

UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN

FACULTE DES SCIENCES

Unité de Chimie organique et médicinale

Professeur L. GHOSEZ



Nouveaux réactifs de cyclopentannélation.

Application à la synthèse de précurseurs de l'Ottélione

Dissertation présentée en vue

de l'obtention du grade de

Docteur en Sciences

Par **Belkacem KALLAH**

2006

Composition du Jury:

Professeur. C. Mioskowski

Université Louis Pasteur
Strasbourg I, France

Professeur. A. Krief

Université Notre-Dame de la Paix
Namur, Belgique

Professeur. J. Marchand (Président)

Université catholique de Louvain

Professeur. I. E. MarkO

Université catholique de Louvain

Professeur. O. Riant (Promoteur)

Université Catholique de Louvain

Professeur. L. Ghosez (Promoteur)

Université Catholique de Louvain

Au terme de ce travail, je tiens à remercier vivement le Professeur L. Ghosez pour m'avoir accueilli dans son laboratoire, de m' avoir initié à la recherche et de m'avoir permis, grâce à ses conseils, de mener à bien ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation:

Monsieur R. Touillaux, Dr Sc. pour l'enregistrement et l'interprétation des spectres RMN à 500 MHz.

Monsieur le Professeur E. de Hoffmann, le professeur J. L. Habib-Jiwan et son équipe de l'unité de spectrométrie de masse.

Monsieur le Professeur J.-P. Declercq et Monsieur B. Tinant, Dr Sc. qui ont effectué les analyses cristallographiques.

Je tiens particulièrement à adresser mes remerciements à tous les membres du laboratoire ORSY que j'ai eu la chance de connaître et qui m'ont accordé un peu de leur amitié et de leur joie de vivre. En particulier: Raphaël, Deo, Karima, J. Michel, Didier, Nordine, Flo, Jing, Alain, Chloe, Laurent, Jillali, Thierry, J. Francois, H. Jérôme, Olivier, Nicolas, Naouel, Julia, Laurence, Anouk, Prosper, Van, H. Vanlierde, A. Dekoker et C. Delaet.

J'adresse également un tout grand merci à tous ceux qui avec amitié et gentillesse ont contribué à la réalisation finale de ce travail: Le Professeur O. Riant, Yann, P. Pouplard, Jérôme, H. Vanlierde.

Elsevier Science "Ministre de l'Education, de la Recherche et de la formation de la Communauté française de Belgique" (Action Concertée, convention n° 96/01-197) et L'Université Catholique de Louvain pour leurs soutiens financier.

J'adresse enfin un grand merci à mes parents et Radia pour leur soutien inconditionnel tout au long de mes études, pour leur patience, et leur encouragements journaliers qui m'ont permis de mener ce travail à terme.

A

nos parents, qui nous ont encouragés,

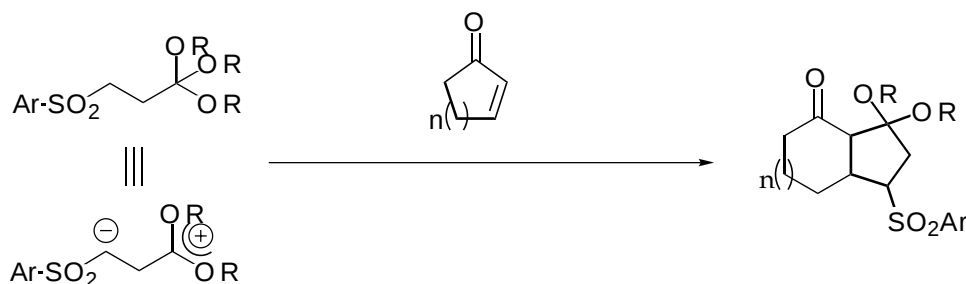
nos professeurs, qui nous ont formés,

nos enfants, qui nous ont supportés.

Résumé

Cette dissertation est consacrée au développement de nouveaux réactifs de cycloaddition [3+2] en série racémique et chirale permettant la synthèse de carbocycles à cinq chaînons.

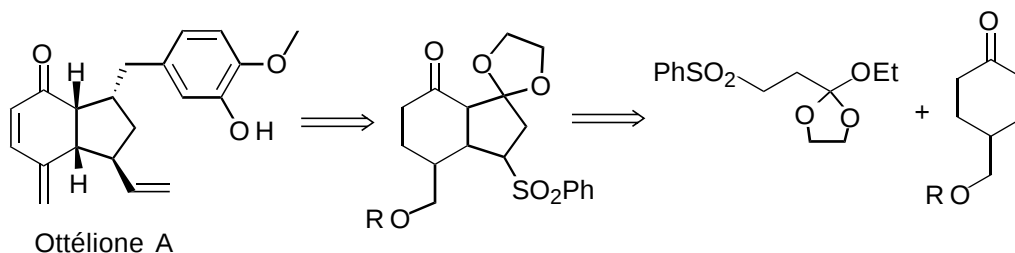
Dans la première partie de ce travail, nous avons concentré nos efforts sur la synthèse de ces réactifs, équivalents de dipôles 1,3, portant à la fois une fonction sulfone et une fonction orthoester. Nous avons évalué la réactivité de ces dipôles en cycloaddition [3+2] avec des énone pour la formation des composés bicycliques.



La suite de ce travail a été consacrée à l'étude d'un équivalent d'homoénolate sulfonyle porteur d'un inducteur de chiralité. Un schéma de synthèse original a été développé pour l'obtention de ce réactif énantiomériquement pur. L'addition de ce dernier à des énone nous a permis, après cyclisation, d'obtenir deux diastéréoisomères séparables. Après élimination de l'inducteur de chiralité, des hydrindénones de haute pureté énantiomérique ont été obtenus.

Dans la seconde partie de ce travail, nous nous sommes concentrés sur l'application de la réaction d'annélation [3+2] à la synthèse totale de composés naturels. L'ottélione A et certains de ces dérivés agissent sur les cellules par inhibition de la polymérisation de la tubuline et pourraient par conséquent constituer d'importants composés de base pour le développement de nouveaux médicaments anticancéreux.

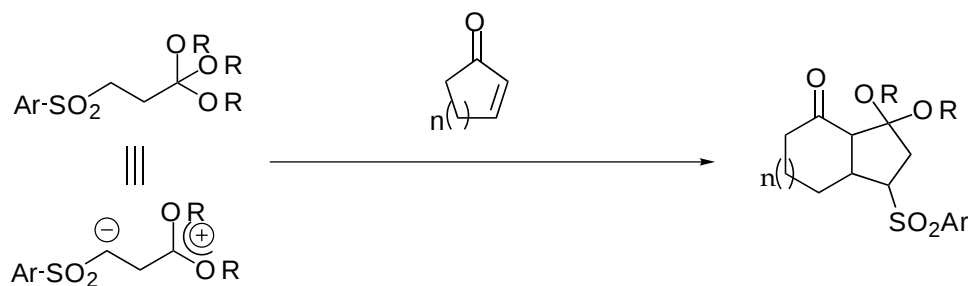
Après le choix le mieux adapté de l'orthoester et de l'énone, nous avons synthétisé plusieurs intermédiaires qui peuvent être utilisés dans la synthèse des ottéliones.



Absract

This dissertation is consecrated to the development of new reagents for [3+2] cycloaddition allowing the synthesis of five-membered carbocycles.

In the first part of this work, we focussed our attention on the synthesis of these reagents, equivalents of 1,3-dipoles, bearing a sulfone as well as an ortho-ester function. We have evaluated the reactivity of this dipoles in [3+2] cycloaddition with enones to form bicyclic compounds.



The continuation of this work was consecrated to the study of a sulfonylated homoenolate equivalent bearing a chirality inductor. An original synthetic scheme was developed for the obtention of this reagent enantiomerically pure. Its addition to enones allowed us, after cyclisation, to obtain two separable diastereoisomers. After elimination of the chirality inductor, highly enantiomerically pure hydrindenones were obtained.

In the second part of this work, we focussed on the application of the [3+2] annelation reaction to the total synthesis of natural compounds. Ottelione A and some of these derivatives react in the cells by inhibition of the tubuline polymerisation and could consequently constitute important leads for the development of new drugs against cancer.

After the choice of the most suitable orthoester and enone, we have synthesised some intermediates that could be used in otteliones synthesis.

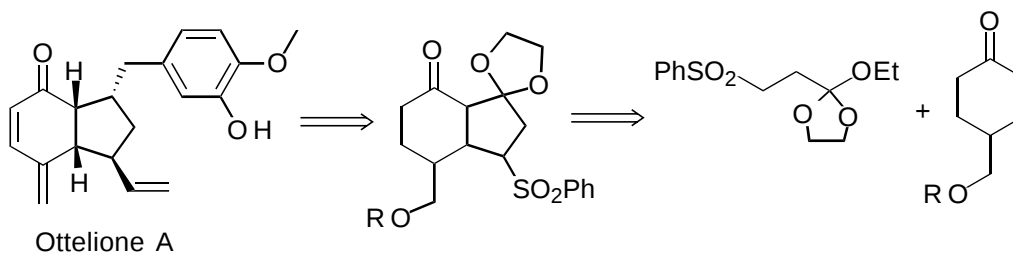


Table des matières

Chapitre I : Introduction

1. Importance des cyclopentanes	1
2. Cyclopentannélations asymétriques : revue de la littérature	2
2.1. Fermeture d'un dérivé acyclique	2
2.1.1. Cyclisations radicalaires	2
2.1.2. Cyclisations cationiques	4
2.1.3. Cyclisations anioniques	5
2.2. Méthodes convergentes	6
2.2.1. Annélation [3+2]	6
2.2.1.1. Les équivalents du triméthylèneméthane (TMM)	6
2.2.1.2. Les allylsilanes	8
2.2.1.3. Les méthylènegcyclopropanes	9
2.2.1.4. Les sulfoxydes allyliques	10
2.2.2. Annélation [2+2+1]	13
2.2.2.1 Réaction de Pauson-Khand	13
2.2.2.2 Cycloaddition [2+2] suivie d'une extension de cycle	17
3. Acquis du laboratoire	19
3.1. Développement d'un réactif pour les réactions d'annélation [3+2]	19
3.2. Réactions d'annélations asymétriques	22
3.2.1. Au départ d'électrophiles énantiomériquement purs	22
3.2.2. Au départ de nucléophiles énantiomériquement purs	24
4. Plan de ce travail	30

Chapitre II : Synthèse des réactifs C3

1. Introduction	31
2. Synthèse des aryls thiols <u>93</u> et <u>94</u>	34
2.1. Synthèse du thiobinaphtol <u>93</u>	34
2.2. Synthèse du thiol <u>94</u>	35
3. Synthèse des β-arylsulfonylnitriles	36
3.1. Au départ de sulfinates <u>102</u>	36
3.2. Au départ des thiolates <u>93</u> et <u>94</u>	36
4. Synthèse des orthoesters <u>64</u>, <u>81</u> et <u>83</u>	38

5. Alkylations des thiolates <u>93</u> et <u>94</u>	41
6. Synthèse des Arylvinylsulfures <u>115</u> et <u>116</u>	41
7. Synthèse des cyclopropanes <u>117</u> et <u>118</u>	42
8. Synthèse des arylcyclopropylsulfones <u>119</u> et <u>120</u>	43
9. Synthèse des arylsulfonylorthopropionates d'alkyles	43
10. Synthèse des arylsulfonyldioxolanes	46
10.1. Synthèse des orthoesters <u>85</u> et <u>84</u>	46
10.2. Synthèse de l'orthoester <u>82</u>	47
10.2.1. Essais de synthèse de l'orthoester <u>82</u>	47
10.2.2. Synthèse de l'orthoester chirale <u>82</u>	48
10.2.2.1. Synthèse du thiol <u>126</u>	48
10.2.2.2. Préparation du chlorure d' α -éthoxyiminium <u>130</u>	49
10.2.2.3. Synthèse de l'orthoester chirale <u>82</u>	50
11. Conclusions	51
Chapitre III : Annélations [3+2] au départ des équivalents d'homoénolates sulfonylés	53
1. Revue de la littérature	53
1.1. Formation et réactivité des carbanions dérivés de sulfones.	53
1.1.1. Structure et stabilisation des carbanions en α de groupements sulfones	53
1.1.2. Addition de Michaël des carbanions en α de la sulfone	55
2. Position du problème	58
2.1. Choix de l'inducteur de chiralité	59
3. Addition 1,4-de la sulfone <u>81</u> à la cyclohexénone	59
4. Réaction d'annélation [3+2] de la cyclohexénone	60
4.1. Synthèse des éthers d'énols silylés	60
4.1.1. Résultats	61
4.1.2. Diastéréosélectivité de l'addition de Michaël	63
4.2. Cyclisation des éthers d'énol silylés	65
4.3. Addition sur la cyclohexénone en absence d'HMPA	69
4.3.1 Addition de l'orthoester <u>81</u>	69
4.3.2. Addition de l'orthoester <u>84</u>	70
5. Optimisation de la séquence d'annélation	71

5.1. Le choix de l'orthoester	71
5.2. Choix des conditions expérimentales	72
6. Généralisation de la séquence d'annélation [3+2] des énone	74
6.1. La cyclopenténone	74
6.2. La méthyl-2-cyclohexénone	76
6.2.1. Préparation de la méthyl-2-cyclohexénone	76
6.2.2. réaction avec la méthyl-2-cyclohexénone	76
6.3. La diméthyl-4-4-cyclohexénone	78
7. Conclusions	80
<u>Chapitre IV : Annélation [3+2] asymétrique de la cyclohexénone et de la 2-méthyl cyclohexénone au départ de l'équivalent d'homoénolate</u> 82	
1. Addition conjuguée et silylation	81
2. Cyclisation des éthers d'énols silylés <u>167</u> et <u>168</u>	82
3. Elimination du groupement arylsulfonyl	84
3.1. Position du problème et stratégie	84
3.2. Réduction de la fonction carbonyle	85
3.3. Régénération du carbonyle	87
3.4. Elimination du groupe binaphtylsulfonyl	87
3.5. Mesure des excès énantiomériques	88
3.5.1. Synthèse de l'énone racémique <u>180</u>	88
3.5.2. Mesure des excès énantiomériques	89
4. Conclusions	91
<u>Chapitre V : Application de notre stratégie [3+2] vers l'ottélione A</u>	
1. Introduction	93
2. Synthèse de l'ottélione	94
3. Travaux du laboratoire	98
4. Rétrosynthèse	100
5. Synthèse de l'énone	100
5.1. Amination de la méthoxybuténone	100
5.2. Synthèse de 1-diméthylamino-3-siloxy-1,3-butadiène	101
5.3. Réaction du diène <u>204</u> avec l'acrylate de t-Butyle	101
5.4. Réduction et hydrolyse du composé <u>205</u>	102

5.5. Protection de l'alcool <u>206</u>	103
6. Annélation [3+2] de la cyclohexénone-4-substituée	103
6.1. Annélation [3+2] au départ de l'énone <u>210</u>	103
6.2. Annélation [3+2] au départ de l'énone <u>209</u>	105
6.3. Annélation [3+2] au départ de l'énone <u>211</u>	106
7. Synthèse de l'hydrindénone <u>219</u>	109
7.1. Réduction de la fonction carbonyle	109
7.2. Benzylation	111
7.3. Régénération du carbonyle	111
7.4. Protection de l'alcool <u>225</u>	114
8. Conclusion	116
<u>Chapitre VI : Synthèse de l'énone conjuguée 231</u>	
1. Plan de synthèse	117
2. Introduction du groupe vinyle	117
2.1. Données de la littérature	117
2.2. Addition conjuguée	118
2.3. Réduction de la fonction cétone	120
3. Génération d'un alcool allylique à partir de <u>234</u>.	121
3.1. Acylation de l'alcool secondaire	121
3.2. Désilylation de l'acétate <u>235</u> et <u>236</u>	122
3.3. Déshydratation de l'alcool secondaire	124
3.4. Clivage des éthers silylés de <u>241</u>	125
4. Oxydation de l'alcool allylique <u>243</u>	125
5. Essai de génération de la double liaison exocyclique	126
6. Protection de l'alcool primaire de <u>244</u>	127
7. Conclusion	128
<u>Chapitre VII : Additions conjuguées des benzylmétaux</u>	
1. Revue de la littérature	129
1.1. Benzylmétaux	129
1.2. Additions conjuguées	129

1.2.1. Addition conjuguée du benzyllithium	129
1.2.2. Addition conjuguée des benzylcuprates	131
2. Résultats	136
2.1. Addition conjuguée du benzylcuprate dérivé du benzylmagnésien <u>271</u>	
2.1.1. Synthèse du chlorure de benzyle <u>272</u>	136
2.1.2. Réaction d'addition	136
2.2. Essai d'addition du benzylcuprates dérivés des stannanes <u>278</u> et <u>279</u> .	
2.2.1. Synthèse des stannanes <u>278</u> et <u>279</u>	137
2.2.2. Essais d'addition à la cyclohexénone	138
2.3. Addition du benzylcuprate dérivé du benzylstannane <u>287</u>	140
2.3.1. Synthèse du stannane <u>287</u>	140
2.3.1.1. Protection de la fonction phénol	140
2.3.1.2. Réduction de l'ester <u>295</u>	144
2.3.1.3. Formation du chlorure benzylique <u>297</u>	144
2.3.1.4. Stannylation du composé <u>297</u>	145
2.3.2. Addition conjuguées	145
2.3.2.1. Addition sur la cyclopenténone	145
2.3.2.2. Addition sur l'énone <u>231</u>	146
2.4. Utilisation d'organozinciques	148
2.4.1. Addition sur la cyclohexénone	148
3. Conclusions	149
<u>Chapitre VIII : Etude préliminaire d'une méthode alternative pour l'introduction du groupement aromatique</u>	151
1. Essai de synthèse de l'aldéhyde <u>306</u>	151
1.1. Via une réaction de Wittig	151
1.2. Via une réaction d'époxidation	153
1.2.1. Synthèse de l'époxide <u>309</u>	153
1.2.2. Isomérisation de l'époxide	153
<u>Chapitre IX : Conclusions et perspectives</u>	157
1. Synthèse des réactifs C3	157
2. Réactions d'annélations [3+2]	159
3. Synthèse des précurseurs de l'ottélione	161
4. Perspectives	162

Partie expérimentale

1. Appareillages.....	1
2. Techniques.....	2
3. Solvants et réactifs.....	2

Partie expérimentale I : les sulfones

.....	
1. Synthèse des thiols <u>94</u>, <u>126</u> et <u>342</u>.....	3
1.1. Préparation du 2,4,6-triisopropylthiophénol <u>94</u>	3
1.2. Synthèse du thiol <u>93</u>	4
1.3. Synthèse du thiol <u>126</u>	8
2. Synthèse des oléfines <u>115</u> et <u>116</u>.....	13
2.1. Synthèse du sulfure <u>116</u>	15
2.2. Synthèse du sulfure <u>115</u>	16
3. Synthèse des orthoesters <u>81</u> et <u>83</u> via les cyclopropanes.....	19
3.1. Synthèse de l'orthoester <u>83</u>	19
3.2. Synthèse de l'orthoester <u>81</u>	22
4. Synthèse des nitriles.....	29
4.1. Synthèse du nitrile <u>88</u>	29
4.2. Synthèse du nitrile <u>106</u>	30
4.3. Synthèse du nitrile <u>131</u>	33
5. Synthèse des alcoxyiminiums.....	38
5.1. Synthèse de l'alcoxyiminium <u>90b</u>	39
5.2. Synthèse de l'alcoxyiminium <u>107</u>	40
5.3. Synthèse de l'alcoxyiminium <u>130</u>	41
6. Synthèse des orthoesters <u>64</u>, <u>82</u>, <u>84</u> et <u>85</u>.....	42
6.1. Synthèse de 3-Phénylsulfonylorthopropionate de triéthyl <u>64</u>	42
6.2. Synthèse de 2-éthoxy-2-(2'-phénylsulfonyléthyl)-1,3-dioxolane <u>85</u>	43
6.3. Synthèse de l'orthoester dioxolane <u>84</u>	45
6.4. Synthèse de l'orthoester dioxolane <u>82</u>	47
7. Synthèse de l'adduit 1,2.....	49
7.1. Synthèse de l'adduit-1,2 <u>153</u>	49
8. Synthèse des adduits 1,4.....	51
8.1. Synthèse de l'ester <u>145</u>	51
8.2. Synthèse de l'ester <u>134</u>	53
9. Synthèse des bicycles.....	55
9.1. Synthèse du bicycle <u>163</u>	56
9.2. Synthèse du bicycle <u>146</u>	59

9.3. Synthèse du bicyclic 147.....	60
9.4. Synthèse du bicyclic 158.....	62
9.5. Synthèse du bicyclic 166.....	65
9.6. Synthèse du bicyclic 149.....	67
9.7. Synthèse du bicyclic 143.....	69
9.8. Synthèse du bicyclic 170.....	72
9.9. Synthèse du bicyclic 171.....	75
10. Réduction du carbonyle des bicyclics	78
10.1. Synthèse du bicyclic réduit 181	78
10.2. Synthèse du bicyclic réduit 174.....	80
10.3. Synthèse du bicyclic réduit 175.....	83
11. Hydrolyse du dioxolane des bicyclics	85
11.1. Préparation du réactif de décélation.....	85
11.2. Hydrolyse du dioxolane des bicyclics.....	86
11.2.1. Synthèse du bicyclic hydrolysé 182.....	86
11.2.2. Synthèse du bicyclic hydrolysé 177a.....	87
12. Elimination des arylsulfonyles	88
12.1. Synthèse de l'énone racémique 180	88
12.2. Synthèse de l'énone chiral 178a et 178b.....	89
12.3. Synthèse de l'énone chiral 179a et 179b.....	90

Partie expérimentale II : l'ottélione

.....	
1. Synthèses des énonés 209, 210 et 211	92
2. Synthèse des bicyclics	102
2.1. Synthèse du bicyclic 215.....	102
2.2. Synthèse du bicyclic 213.....	104
2.3. Synthèse du bicyclic 217.....	106
2.4. Synthèse du bicyclic 218.....	108
3. Réduction des bicyclics	110
3.1. Synthèse du bicyclic réduit 220.....	110
3.2. Synthèse du bicyclic réduit 121.....	112
3.3. Synthèse du bicyclic 222.....	114
4. Elimination du groupe phénylsulfonyl.....	
4.1. Synthèse du bicyclic hydrolysé 228	116
4.2. Synthèse de l'énone 225.....	116
5. Protection de l'alcool 225.....	
5.1. Synthèse du produit monosilylé 229.....	119
5.2. Synthèse du produit bisilylé 219	120

6. Introduction du groupe vinyle	121
6.1. Synthèse du vinyle <u>230</u>	121
6.2. Synthèse du vinyle <u>233</u>	123
7. Transformation du bicycle <u>233</u>	125
7.1. Synthèse de l'alcool <u>234</u>	125
7.2. Synthèse de l'acétate <u>235</u>	127
7.3. Synthèse du produit <u>237</u>	128
7.4. Synthèse des alcools <u>232</u> et <u>238</u>	130
7.5. Synthèse de l'éther <u>241</u>	132
7.6. Synthèse de l'alcool allylique <u>243</u>	133
7.8. Synthèse de l'énone <u>244</u>	135
7.9. Synthèse de l'énone <u>231</u>	136
8. Synthèse des dérivés benzyliques	138
8.1. Synthèse de l'alcool <u>274</u>	138
8.2. Synthèse du chlorure <u>272</u>	139
8.3. Synthèse du stannane <u>278</u>	140
8.4. Synthèse de l'alcool <u>281</u>	141
8.5. Synthèse du chlorure <u>280</u>	143
8.6. Synthèse du stannane <u>279</u>	144
8.7. Synthèse de l'acide <u>294</u>	145
8.8. Synthèse de méthyl 3-hydroxy-4-méthoxy benzoate <u>293</u>	146
8.9. Synthèse de méthyl-3- <i>tert</i> -butyloxy-4-méthoxybenzoate <u>295</u>	147
8.10. Synthèse de 2-(<i>tert</i> -butyloxy)-4-(hydroxy-méthyl)-1-méthoxy- benzène <u>208</u>	148
8.11. Synthèse du 2-(<i>tert</i> -butyloxy)-4-(chlorométhyl)-1-méthoxybenzène <u>297</u> ...	149
8.12. Synthèse du 2-(<i>tert</i> -butyloxy)-4-(bromométhyl)-1-méthoxybenzène <u>305</u> ..	151
8.13. Synthèse de 4-triméthylétainméthyl-2- <i>tert</i> -butyloxy-1-méthoxy- benzène <u>287</u>	152
9. Introduction du groupe benzyle.....	153
9.1. Synthèse de 3- <i>para</i> -méthoxyphénylméthylcyclohexanone <u>259</u>	153
9.2. Synthèse de 4-(méthyl)-2-(4-méthoxybenzyloxy)-1-méthoxy-benzène <u>277</u> .	154
9.3. Synthèse de 2-méthoxy-5-[2-(4-méthoxyphényl)éthyl]phénol <u>284</u>	155
9.4. Synthèse de 2-méthoxy-5-triméthylsilylméthyl-phénol <u>285</u>	157
9.5. Synthèse de 3-(3- <i>tert</i> -butoxy-4-méthoxy-benzyl)-cyclopentanone <u>298</u>	158
9.6. Synthèse de 2- <i>tert</i> -butoxy-4-[2-(3- <i>tert</i> -butoxy-4-méthoxy)phényl]éthyl-1- méthoxybenzène <u>299</u>	159
9.7. Synthèse de 3-phénylméthylcyclohexanone <u>259</u>	161
10. D'autre Essai de synthèse de l'ottélione A.....	162
10.1. Synthèse de l'énone <u>308</u>	162

10.2. Synthèse de l'epoxide <u>309</u>	163
10.3. Synthèse de l'aldehyde <u>306</u>	165
10.4. Synthèse de 5-Bromo-2-méthoxy-phenol <u>312</u>	167
10.5. Synthèse de 4-Bromo-2-tert-butoxy-méthoxy-benzene <u>310</u>	168
10.6. Synthèse de (3- <i>tert</i> -butoxy-4-méthoxy-phényl)-phényl-méthanol <u>313</u>	169

Abréviations et symboles

AC	acéthyle
Ar	aromatique
APT	attached proton test
Bn	benzyle
cat	catalytique
CCM	chromatographie couche mince
DBU	diazabicyclo-undécène
DIBAL	Hudrure de diisobutylaluminium
DMSO	diméthylsulfoxyde
d	doublet
él.	éluant
éq	équivalent
e.d	excès diastéréoisomérique
ee.	excès énantiomérique
Eq.	équation
FAB	Fast Atom Bombardement
Litt	littérature
g	gramme
h	heure
hept.	heptuplet
Hz	hertz
HMPA	hexaméthylphosphotriamide
HRMS	spectrométrie de masse haute résolution
HPLC	chromatographie liquide haute pression
iPr	isopropyle
IE	impact électronique
IR	infrarouge
IC	ionisation chimique
J	constante de couplage
KHMDS	hexaméthylidisilazanate de potassium
l	litre
m	multiplet
Me	méthyle
MHz	megahertz
m	multiplet
M ⁺ .	ion moléculaire
<i>m</i> -CPBA	peracide méthachlorobenzoïque
NaHMDS	Sodium bis (triméthylsilylamide)
<i>n</i> -BuLi	<i>n</i> -butyllithium
OTf	triflate (OSO ₂ CF ₃)
pK _A	mesure de la force de l'acide
P. F.	température de fusion
P. M	poids moléculaire
Ph	phényle
ppm	part par million
q	quadruplet
Rdt	rendement
R _f	rapport frontal
RMN	résonance magnétique nucléaire
RN	numéro de registre
RX	rayons X
réf.	référence
s	singulet
t	triplet
TA.	température ambiante

TBS	t-butyl diméthylsilyle
TBAF	fluorure de Tétrabutylammonium
THF	tetrahydrofurane
TBDMS	t-butyl diméthylsilyle
TBDPS	t-butyl diphénylsilyle
T°C	température
TfOTMS	triflate de triméthylsilyle
<i>t</i> -Bu	terbutyl
TMM	triméthylène méthane
TMEDA	N,N,N',N'-tétraméthyléthylènediamine
TMS	triméthylsilyle
TIPS	triisopropylsilyle
U.V	ultraviolet
[α]	pouvoir rotatoire spécifique
Δ	chauffage
δ	déplacement chimique en ppm