Télédétection, 2003, vol. 3, n° 5, p. 387–402
Droit de photocopie soumis à l'autorisation

© 2003 CONTEMPORARY PUBLISHING INTERNATIONAL
Publié sous l'enseigne *Éditions scientifiques GB*
Imprimé en France

UTILISATION DE LA TÉLÉDÉTECTION ET DES SIG POUR L'AIDE À LA SURVEILLANCE DU RISQUE DE DÉGRADATION DES PARCOURS STEPPIQUES

ABDELKRIM BENSAID*[a], ZAKARIA SMAHI[b], TAHAR IFTENE[c] et SAID BENZINEH[d].

Centre National des Techniques Spatiales
B.P. 13, Arsew 3120, Oran, Algérie.
Téléphone : (213) 41 47 25 79 ; télécopieur : (213) 41 47 34 54

Courriel [(a,b,c,d)] : bensaida@cnts.dz ; smahiz@cnts.dz ; iftenet@cnts.dz ; benzinehs@cnts.dz

(soumis le 24 juillet 2002 ; révisé le 29 octobre 2002 ; accepté le 10 février 2003)

L'étude présentée concerne une zone pilote de la steppe située dans la région d'Aflou, connue pour son activité pastorale ancestrale et confrontée actuellement à un problème de dégradation des parcours risquant d'hypothéquer l'avenir de son activité principale. C'est dans ce souci qu'une approche méthodologique utilisant des outils performants tels la télédétection et les SIG a été conçue au vu de la complexité du milieu et de la problématique à traiter. C'est ainsi qu'une carte d'occupation du sol contenant une caractérisation des différents parcours de la région a été réalisée par utilisation de l'imagerie TM et MSS de Landsat. Parallèlement, une approche de détection des changements du milieu naturel à partir d'une série d'images multidates a été adoptée.

Enfin, ces résultats et les autres données inhérentes au milieu d'étude ont été intégrés dans un SIG afin de développer une application « prototype : SIG-STEPPE » pour la gestion des ressources fourragères. L'application ainsi développée est basée sur le principe du double prototypage. À l'intérieur de cette application nous avons conçu une fonctionnalité permettant d'élaborer une carte de risques de dégradation des parcours par commune.

La méthodologie établie dans ce cas est basée sur une approche intégrant des données physiques (surface et état des parcours) et socio-économiques (importance du cheptel par commune) pour l'estimation de l' « indice de charge ». Cet indice de charge exprimé par le rapport entre l'importance du cheptel et la surface des parcours concernés est considéré comme le meilleur moyen d'estimer la pression de pâturage sur les parcours.

Mots-clefs : dégradation ; parcours steppique ; SIG-STEPPE ; télédétection.

THE USE OF REMOTE SENSING AND GIS FOR THE ASSISTANCE AND MONITORING THE ALGERIAN STEPPE DEGRADATION RISK

We present a study of steppe pilot area located in the Aflou region, which is known for its ancestral pastoral activity. This area is now confronted with land degradation problems that may impinge the future of this important economic activity. In view of the complexity of the region and of the problem to address, we designed a methodology based on powerful tools such as GIS and remote sensing.

We produced a land use map which includes a characterization of the various grazing paths of the region, based on an analysis of Landsat imagery, as well as of land cover maps and change maps spanning a 19 years period (1976-1995), which were obtained from Landsat TM and MSS imagery.

We integrated the results and other data relevant to the study area in a GIS, as a starting point for our SIG-STEPPE application for grass resources management. The application is conceived based on the principle of double-prototyping method. Within the application we have designed a functionality that allow producing a map of grazing path degradation at the commune level. In this case, we combined physical data (such as surface and condition of grazing paths) and socio-economic data (number of herds per commune) to compute a "carrying capacity index". This index, which is expressed as the ratio between the number of herds and the surface of corresponding grazing paths, is believed to be the best way to estimate grazing pressure on the grazing paths.

Keywords : degradation ; grassland ; SIG-STEPPE ; remote sensing.

1. PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE

« Les risques de désertification n'apparaissent que lorsque les interventions humaines modifient les écosystèmes au-delà de leur limite de résistance » (Bennouna *et al.,*1995). Cette citation résume bien le problème de désertification de l'Algérie. En effet, le milieu steppique algérien, vaste d'environ 20 millions d'hectares, est soumis à un climat semi-aride : les précipitations sont faibles et irrégulières, les sols sont squelettiques et donnent naissance à une végétation herbacée à dominance d'alfa.

* Correspondant principal

En plus de la fragilité de cet écosystème, une activité pastorale intense exerce une forte pression en permanence sur ce milieu.

Cette situation devient préoccupante dès lors que le cheptel devient de plus en plus important et que son élevage constitue la source principale des revenus de la population (Kacemi, 1992).

Le travail présenté concerne une zone pilote de la steppe située dans la région d'Aflou, connue pour son activité pastorale ancestrale et confrontée actuellement à un problème de dégradation des parcours risquant d'hypothéquer l'avenir de son activité principale.

La couverture de la région d'étude du point de vue cartographique est très limitée :

– les cartes topographiques existantes datent des années 1960 ;

– inexistence de cartes thématiques ;

– couverture en photographies aériennes relativement ancienne (1983).

De plus, la seule station météorologique couvrant la région n'enregistre plus depuis 1987. Les dernières données statistiques officielles relèvent du recensement de 1987 et nécessitent de ce fait une mise à jour.

Afin de mieux cerner les différents paramètres pouvant avoir une influence sur le phénomène de dégradation, il est impératif de disposer de données fiables pouvant caractériser le milieu tant du point de vue physique que socio-économique.

Dans ce travail, on vise l'analyse et la compréhension de l'évolution du milieu physique ainsi que la conception d'une base de données pastorales intégrées dans système d'information géographique (SIG). L'évolution du milieu est réalisée à partir du traitement d'une série d'images MSS et TM de Landsat. Ces images sont prises sur une période de 20 ans et espacées d'environ 10 ans.

2. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone pilote (figure 1) est située dans la région d'Aflou, distante d'Alger d'environ 470 km, et se trouve au nord de la wilaya de Laghouat. Elle est limitée au nord par la wilaya de Tiaret, au sud par les communes de Taouiala, El Ghicha et Oued M' zi, à l'est par la commune de Oued Morra et la wilaya de Djelfa et à l'ouest par la wilaya d'El Bayadh.

La région d'étude est constituée de 8 communes couvrant une superficie d'environ 450 000 ha et est représentée sur six feuillets topographiques au 1/100 000.

Les communes sont les suivantes : Aflou, Sebgag et Sidi Bouzid, Brida, Hadj Mecheri, Gueltet Sidi Saâd, Ain Sidi Ali et Beidha.

Le relief est composé de deux zones bien distinctes : les hauts plateaux et l'Atlas saharien. Les hauts plateaux steppiques caractérisent les communes de Gueltet Sidi Saâd, Ain Sidi Ali et Beidha par contre les autres communes se situent dans l'Atlas saharien.

La zone des hauts plateaux steppiques comporte des altitudes comprises entre 875 m et 1 375 m, et des faibles pentes entre 0 et 3 %. Par contre, dans l'Atlas saharien, les altitudes oscillent entre 1 175 m et 1 900 m, et les pentes moyennes sont comprises entre 12,5 % et 25 %.

Deux étages bioclimatiques caractérisent la zone d'étude :

– les hauts plateaux steppiques soumis à un climat aride et froid ;

– la zone de l'Atlas saharien soumise à un climat semi-aride.

La pluviométrie moyenne annuelle varie de 100 mm à 400 mm et les variations inter et intra-annuelles des précipitations sont très importantes (Seltzer**,** 1946). Ainsi, c'est le caractère aléatoire des précipitations qui joue le rôle de facteur limitant la vie dans la steppe.

Les forages et les puits pastoraux sont les principales ressources hydrauliques. D'après les données statistiques récoltées auprès de la Direction hydraulique de la wilaya de Laghouat (DHWL), la région d'étude comprend 21 forages et 20 puits pastoraux.

L'importance du cheptel de la région en 1994, d'après la direction des services agricoles (DSA), est estimée à 5 410 bovins (près de 50 % de l'effectif de la wilaya de Laghouat), 351 432 ovins (36,75 % de l'effectif de la wilaya), 21 025 caprins et 14 camelins.

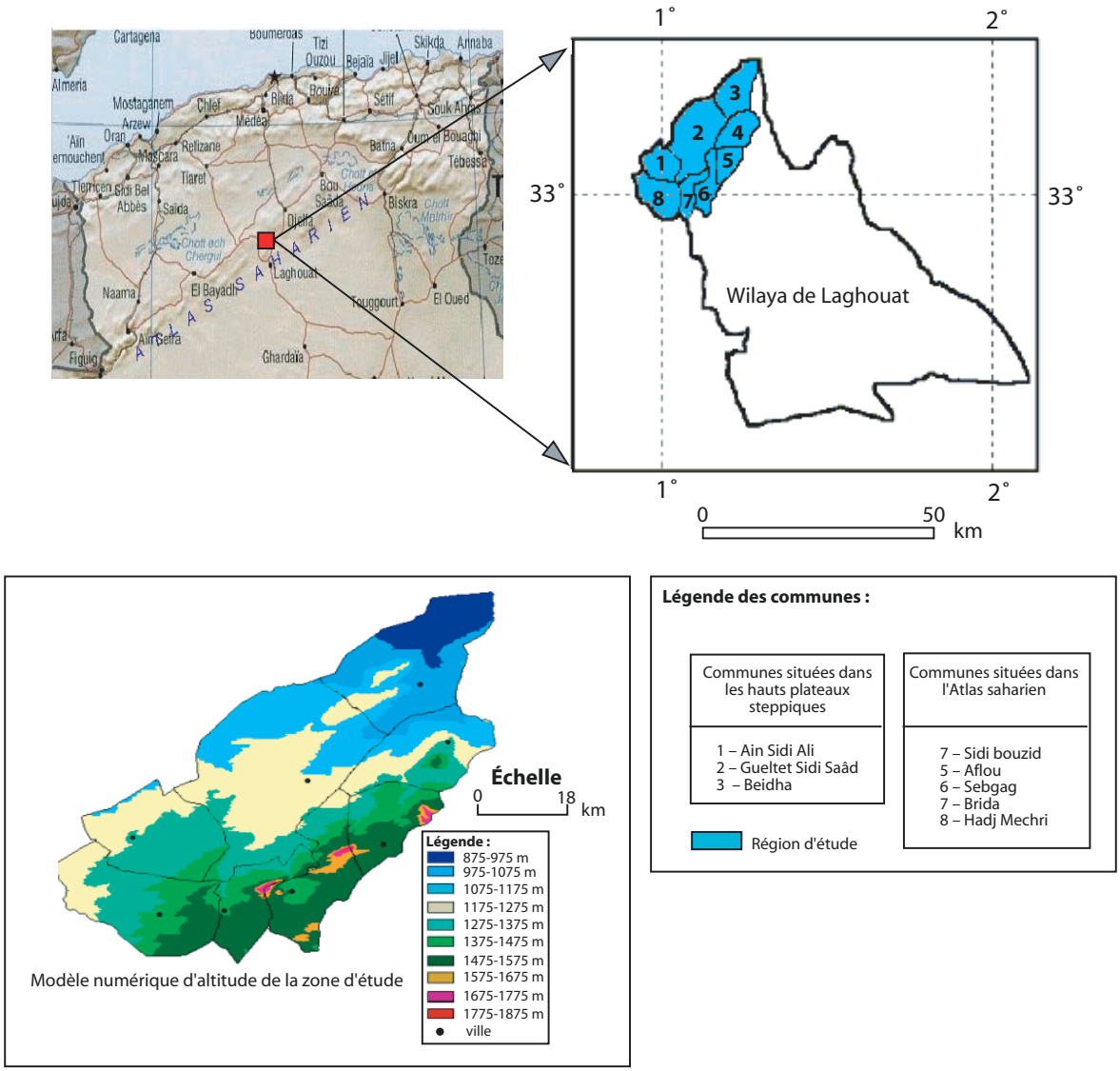
Le cheptel ovin, qui représente la majorité des effectifs animaux de la région d'étude, se localise au nord-ouest, c'est-à-dire dans la zone des hauts plateaux steppiques. Cette situation est due au relief de cette zone qui est beaucoup plus accessible que celui de la zone de l'Atlas saharien et à l'existence d'important parcours.

3. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

La surveillance et le suivi dynamique des parcours steppiques nécessitent la collecte, le traitement et l'analyse rapide des informations. Dans cette optique, les images TM et MSS de Landsat ont été retenues pour leur caractère synoptique sur une vaste zone, leur répétitivité, leur disponibilité sur une longue période (20 ans) et la possibilité qu'elles offrent par rapport à l'échelle des documents à élaborer.

D'autre part, les systèmes d'information géographique (SIG) permettent de :

– disposer d'informations pertinentes, fiables et mises à jour (couvert végétal, importance du cheptel, points d'eau, etc.) ;



(tiré de Bensaid, 1997)

FIGURE 1 Localisation de la zone d'étude. *Location of studied area.*

– valider l'analyse spatiale des données aussi bien cartographiques que statistiques ;

– simuler plusieurs scénarios de gestion steppique et faciliter leur comparaison.

L'approche méthodologique (figure 2) utilisée combine ainsi les outils télédétection et SIG.

3.1. Données utilisées

Sur le tableau 1, on présente les données des milieux physique et humain utilisées dans cette étude. Les données satellitaires MSS de 1976 et TM de1986 et de 1995 ont été choisies en rapport avec les années de recensement général de la population et durant la période du printemps (stade végétatif).

Les données concernant les précipitations et la température pour la caractérisation de la zone sont celles de la période allant de 1970 à 1980, relevées sur la station d'Aflou. Quant aux données socio-économiques (importance du cheptel, population, taux de chômage, niveau de vie et activités socio-économiques, etc.), elles ont été recueillies auprès des autorités locales, des organismes chargés de la gestion de la steppe [Direction des Services Agricoles (DSA), chambre de l'agriculture, Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS)] et sur des enquêtes réalisées auprès des agropasteurs et notables de la région.

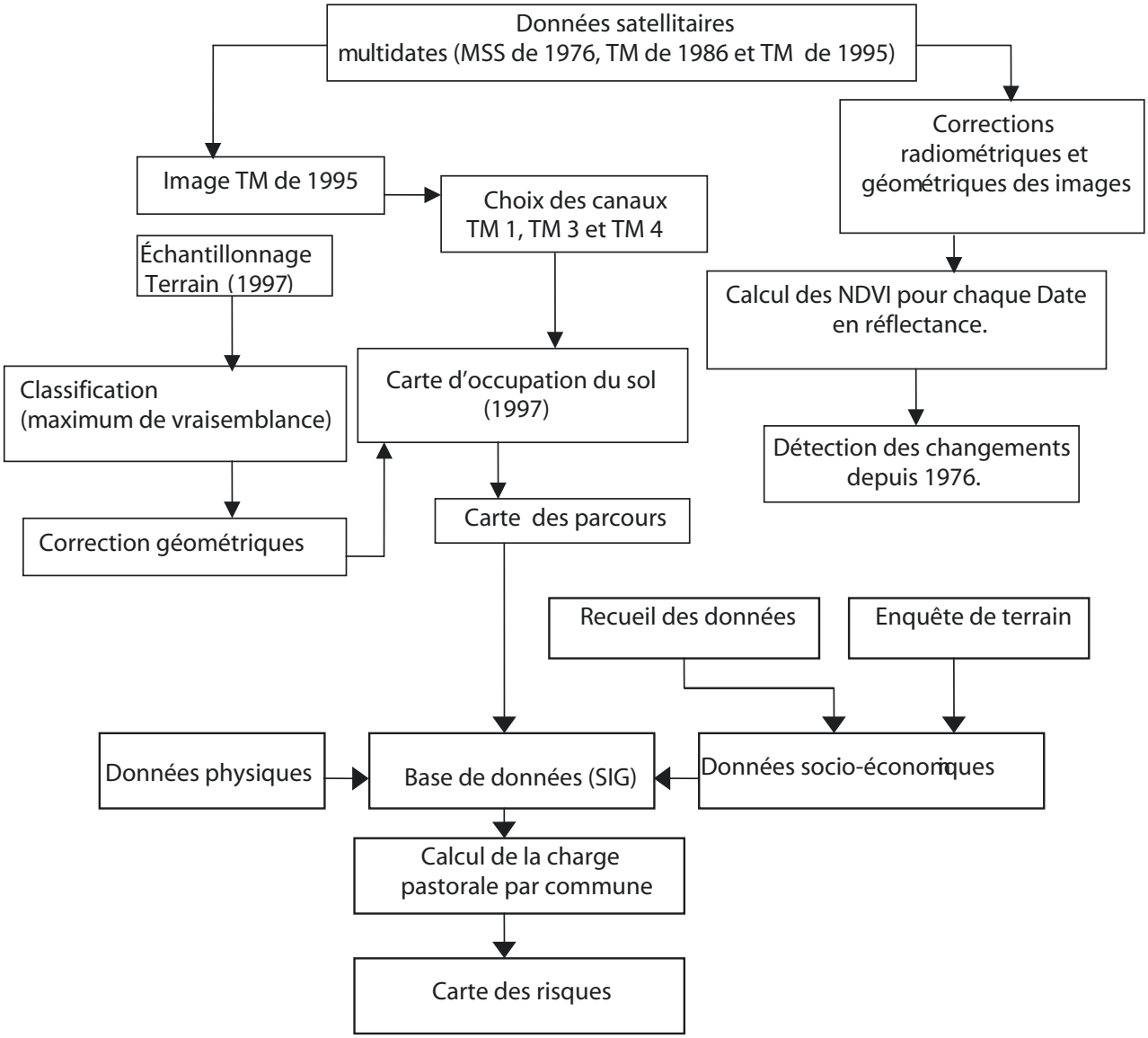


FIGURE 2 Organigramme de la méthodologie générale. *Flow chart of general methodology*.

TABLEAU 1 Tableau des données relatives au milieu physique et humain de la base de données du SIG. *Table of physical and human data of the base of GIS.*

DONNÉES DE BASE	MODE DE SAISIE	SOURCE	ÉCHELLE	DATE
Modèle numérique d'altitude (MNA)	Numérisation	(4) cartes topographiques	1/200 000	1960
Occupation du sol	Traitement	images (TM)	maille 30 m	1995
Routes	Numérisation	(6) cartes topographiques + (6) cartes thématiques (BNEDER)	1/100 000	1956 / 1987
Bassin versant	Numérisation	(6) cartes thématiques (BNEDER) [1]	1/100 000	1987
Limite commune	Numérisation	(6) cartes topographiques + (6) cartes thématiques (BNEDER)	1/100 000	1956 / 1987
Forage	Traitement	fichier numérique D.H.W.L (X,Y)		1995
Réseau hydrographique	Numérisation	(6) cartes topographiques	1/100 000	1956
Géomorphologie	Numérisation	(6) cartes thématiques (BNEDER)	1/100 000	1987
Parcelles tests	Traitement	fichier numérique : X,Y		1996
Carte pluviométrique	Numérisation	(6) cartes thématiques (B.N.E.D.E.R)	1/100 000	1987
Images TM de Landsat			Maille 30 m	17/05/1986 et 08/04/1995
Images MSS de Landsat			Maille 79 x 57 m	02/06/1976

(tiré de Bensaid, 1997)
BNEDER : bureau national des études et de développement rural

3.2. Carte d'occupation du sol

Dans cette étude, la réalisation de la carte d'occupation du sol représente une phase importante dans l'élaboration de la carte des risques de dégradations des parcours (il y a un risque de dégradation si l'effectif du cheptel dépasse 4 ovins à l'hectare). À ce titre l'image la plus récente (196-36 du 08/04/1995) issue du capteur TM a été choisie. La méthodologie adoptée pour la réalisation de cette carte consiste en les étapes suivantes : choix des canaux et échantillonnage, classification et corrections géométriques.

3.2.1. Choix des canaux et échantillonnage

Après une analyse spectrale et le calcul des coefficients de corrélation entre les différents canaux, les bandes TM1, TM3 et TM4 ont été sélectionnées. À partir de ces trois canaux, une composition colorée a été réalisée. De plus, une

mission d'échantillonnage a été effectuée pour la connaissance du milieu physique ainsi que pour le repérage et le choix des différents types d'occupation du sol de la zone d'étude. Au préalable, un travail de photo-interprétation a été nécessaire pour le choix des différents sites enquêtés. En effet, nous avons effectué un tirage de la composition colorée des images TM de 1995 au format A0. Le document ainsi obtenu rend instantanément compte du type d'occupation de sol (parcours steppiques, sol-nu, agriculture, etc.). Sur ce document, plusieurs zones ont été définies à l'intérieur desquelles seront pris les différents sites à enquêter. Le choix de ces différents sites est établi selon plusieurs critères, notamment : la teinte de couleur de la strate, la localisation géographique et la forme géométrique. Une fois cette opération terminée, ces sites tests ont été localisés sur des cartes topographiques à l'échelle 1/100 000 afin de faciliter leur repérage sur le terrain. Il est important de noter, que la méthode des points quadrats alignés (Bensaid, 1997) a été utilisée pour l'estimation du couvert végétal et la caractérisation du sol sans végétation. Le recouvrement en pourcentage (Rec %) de la végétation est donné par la formule suivante :

Rec (%) = [($\sum$ en % du couvert végétal)
– ($\sum$ en % du sol sans couvert végétal)].

3.2.2. Classification

Une classification dirigée basée sur la méthode du maximum de vraisemblance, a été utilisée sur les canaux choisis (figure 3). L'image ainsi classée fait ressortir les thèmes suivants : culture en sec, culture en irrigué, sol nu, sable, ombre et les parcours (5 variétés). Il est à noter, que ces parcours se caractérisent par une grande diversité et peuvent être assimilés à une population statistique hétérogène en perpétuelle évolution. Dans cette étude la discrimination des parcours a posé quelques problèmes, car il fallait distinguer les différents types de parcours et préciser également leur état de dégradation. En effet, pour la différentiation de chaque type de parcours on s'est appuyé sur une description physionomique de la végétation où chaque formation recensée est caractérisée par une espèce dominante. Toutefois, l'état de dégradation des parcours est spécifié selon le taux de recouvrement global de la végétation.

Nous distinguons trois états de dégradation :
– [parcours bien-venants (recouvrement $\geq$ 50 %) ;
– parcours moyennement dégradés
(25 % $\leq$ recouvrement < 50 %) ;
– parcours dégradés (recouvrement < 25 %)].

En effet, les différentes espèces végétales qui ont été rencontrées durant cette mission sont illustrées sur le tableau 2.

Pour la validation de la classification, nous avons estimé le pourcentage des pixels correctement classés à l'intérieur de chaque polygone test. L'analyse de cette validation nous a permis d'émettre quelques remarques, notamment : les parcelles tests très homogènes sont particulièrement bien classées quant aux autres parcelles dont le contenu taxonomique correspond en fait à une mosaïque, elles le sont beaucoup moins. Toutefois, la performance moyenne de la classification est de 82 %. En plus, de l'utilisation de la matrice de confusion pour déterminer la pertinence et la qualité de l'image classée, nous avons essayé de faire un linkage entre l'image classée et la composition colorée. Cette opération est réalisée à l'aide du logiciel de traitement d'images (EN.V.I : *Environment for visualising image*).

3.2.3. Corrections géométriques

Pour rendre le résultat superposable à un système de représentation cartographique, il est nécessaire d'appliquer une correction géométrique. Dans cette étude, la rectification est effectuée par l'acquisition des points amers figurant à la fois sur la composition colorée et sur les cartes topographiques (projection UTM fuseau 30). La méthode du plus proche voisin a été utilisée comme méthode d'interpolation pour conserver les classes obtenues (Iftene, 1989). L'écart type moyen (RMS) obtenu à la fin du traitement est de l'ordre de 0,85.

3.3. Détection des changements

La carte d'occupation du sol, pour une date donnée, reste un document nécessaire mais insuffisant pour le suivi de l'évolution du milieu naturel, notamment sur les deux décennies. Afin de déceler les différents changements de façon précise et quantitative, il est opportun de faire subir aux images TM et MSS de Landsat des corrections radiométriques et atmosphériques afin de compenser les effets causés par l'angle d'observation, les conditions d'éclai-rements et les effets atmosphériques. À cet effet, nous avons corrigé les images satellitaires des effets radiométriques et atmosphériques en utilisant un modèle absolu. Ce modèle (Holson, 1994) est basé sur l'estimation de la réflectance des échantillons tests au niveau du sol à l'aide d'un radiomètre de terrain. Cette réflectance permet la détermination de la luminance de l'objet au niveau du sol.

Une fois les images satellitaires corrigées géométriquement et radiométriquements, nous étions amenés à appliquer une approche qui est basée sur l'utilisation des données multidates (MSS de 1976, TM de 1986 et TM de 1995) pour la détection des changements. Le principe de cette approche repose sur le calcul, pour chaque date, de l'image d'indice de végétation après avoir ramené les images de départ

à un même référentiel radiométrique et géométrique (Bildgen *et al.,*1990). Il est important de noter que ces indices sont calculés à partir des réflectances.

La superposition de deux images d'indice de végétation permet, en affectant une couleur distincte à chacune d'elles, de réaliser une synthèse additive pouvant nous renseigner sur l'état des changements de manière suivante (Bensaid, 1997) :

– la dominance d'une couleur parmi les deux utilisées (rouge ou vert) traduit l'abondance de la végétation pour l'année à laquelle correspond cette couleur ;

– l'apparition de la couleur jaune (rouge + vert) n'indique aucun changement.

3.4. Système d'information pour la gestion de la steppe

Les résultats de nombreuses recherches utilisant les SIRS (systèmes d'information à référence spatiale) reposent essentiellement sur la production d'indices spatialisés en combinant les données géoréférencées et multisources (IFREMER, 2001). Toutefois, la mise en œuvre d'une chaîne de traitement d'un SIRS nécessite une bonne maîtrise et une connaissance approfondie de logiciels complexes tels : ARC-INFO, ARC-VIEW, ERMAPER, etc. La conception de l'application SIG-STEPPE est basée essentiellement sur un ensemble de traitements et de concepts développés sous le logiciel ARC-INFO, via son langage de programmation Arc Macro Langage (AML). Cette application a nécessité de réaliser les étapes suivantes :

– l'inventaire et analyse des données ;

– le modèle conceptuel des données (M.C.D) avec le dictionnaire des données (D.D) ;

– le modèle logique de données ;

– le modèle physique de données ;

– la programmation de l'application SIG-STEPPE (Gardarin, 1993).

L'application SIG-STEPPE a été développée sous ARC-INFO pour procurer aux utilisateurs potentiels un moyen simple, rapide et efficace pour l'archivage, l'analyse et traitement des données et l'édition des documents cartographiques. Ces documents cartographiques sont utilisés à des fins d'aménagement en vue d'une gestion harmonieuse de la zone pilote. Dans cette application, un ensemble de commandes est mis à la disposition des thématiciens pour effectuer une tâche particulière. C'est par l'enchaînement des macro-commandes que l'ensemble des utilisateurs réalise les objectifs qu'il s'est fixés en fonction des possibilités de l'application. Les objectifs seront prédéfinis et se présenteront à l'utilisateur, de manière plus conviviale, via une interface graphique sous forme de menu, dans lequel les traitements et la gestion des données lui seront accessibles. À travers ce menu l'utilisateur peut réaliser les différentes phases de traitements, notamment :

– l'intégration des données multisources dans la base de données ;

– calcul de l'indice de charge ;

– localisation des parcours dégradés ;

– la visualisation et l'analyse des résultats ;

– superposition des données physiques et socio-économiques.

3.5. Conception de l'application SIG-Steppe

Lors de la phase de réflexion méthodologique, il apparaît nécessaire de concevoir une application SIG-STEPPE pour la gestion du patrimoine steppique et des ressources fourragères. Cette application peut être utilisée comme un outil d'aide à la décision pour la localisation des bons parcours et des points d'eau, la mise en défens des parcours dégradés et le choix d'un itinéraire, etc. De plus, au travers de cette application, l'utilisateur pouvait manipuler un volume considérable d'informations à référence spatiale. Cette application est fondée sur le principe du double prototypage. Le prototype rapide a été conçu selon les étapes suivantes :

– collecte de l'ensemble des données multisources susceptibles d'être prises en compte pour la conception d'un modèle conceptuel de données.

– compréhension, localisation et définition des impacts majeurs de la dégradation.

Ce modèle a été produit pour modéliser ces données et le flux d'informations correspondant, et en donner une représentation schématique. Ce schéma comporte les principaux facteurs de gestion de l'activité pastorale qui a, comme centre d'analyse, la charge pastorale. L'entité « commune » constitue l'information géographique commune à toutes les entités spatiales, puisqu'elle représente la structure de base de l'organisation administrative de l'état. C'est au niveau de la commune qu'ont été recensées toutes les données physiques et socio-économiques. La concrétisation de ce schéma a été mise en œuvre suivant une modélisation basée sur la méthode de MERISE (Matheron, 1994). Cette démarche est primordiale lors de conception de projets impliquant le développement d'un système d'information géographique. Afin d'intégrer l'ensemble des données dans la base de données, un modèle logique et physique a été développé. Toutefois, le prototype rapide a été développé essentiellement pour illustrer le potentiel futur du système ainsi que pour montrer son utilité aux différents utilisateurs et décideurs du patrimoine steppique. De plus, il est analysé par l'ensemble des concepteurs et utilisateurs pour la validation du modèle conceptuel et du dictionnaire de données.

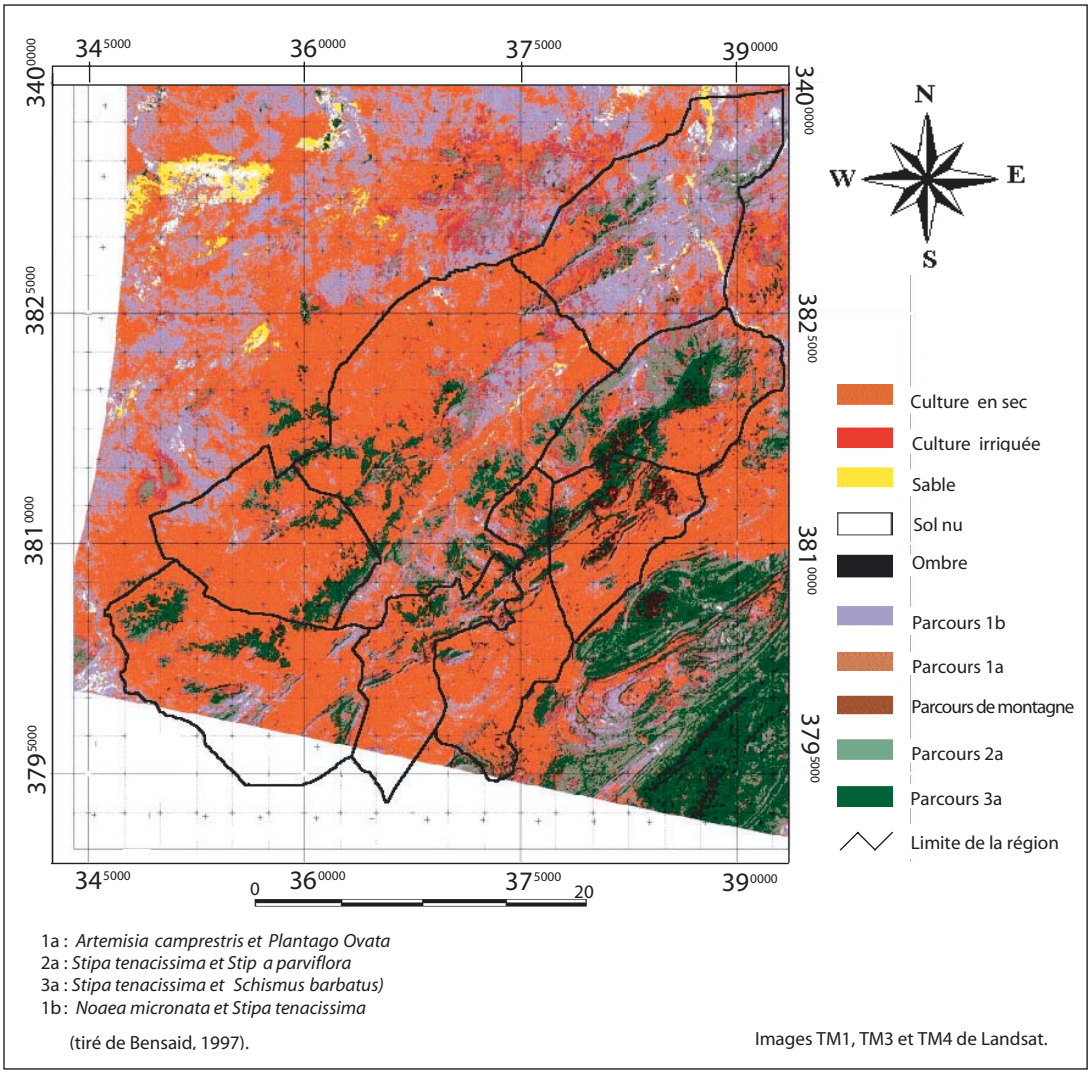


FIGURE 3 Carte d'occupation du sol de la région d'Aflou de l'année 1997. *Land cover map of Aflou region.*

TABLEAU 2 Les différents parcours de la région d'étude. *Grassland of study area.*

THÈMES	CORTÈGES FLORISTIQUES	
	Première espèce dominante	Deuxième espèce dominante
Parcours 1a	*Artemisia campestris* (Armoise)	*Plantago ovata*
Parcours 2a	*Stippa tenacissima* (Alfa)	*Stippa parviflora*
Parcours 3a	*Stippa tenacissima*	*Schismus barbatus*
Parcours 1b	*Noaea micronata*	*Stippa tenacissima*

(tiré de Bensaid, 1997)

La mise en œuvre du prototype rapide SIG-STEPPE est réalisée sous le logiciel SIG Map-Info, via son langage de programmation Map-Basic. Cependant, lors de la création du prototype, nous avons rencontré quelques difficultés inhérentes au logiciel Map-Info. Ce dernier a présenté des limites dans l'analyse des données à référence spatiale, notamment l'analyse topologique des données, la définition des contraintes d'intégrité, le traitement des données maillées et le passage d'un système cartographique à un autre. Pour faire face aux différentes contraintes du logiciel Map-Info, nous avons préféré le logiciel Arc-Info pour le développement de notre prototype évolutif. Ce logiciel permet l'enrichissement de la base de données et les fonctionnalités offertes aux utilisateurs potentiels. Il a été conçu à l'aide du langage de développement d'application AML. Arc-Info possède une particularité liée au fait que c'est un système d'information géographique modulable et il permet l'analyse et la gestion d'une grande masse de données vectorielles et maillées.

La mise en application des prototypes rapide et évolutif nécessite la présence des données multisources. À cet effet, le plus grand travail pour le développement de ce prototype était :

– de rendre l'ensemble des données dans un même support (numérique) ;

– de transformer les données dans un même référentiel cartographique (UTM) ;

– de minimiser les erreurs de précision (erreurs de numérisation et autres).

3.6. Élaboration de la carte d'indice de charge

La principale difficulté rencontrée dans cette recherche était de trouver un modèle ou une approche qui permette de combiner les données multisources afin de fournir aux utilisateurs un document cartographique illustrant un constat de l'état de la fragilité du couvert végétal. Devant cette masse de données collectées lors de la phase d'inventaire et d'analyse des données, cette approche devait prendre en compte uniquement les facteurs majeurs qui ont des conséquences directes ou indirectes sur la région pilote. À cet effet, nous avons appliqué une approche intégrant des données physiques (surface et état des parcours) et socio-économiques (importance du cheptel / commune) pour l'estimation d'un paramètre appelé « indice de charge » (IC) :

$$IC = \frac{\text{importance du cheptel } (ovins)}{\text{Surface des parcours}(ha)}$$

Les étapes de calcul de cet indice sont illustrées schématiquement par la figure 4.

L'indice de charge, exprimé par le rapport entre l'importance du cheptel converti en équivalence ovine et la surface des parcours, est considéré comme un indicateur simple permettant la connaissance de la pression de la charge animale sur les parcours. D'après l'Agence Nationale d'Aménagement du Territoire (ANAT) :

01 bovin = 01 camelin = 05 ovins = 05 caprins.

Il y a surpâturage dès que cet indice est supérieur à la norme. Cette norme est estimée à 0,25 tête d'ovin/ha (Boukhobza, 1982), c'est-à-dire qu'il y a une forte pression sur les parcours et donc risque de dégradation sur la régénération de la végétation. Dans le cas contraire, la pression sur les parcours est moins intense que dans le premier cas (Smahi, 1997).

4. RÉSULTATS

Dans les images de changements obtenues par la technique des indices de végétation, les zones qui apparaissent en rouge sont celles qui ont connu une dégradation. Sur la figure 5, on constate que la couleur rouge est dominante même si celle-ci apparaît avec des tons différents, ce qui traduit la diminution du couvert végétal entre 1976 et 1986, notamment vers le coin inférieur droit (sud-ouest de la commune d'Aflou). De même, sur la figure 6, la couleur dominante est aussi le rouge, ce qui explique que le couvert végétal a régressé entre 1976 et 1995 même s'il a connu une petite amélioration par rapport à 1986 et par endroit. Par contre, sur la figure 7, la couleur verte est dominante par rapport au rouge. La partie ayant subi une forte diminution durant la première décennie a connu une bonne remontée (sud-ouest d'Aflou), exception faite sur une partie ayant connu une dégradation après 1986 (ouest d'Aflou).

En résumé, à travers ces résultats, il apparaît que le couvert végétal a régressé entre 1976 et 1995 même si une amélioration a été constatée pour cette dernière année par rapport à 1986.

En plus de l'analyse des changements de l'occupation du sol, un prototype évolutif a été développé (figure 8). Dans ce prototype plusieurs menus ont été mis à la disposition des utilisateurs pour l'analyse et l'interrogation de l'ensemble des couches de la base de données. L'utilisateur se trouve face à un ensemble de fonctionnalités en occurrence :

– un menu de visualisation et de description des couches de données ;

– un menu spécifique pour l'affichage des images satellitaires (image composite, images de changements, image classée et le modèle numérique d'altitude (MNA) ;

– un menu « requêtes » pour l'interrogation des données de la base ;

– un menu où l'utilisateur a la possibilité de lire et d'afficher les attributs des données.

De plus, d'autres fonctionnalités sont mises en œuvre dans cette application, notamment la construction topologique des couches, la définition de la projection pour chaque couche et les fonctionnalités d'import et d'export des données.

Aussi, nous avons conçu un menu spécifique « traitement » pour l'élaboration de la carte de synthèse à partir du calcul de l'indice de charge (figure 9).

Pour la zone d'étude, il a été décidé de réduire celle-ci à la seule commune d'Aflou, puisque, d'une part, la structure de base administrative est la commune et, d'autre part, la zone d'Aflou est la plus couverte en données fiables parmi les communes avoisinantes dont les parcours subissent une forte pression. Et de plus, cette commune est la plus peuplée des huit envisagées dans l'étude.

5. DISCUSSION

Ces résultats concernant l'aspect spatial à partir des dates considérées peuvent s'expliquer en partie par une décennie (1981-1990) moins pluvieuse et un étalement de la période sèche selon l'étude climatique réalisée par le Centre National des Techniques Spatiales (CNTS) sur les stations météorologiques des wilayas limitrophes d'El Bayadh et de Djelfa (CNTS, 1999).

Même si cet état ne favorise pas un bon développement de la végétation, il reste que la charge exercée par le cheptel ne permet guère son maintien. D'autre part, cette dégradation de la végétation a été accentuée par la salinisation des terres irriguées attribuées dans le cadre de l'accession à la propriété foncière agricole (APFA).

Le changement de la végétation constaté sur la figure 7, et plus précisément dans la localité de El Haoued, renseigne sur les différentes mutations qu'a connu cette localité. D'après une enquête socio-économique réalisée auprès des agropasteurs de la région, il s'est avéré que les parcours dégradés et les terrains nus ont été revalorisés en terrains exploitables au profit de l'agriculture (céréaliculture) (Bensouiah, 1996).

Par ailleurs, le calcul de l'indice de charge a été réalisé avec un seuil de 1 ha pour 4 ovins. Ce seuil a été estimé par l'expert Boukhobza dans le domaine socio-économique en 1982. Cependant, dans la pratique, il est difficile d'estimer le seuil du surpâturage avec précision ; car il dépend de plusieurs facteurs dont, notamment, l'espèce animale, l'espèce végétale et le lieu géographique. Selon Hervé et Langlois (1998), on peut prédire un seuil de capacité de charge seulement dans des localités et sur une période de temps bien connue, lorsque le gestionnaire dispose d'une importante masse d'information qui lui permet de réduire la marge d'incertitude. Dans cette étude, la carte d'indice de charge est uniquement utilisée pour avoir une connaissance sur l'état de la charge animale. Même si elle est imprécise, cette connaissance peut être prise en compte dans les décisions et la définition des règlements pour une meilleure gestion.

Pour les raisons citées ci-dessus et pour des raisons informatiques, nous avons développé en premier lieu un prototype opérationnel permettant de calculer l'indice de charge sur la commune d'Aflou dont la valeur (0,28 tête/ha) est supérieure à la norme requise (0,25 tête/ha).

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La dégradation des parcours est un problème de désertification qui se pose au niveau de toute la steppe algérienne. L'étude et l'analyse de ce phénomène nécessitent le concours de plusieurs disciplines (climatologie, socio-économie, sciences de la Terre, télédétection, etc.).

Cependant, le travail réalisé constitue une première approche dans l'utilisation intégrée de la télédétection et des SIG, sur une zone de la steppe algérienne pour l'appréhension des espaces pastoraux et pour leur suivi.

Cette application réalisée sur la commune d'Aflou a permis de mettre en évidence l'apport de ces nouveaux outils dans la gestion du milieu steppique, en particulier pour la surveillance du risque de dégradation des parcours.

Enfin, cette étude peut contribuer dans cette phase de transition d'une gestion de l'activité pastorale traditionnelle vers une gestion rationnelle utilisant des moyens modernes, à sensibiliser les mentalités des décideurs et utilisateurs locaux.

En perspective, il s'agira de réfléchir à développer le prototype en prospectant d'autres indicateurs, climatologiques et en particulier socio-économiques permettant de mieux appréhender les risques et donc de préserver le milieu naturel. De plus, l'utilisation des images satellitaires à haute résolution temporelle (AVHRR de NOAA et VEGETATION de SPOT) sera déterminante, car la surveillance de la végétation ne peut être envisagée sérieusement qu'avec une bonne résolution temporelle.

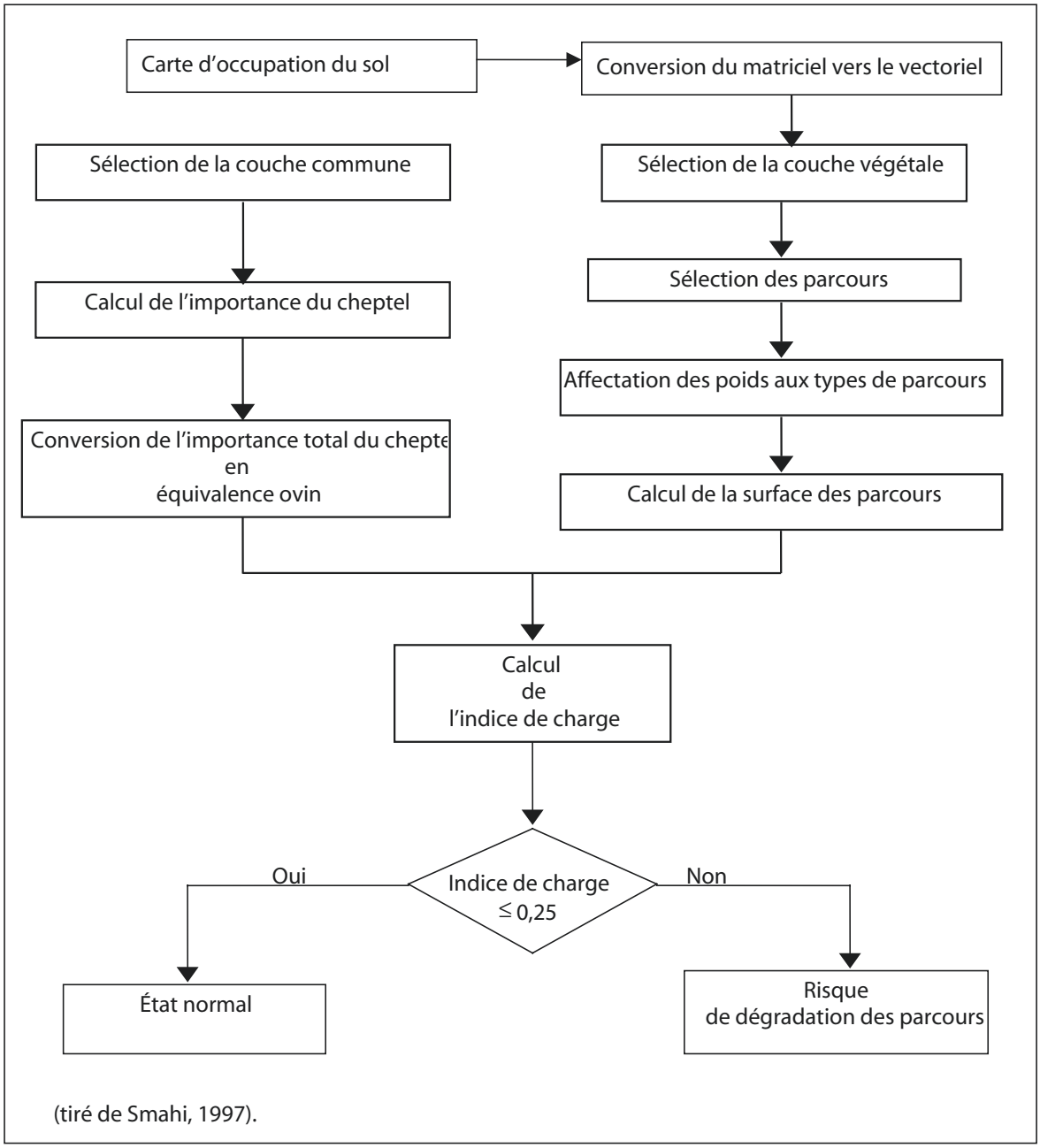


FIGURE 4 Principe de calcul de l'indice de charge. *Calculation of charge index.*

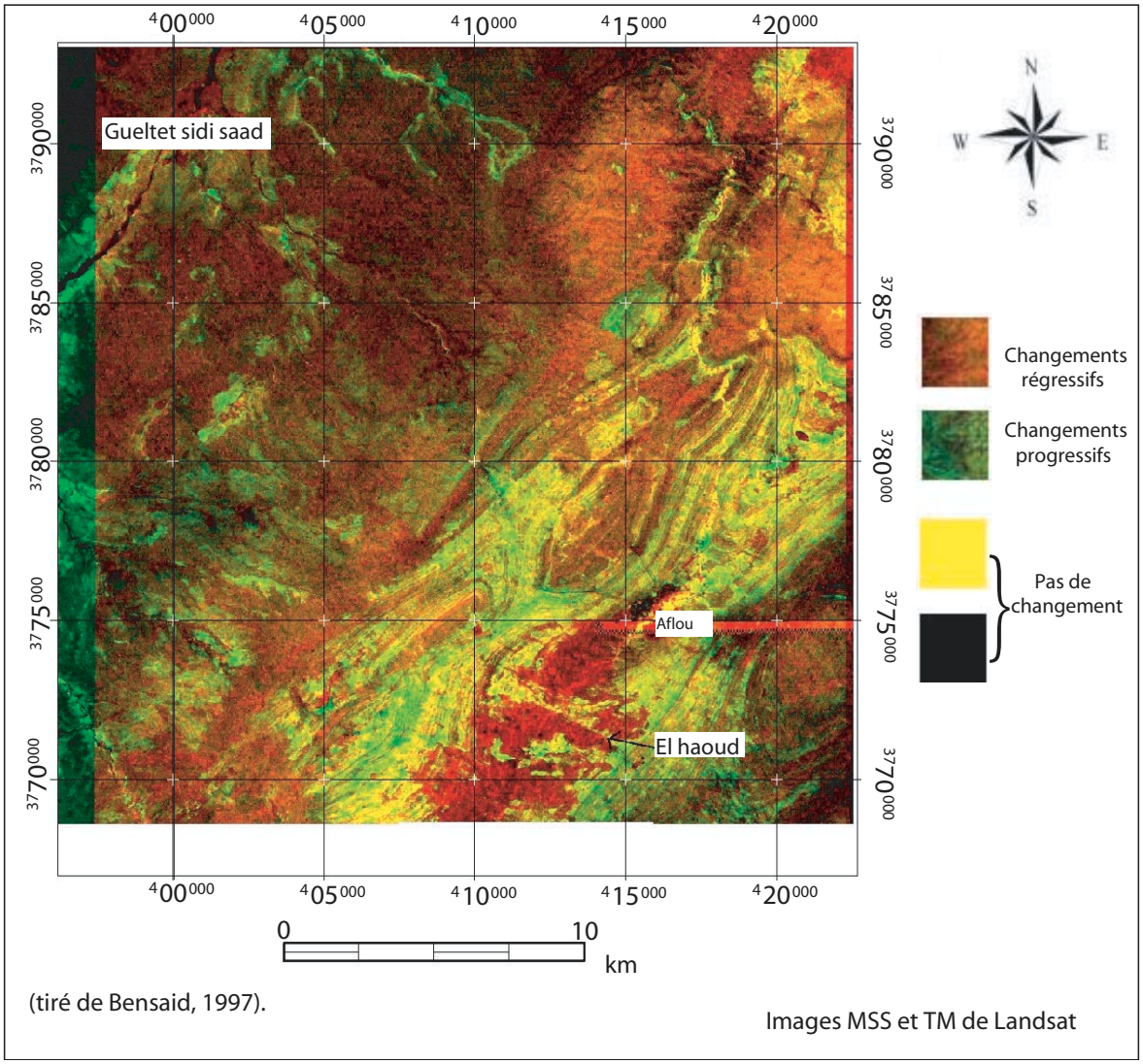


FIGURE 5 Image des changements de l'occupation du sol entre 1976 et 1986. *Land cover changes image between 1976 and 1986.*

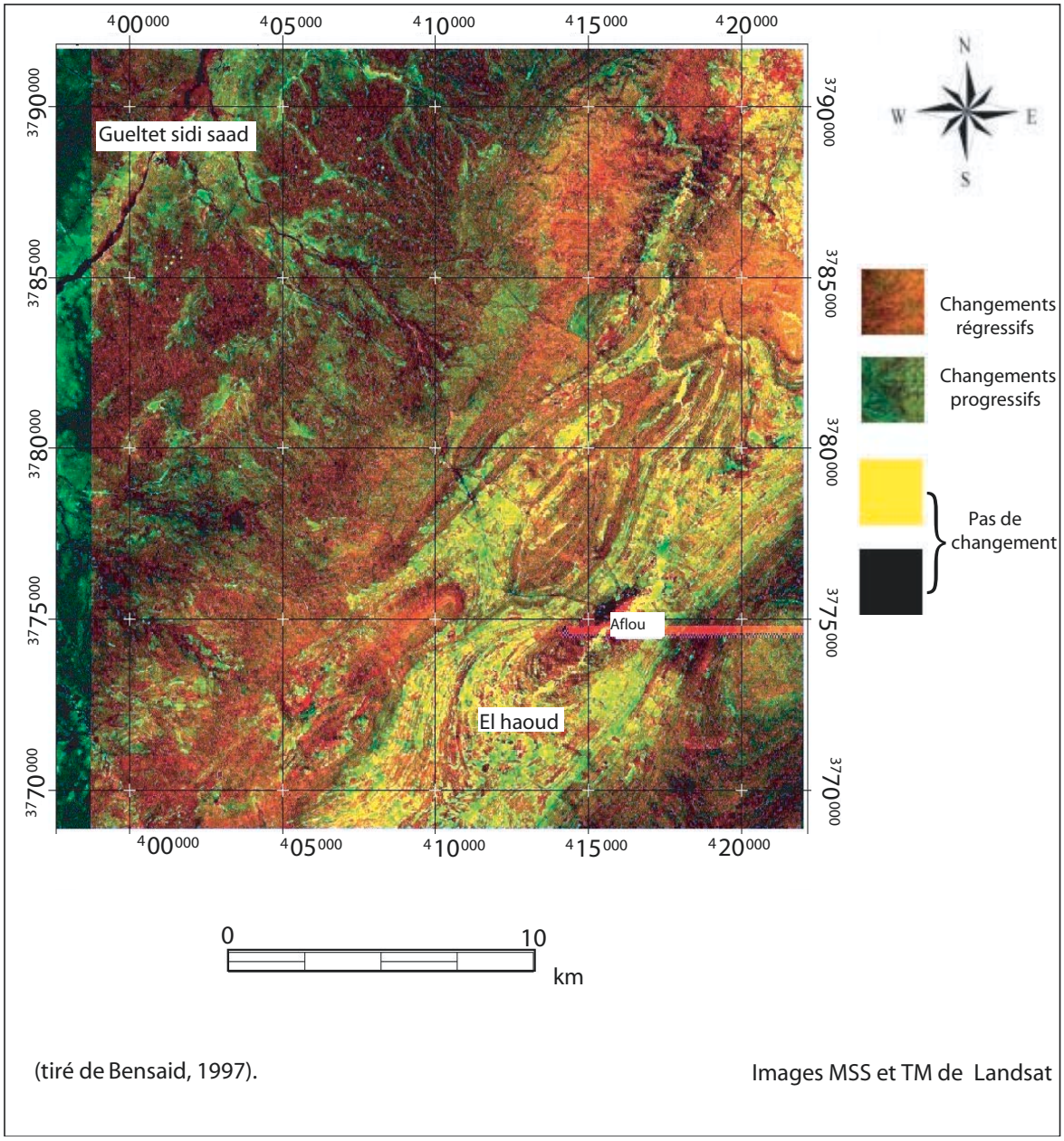


FIGURE 6 Image des changements de l'occupation du sol entre 1976 et 1995. *Land cover changes image between 1976 and 1995*.

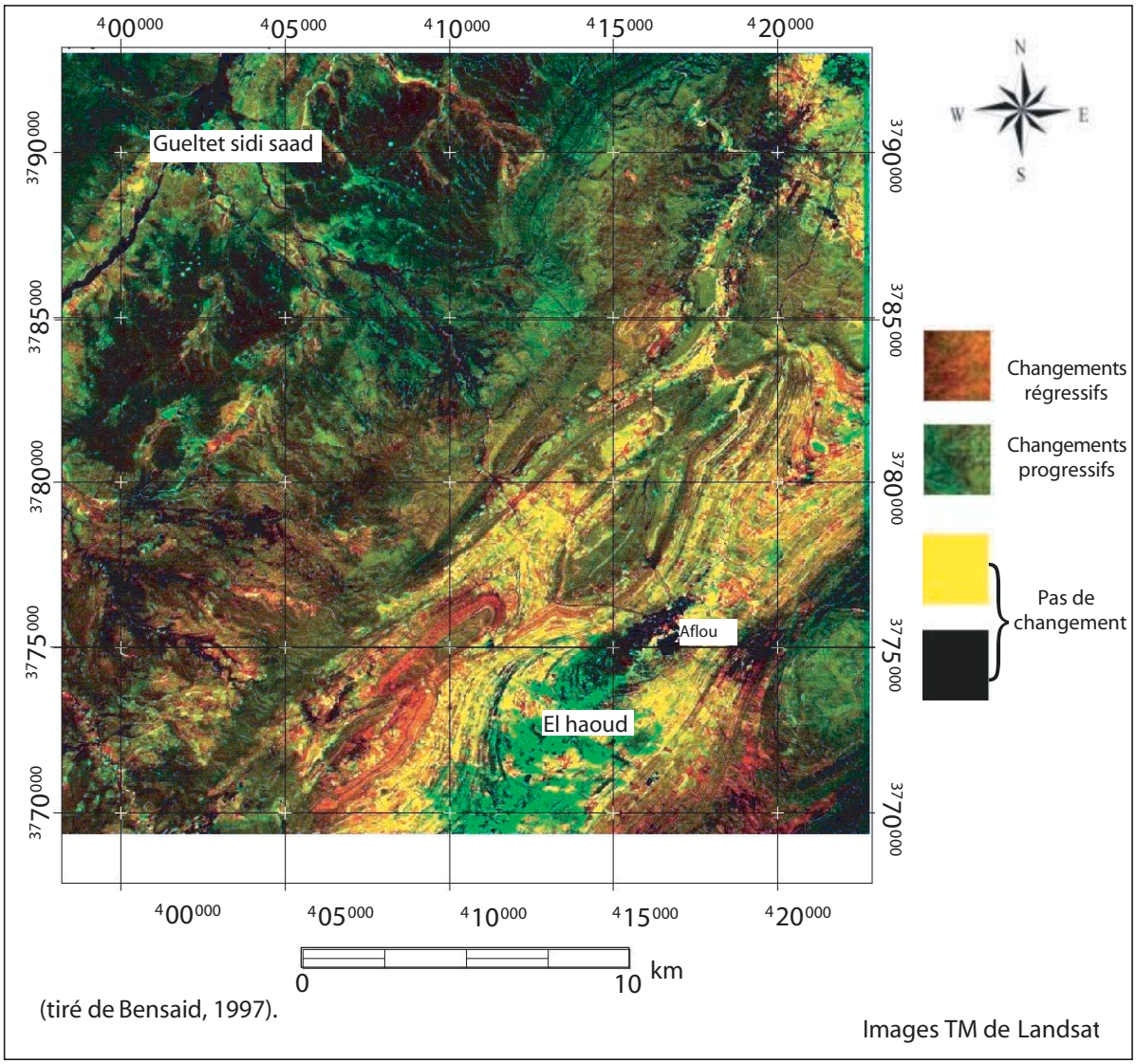


FIGURE 7 Image des changements de l'occupation du sol entre 1986 et 1995. *Land cover changes image between 1986 and 1995.*

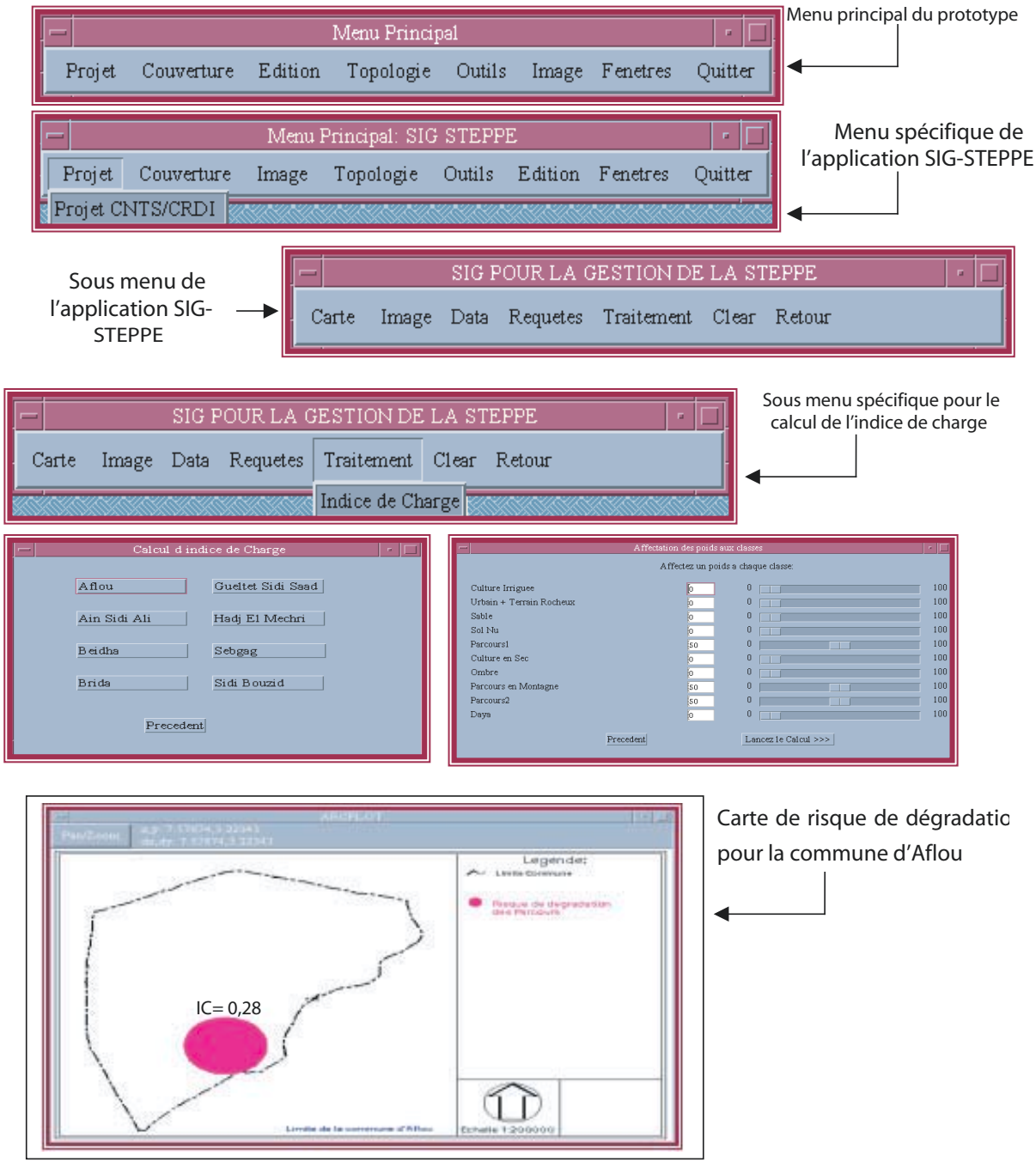


FIGURE 8 Copie de l'application SIG-STEPPE. *A copy of SIG-STEPPE application.*

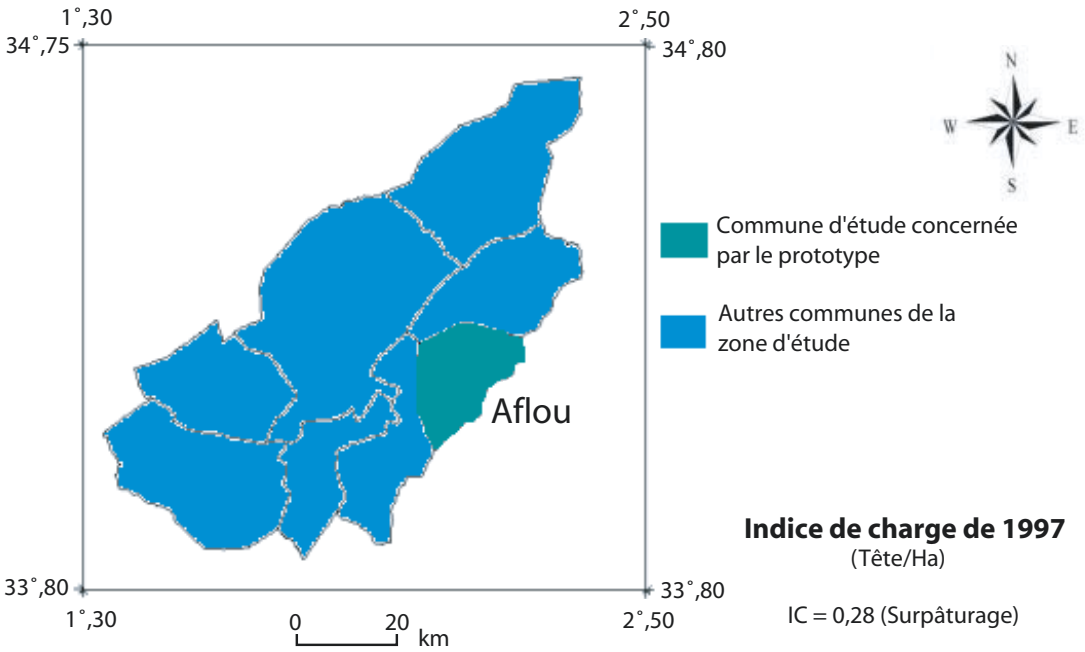


FIGURE 9 Carte de l'indice de charge. *Map of charge index.*

Références

Bennouna, A., Kaemmerer, M., Manière, R. et Le Fevre M. (1995) Méthodologie de caractérisation des parcours subdésertiques (région de Ouarzazate-Maroc). Séminaire sur les systèmes d'information géographique pour la gestion durable des ressources naturelles en Afrique. AFRICAGIS, Abidjan, Côte d'Ivoire, 26 p.

Bensaid, A. (1997) Traitement des données multisources et conception d'une base de données dans un SIG en vue de la caractérisation d'un milieu physique: application à une zone steppique au nord de Laghouat. Thèse de magister, Centre National des Techniques Spatiales, Arzew, 122 p. + annexes.

Bensouiah, R. (1996) SIG pour la gestion de l'activité pastorale de la steppe algérienne. Centre national des techniques spatiales, Laboratoire de télédétection, Arzew, 47 p.

Bildgen, P., Gilg, J.-P., Geroyannis, J., Boulègue, J. et Mabrut, K. (1990) Utilisation des données spectrales MSS et TM et SPOT exprimées en valeurs de réflectance exo-atmosphérique pour l'étude diachronique de l'évolution des sols, des zones d'exploitation minière ou du couvert végétal. Deuxième journée de télédétection de Bondy, Paris, 4-6 décembre, 7 p.

Boukhobza, M. (1982) L'agropastoralisme traditionnel en Algérie. Office des publications universitaires, Alger , 458 p.

Centre national des techniques spatiales (1999) SIG pour la gestion de l'activité pastorale de la steppe algérienne. Rapport de projet n° 3, Arzew, 73 p.

Gardarin, G. (1993) Maitriser les bases de données : modèles et langages. Édition Eyrolles, Paris, 347 p.

Hervé, D. et Langlois, M. (1998) Pression sur les ressources et rareté. Éditions IRD. Paris, 120 p.

Ifremer Groupe Sillage (2001) Présentation de Patelle : programmation graphique de chaînes de traitement SIG sous Arc-View. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer. http://www.ifremer.fr/sillage/patelle/p49.html

Iftene, T. (1989) Amélioration d'images de télédétection par corrections géométriques. Thèse de magister, Centre national des techniques spatiales, Arzew, 83 p.

Kacemi, B. (1992) La problématique du développement des zones steppiques Approche et perspectives. Haut commissariat au développement de la steppe, Alger, 25 p.

Matheron, J. P. (1994) Comprendre Merise : Outils conceptuels et organisationnels. Éditions Eyrolles, Paris, 265 p.

Olsson, H. (1995) Reflectance calibration of Thematic Mapper data for forest change detection. International Journal of Remote Sensing, vol. 16, n° 1, p. 81-96.

Seltzer, P. (1946) Le climat de l'Algérie. Institut de la météorologie et de physique du globe, Université d'Alger, 219 p.

Smahi, Z. (1997) Intégration des données physiques et socio-économiques dans un SIG pour la gestion pastorale dans une zone de la région steppique. Thèse de magister, Centre National des Techniques Spatiales, Arzew, 87 p. + annexes.