



HAL
open science

Chapitre 6. Pollutions métalliques.

Denis Baize

► **To cite this version:**

Denis Baize. Chapitre 6. Pollutions métalliques.. Les sols au coeur de la zone critique 5 : Dégradation et réhabilitation, 5, ISTE Editions, 260 p., 2018, Collection Géosciences - Série Les Sols, 9781784053833 9781784063832. hal-02788957

HAL Id: hal-02788957

<https://hal.inrae.fr/hal-02788957v1>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Table des matières

Préface	13
André MARIOTTI	
Chapitre 1. Caractérisation de l'état des sols	17
Christian VALENTIN	
1.1. Les sols au cœur de la zone critique	17
1.1.1. Définitions.	17
1.1.2. Fonctions et services des sols	17
1.1.3. Dégradation des sols, des terres, désertification	19
1.2. La difficile évaluation de l'état et des cinétiques de dégradation ou d'amélioration des sols	19
1.2.1. Évaluation mondiale	20
1.2.1.1. À dire d'experts	20
1.2.1.2. Par télédétection spatiale	21
1.2.1.3. Par modélisation	21
1.2.1.4. Des incertitudes encore trop grandes	21
1.2.2. Formes de dégradation	21
1.2.3. Principaux facteurs de la dégradation des sols	24
1.2.4. Quelle tendance : spirale de dégradation ou courbe en U ?	25
1.2.5. La nécessité de dispositifs de suivi	28
1.3. Conservation, restauration, réhabilitation et compensation	28
1.3.1. Définitions.	28
1.3.2. Mise en œuvre	29
1.3.3. Concept de neutralité en termes de dégradation des terres	30
1.4. Conclusions	31
1.5. Bibliographie	32

Chapitre 2. L'encroûtement superficiel des sols et la récolte du ruissellement 37

Christian VALENTIN

- 2.1. États de surface et croûtes superficielles 37
- 2.2. Types de croûtes et processus de formation 38
 - 2.2.1. Croûtes structurales 38
 - 2.2.2. Croûtes grossières 39
 - 2.2.3. Croûtes d'érosion. 40
 - 2.2.4. Croûtes de dépôt 40
 - 2.2.5. Croûtes et efflorescences salines 41
 - 2.2.6. Croûtes biologiques 41
- 2.3. Facteurs d'encroûtement et principes d'amélioration de la stabilité structurale. 42
 - 2.3.1. Les sols. 42
 - 2.3.2. La pluie 43
 - 2.3.3. La pente 43
 - 2.3.4. Le couvert 43
 - 2.3.5. Pratiques agricoles 43
- 2.4. Conséquences de l'encroûtement superficiel. 44
 - 2.4.1. Hydrologiques : l'écoulement hortonien 44
 - 2.4.2. Écologiques : exemple de la brousse tigrée 46
 - 2.4.3. Agronomiques : la récolte du ruissellement 47
- 2.5. Conclusions 48
- 2.6. Bibliographie 49

Chapitre 3. Érosion et principes de conservation des sols 53

Christian VALENTIN et Jean Louis RAJOT

- 3.1. Définitions 53
- 3.2. Importance de l'érosion 54
 - 3.2.1. À l'échelle mondiale. 54
 - 3.2.2. Effets de l'érosion 55
- 3.3. Processus et facteurs 59
 - 3.3.1. Le détachement par rejaillissement 59
 - 3.3.2. L'érosion en nappe. 61
 - 3.3.3. L'érosion concentrée (= érosion linéaire) 65
 - 3.3.3.1. En surface : érosion en rigoles et ravines 65
 - 3.3.3.2. Dans le sol : suffusion (ou suffosion, ou érosion en tunnel) 67
 - 3.3.4. Mouvements de masse. 67
 - 3.3.5. L'érosion aratoire 69

3.3.6. L'érosion éolienne	70
3.4. L'érosion : une question d'échelle	73
3.4.1. Échelles d'espace.	73
3.4.2. Échelles de temps	74
3.4.2.1. Durée de mesures	74
3.4.2.2. Érosion cumulée – les marqueurs isotopiques	75
3.4.3. Échelles d'espace.	75
3.4.3.1. Origine des sédiments – les signatures de natures diverses.	75
3.4.3.2. Les distances de transfert et les temps de résidence	76
3.4.4. Transports particuliers et dissous.	76
3.4.5. Les poussières éoliennes	77
3.5. Modélisation	78
3.5.1. Approches statistiques	78
3.5.2. Modèles à bases physiques	79
3.5.3. Modèles hybrides.	80
3.6. Principes de conservation des sols	80
3.6.1. À l'échelle du champ : limiter le détachement	80
3.6.1.1. Accroître la stabilité structurale : amender le sol.	80
3.6.1.2. Réduire l'énergie cinétique reçue : maintenir un couvert en surface	80
3.6.1.3. Réduire la vitesse de ruissellement : diminuer la pente et la longueur des parcelles	81
3.6.1.4. Réduire la vitesse du vent : accroître la rugosité superficielle	82
3.6.1.5. Éviter l'émiettement du sol : réduire le travail du sol et le piétinement par le bétail	82
3.6.2. À l'échelle des bassins versants : ralentir le ruissellement et favoriser les dépôts	83
3.7. Densité de population, contextes économiques et politiques publiques.	84
3.8. Conclusions	86
3.9. Bibliographie	87

Chapitre 4. Acidité et acidification des sols 97

Étienne DAMBRINE

4.1. Acidité	97
4.2. Définitions de l'acidification et son évolution	99
4.3. Illustration : évolution théorique à long terme de l'acidité d'un loess calcaire	101

4.4. Processus acidifiants	102
4.5. Participation de grands cycles biogéochimiques à l'acidification des sols	103
4.5.1. Cycle de l'azote	103
4.5.2. Cycle du carbone	103
4.5.3. Absorption de cations/anions par les végétaux	103
4.5.4. Dépôts acides ou alcalins	104
4.5.5. Autres cycles P, S, Fe, Mn	104
4.6. Neutralisation de l'acidification	104
4.7. Biogéographie de l'acidité	105
4.8. Conséquences physiques et biologiques de l'acidité des sols	106
4.9 Bibliographie	107

Chapitre 5. Salinisation des sols et gestion des sols salés 111

Jean-Pierre MONTOROI

5.1. Introduction	111
5.2. Les milieux salés naturels	111
5.2.1. Les sels, entités dissoutes et particulières	111
5.2.2. Des paysages typiques	112
5.2.3. Des mouvements continuels de sels	113
5.2.4. Services écosystémiques	114
5.3. Caractérisation et fonctionnement des sols salés	115
5.3.1. Diagnostic du degré de salinisation	115
5.3.2. Processus physico-chimiques intrinsèques	116
5.3.2.1. Salinisation <i>stricto sensu</i>	116
5.3.2.2. Salinisation et sulfato-réduction	117
5.3.2.3. Sodisation	117
5.3.2.4. Alcalisation	117
5.3.3. Concentration et voies d'évolution chimique de l'eau du sol	119
5.3.3.1. Alcalinité résiduelle	119
5.3.3.2. Spéciation ionique, adsorption ionique et modèles géochimiques	120
5.3.4. Minéralogie des efflorescences salines	121
5.4. Typologie des sols salés	122
5.4.1. Caractéristiques pédologiques	122
5.4.2. Distribution verticale de la salinité	123
5.4.3. Distribution spatiale de la salinité	124
5.4.4. Classification des sols salés	124
5.4.5. Répartition mondiale des sols salés	126
5.5. Salinisation secondaire des sols	126

5.5.1. Apports anthropiques de sels dans les sols	126
5.5.2. Salinisation des systèmes irrigués	127
5.5.3. Contrôle des sels en irrigation	128
5.5.4. Utilisation des eaux non conventionnelles	129
5.6. Mise en valeur agricole des sols salés	130
5.6.1. Contexte historique	130
5.6.2. Effets de l'eau salée du sol pour les plantes	130
5.6.3. Solutions agronomiques	131
5.6.4. Solutions macro-économiques	133
5.6.5. Solutions sociales et politiques	134
5.7. Conclusions	134
5.8. Bibliographie	135

Chapitre 6. Pollutions métalliques 141

Denis BAIZE

6.1. Généralités	141
6.1.1. Définitions – les éléments en traces	141
6.1.1.1. Le fond pédogéochimique naturel (FPGN)	142
6.1.1.2. Les teneurs agricoles habituelles (TAH).	142
6.1.1.3. TAH et FPGN : quel territoire ?	142
6.1.1.4. Intérêt de déterminer les FPGN et les TAH par « séries de sols »	142
6.1.1.5. Origine des métaux dans les sols	143
6.1.2. Risques et dangers – voies d'exposition et de transfert	143
6.1.2.1. Définitions	143
6.1.2.2. Les différents dangers – voies d'exposition et de transfert	144
6.1.2.3. Contamination <i>versus</i> pollution	144
6.1.2.4. Distinguer les ETM « naturels » (géogènes, pédogènes) et « anthropiques »	145
6.1.2.5. Importance des formes chimiques des éléments	145
6.1.3. Différentes formes et localisation des éléments en traces dans les sols	146
6.1.4. Méthodes de mesures et d'estimation disponibles	147
6.1.4.1. Les teneurs « totales » et « pseudo-totales »	147
6.1.4.2. Les extractions partielles	148
6.1.4.3. Les extractions séquentielles	149
6.1.5. Comment évaluer le niveau de pollution d'un sol ?	149
6.1.5.1. Les trois approches simples	150
6.1.5.2. L'exemple du plomb à Bazeville (Beauce)	153
6.1.5.3. Calcul des facteurs d'enrichissement	155

6.2. Sites pollués célèbres (France)	155
6.2.1. Metaleurop à Noyelles-Godault	156
6.2.2. Mortagne-du-Nord	158
6.2.3. Plaine de Pierrelaye (pollution polymétallique)	159
6.2.3.1. Historique des épandages	159
6.2.3.2. La contamination des sols	160
6.3. Sites pollués locaux et contaminations diffuses	161
6.3.1. Site de traitement de poteaux pollué par du cuivre en contexte de podzosal.	161
6.3.2. Contaminations des sols par des boues de stations d'épuration	161
6.3.2.1. Épandages de boues d'épuration très chargées en ETM sur les sols du Vexin	162
6.3.2.2. L'essai de Bézu-le-Guéry	163
6.3.2.3. L'expérimentation du domaine de Couhins (INRA, Bordeaux)	164
6.3.2.4. La situation actuelle	165
6.3.3. Contaminations par le cuivre dans les sols de vignobles	167
6.3.4. Contaminations des sols par le cuivre et le zinc suite aux épandages répétés de lisiers de porcs	168
6.3.5. Les retombées atmosphériques de plomb depuis l'Antiquité	170
6.3.6. Les nanoparticules métalliques (NPM)	171
6.4. Impacts des pollutions métalliques.	172
6.4.1. Bio- et phytodisponibilité – voies d'absorption	172
6.4.2. La mobilité	172
6.4.3. Estimation de la mobilité et de la biodisponibilité	173
6.4.4. Importance des propriétés du sol vis-à-vis de la spéciation, de la biodisponibilité et de la mobilité	173
6.5. Que faire face à des sols pollués par des métaux ?	174
6.5.1. Stratégies sans traitements	175
6.5.2. Décapage des horizons pollués.	175
6.5.3. Immobilisation <i>in situ</i> et phytoremédiation	175
6.5.3.1. Immobilisation <i>in situ</i>	175
6.5.3.2. Les méthodes de phytoremédiation.	176
6.5.4. Un exemple : le site de Maatheide-Lommel (Belgique)	177
6.5.4.1. État initial	177
6.5.4.2. Premiers traitements.	179
6.6. Bibliographie	180

Chapitre 7. Pollutions organiques et réhabilitation des sols 183

Corinne LEYVAL, Aurélie CÉBRON et Pierre FAURE

7.1. La pollution organique : ses origines et sa diversité	183
7.2. Origine et répartition des HAP dans les sols	184
7.3. Caractéristiques, propriétés et toxicité des HAP	185
7.4. Devenir et impact des pollutions organiques dans les sols : des outils et des approches	187
7.4.1. Sorption des HAP dans les sols	188
7.4.2. Biodisponibilité et vieillissement de la contamination en HAP dans les sols	189
7.4.3. Biodégradation et microorganismes impliqués	190
7.5. Devenir des HAP dans la rhizosphère des plantes	191
7.6. Quelles techniques de remédiation, limites et contraintes ?	193
7.7. De la remédiation à la restauration	195
7.8. Conclusions	196
7.9. Bibliographie	197

Chapitre 8. Les sols urbains : artificialisation et gestion 203

Laure VIDAL-BEAUDET et Jean-Pierre ROSSIGNOL

8.1. Introduction	203
8.2. Urbanisation des sols	204
8.2.1. Histoire et origine des sols urbains	204
8.2.2. Artificialisation et imperméabilisation	206
8.3. Caractéristiques des sols en milieu urbain	207
8.3.1. Typologie des sols urbains	208
8.3.1.1. Les sols artificialisés	208
8.3.1.2. Les sols végétalisés	210
8.3.2. Les propriétés des sols urbains artificialisés	210
8.4. Classification et cartographie des sols urbains	211
8.4.1. Classification	211
8.4.2. Cartographie	213
8.5. Des sols fertiles pour des espaces végétalisés	216
8.5.1. Les sols reconstitués	216
8.5.2. Cas particulier du mélange terre-pierres	218
8.5.3. Les sols construits à partir de « déchets » des villes	219
8.6. Conclusions	220
8.6.1. « La trame brune »	220
8.6.2. Valeur et protection des sols urbains	220
8.7. Bibliographie	222

Chapitre 9. Le recyclage des produits résiduaire organiques en contexte tropical	225
Frédéric FEDER	
9.1. Définition, typologie et principales caractéristiques des produits résiduaire organiques	225
9.1.1. Définition des produits résiduaire organiques et des enjeux associés	225
9.1.2. Typologie des produits résiduaire organiques	226
9.1.2.1. Origines des produits résiduaire organiques	226
9.1.2.2. Les principale traitement des produits résiduaire organiques	227
9.2. Caractérisation analytique des produits résiduaire organiques	229
9.2.1. Les élément chimique d'intérêt agronomique (C, N, P, K)	229
9.2.2. Analyse spécifique des propriétés organiques	230
9.2.3. Les contaminant trace organiques et métalliques	231
9.3. Intérêt agronomique et risque environnemental	232
9.3.1. Aspect fertilisant des produits résiduaire organiques	232
9.3.2. Aspect amendant des produits résiduaire organiques	233
9.3.2.1. Augmentation des teneur en matière organique des sols	233
9.3.2.2. Amélioration des propriétés physique, chimique et microbiologique	234
9.3.3. Les contaminant métallique, organique et biologique	236
9.3.3.1. Les contaminant trace métallique et organique	236
9.3.3.2. Les contaminant biologique	237
9.3.3.3. Impact des procédé de transformation des produits résiduaire organique	237
9.3.4. Autre impact environnemental	238
9.3.4.1. Les pertes d'azote par volatilisation et par lixiviation	238
9.3.4.2. Les émission de protoxyde d'azote, de méthane et de dioxyde de carbone	238
9.4. Exemple de recyclage de produit résiduaire organique en contexte tropical	239
9.4.1. En système faiblement intensifié	239
9.4.2. En système intensifié	240
9.5. Bibliographie	243
 Liste des auteurs	 247
 Index	 249
 Sommaire des autre volume de la série	 261