

J. Ibáñez



**CENTRO INTERNACIONAL DE ALTOS ESTUDIOS
AGRONOMICOS MEDITERRANEOS**

INSTITUTO AGRONOMICO MEDITERRANEO DE ZARAGOZA

**IDENTIFICATION DES PLANTATIONS FRUITIERES
PAR TELEDETECTION ET ENQUETE DE TERRAIN**

Faouzi EL BATTI

**TESIS PRESENTADA Y PUBLICAMENTE
DEFENDIDA EN EL I.A.M.Z. PARA
LA OBTENCION DEL DIPLOMA DE
ALTOS ESTUDIOS DEL C.I.H.E.A.M.**

MASTER OF SCIENCE

Saragosse, Février 1995



**IDENTIFICATION DES PLANTATIONS FRUITIERES
PAR TELEDETECTION ET ENQUETE DE TERRAIN**

Faouzi EL BATTI

Saragosse, Février 1995

CENTRE INTERNATIONAL DE HAUTES ETUDES AGRONOMIQUES MEDITERRANEENNES

INSTITUT AGRONOMIQUE MEDITERRANEEN DE SARAGOSSE

IDENTIFICATION DES PLANTATIONS FRUITIERES

PAR TELEDETECTION ET ENQUETE DE TERRAIN

Faouzi EL BATTI

Travail réalisé à l'Unité des Sols et d'Irrigation, Servicio de Investigación Agraria, Diputación General de Aragón, Zaragoza, sous la direction conjointe des Drs. Juan HERRERO et Auxiliadora CASTERAD,

et soutenu publiquement le 24 février 1995, devant le jury suivant:

- Federico GONZALEZ ALONSO, Laboratoire de Télédétection, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Madrid,
- Netij BEN MECHLIA, Département des Sciences de la Production Végétale, Institut National Agronomique de Tunis,
- Amparo GILABERT, Département de Thermodynamique, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad de Valencia,
- Santiago LATORRE, Service de la Vulgarisation Agricole, Departamento de Agricultura, Diputación General de Aragón, Zaragoza,
- Dunixi GABIÑA, Directeur Adjoint de l'Institut Agronomique Méditerranéen de Saragosse.



**A MA MERE POUR SON SACRIFICE
A MA SOEUR ET A NAHED**

A TOUTE MA FAMILLE ET A MES AMIS

REMERCIEMENTS

A la fin de cette thèse de Master, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de loin ou de près à ce travail.

A l'*Institut Agronomique Méditerranéen de Saragosse (I.A.M.Z)* pour l'aide financière qu'il m'a accordée et qui m'a permis d'élaborer ce travail dans de meilleures conditions. La bienveillance du directeur **Mr. Miguel Valls**, l'aide continue de la coordinatrice du cours d'aménagement rural en fonction de l'environnement **Maite Aguinaco** et la formidable équipe que constitue le personnel de l'*I.A.M.Z.* m'ont été de grande valeur.

A l'*Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (I.N.I.A)* pour la contribution à ce travail à travers le projet n°SC 93-057.

Au *Servicio de Investigación Agraria (SIA) del Gobierno de Aragón*, qui a mis tous les moyens nécessaires à ma disposition, sans lequel cette thèse n'aurait pu se réaliser.

A mon pays qui m'a permis d'étudier et de poursuivre mes études à l'étranger.

A mon Directeur **Dr. Juan Herrero**, qui tout au long de ce travail, m'a prêté son assistance scientifique, et sans les précieux conseils duquel ce travail n'aurait pu atteindre l'objectif escompté.

A **Auxiliadora Casterad**, pour son appui continu, ses multiples suggestions et critiques qui m'ont été d'un précieux apport.

A **Berta Bescós**, pour toutes les heures consacrées à l'intégration des données de terrain dans le système d'information géographique (ARC/INFO). Ces quelques lignes ne peuvent exprimer ce que je ressens pour toute l'aide et la gentillesse apportées tout au long de ce travail.

A **Jesús Andrés**, qui a su me faire surmonter mes doutes en informatique. A aucun moment, il n'a hésité à m'assister; son infatigable disposition de jour comme de nuit et son incessante amitié m'ont été d'un grand apport.

A **Luis Albericio et Carlos Moneo**, sans leur soutien la collection de données n'aurait pu être la même; ces quelques phrases ne peuvent suffire à exprimer tout ce que je ressens pour eux.

A **José Luis Espada** qui m'a permis de me mettre en contact avec les gens de terrain et bien sûr à **Julio Fortanete, Manuel Perez** qui m'ont appris à me familiariser avec le cycle des cultures.

A mon ami et collègue **José Luis Atucha** avec qui, j'ai partagé les mêmes difficultés lors de ce travail et avec qui j'ai pu surmonter tous les obstacles. J'ai pu apprécier les bons et mauvais moments en sa présence.

A tout le personnel du *Departamento de Suelos y Riegos (SIA, DGA)*, je tiens à exprimer ma profonde et sincère reconnaissance. En particulier, à **Antonio Martínez-Cob** pour ses multiples explications sur le climat, à **Octavio Artieda** qui m'a aidé dans la caractérisation de la géomorphologie et des sols de la zone d'étude et à **Rosa Gómez** pour sa précieuse contribution à la réalisation de graphiques.

A mes meilleurs amis **Hamadi, Mohamed Ali, Arturo, Sükran, Jorge, Arezki, Mar.**

A tout les participants de la promotion 92/93 de *Ordenación rural en función del medio ambiente* qui n'ont pas pu être nommés ici.

RESUME

Le présent travail a porté sur l'utilisation conjointe de la télédétection et de l'enquête de terrain en milieu méditerranéen et semi-aride pour l'identification des fruitiers. En premier lieu, on a séparé les vergers vis à vis d'autres classes d'occupation du sol, et en deuxième lieu, on a analysé la possibilité de détecter certaines caractéristiques d'intérêt agronomique et/ou statistique de plantations fruitières.

Dans l'enquête de terrain on a envisagé une vision partielle du territoire mais toutefois représentative en identifiant un grand nombre des thèmes et en tenant compte des parcelles de différentes superficies. Dans le cas des fruitiers, différentes caractéristiques agronomiques ont été identifiées. L'information de terrain a été digitalisée à partir des orthophotoplans au 1/5.000 et archivée dans un système d'information géographique.

Deux images de Landsat-5 TM du 6 mars et 12 juillet 1993 ont été à l'origine de différentes classifications. Ces images ont été corrigées des effets des perturbations atmosphériques et rectifiées géométriquement et géographiquement par rapport aux orthophotoplans.

Les signatures spectrales des différentes classes considérées ont été déterminées à partir des parcelles d'entraînement de l'enquête de terrain par une procédure de sélection automatique et sans éliminer les pixels des bordures. ces signatures ont été évaluées par l'analyse des réflectances moyennes et leur écart-type dans chacun des canaux de Thematic Mapper. La séparation entre les classes spectrales a été analysée par l'application de la méthode de la divergence transformée.

Après avoir évalué les signatures spectrales, différentes classifications supervisées (singulières et multitemporelles) avec la méthode de maximum de vraisemblance ont été réalisées. Le contrôle de ces classifications a été effectué par l'analyse des matrices de confusion entre la vérité terrain et la classification. La disponibilité d'autre enquête de terrain obtenue par échantillonnage systématique aléatoire a permis d'évaluer avec rigueur la classification des fruitiers.

Les fruitiers ont été bien distingués des différentes classes d'occupation du sol. L'utilisation de deux signatures spectrales pour la classe des fruitiers (fruitiers adultes plantés avant 1990 et jeunes après 1989) a amélioré la classification globale et surtout la discrimination des fruitiers.

La distinction entre les espèces fruitières selon leurs comportements spectraux a été difficile. La réflectance des parcelles des fruitiers a été plus liée à la couverture du sol qu'aux différentes espèces.

La séparation entre les fruitiers à noyaux et à pépins a été acceptable. La discrimination de ces deux thèmes peut être due aux variations de la couleur et de la texture des feuilles des espèces qui constituent chaque groupe.

SUMMARY

The goal of this research was to identify, in a Mediterranean semi-arid region, the area planted to fruit tree crops using conjunctively remote sensing and land use surveys. First, the fruit tree crops were separated from other classes of land use and, secondly, we analyzed the possibility of detecting in the fruit tree orchards certain characteristics of agronomical and/or statistical interest.

Land use surveys were used to identify different parcels, obtaining a partial but representative vision of the territory. For the fruit tree orchards, different characteristics of agronomic interest were identified. The field information was digitized from 1/5.000 scale orthophotomaps, and the data were stored into a Geographical Information System.

Different classifications of two Landsat-5 TM images taken on 6 March and 12 July 1993 were performed. These images were corrected for atmospheric perturbations and, based in the orthophotomaps, were geometrically and geographically rectified.

The spectral signatures of the considered classes were obtained from the training parcels of the field survey by means of an automatic selection procedure, without eliminating the pixel borders. These signatures were evaluated using the analysis of the mean reflectances and their typical errors in each band of the Thematic Mapper. The separation between spectral classes was analyzed using the method of the transformed divergence.

After evaluating the spectral signatures, different supervised classifications (singular and multitemporal) were performed with the method of maximum likelihood. The control of these classifications was done through the analysis of the confusion matrices between the ground truth and the classification. The existence of another land survey obtained through a systematic aleatory sampling permitted a rigorous evaluation of the fruit tree classification.

The fruit tree crops were well distinguished from the different soil use classes. Use of two spectral signatures for the fruit tree class (mature trees planted before 1990 and young trees planted after 1989) improved the global classification and, in particular, the fruit tree discrimination.

The distinction between species of fruit trees based on their spectral behaviour was difficult, since the reflectance of the orchards was more related to soil cover characteristics than to the different species.

The separation between stone and seed fruit trees was acceptable. The distinction between these two classes may be linked to variations in color and texture of the leaves of the species belonging to each group.

RESUMEN

El presente trabajo ha tratado sobre la utilización conjunta de la teledetección y de la encuesta de terreno en un medio mediterráneo y semiárido para la identificación de frutales. En primer lugar se han separado los frutales de otras clases de ocupación del suelo, y en segundo lugar, se ha analizado la posibilidad de detectar ciertas características de interés agronómico y/o estadístico de plantaciones frutales.

Mediante la encuesta de terreno se han identificado diferentes parcelas-uso obteniéndose una visión parcial, si bien representativa del territorio. En el caso de los frutales han sido identificadas diferentes características de interés agronómico. La información de campo se ha digitalizado a partir de ortofotos a escala 1/5.000 y se ha almacenado en un Sistema de Información Geográfica.

Se han realizado diferentes clasificaciones de dos imágenes Landsat-5 TM del 6 de marzo y 12 de julio de 1993. En dichas imágenes se han corregido los efectos de perturbación atmosférica y se han rectificado geométrica y geográficamente en base a las ortofotos.

Las firmas espectrales de las clases consideradas se han obtenido a partir de las parcelas de entrenamiento de la encuesta de campo mediante un procedimiento de selección automática sin eliminar los píxeles de borde. Estas firmas se han evaluado mediante el análisis de las reflectancias medias y su error típico en cada banda del Thematic Mapper. La separación entre clases espectrales se ha analizado por el método de la divergencia transformada.

Después de evaluar las firmas espectrales, se han realizado diferentes clasificaciones supervisadas (singulares y multitemporales) mediante el método de máxima verosimilitud. El control de estas clasificaciones se ha efectuado mediante el análisis de las matrices de confusión entre la verdad-terreno y la clasificación. La disponibilidad de otra encuesta de terreno obtenida por un muestreo sistemático aleatorio ha permitido evaluar con rigor la clasificación de los frutales.

Los frutales se han distinguido bien de las diferentes clases de ocupación del suelo. La utilización de dos firmas espectrales para la clase frutal (frutales adultos plantados antes de 1990 y frutales jóvenes plantados después de 1989) ha mejorado la clasificación global y sobretodo la discriminación de frutales.

La distinción entre especies frutales en base a su comportamiento espectral ha sido difícil. La reflectancia de las parcelas de frutales ha estado más ligada a la cobertura del suelo que a las diferentes especies.

La separación entre frutales de hueso y pepita ha sido aceptable. La discriminación de estas dos clases puede estar ligada a las variaciones de color y textura de las hojas de las especies que constituyen cada grupo.

الملخص

يهدف هذا البحث الى تحديد وتعريف الاشجار الشرة في بيئة متوسطة شبه جافة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والمعالجة اليدوية في الرحلة الاولى من هذا العمل تم فصل وتبويب الاشجار الشرة عن بقية الاستخدامات الحقلية الاخرى الموجودة في المنطقة، اما في الرحلة الثانية فلقد تم تحليل امكانية تحري خصائص محددة في الاشجار الشرة ذات الاهتمام الزراعي و/ او الاحصائي.

ولقد تم استخدام مسوحات استعمال الاراضي لتحديد الاصناف المختلفة من الغطاء الارضي، حاصلين بذلك على رؤيا جزئية لكنها مثله للواقع. وبالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافي قنا بالترقيم الالي للمعلومات الحقلية المأخوذة من صور جوية معالجة ومسقطة بمقياس 5000/1 وتم تخزينها في الحاسب بالاضافة الى ما سبق فلقد تم الحصول على تصنيفات مختلفة اعتمادا على صورتين فضائيتين (Landsat- 5TM) اخذتا في 3/6 و 12/7/1993. هذه الصور تم تصحيحها من التشويشات الجوية وضبطها هندسيا وجغرافيا. اما الحصول على البصات الطيفية للصفوف السابقة فقد كان من خلال الحقول التجريبية للسح الحقلية وبواسطة اجراءات الاختيار الالي ومن دون حذف حدود وحدات القياس الفرضي Thematic Mapper فلقد تم تقييم هذه البصات. كما تم الفصل والتمييز فيما بين الصفوف (Pixels) . وباستخدام متوسط الانعكاس والانحراف المعياري الحاصلين في كل طول موجة من الماسح الطيفية باستخدام طريقة Transformed Divergence .

بعد تقييم البصات الطيفية تم اجراء تصنيفات اشراف ومراقبة Supervised Classifications (فردية وبعده ازمته) وذلك بطريقة الاحتمالية العظمى (Maximum Likelihood) وتم التاكيد ومراقبة هذه التصنيفات من خلال تباين الصفوفات بين التحقق الحقلية والتصنيف العملي الذي اجريناه. ونشير هنا الى ان وجود مسوحات ارضية اخرى تم الحصول عليها بطريقة Systematic : Aleatory Sampling قد سمح لنا بتقييم محكم لتصنيف الاشجار الشرة.

لقد كان تمييز الاشجار الشرة عن صفوف استعمالات الاراضي الاخرى جيدا. وباستخدام بصتين طيفيتين (Spectral Signatures) لتحديد الاشجار الشرة (اشجار ناضجة زرعت قبل 1990 واشجار نية زرعت بعد 1989) فلقد تكنا من تحسين التصنيف عوما وبشكل خاص التمييز بين الاشجار .

ولقد ظهرت صعوبة التمييز بين انواع الاشجار الشرة اعتمادا على السلوك الطيفي وذلك لان الانعكاس الطيفي الناتج عن البساتين كان بسبب خصائص الغطاء الارضي فضلا عنه بسبب اختلاف انواع الشجرية. الفصل بين اللوزيات والتفاحيات كان مقبولا، حيث يمكن ان يعزى التمييز فيما بين هذين الصنفين الى الاختلافات اللونية والنيوية لاوراق هذه الانواع حسب كل مجموعة منها.

SOMMAIRE

	Page
I.INTRODUCTION	3
1.Révision bibliographique	4
1.1.Les données du Thematic Mapper de Landsat et la cartographie d'occupation du sol	4
1.2.Discrimination des fruitiers	5
2.Les objectifs	7
II.PRINCIPES THEORIQUES DE LA TELEDETECTION	11
1.Compréhension des phénomènes de télédétection	11
1.1.Définition de la télédétection	11
1.2.Caractéristiques des domaines du spectre électromagnétique	11
1.3.Sources d'énergie électromagnétique	13
1.4.Perturbations atmosphériques	15
2.Comportements spectraux	17
2.1.Interaction de la radiation avec la surface terrestre	17
2.2.Comportement spectral des végétations	18
2.3.Comportement spectral des sols	20
2.4.Comportement spectral des eaux	22
3.Caractéristiques du capteur Thematic Mapper du satellite Landsat-5 TM	24
III.CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE	29
1.Localisation	29
2.Climat	29
3.Caractéristiques du terrain	34
4.Caractéristiques agraires	35
4.1.Description de différentes cultures	35
4.2.Cycle des cultures	41
IV.MATERIELS ET METHODES	45
1.Matériels cartographiques	45
2.Les images satellitaires	45
3.Equipe informatique	46
4.Logiciels utilisés	47



5.Enquête de terrain	47
5.1.Préparation de l'enquête de terrain	47
5.2.Délimitation de la zone d'étude	50
5.3.Réalisation de l'enquête de terrain	50
6.Intégration des données de terrain au système d'informations géographiques	53
7.Processus de traitement des données de télédétection	53
7.1.Prétraitements numériques	53
7.1.1.Vérification visuelle des images	54
7.1.2.Amélioration de la visualisation des images	54
7.1.3.Corrections radiométriques	55
7.1.3.1.Corrections atmosphériques	56
7.1.3.2.Conversion des valeurs digitales en réflectance	57
7.1.4.Corrections géométriques	60
7.1.4.1.Localisation des points de contrôle	60
7.1.4.2.Transformation géométrique	61
7.1.4.3.Réassignation des valeurs digitales	62
7.2.Traitements numériques	63
7.2.1.Classification digitale	63
7.2.1.1.Obtention des signatures spectrales	64
7.2.1.2.Séparation entre les signatures spectrales	65
7.2.1.3.Méthode de classification	68
7.2.2.Evaluation de la classification	71
7.2.2.1.Analyse de matrice de confusion	71
7.2.2.2.Vérification visuelle et amélioration de la classification	75
V.RESULTATS ET DISCUSSIONS	79
1.Classification de la zone d'étude	79
1.1.Evaluation des signatures spectrales	80
1.1.1.Définition des classes informationnelles et classes spectrales	80
1.1.2.Séparation entre les classes spectrale	81
1.1.3.Caractéristiques et représentation des classes spectrales	83

47	1.2.Séparation des fruitiers en deux classes d'âge	88
	1.3.Evaluation des classifications	91
47	1.3.1.Classification de mars	92
50	1.3.2.Classifications de juillet	95
50	1.3.3.Classifications multitemporelles	98
53	1.3.4.Comparaison entre les classifications	101
53	1.3.5.Classification multitemporelle sans la classe de la vigne	102
	1.3.6.Amélioration de la classification	105
53	1.3.6.1.Etablissement d'un seuil de rejet	105
54	1.3.6.2.Application d'un filtre	107
54		
55	1.3.7.Vérification de la discrimination des fruitiers	111
56	2.Classification des fruitiers suivant critères d'intérêt agronomique	113
57	2.1.Evaluation des signatures spectrales	113
60	2.2.Caractéristiques des signatures spectrales	115
	2.3.Evaluation des classifications	120
60	2.3.1.Classification des espèces	120
61	2.3.2.Classification des fruitiers avec herbes et sans herbes entre les lignes	
62	de la plantation	122
63	2.3.3.Classification des fruitiers en forme de volume et plane	124
63	VI.CONCLUSIONS	133
64	BIBLIOGRAPHIE	139
65	ANNEXE A: Codes de digitalisation et banque de données de l'enquête de terrain	147
68	ANNEXE B: Corrections radiométriques	187
71	ANNEXE C: Corrections géométriques	193
71	ANNEXE D: Annexe des cartes	197
75		
79		
79		
80		
80		
81		
83		

INDICE DES FIGURES

	Page
Figure II.1: Le comportement spectral de la végétation saine	19
Figure II.2: Influence de l'humidité des sols sableux sur la réflectance (GANDIA, 1991) .	21
Figure II.3: Influence de l'humidité des sol argileux sur la réflectance (GANDIA, 1991) ..	21
Figure II.4: Réflectance de l'eau claire et turbide entre 0.5 μ m et 1.0 μ m (GANDIA, 1991)	24
Figure III.1: Localisation de la zone d'étude	31
Figure III.2: Caractérisation de la zone d'étude: Les municipes de La Almunia de Doña Godina et Alfamén.	39
Figure III.3: Cycle de principaux cultures dans la zone de La Almunia de Doña Godina et Alfamén	41
Figure V.1: Diagramme des traitements réalisés pour la classification de la zone d'étude	79
Figure V.2: Signatures spectrales des classes d'occupation du sol obtenues par sélection automatique des zones d'entraînement dans l'image de 6 mars de 1993. . .	85
Figure V.3: Signatures spectrales des classes d'occupation du sol obtenues par sélection automatique des zones d'entraînement dans l'image de 12 juillet de 1993. .	86
Figure V.4: Histogrammes de distribution de la classe spectrale des fruitiers dans les bandes 3, 4 et 5 de l'image de Landsat-5 TM de 12 juillet de 1993	87
Figure V.5: Signatures spectrales des fruitiers jeunes et adultes obtenues par sélection automatique des zones d'entraînement dans l'image de 6 mars et 12 juillet de 1993.	90
Figure V.6: Diagramme des traitements réalisés pour la classification des fruitiers.	114
Figure V.7: Signatures spectrales des espèces fruitières obtenues par sélection automatique des zones d'entraînement de l'image de 12 juillet de 1993	118
Figure V.8: Signatures spectrales des classes des fruitiers: fruitiers avec herbes, sans herbes; fruitiers de forme de volume, planes; fruitiers à noyaux et à pépins obtenues par sélection automatique des zones d'entraînement de l'image de 6 mars et 12 juillet de 1993)	119

INDICE DES TABLEAUX

	Page
Tableau II.1: Les bandes spectrales, les longueurs d'onde correspondant et les modes de télédétection adaptés à ces diverses bandes	12
Tableau II.2: Les bandes spectrales de Landsat-5 TM et ses principales applications.	25
Tableau III.1: Précipitation, température et évapotranspiration de référence moyennes calculées à partir d'une série de données de 10 et 11 ans (1980-1990) de la station de La Almunia 'redonda'	33
Tableau III.2: Superficies moyennes en hectares et pourcentages des cultures en sec et en irrigué de 3 ans (1989, 1990, 1991)	38
Tableau IV.1: Les différentes classes d'occupation du sol identifiées, la nomenclature et les codes de digitalisation utilisés	52
Tableau IV.2: Paramètres utilisés pour la conversion des niveaux digitales TM en valeurs de réflectance	59
Tableau V.1: Les classes de "vérité terrain" sélectionnées à partir de l'enquête de terrain et le nombre des pixels correspondant à chaque classe	81
Tableau V.2: Valeurs de séparation entre les classes spectrales d'occupation du sol calculées par la méthode de la divergence transformée avec une combinaison de 12 bandes (6 bandes de mars et 6 de juillet)	82
Tableau V.3: Contrôle de la classification de mars réalisée en utilisant une signature spectrale unique des fruitiers	94
Tableau V.4: Contrôle de la classification de juillet réalisée en utilisant une signature spectrale unique des fruitiers	96
Tableau V.5: Contrôle de la classification de juillet réalisée en utilisant deux signatures spectrales des fruitiers (fruitiers adultes et jeunes)	97
Tableau V.6: Contrôle de la classification multitemporelle en utilisant une signature unique des fruitiers	99
Tableau V.7: Contrôle de la classification multitemporelle en utilisant deux signatures spectrales des fruitiers (fruitiers adultes et jeunes)	100
Tableau V.8: Précision thématique, cartographique et indice de Hellden de la classe des fruitiers suivant les différentes classifications	102

Tableau V.9: Contrôle de la classification multitemporelle en utilisant deux signatures spectrales des fruitiers (fruitiers adultes et jeunes) et sans la classe de la vigne	104
Tableau V.10: Les pourcentages des pixels espérés mal classés pour chaque thème (niveau de confiance (α))	106
Tableau V.11: Contrôle de la classification multitemporelle en utilisant deux signatures spectrales des fruitiers (fruitiers adultes et jeunes), sans la classe de la vigne en irrigué et avec l'établissement d'un seuil de rejet	108
Tableau V.12: Contrôle de la classification multitemporelle en utilisant deux signatures spectrales des fruitiers (fruitiers adultes et jeunes), sans la classe de la vigne en irrigué, avec l'établissement d'un seuil de rejet et application d'un filtre	110
Tableau V.13: Contrôle de la classification des fruitiers avec les segments de vérité terrain	112
Tableau V.14: Séparation entre les classes spectrales des espèces fruitières par la méthode de la divergence transformée avec la combinaison de 12 bandes (6 de mars et 6 de juillet)	116
Tableau V.15: Matrice de confusion entre la vérité terrain et la classification multitemporelle des espèces fruitières	121
Tableau V.16: Matrice de confusion entre la vérité terrain et la classification des fruitiers avec et sans herbes	123
Tableau V.17: Matrice de confusion entre la vérité terrain et la classification multitemporelle des plantations des fruitiers en forme de volume et plane	126
Tableau V.18: Matrice de confusion entre la vérité terrain et la classification multitemporelle des fruitiers à pépins et à noyaux	128
Tableau V.19: Matrice de confusion entre la vérité terrain et la classification des fruitiers multitemporelle avec l'application d'un filtre des fruitiers à noyaux et à pépins	129
Tableau V.20: Matrice de confusion entre la vérité terrain de l'enquête de terrain des segments et la classification multitemporelle avec l'application d'un filtre des fruitiers à noyaux et à pépins	130

INDICE DES ANNEXES

LISTE DES TABLEAUX

Page

- Tableau A.1:** Les couvertures, les thèmes et les codes rapportés aux différentes classes 149
- Tableau A.2:** Les différentes classes d'occupation du sol identifiées, et les codes de digitalisation utilisés 151
- Tableau A.3:** La liste des parcelles et les codes numériques correspondant aux différents thèmes de la banque de données. 153
- Tableau B.1:** Les valeurs à soustraire des histogrammes de différentes bandes de Thematic Mapper ($ND_{min,k}$) appliquée pour les corrections atmosphériques de deux scènes de Landsat-5 TM de 6 mars et 12 juillet 1993 191
- Tableau C.1:** Points de contrôles utilisés pour la correction géométrique de la sous image de 6 mars de 1993 195

LISTE DES CARTES

- Carte n°1:** Classes d'occupation du sol en La Almunia de Doña Godina et Alfamén (Saragosse) en 1993 obtenues par enquête de terrain.
- Carte n°2:** Classes d'occupation du sol en La Almunia de Doña Godina et Alfamén (Saragosse) obtenues par classification de l'image de Landsat-5 TM du 12 juillet 1993.
- Carte n°3:** Classes d'occupation du sol en La Almunia de Doña Godina et Alfamén (Saragosse) obtenues par classification multitemporelle des images de Landsat-5 TM du 6 mars et 12 juillet 1993.
- Carte n°4:** Classes d'occupation du sol en La Almunia de Doña Godina et Alfamén (Saragosse) obtenues par deux classifications multitemporelles des images de Landsat- 5 TM du 6 mars et 12 juillet 1993.