

1. Introduction	17
------------------------------	-----------

PREMIÈRE PARTIE : LES COUVERTURES PHOTOGRAPHIQUES AÉRIENNES

2. La lumière : aspect physique et enregistrement	23
2.1. Historique	23
2.2. Le spectre solaire	24
2.2.1. Le spectre visible	25
2.2.2. L'infrarouge	25
2.2.3. La diffusion atmosphérique	25
2.3. Caractéristiques des chambres de prise de vues aériennes	27
2.3.1. Des chambres métriques	27
2.3.2. Les objectifs de prise de vues	28
2.3.2.1. Distance focale	28
2.3.2.2. Les points principaux d'autocollimation et de symétrie	29
2.3.2.3. Distorsions radiales	30
2.3.2.4. F-stop	31
2.3.3. Certificat de calibrage	31
2.4. Les émulsions photographiques	31
2.4.1. Définitions	31
2.4.2. Formation et mesure des couleurs	32
2.4.3. Les films panchromatiques	34
2.4.4. Les films sensibles à l'infrarouge	35
2.4.5. IR-balance	36
2.4.6. Pouvoir de résolution	37
3. Caractéristiques des missions de prise de vues aériennes	39
3.1. Plan de vol	39
3.1.1. Définitions	39
3.1.2. Orientation des lignes de vol	39
3.1.3. Recouvrement des photographies	40
3.1.4. Influences des irrégularités du plan de vol	41
3.1.5. Altitude de vol	42
3.1.6. Estimation du nombre de photographies	43
3.1.7. Documentation des photographies aériennes	44
3.1.7.1. Fiches de mission	44
3.1.7.2. Tableaux d'assemblage	44

3.2. Caractéristiques des photographies aériennes	45
3.2.1. Des photographies verticales	45
3.2.2. Choix de l'émulsion	46
3.2.2.1. Principes	46
3.2.2.2. Film panchromatique noir et blanc	47
3.2.2.3. Film couleurs naturelles	47
3.2.2.4. Film infrarouge noir et blanc	47
3.2.2.5. Film infrarouge couleur	47
3.2.2.6. Support	48
3.2.3. Choix de l'échelle	48
3.2.4. Choix de la date de prise de vues	50
3.2.4.1. Phénologie des espèces	50
3.2.4.2. Hauteur du soleil au-dessus de l'horizon	51
3.2.5. Indications portées sur les marges des photographies	52
3.2.6. Défauts des photographies aériennes	53
3.2.6.1. Vignettage	53
3.2.6.2. Tache claire	53
3.2.6.3. Déséquilibre des couleurs	53
3.2.6.4. Nuages	53
3.3. Vision stéréoscopique	54
3.3.1. Vision habituelle et vision stéréoscopique	54
3.3.2. La perception du relief	54
3.3.2.1. Notion de parallaxe stéréoscopique	54
3.3.2.2. L'examen du couple stéréoscopique	55
3.3.2.3. Notion de B/H	56
3.3.2.4. L'hyperstéréoscopie	57
3.3.3. Les stéréoscopes	58
3.3.4. La stéréoscopie numérique	59

DEUXIÈME PARTIE : PHOTO-INTERPRÉTATION DE LA VÉGÉTATION FORESTIÈRE

4. Réponse des végétaux au rayonnement lumineux	81
4.1. Structure interne de la feuille et pigments foliaires	81
4.2. Réflexion, absorption, transmission	82
4.3. Variabilité de la réponse spectrale des végétaux	84
5. Interprétation de la végétation	87
5.1. Définition	87
5.2. Les « objets » à identifier	88

5.3. Les critères d'identification	89
5.3.1. Distinction des essences par leur réponse spectrale sur un enregistrement infrarouge couleur	89
5.3.2. Analyse des formes	91
5.3.2.1. Analyse du parcellaire	92
5.3.2.2. Analyse de l'hétérogénéité intra-parcellaire	92
5.3.2.3. Formes, dimensions et répartition spatiale des houppiers	93
5.3.3. Prise en compte des critères stationnels	95
5.3.3.1. Topographie	95
5.3.3.2. Géologie, géomorphologie et pédologie	96
5.3.4. Analyse des évolutions dans le temps	96
5.3.5. Le positionnement des limites	97
5.3.6. Un exemple en forêt tropicale	98
5.3.7. Conclusion	98
5.4. Méthode	100
5.4.1. Étapes et procédures	100
5.4.1.1. Nomenclature	100
5.4.1.2. Observation stéréoscopique	100
5.4.1.3. Prise en compte des contraintes liées à l'image	101
5.4.1.4. Recueil d'informations extérieures à l'image	101
5.4.1.5. Formulation d'hypothèses de travail	101
5.4.1.6. Contrôles au sol et généralisation des observations de terrain	101
5.4.1.7. Conclusion	102
5.5. Mesure de la qualité d'une interprétation	103

**TROISIÈME PARTIE : UTILISATION DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES
PAR L'INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL**

6. La carte forestière et les échantillons de phase 1	137
6.1. La carte forestière	137
6.1.1. Caractéristiques de la carte des formations végétales « ancienne méthode »	137
6.1.1.1. Échelle	138
6.1.1.2. Les types de formation végétale	138
6.1.1.3. Les types de peuplement forestier	139
6.1.1.4. La forêt ouverte	139
6.1.1.5. Les types de lande et les types de peupleraie	139
6.1.2. La nouvelle cartographie des types de formation végétale	139
6.1.2.1. Caractéristiques des photographies aériennes utilisées	139
6.1.2.2. La couche végétation du RGE et la carte forestière	140

6.1.3. Autres thèmes cartographiques	142
6.1.3.1. Classe de propriété	142
6.1.3.2. Région forestière	142
6.1.3.3. Les sylvoécorégions (SER)	142
6.2. Méthodes de sondage et interprétation des échantillons de phase 1	143
6.2.1. Les méthodes de sondage	143
6.2.1.1. Sondage stratifié à deux phases	143
6.2.1.2. Sondage totalement systématique dans l'espace	143
6.2.2. L'interprétation des échantillons de phase 1	144
6.2.2.1. Inventaire général	144
6.2.2.2. Inventaire des peupleraies	145
6.2.2.3. Inventaire des ligneux hors forêt	145
6.2.2.4. Comparaison d'inventaires	146
7. La photographie comme document de terrain	149
7.1. Quelques mesures simples et restitution cartographique	149
7.1.1. Déformations dues au relief	149
7.1.2. Détermination de l'échelle	150
7.1.3. Mesure des hauteurs	152
7.1.4. Restitution cartographique	153
7.2. Position sur le terrain d'une placette-échantillon	154
7.2.1. Orientation de la photographie et calcul de l'échelle locale	154
7.2.2. Positionnement à partir de photographies aériennes non rectifiées	155
7.2.3. Positionnement à partir de la BD ORTHO® et d'un GPS	155
8. Autres utilisations des photographies par l'IFN	157
8.1. Cartographie de l'évolution dans le temps de la couverture et de l'utilisation du sol ..	157
8.1.1. Cantal : enfrichement des terres agricoles – 1996	157
8.1.2. Extension spatiale des friches méditerranéennes – 1999	158
8.1.3. Cartographie de la végétation du lit de la Loire – 2003	159
8.1.4. Les composants d'un paysage : caractéristiques locales des peuplements – 2006 ..	160
8.2. Cartographie de l'évolution dans le temps du couvert boisé	161
8.2.1. Étude des mutations entre prairies, cultures et peupleraies en zone humide – 1999	161
8.2.2. Évolution de la châtaigneraie en Corse – 2000	161
8.3. Cartographie des dégâts aux forêts	162
8.3.1. Tempêtes éoliennes de 1999	162
8.3.2. Incendies en Corse – 2000	163
9. Les photographies aériennes à l'IFN : discussion et perspectives	165

10. L'orthophotographie	177
10.1. Définition	177
10.2. Réalisation et assemblage d'orthophotographies	177
10.2.1. Numérisation des photographies	178
10.2.2. Le modèle numérique de terrain	179
10.2.3. Orientation interne	179
10.2.4. Orientation externe	179
10.2.5. Remarque	180
10.2.6. Calcul des orthophotographies	180
10.2.7. Assemblage et corrections radiométriques	180
10.2.8. Précision de l'orthophotoplan	181
10.3. Les produits-image	181
10.3.1. Scans simples	181
10.3.2. Orthophotos simples	181
10.3.3. Orthophotoplan	182
10.3.4. Images 3D	182
10.4. Utilisation par l'IFN : avantages et contraintes	183
11. Prises de vues numériques aéroportées et BD ORTHO®	185
11.1. Les prises de vues numériques aéroportées	185
11.1.1. Barrette ou matrice ?	185
11.1.2. La caméra numérique multi-canal	186
11.1.3. Spécifications générales relatives aux prises de vues numériques	188
11.2. La BD ORTHO®	188
12. L'imagerie satellitaire : utilisation par l'IFN	191
12.1. Basse résolution spatiale : Landsat MSS	191
12.1.1. Étude Vosges-Vivarais	191
12.1.2. La forêt landaise	192
12.2. Moyenne résolution spatiale : Spot et Landsat TM	193
12.2.1. Spot et Forêts	193
12.2.1.1. Interprétation visuelle d'images Spot 1	193
12.2.1.2. Spot aval	194
12.2.1.3. Spot et Forêts 1-2	194
12.2.1.4. Segmentation d'image	195
12.2.2. Analyse de la structure de la végétation	196
12.2.3. Une approche pré-opérationnelle : projet Hérault	197

12.2.4. Une approche opérationnelle : suivi de la ressource pin maritime en Aquitaine	198
12.2.5. Une autre approche opérationnelle : cartographie des dégâts de tempête en Aquitaine	199
12.2.6. Autres travaux	200
12.3. La haute résolution spatiale	201
12.3.1. La résolution spatiale optimale : coopération franco-qubécoise	201
12.3.2. Évaluation des données Spot 5 THR	202
12.4. Le présent : les résolutions métriques et submétriques	204
12.4.1. La poursuite de travaux engagés	204
12.4.2. Une approche nouvelle : la détection automatique des houppiers	204
12.5. Conclusion	206

CINQUIÈME PARTIE : GLOSSAIRE, BIBLIOGRAPHIE, ANNEXES, TABLES

Glossaire	211
Bibliographie	217
Annexe 1 : Nomenclatures de la carte forestière	222
Annexe 2 : Cartographie des essences forestières	225
Annexe 3 : Le taux de couvert	235
Annexe 4 : Exemples de photographies interprétées	237
Annexe 5 : Les couvertures aériennes de l'IFN	247
Table des illustrations	263
Table des tableaux	266
Table des planches	267