5.3 Région des groupes caractéristiques 373

11.6 SPECTROSCOPIE DE RÉSONANCE MAGNÉTIQUE NUCLÉAIRE DU PROTON 377

- 11.6.1 Phénomène RMN 378
 11.6.2 Déplacement chimique 380
 11.6.3 Intégration des pics 383
 11.6.4 Couplage spin-spin 384

11.7 SPECTROSCOPIE DE RÉSONANCE MAGNÉTIQUE NUCLÉAIRE DU CARBONE 13 389**RÉCAPITULATIF**

- Résumé du chapitre 392
 Problèmes supplémentaires 392

APPLICATIONS

- **CHIMIE EN ACTION AU LABORATOIRE**
 La structure de l'acacialactame 368
- **CHIMIE EN ACTION AU MARCHÉ**
 Les écrans solaires 370
- **CHIMIE EN ACTION DANS LE CORPS HUMAIN**
 Imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM) 387
- **PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL**
 Le PVC sous examen 399

CHAPITRE 12 Les amines 401

- 12.1 NOMENCLATURE DES AMINES** 403
 - 12.1.1 Classification des amines 403
 - 12.1.2 Noms historiques consacrés par l'usage 403
 - 12.1.3 Nomenclature IUPAC 404
- 12.2 STRUCTURE DES AMINES** 406
- 12.3 PROPRIÉTÉS DES AMINES** 407
 - 12.3.1 Liaison hydrogène 407
 - 12.3.2 Basicité des amines 408
 - 12.3.3 Détection des amines 410
- 12.4 NUCLÉOPHILIE DES AMINES** 413
 - 12.4.1 Alkylation des amines 413
 - 12.4.2 Alcanoylation (acylation) des amines 415
- 12.5 DIAZOTATION DES AMINES PRIMAIRES AROMATIQUES** 418
 - 12.5.1 Formation de l'ion diazonium 418
 - 12.5.2 Déplacement de l'azote 419
 - 12.5.3 Copulation diazoïque 423
- 12.6 PRÉPARATION DES AMINES** 426
 - 12.6.1 Alkylation de l'ammoniac 426
 - 12.6.2 Réduction d'autres composés azotés 426
 - 12.6.3 Réduction des nitroarènes 431
- 12.7 AMINES IMPORTANTES ET INTÉRESSANTES** 433
 - 12.7.1 Alcaloïdes 433
 - 12.7.2 Amines hormonales 436
 - 12.7.3 Autres amines intéressantes 436

**CHAPITRE 13 Les composés carbonylés :
aldéhydes et cétones** 446

- 13.1 NOMENCLATURE DES COMPOSÉS CARBONYLÉS** 448
 - 13.1.1 Nomenclature IUPAC des aldéhydes 448
 - 13.1.2 Nomenclature IUPAC des cétones 449
 - 13.1.3 Noms historiques consacrés par l'usage 450
- 13.2 STRUCTURE ET PROPRIÉTÉS DES COMPOSÉS CARBONYLÉS** 452
 - 13.2.1 Structure électronique du groupe carbonyle 452
 - 13.2.2 Comportement chimique du groupe carbonyle 452
 - 13.2.3 Tautomérie des composés carbonylés 454
 - 13.2.4 Propriétés physiques des composés carbonylés 455
 - 13.2.5 Détection des composés carbonylés 455

RÉCAPITULATIF

Résumé du chapitre	437
Résumé des réactions	438
Problèmes supplémentaires	439

APPLICATIONS

CHIMIE EN ACTION DANS LE CORPS HUMAIN	
Les sels d'ammonium et le système nerveux	411
Les sulfamides	432
CHIMIE EN ACTION AU MARCHÉ ET DANS LE CORPS HUMAIN	
Les amides dans les substances insectifuges, les protéines et le nylon	417
CHIMIE EN ACTION AU MARCHÉ	
La technologie des résines photosensibles	424
PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL	
Variations sur le jaune	445

RÉCAPITULATIF

Résumé du chapitre	485
Résumé des réactions	486
Problèmes supplémentaires	487

13.3 ADDITION DE NUCLÉOPHILES SIMPLES 458

- 13.3.1 Réduction du groupe carbonyle 458
 13.3.2 Réaction du groupe carbonyle avec l'ion cyanure 461

13.4 ADDITION D'AMINES PRIMAIRES ET D'ALCOOLS 462

- 13.4.1 Addition d'amines primaires 462
 13.4.2 Addition des alcools et des thiols 466

13.5 ADDITION DE CARBANIONS 471

- 13.5.1 Addition des réactifs de Grignard 471
 13.5.2 Réaction de Wittig 475

13.6 PRÉPARATION DES COMPOSÉS CARBONYLÉS 477

- 13.6.1 Révision des méthodes déjà présentées 477
 13.6.2 Aldéhydes à partir des chlorures d'acides 479
 13.6.3 Cétones à partir des chlorures d'acides 480

13.7 COMPOSÉS CARBONYLÉS IMPORTANTS ET INTÉRESSANTS 482**CHAPITRE 14 Les acides carboxyliques 493****14.1 NOMENCLATURE DES ACIDES CARBOXYLIQUES 494**

- 14.1.1 Nomenclature IUPAC 494
 14.1.2 Noms historiques consacrés par l'usage 496
 14.1.3 Acides dicarboxyliques 498

14.2 STRUCTURE ET PROPRIÉTÉS DES ACIDES CARBOXYLIQUES 498

- 14.2.1 Structure électronique des acides carboxyliques 498
 14.2.2 Acidité des acides carboxyliques 499
 14.2.3 Carboxylates 501
 14.2.4 Propriétés physiques des acides carboxyliques 502
 14.2.5 Détection des acides carboxyliques 504

14.3 RÉACTIONS DES ACIDES CARBOXYLIQUES 506

- 14.3.1 Réduction des acides carboxyliques 506
 14.3.2 Bromation en alpha des acides alcanoïques 508
 14.3.3 Décarboxylation des acides carboxyliques 511
 14.3.4 Transformation des acides carboxyliques en leurs dérivés 512

14.4 PRÉPARATION DES ACIDES CARBOXYLIQUES 513

- 14.4.1 Carboxylation des dérivés organométalliques 513
 14.4.2 Acides carboxyliques à partir des nitriles 515
 14.4.3 Autres synthèses des acides carboxyliques 517

14.5 ACIDES CARBOXYLIQUES IMPORTANTS ET INTÉRESSANTS 519**APPLICATIONS**

- CHIMIE EN ACTION
 DANS LE CORPS HUMAIN
 La cortisone et l'hydrocortisone 460
 Les imines et les vitamines A et B₆ 465

- CHIMIE EN ACTION
 AU MARCHÉ
 Le plexiglas 462
 La synthèse commerciale
 de la vitamine A 478

- PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL
 L'argent n'a pas d'odeur... 491

RÉCAPITULATIF

- Résumé du chapitre 522
 Résumé des réactions 522
 Problèmes supplémentaires 523

APPLICATIONS

- CHIMIE EN ACTION
 AU MARCHÉ
 Des anions carboxylates
 qui nettoient ! 503
 L'ibuprofène, un acide
 carboxylique de synthèse 520

- CHIMIE EN ACTION
 DANS L'ENVIRONNEMENT
 Les phéromones des abeilles 507
- PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL
 Question d'Orient...ation... 527

CHAPITRE 15 Les dérivés des acides carboxyliques 528**15.1 CHLORURES D'ACIDES 531**

- 15.1.1 Nomenclature des chlorures d'acides 531
- 15.1.2 Clivage des chlorures d'acides 532
- 15.1.3 Autres réactions des chlorures d'acides : aperçu 535
- 15.1.4 Préparation des chlorures d'acides 537

15.2 ANHYDRIDES D'ACIDES 540

- 15.2.1 Nomenclature des anhydrides d'acides 540
- 15.2.2 Clivage des anhydrides d'acides 541
- 15.2.3 Préparation des anhydrides d'acides 542

15.3 ESTERS 543

- 15.3.1 Nomenclature des esters 544
- 15.3.2 Réactions de clivage des esters 546
- 15.3.3 Condensation de Claisen des esters 550
- 15.3.4 Préparation des esters 553
- 15.3.5 Graisses 558

15.4 AMIDES 561

- 15.4.1 Nomenclature des amides 563
- 15.4.2 Réactions des amides 563
- 15.4.3 Préparation des amides 567

RÉCAPITULATIF

Résumé du chapitre	571
Résumé des réactions	571
Problèmes supplémentaires	572

APPLICATIONS**■ CHIMIE EN ACTION
DANS LE CORPS HUMAIN**

Un équivalent biologique des chlorures d'acides	536
Armes chimiques	538
Condensation de Claisen et biosynthèse	554

**■ CHIMIE EN ACTION
EN MÉDECINE**

Les lactones et les macrolides	547
--------------------------------	-----

**■ CHIMIE EN ACTION
EN AGRICULTURE**

Pesticides : persistants contre dégradables !	549
--	-----

**■ CHIMIE EN ACTION
AU MARCHÉ**

L'olestra, un substitut des graisses	560
L'urée	564
Lactames et antibiotiques	568

■ PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL

Sans graisse mais pas nécessairement sans calories !	575
---	-----

CHAPITRE 16 Les protéines 577**16.1 2-AMINOACIDES 579**

- 16.1.1 Structure des 2-aminoacides 579
- 16.1.2 Propriétés des 2-aminoacides 581
- 16.1.3 Synthèses des 2-aminoacides 582
- 16.1.4 Analyse des 2-aminoacides 583

16.2 CLASSIFICATION DES PROTÉINES 584

- 16.2.1 Classification par composition 584
- 16.2.2 Classification par forme 585
- 16.2.3 Classification par fonction 585

RÉCAPITULATIF

Résumé du chapitre	605
Résumé des réactions	605
Problèmes supplémentaires	606

16.3 STRUCTURE DES PROTÉINES 586

- 16.3.1 Structure primaire des protéines 587
- 16.3.2 Structure secondaire des protéines 590
- 16.3.3 Structure tertiaire des protéines 594
- 16.3.4 Structure quaternaire des protéines 594

16.4 SYNTHÈSE DES PEPTIDES ET DES PROTÉINES 596

- 16.4.1 Synthèse en solution 596
- 16.4.2 Synthèse en phase solide 598

16.5 ENZYMES 600

- 16.5.1 Catalyseurs biologiques 600
- 16.5.2 Coenzymes 602

CHAPITRE 17 L'activité optique 609**17.1 ISOMÉRIE REVISITÉE 610****17.2 ÉNANTIOMÈRES ET ACTIVITÉ OPTIQUE 612**

- 17.2.1 Énantiomères revisités 612
- 17.2.2 Détermination de l'activité optique 614
- 17.2.3 Activité optique des énantiomères 616
- 17.2.4 Résolution des racémiques 617

17.3 STÉRÉOCENTRES MULTIPLES 621

- 17.3.1 Composés acycliques 622
- 17.3.2 Projection de Fischer 625
- 17.3.3 Composés cycliques 629

17.4 CHIMIE DES ÉNANTIOMÈRES 630

- 17.4.1 Rappel des réactions au niveau des stéréocentres :
inversion, rétention et racémisation 631
- 17.4.2 Réaction des composés achiraux avec des réactifs achiraux 632
- 17.4.3 Réaction des composés achiraux avec des réactifs chiraux 633
- 17.4.4 Réaction des composés chiraux avec des réactifs achiraux 633

17.5 STÉRÉOCHIMIE DES PROCESSUS BIOLOGIQUES 636**APPLICATIONS****CHIMIE EN ACTION
AU MARCHÉ**

- Le nylon et autres polyamides 591
- Les applications commerciales
des enzymes 603

PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL

- Une question d'identité 607

RÉCAPITULATIF

- Résumé du chapitre 637
- Problèmes supplémentaires 638

APPLICATIONS**CHIMIE EN ACTION
AU LABORATOIRE**

- La mutarotation du glucose 618
- La découverte des énantiomères 622
- Les configurations relatives
et absolues 626

**CHIMIE EN ACTION
DANS LE CORPS HUMAIN**

- Énantiomères et odeurs 631

**CHIMIE EN ACTION
AU MARCHÉ**

- La synthèse des énantiomères 634

**CHIMIE EN ACTION
DANS L'UNIVERS**

- Chiralité et vie 636

PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL

- Risques et avantages
de la thalidomide 642

CHAPITRE 18 Les polymères synthétiques 643

- 18.1 INTRODUCTION À LA CHIMIE DES POLYMÈRES 644
 - 18.1.1 Classification des polymères en fonction de leur structure 645
 - 18.1.2 Classification des polymères en fonction de leur mode de formation 646
- 18.2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES POLYMÈRES 647
- 18.3 POLYMÈRES D'ADDITION 649
 - 18.3.1 Mécanismes des réactions de polymérisation par addition 649
 - 18.3.2 Polymérisation radicalaire 650
 - 18.3.3 Polymérisation cationique 656
 - 18.3.4 Polymérisation anionique 657
 - 18.3.5 Polymères isotactiques 658
 - 18.3.6 Caoutchouc 658
- 18.4 POLYMÈRES DE CONDENSATION 660
 - 18.4.1 Polyamides 660
 - 18.4.2 Polyesters 663
 - 18.4.3 Polyuréthanes 664

RÉCAPITULATIF

- Résumé du chapitre 666
- Problèmes supplémentaires 666

APPLICATIONS

- CHIMIE EN ACTION AU MARCHÉ
 - La dégradation des matières plastiques et leur recyclage 664
- PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL
 - Connaissez-vous les polymères ? 669

CHAPITRE 19 Introduction à la chimie biologique 670

- 19.1 ACIDES NUCLÉIQUES : L'ADN ET L'ARN 671
 - 19.1.1 Structure primaire des acides nucléiques 671
 - 19.1.2 Structure secondaire de l'ADN 673
 - 19.1.3 Réplication de l'ADN 675
 - 19.1.4 Biosynthèse des protéines 676
 - 19.1.5 Code génétique 678
 - 19.1.6 Thérapie génique 680
 - 19.1.7 Génétique 681
- 19.2 MÉTABOLISME 681
 - 19.2.1 Catabolisme des glucides 683
 - 19.2.2 Catabolisme des graisses 687
 - 19.2.3 Catabolisme des protéines 688
 - 19.2.4 Biosynthèse (anabolisme) 690
- 19.3 BASES CHIMIQUES DES THÉRAPIES 691
 - 19.3.1 Traitement des carences chimiques 692
 - 19.3.2 Traitement de la surproduction chimique 692
 - 19.3.3 Traitement des tumeurs malignes 693
 - 19.3.4 Traitement des infections 696

RÉCAPITULATIF

- Résumé du chapitre 699
- Problèmes 700

APPLICATION

- PROBLÈME PRÉPROFESSIONNEL
 - Un défi à la sauce tomate 701

- APPENDICE A Nomenclature des composés organiques : résumé 703
- APPENDICE B Absorptions des groupes caractéristiques dans les spectres IR 709
- APPENDICE C Absorptions des groupes caractéristiques dans les spectres $^1\text{H-RMN}$ 710
- APPENDICE D Valeurs de $\text{p}K_a$ caractéristiques 711
- CRÉDITS 713
- INDEX/GLOSSAIRE 715