

Teledetection et Etude Diachronique des Incendies de Forets dans la Province de Chaouene	العنوان:
مجلة المصباحية - سلسلة العلوم الإنسانية	المصدر:
جامعة سيدي محمد بن عبد الله - كلية الآداب والعلوم الإنسانية	الناشر:
Faleh, A.	المؤلف الرئيسي:
Chaaouan, J., Lakhouaja, H.(Co-Auth.)	مؤلفين آخرين:
10ع	المجلد/العدد:
نعم	محكمة:
2013	التاريخ الميلادي:
29 - 39	الصفحات:
606102	رقم MD:
بحوث ومقالات	نوع المحتوى:
French	اللغة:
HumanIndex	قواعد المعلومات:
تقنية الإستشعار عن بعد ، حرائق الغابات ، المغرب	مواضيع:
http://search.mandumah.com/Record/606102	رابط:

BIBLIOGRAPHIE

CALOZ R. et COLLET C. , (2001) : Précis de télédétection ; vol. 3 : Traitements numériques d'images de télédétection, Presses de l'Université de Québec et Agence universitaire de la Francophonie, Sainte-Foy (Québec), XVI + 386p.

CHAAOUAN J. , FALEH A., et LAKHOAJA H. , (2011) : Remote sensing and diachronic analysis of the dynamics of vegetation cover in the Middle Atlas (Forest of Ain Kahla). *J. Mater. Environ.Sci*, 2 (S1) (2011). Pp 455-458

GIRAUD A. , MANIERE R. et MONGET J.M. , (1983) : Un système informatique d'aide à la recherche et à la décision, appliqué à la gestion des milieux naturels : mise en place et fonctionnement d'une banque de données cartographiques de l'environnement (projet MOLIERES). *Ecologia Mediterranea*, 9, 1, pp. 101-137, 1 carte h.t.

HCEFLCD, (2004) : Rapport annuel sur les incendies de forêts, Division d'équipement et de la Protection des Forêts, Rabat, Maroc, 20 p.

HUSSON A. ,(1979) : Télédétection des incendies de forêt. Le Tholonet, Paris, 60 pages.

HUSSON A. ,(1980) : Télédétection des incendies de forêt en région méditerranéenne. Cahiers de l'OPIT 3, pp. 17 /28, 1 carte couleur h.t.

HUSSON A. ,(1983) : Etude par télédétection des incendies de la forêt méditerranéenne de 1972 à 1980. Rapport CTAMN 83/R/O1.

LAKHOAJA H. , FALEH A. , SADIKI A. et CHAAOUAN J. , (2012) : SIG, télédétection et évaluation de risque d'incendie de forêts, Exemple du massif forestier Khezana, la revue Espagnole «Papeles de Geografia».

Rapport FAO, (2006) : Appui à la mise en œuvre du programme forestier national Élaboration des cartes de risques aux incendies de forêts, Rabat, 40 p.

Pour la période qui s'étale entre 1997 et 2011, nous avons adapté les résultats au contexte local en proposant ces derniers dans le tableau 4, qui présente les communes rurales : de Asjin, Ain Lahcen, Bni Mansour, Bni faghloun, Bni Salah, Bni Smih, Chefchaouen, Laghdir et M'dieq comme ceux ayant un RMA très élevé ($RMA > 10\%$), par contre les Communes rurales de Bni Semane, Zoumi, Tamorot, Talambot, Oued Malha et Iounane sont présentées avec un RMA très faible ($RMA < 4\%$).

CONCLUSION :

La télédétection représente une solution complémentaire de surveillance de feux de forêts, vu son coût relativement bas, sa fréquence et couverture étendue. Elle est particulièrement indispensable sur les territoires reculés. Les données des satellites d'observation de la terre peuvent être associées pour produire des cartes quotidiennes de risque d'incendies. Elles permettent aux secours et infrastructures anti-feux de se concentrer sur les zones où le risque est le plus élevé. Elles permettent aussi de produire une cartographie des zones détruites par le feu pour étudier le comportement du phénomène.

La spatialisation des résultats n'est pas la seule finalité du traitement de ces données, des analyses statistiques sont également effectuées permettant une évaluation de la surface incendiée. Cependant, la télédétection ne se pose pas en concurrente des méthodes traditionnelles, mais en complément. Les véritables perspectives d'utilisation de la télédétection résident dans l'exploitation, au sein d'une banque de données cartographiques, des informations diachroniques enregistrées par les satellites, et des données «exogènes».

Le problème majeur de l'utilisation opérationnelle des images Landsat reste la disponibilité des données de bonne qualité qui ne permet pas de dénombrer tous les feux de forêts (pas forcément adaptée pour des petites parcelles dont la surface est inférieure à 0,1 ha) et la fréquence d'acquisition des images en relation avec les conditions climatiques (couverture nuageuse importante en zone littorale) et l'intervalle de temps entre la date du feu et celle de l'enregistrement des données nuit aussi à la cartographie exacte de la superficie incendiée.

C'est ainsi, qu'il est important de développer une approche interdisciplinaire pour une étude à posteriori de leur cause et effets et intégrée pour mieux comprendre le phénomène incendie et développer en conséquence un modèle approprié qui explique mieux le risque d'incendie des forêts. Ceci permettra ainsi de prendre les meilleures décisions en termes d'aménagement et d'intervention en cas de sinistre.

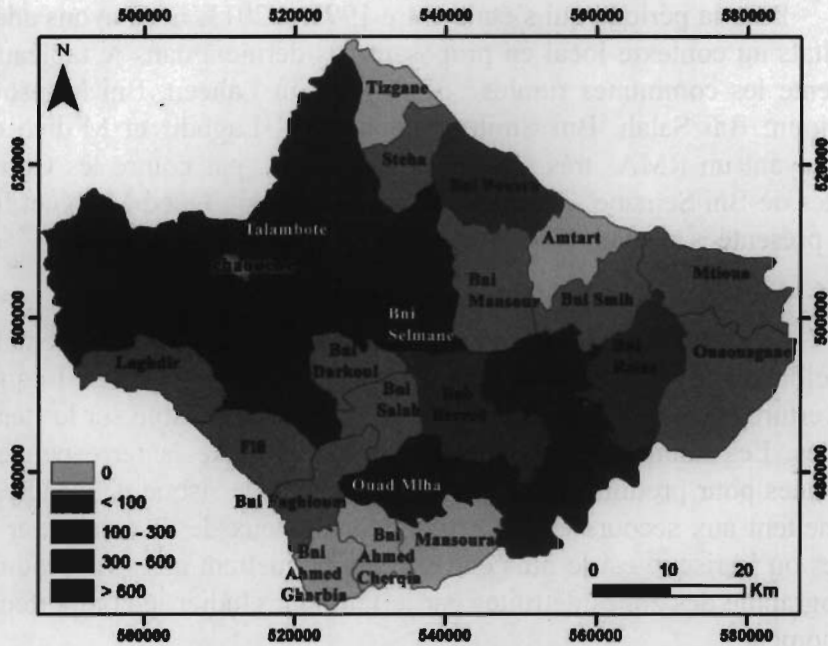


Figure 8 : Superficie cumulée incendiée par commune(en ha) (1997-2011)

-Calcul du Risque Moyen Annuel (RMA).

$$RMA = 100 \times \frac{\text{Surface totale brûlée de la commune en N années (ha)}}{N \times \text{Surface totale boisée de la commune (ha)}}$$

Valeurs obtenues	RMA	Intervalle entre deux passages de feu	Communes rurales
Moins de 0,1 %	Très faible	Plus de 1000 ans	Asjin, Ain Lahcen, Bni Mansour, Bni faghloun, Bni Salah, Bni Smih, Chefchaouen, Laghdir et M'dieq
Entre 0,1 et 1 %	Faible	Entre 100 et 1000 ans	Steha, Ouaouezgan, M'tioua, Fifi, Brikcha, Bni Darkoul, Aounan et Ain bida
Entre 1 et 2 %	Moyen	Entre 50 et 100 ans	Bab Barred, Bni Bouzra, Bni Rzin et Mokrissat
Entre 2 et 4 %	Élevé	Entre 25 et 50 ans	Tassift, Tanaqoub, Dardara, Bab Taza
Plus de 4 %	Très élevé	Moins de 25 ans	Bni Semane, Zoumi, Tamorot, Talambot, Oued Malha et Iouane

Tableau 4 : Seuils proposés pour le calcul du RMA (Rapport FAO, 2006)

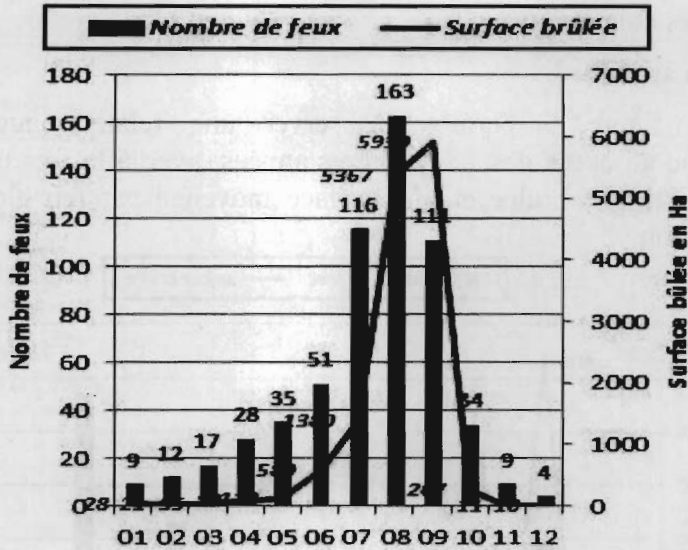


Figure 6 : Évolution mensuelle du nombre de feux et de la surface brûlée

Bilan communal

Le nombre total de feux et la surface totale brûlée ont été calculés pour chaque commune rurale, de manière à pouvoir intégrer dans le SIG ces données nécessaires à l'élaboration des cartes (Figures 7 et 8).

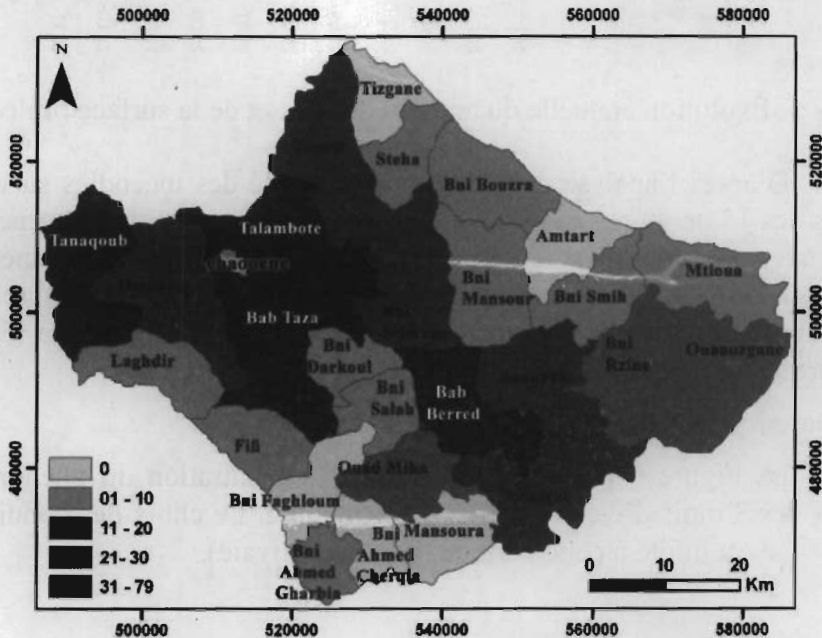


Figure 7 : Nombre cumulé de départs de feux par commune (1997-2011)

Analyse des données statistiques

Évolution annuelle

La figure 5 permet d'observer une relative aggravation du phénomène au cours des 15 dernières années, avec à la fois un nombre de feux, une surface brûlée et une surface moyenne par feu globalement en augmentation.

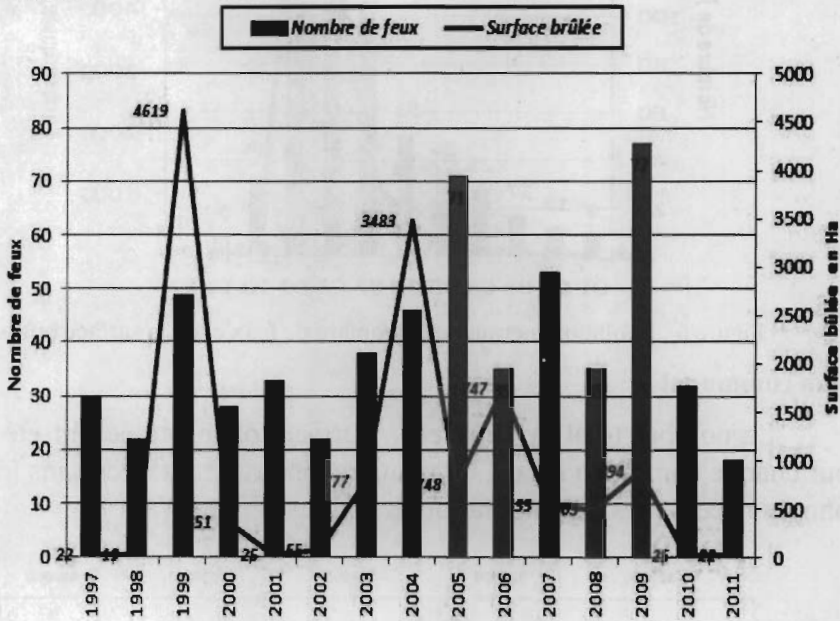


Figure 5 : Évolution annuelle du nombre de feux et de la surface brûlée.

D'après l'analyse de l'évolution annuelle des incendies survenus au cours des 15 dernières années, on constate que la courbe de la surface brûlée a connu une diminution remarquable dans les deux dernières années après l'enregistrement d'un pic en 1999. La même chose pour le nombre de feux qui a connu une évolution croissante entre 2003 et 2009 et une régression remarquable en 2010 et 2011.

Évolution mensuelle

La Figure 6 permet d'observer la concentration du phénomène au cours des 3 mois d'été et le mois de septembre. Le choix des conditions de référence est limité à cette période (période estivale).

la palette de nuances s'étendant entre ces valeurs extrêmes (très peu fréquentes) qui renseigne l'observateur sur la densité du couvert végétal et la quantité de biomasse verte, donc les zones incendiées apparaissent sous forme de taches rougeâtres très claires facile pour l'identification.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Analyse des données de la Télédétection

La délimitation de toutes les zones incendiées a été faite par interprétation visuelle sur une composition colorée des images Landsat, par la suite les images de NDVI ont été réalisées pour les images acquises pré et post-incendie (figure 4). La confrontation des résultats obtenus avec les données de terrain recueillies nous a permis de constater que plus de 90% des cas se coïncide.

La segmentation de ces images de NDVI permet de limiter le nombre des incendies et estimer leur superficie. Par ailleurs, la segmentation des images de NDVI reflète les procédures suivies pour regrouper les pixels dans le but de former des zones pouvant être interprétées sous forme de classes thématiques. Dans cette étude, on s'appuie sur l'approche de segmentation dite pixel par pixel (Caloz et Collet, 2001). Dans ce cas, le regroupement se fait sur le seul critère de ressemblance spectrale entre les pixels ressemblants dont la luminance spectrale respective s'exprime avec des valeurs proches et, dans ce cas, le zonage spatial n'est que le résultat du classement des pixels en catégories.

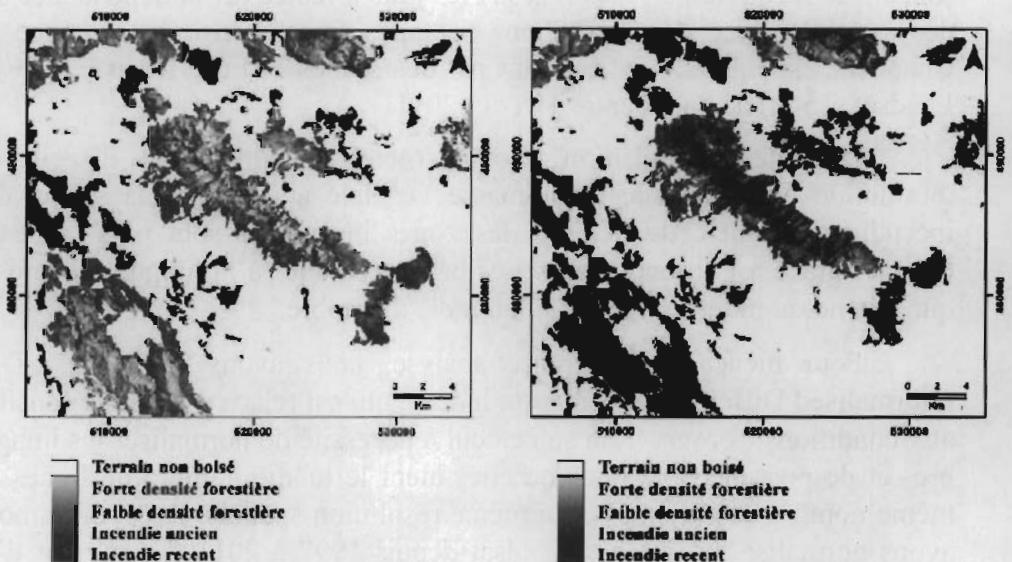


Figure 4: Image de NDVI pré et post incendie (2003-2007)

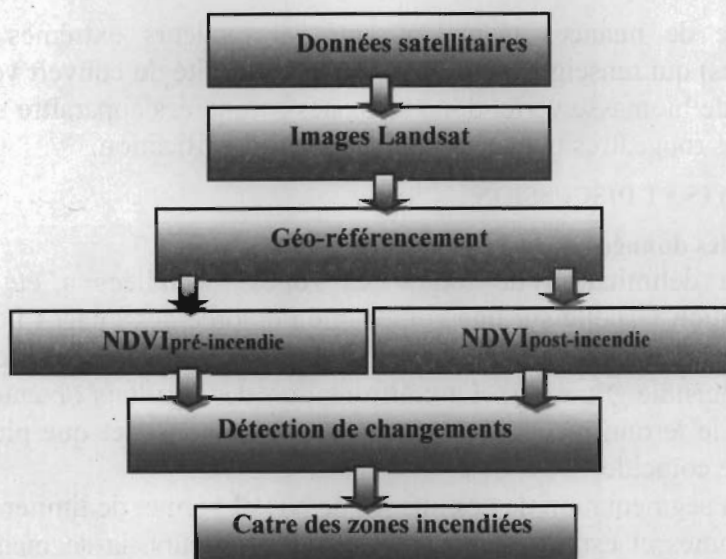


Figure 3 : Méthodologie de travail

Pour compléter et valider les données de la télédétection on a procédé à l'exploitation des archives du HCEFLCD relatifs aux incendies de forêts et surtout les fiches roses (fiches dédiées exclusivement à l'enregistrement des incendies de forêts) pour constituer par la suite une base de données alphanumérique. Le choix des images satellitaires s'est basé sur plusieurs critères: la disponibilité, la date d'acquisition (année et saison), le recouvrement des régions les plus affectées et la dépendance sur des satellites avec des résolutions spatiales fines. Ainsi, la province de Chaouène est couverte entièrement par des scènes TM (30 m) et ETM+ de Landsat (15 m) acquises entre 1997 et 2011.

La date d'acquisition choisie (octobre) permet de détecter la diminution éventuelle de la biomasse végétale à la fin de la saison des incendies. Durant cette période, les zones incendiées sont plus faciles à détecter grâce à l'absence des zones herbacées due à la longue sécheresse qui s'étend du mois de juin jusqu'au mois d'octobre.

Pour mener à bien notre analyse, nous avons choisi le NDVI (Normalised Difference Vegetation Index), qui est relativement peu sensible aux conditions d'observation son calcul a nécessité de normaliser les images pré- et de post-incendie pour qu'elles aient le même nombre de lignes, le même nombre de colonnes et la même résolution spatiale. À cet effet, nous avons normalisé des images Landsat depuis 1997 à 2011. Le résultat d'un NDVI prend la forme d'une nouvelle image, la valeur de chaque pixel étant comprise entre 0 (sol nu) et 1 (couvert végétal maximal). C'est l'analyse de

- L'aspect «**risque technologique**», où l'aléa est, comme pour les accidents industriels, la combinaison entre probabilité d'éclosion et surface menacée (on parle alors d'**aléa induit**).
- L'aspect «**risque naturel**», où l'aléa est, comme pour les autres phénomènes naturels, la combinaison entre probabilité d'incendie et intensité de l'incendie (on parle parfois d'**aléa subi**).

APPROCHE METHODOLOGIQUE:

Cette étude est basée, sur l'exploitation de plusieurs images Landsat, multi dates et multi capteurs inter-annuels, pour une meilleure localisation des sites incendiés chaque année, ensuite leur digitalisation et leur cartographie. En suite l'extraction les informations désirées des produits de l'étape précédente en leur appliquant des techniques de traitement adaptées aux types de données, aux thématiques recherchées. Ce sont des algorithmes de calcul qui permettent de réduire la quantité d'informations contenues dans l'image en vue de la segmenter en un certain nombre de classes représentant les thèmes que l'on veut et que l'ont peut mettre en évidence. Enfin, l'intégration dans un SIG des résultats obtenus couplés des données alphanumériques recueillies des archives du HCEFLCD depuis 1997 pour servir dans les procédures d'analyse spatiale et thématique nécessaires.

Apport de la Télédétection

La télédétection est un précieux outil de surveillance des feux pour déterminer l'emplacement, le comportement et la sévérité du feu ainsi que la surface brûlée. Les mesures par télédétection peuvent permettre d'examiner en temps quasi réel et de façon économique l'ensemble des feux de forêt sur un vaste territoire.

Pour l'étude de l'évolution des incendies de forêts dans la province de Chaouène, plusieurs images satellitaires Landsat multi-dates ont été choisies prises dans le même mois depuis 1997 jusqu'au 2011. Les données de 14 scènes retenues des images Landsat de 30 m de résolution, ont été analysées et traitées. Les feux de plus de 0.10 ha sont repérés et mesurés avec une grande précision.

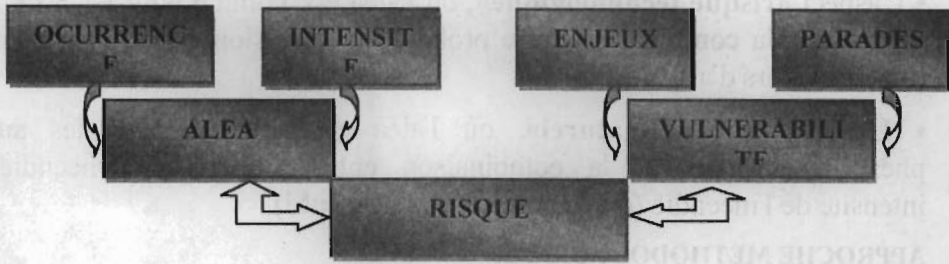


Figure 1 : Les paramètres de risque

- L'**aléa** : c'est la probabilité qu'un phénomène naturel d'intensité donnée se produise en un lieu donné. Il est donc lui-même fonction de deux éléments : l'occurrence et l'intensité.
- La **vulnérabilité**: les conséquences particulières découlant de cet événement, elle correspond aux «conséquences prévisibles d'un phénomène naturel d'intensité donnée sur les enjeux». Elle est donc fonction de deux éléments: les enjeux et les parades (dispositifs de prévention ou de lutte).

Aléa induit et aléa subi:

La notion d'aléa de référence est à manier avec précaution pour les incendies de forêts, car l'évolution de l'occupation du sol et des moyens de lutte influents souvent sur les conclusions auxquelles on aboutit après une simple étude historique. En matière d'incendie de forêts et particulièrement au MAROC, il est devenu d'usage de considérer les deux aspects de l'aléa (Tableau 1):

Modèles	Composantes de l'aléa	Question concrète à laquelle cette composante répond	Utilité de cette composante pour l'aide à la décision
Modèle d'éclosion (aléa induit)	1. Probabilité d'éclosion	Quels sont les secteurs ayant plus de chances de connaître un départ de feu?	Où renforcer la surveillance ?
	2. Surface menacée	Un feu qui démarre peut-il devenir un grand incendie ?	Où donner la priorité pour l'attaque des feux naissants?
Modèle de propagation (aléa subi)	3. Probabilité d'incendie	Quel est l'intervalle de temps entre deux incendies pour cette parcelle forestière ?	Où les équipements de DFC ayant plus de chances de servir?
	4. Intensité du feu	Quelle serait l'énergie dégagée par un feu brûlant cette parcelle ?	Où placer les pistes et les TPF pour les rendre plus efficaces ?

Tableau 1: Les 4 composantes de base de l'aléa feu de forêt

Rapport FAO.2006

d'anticiper sur le risque d'incendie au moyen de mesures préventives et dissuasives adéquates. Ceci permettra d'orienter et d'optimiser au court et au moyen terme, les moyens d'investissement, notamment pour ce qui concerne les infrastructures, les équipements et les opérations d'aménagement anti-feu en milieu forestier, pour alerter en temps réel le déclenchement des incendies et limiter leur extension, ce qui garantit en grande partie, les meilleurs pratiques de lutte contre les feux de forêts.

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE :

La province de Chaouène se situe au nord du Maroc. Elle est marquée par un climat méditerranéen de longues périodes estivales sèches et chaudes, accompagnées le plus souvent, par des vents violents et desséchants (chergui). Ces conditions font baisser l'humidité atmosphérique au-dessous de 30 % et la teneur en eau de la litière forestière en dessous de 5 % en accentuant sa combustibilité. Elle se caractérise aussi par l'abondance d'une végétation diversifié et hautement combustible, plus le caractère accidenté du relief qui rend l'accessibilité difficile, et la forte densité de population qui augmente le risque d'incendie à l'intérieur de la forêt.

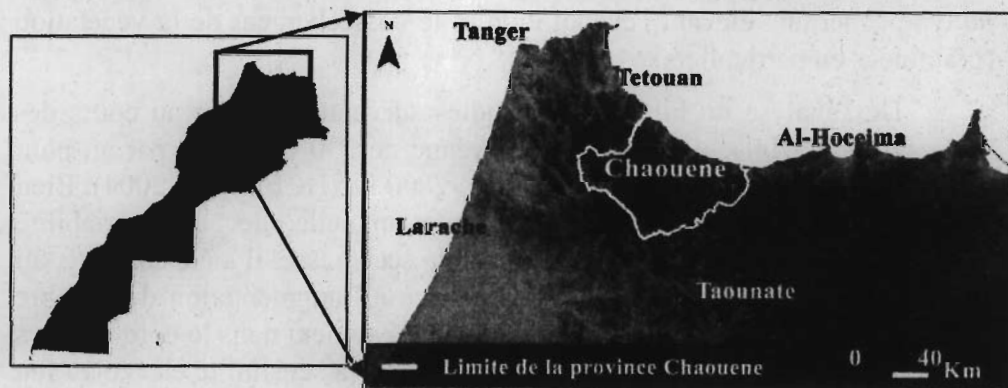


Figure 2 : Zone d'étude

PARAMETRES DE RISQUE D'INCENDIE DE FORETS:

Concepts spécifique au risque d'incendie de forêts:

La cartographie du risque d'incendie de forêts est une représentation spatialisée d'un indice de risque sur une zone, L'aléa de référence est un aléa connu (d'intensité donnée) dont on évalue la fréquence de retour (intervalle moyen entre deux manifestations du phénomène). Dans la pratique, risque et aléa sont fréquemment confondus. En réalité, la notion de risque est celle d'une « espérance mathématique ». De la même façon, tout risque naturel recouvre à la fois (Figure 1) :

Téledétection et étude diachronique des incendies de forêts dans la province de chaouene.

FALEH. A, LAKHOAJA. H et CHAAOUAN J.

Laboratoire de Recherches des Études Géographiques, Aménagement et Cartographie
Faculté des Lettres Saiss

INTRODUCTION :

Le domaine forestier au Maroc représente un espace ouvert où l'accès est libre et subit, de ce fait, une forte pression humaine. Les populations riveraines y exercent des activités de prélèvement de bois de chauffage et de constructions, de cueillette de produits divers et de parcours en plus des activités récréatives des visiteurs. Cette pression engendre une augmentation du risque d'incendie d'autant plus que les forêts marocaines, à l'instar des forêts méditerranéennes, sont extrêmement inflammables, particulièrement durant la saison estivale en raison de l'augmentation des températures, la diminution de l'hygrométrie de l'air, le développement de vent sec et chaud de type «chergui» élevant l'évaporation et le dessèchement de la végétation (graminées en particuliers).

De l'analyse du bilan des incendies survenus en forêt au cours des années 1960 à 2004, il ressort une moyenne de 230 incendies par an pour une surface moyenne annuelle affectée de 2800 ha (HCEFLCD, 2004). Bien qu'on enregistre une grande variation inter-annuelle, liée aux variabilité climatique et principalement à la durée de la sécheresse, il a été constaté, au cours des dix dernières années, une tendance à l'augmentation du nombre d'incendies et de la superficie touchée, particulièrement dans le nord du pays (Province de Chaouène) en raison, d'une part, de la sensibilité élevée au feu des formations forestières locales et d'autre part, à la forte pression exercée sur le domaine forestier et l'utilisation du feu comme moyen de nettoyage des terrains boisés pour leur mise en culture essentiellement la culture du Cannabis.

A la lumière de cette situation et pour faire face au phénomène récurrent et impondérable des incendies de forêts, les images satellitaires acquises à des dates différentes et archivées au cours des dernières années, permettent d'une part, d'établir une étude diachronique et un suivi dudit phénomène, et d'autre part de surveiller les modifications subies d'une région géographique, pour la mise en place d'une cartographie réelle de ce fléau et l'élaboration d'outils de prédiction permettant d'évaluer le danger et