

MICHEL-CLAUDE GIRARD

COLETTE M. GIRARD

GÉNIE INDUSTRIEL

ENVIRONNEMENT

AGRO-ALIMENTAIRE

# T RAITEMENT DES DONNÉES

MÉCANIQUE

# DE

# TÉLÉDÉTECTION

CHIMIE

MATÉRIAUX

DUNOD

EEA

## A

---

### Les sources de données

<b>1 • Les bases physiques</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Le rayonnement</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Grandeurs des sources et récepteurs</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Le facteur de réflectance</b>	<b>8</b>
<b>1.4 Le rayonnement solaire et les perturbations atmosphériques</b>	<b>9</b>
1.4.1 L'absorption atmosphérique	10
1.4.2 La diffusion atmosphérique	11
1.4.3 Le rayonnement atmosphérique	11
<b>1.5 Les mesures de télédétection dans l'infrarouge thermique</b>	<b>12</b>
1.5.1 Les bases physiques	12
1.5.2 Correction du rayonnement atmosphérique	13
1.5.3 Relation entre la température radiative et la température aérodynamique	17
1.5.4 Relation entre la température de surface et l'évapotranspiration	19
<b>1.6 Les principes des méthodes de télédétection hyperfréquences</b>	<b>20</b>
1.6.1 Les lois particulières aux hyperfréquences	20
1.6.2 Les bandes de fréquences	21
1.6.3 La polarisation	22
1.6.4 L'effet Doppler	22
1.6.5 Le signal rétrodiffusé	22
1.6.6 L'équation du radar	23
1.6.7 Les paramètres logistiques	23
1.6.8 La décomposition des processus physiques de la rétrodiffusion	26
<b>1.7 Conclusion générale</b>	<b>32</b>

## 2 • Les systèmes capteurs-vecteurs

35

### 2.1 Les capteurs

35

2.1.1 Schéma général

36

2.1.2 Les systèmes recevant le rayonnement

37

2.1.3 Les bandes spectrales

39

2.1.4 Les systèmes aéroportés

40

### 2.2 Les vecteurs

41

2.2.1 Les lois générales de l'orbitologie

41

2.2.2 Les orbites

42

2.2.3 Le système SPOT

45

### 2.3 Les autres systèmes

47

2.3.1 MÉTÉOSAT

47

2.3.2 NOAA

49

2.3.3 Les systèmes à capteurs thermiques

50

2.3.4 LANDSAT

51

2.3.5 ERS-1 et 2

52

2.3.6 RADARSAT

52

2.3.7 JERS

52

2.3.8 L'évolution des capteurs

53

2.3.9 Les photographies satellitales

55

### 2.4 Conclusion

55

# B

## Interprétation physique des données

### 3 • La composition des couleurs

59

#### 3.1 L'œil et la couleur

59

3.1.1 La vision

59

3.1.2 La sensibilité

59

3.1.3 Les contrastes

60

#### 3.2 Le système Rouge, Vert, Bleu

60

<b>3.3</b>	<b>La représentation cubique</b>	<b>62</b>
3.3.1	Le système additif	62
3.3.2	Le système soustractif	62
<b>3.4</b>	<b>Le triangle de la Commission internationale de l'éclairage</b>	<b>63</b>
<b>3.5</b>	<b>Le système Munsell</b>	<b>64</b>
<b>3.6</b>	<b>Le métamérisme</b>	<b>66</b>
<b>3.7</b>	<b>La couleur en photographie</b>	<b>66</b>
3.7.1	Le principe des émulsions	66
3.7.2	Le panchromatique et l'infrarouge	67
3.7.3	La couleur	68
3.7.4	L'infrarouge couleur	69
<b>3.8</b>	<b>Le traitement des couleurs sur écran couleur</b>	<b>70</b>
3.8.1	Les couleurs sur l'écran	70
3.8.2	L'affichage d'une couleur	70
<b>3.9</b>	<b>L'utilisation des couleurs en traitement d'image</b>	<b>71</b>
3.9.1	Le codage coloré d'une image (8 bits)	71
3.9.2	L'interprétation d'un codage 3 fois 8 bits	71
3.9.3	Le choix des couleurs	72
3.9.4	L'impression en couleur des documents	73
<b>3.10</b>	<b>Conclusion</b>	<b>73</b>
<b>4 •</b>	<b>Les comportements spectraux</b>	<b>75</b>
<b>4.1</b>	<b>La végétation</b>	<b>75</b>
4.1.1	Au laboratoire	76
4.1.2	Au champ	83
<b>4.2</b>	<b>Les sols</b>	<b>86</b>
<b>4.3</b>	<b>Les indices de végétation</b>	<b>88</b>
4.3.1	L'identification des couverts végétaux	88
4.3.2	L'évaluation des paramètres du couvert	89
4.3.3	L'utilisation du « faisceau des sols »	90
4.3.4	Les différents indices de végétation	90
<b>4.4</b>	<b>L'eau</b>	<b>92</b>
4.4.1	Réponse dans le visible et l'infrarouge proche et moyen	92

4.4.2	Mesure approchée de la bathymétrie en eau claire	93
4.4.3	Mesure de la couleur de l'eau	94

<b>4.5</b>	<b>La neige et la glace</b>	<b>95</b>
------------	-----------------------------	-----------

# C

## Traitement et interprétation

<b>5</b>	<b>L'interprétation visuelle des photographies et des images</b>	<b>101</b>
<b>5.1</b>	<b>L'interprétation par l'homme</b>	<b>101</b>
5.1.1	L'œil	101
5.1.2	L'interprétation par le cerveau	101
5.1.3	La démarche d'interprétation	103
<b>5.2</b>	<b>La photo-interprétation</b>	<b>103</b>
5.2.1	Les lignes et les points	104
5.2.2	Les surfaces fermées	110
5.2.3	Retrouver des thèmes	113
5.2.4	Les terroirs	114
5.2.5	Conclusion	114
<b>5.3</b>	<b>L'interprétation visuelle des images satellitales</b>	<b>115</b>
5.3.1	L'interprétation sur tirage photographique	115
5.3.2	L'interprétation sur écran	116
5.3.3	La vision stéréoscopique avec les images satellitales	117
<b>5.4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>118</b>
<b>6</b>	<b>Le traitement d'images – généralités</b>	<b>121</b>
<b>6.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>121</b>
<b>6.2</b>	<b>Les méthodes de traitement d'images</b>	<b>122</b>
6.2.1	La texture	123
6.2.2	La structure	123

<b>6.3 Les classifications</b>	<b>123</b>
6.3.1 Les multiples langages	123
6.3.2 Segmentation et classification	124
6.3.3 Classification et classement	124
6.3.4 Méthode ascendante et méthode descendante	125
6.3.5 La notion de distance mathématique	126
6.3.6 L'utilisation des distances pour les classifications	127
<b>6.4 Conclusion</b>	<b>130</b>
<b>7 • Les traitements de base</b>	<b>131</b>
<b>7.1 Les traitements applicables à un canal</b>	<b>131</b>
7.1.1 Analyse d'un histogramme	131
7.1.2 Les transformations des comptes numériques	133
<b>7.2 Les traitements applicables à plusieurs canaux</b>	<b>138</b>
7.2.1 Comparaison entre les couleurs et les comportements spectraux des objets	138
7.2.2 Choix des combinaisons de canaux	139
7.2.3 Histogrammes bidimensionnels ou tridimensionnels	141
7.2.4 La segmentation de l'histogramme	145
7.2.5 La combinaison arithmétique de canaux	145
7.2.6 L'analyse statistique des canaux	148
7.2.7 L'analyse en composantes principales	149
<b>7.3 Les masques</b>	<b>153</b>
7.3.1 Le masquage radiométrique	154
7.3.2 Le masquage géographique	154
7.3.3 Le masquage logique	155
<b>7.4 Conclusion</b>	<b>156</b>
<b>8 • Les classifications non assistées</b>	<b>157</b>
<b>8.1 La classification ascendante hiérarchique</b>	<b>157</b>
8.1.1 Principes	157
8.1.2 Groupes et légende	158
<b>8.2 Exemple sur l'image de Brienne</b>	<b>161</b>
8.2.1 Interprétation statistique	161
8.2.2 Interprétation numérique	164

8.2.3	Interprétation spatiale	167
8.2.4	Interprétation générale	170
8.2.5	Analyse de la qualité de la classification	174
8.2.6	Réponse aux buts fixés	174
8.2.7	Conclusion	177
<b>8.3</b>	<b>La classification par centres mobiles</b>	<b>177</b>
8.3.1	Principe	177
8.3.2	Méthode d'interprétation	178
8.3.3	Comparaison avec la classification ascendante hiérarchique	181
8.3.4	Conclusion	182
<b>9</b>	<b>• Les classifications assistées</b>	<b>183</b>
<b>9.1</b>	<b>La classification hypercube</b>	<b>183</b>
9.1.1	La segmentation de l'hyperplan radiométrique	183
9.1.2	La segmentation monocanal	184
9.1.3	La segmentation multicanal	186
9.1.4	La segmentation chorologique	188
9.1.5	Les comportements spectraux des divers groupes	189
9.1.6	Statistique des divers groupes	190
9.1.7	Les interprétations visuelles	191
9.1.8	Qualité de la classification par hypercube	192
9.1.9	Conclusion	192
<b>9.2</b>	<b>La classification par maximum de vraisemblance</b>	<b>192</b>
9.2.1	Le comportement spectral probabilisé	192
9.2.2	Principes de la classification	193
9.2.3	Le seuil de rejet	194
9.2.4	Mise en œuvre de la classification	195
9.2.5	Les itérations : une démarche heuristique	202
9.2.6	Appréciation de la qualité de la classification	204
9.2.7	Conclusion	205
<b>10</b>	<b>• Méthodologie pour les traitements d'images de télédétection</b>	<b>206</b>
<b>10.1</b>	<b>Les objectifs</b>	<b>206</b>
<b>10.2</b>	<b>Méthode</b>	<b>206</b>
10.2.1	Les entrées	207

10.2.2	Le traitement	207
10.2.3	Les sorties	208
<b>10.3</b>	<b>Les démarches</b>	<b>210</b>
10.3.1	L'initialisation	210
10.3.2	La corrélation	210
10.3.3	La vérification	210
10.3.4	La modélisation	210
<b>10.4</b>	<b>L'interprétation des traitements</b>	<b>211</b>
10.4.1	L'approche radiométrique	211
10.4.2	L'approche chorologique	211
<b>11 •</b>	<b>Le traitement structural des images satellitales</b>	<b>213</b>
<b>11.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>213</b>
11.1.1	Limites et mixels	213
11.1.2	Classification et cartographie	213
11.1.3	Unités cartographiques complexes	214
<b>11.2</b>	<b>VOISIN</b>	<b>214</b>
11.2.1	Voisinage dans une fenêtre : le vecteur composition	214
11.2.2	Méthode	215
11.2.3	Exemple	216
<b>11.3</b>	<b>OASIS</b>	<b>217</b>
11.3.1	Méthode	217
11.3.2	Exemple	221
<b>12 •</b>	<b>Le filtrage numérique des images</b>	<b>229</b>
<b>12.1</b>	<b>Le filtrage linéaire</b>	<b>229</b>
12.1.1	L'image vue comme un signal bidimensionnel	229
12.1.2	Les systèmes de traitement des signaux : produit de convolution	233
12.1.3	Le filtrage spatial	235
<b>12.2</b>	<b>Le filtrage non linéaire</b>	<b>237</b>
12.2.1	Le filtrage d'ordre : médiane	237
12.2.2	Le filtrage morphologique	238
12.2.3	Le filtrage homomorphique	241
12.2.4	Le filtrage adaptatif	241

<b>12.3</b>	<b>La réduction du bruit pour le prétraitement des images</b>	<b>242</b>
12.3.1	Le bruit dans les images	242
12.3.2	Les filtrages linéaires et non linéaires pour la réduction de bruit	242
<b>12.4</b>	<b>L'extraction de contours</b>	<b>243</b>
12.4.1	Le modèle de contour	244
12.4.2	L'extraction des contours par filtrages différentiels	245
12.4.3	L'extraction des contours par d'autres filtrages	247
12.4.4	La fermeture des contours	249
12.4.5	Autres méthodes d'extraction de contours	250
12.4.6	Estimation des performances des opérateurs de détection de contour	252
<b>12.5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>253</b>
<b>13 •</b>	<b>Transformations géométriques des images de télédétection</b>	<b>255</b>
<b>13.1</b>	<b>Les méthodes de correction géométrique des images</b>	<b>255</b>
13.1.1	Origine des déformations géométriques	255
13.1.2	Méthodes paramétriques et interpolatrices	255
13.1.3	Modélisation globale ou locale des méthodes interpolatrices	256
13.1.4	Transformation directe et transformation inverse	256
13.1.5	Interpolations dans les transformations géométriques	257
<b>13.2</b>	<b>Les méthodes interpolatrices</b>	<b>257</b>
13.2.1	L'interpolation radiométrique	257
13.2.2	L'interpolation géométrique	259
13.2.3	Conclusion sur l'utilisation des méthodes interpolatrices	267
<b>13.3</b>	<b>Mise en œuvre de la rectification des images de télédétection</b>	<b>267</b>
13.3.1	Problématique générale	267
13.3.2	Les systèmes et les données utilisés pour la rectification	267
13.3.3	La mise en place du modèle de rectification	271
13.3.4	Conclusion	275
<b>14 •</b>	<b>Éléments de base sur les photographies aériennes</b>	<b>277</b>
<b>14.1</b>	<b>La prise de vues</b>	<b>277</b>
14.1.1	Les capteurs photographiques	277
14.1.2	Les différents types de photographies aériennes	280

14.1.3 Les missions régulières	283
14.1.4 Organisation et recouvrement des photographies aériennes	284
14.1.5 Exemple d'un plan de vol	287
<b>14.2 La stéréoscopie</b>	<b>287</b>
14.2.1 Généralités	287
14.2.2 La vision stéréoscopique	288
14.2.3 Les stéréoscopes	290
14.2.4 Anaglyphes et vertographes	292
<b>14.3 La photogrammétrie</b>	<b>292</b>
14.3.1 L'orientation des photographies	292
14.3.2 La mise en place d'un couple stéréoscopique	293
14.3.3 L'échelle d'une photographie	293
14.3.4 L'assemblage de photographies aériennes : les mosaïques	296
14.3.5 Les déformations radiales	297
14.3.6 La parallaxe et la détermination des altitudes	298
14.3.7 La stéréo-restitution – Orthophotoplans	299
14.3.8 Éléments d'histoire de la photographie aérienne	300
<b>14.4 Conclusion</b>	<b>302</b>

## D

### Évaluation de la qualité

<b>15 • Les changements d'échelle</b>	<b>305</b>
15.1 Introduction	305
15.2 Échelle et organisation des milieux	305
15.3 Aspects spécifiques à la télédétection	308
15.3.1 Les résolutions	308
15.3.2 Adéquation entre niveaux d'observation et niveaux d'organisation : segmentation de l'image	308
15.4 Décomposition du pixel en ses éléments constitutifs ou démarche descendante	310
15.5 Agrégation de pixels ou démarche ascendante	314

<b>16 • Les critères de choix pour l'utilisateur</b>	<b>316</b>
<b>16.1 Quelles données choisir ?</b>	<b>316</b>
16.1.1 Quelle est la question posée, le problème à résoudre ?	316
16.1.2 Les données de télédétection sont-elles aptes à répondre ?	316
16.1.3 Quelles sont les conditions d'acquisition des données les plus susceptibles d'apporter une réponse ?	316
16.1.4 Existe-t-il des données de télédétection disponibles répondant aux conditions définies ci-dessus, en relation avec la question posée ?	318
<b>16.2 Les critères de choix des données de télédétection</b>	<b>317</b>
16.2.1 Le choix des résolutions spectrales et géométriques	317
16.2.2 Le choix de la date d'acquisition	318
16.2.3 Le choix des canaux	319
<b>16.3 Le choix du type de traitement</b>	<b>320</b>
16.3.1 Interprétation visuelle ou interprétation automatique des données	320
16.3.2 Conseils lors de l'emploi de classifications numériques	321
<b>16.4 Conclusion</b>	<b>323</b>
<b>17 • La qualité d'une interprétation</b>	<b>324</b>
<b>17.1 Introduction</b>	<b>324</b>
<b>17.2 La qualité géométrique</b>	<b>325</b>
17.2.1 La précision de position	325
17.2.2 La précision de forme	326
17.2.3 La fiabilité	326
<b>17.3 La qualité sémantique</b>	<b>326</b>
17.3.1 Définition	326
17.3.2 Établissement de la typologie	327
17.3.3 Établissement d'une matrice de confusion	328
17.3.4 Discussion d'une matrice de confusion	331
17.3.5 Limitations des méthodes traditionnelles d'évaluation de la précision	334
<b>17.4 Conclusion</b>	<b>334</b>

# E

## Applications

<b>18 • Les agropaysages</b>	<b>339</b>
<b>18.1 L'interprétation paysagique</b>	<b>339</b>
18.1.1 Le concept de paysage	339
18.1.2 Le paysage : descripteur synthétique en télédétection	339
18.1.3 L'agropaysage	340
<b>18.2 Pratique de l'analyse du paysage</b>	<b>341</b>
18.2.1 Les différents points de vue	341
18.2.2 Les composantes principales des paysages	342
18.2.3 Fiche de description et statistiques	347
<b>18.3 Un exemple : les agropaysages de l'Yonne</b>	<b>348</b>
18.3.1 L'élaboration de la méthode de description	349
18.3.2 La mise en œuvre de l'interprétation : tracé et description des plages	353
18.3.3 L'évaluation de l'interprétation visuelle	354
18.3.4 La classification des plages cartographiques : les unités d'agropaysage	355
18.3.5 La validation	356
<b>18.4 Autres exemples</b>	<b>356</b>
18.4.1 Le pays d'Auge	356
18.4.2 Le département du Rhône	357
18.4.3 Le département de l'Aube	357
18.4.4 La région Champagne-Ardenne	357
18.4.5 Les agropaysages et les petites régions agricoles	357
<b>18.5 Conclusion</b>	<b>358</b>
<b>19 • CORINE Land Cover</b>	<b>361</b>
<b>19.1 Introduction</b>	<b>361</b>
19.1.1 La cartographie CORINE Land Cover	361
19.1.2 La cartographie automatique	364
<b>19.2 Traitements des données et discussion des résultats</b>	<b>365</b>
19.2.1 La classification dirigée de l'occupation du sol	365

19.2.2 L'intégration spatiale	367
19.2.3 L'évaluation des résultats	367

<b>19.3 Conclusion</b>	<b>376</b>
------------------------	------------

<b>20 • Formations herbacées et prairies permanentes</b>	<b>377</b>
--	------------

<b>20.1 Les différentes formations herbacées terrestres</b>	<b>377</b>
---	------------

<b>20.2 Problématique</b>	<b>380</b>
---------------------------	------------

<b>20.3 Applications</b>	<b>381</b>
--------------------------	------------

20.3.1 Étude de la distribution des formations herbacées et des prairies permanentes	381
--	-----

20.3.2 Identification d'espèces et de groupements végétaux	382
--	-----

20.3.3 Cartographie d'unités et évaluation des surfaces	385
---	-----

20.3.4 Évaluation de la quantité de phytomasse aérienne	386
---	-----

20.3.5 Appréciation de la qualité de la phytomasse	388
--	-----

20.3.6 Suivi et prévision de l'évolution des groupements végétaux	390
---	-----

<b>20.4 Conclusion</b>	<b>391</b>
------------------------	------------

<b>21 • Les zones humides</b>	<b>393</b>
-------------------------------	------------

<b>21.1 Nature et intérêt des zones humides</b>	<b>393</b>
---	------------

<b>21.2 Délimitation du contour des zones humides par télédétection</b>	<b>394</b>
---	------------

21.2.1 Les marais	394
-------------------	-----

21.2.2 Les prairies inondables et humides	395
---	-----

<b>21.3 Classification et cartographie d'unités de zones humides</b>	<b>399</b>
--	------------

21.3.1 La cartographie à un niveau national et régional	399
---	-----

21.3.2 La cartographie à un niveau local	402
--	-----

<b>21.4 Étude de la dynamique des communautés végétales</b>	<b>405</b>
---	------------

<b>21.5 Conclusion</b>	<b>405</b>
------------------------	------------

<b>22 • Estimation des récoltes</b>	<b>407</b>
-------------------------------------	------------

<b>22.1 Les enjeux économiques</b>	<b>407</b>
------------------------------------	------------

<b>22.2 L'utilisation opérationnelle de la télédétection spatiale</b>	<b>408</b>
---	------------

<b>22.3</b>	<b>L'estimation des surfaces par télédétection en Europe</b>	<b>408</b>
<b>22.4</b>	<b>Les modèles agrométéorologiques de prévision des rendements</b>	<b>411</b>
22.4.1	Généralités sur les méthodes de prévision des rendements	411
22.4.2	Méthode MARS ou modèle CGMS	411
22.4.3	La télédétection comme complément aux modèles	412
22.4.4	Perspectives	413
<b>22.5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>413</b>
<b>23 •</b>	<b>La pédologie</b>	<b>415</b>
<b>23.1</b>	<b>La télédétection et les sols</b>	<b>415</b>
<b>23.2</b>	<b>Les éléments directement décelables</b>	<b>415</b>
23.2.1	Le comportement spectral des sols dans le visible et l'infrarouge proche	415
23.2.2	Les états de surface de la couverture pédologique	416
23.2.3	La couleur	416
23.2.4	La rugosité	418
23.2.5	Le calcaire	420
23.2.6	La matière organique	421
23.2.7	Le fer	423
23.2.8	L'humidité	424
23.2.9	La granulométrie	425
23.2.10	Les sels	426
23.2.11	L'analyse multifactorielle	427
23.2.12	Le faisceau de droites de sols	429
<b>23.3</b>	<b>Modèle d'interprétation des images</b>	<b>430</b>
<b>23.4</b>	<b>Télédétection et cartographie des sols</b>	<b>432</b>
23.4.1	Pédopaysage et télédétection	432
23.4.2	Méthode de construction des pédopaysages	433
23.4.3	Exemple	435
<b>23.5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>438</b>
<b>24 •</b>	<b>La géologie minière</b>	<b>442</b>
<b>24.1</b>	<b>Métallogénie et types de gisements</b>	<b>442</b>

24.1.1	Les modèles de gisements	442
24.1.2	Un exemple : les types de gisements uranifères français	443
24.1.3	Métallogénie régionale et provinces métallifères	444
24.1.4	Le métallotecte : un concept opérationnel	445
<b>24.2</b>	<b>L'approche multiscale en prospection minière</b>	<b>445</b>
24.2.1	Schéma d'exploitation structurale multiscale dans la télédétection des gisements filoniens	445
24.2.2	Exemple d'exploitation régionale d'une interprétation structurale	446
<b>24.3</b>	<b>La télédétection, une méthode indirecte</b>	<b>447</b>
24.3.1	Les propriétés de réflectance	448
24.3.2	L'usage du thermique	451
<b>24.4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>454</b>
<b>25 •</b>	<b>Traitement des données de télédétection et aménagement du littoral</b>	<b>457</b>
<b>25.1</b>	<b>Introduction : problématique générale</b>	<b>457</b>
<b>25.2</b>	<b>L'observation spatiale des milieux côtiers</b>	<b>458</b>
25.2.1	Les objets du littoral et de la mer côtière	458
25.2.2	Objets littoraux et spécifications des systèmes d'observation aérospatiaux	459
<b>25.3</b>	<b>Les comportements spectraux des objets du littoral</b>	<b>461</b>
25.3.1	Les milieux littoraux intercotidaux et subcotidaux	461
25.3.2	Les cibles minérales du domaine intercotidal (domaine optique)	461
25.3.3	Les cibles végétales du domaine intercotidal (domaine optique)	462
25.3.4	Le domaine subcotidal : le cas des hydrocarbures	465
<b>25.4</b>	<b>Exemples d'applications à l'aménagement des littoraux</b>	<b>466</b>
25.4.1	Application à la cartographie de base en milieu corallien	466
25.4.2	Aménagement aquacole (élevage de crevettes tropicales)	467
25.4.3	Applications à la cartographie thématique des algues	468
25.4.4	Exemples de détection des pollutions par hydrocarbures en mer	468
25.4.5	Détection des états de surface de la mer par radar imageur	469
25.4.6	Détection et suivi de l'évolution de la température de surface de la mer en environnement littoral	471
<b>25.5</b>	<b>Conclusion, perspectives</b>	<b>471</b>

<b>26 • Exemples d'applications dans l'infrarouge thermique et les hyperfréquences</b>	<b>475</b>
<b>26.1 Exemples dans l'infrarouge thermique</b>	<b>475</b>
26.1.1 La détection des sécheresses en France	475
26.1.2 L'estimation des flux entre le sol, la végétation et l'atmosphère	477
26.1.3 La cartographie des pluies au Sahel	478
26.1.4 La caractérisation des zones gélives	478
26.1.5 L'analyse des topoclimats à partir des températures de surface	480
26.1.6 Exemples d'applications utilisant la température de surface avec l'indice de végétation	480
26.1.7 Conclusion	481
<b>26.2 Exemples dans les hyperfréquences : l'exploitation des images radar</b>	<b>482</b>
26.2.1 Les caractéristiques des radars	482
26.2.2 La qualité des images	486
26.2.3 Les domaines d'application des données radar	488
26.2.4 Conclusion	495
<b>Glossaire</b>	<b>497</b>
<b>Références générales</b>	<b>503</b>
<b>Liste de sites Internet utiles</b>	<b>509</b>
<b>Index alphabétique</b>	<b>513</b>
<b>Index des images du cédérom</b>	<b>529</b>