

# Table des matières

<b>Préface</b> . . . . .	1
Claude JAUPART	
<b>Avant-propos</b> . . . . .	5
Jean-François LÉNAT	
<b>Chapitre 1. Surveillance des fluides volcaniques</b> . . . . .	7
Séverine MOUNE et Émilie ROULLEAU	
1.1. Introduction. . . . .	7
1.2. Composition, solubilité et exsolution des gaz magmatiques . . . . .	8
1.2.1. Composition . . . . .	8
1.2.2. Solubilité et exsolution. . . . .	9
1.3. Les techniques de prélèvement <i>in situ</i> et d'analyse des fluides volcaniques. . . . .	15
1.3.1. Suivi des compositions des fumerolles par ampoules de Giggenbach . . . . .	15
1.3.2. Suivi des compositions et des flux de gaz du panache dilué . . . . .	16
1.3.3. Représentativité des échantillons/mesures dans les fumerolles (non diluées) et les panaches : comparaison des techniques . . . . .	22
1.3.4. Suivi du dégazage diffus. . . . .	23
1.3.5. Les gaz dissous dans les sources chaudes . . . . .	26
1.4. Apport des inclusions magmatiques à la surveillance géochimique. . . . .	31
1.5. Exemple de surveillance . . . . .	34
1.5.1. Surveillance des gaz du volcan Poas (Costa Rica) : identification des précurseurs d'éruption phréatiques et phréatomagmatiques (basée sur (de Moor <i>et al.</i> 2019)) . . . . .	34

1.6. Recommandations pour la surveillance des fluides . . . . .	36
1.7. Bibliographie . . . . .	37

## **Chapitre 2. Surveillance des produits éruptifs : dépôts associés aux retombées pyroclastiques . . . . . 57**

Lucia GURIOLI, Alessandro TADINI, Simon THIVET, Étienne MÉDARD,  
Carole BERTHOD et Ivan VLASTELIC

2.1. Introduction . . . . .	57
2.2. Caractéristiques générales des dépôts de retombées pyroclastiques . . . . .	58
2.3. Importance de l'échelle d'analyse (du dépôt entier jusqu'aux particules) . . . . .	61
2.4. Échantillonnage et paramètres syn-éruptifs et post-éruptifs . . . . .	64
2.5. Mesures à l'échelle des pyroclastes . . . . .	68
2.5.1. Taille des particules et distribution granulométrique . . . . .	68
2.5.2. Méthodes syn-éruptives pour déterminer la taille des pyroclastes et la distribution de la taille des pyroclastes . . . . .	69
2.5.3. Méthodes post-éruptives pour déterminer la taille des pyroclastes et la distribution de la taille des pyroclastes . . . . .	73
2.5.4. Paramètres granulométriques . . . . .	78
2.5.5. Identification des composants pyroclastiques . . . . .	81
2.5.6. Techniques post-éruptives pour déterminer la morphologie des particules . . . . .	88
2.5.7. Vitesses de chute des particules . . . . .	94
2.5.8. Densité et porosité des pyroclastes . . . . .	97
2.5.9. Perméabilité des pyroclastes . . . . .	101
2.5.10. Distribution de la taille des vésicules et des cristaux . . . . .	103
2.6. Analyse pétrographique et géochimique des produits pyroclastiques . . . . .	107
2.6.1. Observation pétrologique des pyroclastes . . . . .	107
2.6.2. Composition des pyroclastes . . . . .	109
2.6.3. Température du magma . . . . .	111
2.6.4. Cristaux en équilibre : conditions pré-éruptives dans les réservoirs magmatiques . . . . .	113
2.6.5. Cristaux en déséquilibre : diffusion et cinétique des processus magmatiques . . . . .	115
2.6.6. Les isotopes radiogéniques . . . . .	119
2.7. Mesures à l'échelle des dépôts pyroclastiques . . . . .	125
2.7.1. Axe et zone de dispersion . . . . .	128
2.7.2. Charge massique . . . . .	129
2.7.3. Volume . . . . .	131

2.8. Distribution totale de la taille des particules . . . . .	141
2.8.1. Méthodes syn-éruptives pour déterminer la TGSD . . . . .	142
2.8.2. Méthodes post-éruptives pour déterminer la TGSD . . . . .	142
2.9. Hauteur de la colonne . . . . .	145
2.9.1. Méthodes syn-éruptives pour déterminer la hauteur de colonne . . . . .	146
2.9.2. Méthodes post-éruptives pour déterminer la hauteur de colonne . . . . .	146
2.10. Débit massique . . . . .	150
2.10.1. Méthodes syn-éruptives pour déterminer l'axe et la zone de dispersion . . . . .	151
2.10.2. Méthodes post-éruptives pour déterminer l'axe et la zone de dispersion . . . . .	151
2.11. Température . . . . .	154
2.11.1. Méthodes syn-éruptives pour déterminer la température . . . . .	154
2.11.2. Méthodes post-éruptives pour déterminer la température . . . . .	154
2.12. Paramètres balistiques . . . . .	157
2.12.1. Méthodes syn-éruptives pour déterminer les trajectoires balistiques . . . . .	157
2.12.2. Méthodes post-éruptives pour déterminer la carte de position d'atterrissage des particules et les paramètres de vols balistiques . . . . .	158
2.13. Bibliographie . . . . .	162

### **Chapitre 3. Surveillance des produits éruptifs : les écoulements pyroclastiques et leurs dépôts . . . . . 183**

Alessandro TADINI, Lucia GURIOLI, Sylvain CHARBONNIER, Simon THIVET  
et Jean-Claude THOURET

3.1. Introduction . . . . .	183
3.2. Caractères généraux des écoulements pyroclastiques et de leurs dépôts . . . . .	184
3.3. L'importance de l'échelle dans l'étude conjointe du dépôt et des particules individuelles . . . . .	189
3.4. Mesures pendant et après l'éruption . . . . .	190
3.4.1. Mesures à l'échelle des particules . . . . .	190
3.4.2. Mesures à l'échelle du dépôt . . . . .	193
3.5. Perspectives . . . . .	225
3.6. Bibliographie . . . . .	226

**Chapitre 4. La surveillance gravimétrique des volcans . . . . . 235**

Lydie GAILLER, Jean-François LÉNAT et Franck DONNADIEU

4.1. Introduction . . . . .	235
4.2. Les instruments . . . . .	236
4.3. Procédures de mesure . . . . .	238
4.3.1. Gravimétrie sol . . . . .	238
4.3.2. Gravimétrie mobile embarquée . . . . .	240
4.3.3. Gravimétrie spatiale . . . . .	240
4.4. Phénomènes externes engendrant des variations temporelles de pesanteur . . . . .	241
4.4.1. Bruit sismique et vent . . . . .	241
4.4.2. Pression atmosphérique . . . . .	241
4.4.3. Marées terrestres et océaniques . . . . .	241
4.4.4. Réservoirs hydrologiques . . . . .	242
4.4.5. Variations d'altitudes et déformation . . . . .	242
4.5. Causes des variations gravimétriques sur les volcans . . . . .	245
4.5.1. Évolution des systèmes hydrothermaux . . . . .	245
4.5.2. Évolution des systèmes magmatiques . . . . .	246
4.5.3. Phénomènes volcano-tectoniques . . . . .	247
4.6. Études de cas . . . . .	247
4.6.1. Suivi et évolution d'un réservoir magmatique au Kilauea . . . . .	247
4.6.2. Suivis d'une intrusion et d'un effondrement au Piton de la Fournaise . . . . .	248
4.7. Étude et surveillance par muographie . . . . .	252
4.7.1. Généralités . . . . .	252
4.7.2. Instruments . . . . .	253
4.7.3. Mesures et données . . . . .	254
4.7.4. Études de cas . . . . .	254
4.8. Perspectives . . . . .	256
4.9. Remerciements . . . . .	257
4.10. Bibliographie . . . . .	257

**Chapitre 5. Surveillance électrique et électromagnétique  
des volcans . . . . . 263**

Lydie GAILLER, Jean-François LÉNAT et Philippe LABAZUY

5.1. Introduction . . . . .	263
5.2. Phénomènes à l'origine des variations de résistivité et de champ électrique ou EM . . . . .	264
5.2.1. Rappel sur la résistivité des roches . . . . .	264

5.2.2. Les causes de variation de résistivité des roches en domaine volcanique . . . . .	266
5.3. Les champs électriques et EM naturels et provoqués . . . . .	267
5.4. Surveillance : instruments et procédures. . . . .	267
5.4.1. Surveillance en courant continu . . . . .	267
5.4.2. Surveillance EM. . . . .	271
5.5. Perspectives . . . . .	279
5.6. Remerciements. . . . .	279
5.7. Bibliographie. . . . .	280
<b>Chapitre 6. La surveillance magnétique des volcans . . . . .</b>	<b>285</b>
Lydie GAILLER et Jean-François LÉNAT	
6.1. Introduction. . . . .	285
6.2. Phénomènes engendrant des variations d'aimantation et de champ magnétique . . . . .	286
6.2.1. Piézomagnétisme . . . . .	286
6.2.2. Thermomagnétisme. . . . .	288
6.2.3. Effets électrocinétiques . . . . .	288
6.2.4. Autres mécanismes . . . . .	289
6.3. Surveillance : instruments et procédures. . . . .	289
6.4. Études de cas . . . . .	290
6.4.1. Surveillance périodique . . . . .	290
6.4.2. Surveillance en continu . . . . .	294
6.5. Perspectives . . . . .	296
6.6. Remerciements. . . . .	297
6.7. Bibliographie. . . . .	297
<b>Liste des abréviations . . . . .</b>	<b>301</b>
<b>Liste des auteurs. . . . .</b>	<b>303</b>
<b>Index . . . . .</b>	<b>305</b>
<b>Sommaire d'Aléas et surveillance de l'activité volcanique 1 . . . . .</b>	<b>309</b>
<b>Sommaire d'Aléas et surveillance de l'activité volcanique 2 . . . . .</b>	<b>311</b>