

Table des matières

Introduction	13
<i>Le milieu « sol »</i>	
1. Les compartiments inertes	21
La fraction minérale solide	21
Les argiles	22
Conséquences des propriétés des argiles	23
<i>Capacité d'échange et effet tampon</i>	23
<i>Rétention d'eau</i>	24
<i>Adsorption de composés organiques</i>	24
<i>Effet sur la structure du sol</i>	25
La matière organique inerte	25
● <i>origine</i>	25
Propriétés de l'humus	26
Le complexe argilo-humique	26
La structure du sol	26
Définition	26
Les micro-agrégats	27
Les macro-agrégats	27
Les agrégats, biotope hétérogène	28
La phase liquide	30
Définition et composition	30
Disponibilité de l'eau	30
Le pH du sol	33
La phase gazeuse	33
Définition	33
Le potentiel d'oxydo-réduction	35
Pour un complément d'information	37
2. Les composants vivants du sol	39
Les Procaryotes	41
Appareil nucléaire	41

Enveloppes	42
Nutrition	43
Chimiotaxie	44
Exigences écologiques	44
Classification	45
Isolement et dénombrement des Bactéries du sol	48
Les Eucaryotes	50
Caractères généraux	50
<i>Appareil nucléaire</i>	51
<i>Principales organelles</i>	51
<i>Bases de la classification</i>	52
Les Champignons	52
<i>Les hyphes</i>	52
<i>Le cytoplasme et les noyaux</i>	53
<i>Aspects génétiques</i>	53
<i>Formes asexuées de multiplication et de conservation</i>	55
<i>Nutrition</i>	55
<i>Chimiotaxie et chimiotropisme</i>	57
<i>Exigences écologiques</i>	57
<i>Classification</i>	58
<i>Isolement et dénombrement des Champignons du sol</i>	59
Les Protistes	60
<i>Les Algues</i>	60
<i>Les Protozoaires</i>	63
La microfaune	67
<i>Les Nématodes</i>	67
<i>Les microarthropodes : Collemboles et Acariens</i>	72
<i>Autres composants de la microfaune</i>	77
Les virus	78
Définition	78
Multiplication des virus	79
La lysogénie	79
Transduction et conversion	79
Écologie des virus	81
Les organes souterrains des plantes	81
Introduction	81
Rappel de l'anatomie des racines	81
Fonctions des racines	84
Le renouvellement des racines	85
Les autres organes souterrains	86
Pour un complément d'information	87
3. L'activité biologique du sol	89
La biomasse	89
Introduction	89

Méthodes directes d'évaluation de la biomasse	90
Méthodes indirectes d'évaluation de la biomasse	90
<i>Dosage du carbone minéralisé</i>	90
<i>Dosage de l'ATP</i>	91
<i>Ammonification de l'arginine</i>	92
<i>Mesure de l'activité des systèmes transporteurs d'électrons</i>	92
<i>Dosage des phospholipides</i>	92
<i>Autres techniques</i>	93
Mesures d'activités enzymatiques spécifiques	93
Les enzymes du sol	94
Introduction	94
Origine des enzymes du sol	94
Conséquences de l'adsorption des enzymes	95
Importance écologique	97
Pour un complément d'information	98
4. Les effets du milieu sur les microorganismes	99
Disponibilité de l'eau	99
Effets de la dessiccation	99
<i>Réduction des populations</i>	99
<i>Réduction de l'activité microbienne</i>	100
<i>Conséquences du dessèchement du sol</i>	101
Effets d'une réhydratation	101
Effets de la submersion	102
<i>Généralités</i>	102
<i>Submersion prolongée : exemple de la rizière</i>	102
<i>Effets d'un engorgement temporaire du sol</i>	105
Le pH	106
Relation entre le pH et les équilibres microbiens	106
Effets sur le développement et l'activité microbienne	106
Effet sur les charges superficielles des parois	107
La composition de l'atmosphère du sol	108
Effets de la teneur en oxygène	108
Effets du dioxyde de carbone	109
Effets de l'ammoniac	110
Effets des composés volatils émis par les racines	111
Effets des composés volatils émis par les semences en germination	111
Effets des composés volatils émis par des débris végétaux	113
Les argiles	113
Effet sur les populations	113
Effets sur le pouvoir infectieux	115
Effet sur l'entraînement vertical	117
La température	117
Effet direct de la température sur les microorganismes	117

Effet sur les équilibres microbiens	120
Effet sur les équilibres entre microbes et plantes	121
Les composés xénobiotiques	122
Généralités	122
Effet dépressif maximum et temps de rétablissement	122
Effet des pesticides	124
Autres facteurs	125
Ions métalliques	125
Pression	126
Pour un complément d'information	126

Les effets des microorganismes

5. Modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu sous l'effet des microorganismes	131
Effets sur le pH	131
Acidification du milieu	131
<i>Sulfo-oxydation</i>	131
<i>Nitrification</i>	132
<i>Synthèse d'acides organiques</i>	132
Alcalinisation du milieu	132
Effets sur la structure du sol	133
Liants d'origine microbienne	133
Rôle des hyphes mycéliennes	133
Améliorateurs biologiques de la structure	134
Les cycles minéraux	135
Le cycle du carbone	137
<i>Décomposition et minéralisation des substrats organiques</i>	137
<i>Immobilisation du carbone dans la biomasse</i>	139
<i>Formation de l'humus</i>	143
Le cycle de l'azote	145
<i>Fixation de l'azote atmosphérique</i>	147
<i>L'ammonification</i>	157
<i>La nitrification</i>	157
<i>La dénitrification</i>	159
Le cycle du phosphore	160
Le cycle du soufre	163
Action sur les composés xénobiotiques	165
Biodégradation	165
La biodégradation accélérée	168
Pour un complément d'information	169
6. Interactions entre microorganismes	171
Les types de relations possibles	171

Interactions entre deux populations	172
<i>Situations de type ++</i>	172
<i>Situations de type +0 ou 0+</i>	173
<i>Situations de type -0 ou 0-</i>	173
<i>Situations de type +- ou -+</i>	174
<i>Situations de type --</i>	184
Situations complexes	185
L'effet fongistatique des sols	187
Explication de l'effet fongistatique par l'action d'inhibiteurs	187
Explication de l'effet fongistatique par des phénomènes de compétition	188
<i>Cas des spores sans réserves</i>	188
<i>Cas des spores à réserves nutritives</i>	189
L'autolyse	190
Conséquences écologiques de la fongistase	191
Conclusion et généralisation	191
Les sols résistants	192
Les sols résistants aux <i>Fusarium oxysporum</i>	193
Les sols résistants à <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>	196
Pour un complément d'information	199
7 - Interactions entre microorganismes et plantes	201
Les microorganismes du sol et des substrats organiques	201
Immobilisation des éléments minéraux	201
Phénomènes de toxicité	201
<i>Phytotoxicité générale.</i>	201
<i>Phytotoxicité spécifique : les problèmes de replantation</i>	203
Les résidus de culture, source d'inoculum	204
Les microorganismes de la rhizosphère	206
La rhizosphère	206
<i>L'effet rhizosphère</i>	206
<i>Les flux énergétiques, fondement de l'effet rhizosphère</i>	207
<i>La rhizodéposition</i>	207
<i>Modulation de l'effet rhizosphère</i>	210
<i>Le pH de la rhizosphère</i>	211
<i>Autres caractéristiques de la rhizosphère</i>	215
<i>Conséquences de l'effet rhizosphère pour les microorganismes.</i>	216
La microflore rhizosphérique	217
<i>Les subdivisions de la rhizosphère</i>	217
<i>Conséquences pour les plantes de l'activité biologique dans la rhizosphère</i>	221
<i>Organismes utiles et dommageables</i>	223
<i>L'affinité rhizosphérique</i>	227
Les microorganismes qui colonisent la racine	230
De la levée de la microbiostase à l'infection	230
<i>La levée de la microbiostase</i>	230
<i>Le cheminement vers l'hôte</i>	231

<i>La fixation sur l'hôte</i>	232
<i>L'infection</i>	234
Les différents degrés de la relation entre plante et microorganisme	237
● Quelques exemples de mutualisme entre plantes et microorganismes	239
<i>Les mycorhizes</i>	239
<i>Autres endophytes symbiotiques</i>	247
<i>Les symbioses associatives</i>	248
Les maladies d'étiologie complexe	249
Les complexes parasitaires	250
Les parasites opportunistes et les maladies de stress	252
Les maladies à vecteurs	253
<i>Vection par les Nématodes</i>	253
<i>Vection par les Champignons</i>	256
<i>Autres cas</i>	256
Aspects théoriques des relations entre les microorganismes du sol et les plantes	259
L'inoculum	259
<i>Définition</i>	259
<i>Mesure de la densité d'inoculum</i>	260
<i>Répartition de l'inoculum</i>	260
Le potentiel infectieux	263
<i>Le potentiel infectieux selon Garrett</i>	263
<i>Le potentiel infectieux selon les chercheurs français</i>	264
La modélisation de l'infection	266
<i>Progression de la maladie en fonction du temps</i>	267
<i>Relation infection-infestation</i>	268
<i>Forme et dimensions de la pathozone</i>	270
Pour un complément d'information	272

Les possibilités d'intervention

8. Pourquoi intervenir	277
Les microorganismes défavorables	278
Microorganismes parasites	278
<i>Fontes de semis</i>	278
<i>Parasites corticaux</i>	279
<i>Pourridiés</i>	280
<i>Maladies vasculaires</i>	280
<i>Galles et proliférations</i>	281
Microorganismes non parasites	283
<i>Microorganismes de la rhizosphère</i>	283
<i>Microorganismes du sol et des substrats</i>	283
Les microorganismes auxiliaires	284
Bactéries fixatrices d'azote	284
Mycorhizes	286
Biopesticides	288

Stimulateurs de croissance	290
Améliorateurs de la structure du sol	291
Microorganismes biodécomposeurs	291
Autres utilisations possibles	292
Pour un complément d'information	292
9. Interventions contre des organismes défavorables	295
Méthodes chimiques	295
Les fumigants	295
Traitements sélectifs	297
Utilisation de composés chimiques non biocides	300
<i>Leurres chimiques</i>	300
<i>Inhibiteurs d'enzymes</i>	300
Modifications du pH	301
Ozone	301
Méthodes physiques	302
Traitement par la chaleur	302
Solarisation	303
Submersion	305
Rayonnement ultra-violet	306
Méthodes culturales	307
Travail du sol	307
Maîtrise de l'eau	309
Systèmes culturaux	310
<i>La monoculture et ses conséquences</i>	310
<i>Les rotations culturales</i>	313
Amendements minéraux et organiques	315
<i>Les éléments minéraux</i>	315
<i>Les amendements organiques</i>	316
Culture hors-sol	318
Méthodes biologiques	319
Lutte biologique	319
<i>Destruction</i>	320
<i>Exclusion</i>	320
<i>Modification</i>	323
<i>Prémunition</i>	324
Lutte génétique	325
Pour un complément d'information	327
10. Utilisation de microorganismes auxiliaires	329
Choix des microorganismes	329
Critères d'efficacité	330
Compétitivité	331
Innocuité	332

Compatibilité	334
Association de plusieurs microorganismes auxiliaires	334
Production et mise en oeuvre des microorganismes auxiliaires	336
La production de l'inoculum	336
Le conditionnement	337
L'application	338
Pour un complément d'information	341
Conclusion	343
Références bibliographiques	345
Index	369

