

# Table des matières

<b>Introduction</b> . . . . .	1
Freddy VINET	
<b>Partie 1. Les dommages liés aux inondations</b> . . . . .	15
<b>Chapitre 1. L'analyse d'événements majeurs d'inondation : exemple de la rupture du barrage de Malpasset en décembre 1959</b> . . . . .	17
Martin BOUDOU, Annabelle MOATTY et Michel LANG	
1.1. Introduction . . . . .	17
1.2. Les différentes approches des événements majeurs d'inondation . . . . .	18
1.2.1. Retours d'expérience . . . . .	18
1.2.2. Rapports scientifiques . . . . .	19
1.2.3. Limites de ces études . . . . .	20
1.3. Le concept d'inondation « remarquable » . . . . .	22
1.3.1. Une grille de lecture des inondations remarquables . . . . .	22
1.3.2. L'intérêt des études monographiques . . . . .	23
1.4. Application de la méthode d'identification d'un événement remarquable : rupture du barrage de Malpasset, le 2 décembre 1959 . . . . .	23
1.4.1. Déroulement de la catastrophe . . . . .	23
1.4.2. Causes de la catastrophe . . . . .	26
1.4.3. Décisions prises après la catastrophe . . . . .	28
1.5. Conclusion . . . . .	28
1.6. Bibliographie . . . . .	30

<b>Chapitre 2. Observer et mesurer les conséquences dommageables des inondations</b> . . . . .	<b>35</b>
Roland NUSSBAUM	
2.1. Pourquoi mesurer les impacts des inondations ? . . . . .	36
2.2. Quels sont les impacts des inondations ? . . . . .	37
2.3. La mesure des impacts économiques . . . . .	37
2.3.1. Acteurs de la mesure des impacts et économie induite . . . . .	37
2.3.2. Part des impacts assurés dans les impacts économiques . . . . .	38
2.3.3. Outils de mesure des impacts assurés . . . . .	40
2.4. Évolution des pratiques de la métrologie des impacts . . . . .	42
2.4.1. Cadre international et européen . . . . .	42
2.4.2. Évolutions nationales . . . . .	45
2.5. Conclusion . . . . .	47
2.6. Bibliographie . . . . .	47
 <b>Chapitre 3. Impacts humains et sanitaires des inondations</b> . . . . .	 <b>49</b>
Freddy VINET	
3.1. Introduction . . . . .	49
3.2. Les enjeux de l'épidémiologie des désastres . . . . .	50
3.2.1. Un enjeu majeur de la prévention . . . . .	50
3.2.2. Une gestion de crise axée sur la sauvegarde des vies humaines . . . . .	50
3.2.3. Quels sont les freins à la prise en compte des décès ? . . . . .	51
3.2.4. Un indicateur essentiel et fiable de l'évaluation des politiques de prévention . . . . .	52
3.3. Le recueil de données sur la mortalité liée aux inondations . . . . .	53
3.3.1. Quels décès prendre en compte ? . . . . .	53
3.3.2. Sources de données internationales . . . . .	54
3.4. Personnes décédées et circonstances de décès liés aux inondations . . . . .	57
3.4.1. Profil des personnes décédées . . . . .	57
3.4.2. Circonstances de décès . . . . .	57
3.5. Modéliser la mortalité . . . . .	59
3.6. Impacts sanitaires des inondations . . . . .	61
3.7. Conclusion . . . . .	63
3.7.1. Évolution des décès . . . . .	63
3.7.2. Prévention et réduction des décès . . . . .	64
3.8. Bibliographie . . . . .	65
 <b>Chapitre 4. Les impacts patrimoniaux des inondations</b> . . . . .	 <b>69</b>
Jocelyne DESCHAUX	
4.1. Les dommages subis par le patrimoine culturel lors de quelques grandes inondations historiques . . . . .	69

4.1.1. Quelques grandes inondations historiques . . . . .	69
4.1.2. Éléments de bilan . . . . .	72
4.2. Les effets des inondations sur le patrimoine culturel . . . . .	74
4.2.1. Les enjeux . . . . .	74
4.2.2. Les dommages liés à l'eau . . . . .	74
4.2.3. Les traitements nécessaires pour le patrimoine culturel à la suite d'une inondation . . . . .	78
4.3. La protection du patrimoine culturel face aux inondations : prévention et prévision . . . . .	80
4.3.1. Au niveau de chaque établissement . . . . .	80
4.3.2. À l'échelle de la commune et des autorités locales : les mesures supplémentaires à faire prendre . . . . .	84
4.3.3. Au niveau d'un bassin versant . . . . .	84
4.3.4. Une aide à la prévention, à la prévision et bientôt à l'intervention : le CFBB . . . . .	85

## **Chapitre 5. Natech inondation : lorsqu'une inondation produit un accident technologique. . . . . 91**

Éric PIATYSZEK, Alicja TARDY, Michel LESBATS et Ana Maria CRUZ

5.1. Introduction . . . . .	91
5.2. Généralités sur les événements Natech inondation et premiers exemples . . . . .	92
5.3. Analyse de l'impact d'une inondation sur un site industriel : de l'aléa inondation à l'accident technologique . . . . .	94
5.3.1. Équipements industriels impactés . . . . .	94
5.3.2. Origines des dégâts sur les équipements industriels . . . . .	96
5.3.3. Liens entre l'intensité de l'aléa inondation et les dégâts observés sur des équipements industriels . . . . .	97
5.3.4. Conséquences d'un Natech inondation sur un site industriel . . . . .	99
5.3.5. Événement Natech inondation et gestion d'urgence interne au site industriel . . . . .	102
5.4. Conclusion . . . . .	103
5.5. Bibliographie . . . . .	104

## **Partie 2. La connaissance des phénomènes physiques . . . . . 107**

### **Chapitre 6. Techniques et instruments de surveillance des précipitations et des crues . . . . . 109**

Maria Carmen LLASAT, Tomeu RIGO et Juan José VILLEGAS

6.1. Introduction . . . . .	109
6.2. Estimation des précipitations . . . . .	110

6.2.1. Estimation des précipitations par le biais de pluviomètres . . . . .	111
6.2.2. Estimation des précipitations par le biais de radars . . . . .	112
6.2.3. Estimation des précipitations par le biais de satellites . . . . .	117
6.3. Réseaux de suivi hydrologique pour la gestion des risques hydrométéorologiques . . . . .	119
6.3.1. Critères de conception de base pour les stations de jaugeage . . .	121
6.3.2. Critères hydrauliques et géomorphologiques . . . . .	125
6.3.3. Production de données hydrologiques : incertitude, erreurs et précision. . . . .	127
6.3.4. Éléments à prendre en compte dans une station hydrométrique . .	127
6.4. Bibliographie . . . . .	129

## **Chapitre 7. Hydrologie des crues : les processus**

### **et leur variabilité . . . . . 133**

Éric GAUME et Olivier PAYRASTRE

7.1. Introduction. . . . .	133
7.1.1. Les pluies à l'origine des crues mais pas uniquement. . . . .	133
7.1.2. La nature est complexe et souvent surprenante . . . . .	134
7.2. Notions élémentaires . . . . .	134
7.2.1. Relier les pluies et les débits : le bassin versant . . . . .	134
7.2.2. Compartiments et circulations hydrologiques . . . . .	136
7.2.3. Caractéristiques de la relation pluies-débits . . . . .	137
7.3. Les processus de formation des crues . . . . .	139
7.3.1. Infiltration et ruissellement . . . . .	139
7.3.2. Circulations souterraines de l'eau . . . . .	140
7.4. Les facteurs de diversité . . . . .	142
7.4.1. Intensité de la pluie . . . . .	143
7.4.2. Caractéristiques des bassins versants . . . . .	144
7.5. Conclusion . . . . .	145
7.6. Bibliographie . . . . .	145

## **Chapitre 8. La modélisation hydrodynamique pour décrire les inondations et prévoir leurs conséquences . . . . . 147**

André PAQUIER, Sébastien PROUST et Jean-Baptiste FAURE

8.1. Introduction. . . . .	147
8.2. Les bases de la modélisation hydrodynamique . . . . .	148
8.3. Les données nécessaires pour réaliser une simulation hydrodynamique d'inondation . . . . .	151
8.3.1. Topographie du modèle . . . . .	151
8.3.2. Conditions aux limites . . . . .	152
8.3.3. Résistance à l'écoulement . . . . .	152

8.4. Mise en œuvre des simulations hydrodynamiques d'inondation . . . . .	157
8.4.1. Modèle 1D ou modèle 2D ? . . . . .	157
8.4.2. Calage . . . . .	159
8.4.3. Cas particulier des inondations en ville . . . . .	162
8.5. Incertitude des résultats d'une simulation hydrodynamique . . . . .	162
8.6. Bibliographie . . . . .	164

## **Chapitre 9. Évolution des lits fluviaux et inondations : une perspective entre court et long termes . . . . . 169**

Jean-Paul BRAVARD

9.1. Introduction . . . . .	169
9.2. Les principes généraux du fonctionnement fluvial . . . . .	170
9.3. Les métamorphoses holocènes et la dynamique naturelle des profils en long en Europe occidentale . . . . .	171
9.4. Les modifications des profils en long et des conditions d'inondation par effet d'impact dans le chenal : moulins, digues et extractions . . . . .	174
9.4.1. Les moulins . . . . .	175
9.4.2. L'endiguement du lit fluvial . . . . .	175
9.4.3. Les extractions de granulat . . . . .	178
9.5. Les modifications des profils en long et des conditions d'inondation par les barrages-réservoirs . . . . .	181
9.5.1. Les remblaiements de retenue . . . . .	181
9.5.2. Le creusement du chenal à l'aval du barrage . . . . .	181
9.5.3. Études de cas . . . . .	182
9.6. Conclusion . . . . .	184
9.7. Bibliographie . . . . .	184

## **Chapitre 10. L'hydrogéomorphologie et l'inondation : reconnaissance et évolution du phénomène . . . . . 187**

Thomas BUFFIN-BÉLANGER, Sylvio DEMERS et Antonin MONTANÉ

10.1. Introduction . . . . .	187
10.2. La reconnaissance géomorphologique . . . . .	189
10.2.1. Styles, morphologies et organisations fluviales . . . . .	189
10.2.2. La cartographie hydrogéomorphologique . . . . .	194
10.3. L'évolution du phénomène d'inondation . . . . .	199
10.3.1. La trajectoire géomorphologique . . . . .	199
10.3.2. La trajectoire du phénomène d'inondation . . . . .	202
10.4. Conclusion . . . . .	206
10.5. Bibliographie . . . . .	207

<b>Chapitre 11. Des ouvrages pour protéger des inondations et gérer les crues</b> . . . . .	<b>215</b>
Rémy TOURMENT, Bruno BEULLAC et Daniel POULAIN	
11.1. Introduction . . . . .	215
11.1.1. Ouvrages de retenue . . . . .	217
11.1.2. Digue de protection contre les inondations et ouvrages associés . . . . .	218
11.1.3. Canaux de dérivation . . . . .	219
11.1.4. Complémentarité des aménagements . . . . .	219
11.2. Historique et contexte des digues . . . . .	220
11.2.1. Parc de digues en France et son historique . . . . .	220
11.2.2. Catastrophes et événements récents en France et ailleurs . . . . .	221
11.2.3. Réglementation et contrôle par l'État . . . . .	222
11.3. Typologie des digues . . . . .	223
11.3.1. Digues fluviales, torrentielles, maritimes . . . . .	223
11.3.2. Différents types de conception . . . . .	224
11.4. De la digue au système de protection : zone protégée, niveau de protection, niveau de sécurité, etc. . . . .	226
11.4.1. Niveau de protection . . . . .	227
11.4.2. Niveaux de sûreté et de danger des ouvrages et systèmes . . . . .	227
11.4.3. Niveau de sécurité des populations . . . . .	228
11.4.4. Typologie des systèmes de protection . . . . .	228
11.5. Conclusion . . . . .	229
11.6. Bibliographie . . . . .	229
<b>Chapitre 12. Les submersions marines.</b> . . . . .	<b>231</b>
Darren LUMBROSO	
12.1. Introduction . . . . .	231
12.2. Causes des submersions marines et des surcotes . . . . .	232
12.2.1. Vitesse du vent et taille des tempêtes . . . . .	233
12.2.2. Bathymétrie littorale . . . . .	234
12.2.3. Marée . . . . .	234
12.2.4. Forme de la côte . . . . .	235
12.2.5. Pression atmosphérique . . . . .	235
12.2.6. Caractéristiques locales . . . . .	235
12.3. Modélisation des surcotes et de l'étendue des inondations . . . . .	235
12.3.1. « L'approche de la baignoire » pour modéliser les inondations côtières . . . . .	235
12.3.2. Approches multicomposantes pour la modélisation de l'inondation côtière . . . . .	237
12.4. Tsunamis . . . . .	241
12.5. Bibliographie . . . . .	243

## **Partie 3. Les territoires et les populations à l'épreuve des inondations . . . . . 247**

### **Chapitre 13. Apport des données historiques pour la connaissance des inondations et la prévention du risque . . . . . 249**

Denis CŒUR et Michel LANG

13.1. Introduction . . . . .	249
13.2. L'apport des données historiques dans les démarches de prévention . . . . .	251
13.2.1. Développement de la culture et de la mémoire du risque . . . . .	251
13.2.2. Élargissement du cadre chronologique pour améliorer l'estimation des crues de référence . . . . .	253
13.3. Quelques étapes indispensables pour pouvoir exploiter les données historiques . . . . .	255
13.3.1. La collecte critique des données . . . . .	256
13.3.2. Rejouer un événement ancien dans les conditions actuelles d'écoulement, d'enjeux et de vulnérabilité . . . . .	257
13.3.3. Anticiper les évolutions futures susceptibles de modifier l'impact d'inondations passées . . . . .	259
13.4. Conclusion . . . . .	260
13.5. Bibliographie . . . . .	260

### **Chapitre 14. Diagnostiquer la vulnérabilité face aux inondations : progrès et limites . . . . . 263**

Stéphanie DEFOSSEZ, Freddy VINET et Frédéric LEONE

14.1. Comment définir la vulnérabilité ? . . . . .	263
14.1.1. L'approche scientifique . . . . .	263
14.1.2. L'approche institutionnelle : évaluation et réduction des dommages ? . . . . .	267
14.2. De l'individu au territoire : diagnostiquer la vulnérabilité . . . . .	268
14.2.1. Diagnostiquer la vulnérabilité structurelle : quels critères d'évaluation ? . . . . .	269
14.2.2. La vulnérabilité humaine . . . . .	272
14.2.3. La vulnérabilité territoriale, vulnérabilité d'un système . . . . .	273
14.2.4. La perte d'accessibilité, composante de la vulnérabilité territoriale . . . . .	274
14.3. Modéliser la vulnérabilité pour rendre le concept opérationnel ? . . . . .	275
14.3.1. Détermination d'indices de vulnérabilité . . . . .	275
14.3.2. Un concept opérationnel ? . . . . .	276
14.4. Conclusion . . . . .	277
14.5. Bibliographie . . . . .	278

<b>Chapitre 15. Vers un processus de mise en action des résiliences : capacités, modèles, stratégies</b> . . . . .	<b>283</b>
Damienne PROVITOLLO, Damien SERRE et Laurie BOSCHETTI	
15.1. Introduction . . . . .	283
15.2. Une « cartographie » des usages du concept de résilience dans les domaines des risques et catastrophes . . . . .	284
15.3. Des modèles pour la mise en action des résiliences face aux inondations . . . . .	286
15.3.1. Modèle DS3 : une méthodologie d'analyse des capacités de résilience en contexte urbain d'inondation . . . . .	286
15.3.2. Modèle CREEA : une méthodologie pour construire des territoires et des sociétés résilients . . . . .	292
15.4. Développer des outils spatiaux d'aide à la décision pour appuyer les stratégies de résilience . . . . .	295
15.5. Conclusion . . . . .	296
15.6. Bibliographie . . . . .	297
<b>Chapitre 16. Les grandes villes aux risques de l'eau : entre vulnérabilité et résilience</b> . . . . .	<b>301</b>
Magali REGHEZZA-ZITT	
16.1. Introduction . . . . .	301
16.2. Les métropoles, nouveaux « creusets de risques » . . . . .	302
16.2.1. La vulnérabilité biophysique majeure des mégapoles ( <i>megacities</i> ) . . . . .	303
16.2.2. Une vulnérabilité spécifique aux villes globales . . . . .	304
16.2.3. Des crises hors cadre . . . . .	306
16.3. La résilience, un nouvel horizon d'action ? . . . . .	307
16.3.1. Bien gérer la crise pour se relever rapidement . . . . .	308
16.3.2. Le temps essentiel de la reconstruction : tirer les leçons du passé et développer le <i>build back better</i> . . . . .	309
16.3.3. Fabriquer la résilience en amont des crises . . . . .	310
16.4. Conclusion . . . . .	311
16.5. Bibliographie . . . . .	312
<b>Chapitre 17. Les réseaux face aux inondations</b> . . . . .	<b>315</b>
Serge LHOMME	
17.1. Introduction . . . . .	315
17.2. Infrastructures vulnérables aux inondations . . . . .	316
17.3. Infrastructures critiques par excellence . . . . .	318



17.4. Cadre méthodologique pour étudier la vulnérabilité des réseaux techniques . . . . .	322
17.5. Conclusion . . . . .	323
17.6. Bibliographie . . . . .	324

## **Partie 4. Le futur . . . . . 327**

### **Chapitre 18. Le régime des crues en France : évolution récente et devenir sous changement climatique . . . . . 329**

Éric SAUQUET et Michel LANG

18.1. Le constat d'une évolution récente du régime des crues ? . . . . .	330
18.1.1. Éléments méthodologiques . . . . .	330
18.1.2. Synthèse des études de stationnarité . . . . .	331
18.2. Les études d'impact pour anticiper les risques futurs . . . . .	335
18.2.1. Éléments méthodologiques . . . . .	335
18.2.2. Synthèse des études d'impact . . . . .	336
18.3. Conclusion . . . . .	338
18.4. Bibliographie . . . . .	339

### **Chapitre 19. Les mutations du risque : approche rétrospective et prospective . . . . . 343**

Freddy VINET et Nancy MESCHINET DE RICHEMOND

19.1. Introduction . . . . .	343
19.2. Mutations territoriales, mutation du risque. . . . .	344
19.2.1. Les évolutions des territoires sur le temps long . . . . .	344
19.2.2. Temps long de l'aléa, mutations rapides des sociétés . . . . .	346
19.3. Vulnérabilités changeantes . . . . .	347
19.3.1. La réduction du risque inondation : contextualiser les vulnérabilités et articuler local et global . . . . .	347
19.3.2. Nouvelles vulnérabilités . . . . .	349
19.4. Approche prospective : facteurs d'évolution du risque inondation au XXI <sup>e</sup> siècle. . . . .	350
19.4.1. L'évolution de l'aléa . . . . .	351
19.4.2. Les évolutions socio-économiques à venir et leurs conséquences sur le risque inondation. . . . .	352
19.4.3. Évolutions incertaines . . . . .	354
19.5. Conclusion . . . . .	355
19.6. Bibliographie . . . . .	356

<b>Conclusion. La connaissance des inondations : progrès et fragilités</b> . . . . .	359
Freddy VINET	
<b>Liste des auteurs</b> . . . . .	365
<b>Index</b> . . . . .	369