

Table des matières

Préface	1
André MARIOTTI	
Introduction	5
Guilhem BOURRIÉ	
Chapitre 1. Physicochimie du système sol-eau	7
Guilhem BOURRIÉ	
1.1. Les propriétés « anormales » de l'eau	7
1.1.1. Les propriétés thermodynamiques de l'eau pure	9
1.1.2. Le domaine de stabilité de l'eau en fonction du pH et du p_e	9
1.1.2.1. Représentation graphique	10
1.2. Les propriétés de la molécule d'eau isolée	12
1.2.1. La géométrie de la molécule d'eau isolée	12
1.2.2. Les orbitales moléculaires de l'eau	13
1.2.3. Le premier gaz à effet de serre : l'eau	15
1.3. L'eau liquide pure	16
1.3.1. Les forces de dispersion	16
1.3.2. Les liaisons hydrogène	17
1.3.3. Les associations de molécules d'eau	17
1.3.4. L'apport de la théorie de la fonctionnelle de la densité	18
1.3.5. Une nouvelle vision de l'eau liquide	18
1.4. Les propriétés des solutions	19
1.4.1. Le potentiel ionique de Goldschmidt	19
1.4.2. Le pseudoconcept de cation basique	21
1.4.3. Le modèle de charges partielles de Jolivet	23
1.4.3.1. L'électronégativité comme potentiel chimique des électrons au niveau microscopique	23
1.4.3.2. Électronégativités de quelques molécules et ions	26

1.4.4. Application du modèle de charges partielles aux formes des cations dans l'eau	27
1.4.5. L'interaction hydrophobe et le rôle biologique de l'eau	29
1.4.6. Le potentiel osmotique	29
1.4.7. L'équation de Gibbs-Duhem	31
1.4.8. L'activité des sels dissous	31
1.4.9. Les coefficients d'activité	32
1.5. Le calcul des coefficients d'activité	35
1.5.1. Les théories de Debye-Hückel	35
1.5.2. Le modèle de Pitzer	36
1.5.3. La théorie d'interactions spécifiques (SIT)	37
1.5.4. Mise en œuvre pratique des modèles de calcul des coefficients d'activité	38
1.5.5. Exemples d'application des calculs d'activité	39
1.5.5.1. Exemple d'une eau de source sur granite	40
1.5.5.2. Exemple d'une eau issue de sols salés	43
1.5.6. Une autre piste : le modèle de réseau	46
1.6. Le potentiel matriciel	48
1.7. Potentiel osmotique et potentiel matriciel	50
1.8. L'interaction avec les surfaces solides	51
1.9. Hétérogénéité du sol et micromilieux	52
1.10. Annexe. Conditions de stabilité de l'eau	52
1.10.1. Stabilité de l'eau en milieu acide	52
1.10.2. Neutralité acidobasique	53
1.10.3. Stabilité de l'eau suivant les conditions d'oxydoréduction	53
1.10.3.1. Équilibre eau-hydrogène gaz	54
1.10.3.2. Équilibre eau-oxygène gaz	54
1.10.4. Neutralité d'oxydoréduction de l'eau	55
1.11. Bibliographie	55

Chapitre 2. Mouillabilité des sols 59

Philippe BELTRAME

2.1. Introduction	59
2.2. Mouillabilité d'un substrat	60
2.2.1. Angle de contact	60
2.2.2. Tension de surface	61
2.2.3. Pression de Laplace	62
2.2.4. Relation de Young-Dupré	63
2.2.5. Paramètre d'étalement	64

2.3. Interface diffuse	65
2.3.1. Pression de disjonction	65
2.3.1.1. Interaction de van der Waals	65
2.3.1.2. Autres interactions	66
2.3.2. Mouillage pseudopartiel	67
2.3.2.1. Démouillage spontané	67
2.3.2.2. Film précurseur	69
2.4. Dynamique du mouillage	71
2.4.1. Paradoxe de la ligne triple	71
2.4.2. Hystérésis de l'angle de contact	72
2.4.3. Instabilité du front	72
2.4.3.1. Digitation visqueuse	72
2.4.3.2. Digitation par hystérésis de l'angle de contact	73
2.5. Capillarité	73
2.5.1. Longueur capillaire	73
2.5.2. Hauteur capillaire et loi de Jurin	76
2.5.3. Pression capillaire	79
2.5.4. Équation de Darcy-Richards	82
2.6. Mouillabilité des sols : au-delà de la capillarité	82
2.6.1. Sols hydrophobes	82
2.6.2. Mouillabilité d'un milieu poreux	85
2.6.3. Genèse d'écoulements préférentiels dans les micropores	86
2.7. Conclusion	88
2.8. Bibliographie	88

Chapitre 3. Le prélèvement d'eau par les plantes 91

Claude DOUSSAN et Loïc PAGÈS

3.1. Introduction	91
3.1.1. Un système avec deux acteurs principaux soumis au climat	91
3.1.2. La circulation de l'eau depuis le sol jusqu'au collet de la plante est soumise aux lois physiques	92
3.1.3. Analyse des processus et synthèse grâce à des modèles de simulation	92
3.2. La théorie de la cohésion-tension	92
3.3. Rôles du sol	93
3.3.1. Stockage et rétention de l'eau dans le sol	94
3.3.2. Transport de l'eau dans le sol – Notions de potentiel hydrique et de conductivité hydraulique	96
3.3.2.1. Notion de potentiel hydrique	96
3.3.2.2. Notion de conductivité hydraulique, loi de Darcy	98
3.3.3. Transfert hydrique du sol à la racine	98

3.4. Rôles des racines	100
3.4.1. Mise en place d'une surface d'échange et de transport, notion d'architecture racinaire	100
3.4.2. Types de racines	100
3.4.3. Processus de développement	101
3.4.3.1. Formation de racines depuis la partie aérienne	101
3.4.3.2. Allongement	102
3.4.3.3. Ramification	102
3.4.3.4. Croissance radiale	102
3.4.3.5. Mortalité et abscission	103
3.4.4. Gradients de propriétés le long des racines	103
3.4.5. Autres structures portées par les racines	103
3.4.6. Stratégies de mise en place de diverses espèces	104
3.5. Interactions sol/racines	104
3.5.1. Le sol module le développement racinaire de différentes manières	104
3.5.1.1. Température	105
3.5.1.2. Résistance mécanique	105
3.5.1.3. Disponibilité en oxygène	106
3.5.2. Les racines modifient le sol environnant : la rhizosphère	106
3.6. Modèles biophysiques du système sol/racines	107
3.6.1. Représentation des mécanismes de transport de l'eau dans le sol	107
3.6.2. Représentation de la dynamique de l'architecture racinaire	111
3.6.3. Représentation de l'architecture hydraulique et du transfert dans le système racinaire – Couplage avec les transferts dans le sol	112
3.6.4. Modulation de la conductivité hydraulique racinaire dans le temps et processus liés aux aquaporines et à l'embolisme	117
3.6.5. Couplage des transferts hydriques vers/dans le système racinaire avec les transferts dans le sol	119
3.7. Conclusion	122
3.8. Annexe. Démonstration de la relation [3.4]	123
3.9. Bibliographie	124

Chapitre 4. Les écoulements préférentiels 129

Yves COQUET et Ary BRUAND

4.1. Le transport de l'eau et des solutés	130
4.1.1. Transport de l'eau	130
4.1.2. Transport des solutés	133

4.2. La notion d'« écoulement préférentiel »	137
4.3. L'étude expérimentale	137
4.3.1. Colonnes de sol	138
4.3.2. Lysimètres	138
4.3.3. Traçages <i>in situ</i>	139
4.3.4. Parcelles drainées	140
4.4. Les mécanismes à l'origine	142
4.4.1. Rôle des macropores	142
4.4.2. Rôle des discontinuités texturales	146
4.4.2.1. Instabilité du front d'infiltration	146
4.4.2.2. Zones à faible conductivité hydraulique à saturation	146
4.5. Les modèles	147
4.5.1. Le modèle « eau mobile/eau immobile » (MIM)	148
4.5.2. Les modèles à double perméabilité	149
4.6. Bibliographie	150

Chapitre 5. Les inondations 155

Marcel MASSON

5.1. Quand la société programme les catastrophes	155
5.2. De l'empirisme à la modélisation	157
5.2.1. La laborieuse évolution de la prévision des inondations	158
5.3. L'alternative naturaliste	160
5.3.1. Le refus implicite de la rationalité	163
5.4. Le milieu alluvial, lieu d'affrontements	164
5.4.1. La pression agricole	164
5.4.2. La pression de l'urbanisation	166
5.4.3. Protéger ou/et prévenir ?	167
5.4.4. Contradictions entre rôle régalien de l'État et logiques de la décentralisation	171
5.5. Passer du défensif-curatif au préventif-innovant	172
5.5.1. Les alternatives à l'urbanisation en zones inondables	172
5.5.2. Mise en synergie de problématiques : prévention des inondations et économie agricole	173
5.6. Vers une gestion qualitative de l'espace ?	174
5.7. Bibliographie	175

Liste des auteurs 177

Index 179

Sommaires des autres volumes de la série 183