

# Table des matières

<b>Introduction</b> . . . . .	1
Yves COQUET et Joël MICHELIN	
<b>Chapitre 1. Travail du sol et structure des sols agricoles</b> . . . . .	3
Yves COQUET et Lionel ALLETTO	
1.1. De l'intérêt du travail du sol en agriculture . . . . .	3
1.2. La structure des sols. . . . .	5
1.2.1. Porosité et masse volumique apparente . . . . .	6
1.2.2. Les mécanismes de structuration des sols. . . . .	8
1.2.3. Une méthode de caractérisation de la structure des sols cultivés : le « profil cultural » . . . . .	15
1.3. Conséquences des différentes modalités de travail du sol. . . . .	17
1.3.1. Les systèmes avec labour (agriculture « conventionnelle »). . . . .	17
1.3.2. Les systèmes sans labour (agriculture « de conservation ») . . . . .	20
1.4. Conclusion . . . . .	23
1.5. Bibliographie. . . . .	23
<b>Chapitre 2. La biodiversité des sols agricoles</b> . . . . .	27
Laure VIEUBLÉ GONOD, Sophie JOIMEL et Audrey NIBOYET	
2.1. Les organismes du sol. . . . .	27
2.2. La biodiversité des sols agricoles comparée à d'autres usages des sols . . . . .	30
2.3. Effets des pratiques agricoles sur la biodiversité du sol. . . . .	31
2.3.1. Effets des fertilisants minéraux. . . . .	32

2.3.2. Effets d'apports de matières organiques exogènes . . . . .	33
2.3.3. Effets des pesticides . . . . .	38
2.3.4. Effets du travail du sol . . . . .	42
2.3.5. Effets de la diversification des cultures . . . . .	45
2.4. Comparaison des systèmes de culture . . . . .	47
2.4.1. Agriculture biologique <i>versus</i> agriculture conventionnelle . . . . .	48
2.4.2. Agriculture de conservation <i>versus</i> agriculture conventionnelle . . . . .	50
2.4.3. Agriculture biologique <i>versus</i> agriculture de conservation. . . . .	51
2.5. Gestion de la biodiversité des sols : leviers d'action. . . . .	51
2.5.1. Les bio-indicateurs . . . . .	51
2.5.2. Les relations biodiversité-fonctionnement des sols . . . . .	52
2.5.3. L'ingénierie écologique . . . . .	53
2.6. Conclusion . . . . .	54
2.7. Bibliographie. . . . .	54

### **Chapitre 3. Variabilité spatiale et cartographie des sols agricoles . . . . .** 69

Jean-Marc GILLIOT

3.1. Introduction. . . . .	69
3.2. Historique : la genèse de la cartographie des sols en France . . . . .	71
3.3. L'ère du numérique, des cartes papier aux bases de données spatialisées : les informations disponibles pour la cartographie des sols . . . . .	73
3.3.1. Sondages, fosses et analyses de sols . . . . .	73
3.3.2. Les bases de données françaises disponibles . . . . .	73
3.3.3. Les bases de données internationales disponibles . . . . .	76
3.3.4. Les données cartographiques auxiliaires . . . . .	78
3.4. Quelques notions générales et méthodes de cartographie des sols. . . . .	80
3.4.1. Notions d'échelle, de résolution et d'échantillonnage . . . . .	80
3.4.2. Notions de variable régionalisée et de support : organisation spatiale de l'information pédologique. . . . .	83
3.4.3. Changements du support de l'information pédologique . . . . .	83
3.4.4. Les fonctions de pédotransfert . . . . .	88
3.5. Exemples d'usage des cartographies de sols . . . . .	88
3.5.1. L'agriculture de précision avec usage de drones. . . . .	88
3.5.2. Modélisation des émissions d'ammoniac liées aux fertilisations agricoles. . . . .	91
3.6. Bibliographie. . . . .	93

<b>Chapitre 4. Ruissellement et érosion des sols</b> . . . . .	<b>99</b>
Philippe MARTIN	
4.1. Quelques éléments de cadrage. . . . .	99
4.1.1. Les formes d'érosion . . . . .	99
4.1.2. Les liens avec l'activité humaine . . . . .	100
4.1.3. Les régulations mises en place . . . . .	100
4.2. Les processus essentiels à l'œuvre sur les terres agricoles . . . . .	101
4.2.1. Le ruissellement . . . . .	101
4.2.2. La charge en terre . . . . .	103
4.3. Impact des activités agricoles sur les processus . . . . .	105
4.3.1. Le temps rond : effet des systèmes de culture . . . . .	106
4.3.2. Dynamiques à long terme passées et en cours . . . . .	108
4.4. Vers une gestion intégrée des bassins versants . . . . .	110
4.4.1. Limiter la concentration vers les talwegs . . . . .	111
4.4.2. Protéger les talwegs de manière durable . . . . .	112
4.4.3. Réduire la vulnérabilité à l'aval des territoires agricoles . . . . .	113
4.4.4. Les dispositifs de protection des populations. . . . .	113
4.5. De l'art d'éviter les recettes . . . . .	114
4.6. Bibliographie . . . . .	115
<b>Chapitre 5. Sols et foncier agricole : aspects juridiques d'une protection sectorielle et fonctionnelle</b> . . . . .	<b>117</b>
Louis DE REDON	
5.1. Le sol, un milieu physique pas comme les autres ? . . . . .	117
5.2. Du sol saisi par le droit comme milieu biologique . . . . .	120
5.2.1. Du saisissement juridique du sol . . . . .	120
5.2.2. De la protection juridique des sols . . . . .	123
5.3. Du sol saisi par le droit comme propriété foncière . . . . .	127
5.3.1. Du saisissement juridique du foncier agricole . . . . .	127
5.3.2. De la protection juridique du foncier agricole . . . . .	131
5.4. Vers une protection globale des milieux physiques ? . . . . .	135
<b>Chapitre 6. Méthodes d'estimation de la valeur agronomique des sols</b> . . . . .	<b>139</b>
Joël MICHELIN	
6.1. Pourquoi évaluer la valeur agronomique ou l'aptitude culturale des sols ? . . . . .	139
6.2. Fonctions des sols pour la production agricole . . . . .	141

6.2.1. Le sol, support physique des plantes . . . . .	141
6.2.2. Le sol, réservoir d'air et d'eau . . . . .	142
6.2.3. Le sol, source de nutriments. . . . .	142
6.3. Propriétés et caractéristiques intrinsèques des sols. . . . .	142
6.3.1. Caractéristiques plus ou moins faciles à obtenir . . . . .	143
6.3.2. Réserve en eau du sol . . . . .	144
6.3.3. Drainage naturel du sol. . . . .	148
6.3.4. Aération du sol . . . . .	148
6.3.5. Stock et disponibilité en éléments nutritifs . . . . .	149
6.3.6. Praticabilité du sol . . . . .	151
6.3.7. Travail du sol . . . . .	151
6.4. Les facteurs extrinsèques. . . . .	152
6.4.1. Les facteurs du milieu physique . . . . .	152
6.4.2. Les facteurs technico- et socio-économiques. . . . .	153
6.5. Évaluation des valeurs agronomiques . . . . .	155
6.5.1. Différents niveaux d'approche . . . . .	155
6.5.2. Principes d'évaluation et de classement . . . . .	156
6.6. Exemples de méthodes d'observation et de classement . . . . .	162
6.6.1. Approche par expertise pédologique de terrain . . . . .	162
6.6.2. Approche à partir de cartes des sols et de bases de données . . . . .	163
6.7. Conclusion . . . . .	164
6.8. Bibliographie. . . . .	165

## **Chapitre 7. Le concept de services écosystémiques et sa déclinaison au sol : entre promesses et réalités . . . . . 169**

David MONTAGNE, Ottone SCAMMACCA, Christian WALTER  
et Isabelle COUSIN

7.1. Introduction. . . . .	169
7.2. Une courte histoire des services écosystémiques : de la naissance à l'institutionnalisation internationale d'un concept. . . . .	171
7.2.1. Émergence d'un concept. . . . .	171
7.2.2. Développement et diffusion du concept. . . . .	172
7.2.3. Institutionnalisation et intégration aux marchés . . . . .	172
7.2.4. Quel avenir pour les services écosystémiques ? . . . . .	173
7.3. Définition et conceptualisation des services écosystémiques. . . . .	174
7.3.1. Un produit des systèmes écologiques ou un coproduit des systèmes écologiques et socio-économiques . . . . .	174
7.3.2. Une conceptualisation « en cascade » . . . . .	175
7.3.3. Offre, flux et demande . . . . .	178

7.4. Classification des services écosystémiques . . . . .	179
7.4.1. La classification du Millenium Ecosystem Assessment . . . . .	179
7.4.2. La classification CICES . . . . .	182
7.5. La quantification biophysique des services écosystémiques . . . . .	184
7.5.1. Que quantifier ? . . . . .	184
7.5.2. Comment quantifier ? . . . . .	186
7.6. Cartographier les services écosystémiques . . . . .	195
7.6.1. Que cartographier ? . . . . .	196
7.6.2. Comment cartographier ? . . . . .	196
7.7. La déclinaison du concept de services écosystémiques au compartiment sol des écosystèmes . . . . .	202
7.7.1. Les sols, grands oubliés des approches écosystémiques . . . . .	202
7.7.2. De nouveaux cadres conceptuels pour repositionner les sols dans le modèle en cascade . . . . .	204
7.7.3. Quelle(s) définition(s) pour les services écosystémiques des sols/liés aux sols ? . . . . .	204
7.7.4. Évaluer et cartographier les services écosystémiques liés aux sols : état des lieux . . . . .	205
7.8. Conclusion . . . . .	207
7.9. Remerciements . . . . .	209
7.10. Bibliographie . . . . .	209

## **Chapitre 8. Les sols agricoles méditerranéens . . . . . 221**

Emmanuelle VAUDOUR

8.1. Introduction. . . . .	221
8.1.1. Cadres physique et humain et processus de pédogénèse en régions méditerranéennes . . . . .	221
8.1.2. Zonalité des sols méditerranéens . . . . .	225
8.2. Les sols rouges fersiallitiques ou fersialsols. . . . .	227
8.2.1. Définition et processus de formation . . . . .	227
8.2.2. Répartition géographique et séquences remarquables. . . . .	234
8.2.3. Potentialités agronomiques . . . . .	238
8.3. Les vertisols . . . . .	239
8.3.1. Définition et processus de formation . . . . .	239
8.3.2. Potentialités agronomiques . . . . .	241
8.4. Les sols à accumulations calcaires ou calcarisols . . . . .	241
8.4.1. Définition et processus de formation . . . . .	242
8.4.2. Répartition géographique et séquences remarquables. . . . .	243
8.4.3. Potentialités agronomiques . . . . .	246

8.5. Les salisols et sodisols . . . . .	247
8.5.1. Définition et processus de formation . . . . .	247
8.5.2. Répartition géographique et séquences remarquables. . . . .	250
8.5.3. Potentialités agronomiques . . . . .	251
8.6. Conclusion . . . . .	252
8.7. Bibliographie. . . . .	253

## **Chapitre 9. Les sols tropicaux et leur gestion durable . . . . . 263**

Cécile QUANTIN et Thierry BECQUER

9.1. Introduction. . . . .	263
9.2. Pédogenèse tropicale : altération géochimique dominante . . . . .	264
9.3. Profil type et différenciation des horizons et unités pédologiques. . . . .	266
9.4. Principales caractéristiques, diversité des sols tropicaux . . . . .	268
9.5. Propriétés et conséquences agronomiques. . . . .	270
9.5.1. Caractéristiques minéralogiques et propriétés d'échange. . . . .	270
9.5.2. Altération poussée : carences en nutriments et toxicité aluminique . . . . .	272
9.5.3. Richesse en oxydes de fer et d'aluminium : implications pour la disponibilité du phosphore. . . . .	275
9.6. Gestion durable des sols à forte altération géochimique : rôle de la matière organique dans les Ferralsols. . . . .	275
9.6.1. Matière organique et propriétés d'échange . . . . .	276
9.6.2. Matière organique et recyclage des nutriments. . . . .	276
9.6.3. Matière organique et acidification/alcalinisation des sols . . . . .	278
9.6.4. Matière organique et disponibilité du phosphore . . . . .	279
9.7. Conclusion . . . . .	280
9.8. Bibliographie. . . . .	281

## **Chapitre 10. Les sols agricoles urbains . . . . . 287**

Sophie JOIMEL, Tania DE ALMEIDA et Baptiste GRARD

10.1. Introduction. . . . .	287
10.2. Le redéploiement de l'agriculture urbaine . . . . .	289
10.3. Les sols urbains : supports de l'agriculture urbaine . . . . .	291
10.3.1. La forte diversité des sols urbains . . . . .	291
10.3.2. Des propriétés physicochimiques variées . . . . .	292
10.3.3. Des propriétés biologiques étonnantes. . . . .	296

---

10.4. Gestion des services écosystémiques fournis par les sols urbains . . .	297
10.4.1. Services écosystémiques : définition . . . . .	297
10.4.2. Des sols aux attendus multiples . . . . .	299
10.5. Vers des outils d'aide à la décision . . . . .	303
10.6. Conclusion . . . . .	303
10.7. Bibliographie . . . . .	304
<b>Liste des auteurs</b> . . . . .	<b>311</b>
<b>Index</b> . . . . .	<b>313</b>