Télédétection, 2005, Vol. 5, n°(1-2-3), p 185-196

© 2005 CONTEMPORARY PUBLISHING INTERNATIONAL
Publié sous l'enseigne *Éditions Scientifiques GB*

DYNAMIQUE SPATIALE ET RISQUES ENVIRONNEMENTAUX DANS LE SECTEUR DE JOUGAR (DORSALE TUNISIENNE) : ANALYSES CARTOGRAPHIQUES PAR TÉLÉDÉTECTION

AMOR MOKHTAR GAMMAR [1] et MEKKI BEN SALEM [2]
Unité de Recherche : Biogéographie – Climatologie appliquée – Dynamique érosive,
Faculté des Lettres de Manouba, La Manouba 2010, Tunisie.
Téléphone : + 216 71 601 287 ; télécopieur : + 216 71 600 911
Courriel (1,2) : amorgammar@yahoo.fr ; mekki_bensalem@yahoo.fr

(soumis : 12 mai 2004 ; révisé : 7 décembre 2004 ; accepté 30 mars 2005)

Ce travail évalue les risques environnementaux majeurs qui touchent les milieux méditerranéens forestiers et agricoles du secteur de Jougar (Dorsale tunisienne). Il montre aussi l'intérêt d'une analyse cartographique dynamique exploitant divers documents analogiques et numériques appuyés par l'observation de terrain.

Les cartes topographiques éditées au cours du XXe siècle et des images satellitales HRV-XS de SPOT antérieures et postérieures au « grand incendie » de juillet 1988, ainsi que des données de terrain (1988 et 2004) sont intégrées dans une approche diachronique et une analyse combinatoire. Cette méthodologie a permis une cartographie fine de l'occupation des sols et une interprétation spatiale, génétique et prospective des risques environnementaux comme le déboisement, les incendies de forêt et l'érosion.

Le risque de déboisement a été apprécié, d'une part, à travers l'évolution des terres de cultures, en confrontant la situation rapportée par l'image satellitale HRV-XS de SPOT de 1988 aux cartes topographiques anciennes et aux observations directes de 2004 et, d'autre part, à travers la compréhension du comportement des paysans, de la grande exploitation et de l'État, dans le cadre des différents milieux et des structures agraires caractéristiques de chaque unité spatiale de peuplement.

La cartographie du semis post-incendie identifié sur l'image satellitale multispectrale SPOT de 1996 montre que le grand incendie de 1988 a ravagé uniquement des forêts résineuses du secteur du Ksour et confirme la sensibilité des pinèdes aux incendies. La réussite des actions de reboisement et de restauration des pinèdes engagées ces dernières décennies ne peut qu'amplifier le risque d'incendie, là où l'aménagement préventif accuse un retard grave.

Les traitements réalisés sur l'image de 1988 ont révélé également un zonage des terres agricoles, bien corrélé avec l'état des sols et la gravité de l'érosion qui les affecte.

Mots-clefs : Télédétection ; déboisement ; érosion ; incendie ; Jougar (Tunisie) ; dynamique spatiale.

SPATIAL DYNAMICS AND ENVIRONMENTAL RISKS IN THE JOUGAR REGION (TUNISIAN RIDGE) : CARTOGRAPHIC ANALYSIS USING REMOTE SENSING

This paper evaluates the major environmental risks that impact the forest and agricultural environments in the Jougar region (Tunisian ridge) in the Mediterranean region. It shows the interest of a dynamic cartographic analysis exploiting various analog and digital documents based on ground observations.

The topographic maps edited during the XXth century and the SPOT HRV-XS satellite images acquired before and after the « great fire » of July 1988 as well as ground data (1988 and 2004) are integrated into a diachronic approach and a combinatorial analysis. The methodology permitted the detailed mapping of the land use and a spatial, genetic and prospective interpretation of environmental risks such as deforestation, forest fires and erosion.

The deforestation risk was evaluated, on the one hand, through the evolution of croplands by confronting the situation observed on the SPOT HRV-XS image of 1988 and the old topographic maps and direct observations in 2004 and, on the other hand, through the comprehension of the peasants behavior, the large exploitations and the State in the framework of the different environments and the agrarian structures characteristic of each settlement spatial unit.

The mapping of the post-fire sowing identified on the SPOT multispectral image of 1996 shows that the great fire of 1988 ravaged only the coniferous forests of the Ksour region and confirms the sensitivity of pine forests to fires. The success of the reforestation actions and the restoration of pine forests engaged during the course of the last decades can only increase the risk of fire, where preventive activities have sustained serious delays.

The processing applied to the 1988 image also revealed a zoning of agricultural lands that is well correlated with the soil state and the severity of the erosion process that affects them.

Keywords : Remote sensing ; deforestation ; erosion ; fires ; Jougar (Tunisia) ; spatial dynamics.

INTRODUCTION

Le secteur de Jougar fait partie des montagnes de la dorsale tunisienne qui limitent au sud la Tunisie du Nord typiquement méditerranéenne (figure 1). Avec ses piémonts défrichés, ses nombreuses clairières de montagne et le grave incendie de juillet 1988 (3 200 ha de pinèdes incendiées), ce secteur présente les risques majeurs caractéristiques des milieux méditerranéens de montagne, à savoir le déboisement, les incendies de forêts et l'érosion des sols.

En associant la classification automatique des images satellitales de février 1988 (figure 2) et août 1996 à l'exploitation d'une riche documentation : sources bibliographiques, enquêtes et relevés de terrain des printemps 1988 et 2004, nombreuses cartes et photographies aériennes de 1973, nous essayons dans cette recherche de décrire les différents milieux du secteur, de suivre leurs dynamiques spatiales et d'apprécier leurs conséquences sur les risques environnementaux majeurs cités plus haut.

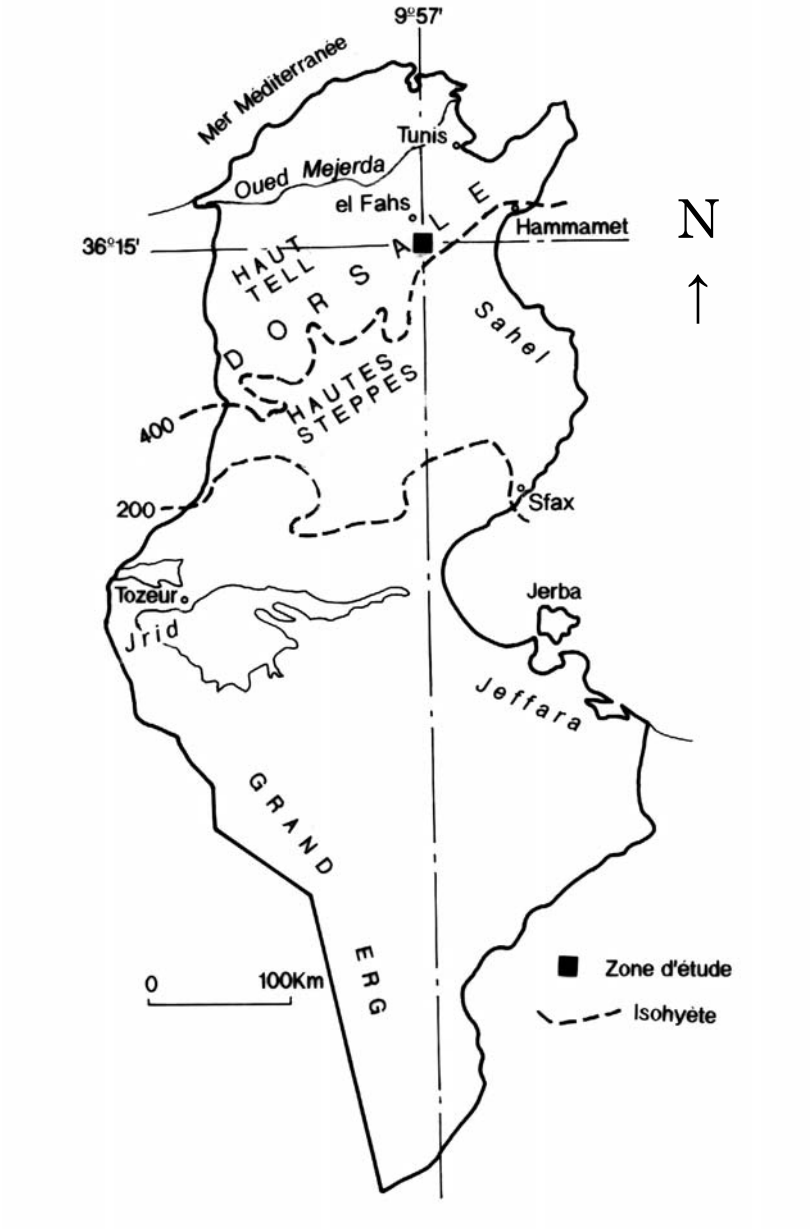


FIGURE 1 Croquis de localisation. *Location map.*

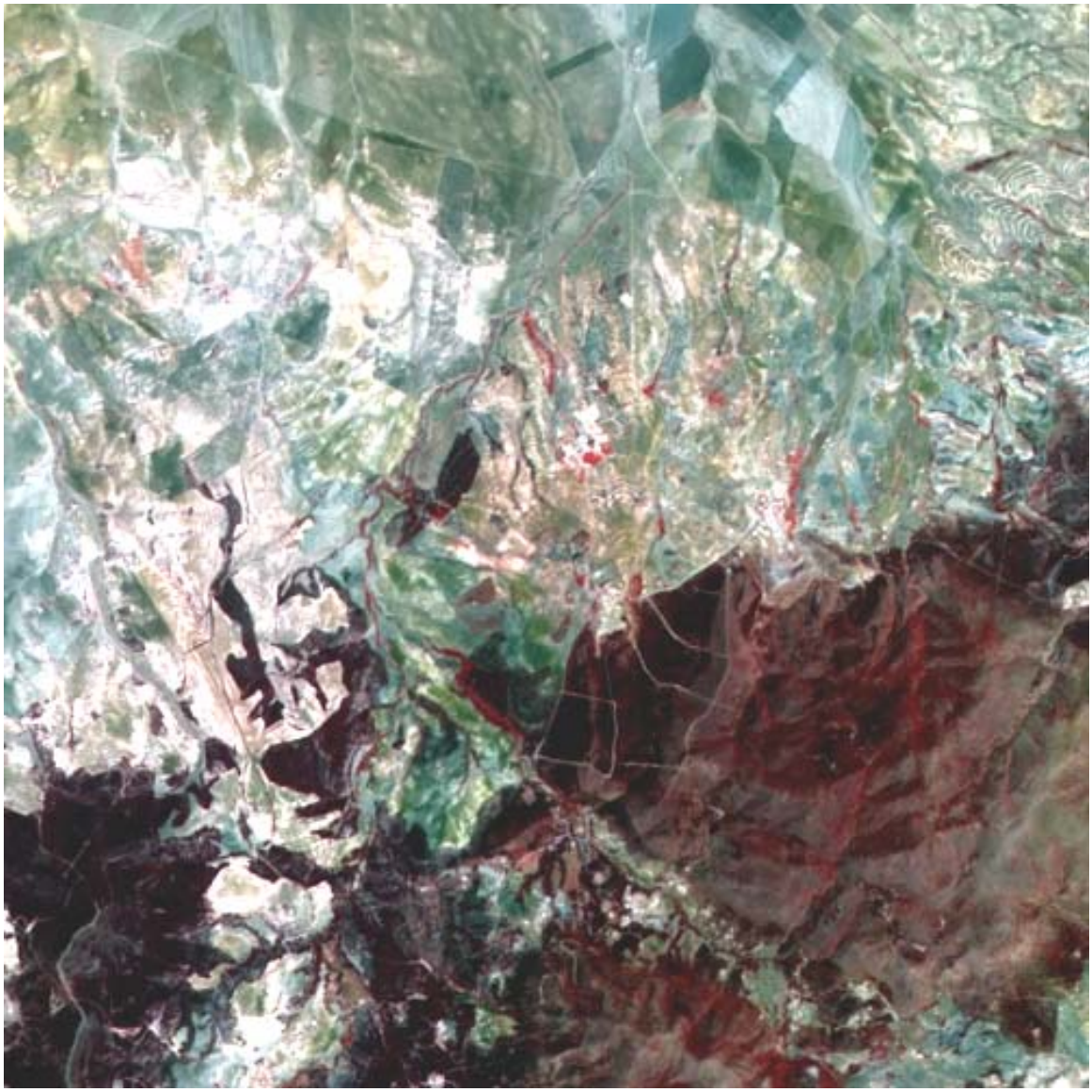


FIGURE 2 Composition colorée améliorée de l'image HRV-XS de SPOT de février 1988. *Improved color composite of the SPOT HRV-XS image of February 1988.*

1. PRÉSENTATION DES MÉTHODES ET DES MILIEUX LOCAUX

1.1. Les sources et les méthodes d'analyse

1.1.1. Investigations de terrain et sources cartographiques

La description des milieux et de l'occupation des sols repose sur des prospections de terrain des printemps 1988 et 2004 avec une enquête exhaustive auprès des habitants et des relevés phyto-écologiques préparés à l'aide de la couverture aérienne de 1973. Les résultats de ces recherches de terrain sont utilisés pour éclairer et contrôler l'exploitation des documents bibliographiques et cartographiques dans la reconstitution de la dynamique spatiale et environnementale de la région. Cette reconstitution est fondée principalement sur une analyse diachronique associant les observations de 1988 et 2004 aux cartes topographiques de 1893, 1930, 1950 (figure 3), 1985 et l'analyse des images satellitales HRV-XS de SPOT de février 1988 et août 1996.

Scannée puis géoréférencée selon le système de projection UTM Carthage 32, une coupure de la carte topographique à l'échelle 1/25 000 de Jbal Fkirine N.O. a servi aussi bien au calage de l'image

satellitale que pour produire, par numérisation à l'écran, une couche d'informations vecteur sous ArcView, comportant des éléments planimétriques de repérage. Cette couche d'informations a été superposée sur l'image numérique classifiée afin de vérifier la pertinence et la précision de la géoréférenciation. Les traitements numériques ont été effectués sous ENVI et les opérations de vectorisation sous *ArcView*.

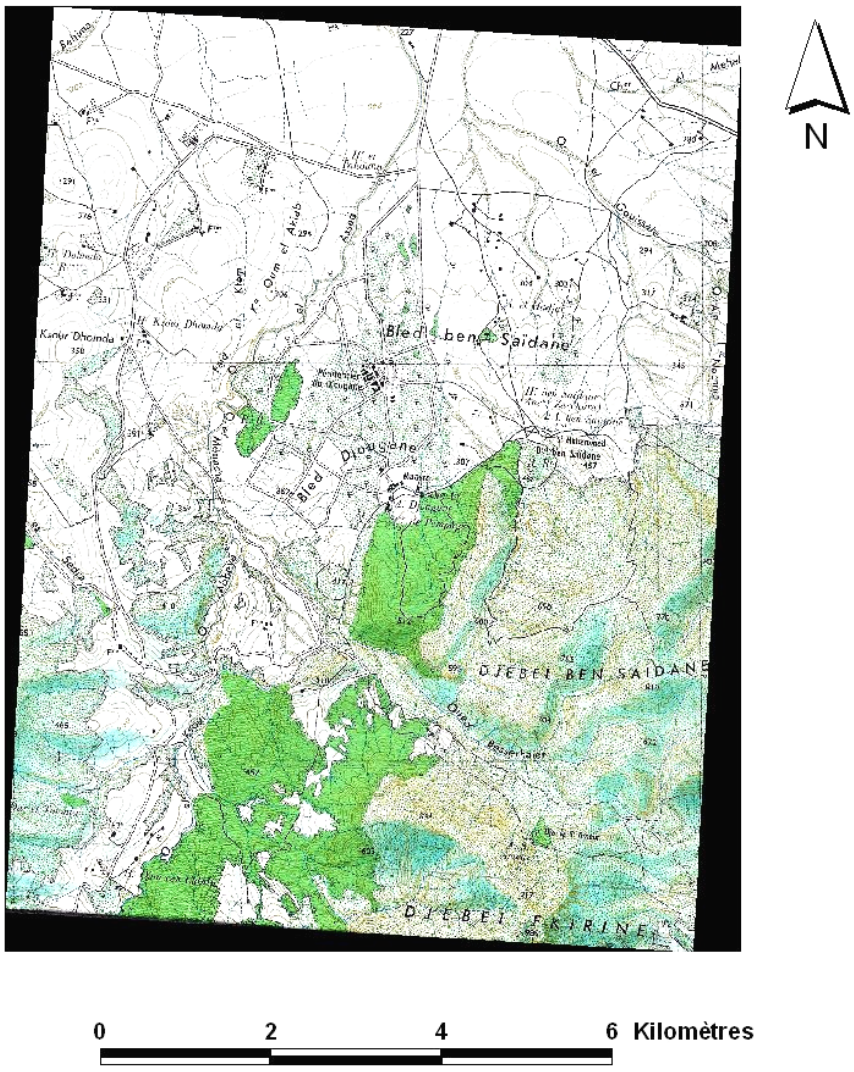


FIGURE 3 Extrait de la carte topographique de 1950. *Section of the topographic map of 1950.*

1.1.2. Le traitement des images satellitales

L'image de 1988 a été choisie en raison de sa date d'acquisition, qui coïncide avec la saison des relevés phyto-écologiques de 1988. Ces relevés représentatifs de différents milieux et végétations ont guidé le choix des zones d'entraînement retenues pour le traitement des images satellitales par une méthode de classification dirigée (Ben Hammouda et al., 1998 ; Bonn et Rochon, 1992 ; Girard et Girard, 1999 ; Longley et al., 2001). Ces échantillons sont choisis dans le but de séparer clairement les terres de cultures des terres forestières et de dégager une typologie fiable de ces terres forestières, notamment en individualisant les pinèdes, les formations arbustives de feuillus et les formations ouvertes plus ou moins basses. Un complément d'observations de terrain effectué en 2004 avait pour but de guider l'interprétation du

zonage des terres de cultures produit par les différents traitements de l'image satellitale.

Plusieurs essais ont été réalisés en utilisant une nomenclature d'occupation des sols détaillée comportant 16 postes regroupés par la suite en une dizaine. Nous avons testé différentes méthodes géométriques et probabilistes, telles que « Maximum de Vraisemblance » et « Minimum-Distance » sur les canaux XS3, XS2 et XS1 de l'image de février 1988 ; le meilleur résultat a été obtenu à partir d'une classification « Minimum-Distance », suivie d'un filtrage (Ben Salem, 2002).

Ce traitement aboutit à une cartographie suffisamment fiable des formations forestières (figure 4). Par contre, il ne permet pas la cartographie des types de cultures. En particulier, les plantations oléicoles et fruitières en sec, pratiquées selon des densités faibles, avec un espacement moyen de 14 m, ne sont pas individualisées par ce traitement, qui met en valeur principalement l'état de la surface du sol et son épaisseur, car dans ce cas, la réponse spectrale d'un pixel mixte est plus influencée par la réflectance du sol que par celle des éléments végétaux. Les classes de terres cultivées s'emboîtent et expriment un gradient souvent progressif, confirmé par les vérifications de terrain et correspondant à la différenciation des sols en relation avec l'avancement de leur décapage par l'érosion. Au total, le traitement retenu fournit une carte des formations forestières et de l'état des sols culturaux en février 1988, à la veille du grand incendie du mois de juillet 1988 (figure 4).

L'image HRV-XS de SPOT de 1996 a été utilisée dans le but de cartographier ce grand incendie de 1988. Un traitement par classification dirigée appliqué à cette image a permis de discriminer clairement le semis post-incendie qui a colonisé l'aire balayée par cet incendie.

L'ensemble des documents élaborés permet donc de reconsidérer les trois principaux problèmes environnementaux : le déboisement, les incendies de forêt et l'érosion des sols, et de réfléchir sur leurs perspectives d'évolution. Ces perspectives varient selon l'originalité de chaque unité spatiale, née de la confrontation du peuplement et des activités locales aux différents milieux locaux de la région.

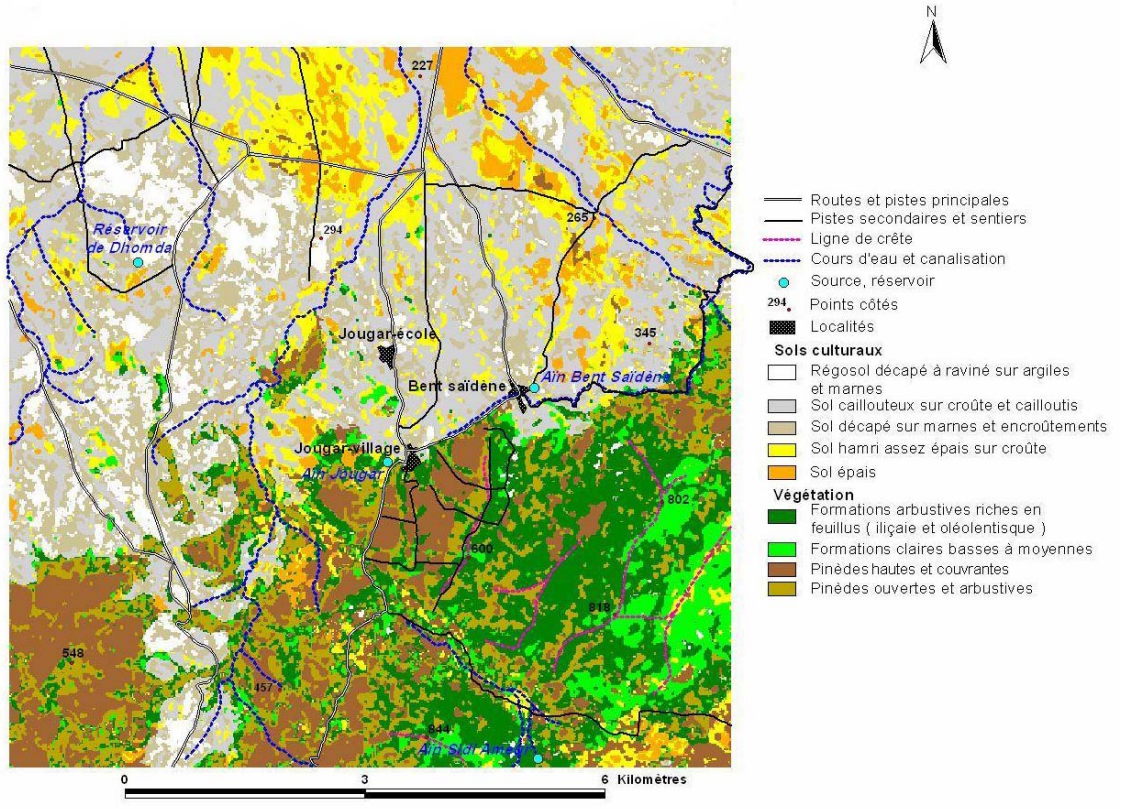


FIGURE 4 Végétations forestières et sols culturaux en 1988 (d'après une classification dirigée de l'image HRV-XS de SPOT de février). *Forest vegetation and agricultural soils in 1988 (following the supervised classification of the SPOT HRV-XS image of February).*

1.2. Les milieux et les unités spatiales locales

Le relief et l'occupation des sols permettent de diviser le secteur en six unités spatiales de peuplement (Sidi Ameur, Ksour, Dhomda, Jougar, Bent Saïdène et er-Rouaguib), réparties entre trois grands milieux : la montagne forestière au sud, le piémont et la plaine agricole au nord (figure 5).

1.2.1. La montagne et la forêt

C'est un ensemble accidenté dominé à l'est, au niveau de l'unité de Sidi Ameur, par la massivité et l'altitude des jebels Bent Saïdène (818 m) et Fkirine (985 m). Taillés dans un épais affleurement de calcaire du jurassique, ces jebels donnent des escarpements abrupts et des crêtes lourdes, couvertes de formations sclérophylles méditerranéennes (Gammar, 1999a). La vallée étroite de l'oued Bessaghaier sépare ces deux jebels et présente de nombreuses clairières paysannes.

À l'ouest, de part et d'autre de la route de Ksour, des jebels plus modestes (j. Ahmar 543 m…), aux crêtes de calcaire marneux du crétacé, alternent avec des vallées et dépressions creusées dans des marnes du même étage. Cette unité du Ksour est occupée par la pinède de pin d'Alep éventrée de nombreuses clairières agricoles. Le grand incendie du mois de juillet 1988, en a ravagé une grande proportion (figure 6).

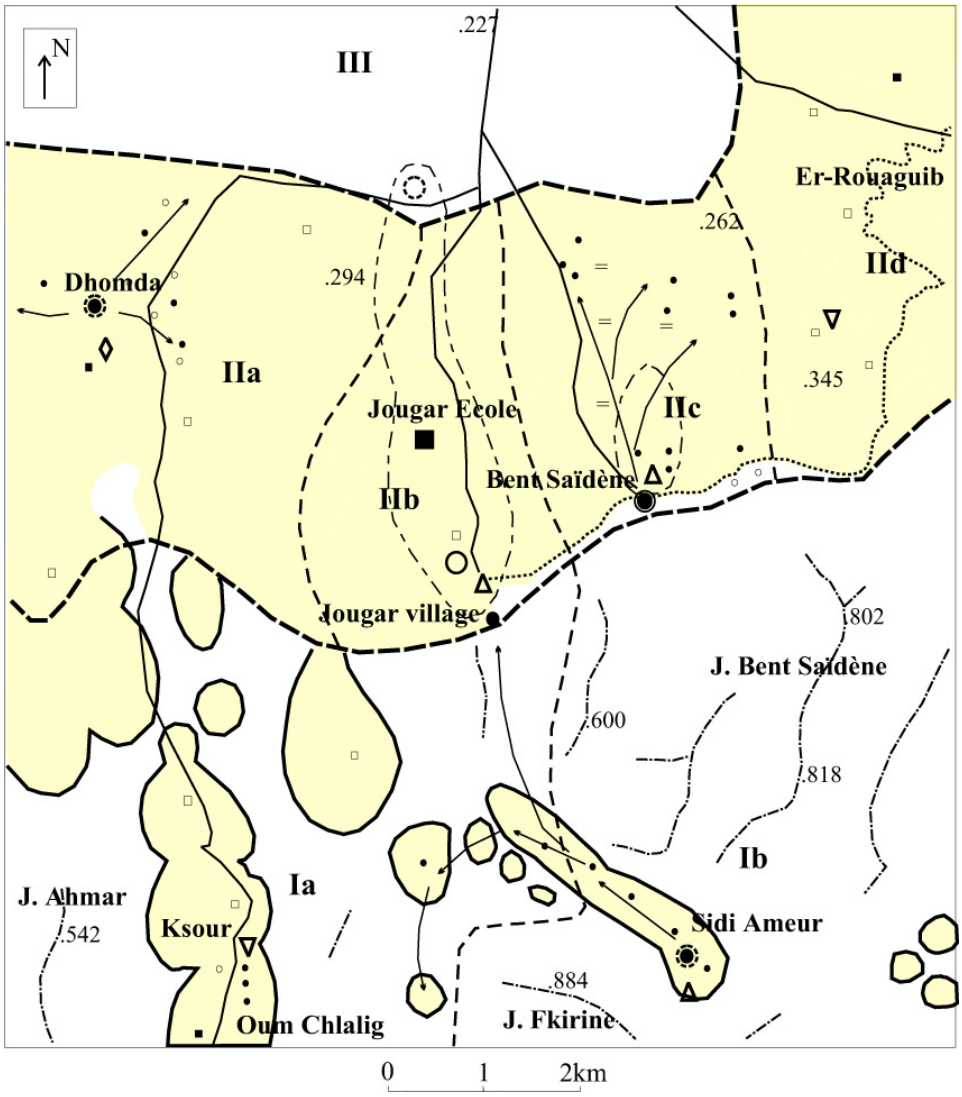


FIGURE 5 Divisions et dynamiques spatiales. *Divisions and spatial dynamics.*

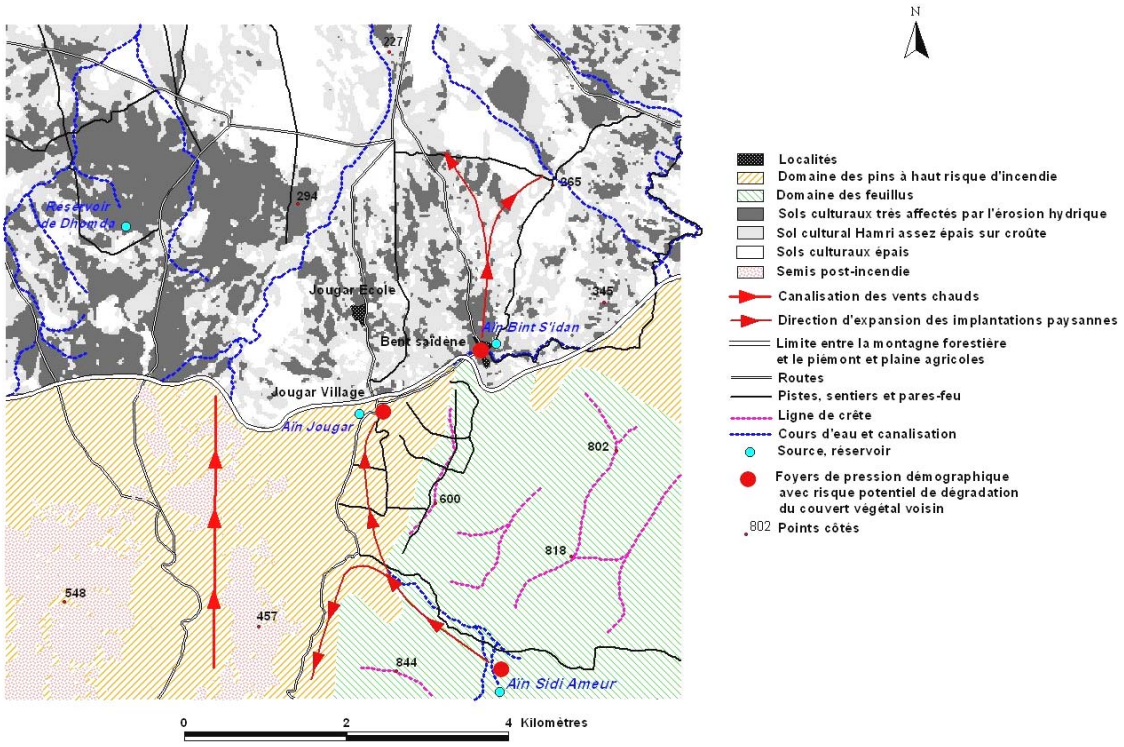


FIGURE 6 Synthèse des risques environnementaux. *Synthesis of environmental risks.*

1.2.2. Le piémont

La topographie de ce piémont s'incline de 350 m au sud, au pied des montagnes, à 250 m au nord, où se situe le passage vers la plaine. Il présente un relief vallonné, avec localement des buttes et des talus aux pentes fortes.

L'unité de Dhomda à l'ouest, présente de lourdes collines, où les surfaces à croûte calcaire alternent avec des pentes marneuses formées par les affleurements du crétacé. Un habitat rural dispersé est associé à un paysage de petites olivettes et de vastes parcelles de grandes cultures extensives.

L'unité de Jougar est un vaste glacis encroûté légèrement disséqué par des vallons associés à des terrasses caillouteuses et des talus argilo-limoneux. L'occupation de ce secteur est dominée par une olivette aux structures variées avec de vieux arbres âgés, de jeunes plantations aménagées en banquettes de courbes de niveau, en plus d'une pépinière forestière et d'un petit verger irrigué. L'habitat est groupé dans deux villages d'allures différentes : Jougar-école et Jougar-village.

L'unité voisine dominée par le petit village ancien (dachra) de Bent Saïdène, présente un paysage de polyculture céréalière et oléicole s'étendant sur un modelé de vallées argilo-limoneuses et de surfaces à croûte calcaire, passant au contact de la montagne à des collines caillouteuses. Ce contact est souligné par le tracé sinueux de l'aqueduc qui conduit les eaux captées à Ain Jougar vers Tunis.

À l'est, dans l'unité d'er-Rouaguib, des collines caillouteuses et argileuses sont séparées par des vallons assez étroits. L'occupation agricole à dominante céréalière laisse de petites unités pastorales sur les pentes fortes des talus, où s'installe une thymaie-rosmarinaie.

1.2.3. La plaine du Fahs

Cette plaine conserve, dans le secteur, une pente assez sensible. Elle présente des sols épais argilo-limoneux d'origine alluviale et des sols limoneux de type hamri qui sont dans le prolongement des surfaces encroûtées du piémont. Cette plaine est entièrement occupée par de grandes parcelles de céréaliculture extensive.

L'ensemble du secteur bénéficie d'un bioclimat méditerranéen typique, sec en été et assez pluvieux en hiver. Les précipitations totalisent près de 500 mm/an à la station de Jougar. Les pinèdes de pin d'Alep qui couvrent les pentes montagneuses et leurs restes sur les talus du piémont se rattachent à des groupements de

l'étage semi-aride supérieur. Elles passent sur les hauts versants des jebels Bent Saïdène et Fkirine à des formations de feuillus (iliçaie et oléo-lentisque) de l'étage sub-humide. Par ces caractères, la région de Jougar fait partie du domaine tellien de la Tunisie du Nord, où la rentabilité relative de la céréaliculture moderne a justifié une mise en valeur agricole précoce durant la période coloniale.

2. ÉVOLUTION DU PAYSAGE ET DES STRUCTURES RURALES

L'héritage pastoral du XIXe siècle fut complètement désarticulé par l'emprise coloniale agricole et forestière, imposant les grandes cultures sur la plaine, le piémont et les clairières et constituant un vaste domaine forestier en montagne. L'évolution récente, très lente les premières décennies de l'indépendance, amorce vers la fin du XXe siècle un remodelage de plus en plus actif de l'occupation des différents types de milieux (Gammar, 1984 ; Gammar, 1998 ; Sethom, 1992).

2.1. L'héritage pastoral du XIXe siècle

Les sources du xixe siècle nous présentent dans le secteur une forêt étendue, débordant sur le piémont et la plaine, dominée par les formations broussailleuses. Les communautés rurales anciennes, peu nombreuses étaient installées au voisinage des principales sources (Sidi Ameur, Bent Saïdène, Jougar) et à Dhomda. Elles pratiquaient un élevage pastoral dans la forêt et une céréaliculture vivrière dans la plaine et dans des clairières éphémères. Jougar constituait un foyer particulier avec des plantations et des cultures irriguées exploitant l'abondance de sa source (Pélissier, 1853).

La prédominance de l'activité pastorale était un facteur de dégradation de la végétation par le surpâturage, les incendies pastoraux, le charbonnage et les cultures sporadiques. Seul le dynamisme de la pinède permettait le maintien d'une végétation broussailleuse assez couvrante sur le piémont et les pentes marno-calcaires à l'ouest de la montagne (Ksour). Par contre, le domaine des formations sclérophylles sur les calcaires massifs des jebels Bent Saïdène et Fkirine était voué à une dénudation totale et persistante.

Les bouleversements de la période coloniale ont été annoncés dès 1862, par le captage de la source de Jougar pour l'approvisionnement de Tunis en eau potable (Anonyme, 1931). La communauté de Jougar fut brusquement démantelée et sa huerta anéantie. Son territoire retourne un certain temps à l'espace pastoral et à l'embroussaillement. C'était une situation favorable à l'intrusion des premiers acteurs de la colonisation qui justifiaient officiellement leur action par le sous-peuplement et la sous-exploitation des terres agricoles et des forêts, en ignorant totalement les traditions pastorales des paysans et leurs droits traditionnels (Kassab, 1976). Seul les deux habous (propriété inaliénable selon le droit traditionnel) de Sidi Ameur et de Bent Saidène vont échapper à cette emprise coloniale.

Les trois premières décennies, à partir de l'installation du Protectorat en 1881, entraînent un recul rapide de la vie pastorale traditionnelle du XIXe siècle, comme le prouve le remplacement des tentes par les gourbis. Les chiffres du dénombrement de 1921 ne donnent, pour l'ancienne Cheikha de Pont du Fahs, incluant le secteur de Jougar, que 23 tentes contre 722 gourbis et 115 maisons (Bernard, 1924).

2.2. L'emprise coloniale

L'emprise coloniale domine fortement le secteur dès les premières années du XXe siècle. D'une part, la colonisation récupère les domaines appartenant à l'état et aux notables tunisiens (le domaine de Jougar fut repris en 1902), pour les céder à des colons européens. Poncet (1962) estime, pour l'ancien Cheikha du Fahs, les lotissements coloniaux distribués en 1901-1904 et 1922-26, à 4 à 5 000 ha dans la plaine et le piémont et 2 400 ha en montagne. D'autre part, la délimitation des terres forestières à rattacher au Domaine Forestier de l'État, achevée en 1910, généralise l'emprise coloniale sur la montagne. L'installation du pénitencier de Jougar en 1904, puis la fixation de petits paysans tunisiens par des lotissements autochtones de 1922 à Dhomda et en montagne, à Oum Chlalig, avaient pour but de fournir la main-d'oeuvre indispensable aux grandes exploitations coloniales.

L'installation de la grande exploitation coloniale dans le secteur a donné naissance à une vague de défrichements accélérés, qui a éradiqué la forêt de la plaine et du piémont dès les années 1920. La mise en place du Domaine Forestier, consacrant la « vocation » forestière de la montagne, ne permet pas d'éviter les déclassements forestiers et les lotissements coloniaux et autochtones très contestés des années 1920, qui se traduisent par la formation des nombreuses clairières de montagne. Cette occupation coloniale a profité principalement à la céréaliculture extensive, fortement mécanisée à partir des années 1920. Des olivettes ont été plantées, mais leur surface est restée peu importante, malgré l'exemple modèle des plantations de Jougar aménagées dès 1902 sur 300 ha (Poncet, 1962).

Malgré l'ampleur des déclassements et des défrichements, la montagne a hérité à l'issue de cette première période coloniale d'un espace forestier domanial en grande partie immatriculé. Les titres forestiers qui rassemblent les forêts du secteur et débordent sur les régions voisines totalisent près de 9 400 ha. La surveillance de l'administration forestière limite l'élargissement des clairières et les dégâts des incendies, permettant l'évolution des broussailles vers des pinèdes d'allure forestière, qui marquent le paysage de l'unité des Ksours dès les années 1950 (Boudy, 1955).

2.3. Après l'indépendance

Après l'indépendance du pays en 1956, le paysage hérité de la période coloniale évolue très lentement. Les coopératives installées sur les terres nationalisées et récupérées par le domaine de l'État en 1964, ont relancé les plantations oléicoles sur le piémont, mais leurs réalisations ont été limitées par une crise structurelle persistante. En même temps, l'administration forestière affirme son contrôle des terres forestières dans les montagnes. Elle réalise des reboisements sur le versant externe de jebel Bent Saidène, dans les petites clairières, dans les montagnes et surtout réussit à entretenir l'amélioration des pinèdes et des formations de feuillus, du moins jusqu'à l'incendie catastrophique de juillet 1988, qui a ravagé 3 200 ha de pinèdes dans le secteur et les montagnes voisines.

De petites plantations oléicoles, à Dhomda et à Bent Saïdène, se développent lentement depuis l'arrêt de l'expérience des coopératives en 1969 et la confirmation de la propriété privée sur les terres des anciens habous et des lotissements autochtones. Des essais d'irrigation ponctuelle sur puits n'ont pas duré, à cause de l'épuisement des nappes superficielles. Par contre, depuis 2002, deux barrages collinaires à er-Rouaguib et Ksour permettent une irrigation relativement plus étendue.

Durant toute cette période, la paysannerie, encerclée par la grande propriété et par le domaine forestier, ne retrouve pas le moyen d'améliorer ses revenus locaux et ne réussit à faire face à la croissance démographique que par l'exode massif.

2.4. La différenciation des unités spatiales actuelles

La différenciation de l'espace, produite par la superposition de cette évolution sur les compartiments du milieu naturel, individualise une série d'unités spatiales qui se distinguent par leurs communautés, leurs structures rurales et leur dynamique spatiale actuelle, qui conditionnent l'expression des risques environnementaux majeurs.

Deux communautés paysannes anciennes se sont maintenues : l'unité de Sidi Ameur en montagne et l'unité de Bent Saïdène sur le piémont. Leur territoire agricole est limité à leurs anciens habous, dans leurs parties non rattachées au Domaine Forestier. Ces deux communautés sont ainsi entièrement encerclées par les terres rattachées au Domaine Forestier en montagne et les grandes exploitations d'origine coloniale, sur le piémont et en plaine, situation assez fréquente en Tunisie du Nord (Gammar et al., 2000 ; Gammar, 1979). Le manque de terres de culture et de parcours est particulièrement grave à Sidi Ameur, qui se retrouve au milieu du Domaine Forestier, comme le montre la multiplication des petites clairières dans la vallée de l'oued Besseghaier et sur les bas versants des jebels Bent Saïdène et Fkirine.

Face à ces communautés paysannes s'installent les quatre unités dominées par les exploitations d'origine coloniale. L'unité de er-Rouaguib a hérité surtout de moyennes exploitations d'origine coloniale. L'unité de Jougar par la précocité de sa mise en valeur agricole et la diversification de ses installations et de ses cultures joue le double rôle de centre local pour la population du secteur et de pôle d'expérimentation et de démonstration pour la grande exploitation. Dans l'unité de Dhomda et les clairières de l'unité du Ksour, la domination de la grande exploitation s'accompagne d'une présence diffuse de petits paysans.

Depuis son installation au début du XX^{e} siècle, la grande exploitation, qui domine ces unités, est confrontée à des difficultés techniques et structurelles qui limitent sa vitalité et la maintiennent dans un système de production extensif essentiellement céréalier et directement contrôlé par les services de l'État.

3. ÉVOLUTION ET PERSPECTIVES DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX

3.1. Le déboisement

Tout au long du XX^{e} siècle, les défrichements ont fait reculer la surface des boisements. Sur le piémont, le défrichement a été total et précoce. En montagne, des clairières larges ont été ouvertes dès les années 1920. Ces défrichements ont été le fait de la grande exploitation et des paysans.

La grande exploitation, soutenue à ses débuts par la politique coloniale du Protectorat, fut le premier responsable de ces défrichements, à er-Rouaguib, Jougar, Dhomda et dans les clairières du Ksour en montagne. La mécanisation des travaux agricoles donne à cette grande exploitation

un fort besoin en terres de cultures, qui équivaut à une menace de défrichement sur les terres forestières, mais en même temps cette mécanisation est à l'origine du désintéressement de la grande exploitation pour les terrains accidentés des montagnes. Dès la période coloniale, les exploitations des clairières montagneuses du Ksour sont en partie en ruine, ce qui permet aux Services Forestiers d'y procéder localement à des reboisements et d'affirmer leur autorité sur les forêts voisines.

La nationalisation des terres de cette grande exploitation d'origine coloniale et leur organisation en coopératives de production ont bloqué leur pression sur les terres forestières en les privant de leurs parcelles forestières, rattachées au domaine forestier, et en les détachant de la spéculation foncière. La restructuration des coopératives de production sous forme de société de mise en valeur agricole et sous forme de lots agricoles de moyenne taille, cédés aux techniciens, permet encore de contenir efficacement, en montagne, le potentiel de défrichement de la grande exploitation. Spécialisée dans la céréaliculture mécanisée, la grande exploitation se désintéresse entièrement de la forêt, et n'y procède ni au parcours ni aux coupes.

Par contre la forêt attire actuellement de nouvelles entreprises modernes, qui s'occupent de la production du miel et de la commercialisation des condiments et des essences aromatiques (romarin). Ces activités sont encore embryonnaires et sans impact négatif sur la forêt.

La petite exploitation paysanne de Sidi Ameur et de Bent Saïdène présente un dynamisme différent. Encerclée très tôt par la grande exploitation et le Domaine Forestier, cette petite exploitation manque de terres de cultures. La croissance démographique forte, malgré l'intensité de l'exode rural, crée une forte pression sur les terres forestières environnantes.

Un aménagement forestier actif et soutenu au voisinage de Jougar a permis de soustraire presque entièrement les versants de jebel Bent Saïdène à l'emprise pastorale et agricole des paysans de cette localité, qui s'orientent vers des essais de développement de l'irrigation, de l'arboriculture et de l'élevage d'engraissement à l'étable. Par contre, à Sidi Ameur, la surveillance et l'action forestière sont plus difficiles et plus fragiles en raison de l'isolement géographique et d'un conflit foncier persistant (Direction des Forêts, 1973/74). Dès les premières phases de l'explosion démographique, les paysans de Sidi Ameur intensifient leur activité pastorale sur les terres des jebels Bent Saïdène et Fkirine et en même temps multiplient les petites clairières dans la vallée de l'oued Besseghaier et sur les pieds de jebel Fkirine.

La comparaison entre la carte topographique de 1950 et la situation actuelle montre qu'une partie des petites clairières est reprise par le Domaine Forestier et reboisée. Par contre, dans l'oued Bessaghaier, les clairières s'agrandissent par grignotage sur leurs marges. Le village de Jougar, créé au milieu des années 1990, attire principalement les jeunes paysans de Sidi Ameur, sans terres et candidats à l'émigration, qui tirent leurs ressources d'un travail plus ou moins régulier dans les grandes villes du pays. Cette évolution montre la gravité de la pression démographique et l'ampleur du conflit d'intérêt entre la paysannerie et l'administration forestière. C'est une situation qui, en l'absence d'un véritable dynamisme économique local, maintient un haut risque potentiel de défrichement et de dégradation du couvert végétal forestier. Actuellement, il s'agit là de la principale menace pour les terres forestières avec les incendies de forêt.

3.2. Les incendies de forêt

La fréquence des incendies de forêts dans le cadre de l'ancienne occupation pastorale du secteur explique la dénudation des jebels Bent Saïdène et Fkirine et la prédominance des broussailles dans les formations végétales héritées du XIX^{e} siècle, rapportées par la carte topographique de 1930 (Gammar, 1999b). Bernard (1924) signale que les tentes recensées dans la plaine du Fahs étaient utilisées seulement l'été par les habitants de la forêt, qui "descendaient dans la plaine en saison chaude pour éviter de s'exposer aux incendies de forêt". En plus des incendies accidentels, des incendies volontaires étaient allumés dans le but d'ouvrir les terres forestières au parcours et de provoquer la formation de rejets tendres durant les périodes sèches (Lefebvre, 1889).

La carte topographique de 1950, montre l'extension de nouvelles forêts de reboisement sur les versants au sud de Jougar et une évolution progressive générale, par l'embroussaillement des surfaces dénudées et un remplacement des broussailles anciennes par des forêts dans l'unité du Ksour. Ceci est un indicateur de la raréfaction des grands incendies avec le renforcement de l'emprise des services forestiers sur les terres montagneuses.

L'image satellitale de février 1988 et les prospections de cette année confirment cette reprise forestière, que des incendies très localisés à l'ouest de jebel Fkirine perturbent très peu. C'est le grand incendie du 17 au 20 juillet 1988, qui ravage de nouveau l'essentiel des pinèdes du secteur de Ksour, rappelant que le risque d'incendie est une

donnée constante du milieu de cette région. Cet incendie s'est déclaré à la suite d'une longue période déficitaire hydriquement et lors d'un épisode très chaud associé à des vents de secteur sud de type Chehili.

Cet incendie et les autres incendies tardifs, qui se sont déclarés dans des pinèdes à l'ouest de jebel Fkirine, montrent la grande sensibilité des pinèdes aux incendies. On a déjà noté que l'amélioration de la biomasse ligneuse des pinèdes amplifie ce risque d'incendie et favorise le développement de grands incendies très ravageurs et difficiles à combattre, là où les voies d'accès sont rares et l'aménagement préventif insuffisant (Gammar et al., 2003). Le secteur du Ksour est particulièrement exposé aux ravages des incendies comme le montre l'extension des broussailles sur la carte de 1930 et le déroulement de l'incendie de 1988, poussé par un vent chaud de secteur sud, canalisé par la topographie formant un couloir d'orientation méridienne (figure 6).

Sur les terrains marneux, le dynamisme du pin d'Alep et sa régénération rapide modèrent les conséquences des incendies tant que leur fréquence reste limitée. En effet, près de 60 ans ont été suffisants pour conduire la végétation des broussailles indiquées par la carte de 1930 aux forêts relevées en 1988. Les terres incendiées en 1988 montrent en 2004 une bonne régénération du pin d'Alep, sous forme d'un semis couvrant et haut de plus de 1 m. Par contre, aux jebels Bent Saïdène et Fkirine, les formations de feuillus ont échappé aux destructions des incendies tardifs et paraissent moins exposées à ce risque que les pinèdes du Ksour. Cependant, leur régénération paraît plus lente, en raison du substrat rocheux et de la persistance d'une intense activité pastorale.

Les reboisements de Jougar amorcent un enrésinement de ces formations de feuillus, notamment à jebel Bent Saïdène, où on note un aménagement avancé et plusieurs générations de plantations résineuses, principalement sur les pentes externes du jebel, mais aussi et de plus en plus, dans sa partie centrale en mélange avec les formations de feuillus. Cet enrésinement implique la généralisation d'un haut degré de risque d'incendies de forêt, dans ces massifs d'accès difficile, ce qui rend urgent l'achèvement des voies d'accès et l'aménagement préventif contre les incendies et contre l'érosion accélérée qu'ils déclenchent.

3.3. L'érosion des sols

L'érosion accélérée déclenchée par l'incendie de l'été 1988 a laissé sur les versants marneux des rigoles non hiérarchisées, qui ont décapé, sur près de 7 cm d'épaisseur, les horizons humifères dégagés sous les touffes et les fourrées brûlés. Cette érosion est actuellement efficacement ralentie par le développement d'un matorral post-incendie couvrant et riche en jeunes pins d'Alep.

La violence de l'érosion accompagne généralement les épisodes de dénudation des sols après les incendies et les défrichements, en profitant de la torrentialité des pluies méditerranéennes et de la raideur des pentes en montagne. Sur les terres forestières, c'est l'état de la végétation et la dynamique du déboisement et des incendies qui renseignent sur la gravité de l'érosion actuelle, l'ampleur des risques potentiels d'érosion accélérée et l'urgence des aménagements anti-érosifs.

Dans les terres agricoles, l'érosion des sols se manifeste surtout par un décapage généralisé et pernicieux des sols et par des ravinements localisés sur les pentes fortes. L'image satellitale traitée de 1988 exprime essentiellement les caractères des sols culturaux et la gravité de l'érosion qui les affecte, en conformité avec les observations de terrain. Dans la plaine, à Dhomda et au Ksour, les classes de terres de cultures mises en valeur sur cette image s'emboîtent, indiquant souvent un gradient progressif de dégradation des sols (figure 4).

À Dhomda et au Ksour, cette gradation des sols accompagne la topographie de larges croupes et de larges dépressions. Les pentes fortes argilo-marneuses des talus bordant la plaine et des versants en montagne, portent des sols culturaux fortement décapés avec localement des ravines isolées que les labours n'arrivent pas à niveler. Les pentes moins fortes des interfluves portent des sols culturaux minces et caillouteux, de couleur brunâtre ou bien grisâtre, sur croûte calcaire dure, cailloutis et encroûtement calcaire friable, que les disques des tracteurs raclent à chaque labour. À Jougar, Bent Saïdène et er-Rouaguib, ces sols forment une mosaïque fine liée à la topographie plus variée, sillonnée de vallons étroits et parsemée de buttes et de talus.

Les sols assez épais à épais se remarquent dans la plaine et dans le fond des vallons, principalement le long des principaux oueds de Bent Saïdène. Ce sont des sols bruns sur croûte calcaire, dits sols Hamri, et des sols alluviaux, qui signalent les zones d'étalement des crues des oueds. Près de la montagne, la violence des crues qui dévalent directement de jebel Bent Saïdène pose aux exploitants des problèmes d'alluvionnement colluvial et d'instabilité des chenaux d'écoulement.

L'étendue des sols minces affectés par l'érosion remet en cause le défrichement généralisé du piémont et l'ouverture des clairières en montagne. Elle souligne aussi l'inadaptation du système de production basé sur la céréaliculture extensive et

mécanisée. Enfin, la grande exploitation joue un rôle important dans l'aggravation des problèmes d'érosion par la mécanisation des labours sur de grandes parcelles non protégées. Notons cependant que c'est dans le cadre de cette grande exploitation en grande partie domaniale, que les services de conservation des eaux et des sols (C.E.S.) trouvent les structures les plus réceptives pour étendre efficacement les aménagements anti-érosifs, principalement les banquettes de courbes de niveau.

Une généralisation cartographique de l'ensemble des documents élaborés, appuyée par les observations de terrain, a donné lieu à une carte de synthèse des risques environnementaux majeurs auxquels s'expose le secteur étudié (figure 6).

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La cartographie de la végétation et des sols culturaux par télédétection a facilité la mise en valeur de faits importants pour la description du milieu et l'analyse des problèmes environnementaux du secteur de Jougar. L'apport le plus intéressant se remarque dans le suivi de la végétation forestière, des incendies anciens ou récents et l'appréciation de l'état de conservation des sols. Malgré un traitement limité, la fiabilité des documents élaborés par télédétection est satisfaisante. Cette fiabilité s'explique en partie, par la date et la saison de la principale image exploitée, qui a facilité la mise en valeur des faits recherchés et les corrélations avec les observations réalisées à la même saison sur le terrain.

En somme, le traitement des images HRV-XS de SPOT, par son aspect interactif et itératif fournit un apport considérable à l'analyse géographique diachronique à condition toutefois, de cibler judicieusement la date d'acquisition des images en fonction du calendrier phénologique et des événements marquants (Ben Salem, 1996).

La démarche poursuivie a révélé que la répartition et l'ampleur des risques et des dégâts environnementaux dans le secteur de Jougar sont dues à la sensibilité du milieu naturel méditerranéen et montagneux et aux mutations spatiales héritées du XX^{e} siècle. La diversité des milieux et la dualité des structures rurales sont à l'origine de dynamiques spatiales divergentes, opposant principalement les unités paysannes aux unités dominées par la grande exploitation. Les risques environnementaux s'expriment différemment selon ces unités et nécessitent des solutions adaptées pour corriger les héritages et accompagner les dynamiques en cours.

Remerciements

Les auteurs remercient le Professeur Mohamed Rached BOUSSEMMA qui a aidé à réunir les conditions nécessaires pour la réalisation de cette recherche.

Références

Anonyme (1931) Hydraulique urbaine et agricole de 1884 à 1930. Service hydraulique de Tunis, Bourg.

Ben Hammouda, F., Chikh, M., Chouib, M. et Lattaoui, A. (1998) Méthodologie d'inventaire de la flore et de cartographie de la végétation par utilisation combinée de la télédétection et des SIG : cas de la région d'Aïn Rich (Algérie). In L'observation de la terre : un outil pour l'étude du bassin méditerranéen, Recueil des actes du colloque de Tunis 23 – 27 novembre 1998, CNES, 10 p.

Ben Salem, M. (1996) Le Sahel de Bizerte : cartographie de l'occupation du sol et de sa dynamique. Thèse de troisième cycle, Université de Tunis I, Tunis, 238 p.

Ben Salem, M. (2002) Pixellisation et cartographie manuelle de l'occupation du sol dans les terroirs du Sahel de Bizerte. Revue Tunisienne de Géographie, n° 33, p. 81-96.

Bernard, A. (1924) Enquête sur l'habitation rurale des indigènes de Tunisie. Imprimerie Barlier, Tunis, 101 p.

Bonn, F. et Rochon, G. (1992) Précis de télédétection. Volume 1 : Principes et méthodes. P.U.Q., Montréal, 485 p.

Boudy, P. (1948), (1950), (1951) et (1955) Économie forestière nord-africaine (4 tomes, Larose), Paris.

Direction des Forêts (1973/74) Problèmes fonciers du domaine forestier. I : les aspects juridiques. II : Les aspects socio-économiques. Tunis.

Gammar, A.M. (1979) Étude et carte écologique de la région de Kessra (Dorsale tunisienne). Thèse, Grenoble, 127 p.

Gammar, A.M. (1984) Défrichements et déprise rurale dans le Haut Tell friguien. Revue Tunisienne de Géographie, n° 13, p. 53-76.

Gammar, A. M. (1998) Peuplement et occupation des sols au nord de jebel Ouesslet. Géographie et Développement, n° 14, p. 79-102.

Gammar, A.M. (1999a) La dorsale tunisienne, entre représentation linéaire et réalité régionale. In « La Tunisie du Nord, espace de relation », Faculté des Lettres de Manouba, Tunis, p. 61-83.

Gammar, A.M. (1999b) Évolution des incendies et de l'espace forestier en Tunisie depuis le XIX^{e} Siècle. À paraître. Actes du colloque « Les incendies des forêts méditerranéennes : prévention, extinction, érosion du sol, reforestation », UNESCO, Athènes, 8 p.

Gammar, A.M., Ben Miloud, E. et Auclair, L. (2003) Dynamique spatiale et environnementale en milieu forestier au nord de jebel Bargou (Dorsale tunisienne). Communication au colloque « La forêt : enjeux comparés des formes d'appropriation, de gestion et d'exploitation », 16-17 octobre 2003, Poitiers (France), 13 p.

Gammar, A. M. et Ben Rhouma, T. (2000) La place de la végétation forestière dans l'aménagement du secteur de Jeradou. À paraître. Actes du Colloque « Population et environnement en contexte bioclimatique méditerra-néen », I.R.A. Medenine,10 p.

Girard, M.C. et Girard, C.M. (1999) Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, 529 p.

Kassab, A. (1976) Histoire de la Tunisie. L'époque contemporaine. STD, Tunis, 506 p.

Lefebvre, H. (1889) Notice sur les forêts de la Tunisie, Direction des Forêts, Tunis, 230 p.

Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, D.W. (2001) Geographic information systems and science. John Wiley & Sons, 454 p.

Pellissier, E. (1853) Description de la régence de Tunis. Éd. Bouslama de 1980, Tunis, 455 p.

Poncet, J. (1962) La colonisation et l'agriculture coloniale en Tunisie depuis 1881. Mouton, Paris, 700 p.

Sethom, H. (1992) Pouvoir urbain et paysannerie en Tunisie. Céres Production, Tunis, 393 p.