

RESPAL (REmote Sensing for PAsT Landscape)
Programme Erasmus – Socrates
Ljubljana (Slovénie) du 23 janvier au 7 février 2006.

Le programme RESPAL a pour objectif de former des étudiants européens aux techniques de la télédétection (analyse de photographies aériennes et d'images satellites) appliquées à l'étude des paysages anciens. La première session de ce programme, fruit de conventions entre 8 universités européennes, s'est déroulée à Ljubljana (Slovénie) du 23 janvier au 7 février 2006, coordonnée par Pedrag Novakovic (univ. Ljubljana).

Une trentaine d'étudiants ont assisté à cette formation, slovènes pour moitié, étrangers pour l'autre moitié : 3 étudiants de l'université de Pise (Italie), 2 étudiants de l'université de Halle (Allemagne), 2 étudiants de l'université de Besançon (France), 2 de l'université de Tours (France), 2 de l'université de Leiden (Pays Bas), 2 de l'université de Vienne (Autriche), 2 de l'université de Birmingham (Angleterre). La programmation de la formation proposait des cours et études de cas en matinée, et des séances de travaux pratiques l'après-midi.

Après une conférence introductive de P. Novakovic (univ. Ljubljana) et V. Gaffney (univ. Birmingham) consacrée à l'historiographie de la télédétection en archéologie et aux derniers développements technologiques en la matière, la première semaine de cours était consacrée au traitement et à l'analyse de photographies aériennes (obliques notamment). Ce module de formation était encadré par D. Grosman (univ. Ljubljana), M. Doneus (univ. Vienne) et S. Wilkes (univ. Birmingham).

Les vestiges archéologiques enfouis dans le sol se manifestent en photographie aérienne par différentes catégories de traces : traces d'humidité, croissance différentielle des cultures, ombres portées, etc... Les participants ont été initiés à la reconnaissance de ces indices sur des photographies aériennes verticales et obliques.

Le redressement et l'analyse de ces images permettent une évaluation métrique de l'emprise des structures ainsi qu'une proposition d'interprétation sur leur nature. Il a été souligné la nécessité de contrôler au sol aussi souvent que possible la réalité et l'attribution chronologique des traces repérées par avion.

Les participants ont été formés à l'orthorectification des photographies obliques dans le but d'utiliser ces images pour des interprétations détaillées (digitalisation des formes repérées sous SIG) et confrontation à d'autres méthodes d'investigation (ramassage au sol, prospection géophysique, etc...). Les principes de base de la photogrammétrie ont donc été exposés.

Cette phase d'orthorectification a été réalisée grâce au logiciel *Airphoto*. Le principe est de « redresser » la photographie oblique en utilisant des points de contrôle visibles à la fois sur cette image et sur un document planimétrique (plan cadastral, orthophotographie). Les différents algorithmes disponibles dans le logiciel pour transformer l'image originale ont été décrits, avec leurs principaux avantages et inconvénients.

Plusieurs applications d'« archéologie aérienne » ont été présentées, notamment par M. Doneus (univ. Vienne), sur une vallée autrichienne de 600 km² intégralement survolée et documentée en photographies aériennes, ce qui a permis de multiplier par 2 le nombre de sites archéologiques connus.

S. Wilkes (univ. Birmingham) a présenté l'application du LIDAR (Light Distance And Ranging). L'appareillage embarqué permet de projeter un rayon laser sur le sol dont la réflectivité est mesurée à bord de l'avion. Les positions X, Y, Z du point au sol sont enregistrées ainsi que l'intensité I du signal réfléchi. Les données récoltées permettent donc de dresser des modèles numériques de terrain très précis (10 cm de précision en plan et 15 cm en élévation). La principale innovation concerne le repérage et la cartographie des anomalies topographiques en milieu forestier, puisqu'une partie des rayons impulsés pénètre la végétation. L'intensité I du signal réfléchi permet également d'acquérir des informations sur l'humidité du sol ou l'état de la végétation.

La deuxième semaine était consacrée au traitement et à l'analyse d'images satellites. Ce module était encadré par K. Ostir (univ. Ljubljana), François-Pierre Tourneux (univ. Besançon) et Tomas Podobnikar (univ. Ljubljana).

Après un exposé des différents types de rayonnements électro-magnétiques reçus et réfléchis par la surface terrestre ainsi que des biais induits par les filtres atmosphériques, les caractéristiques des différents satellites d'observation de la terre ont été évoquées : Landsat (faible résolution spatiale et forte résolution spectrale), SPOT (résolution spatiale moyenne), Ikonos et Quickbird (forte résolution spatiale mais faible résolution spectrale). La plupart des archives Landsat étant disponibles gratuitement sur Internet, le traitement de ces images a été particulièrement abordé.

Les participants ont été formés aux différentes étapes du traitement de ces images sous le logiciel *Erdas Imagine* :

- pré-traitement (corrections géométriques, radiométriques, mosaïques, améliorations d'intensité et de contraste),
- filtrages,
- transformations utilisant les différentes bandes spectrales (opérations arithmétiques, construction d'indices de végétation, de détection minérale, analyses en composantes principales),
- classification de l'image permettant d'identifier des signatures spectrales interprétables comme des types particuliers d'occupation du sol.

L'application archéologique de ces images a été évoquée, soulignant le fait que l'image satellite ne pouvait fournir que des indices indirects de la présence de structures enfouies : anomalies d'humidité du sol, rétention d'eau (visibles grâce aux infra-rouges moyens). Cela semble particulièrement utile dans la détection de paléochenaux et de structures hydrologiques anciennes. Ces indices indirects ne sont perceptibles qu'après avoir clairement identifié les composantes générales du paysage.

T. Podobnikar (univ. Ljubljana) a présenté plusieurs applications d'analyses spatiales réalisées sous SIG, notamment fondées sur l'utilisation de modèles numériques de terrain. Dans le cadre de cette formation, les modèles numériques de terrain du SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponibles gratuitement sur Internet à une résolution de 90 mètres, ont été utilisés en complément de l'imagerie Landsat. Les différentes méthodes d'interpolation de ces modèles numériques de terrain ont été présentées (IDW, Spline, Krigeage, Voisins naturels), chacune étant un compromis différent entre finesse du rendu et fidélité aux données de base. Différents types d'application 3D ont été présentées : analyses de visibilité, calculs de pentes (intensité et orientation), restitution de bassins versants et de réseau hydrographique théorique. L'ensemble des manipulations a été réalisé sous *ArcGis 9*.

Les deux derniers jours ont été consacrés à un cycle de conférences sur l'application de la télédétection en archéologie et à l'étude des paysages anciens par différents chercheurs slovènes et étrangers.

Cette formation étant inscrite aux programmes Erasmus – Socrates de l'Union Européenne, chaque participant a été crédité de 15 ECTS équivalents à la validation de 120 heures de cours. L'évaluation était fondée sur la présentation de projets individuels (en binômes), à deux reprises, dans le cadre desquels les participants ont dû faire la preuve de leur maîtrise des principes, des méthodes et des logiciels auxquels ils ont été initiés.

Au-delà des acquis méthodologiques dispensés par cette formation, ce stage a été l'occasion de rencontres fructueuses entre étudiants et doctorants de différents pays de l'Union Européenne, de nouer des contacts prometteurs entre jeunes chercheurs investis dans l'étude des paysages anciens.