

Table des matières

La série Télédétection pour l'observation des surfaces continentales	15
André MARIOTTI	
Introduction	19
Nicolas BAGHDADI et Mehrez ZRIBI	
Chapitre 1. Caractérisation des états de surface des sols par télédétection radar	21
Nicolas BAGHDADI et Mehrez ZRIBI	
1.1. Introduction thématique	21
1.2. Description des paramètres du sol	23
1.2.1. Rugosité du sol	23
1.2.2. Humidité des sols	27
1.3. Sensibilité du signal radar aux paramètres du sol	28
1.3.1. Sensibilité du signal à la rugosité.	28
1.3.2. Sensibilité du signal à l'humidité du sol.	30
1.3.3. Salinité du sol	31
1.3.4. Composition du sol	32
1.4. Modélisation de la rétrodiffusion radar sur des sols nus.	33
1.4.1. Description du modèle IEM.	35
1.4.2. Description du modèle Dubois	36
1.4.3. Description du modèle Oh.	37
1.4.4. Modélisation numérique.	37

1.5. Estimation des paramètres du sol à l'échelle de la parcelle à partir de données à haute et très haute résolutions.	40
1.5.1. Cas du sol nu.	40
1.5.2. Cas du sol avec couverture végétale	45
1.6. Estimation des paramètres du sol à moyenne résolution spatiale	47
1.7. Perspectives	48
1.8. Bibliographie.	50

**Chapitre 2. Estimation de l'état hydrique du sol par télédétection
micro-onde passive 55**

Ramata MAGAGI, Yann KERR et Jean-Pierre WIGNERON

2.1. Introduction générale	55
2.2. Principe de l'estimation de l'humidité du sol en micro-onde passive . . .	57
2.2.1. Effet de la rugosité sur la température de brillance d'un sol nu. . . .	57
2.2.2. Effet de la végétation sur la température de brillance d'un sol couvert de végétation	58
2.2.3. Effet de l'humidité du sol sur la sensibilité du signal à la rugosité du sol et à la végétation	58
2.2.4. Profondeur de pénétration du signal	59
2.3. Méthodes d'estimation de l'humidité de surface du sol	61
2.3.1. Inversion de modèles directs : inversion 1-P, 2-Pet N-P du modèle L-MEB.	62
2.3.2. Approches statistiques	63
2.3.3. Inversions explicites	64
2.3.4. Problèmes d'inversion	66
2.4. Produits d'humidité du sol issus de la télédétection spatiale micro-onde passive	67
2.4.1. Evolution de la télédétection spatiale micro-onde passive pour l'estimation de l'humidité du sol.	67
2.4.2. Validation, mesures au sol et représentativité à l'échelle AMSR-E, SMOS ou SMAP	69
2.4.3. Exemple d'évaluation de l'humidité du sol de SMOS sur les sites agricoles de CanEx-SM10 et SMAPVEX12	70
2.4.4. Analyse qualitative de l'humidité du sol estimée par SMOS et AMSR-E sur les sites agricole et forestier de CanEx-SM10	71
2.5. Méthodes de désagrégation des produits satellitaires d'humidité du sol dérivés des micro-ondes passives	73
2.6. Autres produits d'humidité dérivés des micro-ondes passives	75

2.6.1. Indices d'humidité	75
2.6.2. Humidité dans la zone racinaire	76
2.7. Principales applications.	76
2.7.1. Revue générale : applications en météorologie (NWP), modélisation du climat, sécheresse	77
2.7.2. Hydrologie, risques d'inondation, agriculture, foresterie, etc.	78
2.7.3. Applications dans les environnements nordiques	78
2.8. Conclusion	78
2.9. Bibliographie	80

Chapitre 3. Utilisation des diffusiomètres satellitaires pour le suivi des surfaces continentales 89

Pierre-Louis FRISON, Lionel JARLAN et Eric MOUGIN

3.1. Introduction.	89
3.2. Principe d'acquisition d'un diffusiomètre	90
3.3. Les principaux diffusiomètres	95
3.3.1. Les diffusiomètres à antennes fixes	95
3.3.2. Les diffusiomètres à antennes rotatives : SeaWinds.	97
3.4. Applications thématiques.	98
3.4.1. Hydrologie de surface	101
3.4.2. Suivi de la végétation.	106
3.5. Conclusion et perspectives.	113
3.6. Bibliographie.	114

Chapitre 4. Télédétection optique du manteau neigeux 121

Marie DUMONT et Simon GASCOIN

4.1. Introduction : importance du manteau neigeux	121
4.2. Propriétés optiques de la neige	122
4.3. Propriétés du manteau neigeux observables par télédétection optique	124
4.3.1. Présence de neige	124
4.3.2. Albédo et rayon optique, impact des impuretés	129
4.4. Utilisation des produits de surfaces enneigées pour l'hydrologie	131
4.4.1. Que faire des nuages ?	131
4.4.2. Générer des indicateurs hydroclimatiques	132
4.4.3. Modélisation hydrologique	133
4.5. Perspectives	134
4.6. Bibliographie.	136

Chapitre 5. Caractérisation de la neige par imagerie radar. 141

Monique BERNIER, Jean-Pierre DEDIEU et Yannick DUGUAY

5.1. Introduction.	141
5.2. Interactions radar et couvert nival.	142
5.2.1. Caractérisation physique de la neige.	142
5.2.2. Modélisation électromagnétique du signal radar.	147
5.2.3. Etudes polarimétriques de la neige.	153
5.3. Cartographie du couvert nival.	157
5.3.1. Cartographie de l'étendue du couvert nival.	157
5.3.2. Cartographie de l'équivalent en eau de la neige.	159
5.3.3. Environnements particuliers.	164
5.4. Utilisateurs actuels et perspectives d'avenir.	171
5.5. Bibliographie.	172

Chapitre 6. Altimétrie spatiale sur les eaux continentales 179

Jean-François CRÉTAUX et Stéphane CALMANT

6.1. Introduction.	179
6.2. Quelques généralités sur l'altimétrie satellitaire pour l'hydrologie	181
6.3. Etudes de cas avec l'altimétrie radar et laser	186
6.3.1. Lacs d'Afrique de l'Est	186
6.3.2. Lacs tibétains	190
6.4. Apport de l'altimétrie à l'estimation des débits des rivières	197
6.5. Impact des aménagements et usages, applications de l'altimétrie	203
6.5.1. Le contexte et l'apport de l'altimétrie spatiale	203
6.5.2. Etudes de cas avec l'altimétrie radar.	205
6.6. Conclusion et perspectives.	209
6.7. Bibliographie.	214

Chapitre 7. L'altimétrie radar pour le suivi de l'Antarctique 221

Frédérique RÉMY

7.1. Introduction.	221
7.2. L'Antarctique	222
7.2.1. Le continent des superlatifs	222
7.2.2. La machine Antarctique	223
7.2.3. Quoi et comment observer ?.	225
7.3. L'altimétrie polaire	226
7.3.1. Quelques spécificités de l'altimètre sur les calottes polaires.	226
7.3.2. Méthodologie de l'exploitation des séries temporelles pour la mesure de la hauteur	228

7.4. Apport à la climatologie	229
7.5. L'Antarctique à l'état stationnaire	231
7.5.1. La topographie de surface	231
7.5.2. Contrainte aux modèles	233
7.6. Variations temporelles	235
7.6.1. Des temps et des signaux très différents.	235
7.6.2. Vidange de lac.	235
7.6.3. Bilan de masse globale.	237
7.6.4. Accélération des glaciers émissaires : peuvent-ils s'emballer ? . . .	237
7.7. Conclusion et perspective	239
7.8. Bibliographie.	240

Chapitre 8. Caractérisation des redistributions de masse d'eau sur les continents et les calottes polaires par la mission de gravimétrie spatiale GRACE

Frédéric FRAPPART, Guillaume RAMILLIEN et Lucía SEOANE

8.1. Introduction.	243
8.2. Les techniques de post-traitement des solutions globales	244
8.2.1. Les méthodes empiriques	245
8.2.2. Les méthodes statistiques	246
8.2.3. Les méthodes inverses	249
8.3. Les approches régionales.	250
8.3.1. Les mascons	250
8.3.2. La méthode régionale.	251
8.4. Applications	254
8.4.1. Applications en hydrologie	254
8.4.2. Applications en glaciologie	260
8.5. Perspectives	262
8.6. Bibliographie.	263

Chapitre 9. Applications du GNSS-R en hydrologie continentale. . .

Erwan MOTTE, Alejandro EGIDO, Nicolas ROUSSEL, Karen BONIFACE

et Frédéric FRAPPART

9.1. Introduction.	267
9.1.1. Historique	267
9.1.2. Plan du chapitre	268
9.2. Rappel sur les techniques de mesure et observables GNSS-R	269
9.2.1. Le GNSS-R par analyse des formes d'onde	269

9.2.2. Le GNSS-R par analyse des variations du rapport signal sur bruit.	275
9.3. Altimétrie	276
9.3.1. Application à la mesure du manteau neigeux.	277
9.3.2. Application à la mesure du niveau d'eau	281
9.4. Humidité du sol	286
9.4.1. Méthodologie cGNSS-R (diffusion bistatique).	287
9.4.2. Exemple d'un suivi de l'humidité d'une parcelle agricole par cGNSS-R	290
9.4.3. Suivi de l'humidité du sol par IPT : méthodologie	292
9.4.4. Exemple d'un suivi de l'humidité d'un champ agricole par IPT	293
9.5. Couvert végétal	295
9.5.1. Restitution de la biomasse par cGNSS-R : aspects théoriques	295
9.5.2. Exemple d'estimation de la biomasse forestière par cGNSS-R	296
9.5.3. Suivi de la croissance de la végétation par IPT	297
9.6. Conclusion et perspectives.	298
9.6.1. Réseau IPT	298
9.6.2. Mesures aéroportées/ballons	298
9.6.3. Mesures spatiales	299
9.7. Bibliographie.	301

Chapitre 10. Bilan d'énergie des surfaces continentales et utilisation de la température de surface. 305

Gilles BOULET et Jean-Pierre LAGOUARDE

10.1. Introduction	305
10.2. Le bilan d'énergie et la température de surface	306
10.2.1. Le bilan radiatif	306
10.2.2. Les échanges convectifs	307
10.2.3. Le flux conductif dans le sol.	309
10.2.4. L'équation du bilan d'énergie	310
10.2.5. Signification de la température de surface.	311
10.3. Les données température de surface	312
10.3.1. Les effets directionnels dans l'infrarouge thermique	313
10.3.2. Impact de la turbulence atmosphérique sur l'incertitude de mesure	314
10.3.3. Les données actuelles et leurs limitations : un besoin de missions nouvelles dans l'IRT	316
10.4. Estimation de l'évapotranspiration	317
10.4.1. Méthodes résiduelles	318
10.4.2. Méthodes contextuelles.	321

10.4.3. Assimilation des données thermiques	323
10.4.4. Méthodes opérationnelles adaptées à la disponibilité des données satellite	324
10.5. Autres applications.	324
10.5.1. Agriculture et foresterie	325
10.5.2. Suivi climatique et santé des écosystèmes.	329
10.5.3. Cycles biogéochimiques et pollution des sols.	330
10.5.4. Hydrologie	330
10.6. Perspectives	332
10.7. Bibliographie	333

Chapitre 11. Assimilation de données spatiales : applications à l'hydrologie de bassin versant 339

Delphine LEROUX et Thierry PELLARIN

11.1. Introduction	339
11.2. Les modèles hydrologiques.	340
11.3. Données satellite disponibles pour l'assimilation.	341
11.4. Description de l'assimilation de données	343
11.5. Exemples d'assimilation dans les modèles hydrologiques	347
11.5.1. Assimilation de l'humidité de surface du sol	348
11.5.2. Assimilation de la hauteur d'eau des rivières	352
11.5.3. Assimilation du stock d'eau dans les sols	355
11.6. Exemple d'application : assimilation de l'humidité de surface de SMOS dans le modèle hydrologique DHSVM, sur le bassin versant de l'Ouémé, au Bénin	357
11.6.1. Zone d'étude et mise en place du modèle hydrologique	357
11.6.2. Assimilation des humidités de surface de SMOS dans le modèle hydrologique	360
11.7. Un avenir propice à l'assimilation en hydrologie.	365
11.8. Bibliographie	366

Chapitre 12. Assimilation de données satellitaires : application au cycle de l'eau et du carbone 371

Jean-Christophe CALVET, Patricia DE ROSNAY, Alina BARBU
et Souhail BOUSSETTA

12.1. L'assimilation : pour quoi faire ?	371
12.2. Analyses de l'humidité des sols et de la végétation pour la prévision numérique du temps.	375
12.3. L'eau : du sol à la rivière	382

12.4. Les puits et les sources naturels de CO ₂	387
12.5. Conclusion et perspectives	389
12.6. Bibliographie	390
Acronymes	397
Glossaire	415
Index	429
Comité scientifique	433
Sommaires des autres volumes de la série	435