

Dossier UE thématique
« Ressources renouvelables et aménagement du territoire »

Master 2 SIIG3T
(ECUE W333TSS1 thématique)

Document de synthèse et approche méthodologique

Apport de la bande spectrale « red edge » pour la caractérisation de la vigne en haute résolution spatiale

*Essai sur la commune de Brouzet-lès-Quissac
avec une image RapidEye*

Vincent BONNAL
(Université Montpellier 3 Paul Valéry – N° d'étudiant : 20904849)

1- Contexte :

Au sein de l'Union Européenne, les acteurs des territoires doivent maîtriser au mieux la connaissance des surfaces cultivées, notamment pour répondre et profiter au mieux des possibilités offertes par la Politique Agricole Commune (PAC).

Dans le sud de la France, la filière viticole représente l'une des activités majeures dans l'aménagement du territoire, et plus particulièrement en Languedoc-Roussillon où près de 451 000 hectares étaient consacrés à la vigne en 1975¹. De nos jours, la surface de vigne est de l'ordre de 300 000 hectares². Dans le Gard, la viticulture concerne près de 4 000 exploitants et couvre 63 000 hectares³.

Outre les différentes crises qu'a connu la filière, la forte pression urbaine sur les terres agricoles favorise toujours la diminution des surfaces cultivées en vigne.

La présence de cadastre permet aux acteurs de la filière viticole ou aux élus de connaître les limites parcellaires sur leurs territoires. Cependant, le cadastre ne permet pas de caractériser précisément le type d'occupation du sol.

La télédétection est donc l'un des outils offerts aux acteurs pour faciliter cette caractérisation.

2- Apport de la télédétection :

Pour simplifier, la télédétection permet de mesurer la réflectance (quantité d'énergie réémise par rapport à l'énergie reçue) d'un objet étudié sur différentes longueurs d'ondes du spectre électromagnétique (fig. 1), que ce soit dans le visible ou non, ceci afin de caractériser ces objets.

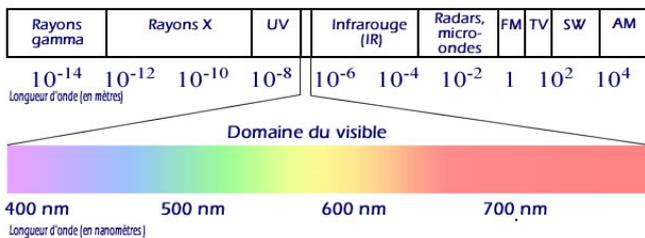


Figure 1: Spectre électromagnétique

La chlorophylle présente dans les plantes réfléchit une partie des longueurs d'ondes du spectre électromagnétique et en absorbe une autre.

Ainsi, dans le cas de la végétation, les longueurs d'ondes absorbées dans le visible sont le bleu et le rouge, alors que le vert est réfléchi (c'est pour cela que nous percevons les plantes en vert).

Dans le proche infrarouge, on s'aperçoit également que les plantes réfléchissent fortement cette longueur d'onde (fig. 2)

Cette caractéristique physique permet ainsi de discrétiser les végétaux des autres objets observés, mais aussi de distinguer plus ou moins facilement les végétaux entre eux (feuillus *versus* résineux).

Une autre utilisation de cette caractéristique est la possibilité de caractériser la vigueur d'une plante. Par exemple une culture devient moins vigoureuse si il est mesuré une diminution de la réflectance dans le proche infrarouge (Zarco-Tejada et al. 2000, 2004).

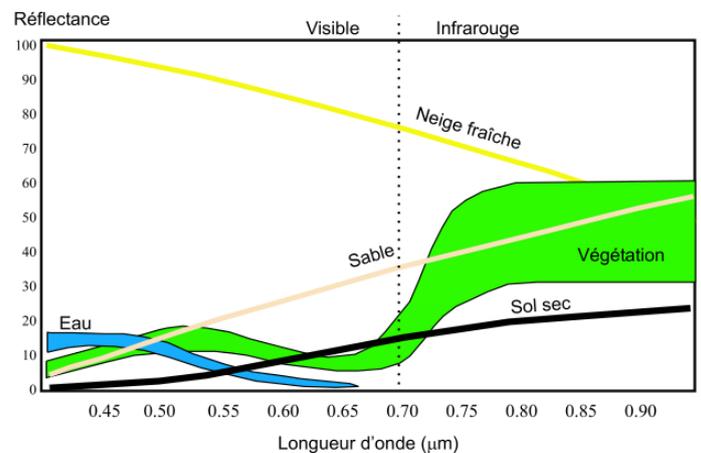


Figure 2: Exemple de courbe de réflectance (source : Delenne C.)

¹ http://www.herault.pref.gouv.fr/actions/der/pdf/der_agriculture.pdf

² http://fr.wikipedia.org/wiki/Vignoble_du_Languedoc-Roussillon

³ <http://www.gard.fr/fr/le-gard/economie/lagriculture-gardoise.html>

La figure 3 montre un autre exemple de caractérisation de la vigueur d'une plante ou d'une feuille suivant sa réflectance à diverses longueurs d'ondes :

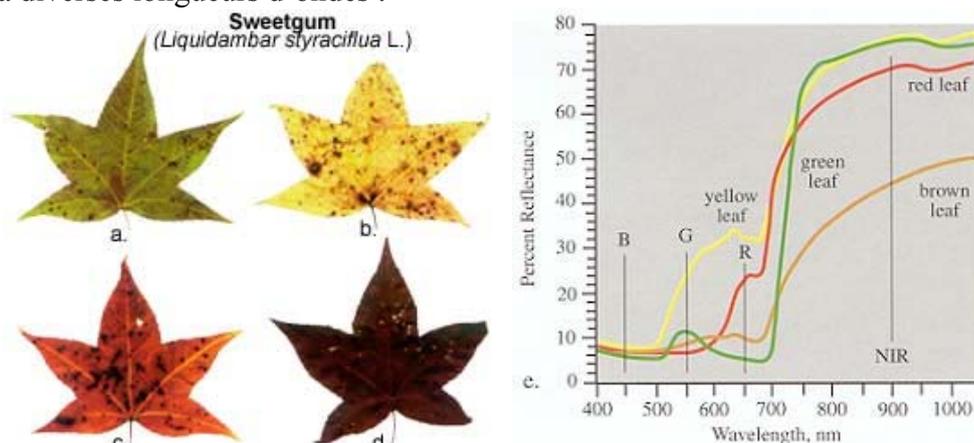


Figure 3 Mesures de réflectance de quatre feuilles de Liquidambar (Jensen, John R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. Prentice-Hall, New Jersey. 1984)

a) feuille saine et verte prélevée sur l'arbre b) et c) feuilles jaunes et rouges sénescentes prélevées sur l'arbre.
d) feuille sénescente prélevée sur le sol

La télédétection a donc été très rapidement utilisée dans le cadre de la gestion du vignoble, et plus particulièrement pour suivre l'étendue et l'évolution de l'infestation par le phylloxéra (Granett et al. 1991). La caractérisation du comportement spectral de la vigne (Naert 1985, Baccha 1990, Schultz 1996, Sims et Gamon 2002) a été depuis réalisée.

En télédétection, un certain nombre d'indicateurs basés sur l'exploitation des réponses spectrales des objets observés ont été définis. Dans le cas d'étude de la végétation, l'indice couramment utilisé est l'indice de végétation normalisé ou NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) défini par Rouse et al. 1974 et Tucker en 1979. Le NDVI est défini ainsi :

$$NDVI = \left(\frac{PIR - R}{PIR + R} \right)$$

L'utilisation conjointe des bandes spectrales rouges (R) et proche infrarouges (PIR) permet de mettre en évidence la végétation. Cet indice reste sensible aux effets atmosphériques mais de façon moindre vis-à-vis d'autres indices (comme l'indice RVI décrit par Knipling 1970 et Viollier 1985) et aux variations angulaires de la visée, selon la position vis à vis du soleil (phénomène de "hot spot").

2.1- Caractérisation des vignes : approche Très Haute Résolution Spatiale (THRS) :

Différents travaux de recherche permettent d'affirmer que la télédétection est un outil efficace pour la caractérisation de la vigne. Le projet Bacchus⁵ a permis de fédérer et de mettre en avant ces qualités à travers l'utilisation d'imagerie à Très Haute Résolution Spatiale (THRS). Il a été décrit une méthode précise pour la caractérisation des parcelles viticoles (Delenne C. 2006⁶). L'apport principal de la caractérisation des vignes en THRS réside dans la possibilité de discriminer très précisément les parcelles cultivées (Ranchin et al. 2001.).

La THRS en résolution infra-métrique utilise également les pratiques culturelles des exploitants pour caractériser la vigne :

- Les motifs de plantation (en grille ou en ligne)

⁴ Source : <http://rangeview.arizona.edu/Tutorials/intro.asp>

⁵ http://www.geodasea.fr/documents/geodasea_bacchus.pdf

⁶ Thèse « Extraction et caractérisation de vignes à partir de données de télédétection à très haute résolution spatiale », Delenne C., 2006.

- Le type de conduite (palissée ou non palissée)
- L'entretien inter-rang (travail mécanique, enherbement, désherbant chimique)

L'utilisation de cette information texturale, traitée par différentes méthodes d'extraction d'objets périodiques et orientés, associée à une analyse fréquentielle telle que le propose Carole Delenne sur des images en THRS, permet d'augmenter la précision de la segmentation mais surtout d'automatiser le traitement de classification ce qui n'était pas vraiment le cas sur les précédentes études (Analyse fréquentielle en ondelette, Ranchin et al, 2001.)

L'approche en Haute Résolution spatiale permet donc un traitement efficace, mais les coûts d'achat des données reste encore élevés, notamment si on souhaite travailler sur des images récentes (elles doivent alors être réalisées spécifiquement, par exemple avec l'Avion Jaune⁷)

Exemple du coût d'acquisition de la BD Ortho[®] pour la commune de Brouzet-lès-Quissac⁸ (15,94 km²) : 557€

2.2- Caractérisation des vignes : approche Haute Résolution Spatiale (HRS) :

Pour caractériser les parcelles cultivées en vigne, il est nécessaire de limiter l'influence du sol. En Haute Résolution Spatiale (de résolution entre 2,5m et 20m), deux techniques peuvent être employées pour segmenter les parcelles viticoles en limitant cette influence. La première consiste à réaliser une classification d'images sur un jeu de données multi-temporelles (Lanjeri et al. 2001), la seconde est d'utiliser différentes bandes spectrales pour discrétiser la vigne des autres cultures (Rubio et al. 2001).

L'un des avantages de la HRS reste le coût d'achat des images et leur fréquence de mise à jour.

Exemple du coût d'acquisition d'une image RapidEye pour la commune de Brouzet-lès-Quissac⁹ (15,94 km²) : 50€ (prix minimum d'achat sur RapidEye Kiosk).

3- Caractérisation des vignes sur la commune de Brouzet-lès-Quissac, apport de la bande spectrale Red Edge

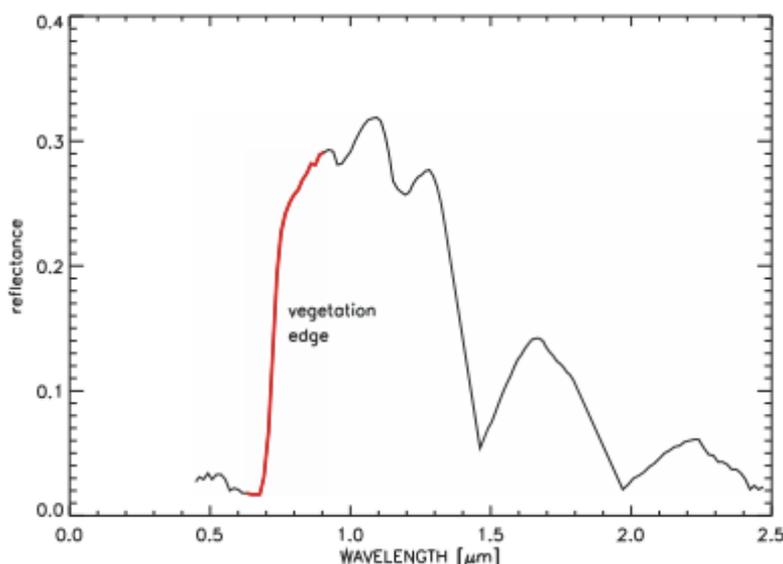


Figure 4: Spectre de réflectance typique de végétation montrant le red edge entre 0,68 et 0,80m

L'objectif de ce dossier est d'aborder un éventuel apport de la bande spectrale dite Red Edge pour caractériser les vignes en Haute Résolution Spatiale.

La bande spectrale dite « red edge » pour la végétation est comprise usuellement entre 0,68 et 0,80µm. Le satellite RapidEye dispose d'un capteur « red edge » mesurant la réflectance entre 0,69 et 0,73µm. La position du « red edge », son pic d'intensité, dans la courbe de réflectance des végétations étudiées peut être également un moyen de caractériser les espèces végétales¹⁰.

⁷ <http://www.lavionjaune.fr/>

⁸ <http://professionnels.ign.fr/DISPLAY/000/526/805/5268054/CataloguePrixBD-2009.pdf> (la fréquence de mise à jour est actuellement de 5 ans, et est portée progressivement à 3 ans).

⁹ http://www.rapideye.de/upload/documents/PDF/RE_Product_Pricelist_ENG.pdf

¹⁰ Rapport final projet CO2MONITOR – Essai d'utilisation de l'imagerie hyperspectrale pour la détection des fuites de CO₂. BRGM. 2008.

3.1- Méthode usuelle de classification d'image de la végétation en HRS:

Usuellement, la classification de la végétation dans une image satellitale haute résolution s'effectue sur la base de la réflectance dans les longueurs d'ondes mesurées dans les bandes spectrales correspondant au rouge et au proche infrarouge. Celles-ci sont généralement couplées à la bande spectrale verte et restitué à l'opérateur en fausse couleur.

Les classifications radiométriques se réalisent généralement en mode supervisé (avec des parcelles d'apprentissage) ou en mode non supervisé (lorsqu'on qu'on peut ne dispose pas de connaissance précise du terrain).

Des classifications orientées objets (COO) peuvent être également envisagées. Cette méthode, qui se déroule en deux phases (segmentation puis classification) est d'autant plus efficace lorsque la résolution est fine et/ou les textures sont prononcées.

L'utilisation d'un sous masque parcellaire facilite la classification car l'analyse s'effectue avec une segmentation déjà réalisée. Ceci cloisonne efficacement les pixels à prendre en compte (surtout en haute résolution) et accélère le traitement (car on peut exclure un certain nombre de classes comme le bâti, les infrastructures, les forêts classées, les cours d'eau,...).

Il est possible également d'utiliser un filtre passe-bas pour homogénéiser l'image si le grain de l'image est trop prononcé.

Dans tous les cas, il faut s'efforcer de concevoir des classes disposant des signatures spectrales homogènes. Cette exigence devrait à priori être le cas avec la vigne (le stade végétatif est assez homogène à un instant donné) et la région étudiée (le sol devrait être recouvert d'un mélange terre/cailloux relativement uniforme sur la commune).

3.2- Méthodologie de classification proposée, utilisant la bande spectrale Red Edge :

3.2.1- Zone d'étude et matériel :

L'étude sera réalisée sur une image satellitale RapidEye de la commune de Brouzet-lès-Quissac dans le Gard (43°51'43.16"N - 3°59'23.47"E). Cette image est de type 3A. Il s'agit d'une orthoimage.

Le cycle végétatif de la vigne doit être pris en compte pour minimiser l'impact du sol sur les images. Plus la plante sera développée, moins le sol sera visible. Il importe donc d'utiliser une image acquise entre la fin de la floraison (rameau et feuilles en croissance forte et apparition des fleurs) et la fin de la nouaison (le développement du feuillage continu, les fleurs donnent des grains de raisins).

Une image RapidEye disponible à la Maison de la Télédétection (et correspondant à ces attributs) est référencée sur le numéro : 2009-06-23T111902_RE4_3A-NAC_1181562_41617. Elle a été acquise le 23 juin 2009. Cette image a comme système de coordonnées le WGS-1984 et elle est projetée en UTM Zone 31N. Elle sera renommé « 20090623_biq_re.img » et sera notre image de travail.

Nous utiliserons ERDAS Imagine 9.3 pour réaliser les différentes opérations nécessaires à ces classifications. Enfin, ArcView 9.3 nous permettra de réaliser quelques opérations de manipulation de couche ainsi que les restitutions cartographiques finales.

Ci après, l'image RapidEye centrée sur la zone d'étude (figure 6) avec une adaptation de la dynamique en vraies couleurs :



Figure 5: image RapidEye brute en vraies couleurs et limites de la commune de Brouzet-lès-Quissac



Figure 6: image RapidEye en vraies couleurs avec la dynamique adaptée et limites de la commune de Brouzet-lès-Quissac

3.2.2- Principe de classification proposé:

Nous réaliserons trois classifications non supervisées sur des images en niveau de gris créées sur la base d'indice de végétation utilisant principalement la bande spectrale proche infrarouge, la bande spectrale « red edge », et la bande spectrale rouge. Les indices de végétation proposés et utilisant la bande spectrale « red edge » ont été formulés après avoir étudié la méthode de calcul du NDVI. Nous utiliserons 6 parcelles de référence pour affiner la classification par rapport aux signatures spectrales lors de la phase de regroupement de classe. Pour terminer nous comparerons les résultats des trois classifications par rapport à un échantillon de 29 de points de référence (vigne et non vigne) relevés par GPS lors une campagne sur le terrain.

Liste des images créées basées sur des indices de végétation normalisés :

Image « ndvi.img » : nous réaliserons une image utilisant l'indice de végétation normalisé NDVI classique (avec la bande proche infrarouge -PIR- et Rouge -R-) :

$$NDVI = \left(\frac{PIR - R}{PIR + R} \right)$$

Image « ndvi_re.img » : nous réaliserons une composition originale, utilisant la bande spectrale « red edge » à la place de la bande spectrale proche infrarouge dans une analyse d'indice de végétation normalisé NDVI que nous indiquerons « re ». L'objectif de ce nouvel indice est de vérifier l'effet de la position du « red edge », et donc de sa réflectance, pour un végétal donné :

$$NDVI_{re} = \left(\frac{RE - R}{RE + R} \right)$$

Image « ndvi_mod.img » : nous réaliserons une image en niveaux de gris, basée sur le NDVI dont les bandes PIR et RE sont associées en formulant l'hypothèse que l'effet du cumul de la réflectance dans l'infrarouge (avec le PIR et le RE) permette de mieux caractériser les différentes végétations.

$$NDVI_{mod} = \left(\frac{(PIR + RE) - R}{(PIR + RE) + R} \right)$$

3.3- Déroulé de la classification :

La réalisation de la classification s'est effectuée en 4 étapes principales :

- préparation des données (définition des zones d'intérêts, des limites communales, relevé GPS des parcelles de référence, création des images en niveaux de gris).
- classification (classification non supervisée, regroupement des classes)
- évaluation de la classification
- réalisation d'une carte thématique avec la classification la plus efficiente.

3.3.1- préparation des données

Limites communales :

Nous avons récupéré sur le site cartographique de la DIREN¹¹ les contours des communes du Languedoc-Roussillon et extrait le contour de Brouzet-lès-Quissac. Enfin, nous avons modifié la projection de ce dernier¹² pour qu'il corresponde également à WGS-1984_UTM_Z31N. Enfin, nous avons exporté le contour de la commune sous un format shapefile. Ce contour communal nous servira de limite lors des relevés GPS et pour définir la zone d'étude pour nos calculs (figure 7, polygone en jaune).

Relevé GPS :

Nous avons procédé à une campagne sur le terrain pour caractériser des parcelles de « vigne » et des parcelles de « non vigne » le 07/01/2010. La résolution de l'image RapidEye étant de 5m, un simple relevé de point nous a permis de caractériser une parcelle, les limites des parcelles étant aisément reconnaissables sur l'image RapidEye.

35 relevés ont été réalisés sur l'ensemble de la commune à l'aide d'un GPS « Magellan MobileMapper » avec ArcPad 8.0. Chacun des points est caractérisé par l'attribut pseudo-booléen « vigne », 1 signifiant que le point est dans une parcelle de vigne, 0 qu'il est dans une parcelle non vigne ou autre (haie, garrigue,...) Le fichier de point créé se nomme « parcelles.shp ». Sur la figure 7, les relevés GPS sont caractérisés par un croix jaune et une étiquette verte (1 lorsqu'il s'agit de vigne, 0 dans le cas contraire).

Création des AOI :

Les zones d'intérêt (« areas of interest » ou AOIs) permettent de limiter les calculs à une partie de l'image seulement (la zone d'étude) et ainsi accélérer les traitements réalisés sur celle-ci.

Nous avons créé une zone d'intérêt rectangulaire qui contient la commune de Brouzet-lès-Quissac (plus une zone tampon d'environ 150m), nommée « contour_brouzet.aoi » (figure 7 en pointillés noirs et blancs).

Image en niveaux de gris:

Trois images en niveaux de gris ont été réalisées suivant les caractéristiques d'indices de végétation décrites dans le paragraphe 3.2.2. Les paramètres permettant de réaliser ces images et une de ces images est présentée dans l'annexe « Spatial Model créant les compositions colorées »

¹¹ <http://carto.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr>

¹² dans ArcView, ArcToolBox/Outils de gestion de données/Projections et Transformations/Entités/Projeter

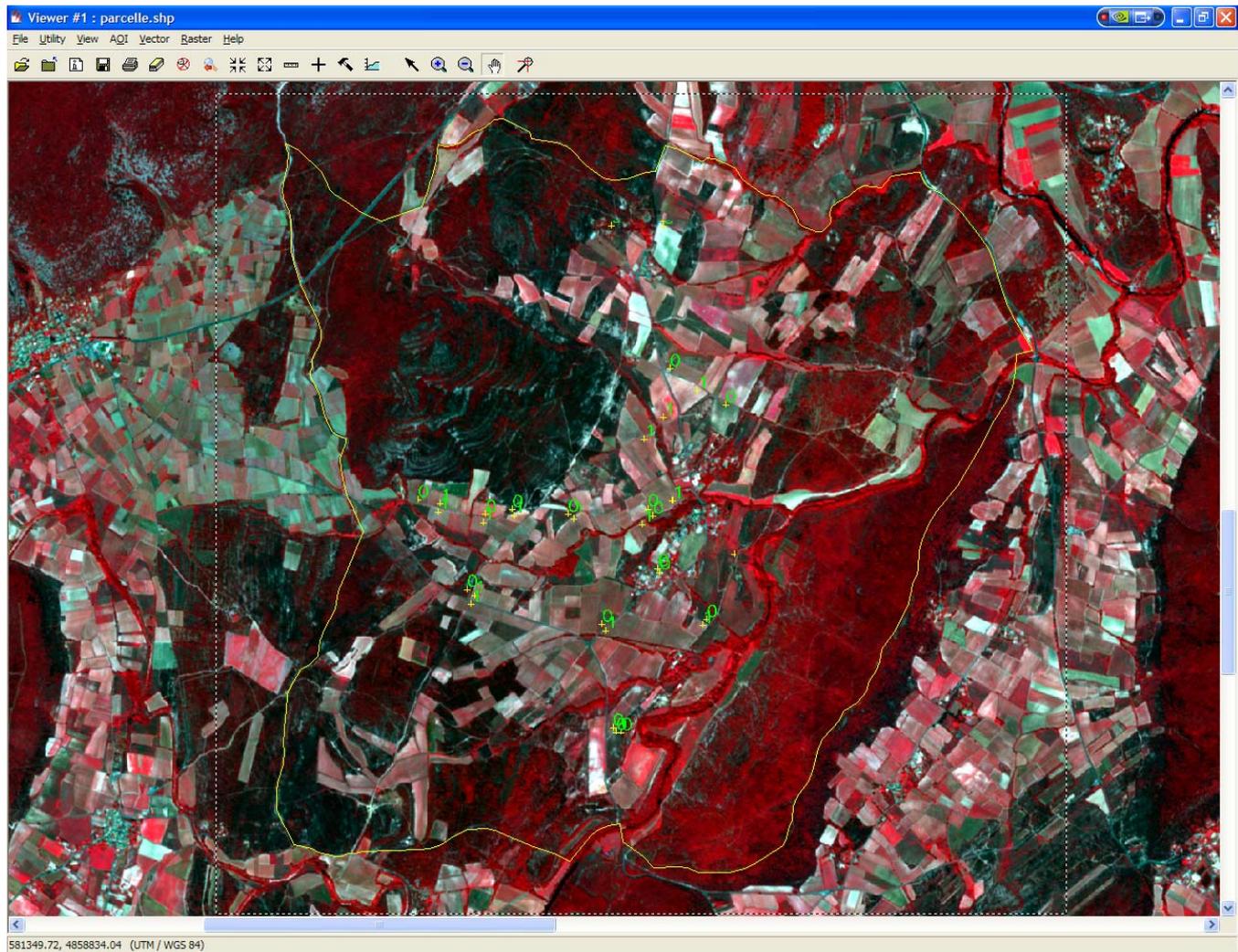


Figure 7: image en fausses couleurs Rouge (bande 5 - PIR), Vert (bande 3 - R) Bleu (bande 2 - V), limites communales de Brouzet-lès-Quissac (polygone jaune), zone d'intérêt (rectangle pointillé noir/blanc) et parcelles relevées par GPS (croix jaunes et étiquettes 1 : vigne et 0 :non vigne)

3.3.2- Classification :

Le processus de classification a été réalisé de la même façon sur les 3 images en niveaux de gris.

Classification non supervisée :

La réalisation d'une classification en mode non supervisé s'effectue par l'outil « Unsupervised classification » d'ERDAS Imagine. Nous ne souhaitons caractériser que les vignes. Pour pouvoir aisément extraire les vignes des autres signatures spectrales, nous avons créé 10 classes par défaut. L'algorithme utilisé et les autres paramètres de la classification sont précisés dans l'annexe 3 - Classification non supervisée.

Regroupement des classes

La phase de regroupement des classes est la phase la plus subjective. Des 10 classes créées par ERDAS Imagine, nous ne souhaitons en conserver qu'une, celle qui caractérise au mieux les parcelles de vigne. Pour réaliser ce regroupement de classe, nous avons utilisé 6 parcelles référencés, lors du relevé GPS sur le terrain, comme étant des vignes. Enfin, nous avons reclassifié le fichier raster obtenu à l'aide de l'outil Spatial Analyst / Reclassification d'ArcView pour ne disposer plus que d'une seule classe : la vigne.

3.3.3- Evaluation de la classification :

Pour évaluer la qualité des classifications, nous confrontons la classification à la réalité terrain à l'aide des relevés GPS (les points n'ayant pas été utilisés pour le regroupement de classe).

Le bilan de la classification pour chacune des compositions colorées est précisé dans le tableau 1.

Point n°	relevé GPS (1=vigne)	Comp. colorée NDVI		Comp. colorée NDVI_re		Comp. colorée NDVI_mod	
		contrôle (1=vigne)	erreur (1=erreur)	contrôle (1=vigne)	erreur (1=erreur)	contrôle (1=vigne)	erreur (1=erreur)
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	0	1	0	1	0
3	1	regroupement	n/a	regroupement	n/a	regroupement	n/a
4	1	1	0	1	0	1	0
5	0	0	0	1	1	0	0
6	0	1	1	0	0	0	0
7	1	1	0	1	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	1	1	0	0
10	1	1	0	1	0	1	0
11	1	regroupement	n/a	regroupement	n/a	regroupement	n/a
12	0	0	0	0	0	0	0
13	1	0	1	1	0	0	1
14	1	0	1	1	0	0	1
15	0	1	1	1	1	1	1
16	1	regroupement	n/a	regroupement	n/a	regroupement	n/a
17	0	0	0	0	0	0	0
18	1	1	0	1	0	1	0
19	0	1	1	1	1	1	1
20	0	1	1	1	1	1	1
21	0	0	0	0	0	0	0
22	1	1	0	1	0	1	0
23	0	1	1	1	1	1	1
24	0	0	0	0	0	0	0
25	0	1	1	1	1	1	1
26	1	0	1	1	0	0	1
27	0	1	1	1	1	1	1
28	1	regroupement	n/a	regroupement	n/a	regroupement	n/a
29	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0
31	1	regroupement	n/a	regroupement	n/a	regroupement	n/a
32	1	1	0	1	0	1	0
33	1	regroupement	n/a	regroupement	n/a	regroupement	n/a
34	0	1	1	1	1	1	1
Nb erreurs			11		9		10
% erreur			37,9%		31,0%		34,5%

Tableau 1: Evaluation de la classification

Les images en niveaux de gris NDVI_{re} (31% d'erreurs) et NDVI_{mod} (34,5% d'erreurs) réalisées en utilisant la bande «spectrale « red edge » semblent améliorer les résultats de la classification pour la vigne.

Ce résultat est à relativiser au regard du nombre de points de référence utilisés, tant pour le regroupement des classes que pour l'évaluation de la classification.

4- Conclusions :

L'utilisation de la bande spectrale « red edge » semble apporter une légère amélioration dans le cadre d'une classification non supervisée. La méthode de classification non supervisée a permis de caractériser plus de 60% des parcelles de vigne. Cependant, le taux d'erreur reste élevé.

L'hypothèse initialement formulée de l'amélioration de la caractérisation de la vigne par l'effet cumulatif de la réflectance proche infrarouge et « red edge » ne peut pas réellement être confirmée, même si cette méthode de calcul d'indice de végétation basé sur ce cumul améliore légèrement la caractérisation de la vigne par rapport à un indice de végétation normalisé classique (utilisant seulement les bandes proches infrarouges et rouges).

L'analyse globale des deux classifications des compositions colorées utilisant la bande spectrale « red edge » montre que la classification basée sur l'indice de végétation $NDVI_{mod}$ reste moins sujette à la fragmentation des parcelles.

Ainsi, l'indice de végétation $NDVI_{mod}$ nous semble plus robuste pour réaliser une classification non supervisée de la vigne.

$$NDVI_{mod} = \left(\frac{(PIR + RE) - R}{(PIR + RE) + R} \right)$$

4.1- Réalisation d'une carte thématique:

Nous avons utilisé la carte thématique issue de la classification basée sur l'indice de végétation $NDVI_{mod}$ qui apparaît comme étant la classification la plus efficiente. Pour affiner la carte thématique, nous avons vectorisé le résultat de cette classification. Considérant que les parcelles de vignes sont d'une surface généralement supérieure à 1000m², nous avons calculé les surfaces des polygones et avons supprimé les polygones dont la surface était inférieure à 1000m², soit plus de 94% des polygones obtenus. Enfin, nous avons appliqué une morphologie mathématique de 5m (soit l'équivalent d'un pixel sur l'image satellitale) pour obtenir une classification « moins diffuse ».

L'annexe 4 présente la carte thématique obtenue.

4.2- Critiques et perspectives

Les différences de taux d'erreurs sont à relativiser car ceux-ci sont assez proches et restent dans une fourchette haute (entre 37,9% et 31% d'erreur).

Les explications de ce taux d'erreurs élevé sont liées au fait que nous avons utilisé assez peu de parcelles de référence tant pour regrouper les classes lors de la phase de post-classification, que pour évaluer la classification.

Les relevés GPS doivent également être plus nombreux pour pouvoir disposer de plus de parcelles de référence pour réaliser le regroupement de classes et être mieux répartis spatialement dans la zone d'étude (dans notre cas, il manquait des relevés sur la partie Nord-Est et Sud-Ouest de la commune).

L'évaluation numérique de la classification aurait pu être réalisée à l'aide de l'outil «Accuracy Assessment» d'ERDAS Imagine (accessible depuis le menu « Classifier »), mais il aurait fallu disposer en plus d'une image ortho précise (en très haute résolution spatiale) afin, par exemple de positionner au moins une centaine de points de comparaison distribués aléatoirement. Ceci nous aurait permis d'obtenir une matrice de confusion pour chacune des classifications et réaliser une évaluation plus objective.

L'utilisation d'un plan cadastral des parcelles agricoles aurait permis de mieux discriminer le type d'occupation du sol (et donc resserrer l'analyse sur les seules terres agricoles), ce qui aurait permis d'améliorer l'étalement de l'histogramme des pixels de l'image axé sur les terres agricoles.

Enfin, l'analyse des histogrammes (voir en fin d'annexe 2) des compositions colorées des trois indices de végétation apportent un élément supplémentaire: l'étalement de l'histogramme des pixels de l'image de l'indice de végétation classique NDVI est plus fort que celui des indices de végétation NDVI_{re} et NDVI_{mod}. Cela a pour conséquence d'écraser les réponses spectrales des végétaux et donc, de diminuer la diversité des valeurs des pixels. L'utilisation de l'algorithme ISODATA pour réaliser la classification pourrait en être affecté étant donné qu'il se base sur les histogrammes, mais les résultats de cette classification semble montrer le contraire: une analyse plus approfondie de ce problème est donc nécessaire.

L'usage d'un indice de végétation normalisé « modifié » (utilisant la bande « red edge ») doit donc être approfondi.

Bibliographie :

- Bacha S. Caractérisation de la signature spectrale, spatiale et temporelle d'un couvert végétal discontinu et structuré : la vigne. Mise au point de la méthode d'étalonnage. Master's thesis, ENSA Montpellier, 1990.
- Delenne C. Extraction et caractérisation de vignes à partir de données de télédétection à très haute résolution spatiale, 2006.
- Jensen, John R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. Prentice-Hall, New Jersey. 1998
- Naert B. Caractérisation de la signature spectrale, spatiale et temporelle des vignes et des vergers. Application à la télédétection du sol et de la culture. In Actes Du Troisième Séminaire International Des Signatures Spectrales, pages 467–474, les Arcs, France, 16-20 decembre 1985.
- Ranchin T., B. Naert, M. Albuissou, G. Boyer, et P. Astrand. An automatic method for vine detection in airborne imagery using wavelet transform and multiresolution analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 67(1):91–98, Janvier 2001.
- Schultz H. R. Leaf absorptance of visible radiation in *Vitis vinifera* L.: Estimates of age and shade effects with a simple field method. Scientia Horticulturae, 66(1-2): 93–102, 1996.
- Sims D. A. et Gamon J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. Remote Sensing of Environment, 81:337–354, 2002.
- Zarco-Tejada P. J., Miller J. R., Morales A., Berjón A., et Agüera J. Hyperspectral indices and model simulation for chlorophyll estimation in open-canopy tree crops. Remote Sensing of Environment, 90(4):463–476, 2004.
- Zarco-Tejada P. J., Mohammed G. H., et Noland T. L. Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance: I. leaf-level measurements and simulation of reflectance and transmittance spectra. Remote Sensing of Environment, 74(3): 582–595, 2000.

Sites internet

- http://www.herault.pref.gouv.fr/actions/der/pdf/der_agriculture.pdf
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Vignoble_du_Languedoc-Roussillon
- <http://www.gard.fr/fr/le-gard/economie/lagriculture-gardoise.html>
- <http://rangeview.arizona.edu/Tutorials/intro.asp>
- http://www.geodasea.fr/documents/geodasea_bacchus.pdf
- <http://professionnels.ign.fr/DISPLAY/000/526/805/5268054/CataloguePrixBD-2009.pdf>
- http://www.rapideye.de/upload/documents/PDF/RE_Product_Pricelist_ENG.pdf
- <http://carto.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr>
- <http://www.gim.be>
- <http://www.lavionjaune.fr/>
- http://www.tsi.enst.fr/tsi/enseignement/ressources/mti/bin_histo/Isodata/isodata.html

Documentation:

- Rapport final projet CO2MONITOR – Essai d'utilisation de l'imagerie hyper spectrale pour la détection des fuites de CO2. BRGM. 2008.
- Cours/TD/TP de l'UE thématique Ressources naturelles - Master SIIG3T
- Cours/TD/TP de l'UE spécialisée analyse spatiale avancée - Master SIIG3T

Annexe 1 - Satellite RapidEye :

Info technique ¹³ :

RapidEye est une constellation de 5 satellites lancés le 29 août 2008. Comme ils sont équidistants sur une orbite unique, une image de n'importe quel point de la Terre peut être fournie quotidiennement. RapidEye fournit des images d'une résolution spatiale de 5 m dans cinq bandes spectrales. C'est le premier satellite commercial à offrir une bande "red-edge", à savoir très proche de la bande rouge. Cette bande est très utile pour mesurer les changements de la végétation et contrôler la croissance et la santé des végétaux.

- Date de lancement : 29 août 2008
- Orbite : 97,8°, orbite héliosynchrone
- Altitude de l'orbite : 630 km
- Angle de prise de vue : Max +/- 25° à partir du nadir
- Temps local de passage à l'équateur : 11h00
- Capacité de revisite : 1 jour
- Largeur de la bande d'acquisition : 77 km au nadir
- Résolution spatiale : 6,5 m (5 m après rééchantillonnage)
- Résolution radiométrique : 12 bits par pixel
- Précision de positionnement (sans point de contrôle) : 12,7 m CE90%
- Domaine spectral :
 - 0,440 – 0,510 μm (bleu)
 - 0,520 – 0,590 μm (vert)
 - 0,630 – 0,685 μm (rouge)
 - 0,690 – 0,730 μm (red edge)
 - 0,760 – 0,850 μm (proche infrarouge)
- Types de produit : Basic et Ortho, paires de stéréo disponibles
- Prix : Prix par km²
- Taille minimale de la commande :
 - 50 EUR pour une image Standard de RapidEye Kiosk
 - 2500 EUR pour une image Standard de RapidEye Library
- Programmation possible
- Exemples d'application :
 - Cartographie topographique au 1:25.000
 - Évaluation de dégâts
 - Cartographie des cultures
 - Détection des changements



¹³ source <http://www.gim.be>

Annexe 2 - Spatial Model créant les images en niveau de gris :

Pour réaliser les images en niveaux de gris, nous avons utilisé un modèle spatial dans Erdas Imagine. Des calculs d'indices de végétation existent directement dans cet outil (menu Image Interpreter / Spectral Enhancement / Indices), mais ceux-ci sont spécifiques à certains satellites (LandSat, Spot,...).

A partir de l'image Rapid Eye étudiée, nous créons trois fonctions de calculs d'indices de végétation telles qu'elles sont définies dans le paragraphe 3.2.2.

De ces trois fonctions résultent trois images en niveaux de gris.

Les différentes figures ci-dessous précisent les caractéristiques utilisées :

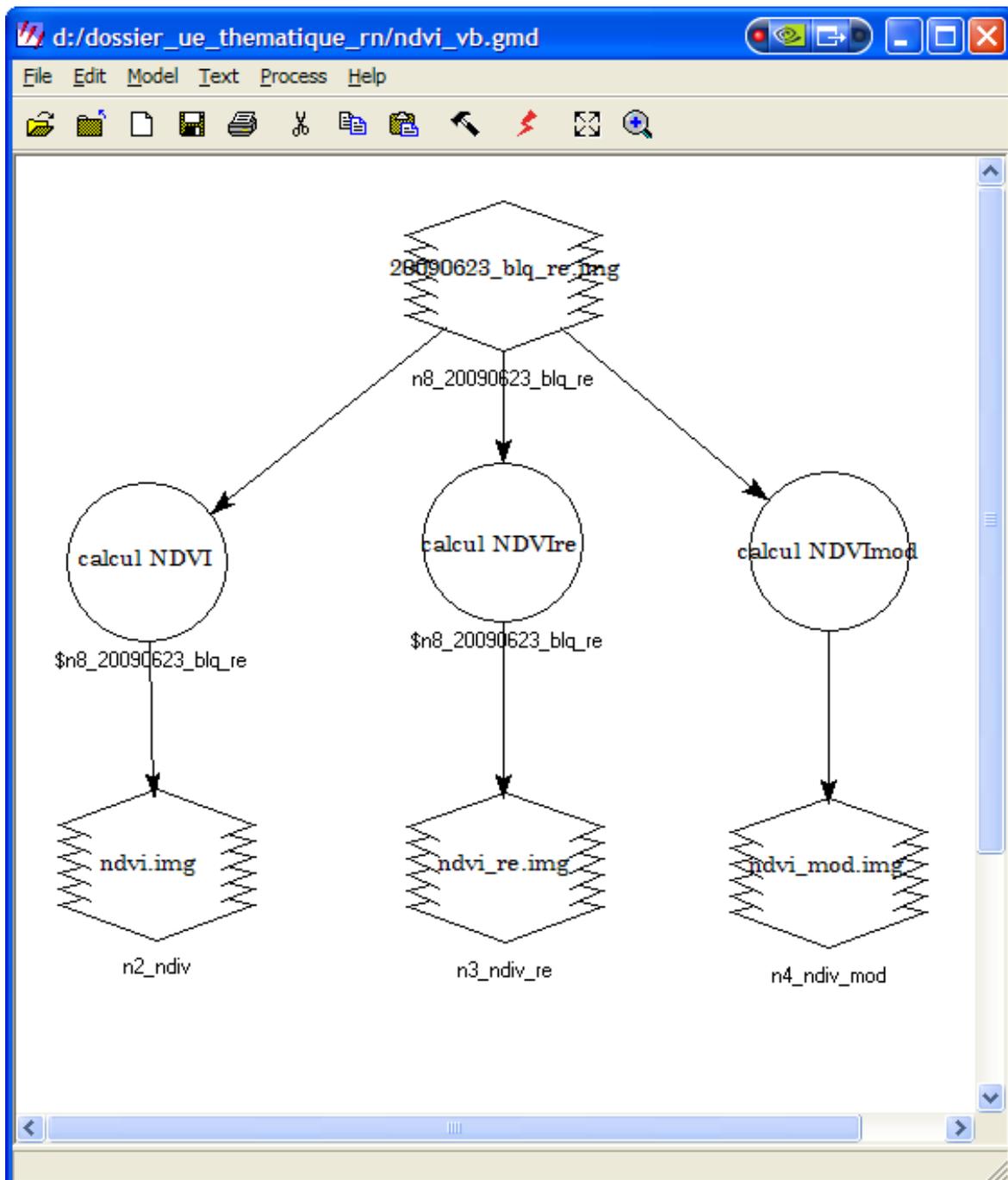


Figure 8: Modèle spatial

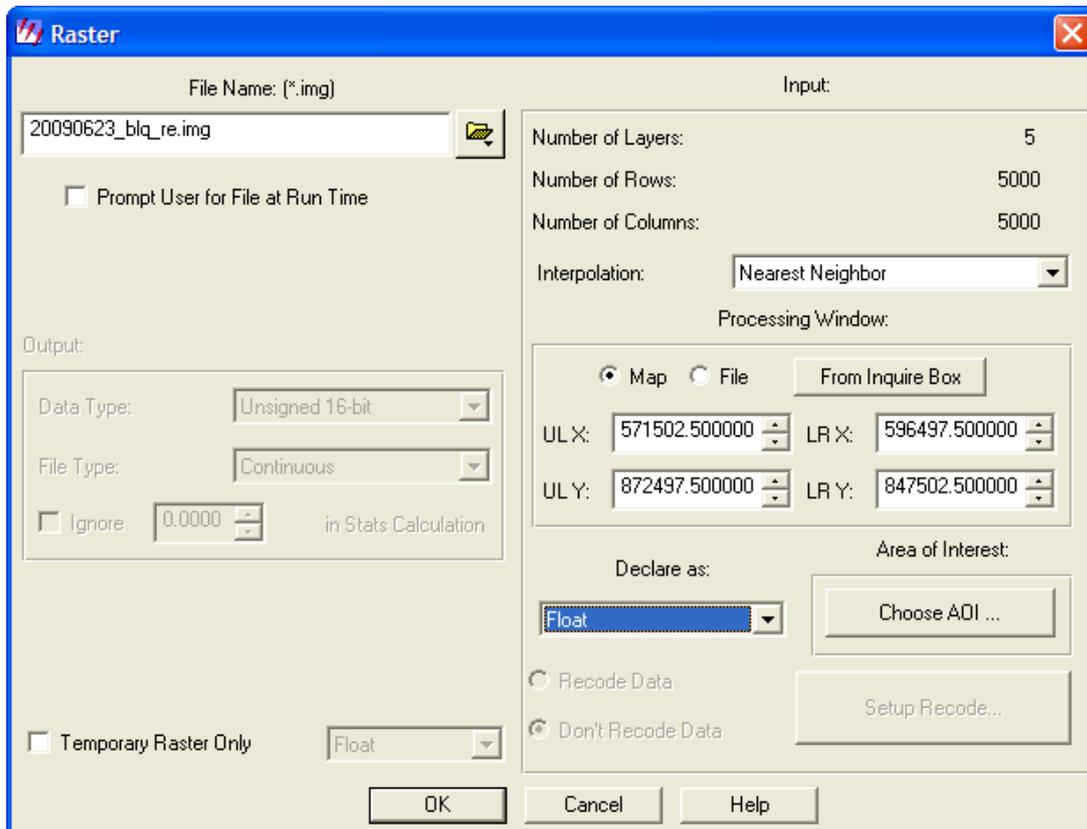


Figure 9: Définition de l'image raster d'origine

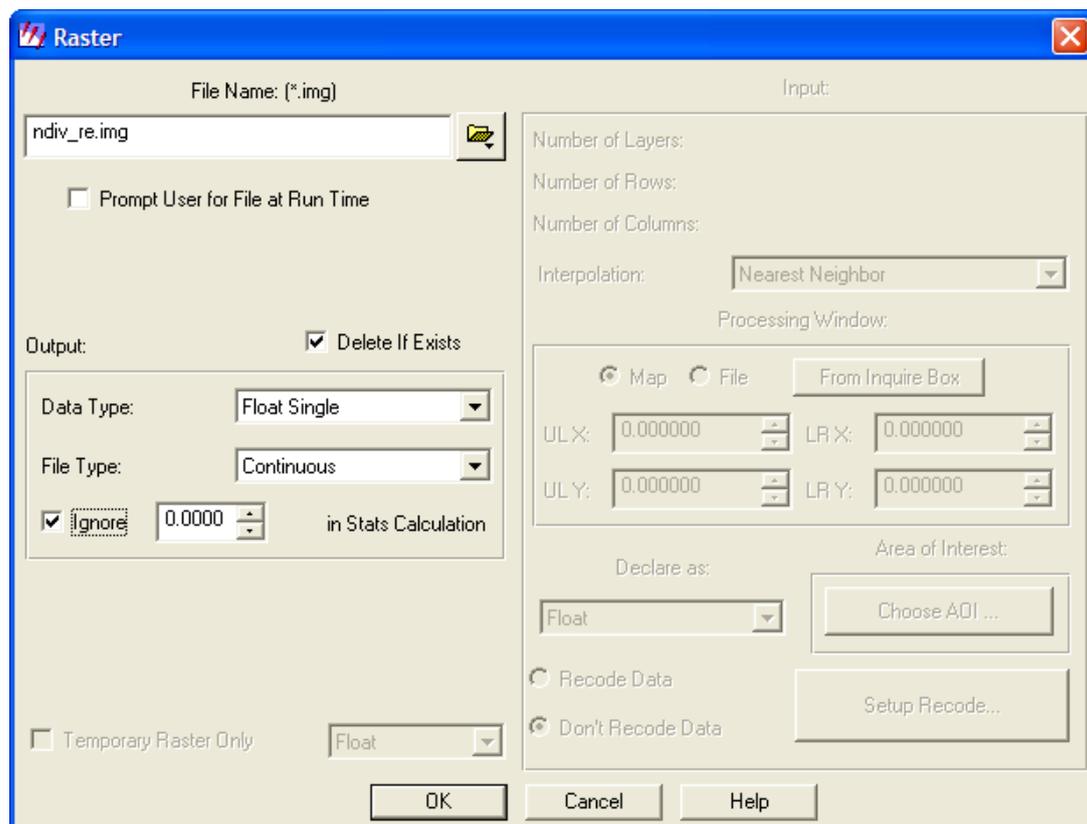


Figure 10: définition de l'image ndvi_re.img

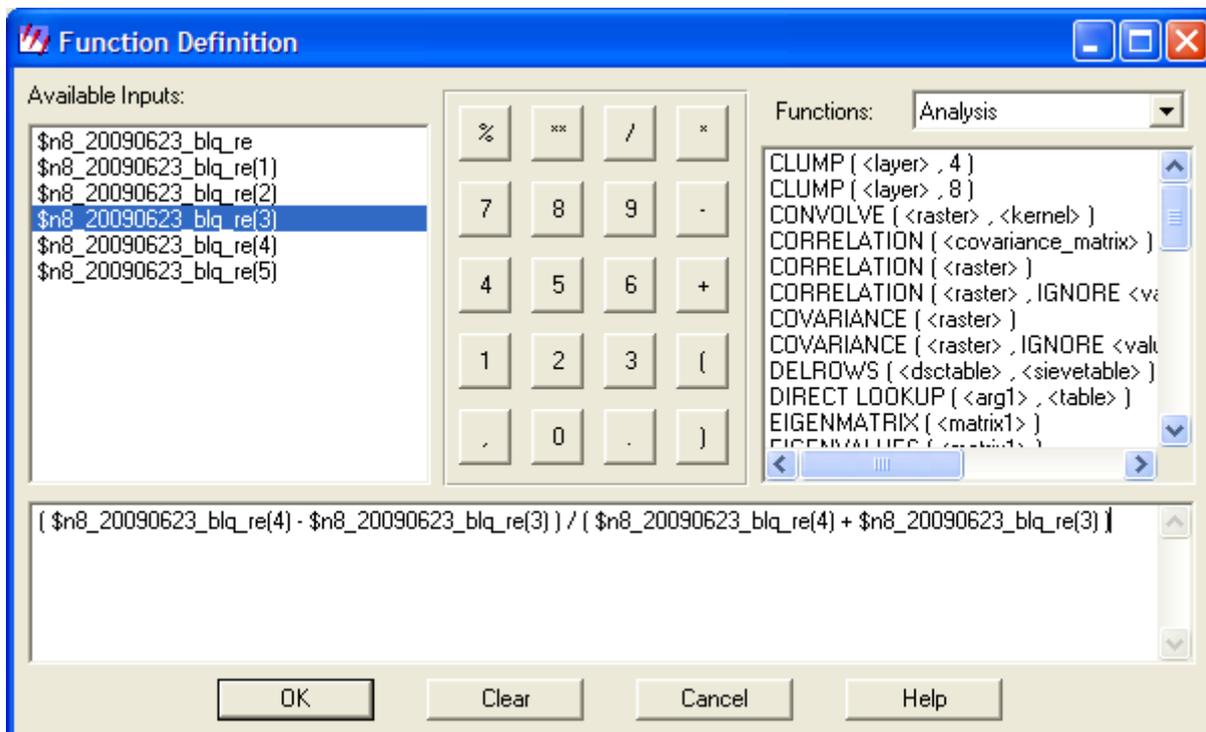


Figure 11: définition de la fonction calculant le NDVI_{re}

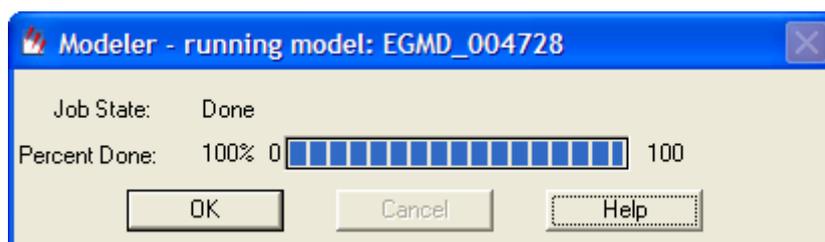
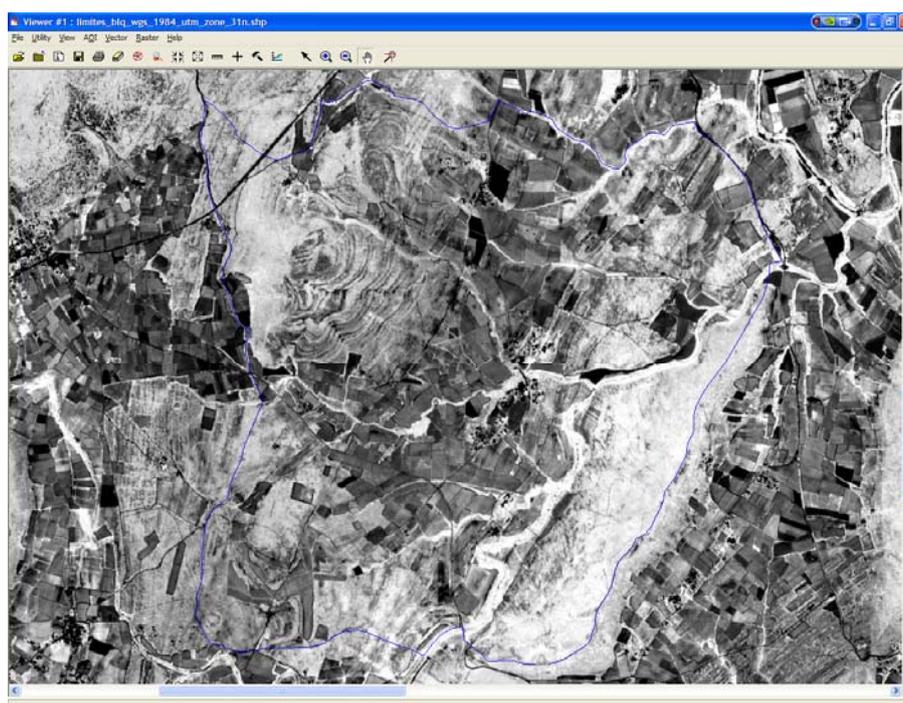
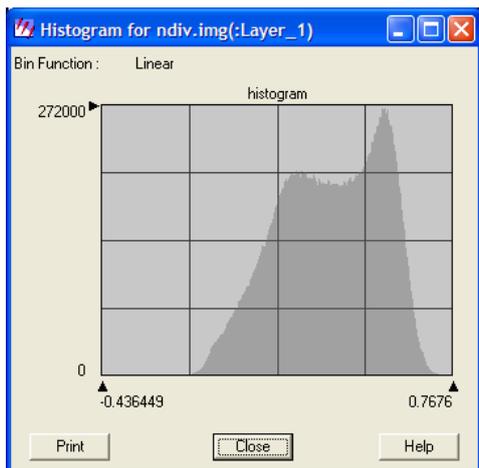


Figure 12: fin de l'exécution du modèle.

Exemple : l'image en niveaux de gris pour l'indice de végétation normalisé (NDVI) est :



Histogrammes des images produites :



Les pixels sont répartis visuellement entre -0,12 et 0,75 soit un étalement approximatif de 0,87.

Figure 13: histogramme de l'image ndvi.img

Les pixels sont répartis visuellement entre -0,09 et 0,41 soit un étalement approximatif de 0,5.

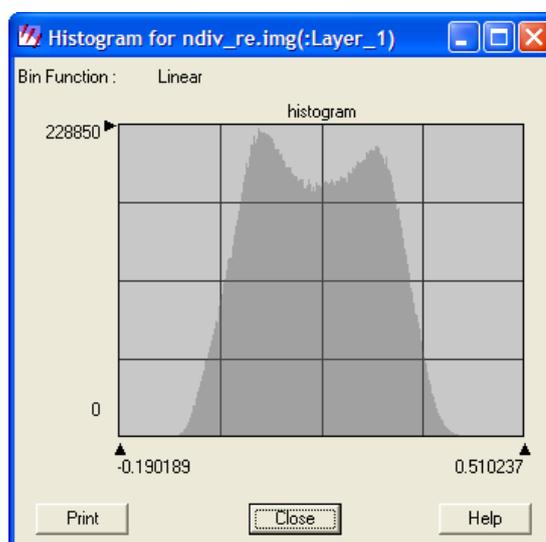


Figure 14: histogramme de l'image ndvi_re.img

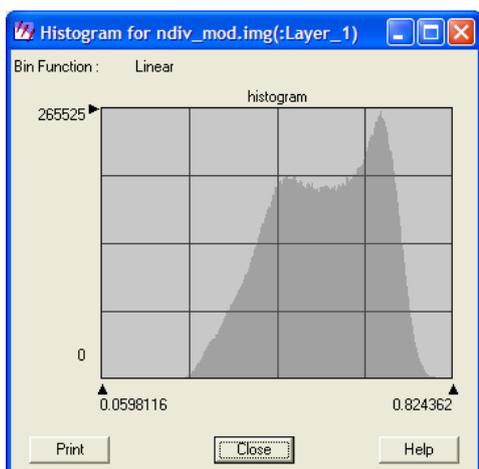


Figure 15: histogramme de l'image ndvi_mod.img

Les pixels sont répartis visuellement entre 0,24 et 0,81 soit un étalement approximatif de 0,57.

De la création des images basées sur les indices de végétation $NDVI_{re}$ et $NDVI_{mod}$, où la bande « red edge » intervient, résulte des histogrammes moins étalés et d'intensité plus faible.

Dans le cadre d'une étude plus poussée, une analyse de l'impact de cet « écrasement » d'historgramme sur la classification par l'algorithme ISODATA doit être entreprise.

Annexe 3 - Classification non supervisée :

La classification non supervisée est disponible sous ERDAS Imagine par le menu DataPrep / Unsupervised Classification ou par le menu Classifier / Unsupervised Classification

Nous avons créé 3 nouvelles images à partir des compositions colorées en utilisant le postfixe « _classifiee.img »

Pour que le nombre d'itérations soit suffisant, nous l'avons fixé à 15 avec le seuil de convergence à 0.98.

La classification réalisée utilise l'algorithme Isodata¹⁴

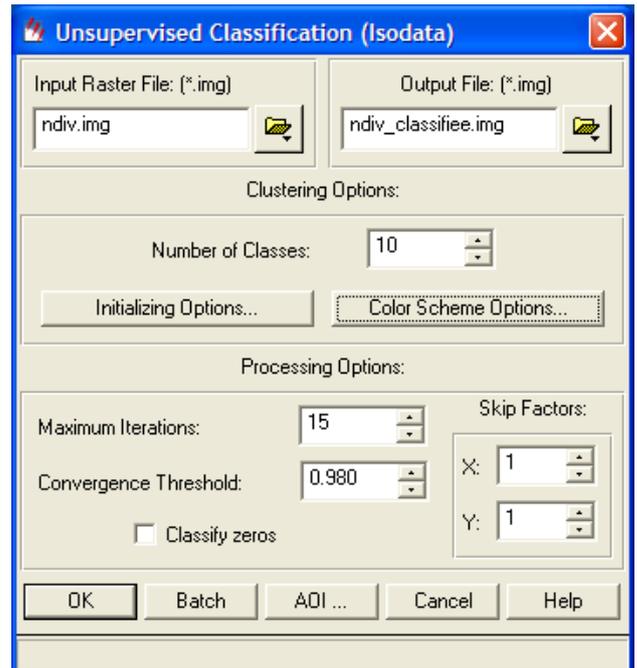
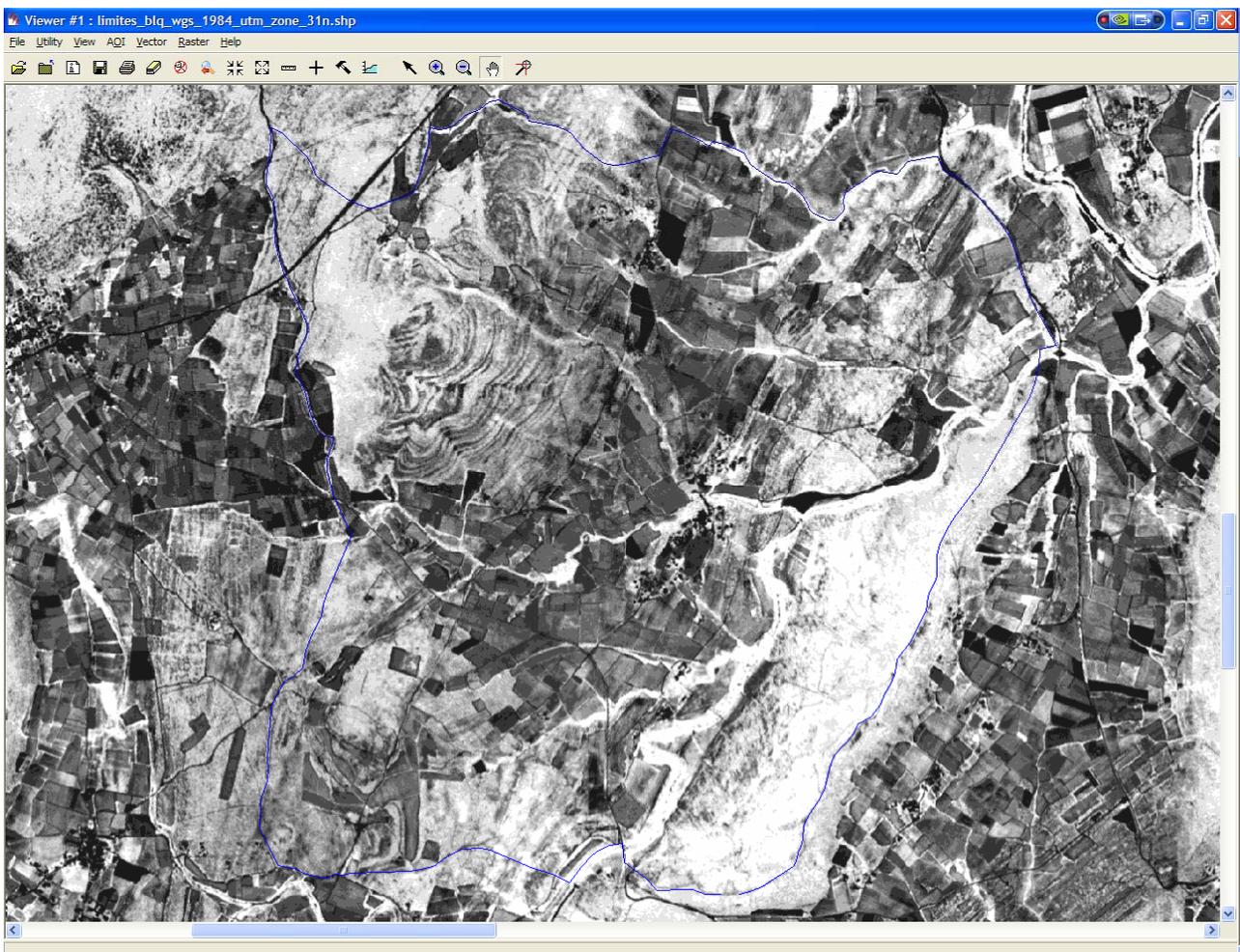


Figure 16: paramètres utilisés pour la classification non supervisée

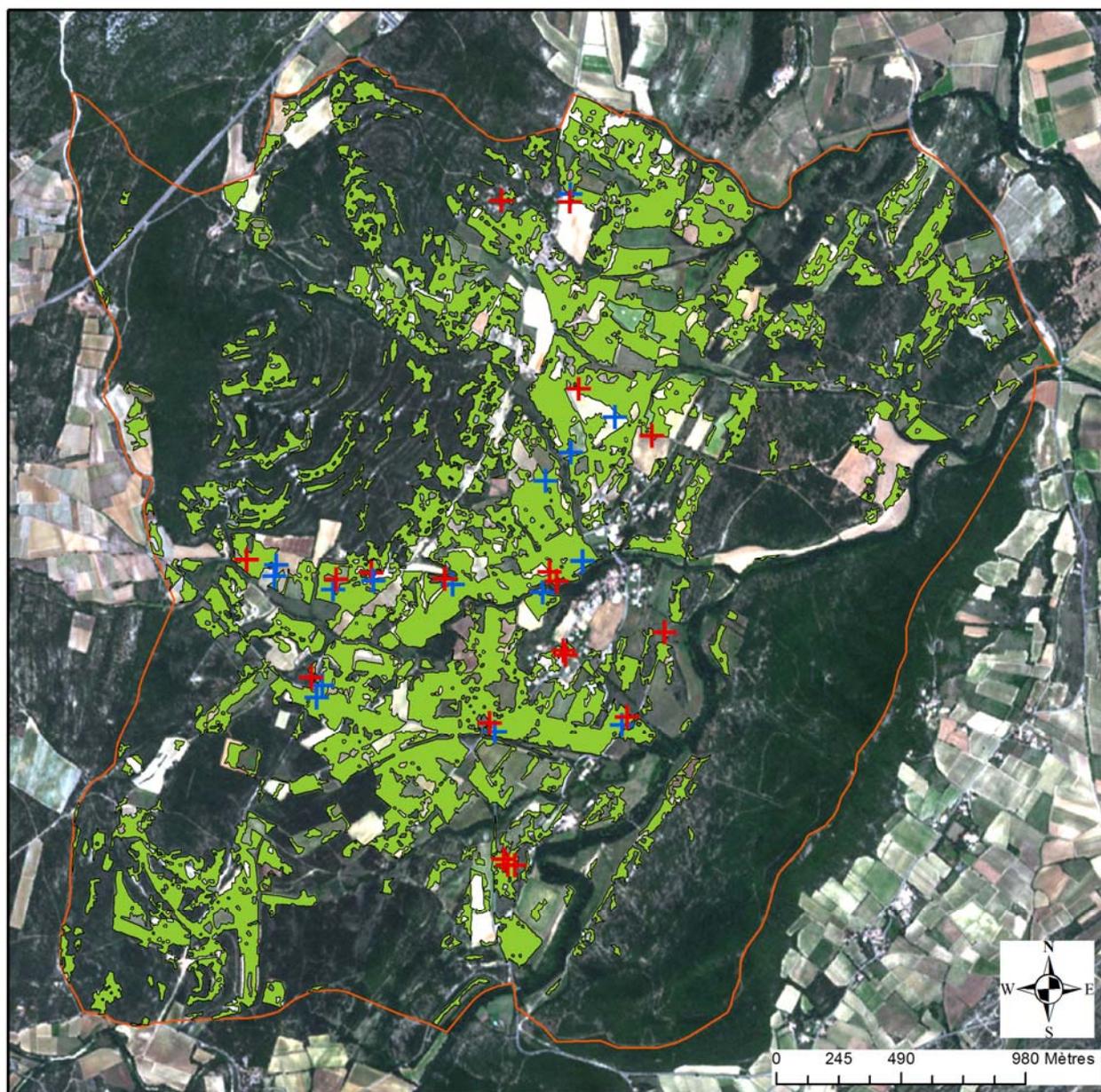
Exemple : le raster de classification obtenu, pour l'indice de végétation normalisé (NDVI) est :



¹⁴ http://www.tsi.enst.fr/tsi/enseignement/ressources/mti/bin_histo/Isodata/isodata.html

Annexe 4 – Carte thématique « Les vignes sur la commune de Brouzet-lès-Quissac »

Essai de caractérisation de la vigne sur la commune de Brouzet-lès-Quissac (France - Gard)



Dossier UE thématique
« Ressources renouvelables
et aménagement du territoire »
Master 2 SIIG3T
(ECUE W333TSS1 thématique)

Source:
image RapidEye
Date d'acquisition:
23 juin 2009

Auteur:
Vincent Bonnal,
janvier 2010

Limites communales

vignes

Relevés GPS:

+ vigne

+ non vigne

Apport de la bande spectrale Red Edge
pour la caractérisation de la vigne
en haute résolution spatiale

Université Paul-Valéry
Montpellier III

Master
SIIG3T

TETIS