

SIG et imagerie Alsat1 pour la cartographie du risque d'incendie de forêt

Abdelkader MISSOUMI et Kouider TADJEROUNI, Algérie

Mots clés : SIG, télédétection, micro satellite Alsat1, feux de forêts.

RÉSUMÉ

Le facteur de dégradation le plus redoutable de la forêt algérienne et méditerranéenne est, sans contexte, l'incendie qui bénéficie de conditions physiques et naturelles favorables à son éclosion et à sa propagation. La surface parcourue annuellement par le feu varie entre 20.000 et 30.000 hectares. Il en résulte de très lourdes charges pour la société toute entière, pour l'Etat et les collectivités locales en particulier. La complexité et la diversité des données relatives à l'environnement ont favorisé le développement de systèmes capables de répondre aux besoins de collecte, d'analyse et de représentation de phénomènes environnementaux. Ces systèmes sont devenus des outils incontournables pour la compréhension et le suivi des phénomènes dynamiques, et une nécessité pour l'orientation d'investissement et disposer d'arguments valables pour la prise de décisions.

A travers un cas pratique, nous avons tenté de montrer que les S.I.G combinés aux données du micro satellite algérien d'observation de la terre ALSAT1, lancé le 28 novembre 2002, sont des outils de gestion efficaces et en constante évolution. L'objectif de cette étude de faisabilité est de tester l'opérationnalité de ces outils pour caractériser les zones forestières à risque d'incendie.

SUMMARY

The most frightening factor of the degradation of the Algerian and Mediterranean forest is, without context, fire which benefits from physical and natural conditions favorable to its blossoming and propagation. The surface destroyed annually by fire varies between 20.000 and 30.000 hectares. The results are very heavy expenses for the whole society, for the state and the local communities in particular. The complexity and the diversity of the data relating to environment supported the system development able to meet the needs for collection, analysis and of representation of environmental phenomena. These systems became necessary tools impossible to circumvent for the comprehension and the follow-up of the dynamic phenomena, and a need for the orientation of investissement and to have valid arguments for the decision-making.

Through a practical case, we have tried to show that GIS combined with the data of the Algerian satellite of Earth Observation ALSAT1, launched on November 28, 2002, are effective management tools and in constant evolution. The objective of this feasibility study is to test the operationnality of these tools to characterize the forest zones with fire risk.

SIG et imagerie Alsat1 pour la cartographie du risque d'incendie de forêt

Abdelkader MISSOUMI et Kouider TADJEROUNI, Algérie

1. INTRODUCTION

Les incendies de forêts sont responsables de dégâts très importants. Les incendies détruisent aussi des paysages et des milieux forestiers. Ces espaces sont précieux et souvent très long à se reconstituer. Il en résulte de très lourdes charges pour la société toute entière, pour l'Etat et les collectivités locales en particulier. La politique forestière pratiquée dans notre pays commence à s'inspirer de l'expérience des pays avancés dans le domaine et prendre en considération les innovations scientifiques en matière de gestion et protection du patrimoine forestier dont la mise en œuvre de politiques adaptées exige une bonne connaissance.

En effet, les cartes réalisées de manière traditionnelle ne sont plus adaptées aux besoins actuels. La complexité et la diversité des données relatives à l'environnement ont favorisé le développement de systèmes capables de répondre aux besoins de collecte, d'analyse et de représentation de phénomènes environnementaux. Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et la télédétection sont devenus des outils incontournables pour la compréhension et le suivi des phénomènes dynamiques et, une nécessité pour l'orientation d'investissement et disposer d'arguments valables pour la prise de décisions.

La présente communication s'inscrit dans cette perspective. Elle traite spécifiquement du thème incendie de forêt, que nous essayerons d'illustrer à travers deux expériences faisant appel aux SIG et à la télédétection satellitale.

2. CARACTERISATION DU RISQUE D'INCENDIE A L'AIDE D'UN SIG

2.1 Présentation de la zone d'étude

Cette expérience SIG a été menée sur la forêt domaniale de Kounteidat, située dans la wilaya de Sidi Bel Abbès au nord ouest algérien (figure 1). Cette forêt couvre une superficie de 50 Km² environ. Elle est caractérisée par un climat méditerranéen de type semi aride à hiver froid. C'est une forêt mixte de pin d'Alep, de chêne vert et de thuya d'environ 50 ans d'âge. Elle se présente d'une façon inégale sur le plan de la hauteur et de la densité. Le type fréquent de végétation regroupe toutes les strates, herbacée, buissonneuse, sous-arbustive, arbustive et arborescente, ce qui constitue une prédisposition certaine au démarrage et à l'extension des incendies qui disposent de matière et de combustibles à différents niveaux verticaux ou horizontaux.

2.2 Approche méthodologique

Parmi les nombreux indices relevés dans les références bibliographiques, nous avons opté pour un indice de risque qui paraissait à notre avis, adapté au problème étudié. Cet indice de risque, fortement inspiré du modèle d'indice proposé par A. DAGORNE et Y. DUCHE

[1990] qui proposent un indice intégrant trois sous-indices, tel que le décrit la formule suivante : $IR = 5IC + 2IH + IM$ où IC représente l'indice de végétation, ramené à la combustibilité (jugée suffisante), IH l'indice lié à l'occupation humaine et IM l'indice topographique.

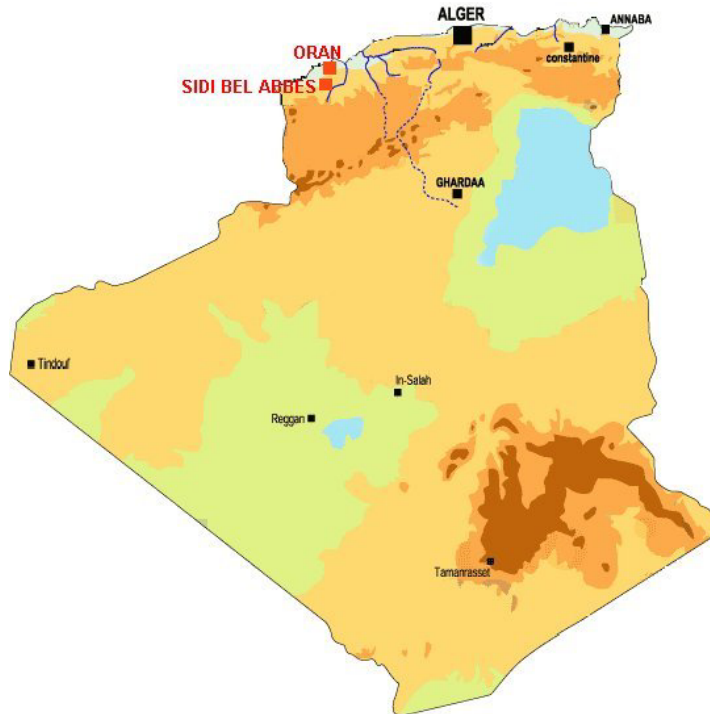


Fig. 1: Localisation des deux zones d'étude (Sidi bel Abbès - Oran)

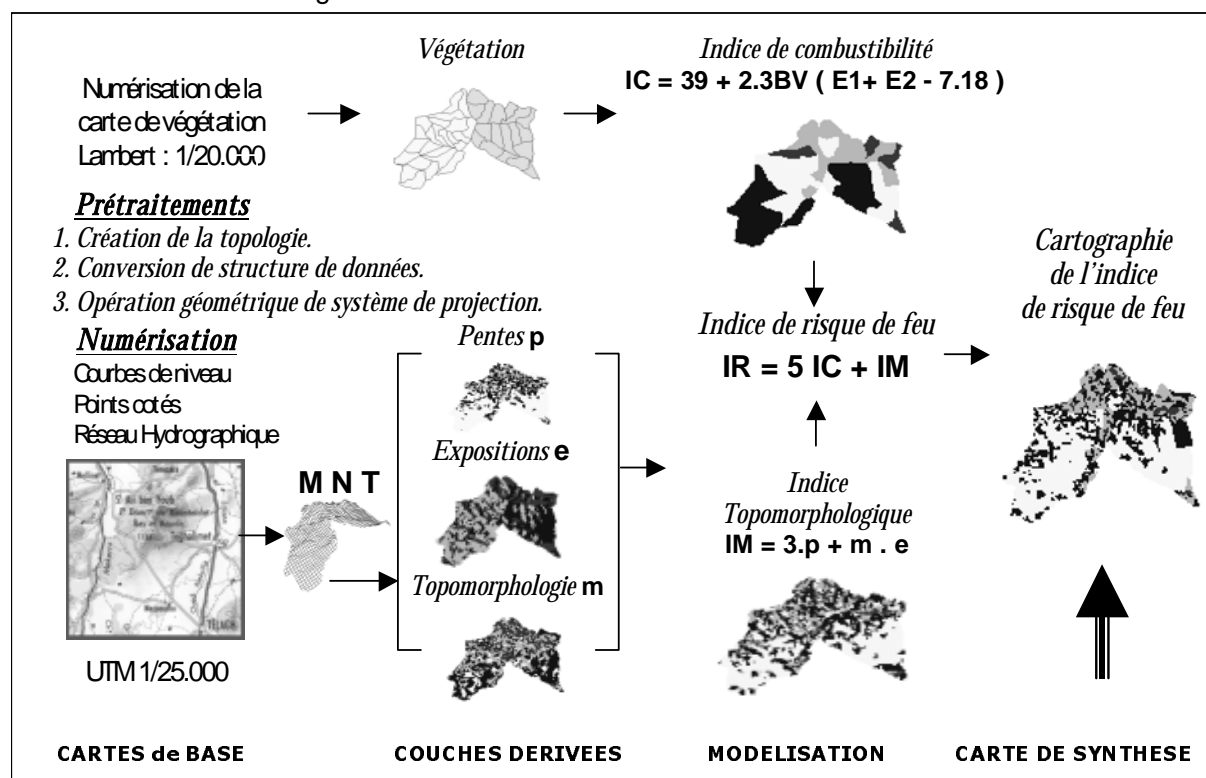
Cet indice est conçu selon un modèle affectant à chaque paramètre un coefficient de pondération, fonction de son influence sur la propagation de l'incendie. Cependant, l'indice représentant la composante liée aux activités humaines, sources potentielles de mise à feu, n'a pas été pris en compte dans le modèle retenu, la forêt étudiée ne présente pas de zones fréquentées, ni d'habitations (figure 2).

Dans notre cas, nous cherchons, à partir de l'intégration de données multi sources, à cartographier les secteurs exposés au risque d'incendie. Cette caractérisation est basée sur la variabilité spatiale du risque d'incendie évaluée essentiellement à partir de paramètres physiques (pentes, exposition, topographie et végétation).

2.3 Application et résultats

Pour valider l'approche retenue, l'application a été conduite sous environnement Arc/info. Ce SIG à vocation généraliste, offre la possibilité de s'adapter aux données et aux problématiques de tous les domaines qui requièrent la manipulation de l'information spatiale.

Fig. 2 : MODELE D'INDICE DE RISQUE DE FEU



La carte résultant des différents croisements issus du modèle appliqué a été visualisée à l'aide des fonctionnalités d'analyse de données et de cartographie du SIG ArcInfo. Elle est représentée par la figure 3 qui visualise les secteurs discriminés par le critère de vulnérabilité au feu.

L'interprétation des résultats obtenus permet de faire les analyses suivantes:

- Une comparaison entre la carte synthétique de risque de feu obtenue, et celle des incendies déjà enregistrés dans la forêt étudiée, a permis de corroborer dans la plupart des cas les résultats de cette analyse. Cette comparaison fournit un élément d'appréciation de la limite de l'indice IR à partir de laquelle les parcelles ont été enflammées par le passé.
- En superposant cette même carte avec celle des infrastructures forestières (figure 4), on a pu mettre en évidence l'inadéquation de la distribution des équipements de Défense des Forêts Contre les Incendies (DFCI) dans les secteurs les plus sensibles. Cette carte permettra de définir et mieux préciser les zones à protéger. Elle doit aider les gestionnaires des forêts à mieux localiser les secteurs exposés au risque d'incendie et donc à protéger en priorité. Elle pourra servir à l'implantation de nouveaux équipements, à l'ouverture de nouvelles tranchées pare-feu ainsi qu'à l'établissement de nouvelles pistes.

Figure 3

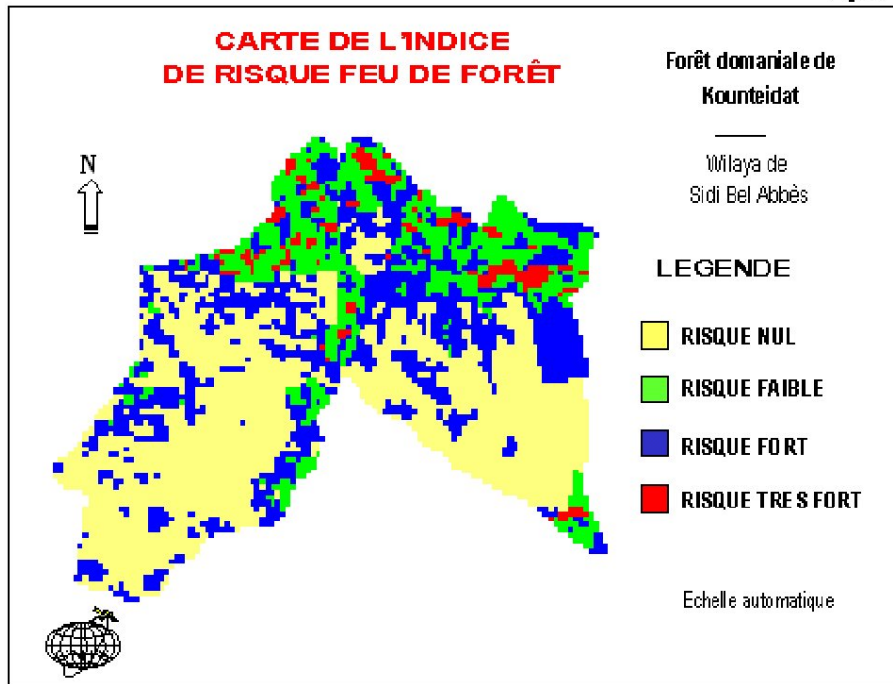
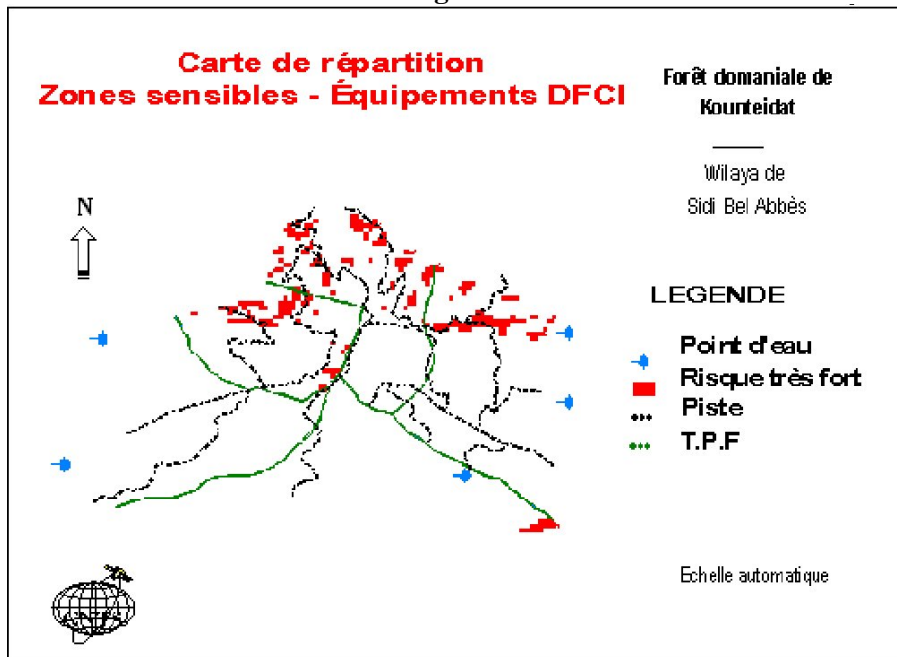


Figure 4



2.4 Impacts de cette application SIG

Cette étude, qui pourrait en premier lieu intéresser les secteurs des Forêts et de la Protection Civile viserait à:

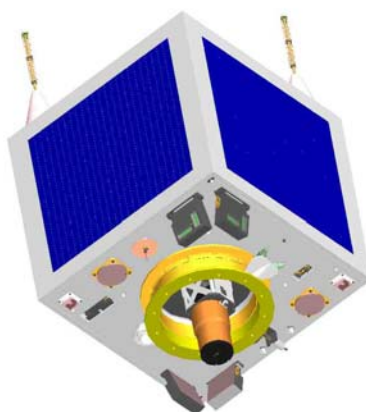
- Fournir une cartographie qui constitue un préalable indispensable à une politique raisonnée en matière d'urbanisation en forêt et au contact de celle-ci, et une politique raisonnée en matière de gestion du territoire.
- Aider à mieux préciser les priorités d'implantation ou d'entretien des infrastructures, et donc une meilleure définition des programmes d'investissement et d'entretien. Grâce à ces cartes, des recommandations en matière d'urbanisme pourraient être formulées afin de mettre en place des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui concernent l'aménagement, la construction ou la gestion des terrains exposés à des risques qui doivent être prises par les collectivités publiques ou par les particuliers dans le cadre de leurs compétences.

3. INTEGRATION DE LA TELEDETECTION

La capacité des SIG à intégrer des données multi-sources et en particulier les images de télédétection qui recèlent d'un potentiel informatif très important n'a pu être explorée dans cette deuxième expérience. Dans le cadre de cette communication nous avons axé nos travaux essentiellement sur l'utilisation de l'imagerie fournie par le micro satellite ALSAT1 pour la cartographie des incendies de forêt. En perspective, nous envisageons d'expérimenter cette imagerie pour montrer qu'il est possible d'estimer le degré d'inflammabilité du couvert végétal et de réaliser une cartographie du territoire selon le niveau de risque d'inflammabilité pour mieux localiser les zones à risque.

3.1 Présentation du micro satellite Alsat 1

Le satellite algérien Alsat 1 est la première expérience en orbite de l'Algérie. Lancé le 28 novembre 2002 à 6h07 GMT par le lanceur russe COSMOS-3M depuis le cosmodrome de Plesetsk (à 800 km de Moscou), ALSAT1 produit d'un partenariat avec Surrey Satellite Technology Limited (SSTL – Royaume Uni) est un maillon d'une constellation de micro satellites de 7 pays (Algérie, Chine, Nigeria, Royaume Uni, Thaïlande, Turquie, Vietnam).



Micro satellite algérien Alsat 1

Il s'inscrit dans un programme international d'observation de la terre pour la prévention et la gestion des catastrophes (DMC – Disaster Monitoring Constellation). C'est l'Algérie qui a eu le privilège de lancer le premier satellite ALSAT1, dans le cadre de cette constellation qui permettra le suivi de certains phénomènes naturels et autres risques majeurs comme les inondations, les séismes et les feux de forêts. La constellation, une fois entièrement opérationnelle permettra aux membres du consortium DMC de récupérer des images de n'importe quel point sur la terre dans moins de 24 heures.

Date de lancement	28 novembre 2002	
Altitude	680 km – 98° inclinaison.	
Dimensions	600 x 600 x 600 mm	
Poids	90 kgs	
Système de prise de vues	Imaging mode	Pushbroom
	CCD Multispectral imager	2 banks overlapping @ 5%.
	Spectral band	(NIR, R, G)
	Optics	150 mm focal length.
	Resolution / Swath width	32 m / 600km
	Number of pixel	10000 pixels
Capacité de stockage	1Go byte	
Bandes spectrales	Bande 2 (Vert) 0.52 – 0.62µm	
	Bande 3 (Rouge) 0.63 – 0.69µm	
	Bande 4 (PIR) 0.76 – 0.90µm	
Résolution spatiale	32 m	
Dimension d'une scène	600 x 560 km (max.)	
Délai de repassage	5 jours	
Vocation	Observation de la terre	

3.2 Présentation de la zone d'étude

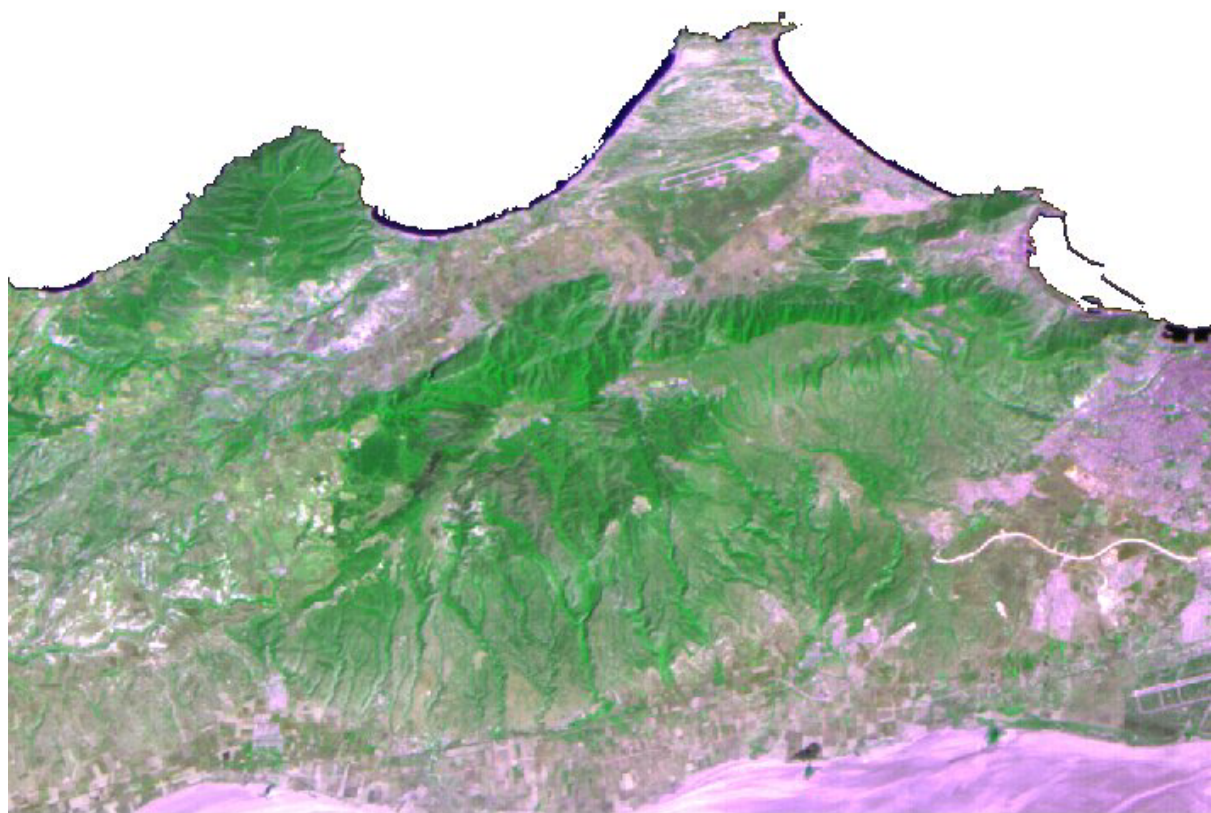
Cette expérience a été réalisée sur la forêt domaniale de M'sila, située dans la wilaya d'Oran. Cette forêt est composée à 80% de formation végétale de pin d'Alep pur ou mélangé avec du chêne liège. Le pin d'Alep ou le chêne liège sont voisins de maturité, tandis que les eucalyptus ont un âge qui varie entre 30 et 40 ans. Les essences les plus représentées sont : lentisque, chêne liège, ciste, phyllirea et arbasier. Le massif forestier de Msila est composé de trois types de formation végétale : la forêt, le matorral et l'erme. La forêt de M'sila présente un relief plus ou moins accidenté. Une classe de pente de 0 – 3% recouvre plus de la moitié de la surface totale et se trouve à l'ouest de la forêt. Cette douceur des pentes agit favorablement vis à vis de l'évolution progressive de la végétation et sa régénération. Le facteur exposition revêt une importance particulière puisqu'il commande la répartition de la végétation.

3.3 Traitement des images Alsat

Les images retenues dans le cadre de cette application ont été prises par le micro satellite Alsat1, le 23 juin 2003. Elles ont une taille de 750 en ligne et 1065 en colonne, extraites à partir d'une scène de 600 x 600 km. Leur contenu informatif correspond à des données brutes, entachées de certaines erreurs. Ces images ne sont exploitables qu'après avoir subi des corrections radiométriques (développement en cours) et géométriques.

3.3.1 Réalisation de la composition colorée

Elle s'est effectuée par la combinaison des trois bandes spectrales d'Alsat1 suivant l'affectation suivante : Bleu pour la bande 2, Rouge pour la 3 et vert pour la 4.



3.3.2 Correction géométrique

L'image numérique brute fournie par Alsat1 présente des distorsions géométriques. Cette opération est nécessaire pour la superposition d'une image à une référence. Il peut s'agir d'une autre image ou d'une carte. Différents types de corrections géométriques sont disponibles, leur but est de rendre l'image de télédétection superposable à une référence géographique (géoréférencement de l'image). La méthode que nous avons adoptée est la rectification polynomiale. Ce type de rectification utilise une transformation polynomiale de

degrés n pour caler l'image géométriquement au système de projection de référence. Cette transformation est de la forme:

$$\begin{cases} X = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{n-i} a_{ij} U^i V^j \\ Y = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{n-i} b_{ij} U^i V^j \end{cases}$$

- (X, Y) : les coordonnées de référence
- (U, V) : les coordonnées images à corriger
- a_{ij} et b_{ij} : sont les coefficients du polynôme à déterminer
- n : le degré du polynôme.

La correction a été réalisée à partir de 5 points d'appui identifiés sur l'image (ligne, colonne) et sur la carte (X, Y) au 1/25.000 de l'Institut National de cartographie et de Télédétection (INCT), projection UTM, Clarke 1880.

L'ordre du polynôme utilisé dans notre travail est le degré 1 (n=1) avec un rééchantillonnage de 25 m et une interpolation du plus proche voisin pour ne pas trop modifier la radiométrie originelle. La précision de la localisation des points est évaluée par l'erreur résiduelle au niveau de chaque point. Le tableau ci-dessous récapitule les différents écarts constatés :

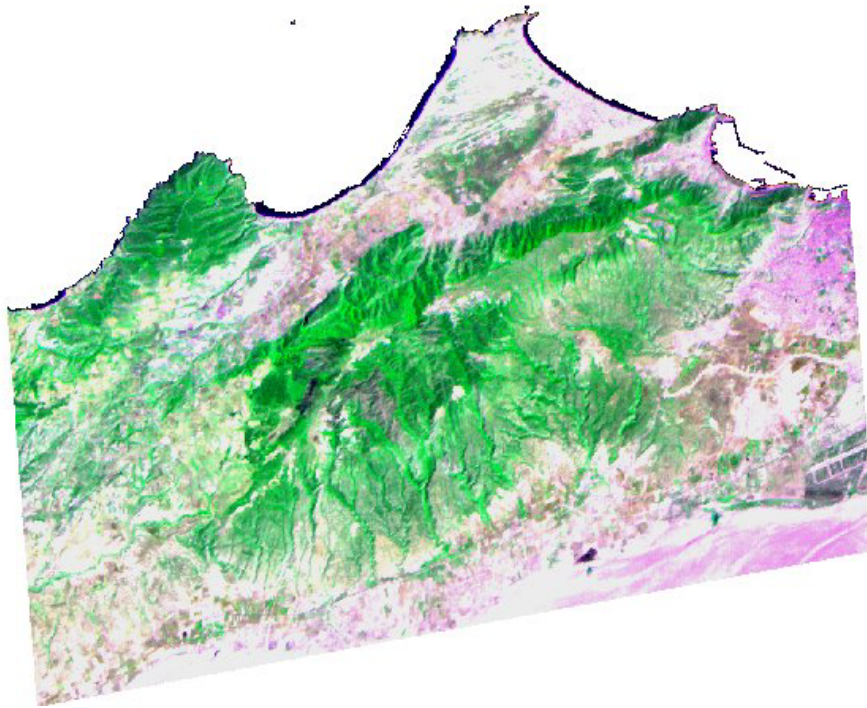
N° Point	x Image	y Image	X Réf.	Y Réf.	X Résidu	Y Résidu	EMQ	Contrib.
1	73.970	-272.664	681740.000	3950284.000	-1.670	-0.384	1.714	1.102
2	295.028	-163.855	688040.000	3955073.000	2.495	0.533	2.551	1.641
3	621.883	-66.085	697602.000	3960047.000	-0.983	-0.112	0.990	0.636
4	574.432	-195.251	697191.000	3955692.000	-0.749	-0.394	0.846	0.544
5	460.465	-287.053	694360.000	3952160.000	0.907	0.357	0.975	0.627

Erreurs sur les points de contrôle : dx_T : 1.51077, dy_T : 0.3811

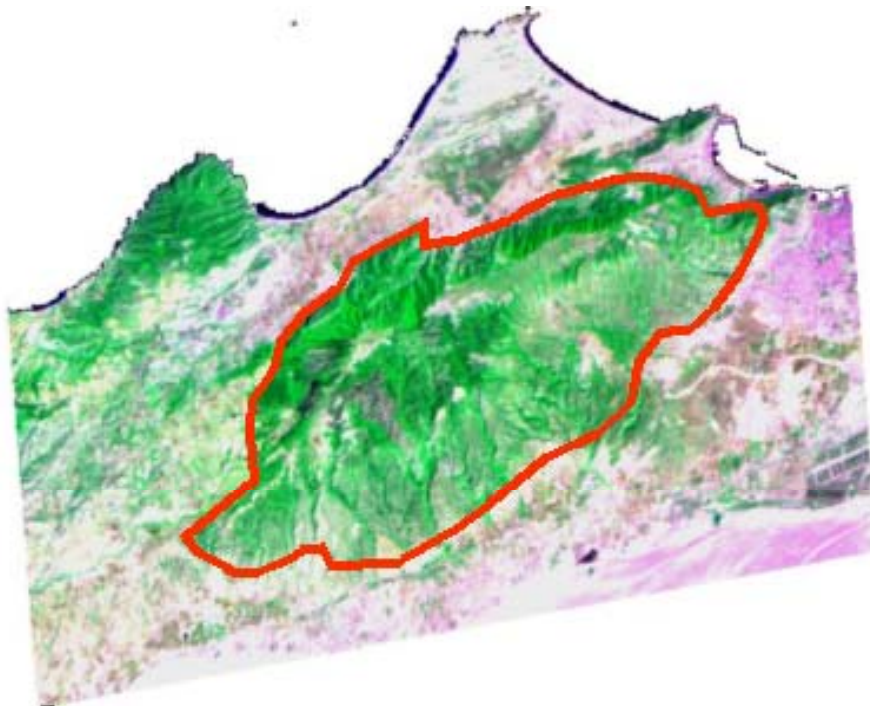
EMQ_T : 1.5552

Coefficients du polynôme de degré 1.

Coefficient.	X'	Y'
Const.	-51911.6869830821	-115967.270091674
X	0.0296339079701772	-0.00557829437258363
Y	0.00804533712667585	0.0302502728253242



Composition colorée Alsat, corrigée géométriquement

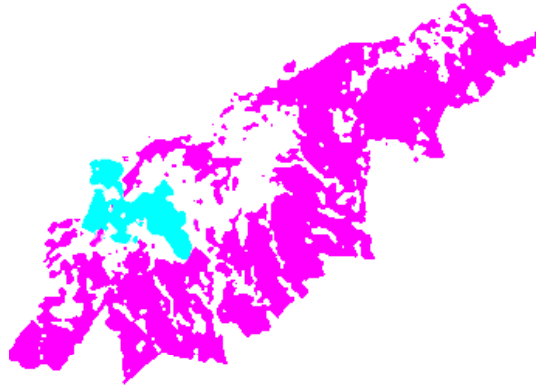


Contour de la zone d'étude

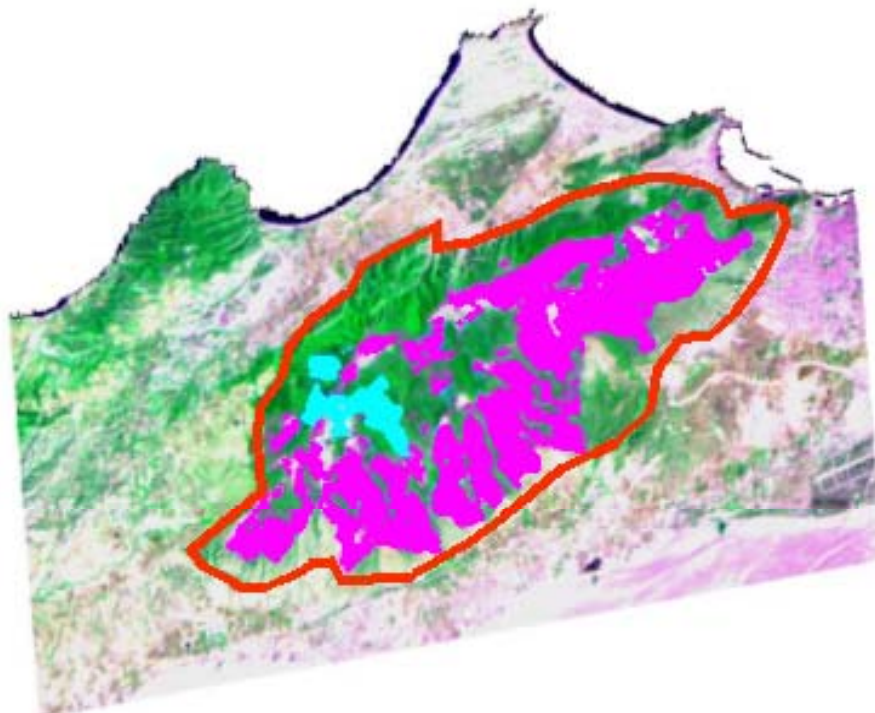
3.3.3 Classification du feu en 2 classes à partir des trois bandes spectrales

La zone concernée par le feu a été extraite à partir de l'image corrigée à l'aide d'un masque sur la forêt étudiée. Ce masque a été réalisé à partir d'une digitalisation de l'image sur écran à l'aide du logiciel Erdas (voir Contour de la zone d'étude).

Cette dernière zone a été classée en trois (03) classes par la méthode maximum de vraisemblance : feu_1994, feu_2003 et autres thèmes (cf. la zone classifiée et les statistiques en hectares).



Classification du masque en 3 classes



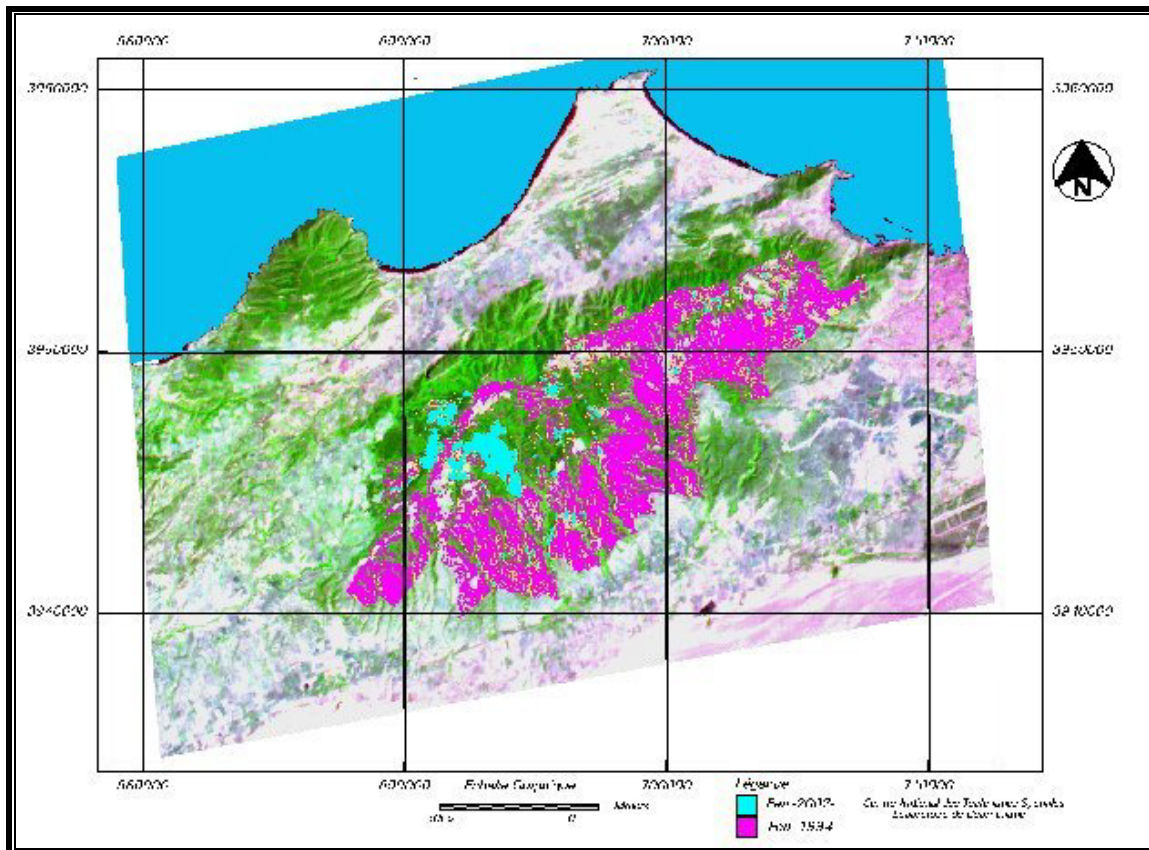
Superposition du masque de la classification sur la composition colorée avec contour

Le résultat de la classification a été lissé par un filtre médian pour reconstituer le contour des classes et supprimer les pixels isolés. Ce résultat a été superposé à la composition colorée corrigée pour réaliser la cartographie des feux de la zone d'étude (figure ci-dessus).

La méthode de classification utilisée est le maximum de vraisemblance sur la base des deux échantillons de vérité terrain (feu_1994 et feu_2003). Cette classification a abouti à une estimation des surfaces incendiées selon le tableau suivant :

Classe	Surface en pixels	Surface en hectares
Feu 1994	91525	5720,3125
Feu 2003	8759	547,4375

Les images Alsat1 peuvent également apporter des éclairages sur l'évaluation et l'analyse après un incendie : la cartographie des zones brûlées ainsi que des statistiques très précises sur les zones les plus touchées.



Représentation cartographique du document final

4. CONCLUSION

Cette expérience a montré que les données satellitales reçues à la station de réception du Centre National des Techniques Spatiales (CNTS) peuvent contribuer à la détection des feux de forêt en Algérie.

Pour rappel Alsat1 fournit une image tous les 5 jours, cette durée de passage se trouve réduite à une journée dans la mesure où dans le cadre de la constellation DMC, l'échange de données entre les 7 pays est prévue quotidiennement. Alsat1 peut apporter des informations précieuses au niveau prévention et évaluation des dégâts. Dans cette optique, l'information reçue du microsatellite peut constituer le premier signal d'alarme quant on sait que le feu peut se déclarer dans une zone reculée où il est difficile voire impossible à détecter par tout autre moyen conventionnel.

SIG et télédétection vont de plus trouver dans notre pays leurs applications dans le domaine de la protection des forêts contre les incendies. Le fait de s'intéresser à ces techniques donne l'occasion d'aborder des questions d'une façon plus pressante et systématique. Il est certain qu'à moyen terme, ces investissements vont générer des profits qui se traduiront par une réduction des dégâts causés par les incendies de forêt et une meilleure protection des ressources naturelles. Rappelons dans ce contexte que les moyens financiers sont plus facilement disponibles pour remédier aux dégâts que pour leur prévention. En outre, lutter contre les incendies est une chose appréciable, les prévenir l'est davantage. Aussi, il ne suffit pas de concéder des efforts et du temps contre les feux de forêt, il faut surtout tenter de guérir le mal à la source. A cet effet, les impacts des campagnes de sensibilisation ne sont pas à négliger.

Enfin, s'il y a des hommes pour lesquels "l'arbre ne cache pas la forêt", ce sont bien ceux qui sont chargés de la gestion et de la protection de cette ressource naturelle, afin d'en tirer les meilleurs profits tout en préservant sa pérennité.

REFERENCES

- DAGORNE Y. DUCHE et al. (1994) : Protection des forêts contre les incendies & Système d'information géographique : Application à la commune d'Auribeau sur Siagne (Alpes Maritimes). revue forêt méditerranéenne t. XV, n°4, octobre 1994.
- MISSOUMI, A. SAIDI, A. DJILLALI (1999) : ArcInfo et la protection des forêts contre les incendies. Conférence des utilisateurs 1999. ESRI France Paris 29 et 30 septembre 1999.
- MISSOUMI, A. SAIDI, A. DJILLALI (1999) : SIG et feux de forêts. Séminaire international sur les SIG 'ALSIG 99', Alger du 15 au 18 novembre 1999.
- A MISSOUMI, A SAIDI, A. DJILLALI « Apport des SIG dans la prévention et la lutte contre les incendies de forêts ». GEO OBSERVATEUR. Revue du Centre Royal de Télédétection Spatiale - Rabat - ISSN 113 - 4410 - MAROC . N°11 Novembre 2001.
- A MISSOUMI, A SAIDI, A. DJILLALI « SIG et feux de forêts en Algérie. ». "*forêt méditerranéenne*". FRANCE. ISSN. 0245 - 484 x. FRANCE. t. XXIII, n° 1, juin 2002

BIOGRAPHICAL NOTES

Mr. Abdelkader MISSOUMI, He works as researcher in the geomatic laboratory of National Center of Spatial techniques (CNTS – Arzew –Algeria), has his post-graduate Magister diploma in Geodetic Sciences since 1997. He teach topographics and cadastral courses for engineers (1977 - present) and geomatic courses for Magister students since 1998. Research domain: GIS, forest fires and environment.

Mr. Kouider TADJEROUNI, He works as researcher in the geomatic laboratory of National Center of Spatial techniques (CNTS –Arzew –Algeria), has his post-graduate Magister diploma in Geodetic Sciences since 1996. He teach topographics and remote sensing courses for engineers (1984 - present) and geomatic courses for Magister students since 1998.

Research domain: GIS, Remote sensing.

CONTACTS

Abdelkader Missoumi
National Center of Spatial Techniques, Laboratory of Geomatic
1 Avenue de la Palestine BP 13
Arzew – 31200
ALGERIA
Tel. + 213 41 47 22 17
Fax + 213 41 47 36 65
Email: missoumia@cnts.dz