HAL
open science

La contribution de la télédétection satellitaire et des SIG à l'étude des processus dynamiques de structuration de l'espace dans la région du Fucino (Abruzzes, Italie)

Tiziana Ercole

To cite this version:

Tiziana Ercole. La contribution de la télédétection satellitaire et des SIG à l'étude des processus dynamiques de structuration de l'espace dans la région du Fucino (Abruzzes, Italie). Cahier des thèmes transversaux ArScAn, 2008, VIII, pp.205-218. hal-02235985

HAL Id: hal-02235985

https://hal.science/hal-02235985v1

Submitted on 1 Aug 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La contribution de la télédétection satellitaire et des SIG à l'étude des processus dynamiques de structuration de l'espace dans la région du Fucino (Abruzzes, Italie)

Tiziana ERCOLE
(ArScAn – Archéo Environnement)

Ce texte rend compte de l'utilisation d'outils satellitaires dans le cadre d'une lecture archéogéographique du territoire entourant le Lac Fucin en cours d'étude (doctorat en préparation). Un point particulier est consacré au traitement d'images satellitaires, parmi lesquelles celles à haute résolution, en vue de préparer une nouvelle acquisition d'informations géographiques. Ces recherches méthodologiques sont menées pour analyser et ré-interpréter certains aspects du paysage, dans une optique essentiellement spatiale, alors que les instruments traditionnels (sources historiques, photo-interprétation) induisent une vision de l'histoire d'un paysage à partir de représentations en deux dimensions (2D). L'élaboration d'informations par le biais d'un Système d'Information Géographique (SIG) se caractérise ici par la préparation d'analyses spatiales en trois dimensions (3D) qui prennent en compte les composantes environnementales et leurs perceptions par les sociétés anciennes sur la longue durée.

1. TÉLÉDÉTECTION

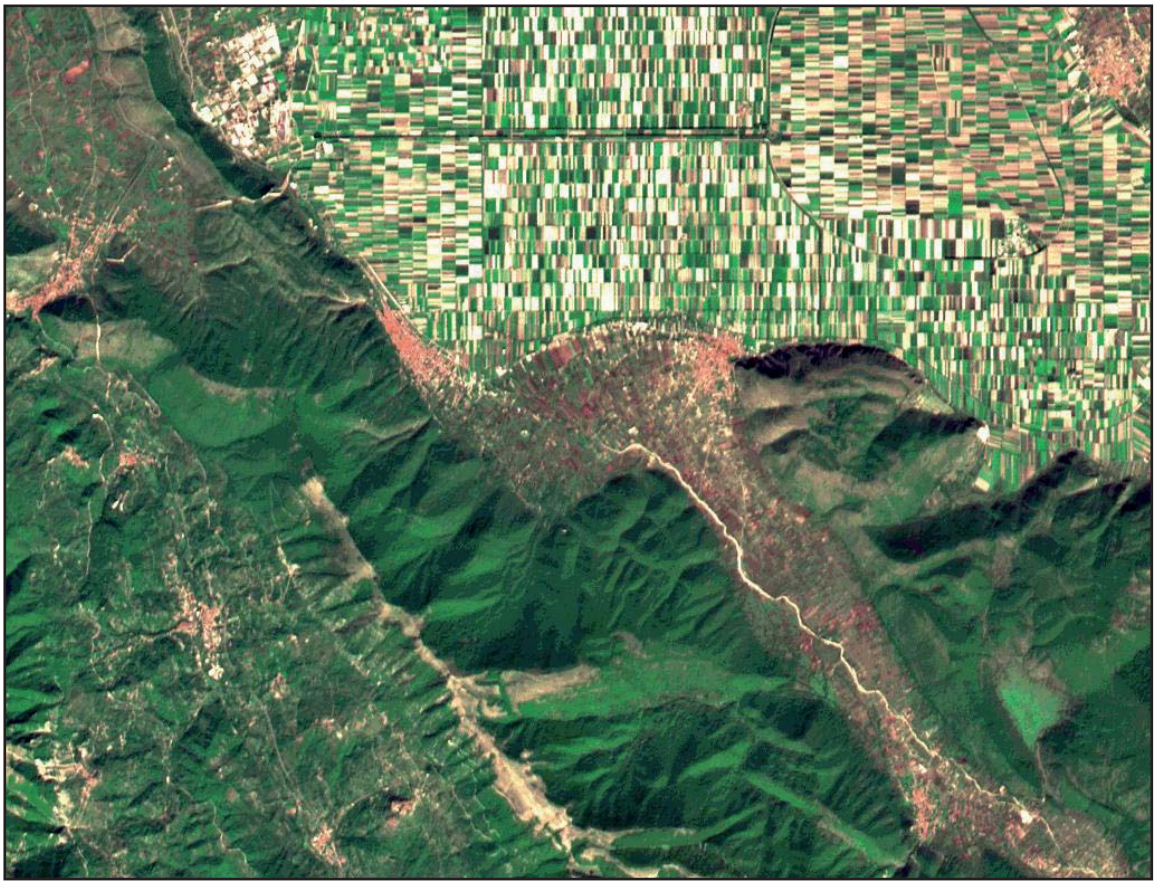
La télédétection consiste à capter des signaux reflétés ou absorbés par la surface terrestre grâce à des satellites situés dans l'espace. Des outils permettent d'aider à décomposer les structures planimétriques dessinant la mosaïque paysagère.

1.1 Phase d'acquisition

Le tableau suivant indique les caractéristiques des satellites *Landsat*, *Spot* et *QuickBird*, et pour chacun, la typologie des images disponibles et les domaines d'application correspondant à l'étude du paysage.

Les images satellitaires, en raison de la vision

Satellites	Dimension des images	Résolution	Bandes	Applications	Temps et fréquence de passage
***Landsat* (capteur TM)**	185 x 185 km	30 m (dans les bandes optiques) 60 m (dans l'infrarouge)	couleurs et infrarouge proche et thermique	- classification générale des terrains ; - cartographie des différents types d'habitat urbain, des infrastructures routières, des grands édifices urbains, des aéroports ; - différenciation des couverts forestiers et des terrains agricoles.	16 jours
***Spot* PC**	60 x 60 km	10 m PC	panchromatique	- analyses morphologiques et paléo-environnementales	26 jours
***Spot* XS**	60 x 60 km	20 m	multispectrale et infrarouge proche	- analyses morphologiques et paléo-environnementales	26 jours
QuickBird 2	16 x 16 km	0,61 m si noir et blanc 2,44 m si couleur	photométrie BVR (bleu vert rouge) et infrarouge proche	- création ou mise à jour de cartes et de bases de données géoréférencées ; - détection de changements à partir d'analyses d'images nécessitant une très grande précision de localisation.	3-7 jours



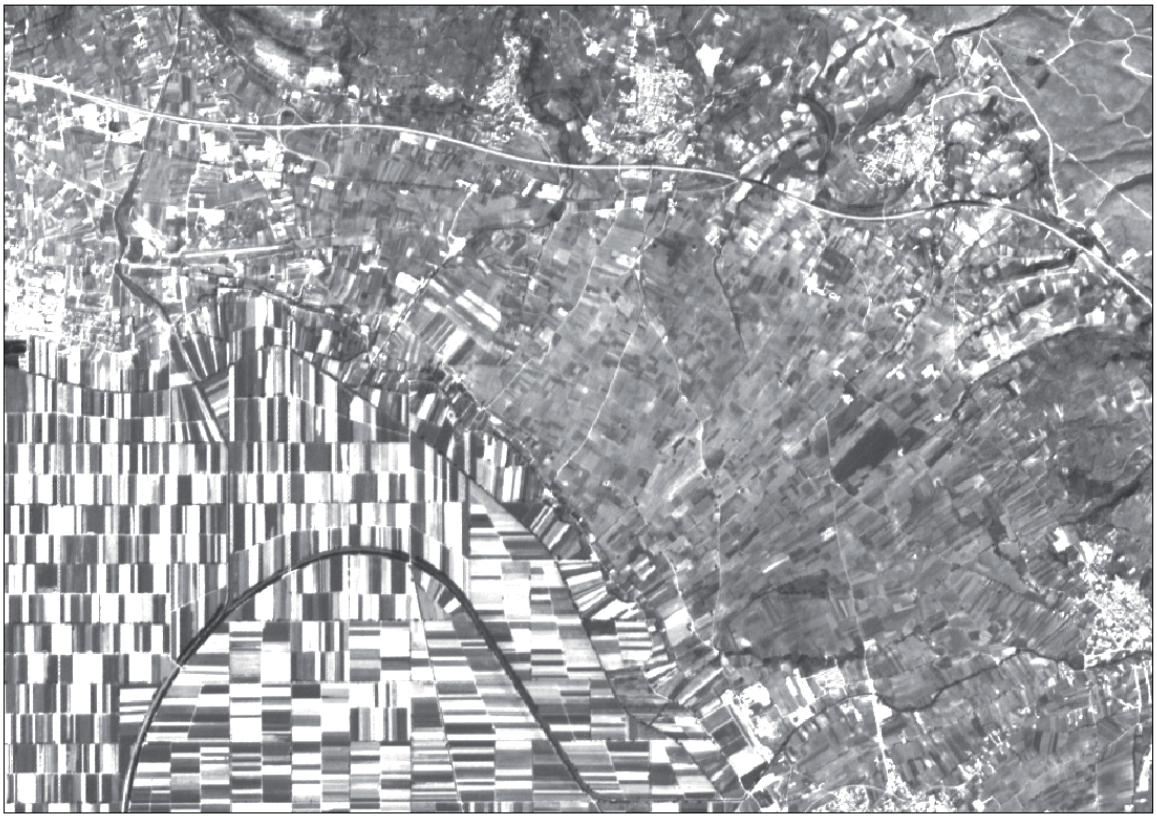


Figure 1 Images Landsat et Spot PC .
1a :Landsat (Thematic Mapper) 1b : Spot PC

synoptique des scènes, constituent le point de départ : l'image *Landsat* est employée pour la compréhension des potentialités des terres et l'usage des sols, tandis que l'image *Spot* est utile à l'analyse texturale du territoire. La figure 1 permet de comparer les « informations » spectrales et géométriques entre une image *Landsat* et une autre *Spot* PC.

Les satellites à haute résolution permettent une télédétection à plus grande échelle : les capteurs *QuickBird* combinent la richesse des bandes à la restitution très élevée des détails géométriques. Cette qualité de saisie permet de dégager des objets de plus petite dimension et de les compiler au sein de documents planimétriques de grande précision telles que les orthophotographies à haute définition. La figure 2 permet de comparer l'image *QuickBird* (2,4 m de résolution) avec une orthophotographie à l'échelle 1 :10.000.

1.2 Phase de traitement

Les données vues précédemment sont traitées avec le logiciel *ENVI* pour en améliorer les contrastes et permettre une meilleure définition des éléments paysagers. Ce traitement consiste pour les images multispectrales à classifier et à générer de nouvelles cartes thématiques : usage du sol, carte de la végétation, structure texturale du territoire (cf. pour ces techniques, Forte, 2001 et Forte, 2002).

Le logiciel possède des filtres qui permettent de faire ressortir une gamme chromatique par une autre révélant des éléments divers (zones humides, zones boisées, limites parcellaires, etc.). On peut ainsi faire apparaître des structures qui auraient sinon été confondues dans les milliers de lignes visibles sur les images originelles. Par exemple, l'application du filtre « High Pass » (Figure 3) élimine les hautes fréquences pour détecter les bords des petits éléments, par exemple les limites de champs, les chemins. À l'opposé, le filtre « Low Pass » (Figure 4) améliore le rendu des éléments de grandes dimensions, comme les reliefs, les labours, les forêts.

Sur un plan technique, ces filtres servent à accentuer les différences chromatiques dues aux variations de luminosité à basse et haute fréquence, aboutissant à une matrice numérique (3 x 3 ou 5 x 5). Les logiciels du marché, dont le logiciel *ENVI* choisi pour notre étude, possèdent des matrices standardisées.

Exemple de matrice appliquée à un filtre directionnel qui met en évidence les alignements NO-SE (Figure 5) :

0	-1	-1
1	0	-1
1	1	0

Les résultats des filtrages ont été compilés dans une image multispectrale qui associe les trames dans une seule scène satellitaire sur laquelle plusieurs alignements sont mis en évidence (Figure 6).

Sur les images multispectrales, à partir des bandes optiques, on peut créer de nouvelles cartes thématiques à partir d'une commande de classification automatique dans le but de faire apparaître de nouvelles informations de diverses natures sur le territoire étudié (Figure 7). Le résultat au format raster est convertible en format vectoriel pour le transférer dans le SIG (Figure 8). Par exemple, la classification automatique a indiqué des bandes homogènes en bleu et fuchsia qui sont analysées comme la végétation le long des cours d'eau ou des zones humides. Finalement, cette méthode dans ce cas précis a révélé des trames liées à la présence de couloirs humides connectés entre eux par des torrents ou des vestiges hydromorphes sous-jacents.

1.3 Les orthophotographies

Les potentialités des orthophotos ont été explorées dans cette première phase de recherche, soit parce qu'elles représentent une source essentielle à la lecture morphologique du

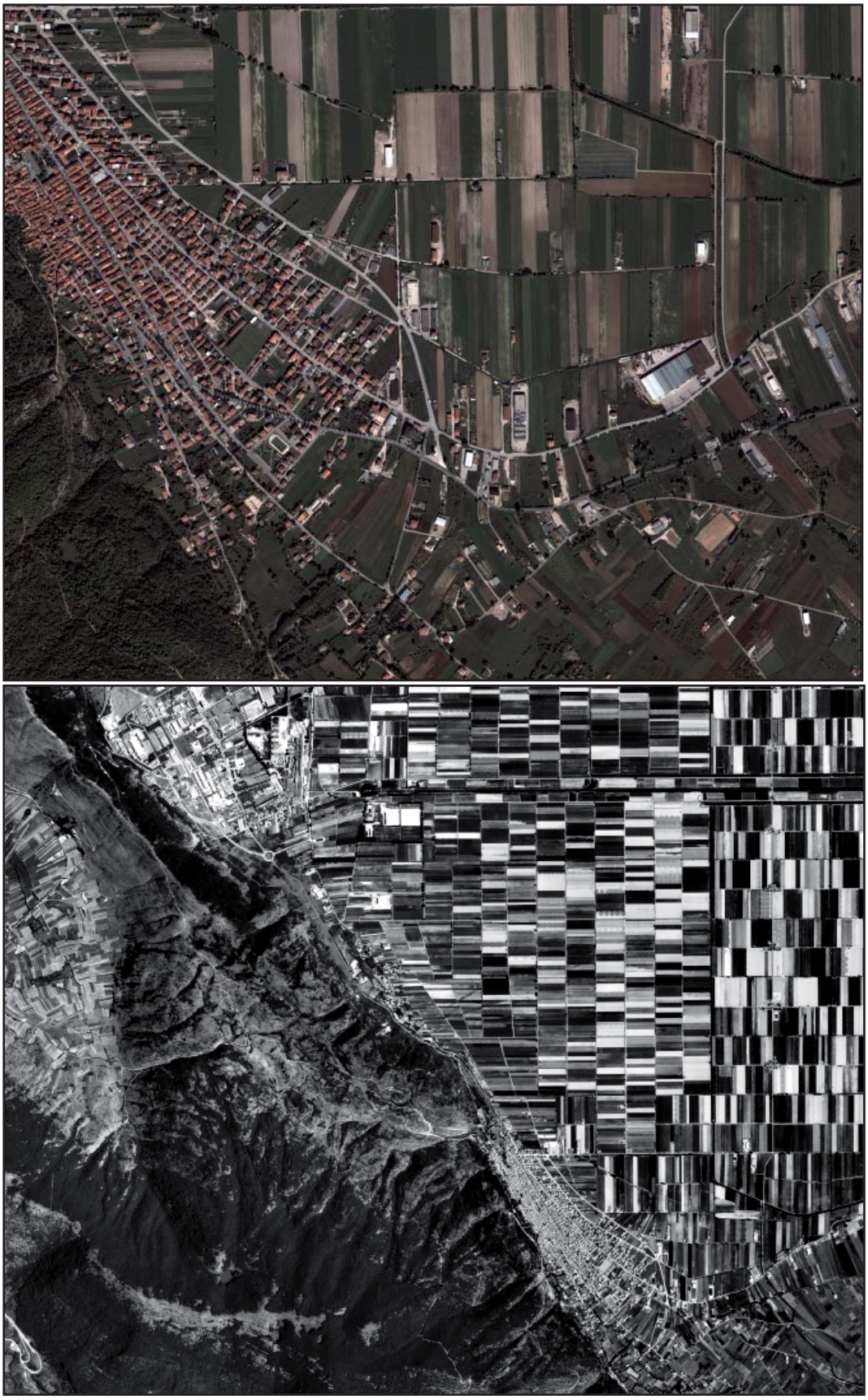


Figure 2 : QuickBird2 (2,4 m de résolution) et, en bas, orthophoto
2a : QuickBird2 ; 2b : Orthophoto

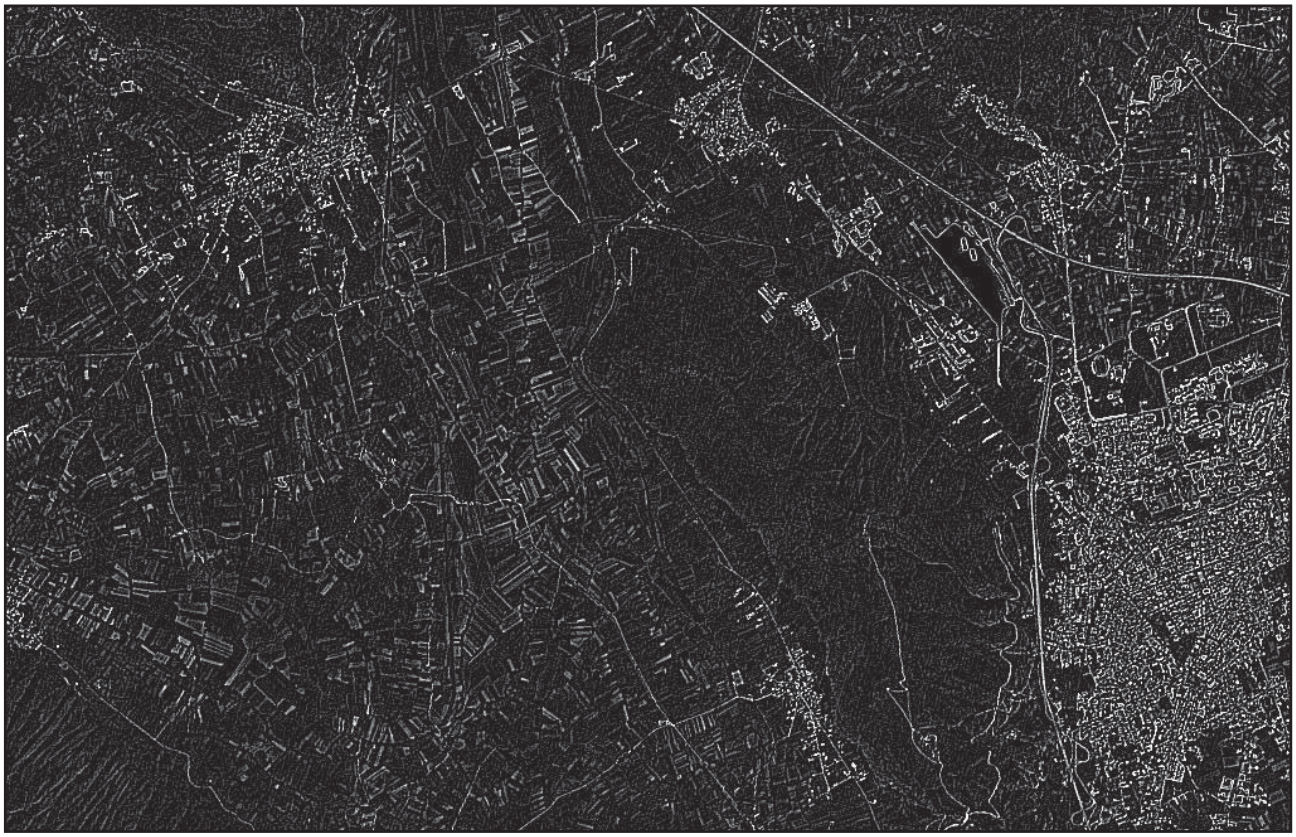


Figure 3 : Filtre « High Pass » appliqué à une image Spot PC

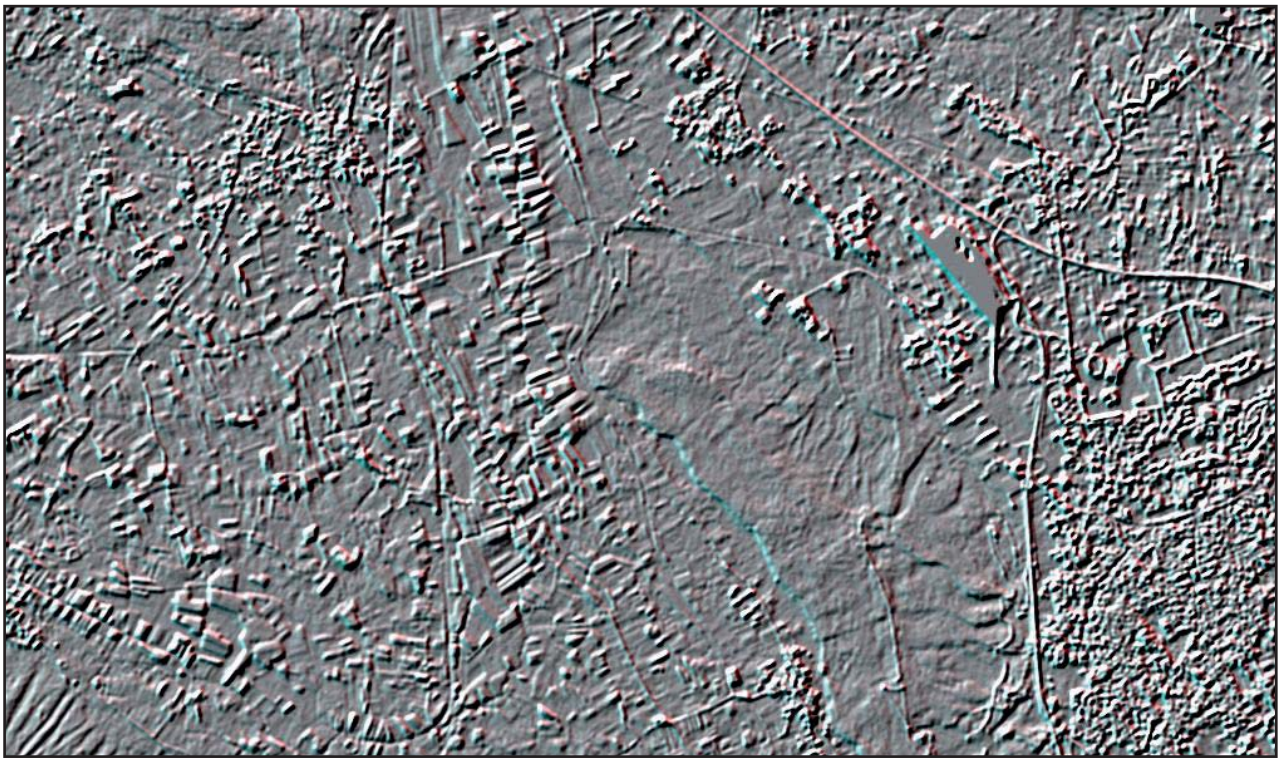


Figure 4 : Filtrage Low Pass sur SpotPC

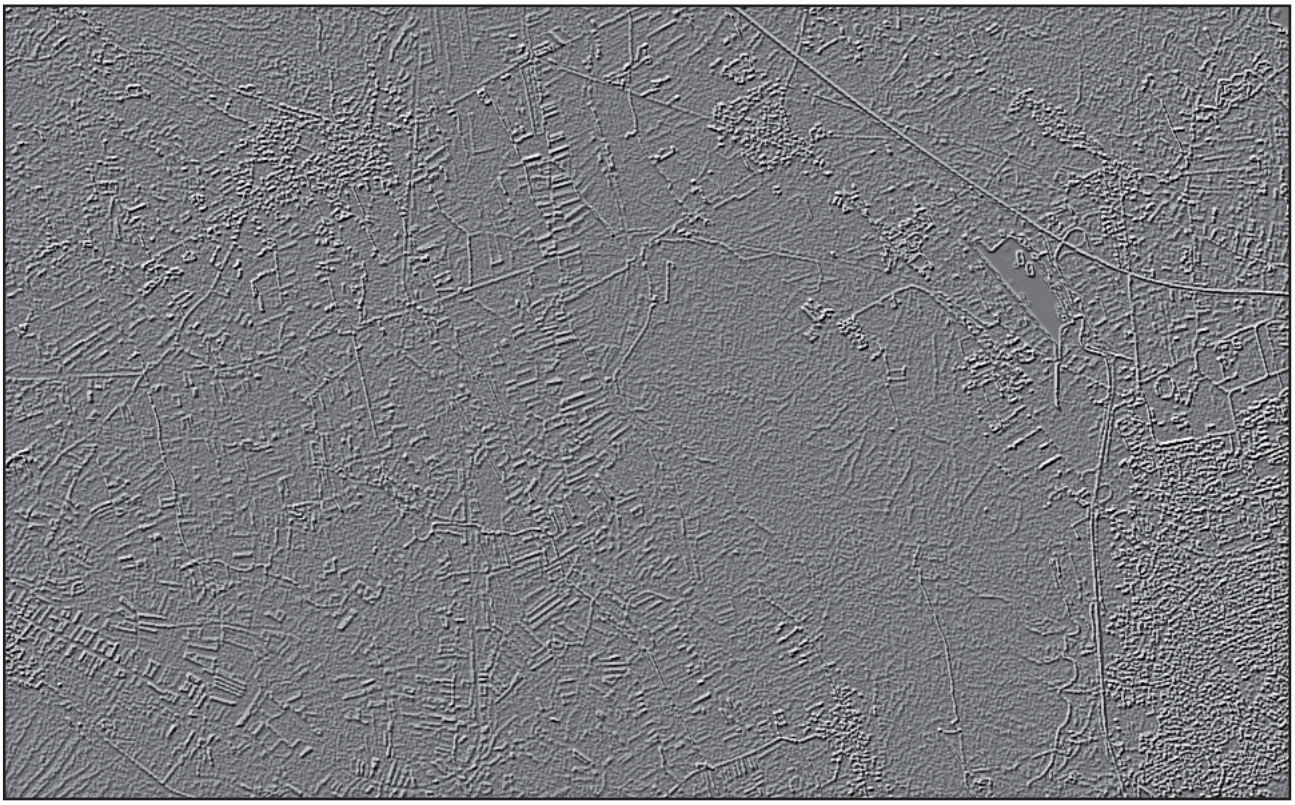


Figure 5 : Filtre directionnel et étirement gaussien : mise en évidence des alignements qui suivent une certaine orientation.

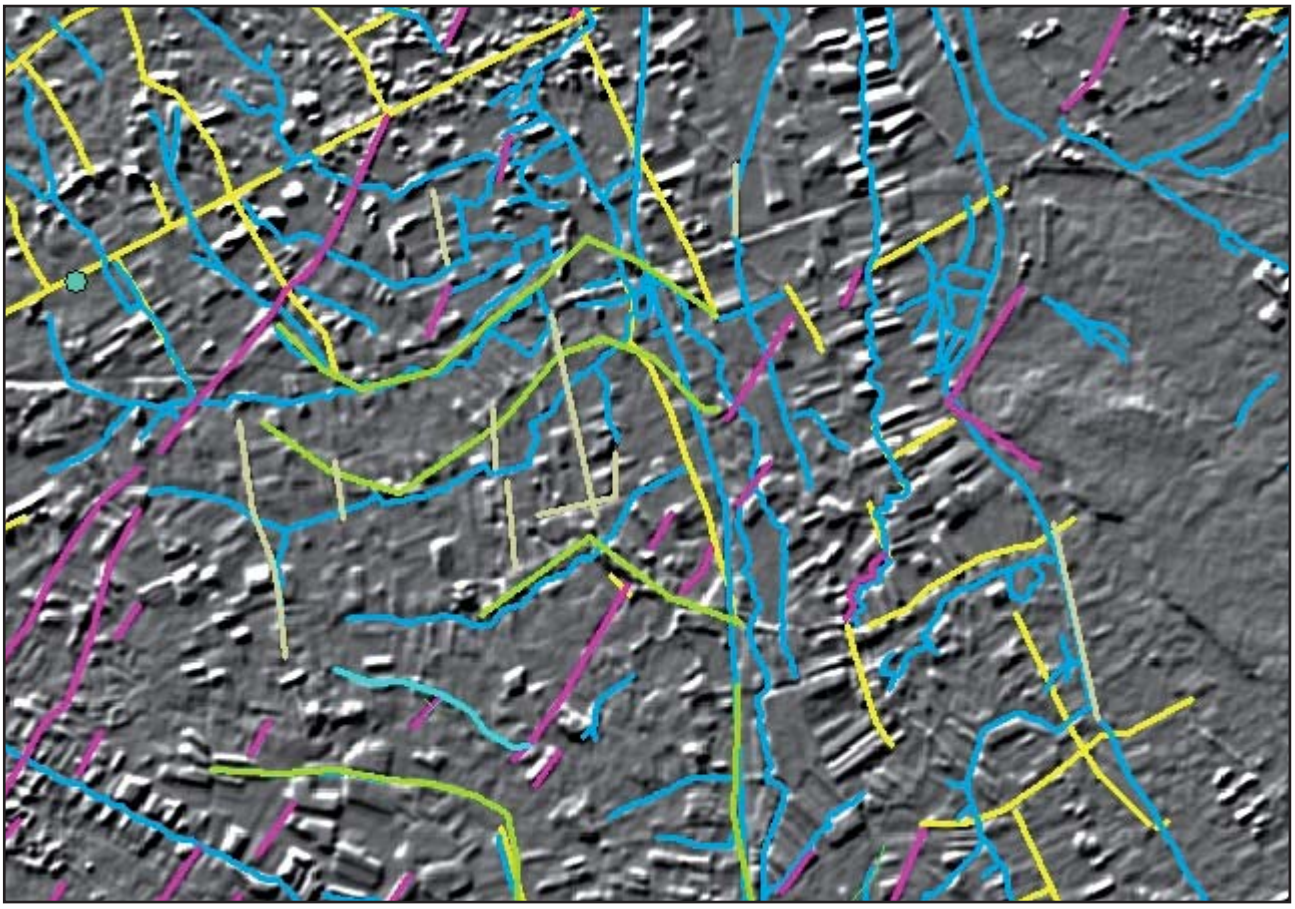


Figure 6 : Identifications de nouveaux alignements

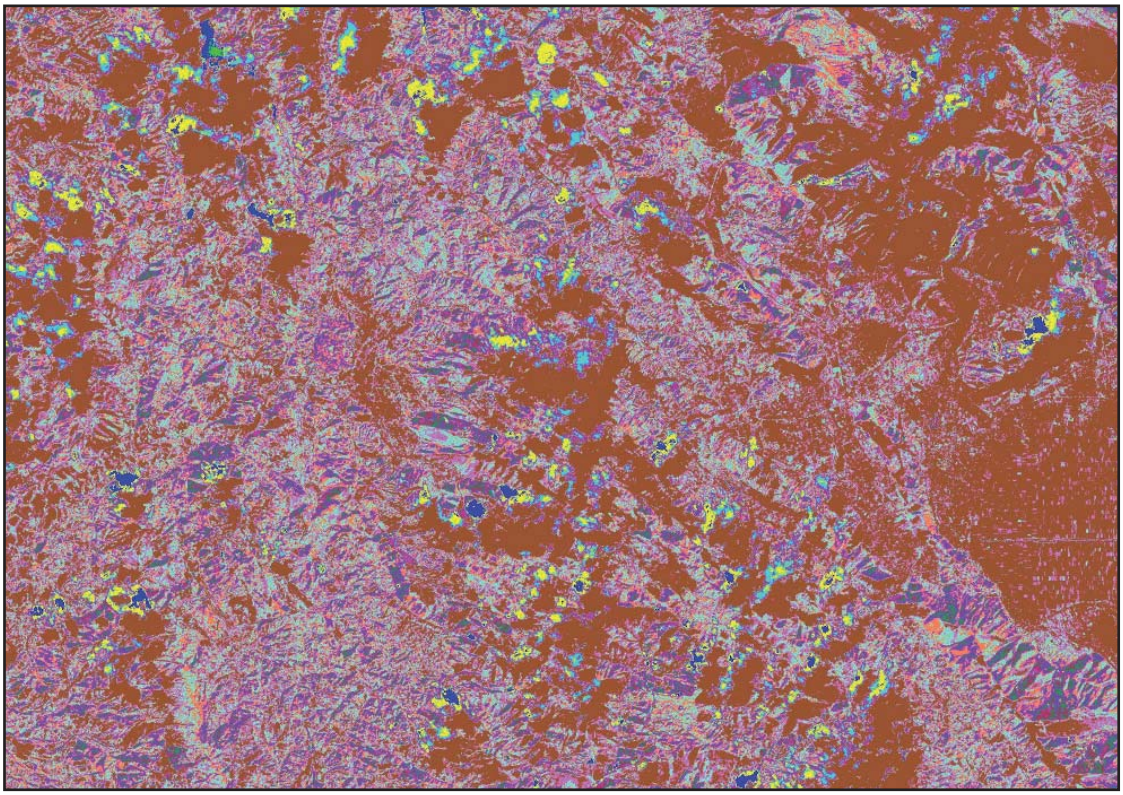


Figure 7 : Classification automatique de l'image Landsat

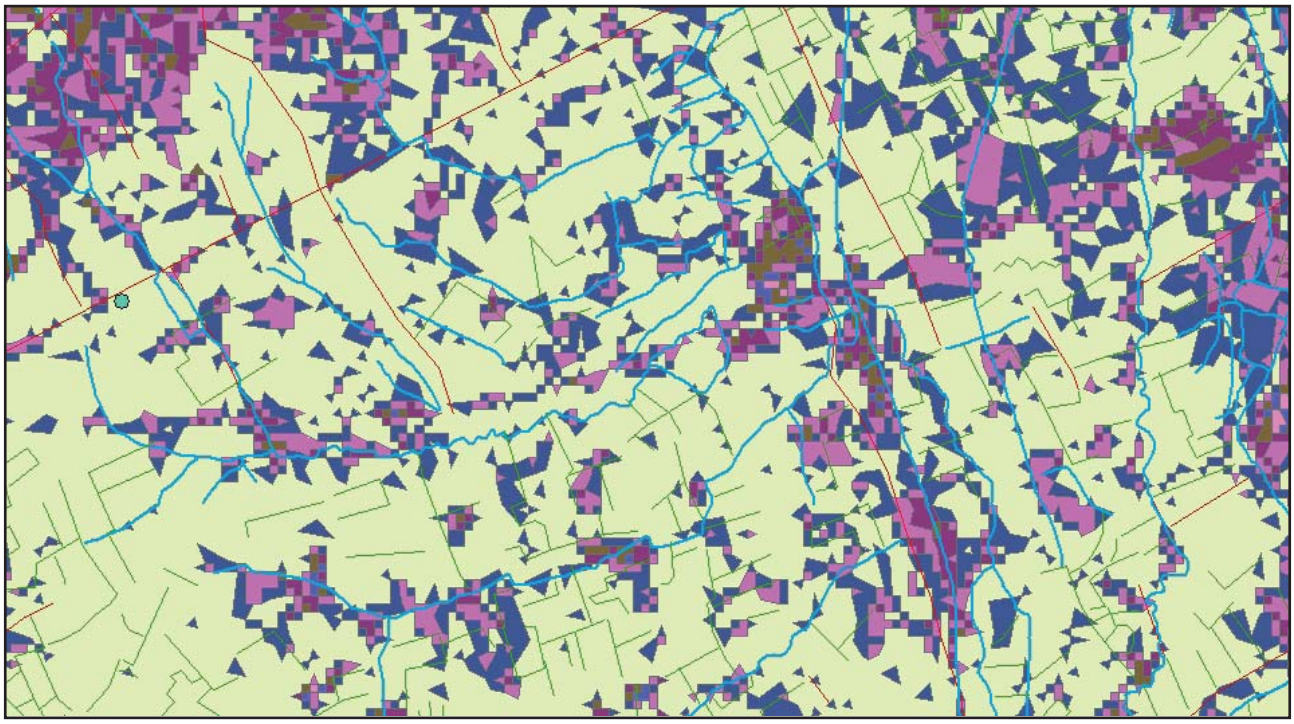


Figure 8 : Passage au format vectoriel de la classification précédente

Figure 9 : Orthophoto : individuation d'une nécropole protohistorique de tombes à tumulus

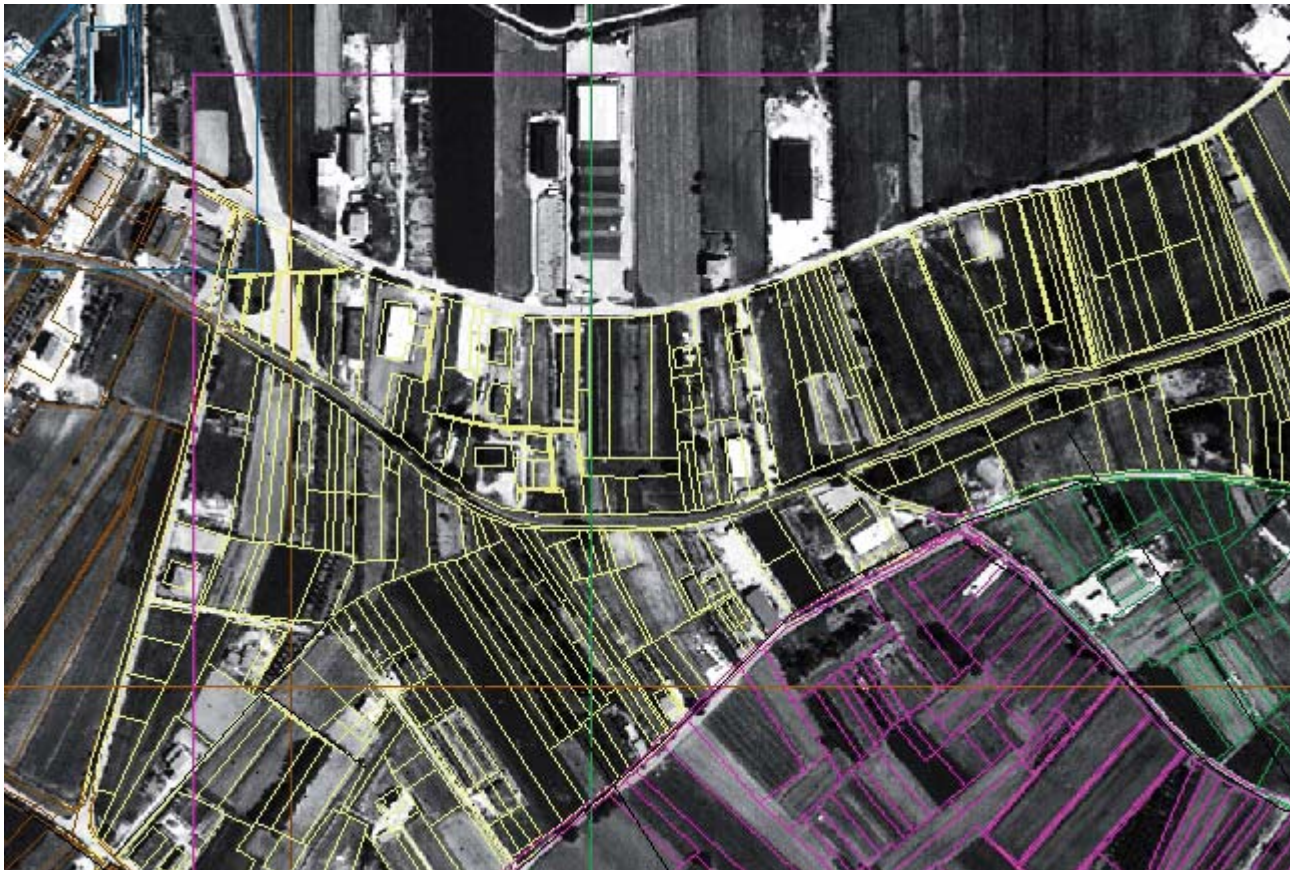


Figure 10 : Parcellaire et orthophoto: vers la macro-échelle

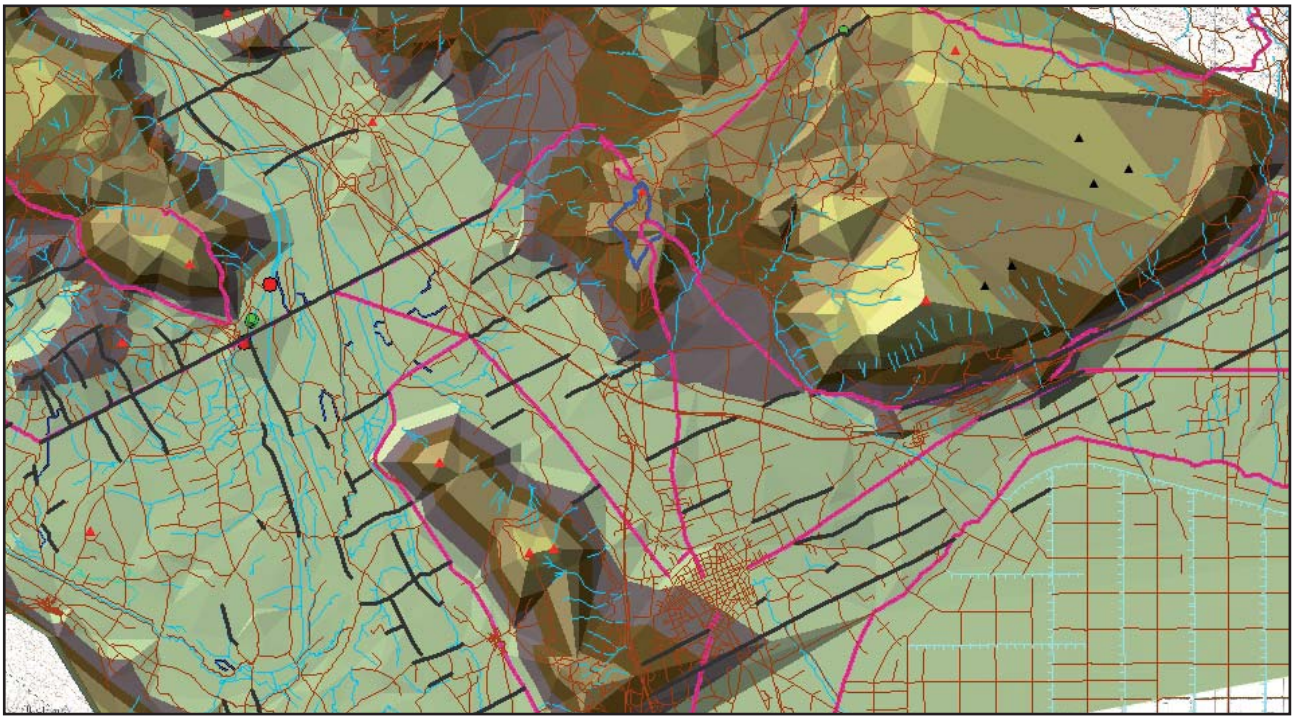


Figure 11 : Elaboration du TIN intégré par les points cotés IGMI et visualisation Hillshade de l'altimétrie

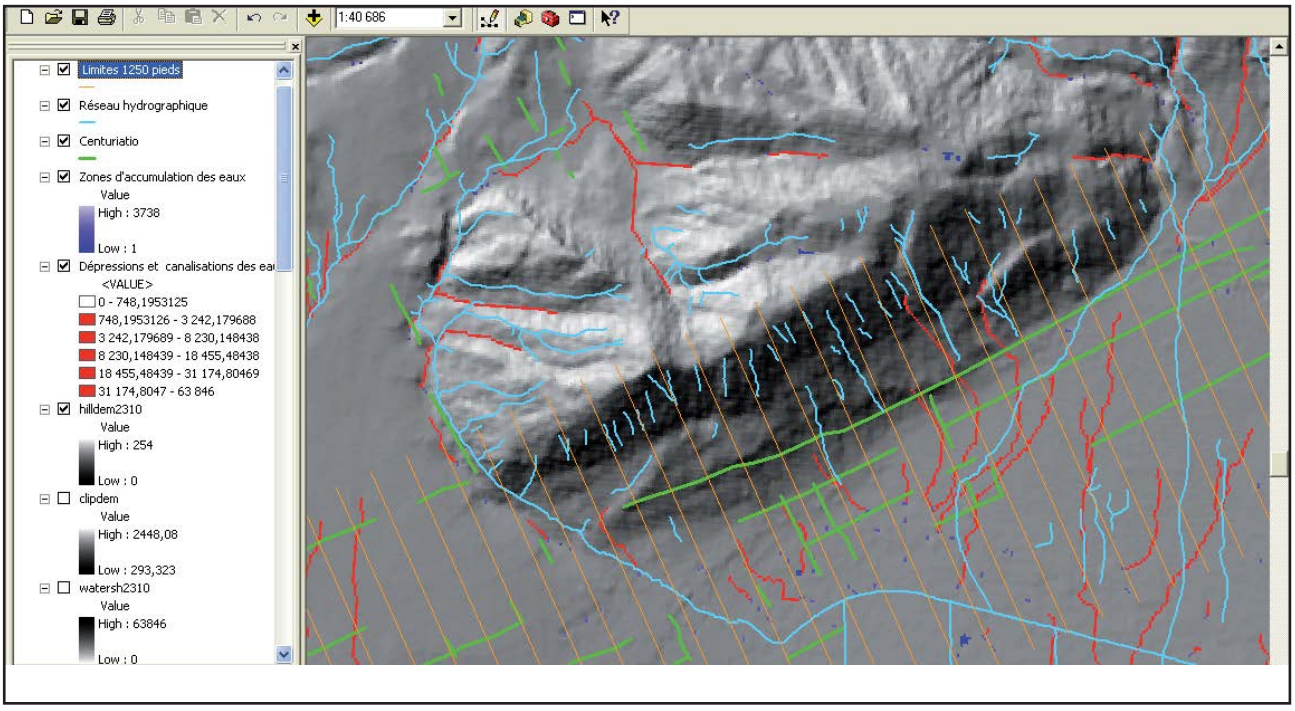


Figure 12 : Compilation du modèle hydrologique et du modèle de centuriation dans le territoire de la colonie Alba Fucens

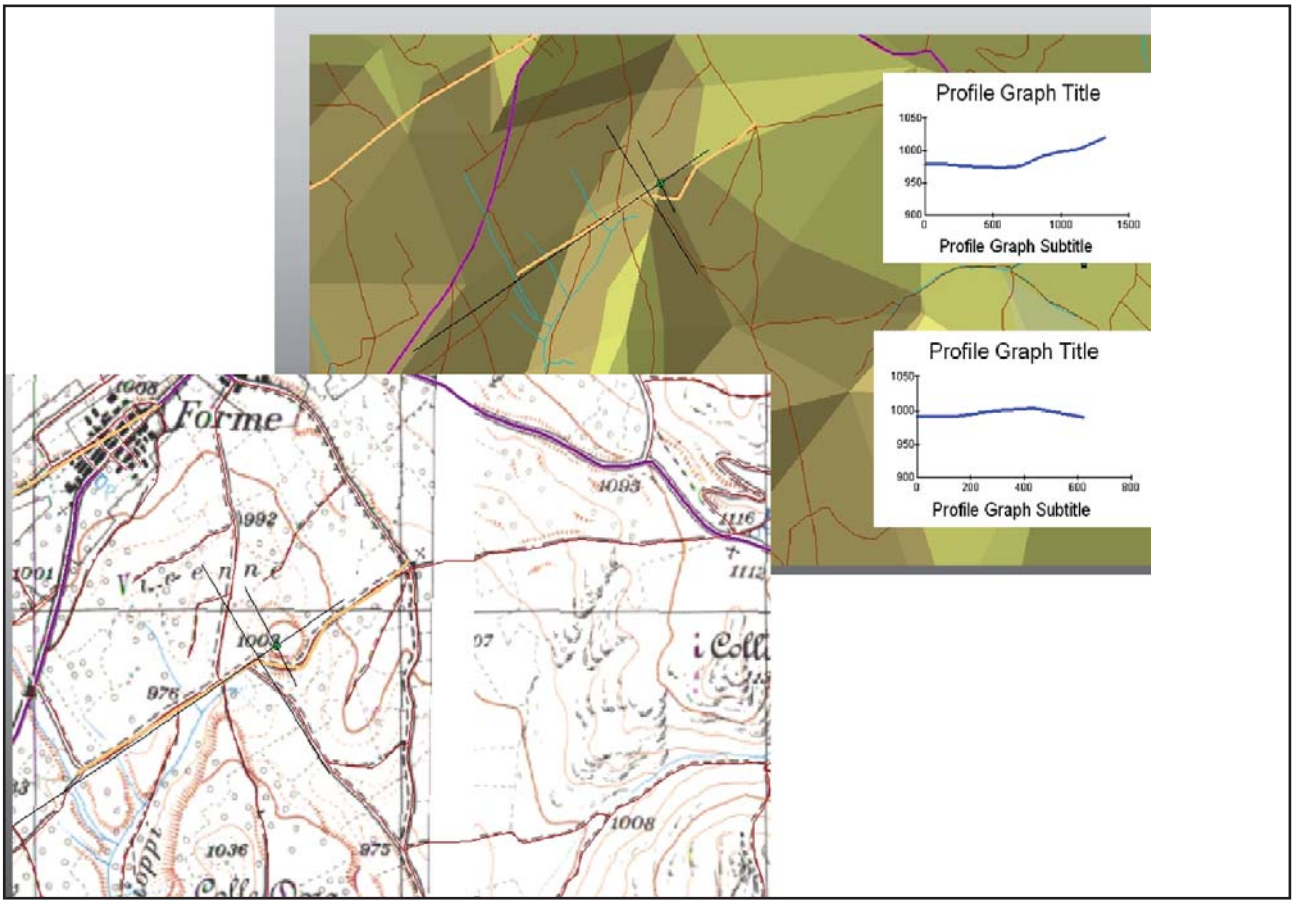


Figure 13 : Anomalies altimétriques : une voie insérée dans la centuriation de Alba Fucens (decumanus) épouse la forme d'un

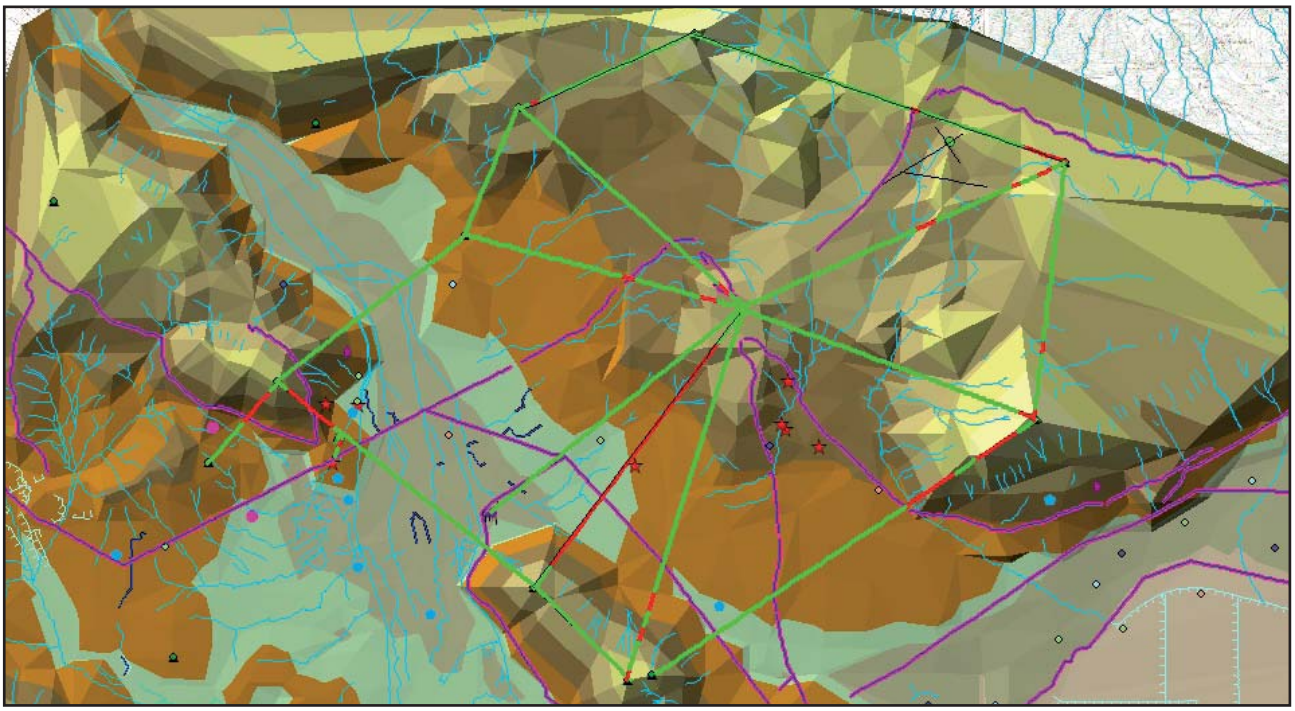


Figure 14 : Hiérarchisation des habitats : au milieu, le site qui deviendra la colonie d'Alba Fucens

paysage (Figure 9), soit parce qu'elles peuvent être désignées comme une base topographique qui permet de se rapporter aux objets géographiques à plusieurs échelles (Figure 10).

2. PRÉSENTATION DES ANALYSES SPATIALES RÉALISÉES

Un SIG a été entrepris pour rassembler les diverses données recueillies à partir de différentes sources : données de la Surintendance archéologique, bases de données commerciales, cartographies thématiques mises à disposition par des entreprises italiennes, numérisations et collecte d'informations dans la littérature. On a surtout cherché à effectuer des analyses spatiales en utilisant le logiciel ArcGis et ses modules ArcMap, ArcCatalog et ArcTools (pour les applications, Wescottt, Brandon, 2000). L'accent a été mis sur les analyses 3D de la topographie. Ceci a rendu nécessaire une meilleure définition de l'altimétrie, à travers une densification des points cotés. La figure 11 donne un exemple du travail de constitution d'un TIN (Triangulated Irregular Network) : c'est une représentation sous forme de triangles de la topographie d'un secteur qui respecte strictement l'échantillonnage original.

2.1 Définition de l'altimétrie

En disposant d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT), il est possible d'utiliser plusieurs fonctions de modélisation hydrologique qui aident à comprendre la présence de dépressions, la direction et les zones d'accumulation des eaux, ainsi que leur distribution dans le territoire. Cette modélisation peut révéler, d'une manière schématique, les traces des interventions d'aménagement de l'espace (terrasses, canaux) qui sont difficiles à percevoir dans un contexte bidimensionnel. Ce traitement a permis d'observer une correspondance surprenante, dans l'étude de cas, entre les cours d'eaux (très réguliers sur ce versant), les dépressions mises en évidence par le modèle hydrologique (éléments en rouge) et les axes de la subdivision agraire supposée (en orange sur la Figure 12) ; ces derniers indiquent le rythme probable du lotissement de 149 apr. J.-C.

Dans ces analyses, on a aussi utilisé la détection automatique d'éventuelles anomalies altimétriques qui peuvent être un indice de la présence d'éléments artificiels dans un contexte homogène de points cotés. Suite à l'analyse des anomalies, un tumulus de l'Age du Fer a été identifié ; la centuriation d'Alba Fucens l'a respecté en l'intégrant par le biais d'une voie. (Figure 13)

2.2 Analyses de visibilité

Les applications SIG offrent des analyses de visibilité (« Line-of-Sight, Viewshed »), qui sont intéressantes non seulement pour l'intervisibilité entre différents sites, mais aussi pour l'impact visuel d'un élément, naturel ou anthropique dans son contexte. Il s'agit d'aider la lecture des relations entre les sites eux-mêmes ou entre les sites et leurs milieux.

Dans notre étude de cas, là où les données archéologiques et historiques n'étaient pas suffisantes, l'emplacement de certains sites a pu être expliqué grâce au contexte politique et administratif mais aussi par un phénomène de gravitation spatiale. Ce travail est en cours de préparation pour les *oppida* du territoire d'Alba Fucens (Figure 14) pour lesquels on peut croiser le Modèle Numérique de Terrain avec les sources historiques disponibles.

Dans la figure 14, la connexion visuelle entre les *oppida* entourant le site préromain d'Alba Fucens parait privilégier le pôle central qui sera choisi par les Romains pour la fondation de la colonie latine (D'Ercole, 1993). On est à la frontière du territoire des Aequi et des Marses. Alba a toujours été considérée comme un site localisé dans le territoire des Aequi mais à la suite d'analyses spatiales effectuées sur SIG,

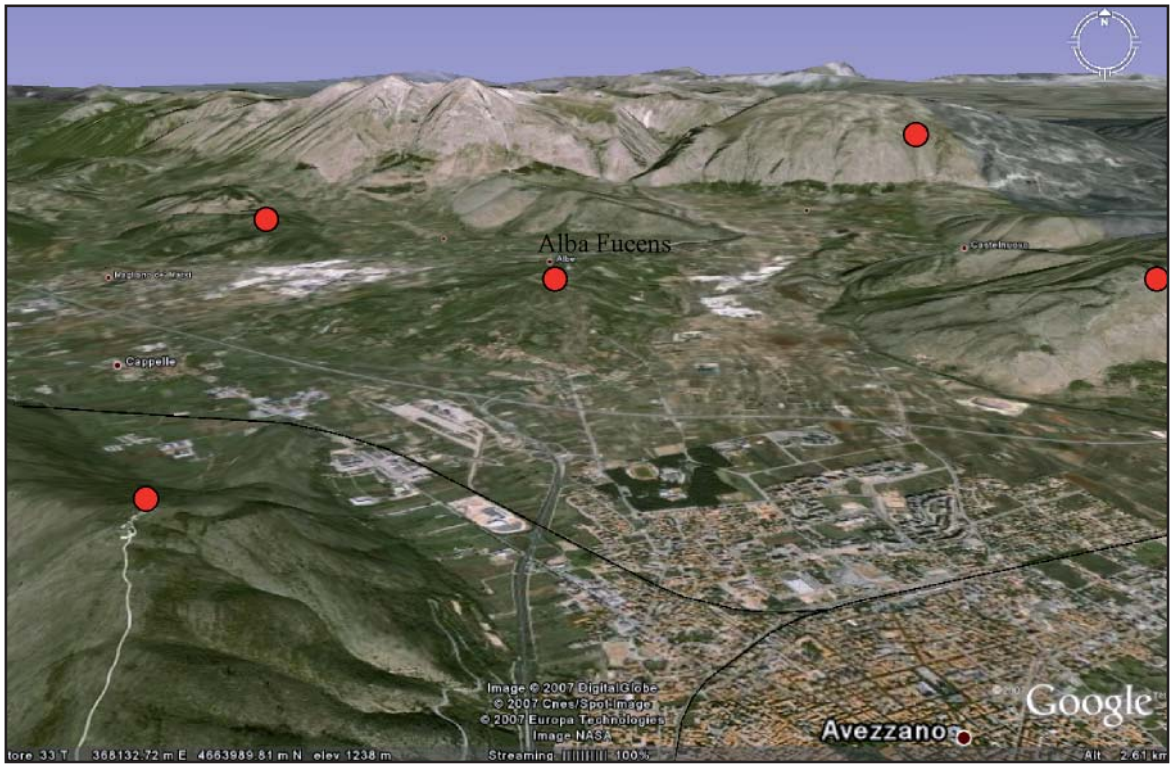


Figure 15 : Le territoire d'Alba Fucens aujourd'hui. En rouge, l'emplacement des oppidums (image 3D Google Earth)

Figure 16 : Territoires et voirie visibles depuis les oppida (en vert clair)

une logique géographique et stratégique a été décelée dans la distribution des *oppida* marses entourant la colline d'Alba, ce qui attribuerait ce site au territoire des Marses (Firpo, 1998). Une autre hypothèse a été formulée dans le cadre de ce travail de recherche à partir de l'analyse spatiale de distribution de sites à vocation religieuse : il semble qu'Alba s'intègrerait plutôt dans un réseau culturel qui se déploie autour du Lac Fucin ; cet itinéraire religieux dépasse le cadre des deux territoires Aequi/Marses. La modélisation archéogéographique a donc offert une nouvelle clef d'interprétation du système d'habitat gravitant autour de ce bassin.

Actuellement, certaines caractéristiques du paysage ne paraissent pas avoir changées : le rapport altimétrique entre les plaines et les montagnes est presque le même (Figure 15), cependant il faut penser à une composition de la végétation ancienne différente et l'existence de forêts constituerait un indicateur important pour les questions de visibilité.

Le modèle de contrôle de cette zone, induit par les analyses de visibilités inter-sites montre dans la longue durée, un réseau viaire de formation qui enveloppe la colline d'Alba Fucens (Figure 16, en vert). Cette structure, qui s'appuie sur les principaux axes de communication avec les régions voisines des Vestines, de Sabines et de la Campanie, se développe le long de petits reliefs, en évitant les secteurs marécageux de plaine.

De plus, elle coïncide en partie avec les zones de visibilité des *oppida*, beaucoup plus réduites que l'*ager albensis* (le territoire assigné à la colonie).

En fait, le maillage inhérent à la centuriation d'Alba Fucens est reconnaissable sur une vaste extension du territoire autour de la ville et imprègne fortement le paysage. L'abandon/destruction des centres de pouvoir de l'Âge du Fer (*oppida*), la création de la colonie d'Alba et la successive bonification des terres inondables ou humides, ont offert de plus grandes surfaces à exploiter.

CONCLUSION

L'étude des dynamiques d'occupation dans l'Antiquité doit tenir compte des différentes actions anthropiques sur le milieu. Ceci est rendu possible par une vision interdisciplinaire qui confronte les attributs géographiques et culturels des lieux, dans la longue durée (Aston, 1989 ; Chouquer, 2008).

L'application de nouvelles technologies de détection et d'élaboration des bases de données géographiques, associée à l'analyse de l'espace confronté à l'enquête archéologique, est un bon moyen d'intégration des données archéologiques et des informations environnementales par le biais de la dimension spatiale.

La plupart des figures sont éditées en couleurs sur le web (http://www.mae.u-paris10.fr/Cahiers/index.htm)

BIBLIOGRAPHIE

ASTON M. 1989. *Interpreting the landscape*. London.

CHOUQUER G. 2008. *Traité d'archéogéographie. La crise des récits géohistoriques*. Paris : Errance.

voir aussi le site web : www.archeogeographie.org

D'ERCOLE V. 1993. Modelli insediamentali nell'Abruzzo preistorico. *Cheiron, Materiali e strumenti di aggiornamento storiografico*, anno X, 19/20 : 19-35.

FIRPO G. 1998. Fonti latine e greche per la storia dell'Abruzzo antico. *Deputaz di Storia Patria per gli Abruzzi*, vol. II/1,2 : 408-409.

FORTE M. 2001. *Remote Sensing in Archaeology (a cura di M. Forte, S. Campana). Atti dell'XI Ciclo di Lezioni di ricerca applicata in archeologia. (Siena)*. Firenze : All'Insegna del Giglio, 7-129.

FORTE M. 2002. *I Sistemi Informativi Geografici in*

archeologia. Roma : Edizioni MondoGis.

WESCOTTT K.L., BRANDON J. 2000. *Practical application of GIS for archaeology*, London : Taylor and Francis.