

# Table des matières

<b>Préface</b> . . . . .	13
André MARIOTTI	
<b>Chapitre 1. Les sols au cœur de la zone critique</b> . . . . .	17
Jacques BERTHELIN, Guilhem BOURRIÉ, Michel-Claude GIRARD, Guillaume DHÉRISSARD et Christian VALENTIN	
1.1. Les sols, que sont-ils ? . . . . .	17
1.2. La terre, les sols, la couverture pédologique, la zone critique . . . . .	18
1.3. Les sols présentent des sens différents selon les usages, les fonctions . . . . .	21
1.4. Le concept de sol varie selon les utilisateurs . . . . .	22
1.4.1. Secteur agricole . . . . .	23
1.4.2. Communautés scientifiques . . . . .	23
1.4.3. Communautés urbaines . . . . .	24
1.4.4. Pressions et questionnements actuels . . . . .	24
1.5. Les approches et démarches des scientifiques des sols et des pédologues . . . . .	25
1.6. Deux principes à prendre en compte : la continuité géographique et la multi-temporalité . . . . .	26
1.6.1. Principe de continuité . . . . .	26
1.6.2. Principe de multi-temporalité . . . . .	29
1.7. Nature, organisation et grands modes de fonctionnement des sols . . . . .	31
1.7.1. Les sols avant l’Homme . . . . .	31
1.7.2. Spécificité, originalité des sols terrestres . . . . .	33
1.7.3. Les paramètres de la différenciation et la diversité des sols . . . . .	34

1.8. Les fonctions et les services des sols . . . . .	39
1.8.1. Les grandes fonctions . . . . .	39
1.8.2. Les services des sols . . . . .	40
1.8.3. Les sols dans notre culture et notre histoire. . . . .	42
1.9. Besoin et intérêt de systèmes d'information des sols . . . . .	45
1.10. Conclusion et recommandation . . . . .	45
1.11. Bibliographie . . . . .	46

## **Chapitre 2. Connaître les sols pour mieux les gérer : un système d'information national sur les sols . . . . . 51**

Marion BARDY, Dominique ARROUAYS, Claudy JOLIVET, Bertrand LAROCHE,  
Christine LE BAS, Manuel MARTIN, Céline RATIÉ, Anne RICHER-DE-FORGES,  
Nicolas SABY, Véronique ANTONI, Antonio BISPO, Michel BROSSARD,  
Jean-Luc FORT, Joëlle SAUTER et Chantal GASCUEL

2.1. Introduction. . . . .	51
2.2. Inventaire et surveillance des sols en Europe et dans le monde . . . . .	52
2.3. Dispositifs nationaux d'acquisition de données sur les sols . . . . .	53
2.3.1. Enjeux et demandes. . . . .	53
2.3.2. Structuration des dispositifs nationaux de collecte de données . . . . .	54
2.4. Exploitation des données pour la production de cartographies et d'indicateurs . . . . .	60
2.5. Diffusion et mise à disposition des données. . . . .	65
2.5.1. Un système d'information national ( <i>information system</i> ) sur les sols tourné vers la diffusion des données. . . . .	65
2.5.2. Un enrichissement progressif de l'offre de données et de métadonnées . . . . .	66
2.5.3. Accompagner la prise en main des données . . . . .	67
2.6. Conclusion . . . . .	68
2.7. Bibliographie. . . . .	69

## **Chapitre 3. Les sols et la régulation du cycle de l'eau . . . . . 75**

Marc VOLTZ, Cécile DAGÈS, Laurent PRÉVÔT et Ary BRUAND

3.1. Le sol médiateur au sein des cycles hydrologiques . . . . .	75
3.2. Les mécanismes de régulation par les sols . . . . .	77
3.2.1. Partage infiltration-ruissellement. . . . .	77
3.2.2. Recharge des nappes . . . . .	81
3.2.3. Les flux d'évaporation et de transpiration . . . . .	83
3.2.4. Les flux de remontées capillaires. . . . .	86
3.2.5. Le bilan hydrique du sol . . . . .	87
3.2.6. Les flux hydrologiques de versant . . . . .	88

3.3. Impacts sur le cycle hydrologique à l'échelle de la couverture pédologique . . . . .	90
3.3.1. Influence de la variabilité des sols et de l'occupation du sol. . . . .	91
3.3.2. Influence de l'évolution de l'occupation du sol . . . . .	93
3.3.3. Influence des infrastructures paysagères . . . . .	94
3.4. Conclusions. . . . .	95
3.5. Bibliographie. . . . .	96

## **Chapitre 4. Sols réacteurs bio-physico-chimiques . . . . . 97**

Fabienne TROLARD et Guilhem BOURRIÉ

4.1. Qu'est-ce qu'un réacteur ? . . . . .	97
4.2. Les constituants des sols . . . . .	101
4.3. Les moteurs de la réactivité . . . . .	102
4.4. Les principales réactions dans les sols . . . . .	105
4.4.1. Les variables maîtresses ( <i>master variables</i> ) : pH et $p_e$ . . . . .	105
4.4.2. Les réactions acidobasiques . . . . .	107
4.4.3. Les réactions d'oxydoréduction . . . . .	110
4.4.4. La dégradation de la matière organique . . . . .	111
4.5. Évolution biogéochimique de la surface de la Terre et conséquences sur les sols . . . . .	112
4.5.1. La disponibilité des éléments chimiques a changé avec l'évolution de la Terre. . . . .	112
4.5.2. L'évolution du réacteur terrestre a imposé l'évolution du vivant . . . . .	116
4.5.3. L'émergence de la fonction « sol » dans la zone critique. . . . .	117
4.6. Le sol, réacteur biogéochimique de genèse des constituants des sols . . . . .	119
4.6.1. La dynamique verticale des sols : l'enfoncement des horizons dans les paysages . . . . .	121
4.6.2. La dynamique latérale des sols et les transformations des couvertures pédologiques. . . . .	123
4.6.3. Les dynamiques latérales de type épigénie . . . . .	127
4.7. L'organisation des sols : un cas de « matière molle » . . . . .	128
4.8. Bibliographie. . . . .	130

## **Chapitre 5. Les sols, des biosystèmes habitats et réserves de biodiversité . . . . . 133**

Jacques BERTHELIN, Éric BLANCHART, Jean TRAP et Jean Charles MUNCH

5.1. Introduction. . . . .	133
5.2. Émergence et développement de l'écologie microbienne et de la biologie des sols . . . . .	134

5.2.1. La découverte du monde microbien, un tournant fondateur dans la connaissance du fonctionnement des systèmes sol-plante . . . .	134
5.2.2. Découverte du rôle de la faune et développement de la biologie des sols . . . . .	135
5.3. Les communautés microbiennes des sols . . . . .	135
5.3.1. Richesse et diversité des communautés microbiennes . . . . .	135
5.3.2. Évolution des méthodologies en écologie microbienne des sols . . .	139
5.4. Diversité des voies énergétiques et nutritionnelles des micro-organismes, acteurs clés des cycles biogéochimiques . . . . .	140
5.4.1. Hétérotrophie, autotrophie et milieux extrêmes . . . . .	140
5.4.2. Les sols, des milieux où la vie est active avec ou sans oxygène . . .	141
5.5. La faune du sol, richesse et diversité . . . . .	142
5.5.1. Diversité de la faune du sol . . . . .	142
5.5.2. Classification par la taille . . . . .	143
5.5.3. Classification fonctionnelle <i>sensu lato</i> . . . . .	143
5.5.4. Caractérisation de la faune . . . . .	144
5.6. Les sols, des milieux aux conditions énergétiques et nutritionnelles favorables à la vie microbienne et à la faune . . . . .	144
5.7. Déterminants et sites remarquables de la diversité et des activités biologiques des sols . . . . .	145
5.7.1. Paramètres et sites d'activité majeurs . . . . .	145
5.7.2. Impact du mode d'occupation des sols . . . . .	146
5.7.3. Des humus intégrateurs et révélateurs d'activités biologiques spécifiques . . . . .	147
5.7.4. La rhizosphère, site d'interactions majeures des systèmes sol-plante . . . . .	148
5.8. Des outils pour bien connaître les habitats des organismes du sol . . .	149
5.9. La faune du sol, ses spécificités . . . . .	149
5.9.1. Les microrégulateurs . . . . .	150
5.9.2. Les communautés des organismes dits « ingénieurs » . . . . .	150
5.10. Les organismes du sol : acteurs des services écosystémiques . . . . .	151
5.11. Indicateurs de qualité des sols . . . . .	153
5.11.1. Les organismes du sol comme indicateurs . . . . .	154
5.11.2. Les fonctions écologiques comme indicateurs . . . . .	155
5.12. Conclusion et perspectives . . . . .	155
5.13. Bibliographie . . . . .	156

**Chapitre 6. Les sols, facteur de la production végétale : les agro-écosystèmes . . . . . 163**

Claire CHENU, Jean ROGER-ESTRADE, Chantal GASCUEL et Christian WALTER

6.1. Introduction . . . . .	163
6.2. L'évolution des relations sol-agriculture au cours des dernières décennies . . . . .	164

6.3. L'aptitude des sols à une production agricole . . . . .	167
6.3.1. Comment définir l'aptitude d'un sol à la production agricole ? . . . . .	167
6.3.2. Des ressources en sol limitées, à l'échelle mondiale . . . . .	170
6.4. Des pratiques agricoles qui modifient les propriétés des sols . . . . .	172
6.5. Vers une gestion durable des sols agricoles . . . . .	176
6.6. Conclusion . . . . .	179
6.7. Bibliographie . . . . .	179

## **Chapitre 7. Les sols forestiers, spécificités et durabilité . . . . . 181**

Jacques RANGER

7.1. Les sols forestiers . . . . .	181
7.2. Biodisponibilité des nutriments : la co-évolution sol-plante et le rôle du recyclage biologique . . . . .	183
7.3. Le concept de fertilité des sols forestiers . . . . .	188
7.4. Singularité des sols forestiers par rapport aux sols agricoles . . . . .	190
7.5. Les menaces pesant sur les sols forestiers . . . . .	193
7.5.1. L'acidification . . . . .	193
7.5.2. La dégradation physique . . . . .	196
7.5.3. Le problème particulier du carbone organique : fertilité du sol et changement climatique . . . . .	198
7.5.4. Le maintien de la biodiversité . . . . .	199
7.5.5. La pollution . . . . .	199
7.5.6. La disparition de sols forestiers . . . . .	200
7.6. Conclusions . . . . .	200
7.7. Bibliographie . . . . .	201

## **Chapitre 8. Sols et énergie . . . . . 205**

Isabelle FEIX

8.1. Les sols au cœur d'enjeux mondiaux . . . . .	205
8.2. Le contexte énergétique . . . . .	206
8.3. Les sols, supports et fournisseurs d'énergies . . . . .	207
8.3.1. Production de biomasses forestière et agricole : pour la production de bioénergies . . . . .	208
8.3.2. Supports physiques d'énergies renouvelables : centrales photovoltaïques au sol, éoliennes terrestres . . . . .	208
8.3.3. Fournitures de chaleur et de fraîcheur : géothermie superficielle horizontale et puits climatique . . . . .	209
8.3.4. Fourniture de tourbe : utilisée autrefois comme biocombustible . . . . .	209

8.4. Les conséquences de la production d'énergie sur la mobilisation, l'occupation et le changement d'affectation des sols . . . . .	210
8.4.1. Comparaison des rendements surfaciques et des occupations de sol pour la production d'énergie . . . . .	212
8.4.2. Comparaison des changements d'affectation des sols liées aux différentes énergies . . . . .	220
8.4.3. Conséquences des politiques énergétiques sur la mobilisation des sols et les CAS . . . . .	222
8.4.4. Optimisation de l'usage des sols . . . . .	224
8.5. Les impacts de la production d'énergie sur la perte, la dégradation et la qualité des sols. . . . .	226
8.5.1. Impacts communs à l'ensemble des énergies. . . . .	226
8.5.2. Tourbe . . . . .	227
8.5.3. Énergies fossiles. . . . .	227
8.5.4. Nucléaire . . . . .	228
8.5.5. Solaire et éolien . . . . .	228
8.5.6. Bioénergies. . . . .	229
8.6. Conclusions. . . . .	236
8.7. Bibliographie. . . . .	239

## **Chapitre 9. Les sols, matériaux et supports d'infrastructures . . . . . 253**

Guilhem BOURRIÉ et Fabienne TROLARD

9.1. L'utilisation des sols « bruts » comme matériaux de construction. . . . .	253
9.2. Sols supports d'infrastructures . . . . .	256
9.3. L'approche de génie civil classique <i>versus</i> physique des milieux granulaires. . . . .	257
9.4. La consommation de terres agricoles, forestières ou d'espaces naturels par l'étalement urbain . . . . .	259
9.5. L'utilisation de fractions granulométriques séparées . . . . .	262
9.5.1. L'utilisation des fractions grossières. . . . .	262
9.5.2. L'utilisation de la fraction argile comme matériau et support réactionnel . . . . .	262
9.5.3. L'utilisation de la fraction organique des sols . . . . .	263
9.5.4. L'utilisation des oxydes des sols . . . . .	263
9.6. L'utilisation d'éléments chimiques après extraction et traitement. . . . .	263
9.7. Bibliographie. . . . .	264

## **Chapitre 10. Dimensions culturelles des sols** . . . . . 267

Suzanne MÉRIAUX et Michel-Claude GIRARD

10.1. Les représentations du sol – La terre célébrée . . . . .	267
10.1.1. La terre écrite . . . . .	268
10.1.2. La terre représentée . . . . .	271
10.1.3. La terre sonorisée . . . . .	274
10.2. L’Homme, la terre et le sol : les mythes et les rites . . . . .	278
10.2.1. Définir les mythes . . . . .	279
10.2.2. La Terre et les sols dans les mythes . . . . .	279
10.2.3. Les mythes . . . . .	281
10.2.4. Les rites . . . . .	288
10.2.5. Des analogies avec la démarche pédologique ? . . . . .	289
10.2.6. Les liens entre l’Homme et la terre/les sols . . . . .	290
10.2.7. Conclusion . . . . .	291
10.3 Bibliographie . . . . .	292

## **Chapitre 11. Mémoires environnementales et sociétales des sols** . . . . . 295

Marie-Agnès COURTY

11.1. Les sols du passé : archives de notre histoire . . . . .	295
11.1.1. Objectifs . . . . .	295
11.1.2. Mémoire des sols et changements climatiques . . . . .	296
11.1.3. Mémoire des sols et sociétés du passé . . . . .	298
11.2. Méthodes d’étude de la mémoire des sols . . . . .	299
11.2.1. L’approche de terrain . . . . .	299
11.2.2. La caractérisation analytique . . . . .	301
11.3. La lecture de la mémoire des sols du passé . . . . .	302
11.3.1. Fondements . . . . .	302
11.3.2. Les traits sédimentaires . . . . .	303
11.3.3. Les traits de combustion . . . . .	305
11.3.4. Les traits pédologiques . . . . .	307
11.4. Conclusions et perspectives . . . . .	315
11.5. Bibliographie . . . . .	316

## **Chapitre 12. Un point de vue mésologique** . . . . . 321

Pierre DONADIEU

12.1. Ubiquité du sol . . . . .	321
12.2. Le sol en tant que . . . . .	323

12.3. Hors-sol ? . . . . .	325
12.4. Vivre hors-sol. . . . .	327
12.5. Les limites du hors-sol . . . . .	329
12.6. Conclusion . . . . .	331
12.7. Bibliographie . . . . .	332
<b>Liste des auteurs. . . . .</b>	<b>335</b>
<b>Index . . . . .</b>	<b>339</b>
<b>Sommaires des autres volumes de la série . . . . .</b>	<b>347</b>