

Table des matières

Préface	1
André MARIOTTI	
Introduction	5
Guilhem BOURRIÉ	
Chapitre 1. Qualité de l'eau dans les sols	7
Guilhem BOURRIÉ et Fabienne TROLARD	
1.1. Les réactions élémentaires d'altération	9
1.2. L'altération comme puits de CO ₂	10
1.3. Les néoformations	11
1.3.1. Les réactions de néoformation	11
1.3.2. Arénisation et pédogenèse	12
1.4. La vitesse d'altération des roches	16
1.4.1. Bilan de l'altération des granites	16
1.4.2. Influence de l'hétérogénéité des sols : dilution et dissolution	17
1.5. La dynamique de l'aluminium en solution	19
1.5.1. Application du modèle de charges partielles au caractère polyacide de l'aluminium	19
1.5.2. Solubilité de l'hydroxyde d'aluminium en fonction du pH	19
1.5.3. Les données de terrain	21
1.5.4. La condensation de l'aluminium	22

1.6. Voies de formation des hydroxydes d'aluminium	22
1.6.1. Le schéma réactionnel de l'aluminium	22
1.6.2. Interprétation cinétique	23
1.6.3. Les gels alumineux « amorphes »	24
1.6.4. La toxicité aluminique	24
1.6.5. L'aluminisation des interfoliaires des argiles	25
1.7. Acidité d'échange et besoin en chaux	25
1.8. Le système gibbsite-kaolinite-quartz	27
1.8.1. Équilibre et non-équilibre	27
1.8.2. La gibbsite, minéral ubiquiste	29
1.8.3. L'importance du cycle biogéochimique du silicium	29
1.9. La dynamique du fer	31
1.9.1. Le fer : principal indicateur de l'hydromorphie	31
1.9.2. La couleur des sols	34
1.9.3. Les tests qualitatifs de terrain	34
1.9.4. Les mesures de rH	36
1.9.5. Les méthodes d'étude de l'état rédox du fer dans la solution du sol	39
1.9.5.1. Échantillonnage de la solution du sol	39
1.9.5.2. Caractérisation des solutions du sol	39
1.9.5.3. Modélisation de la spéciation en solution	41
1.9.6. Les méthodes d'étude des constituants solides des sols hydromorphes	42
1.9.6.1. Conditionnement des échantillons de sol	42
1.9.6.2. Spectrométrie Mössbauer	42
1.9.6.3. Les extractions sélectives	43
1.9.7. La fougérite : structure minéralogique, composition et stabilité	44
1.9.7.1. Structure minéralogique	45
1.9.7.2. Application du modèle de charges partielles à la détermination de l'énergie libre de Gibbs de la fougérite	45
1.9.7.3. Nature de l'anion interfoliaire	45
1.9.8. Voies de formation des oxydes de fer	48
1.9.9. La dynamique du fer en fonction des variations d'aérobiose/anaérobiose	49
1.9.9.1. Mesure de paramètres des eaux en continu par sonde multiparamétrique	49
1.9.9.2. Mesure par spectrométrie Mössbauer <i>in situ</i>	51
1.9.9.3. Mobilité du fer(II) dans la solution du sol	51
1.9.9.4. Mobilité du fer déduite de l'étude de la fraction solide des sols	56

1.9.10. Réactivité de la fougérite ; influence sur les autres cycles biogéochimiques	58
1.9.10.1. Rouilles vertes et fougérite : des pièges anioniques	58
1.9.10.2. Influence sur le cycle de l'azote	59
1.9.10.3. Influence sur le sélénate	62
1.9.10.4. Influence sur les métaux et métalloïdes	62
1.9.11. La fougérite et l'origine de la vie	62
1.10. La formation des argiles	63
1.10.1. Les précurseurs des argiles	63
1.10.2. La genèse des argiles par silicification des hydroxydes	64
1.11. L'altération et la pédogenèse soustractives	66
1.11.1. Une évolution soustractive générale, en milieu tempéré ou tropical	66
1.11.2. La réorganisation pédologique de la matière	66
1.11.3. L'enfoncement des horizons dans les paysages	67
1.11.4. Les sols dans les cycles pédogenèse-érosion-transport-sédimentation	68
1.12. Bibliographie	69

Chapitre 2. L'irrigation, la qualité de l'eau et des sols 81

Guilhem BOURRIÉ, Nassira SALHI, Rabia SLIMANI, Abdelkader DOUAOUI,
Belhadj HAMDI-AÏSSA, Gihan MOHAMMED et Fabienne TROLARD

2.1. L'irrigation et les changements globaux	81
2.2. Les différentes voies de salinisation	82
2.2.1. L'alcalinité et le sens de variation du pH	83
2.2.2. La voie sulfatée acide	85
2.2.3. La voie saline neutre	86
2.2.4. La voie alcaline	88
2.3. De l'eau d'irrigation à la nappe	89
2.3.1. Le bilan des sels	89
2.3.2. Le couplage des modèles de culture STICS et de géochimie Phreeqc	89
2.3.2.1. La solution du sol comme un nœud	91
2.3.3. Les bilans de protons et l'effet rhizosphère	92
2.3.3.1. La dissociation de CO ₂	92
2.3.3.2. L'apport de protons par la rhizosphère	92
2.3.3.3. L'effet du cycle de l'azote	93

2.3.3.4. De la composition du foin en éléments minéraux au bilan de protons	93
2.3.3.5. Simulation de l'apport de fertilisants minéraux	96
2.3.4. Simulation des interactions sol-eau-plante	97
2.3.4.1. La composition de l'eau d'irrigation	97
2.3.4.2. La concentration de l'eau d'irrigation par évaporation et l'équilibration avec la $p\text{CO}_2$ de l'atmosphère du sol	99
2.3.4.3. L'équilibre calcite/solution/ $\text{CO}_2(\text{g})$ et le contrôle du pH	101
2.3.4.4. Comparaison statistique entre l'eau simulée et l'eau de nappe	101
2.3.4.5. La modélisation inverse	106
2.3.4.6. Le bilan de calcium et de CO_2	108
2.4. Équilibre et non-équilibre dans les sols salés	110
2.5. L'utilisation d'eaux de nappes profondes	115
2.6. La sodisation et la dégradation des sols	122
2.7. Perspectives pour l'irrigation	127
2.8. Annexe. Relation entre $\delta^{18}\text{O}$ et $\log[\text{Cl}^-]$	128
2.9. Bibliographie	129

Chapitre 3. La régulation du transfert du phosphore 135

Jean-Marcel DORIOZ

3.1. Introduction	135
3.2. Le phosphore dans l'environnement	136
3.2.1. Les trois problématiques du P	136
3.2.1.1. La fertilité phosphorique	137
3.2.1.2. L'eutrophisation	137
3.2.1.3. La raréfaction des ressources en minerais phosphatés	139
3.2.2. Principales caractéristiques de la dynamique du P dans l'environnement	139
3.2.2.1. Une forte affinité pour la phase solide, une grande diversité de composés	139
3.2.2.2. La spéciation par spectroscopies	140
3.2.2.3. La spéciation par extractions sélectives	141
3.2.2.4. La spéciation standard dans les eaux	143
3.2.3. Contrôle biogéochimique des ions P- PO_4 en solution et cycle du phosphore	143

3.2.4. Biodisponibilité et capacité de fixation, mesures de potentiels . . .	146
3.2.4.1. Capacité de fixation	146
3.2.4.2. Biodisponibilité	147
3.2.5. Les impacts trophiques d'une charge externe de P	150
3.2.5.1. Métrique des flux entrants	150
3.2.5.2. La fraction dissoute du P	151
3.2.5.3. La fraction particulaire	152
3.3. Cycle du phosphore dans un territoire	152
3.3.1. (Re)distribution, circulation anthropiques et stocks de phosphore	152
3.3.1.1. Entrées et stocks	152
3.3.1.2. Sorties	155
3.3.1.3. Étude de cas	155
3.3.2. Flux de phosphore diffus et modes d'occupations des sols	156
3.4. Rôle des sols dans les transferts	159
3.4.1. Constitution des stocks de la couverture pédologique	160
3.4.1.1. Modalités et spatialisation	160
3.4.1.2. Limites au stockage	161
3.4.2. Acquisition de la charge en P des eaux de surface : des stocks des sols aux flux hydrochimiques	162
3.4.2.1. Mécanismes de base	162
3.4.2.2. Fonctionnements à l'échelle de la station (100 m ²), relations stocks flux	162
3.4.2.3. Fonctionnements à l'échelle du versant (1-10 ha), spéciations et chemins de l'eau	164
3.4.2.4. Développement au niveau du bassin versant (en tête de bassin) : d'autres origines du P diffus	168
3.4.3. Atténuation de la charge en P dans les zones tampons : des flux hydrochimiques aux stocks des zones tampons	170
3.4.3.1. Mécanismes de base et définitions	170
3.4.3.2. Zones et effets tampons types en sols bien drainés	173
3.4.3.3. Effets tampons associés aux zones humides	177
3.4.3.4. Saturation des divers types de zones tampons	180
3.4.3.5. La capacité tampon d'un bassin versant : effet global et organisation spatiale	181
3.5. Le bassin versant, système de transfert de P	184
3.5.1. Fonctionnement global	185
3.5.2. Organisation spatiale et temporelle du système de transfert	186
3.5.3. Régimes d'exportation et état du système	188

3.6. Réflexions sur la gestion du P diffus	189
3.6.1. Peut-on raisonnablement faire l’impasse sur le P diffus?	189
3.6.2. La maîtrise des transferts diffus agricoles de P	190
3.7. Conclusion	193
3.8. Bibliographie	194
Liste des auteurs	199
Index	201
Sommaires des autres volumes de la série	205