

# Table des matières

<b>Introduction</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>Chapitre 1. Les deltas, des milieux jeunes, fragiles et menacés</b> . .	<b>5</b>
1.1. La construction des deltas dans la longue durée, mécanismes généraux . . . . .	6
1.1.1. Les processus et les formes de base . . . . .	6
1.1.1.1. La plaine deltaïque ou delta subaérien . . . . .	6
1.1.1.2. Le front du delta ou partie proximale . . . . .	6
1.1.1.3. Le prodelta ou partie distale . . . . .	6
1.1.2. Les dynamiques de construction et de redistribution en action . . .	6
1.1.2.1. Les deltas sous influence fluviale . . . . .	7
1.1.2.2. Les deltas dominés par l'action de la marée . . . . .	8
1.1.2.3. Les deltas sous l'influence des vagues . . . . .	8
1.1.3. Des espaces jeunes et instables . . . . .	9
1.1.3.1. L'enfoncement naturel et l'équilibre des deltas . . . . .	9
1.1.3.2. La remontée du niveau marin (> 6 000 ans BP), phase initiale de construction des deltas à l'échelle mondiale. . . . .	10
1.1.3.3. Dynamique du comportement holocène des deltas . . . . .	11
1.2. Parmi les derniers grands deltas naturels du globe : deux deltas de l'Arctique . . . . .	12
1.2.1. Le delta de la Léna . . . . .	12
1.2.2. Le delta du Mackenzie . . . . .	13
1.3. Les deltas du globe : quel bilan aujourd'hui face aux contraintes terrestres et marines ? . . . . .	15
1.3.1. La montée du niveau des océans . . . . .	15

1.3.2. Le tarissement sédimentaire des continents. . . . .	17
1.3.3. Le prélèvement de ressources et la subsidence accélérée des deltas. . . . .	19
1.4. Deltas subsidents en Asie du Sud-Est . . . . .	19
1.4.1. Un exemple de jeune delta à dominante rurale, le Hoang-Ho . . .	19
1.4.2. Deltas urbanisés de l'Asie du Sud-Est. . . . .	20
1.4.2.1. Le Kanto au Japon . . . . .	20
1.4.2.2. Bangkok en Thaïlande. . . . .	21
1.4.2.3. Jakarta : le projet Great Garuda, archétype de la grande infrastructure hydraulique. . . . .	24
1.4.2.4. Shanghai dans le delta du Yangzi . . . . .	27
1.4.2.5. Hanoï, sur le fleuve Rouge (Vietnam) . . . . .	28
1.5. Conclusion . . . . .	29
<b>Chapitre 2. Vieilles sociétés et crises deltaïques . . . . .</b>	<b>31</b>
2.1. Quelques deltas fragiles dans la longue et la moyenne durée de l'Holocène . . . . .	31
2.1.1. Le delta du Nil, un condensé de l'histoire climatique africaine . .	32
2.1.2. Le bas Hoang-Ho et son delta : une métamorphose holocène sous contrôle anthropique. . . . .	33
2.1.2.1. Aux origines historiques de l'érosion accélérée du plateau du Löss . . . . .	33
2.1.2.2. La montée du bas Hoang-Ho sur ses alluvions . . . . .	34
2.1.2.3. Les travaux d'endiguement modernes . . . . .	36
2.1.2.4. Les travaux contemporains . . . . .	36
2.1.2.5. Un delta encore sous influence fluviale malgré la chute des apports à la mer de Bohai . . . . .	37
2.1.3. Le delta du Rhône à l'Holocène : des bras fluviaux et le littoral pour enregistrer l'histoire du climat et de la société . . . . .	39
2.2. Le delta du Rhin et de la Meuse : de la maîtrise intégrale des eaux fluviales et marines aux tentatives de restauration de la nature . .	40
2.2.1. La lutte contre les crues fluviales. . . . .	40
2.2.1.1. La maîtrise technique des branches du Rhin et de la Meuse . .	41
2.2.1.2. Le contrôle des crues et la gestion des inondations fluviales (XVIII <sup>e</sup> -XIX <sup>e</sup> siècles) . . . . .	42
2.2.1.3. La correction du déficit sédimentaire de l'espace deltaïque. . . . .	42
2.2.1.4. Impacts anthropiques et déficit sédimentaire du Rhin . . . .	43
2.2.2. Travaux hydrauliques et objectifs environnementaux dans l'espace endigué . . . . .	43

2.2.3. Quelle compatibilité ou synergie entre restauration fluviale et protection contre les crues ? . . . . .	45
2.2.4. La défense des Pays-Bas face à la mer . . . . .	46
2.2.4.1. Le plan Delta (1956-1986) . . . . .	46
2.2.4.2. L'hypothèque du changement climatique sur les fleuves et le littoral . . . . .	49
2.3. Déséquilibres contemporains dans le vieux monde . . . . .	51
2.3.1. Un delta en sursis : le delta du Nil . . . . .	51
2.3.1.1. La subsidence . . . . .	51
2.3.1.2. La montée relative du niveau marin . . . . .	53
2.3.1.3. Le recul des bouches . . . . .	53
2.3.1.4. La protection de la côte . . . . .	54
2.3.1.5. La salinisation des eaux et des sols . . . . .	54
2.3.1.6. Maintenir l'écoulement à la mer . . . . .	55
2.3.1.7. L'importance de la culture du riz . . . . .	55
2.3.2. Le delta du Rhône : les mutations du bassin et du delta . . . . .	56
2.3.2.1. La récession du delta du Rhône à la fin du XIX <sup>e</sup> siècle . . . . .	56
2.3.3. Le delta de l'Èbre seul face à la mer . . . . .	58
2.3.3.1. Paysages du delta actif . . . . .	58
2.3.3.2. Impacts de l'aménagement du bassin sur le delta de l'Èbre . . . . .	59
2.3.3.3. Un delta soumis à l'action des vagues . . . . .	60
2.3.4. Le delta de la plaine du Pô : la dispersion historique des points faibles . . . . .	61
2.3.4.1. Une subsidence régionale accélérée . . . . .	61
2.3.4.2. Subsidence de la lagune de Venise et défense du littoral . . . . .	61
2.3.4.3. Ravenne et Bologne . . . . .	62
2.3.5. Le delta du Danube, l'espoir encore permis . . . . .	62
2.3.5.1. Les éléments du delta . . . . .	63
2.3.5.2. Les altérations de l'équilibre du delta . . . . .	63
2.3.5.3. Des raisons d'espérer ? . . . . .	65
2.4. Conclusion . . . . .	65

### **Chapitre 3. Deltas tropicaux en crise, entre ouverture et fermeture . . . . . 67**

3.1. Un delta ouvert et vivant, le delta du Gange et du Brahmapoutre . . . . .	67
3.1.1. Des fleuves et un delta . . . . .	68
3.1.2. Le delta Gange-Brahmapoutre-Meghna, le plus peuplé et le plus misérable du globe . . . . .	69

3.1.2.1. Des inondations catastrophiques . . . . .	70
3.1.2.2. Un delta subsident et soumis à la montée du niveau marin . . . . .	73
3.1.2.3. La compensation sédimentaire d'origine fluviale . . . . .	74
3.1.2.4. L'irrigation traditionnelle . . . . .	75
3.1.2.5. La responsabilité des aménagements agricoles « modernes » . . . . .	75
3.1.2.6. Le « partage » des eaux du Gange . . . . .	77
3.1.2.7. Une effrayante domination de l'amont sur le Brahmapoutre . . . . .	78
3.1.2.8. Les projections du changement climatique à l'échéance 2050 : de vastes migrations humaines. . . . .	81
3.2. Le delta du Mékong en sursis . . . . .	81
3.2.1. Une machine technique sans cesse plus complexe. . . . .	81
3.2.1.1. Généralités humaines . . . . .	81
3.2.1.2. La formation du delta . . . . .	82
3.2.1.3. Choix technologiques et croissance économique . . . . .	84
3.2.1.4. Les symptômes de la crise enregistrés dans le delta . . . . .	86
3.2.2. Des facteurs émergents très inquiétants . . . . .	90
3.2.2.1. L'expansion de l'irrigation au Vietnam et au Cambodge : une menace sur les débits d'étiage et les nappes . . . . .	91
3.2.2.2. La construction des barrages-réservoirs du bassin et ses effets sur le delta du Mékong . . . . .	92
3.2.2.3. La surexploitation du sable fluvial. . . . .	93
3.2.2.4. Effet de la rupture sédimentaire sur les bouches deltaïques . . . . .	95
3.2.2.5. Menaces sur la mangrove . . . . .	96
3.2.3. Quels choix de gestion dans l'avenir ? Privilégier l'échelle du bassin . . . . .	98
3.2.3.1. L'analyse de la complexité des réponses au cœur du delta . . . . .	99
3.2.3.2. Le risque d'un facteur explicatif unique : le changement climatique. . . . .	100
3.3. Le delta du Niger : l'exploitation de l'or noir sans contraintes. . . . .	101
3.3.1. L'espace deltaïque . . . . .	101
3.3.2. Les effets de l'extraction des hydrocarbures sur l'environnement . . . . .	101
3.3.2.1. Une recherche presque impossible. . . . .	101
3.3.2.2. L'échelle du bassin versant . . . . .	102
3.3.2.3. La dynamique côtière . . . . .	103
3.3.2.4. La sévère dégradation de l'environnement. . . . .	103
3.3.3. De lourds enjeux sociaux et politiques . . . . .	105
3.4. Le delta de l'Indus, un assèchement dramatique . . . . .	106
3.4.1. Le delta et sa côte . . . . .	106
3.4.2. Les effets délétères des barrages sur les flux d'eau et de sédiments . . . . .	107

3.4.3. Une grave crise environnementale, économique et sociale. . . . .	107
3.5. L'Ayeyarwady, les premiers symptômes du déséquilibre ?. . . . .	110
3.5.1. La Birmanie, un pays au seuil du développement . . . . .	110
3.5.2. L'Ayeyarwady, une énorme bande transporteuse . . . . .	111
3.5.3. Le delta, crise ou stabilité ? . . . . .	111
3.6. Conclusion . . . . .	113

## **Chapitre 4. Le delta vieilli d'un pays neuf, le Mississippi . . . . . 115**

4.1. La Nouvelle-Orléans, une « ville inévitable dans un site impossible » . .	115
4.1.1. Les découvertes du fleuve . . . . .	115
4.1.2. Aux origines de La Nouvelle-Orléans . . . . .	116
4.1.3. Un espace aux lourds enjeux . . . . .	117
4.2. Crues et protection de la basse vallée du Mississippi et du delta depuis 1717 . . . . .	120
4.2.1. Premières protections. . . . .	120
4.2.2. Le début des protections généralisées . . . . .	121
4.2.3. La crue de 1927 dans la vallée du Mississippi . . . . .	122
4.2.4. Le plan Jadwin (1928) . . . . .	123
4.2.5. Les éléments de la protection actuelle . . . . .	124
4.3. Les « deltas » de la basse vallée du Mississippi, du <i>wilderness</i> à la crise actuelle . . . . .	124
4.4. Le delta du Mississippi <i>stricto sensu</i> , un espace naturel en crise . . . .	128
4.4.1. Dynamique des flux et du paysage . . . . .	128
4.4.2. L'Atchafalaya et ses lobes deltaïques . . . . .	131
4.4.3. La conversion des marais du delta en eau libre et le recul côtier . .	133
4.5. Les ouragans et leurs effets sur le delta du Mississippi . . . . .	136
4.5.1. L'ouragan Katrina . . . . .	136
4.5.2. Quel avenir pour La Nouvelle-Orléans ? . . . . .	138
4.5.2.1. Comment répondre à cette crise ? . . . . .	138
4.5.2.2. Exhausser la ville ? . . . . .	139
4.5.2.3. Les habitants du delta . . . . .	140
4.6. Les sédiments du Mississippi et l'équilibre du delta. . . . .	141
4.6.1. Simple baisse des apports ou déficit sédimentaire ? . . . . .	141
4.6.2. La montée du niveau marin et le changement climatique . . . . .	142
4.6.3. La reconstruction des marais . . . . .	142
4.6.4. La gestion sédimentaire des branches deltaïques et le devenir des marais . . . . .	143
4.6.5. Le plan de protection côtier . . . . .	145
4.7. Conclusion . . . . .	145

<b>Chapitre 5. Quelles stratégies pour surmonter la crise des deltas ?</b> . . . . .	<b>147</b>
5.1. Les dynamiques deltaïques : des bilans contrastés à l'échelle du globe. . . . .	147
5.1.1. Le progrès des approches analytiques complexifie la compréhension des deltas à l'échelle du globe . . . . .	147
5.1.1.1. Des bassins et des côtes . . . . .	147
5.1.1.2. Les complexes deltaïques . . . . .	148
5.1.1.3. Les paramètres océaniques de contrôle . . . . .	148
5.1.1.4. Des facteurs internes au delta. . . . .	149
5.1.1.5. Des actions humaines directes ou forçages anthropiques . . . . .	149
5.1.1.6. La montée du niveau océanique . . . . .	149
5.1.2. Les effets imprévus de choix scientifiques . . . . .	150
5.1.3. Des systèmes ouverts et fragiles . . . . .	151
5.2. Quelques logiques de contrôle des fleuves et des deltas. . . . .	152
5.2.1. Situations de crise et connaissance . . . . .	152
5.2.2. L'ingénierie hydraulique contemporaine face aux dynamiques de domination économique . . . . .	153
5.2.3. La connaissance scientifique au service de la politique des fleuves et de leur delta : le cas du Mékong . . . . .	155
5.2.4. Avatars et vicissitudes de la géopolitique. . . . .	157
5.2.5. Expertise et conquête des marchés d'ingénierie en terres deltaïques . . . . .	158
5.3. Quelle durabilité pour les deltas au XXI <sup>e</sup> siècle ?	
Approches comparatives. . . . .	162
5.3.1. La typologie des deltas selon les changements attendus du profil de risque . . . . .	162
5.3.2. La typologie des deltas selon leur consommation d'énergie . . . . .	163
5.3.3. Le degré de vulnérabilité ou la vulnérabilité relative des deltas face au changement en cours . . . . .	164
5.3.4. La notion de point de bascule du delta comme système socio-économique . . . . .	165
5.4. Des actions à l'échelle du système fluvial continental pour rééquilibrer les systèmes deltaïques . . . . .	165
5.4.1. La mise en œuvre d'actions de gestion sédimentaire . . . . .	166
5.4.2. L'élaboration de bilans sédimentaires actuels et futurs . . . . .	168
5.5. Les actions développées dans le système deltaïque en réponse aux situations de crise . . . . .	170
5.5.1. Les solutions structurelles : digues et levées fluviales . . . . .	170
5.5.1.1. La protection des terres . . . . .	170
5.5.1.2. Les digues à la mer. . . . .	170

---

5.5.2. Quelques solutions pour corriger le déficit sédimentaire des plaines deltaïques . . . . .	172
5.5.2.1. Les leçons des détournements du Mississippi . . . . .	172
5.5.2.2. Le delta du Rhône . . . . .	173
5.5.2.3. Le delta de l'Èbre. . . . .	173
5.5.2.4. Le delta du Danube. . . . .	174
5.5.2.5. Le delta du Brahmapoutre au Bangladesh . . . . .	174
5.5.3. Les solutions durables . . . . .	175
5.5.3.1. La formation au risque et la réduction de la vulnérabilité . .	175
5.5.3.2. Développer la connaissance et la coordination . . . . .	176
5.5.3.3. Adaptation des modes de production traditionnels et repli organisé. . . . .	176
5.5.3.4. Barrages à la mer ou défenses naturelles ? Le dilemme des Pays-Bas . . . . .	176
5.5.3.5. Le delta du Mékong . . . . .	177
<b>Conclusion.</b> . . . . .	<b>179</b>
<b>Glossaire</b> . . . . .	<b>181</b>
<b>Bibliographie</b> . . . . .	<b>187</b>
<b>Index des lieux</b> . . . . .	<b>211</b>
<b>Index des noms communs</b> . . . . .	<b>217</b>
<b>Sommaire Crises sédimentaires du globe 1.</b> . . . . .	<b>221</b>