Télédétection, 2005, Vol. 5, n°(1-2-3), p 153-160
© 2005 CONTEMPORARY PUBLISHING INTERNATIONAL
Publié sous l'enseigne *Éditions ScientifiquesGB*

INTÉGRATION DES DONNÉES IKONOS DANS LE SUIVI DE LA DYNAMIQUE DES ÉCOSYSTÈMES PASTORAUX DES VERSANTS RIFAINS (MANZLA, MAROC)

MOHAMED MEJTATI ALAMI[a,1], ABDELAZIZ MERZOUK[b,2] et TAHA AZAROUAL[c]

[a] *Département d'écologie végétale et de pastoralisme et* [b] *Département des sciences du sol,* [c] *étudiant mémorisant. Institut agronomique et vétérinaire Hassan* II*, Boîte Postale 6202, Rabat Instituts, Maroc. Téléphone : 212 37 67 1926*

Courriel [(1,2)] *: alami@mtds.com ; merzouk@mtds.com*

(soumis : 4 mai 2004 ; révisé : 27 mai 2004 ; accepté 7 décembre 2004)

La gestion conservatoire et participative des espaces sylvo-pastoraux du Rif nécessite une analyse précise du profil des ressources naturelles et de l'évolution de l'intervention humaine au niveau de la commune et du terroir villageois. Devant l'urgence des projets d'aménagement et l'absence de données et de suivi, les techniciens et les chercheurs font aujourd'hui appel à de nouvelles technologies de l'information. Les nouvelles générations de capteurs satellitaires à haute résolution spatiale (Ikonos, QuickBird) offrent maintenant la possibilité d'analyser la dynamique des terres de parcours. C'est l'objet du présent travail de recherche méthodologique et appliquée qui développe un système d'information géographique (SIG) intégrant les données panchromatiques (1 m) et multibandes (4 m) d'Ikonos, combinées à une résolution spatiale de 1 m, pour mesurer l'impact de la transformation des terres de forêts et matorrals en terres de cultures dans un bassin versant représentatif des montagnes rifaines (Tanger, Maroc). Par confrontation des différentes sources de données sur le même site et le long des toposéquences, l'étude a démontré que les images Ikonos permettent d'affiner davantage la détermination des faciès pastoraux, la cartographie et leur spatialisation par rapport aux résultats obtenus en utilisant la photographie aérienne, les images HRV de SPOT et TM de Landsat. En effet, le traitement de l'image Ikonos nous a permis de mieux identifier et délimiter de nouvelles associations végétales et ainsi définir de nouveaux faciès pastoraux provenant des processus de dégradation, allant du matorral dense à l'erme (stade ultime de dégradation de la forêt), et ce en fonction des transformations et des changements de l'occupation des sols en relation avec la dynamique de la population (croissance démographique, déplacement, pâturage, utilisation du bois de feu, défrichement, etc.).

Mots-clefs : Matorral ; écosystèmes pastoraux ; dynamique ; haute résolution spatiale ; Rif occidental.

INTEGRATION OF IKONOS DATA IN ASSESSING THE DYNAMICS OF THE RANGE ECOSYSTEMS OF THE MANZLA WATERSHED (TANGIER, MOROCCO)

The sustainable and participatory management of sylvo-pastoral ecosystems of the Rif's mountains require a precise analysis of the profile of the natural resources and the evolution of human intervention on the level of the commune and village. Facing to the emergency of the management projects and the lack of data and monitoring, the technicians and the researchers now can use new technologies of information acquisition and management. Rising generations of sensors with high space resolution (Ikonos, QuickBird) offer the possibility to analyse the dynamics of rangelands. The present research program aimed the evaluation of this potential contribution of Ikonos data. Thus a community geographical information system (GIS) was established with the integration of Ikonos data (P+MS combined at 1 m resolution) to measure the impact of land use changes induced by climatic and human forces (grazing, cultivation) in a small watershed representative of the Rif mountains (Tangier, Morocco). By using geographical data from various sources on the same site and along five toposequences, this study showed that the Ikonos images make it possible to refine the determination of the range ecological sites, the mapping and their spatialization compared to the results obtained by using aerial photography, SPOT-HRV and Landsat-TM images. Indeed, the Ikonos image processing enabled us to identify new plant associations and communities and thus to define new range ecological sites resulting from the processes of degradation, from the dense brushland matorral to the low scrubland erme (ultimate stage of degradation of the forest), and this according to the land use changes in relation to the dynamics of the population (demographic growth, displacement, pasture, use of the firewood, clearing, etc.). This important layer of information on rangeland conditions was used in the Manzla community GIS to propose and to simulate potential impact of different management options. Hard copies of Ikonos imagery (1 m resolution) were used on the field with the farmers to discuss and collect their understanding and their proposal for rangeland management. The paper presents comparative results between Ikonos and aerial photography imageries for community mapping needs and implementation of rangeland development activities at the village level.

Keywords : Brushland (matorral) ; range ecosystems ; trend (dynamics) ; high spatial ; resolution ; Western Rif.

1. INTRODUCTION

Les nouvelles orientations et les besoins de planification pour un développement durable des montagnes rifaines exigent un inventaire exhaustif et précis ainsi qu'une cartographie des faciès pastoraux.

1.1. Population et problématique des transformations de l'espace pastoral

Les cartes actualisées d'occupation du sol et du couvert végétal constituent les pièces maîtresses de tout projet de planification pour la gestion conservatoire des terres. Au Maroc, l'élaboration des différents plans nationaux d'aménagement du territoire (bassins versants, parcours, reboisement, protection de l'environnement), qui a été engagée durant les dix dernières années, a été fort handicapée par l'absence d'information à jour sur l'utilisation des terres (MADR, 1994). Ce besoin pressant en information a été ressenti récemment dans la préparation du programme de développement des provinces du nord où les ressources végétales ont connu une dégradation alarmante à cause de la pression étouffante d'une démographie rurale toujours croissante. En effet, Le Rif est l'une des régions les plus peuplées du Maroc : il est occupé par environ 15 % de la population nationale (MCP, 1994). De plus, la régression de la superficie du couvert végétal des montagnes du Rif a été de plus de 25 % durant les 30 dernières années, engendrant des conséquences sérieuses en terme de réduction de la productivité des terres et de l'envasement des barrages (Merzouk et *al.*, 2001).

Cette évolution régressive du couvert végétal s'exprime par une réduction dans l'extension et la physionomie de la forêt et du matorral (Benabid, 1982). Ce dernier désigne une formation végétale méditerranéenne basse, provenant de la dégradation des formations forestières. Dans le Rif, le matorral représente un stade de dégradation et une phase de transition entre le défrichement de la forêt domaniale et sa mise en culture pour faire valoir un droit de propriété. Le diagnostic et le suivi de ce processus de dégradation des ressources à travers la cartographie de l'occupation du sol et de l'évolution du couvert végétal des montagnes rifaines revêt une importance primordiale et exige la rapidité et la précision d'analyse spatiale (Mejjati Alami *et al*., 2000). Le recours des thématiciens et chercheurs aux techniques de télédétection spatiale était légitime, compte tenu de leur utilité confirmée dans ce domaine (Merzouk *et al*., 2001).

La production des cartes d'occupation du sol a beaucoup gagné en simplicité et rapidité avec l'utilisation récente des images satellitaires de plus en plus précises et surtout des outils micro-informatiques de traitement d'images très performants. En effet, la télédétection utilisant la base de données des derniers capteurs (HRV de SPOT et TM de Landsat) a été jugée satisfaisante pour les besoins de reconnaissance (1/50 000 et 1/100 000), nécessaires à la planification de projets à l'échelle régionale ou provinciale, alors que la phase cruciale de planification locale participative dépendait toujours de la disponibilité des photo-graphies aériennes. Il y va sans rappeler les problèmes liés à leur acquisition (temps, période). La nouvelle génération de capteurs satellitaires offre une alternative aux décideurs et techniciens, au niveau local (St-Onge, 2004). Cette utilisation doit passer par un exercice de recherche méthodologique, d'adaptation et d'évaluation. C'est dans cette ligne que s'inscrit le présent travail.

1.2. Objectifs

L'étude a été réalisée dans le cadre d'un programme de cartographie de l'occupation du sol par télédétection spatiale et son intégration dans des modèles d'étude de la dynamique de dégradation des forêts et des matorrals rifains, parrainé par l'Agence universitaire de la Francophonie (AUF). L'objectif général est la mise au point d'une démarche méthodologique adaptée pour la cartographie et le suivi du matorral en tant que couvert végétal très vulnérable pour tout le Rif marocain, en utilisant les images de la dernière génération de capteurs satellitaires, celles du capteur Ikonos (résolution spatiale de 4 m en multi-bandes et de 1 m en panchromatique). Le travail a été particulièrement orienté vers la production de cartes pour l'aménagement intégré local. On a réalisé une comparaison des résultats de la classification d'une bande (couloir) contenant le bassin versant Manzla à partir des trois images disponibles (TM de Landsat, HRV de SPOT et Ikonos). Les études réalisées antérieurement (Merzouk et Mejjati Alami, 2001) n'avaient pu mettre en évidence que quatre grandes unités ou formations végétales avec un minimum d'informations relatives à leurs caractéristiques. Notre travail a permis non seulement d'identifier ces formations végétales mais en plus de délimiter tous les stades de dégradation qui en dérivent. De plus, cette haute précision spatiale nous a permis d'affiner la caractérisation de tous les faciès pastoraux et de mieux délimiter leur étendue. De ce fait, cette haute résolution spatiale a permis une bonne connaissance de la réalité du terrain et de faire des recommandations en terme de gestion appropriée à l'échelle communale.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1. Cadre physiographique

La zone d'étude est représentée par un bassin versant de la commune Manzla, situé à 15 Km au sud de la ville de Tanger. Ce site est localisé dans la partie occidentale de la chaîne rifaine. Les caractères litho-stratigraphiques généraux de cette chaîne y sont bien représentés, à savoir le chevauchement de plusieurs nappes de charriages (flysh) formant la ligne de crête au-dessus de l'unité de Tanger (marne) formant les collines (Merzouk et Mejjati Alami, 2001). Cette diversité lithologique a permis le développement d'une mosaïque pédologique assez importante formée de sols peu évolués, de sols hydromorphes, de lithosols et de sols brunifiés (Merzouk et Mejjati Alami, 2001). Le couvert végétal naturel est conditionné lui aussi par cette disposition morphopédologique (Benabid, 1982). En effet, les faciès flyshiques et gréseux constituent le substrat pour une végétation de matorral, alors que le faciès marneux est essentiellement cultivé. La forêt est encore présente mais son étendue reste limitée. La région est marquée par une forte agressivité climatique (800 mm/an) (DMN, 2004), des sols très érodibles et une forte pression anthropique. C'est le défriche-ment et la mise en culture des versants instables qui accélèrent le processus d'érosion (Merzouk and Dhman, 1998). L'aménagement du bassin versant exige d'abord une cartographie précise du matorral et une analyse de l'impact de cette transformation des terres (Merzouk *et al*., 2001).

2.2. Description des données

Les documents et données de base d'informations spatiales utilisées sont :

– une photographie aérienne au 1/ 40 000 prise en août 1994 ;

– une image TM de Landsat avec ses six bandes optiques acquise le 28 mars 1996 ; l'année agricole 1995-1996 a été particulièrement favorable par la quantité et la répartition idéale des précipitations (Kouraimi, 1997) ;

– une image multibandes HRV de SPOT prise le 17 août 1996 ; il s'agit de la période sèche où les parcelles destinées à la céréaliculture présentent des sols nus et, de ce fait, les formations végétales naturelles (reboisement, matorral et erme) sont facilement repérables ;

– des images du capteur Ikonos : une image multibandes (de résolution spatiale de 4 m) et une panchromatique (de résolution spatiale de 1 m), prises le 12 avril 2001, à une période où la végétation naturelle et les cultures (céréales) étaient à leur pic de croissance et donc l'activité chlorophyllienne était intense ;

– des données thématiques disponibles telles que la carte pédologique au 1 : 50 000 (DCC, 1984), la carte géologique 1 : 50 000 (MEM, 1984) et un modèle numérique d'altitude, décrivant la géomorphologie du bassin versant ont été intégrées au système d'information géographique (SIG-PAMAP), pour servir dans l'analyse de la répartition de l'utilisation des terres et des différentes formations végétales ; le modèle numérique d'altitude est obtenu à la suite d'un traitement de certaines données hypsométriques et hydrographiques de la base cartographique à l'échelle du 1/20 000 ; ce traitement consiste à créer un réseau de triangles irréguliers (TIN) en reliant entre eux des points dont l'altitude est connue ; ensuite, l'interpolation de nouvelles valeurs d'altitude entre ces points est réalisée selon une grille régulière.

Des missions de terrain effectuées en 2003-2004, ont permis d'identifier les limites du nouveau bassin versant par un binôme d'interprètes (pédologue et pastoraliste) et d'établir une typologie basée sur la morphostructure du bassin et la physionomie de la végétation. Les observations et mesures au sol ont porté sur l'identification de l'occupation des terres (culture, forêt, reboisement, matorral, erme, infrastructures) et l'inventaire détaillé de la végétation naturelle. L'estimation de la production fourragère par faciès est en cours de réalisation (Azaroual, 2004).

2.3. Méthode

Conformément à l'objectif de l'étude, la méthode de travail est fondée sur la comparaison des cartes d'occupation du sol, plus particulièrement la délimitation de l'unité de matorral, obtenue à l'aide des classifications dirigées de l'image du capteur Ikonos. L'image a fait l'objet de prétraitements de routine à savoir la correction géométrique, les rehaussements et les combinaisons de bandes avant de subir les classifications dirigées par la méthode du maximum de vraisemblance utilisant le système de traitement d'image ESAI/PACE (version 6.1 et 7.0) de PCI Inc. L'évaluation de l'exactitude des classifications a été réalisée dans le SIG en superposant, à la carte obtenue, l'unité d'occupation du sol identifié sur le terrain à partir des points de contrôle. Ces derniers ont été choisis au hasard le long des mêmes transects. Le SIG permettait l'obtention rapide des matrices de confusion alors que le récepteur de positionnement GPS (Magellan Méridien, de précision de l'ordre de 3 m) avait facilité la localisation des sites de contrôle.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

L'interprétation des photographies aériennes et l'inventaire sur le terrain des caractéristiques floristiques, topographiques, et physionomiques nous ont permis de d'identifier et de délimiter les faciès typiques (matorral dense, matorral clair, erme et zones de cultures).

L'établissement de la carte des formations végétales par photo-interprétation et les contrôles sur le terrain ont facilité la localisation des différents types de formations végétales sur l'image HRV. Ainsi, la détermination de la carte d'occupation du sol obtenue par classification dirigée, a permis de différencier quatre grandes formations végétales (matorral dense, matorral clair, reboisements et forêts, erme) en plus des terrains de culture et terrains nus (figure 1). La comparaison des résultats obtenus à partir du traitement numérique de l'image satellitaire et ceux de la photo-interprétation montrent que la distinction entre certains faciès demeure difficile, et ce à cause de leur physionomie proche (ex : matorral dense de l'oléastraie et celui de la subéraie) (Mejjati Alami *et al.*, 2000). La détermination de la production fourragère demeure difficile (temps et coût). Mais, la télédétection et les SIG offrent une grande possibilité pour appréhender cet aspect de la productivité des parcours dans le futur (Tueller, 2001).

À partir de l'image HRV, la précision de détermination des unités ou faciès pastoraux est supérieure à celle de l'image TM de Landsat (figure 2). En effet, l'occupation des sols à partir de l'interprétation de l'image HRV comprend plus d'unités ou de faciès pastoraux que celle avec l'image TM.

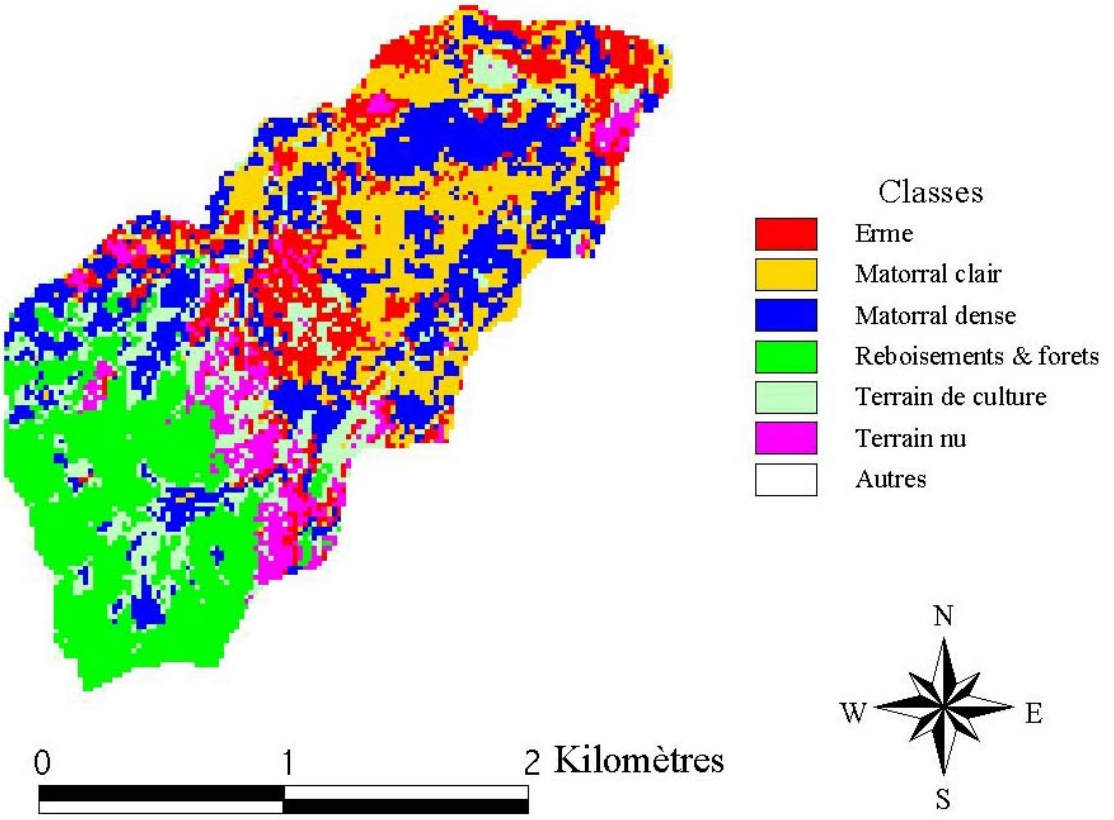


FIGURE 1 Classification de l'image HRV de SPOT montrant les différentes classes d'occupation des sols du sous bassin versant de Manzla (Tanger, Maroc). *Classification of the SPOT HRV image, showing the different land use classes of the Manzla watershed (Tangier, Morocco).*

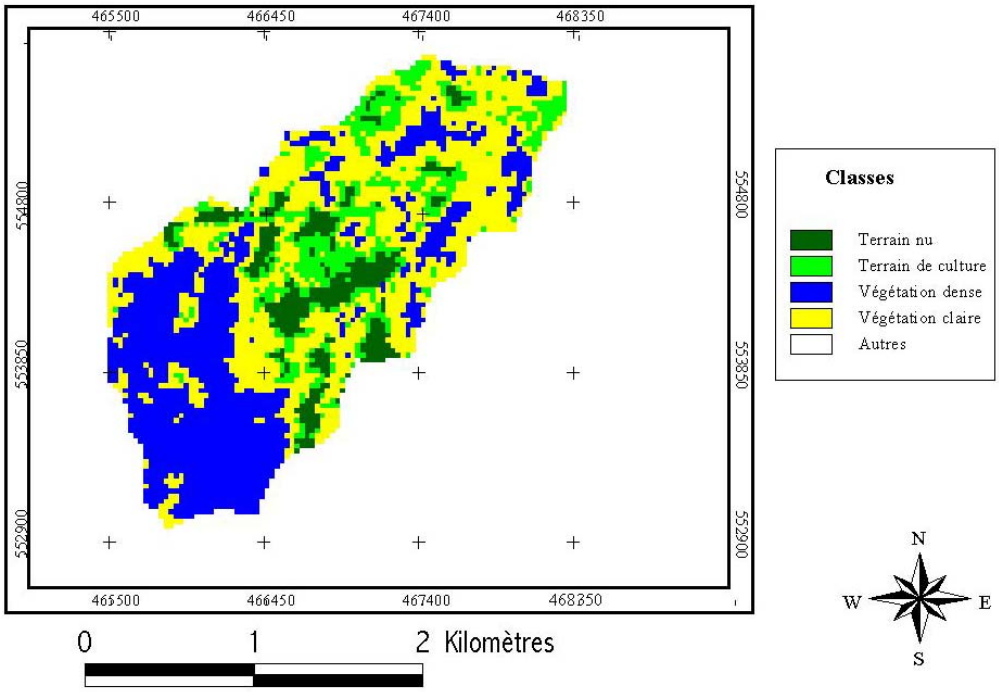


FIGURE 2 Classification de l'image TM de Landsat montrant les différentes classes d'occupation des sols du sous bassin versant de Manzla (Tanger, Maroc). *Classification of the Landsat TM image, showing the different land use classes of the Manzla watershed (Tangier, Morocco).*

Les unités identifiées avec TM ne représentent que les principales formations végétales. La caractérisation de ces unités en faciès pastoraux distincts reste difficile avec la précision permise par ce capteur.

Le traitement de l'image Ikonos nous a permis de mieux délimiter l'unité de matorral, comme formation végétale et tous les faciès pastoraux qui entrent dans cette catégorie. La précision permise par ce capteur a été exploitée pour mieux reconnaître et délimiter tous les stades de dégradation (figure 3). La mise en culture a été nettement déterminée à l'échelle de la parcelle, offrant ainsi un outil puissant pour le suivi de ce processus de dégradation à forte implication foncière.

En effet, la combinaison (mixage) des différentes bandes (proche infrarouge, rouge, bleu et vert) avec l'image panchromatique a amélioré les contrastes et, par conséquent, l'identification des différentes unités (figure 4). Dans certains faciès (reboisement, matorral clair, erme), on peut identifier et compter les individus (arbre, arbuste, etc.) de chaque type de formation (figure 3).

Une comparaison des données obtenues à partir des trois types d'images satellitaires disponibles a été présentée sur le tableau 1.

L'image Ikonos permet de mieux visualiser la forêt et le reboisement sans avoir recours aux techniques de classification classique. En effet, St-Onge (2004) a expliqué que la classification classique (ex. : classification dirigée par maximum de vraisemblance) ne donne pas de résultats probants dans le cas des images à haute résolution spatiale (IKONOS et QuickBird). C'est plutôt l'interprétation manuelle et automatisée (E-cognition de PCI) qui donne de meilleurs résultats, vue la reconnaissance d'éléments fins et précis de l'image.

On distingue la forêt de chêne liège (*Quercus suber*), en plus de plusieurs individus d'oléastres (*Olea europea*) dispersés sur tout le bassin, surtout autour des villages. Plusieurs stades de matorral peuvent être distingués en fonction de la physionomie de la végétation et de sa densité. On peut à la fois reconnaître le faciès pastoral, ses limites et son étendue. Les zones de culture sont bien délimitées ; on peut facilement identifier les labours récents de ceux les plus anciens. Les affleurements rocheux peuvent aussi être identifiés très clairement sur l'image. Enfin, les bocages et les lieux d'habitation sont très visibles, ce qui permet d'apprécier la densité humaine et de prévoir son impact sur les ressources naturelles et les parcours en particulier.

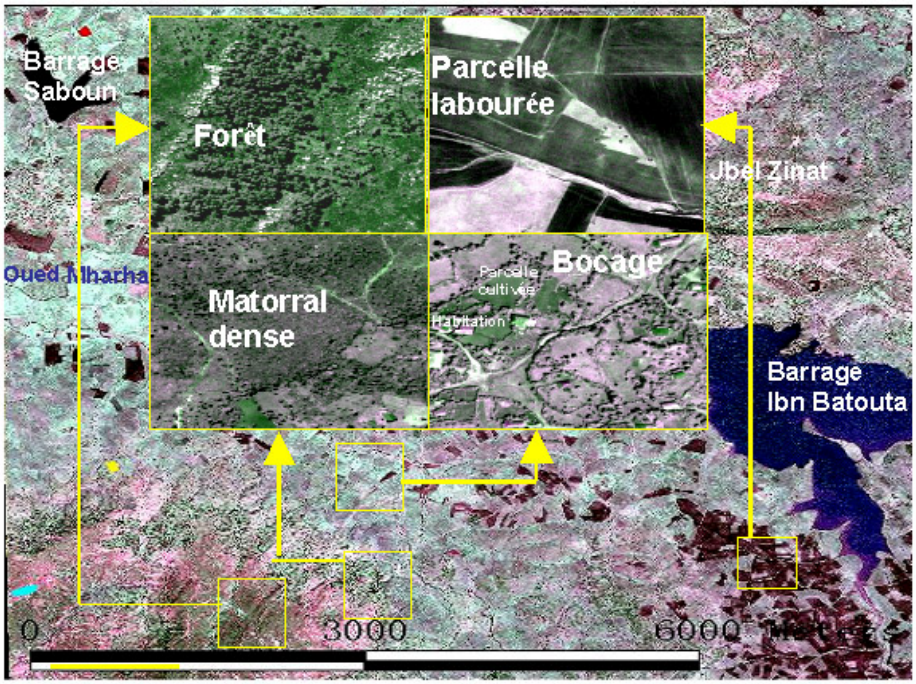


FIGURE 3 Visualisation de l'image Ikonos de la zone de Tanger, provenant de la combinaison (mixage) de données panchromatiques et multibandes, montrant différents types d'occupation du sol à une résolution métrique. *Visualization of the Ikonos Image (Tangier area), stemming from the combined multispectral and panchromatic data, showing different types of land use, at a metric level.*

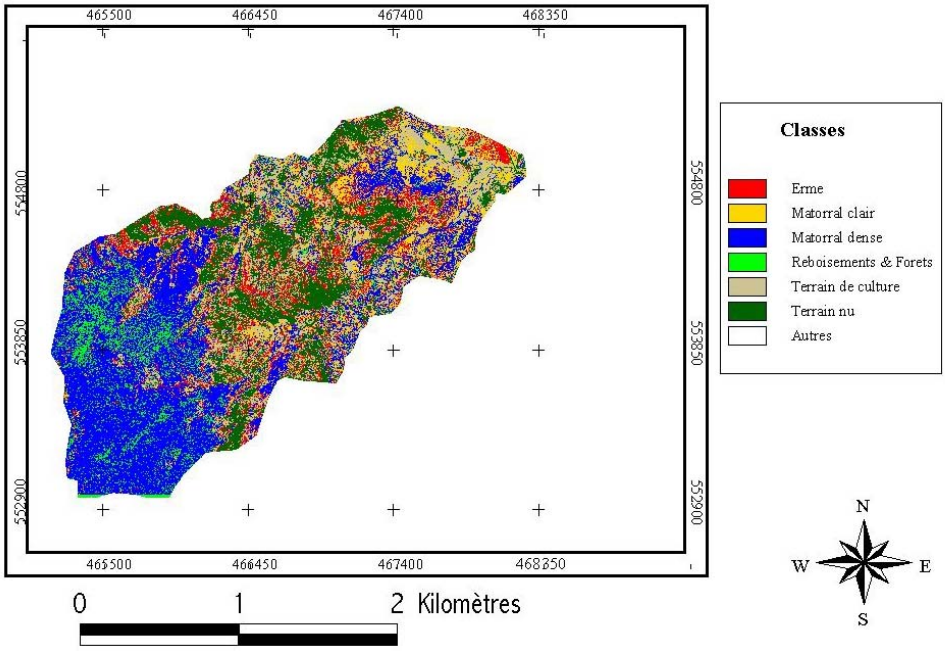


FIGURE4 : Classification de l'image Ikonos montrant les différentes classes d'occupation des sols du sous bassin versant de Manzla (Tanger, Maroc). *Classification of the Ikonos image, showing the different land use classes of the Manzla watershed (Tangier, Morocco).*

TABLEAU 1 Réponse des différentes images satellitaires au critère d'étude (éléments étudiés). *Responses of different satellite images to study criteria.*

Images	**Critère d'étude**						
	Résolution (m)	Contraste	Identification des limites	Parcellaire	Type de faciès pastoral	Certains paramètres de végétation*	Relief
IKONOS	1	A	A	A	B	B	A
HRV de SPOT	20	C	C	C	C	D	C
TM de Landsat	30	C	C	C	C	D	C

A : très bien ; B : bien ; C : faible ; D : aucune indication
*Paramètres de végétation : densité, recouvrement.

Plusieurs paramètres peuvent être déduits de l'interprétation directe (visuelle), notamment l'identification des limites, le dénombrement d'arbres (densité) (figure 3), la superficie occupée et parfois la distinction entre les espèces d'arbres et d'arbustes.

Ainsi, l'image Ikonos, grâce à sa résolution et à son contraste, permet une meilleure détection des objets. Cette nouvelle génération de capteurs peut donc aider à affiner davantage la carte d'occupation des sols, à faire le suivi de l'état de dégradation des différents faciès et à proposer un aménagement de proximité (local).

4. CONCLUSION

L'intensification des changements dans l'occupation des sols des montagnes rifaines sous des pressions anthropiques impose de mieux prévoir leurs impacts sur la gestion durable des ressources. Un système SIG, intégrant les données panchromatiques et multibandes a été développé pour étudier ces impacts. La nouvelle génération de capteurs à haute résolution spatiale (Ikonos) offre la possibilité d'une analyse plus fine de la dynamique (tendance) des terres à pâturage. Aussi, les résultats peuvent servir aux aménagistes pour faire des propositions de schémas d'aménagement, et ce à une échelle locale (ferme).

Le présent travail constitue le noyau d'une base d'information riche et à jour dans le cadre d'un SIG local (à une résolution métrique) pour la mise en valeur des terres bour (non irriguées) dans la région de Manzla (Tanger). Les spatiocartes établies ont facilité la communication avec les paysans dans le cadre d'une approche participative. En terme de rentabilité économique, une étude comparée du coût de l'image Ikonos avec celles des autres images satellites, fera l'objet d'une publication dans le futur.

5. REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce à l'appui financier offert par l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF). En effet, il s'agit d'une Action de recherche partagée dans le cadre d'un programme de recherche sur les géorisques et les anthroporisques. Nous profitons de cette occasion pour présenter nos remerciements à l'AUF et principalement au comité du Réseau Télédétection. Que ses membres trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Références

Azaroual, T. (2004) Gestion des parcours et son impact hydrologique dans la région de Manzla (Rif occidental). Mémoire d'ingénieur en pastoralisme, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 124 p.

Benabid, A. (1982) Études phytoécologiques, biogéographiques et dynamique des associations et séries sylvatiques du Rif occidental (Maroc). Thèse de doctorat, Faculté des sciences et techniques Saint-Jérôme, Aix Marseille, 199 p.

DCC (Direction du Cadastre et de la Cartographie) (1984) Feuille NI-30-XIX-3a. Division de la Cartographie, Rabat, carte au 1 : 50 000.

DMN (Direction de la Météorologie Nationale) (2004) Produits et services. Rabat, http://www.marocmeteo.ma.

Kouraimi, B. (1997) Cartographie et analyse de la production pastorale et ligneuse du matorral dans le Rif occidental : Cas du bassin versant de Tléta. Mémoire d'ingénieur en pastoralisme, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 104 p.

MADR (Ministère d'Agriculture et de Développement Rural) (1994). Plan Directeur de gestion conservatoire des terres en zones bour. Projet FAO/PNUD/MOR92/toi « ISCRAL », 111 p.

MCP (Ministère chargé de la Population). (1994). Les caractéristiques socio-économiques et démographiques de la population. Le recensement général de la population et de l'habitat (1994). Direction de la statistique, Dépôt légal : 857-1995, 309 p., ISBN : 9981-20-033-6.Mejjati Alami,

Mejjati Alami, M., Merzouk, A., Berkat, O. et Kouraimi, B. (2000) Cartographie et diagnostic du niveau de production des écosystèmes pastoraux du Rif Occidental à l'aide de l'imagerie spectrale. *In* A. Bannari (réd.) La télédétection optique et radar et la géomatique pour la gestion des problèmes environnementaux. 10-14 mai 1999, Université d'Ottawa, p. 177-182.

MEM (Ministère de l'Énergie et des Mines) (1984) Carte géologique du Rif, feuille Tanger Manzla. Rabat, carte au 1 : 50 000.

Merzouk, A. and Dhman, H. (1998) Shifting Land Use and its Implication on Sediment Yield in the Rif's mountains (Morocco). Advances in Geoecology n°31, Catena Verlag, Reiskurchen, p. 333-340.

Merzouk, A and Mejjati Alami, M. (2001) Soil surface characteristics and erodibility : Moroccan case study. COST Action 623, Soil Erosion and Global ChangeWorkshop: the significance of soil surface characteristics in soil erosion. Strasbourg, France, 20-21 septembre 2001, http://www.soilerosion.net/cost623/strasbourg.

Merzouk. A., Mejjati Alami, M., Berkat, O. and Sabir, M. (2001) Effects of rangeland changes on water balances and water quality in Morocco : A Rif's Mountains case study. La Lettre de MEDIAS, mars 2002- n° 13 bis. Rapports et études nationaux. Atelier international sur les changements d'utilisation et de couverture des sols et des ressources en eau dans la région méditerranéenne. Institut des Régions Arides. Médenine (Tunisie), 20-21 avril 2001, p 1-13.

St-Onge, B. (2004) Atelier sur la très haute résolution spatiale satellitaire. X[e] Journées Scientifiques du Réseau Télédétection de l'Association universitaire de la Francophonie, Université d'Ottawa, 26 mai 2004.

Tueller, P.T. (2001) Remote sensing of range production and utilization. Journal of Range Management, vol. 54, n°2, p. 206.