

Système d'Information Environnementale

Approche Globale par un Système d'Information à Référence Spatiale (SIRS) et la Télédétection pour Analyse, Spatialisation et Suivi de l'Environnement

- Application à la Wilaya d'Oran -

K. LAID, M. CHIKH

Université de Djelfa ZIANE Achour, kamellaid@yahoo.fr.
Centre des techniques spatiales- Arzew, mohamedchikh@hotmail.com

Résumé.

La wilaya d'Oran subit une pression accentuée sur l'environnement en raison de la croissance démographique qui progresse conjointement avec l'activité urbaine, industrielle et agricole.

Les enjeux sont considérables et requièrent de trouver de nouveaux moyens tant pour leur prévention que pour la gestion des situations, souvent critiques. L'approche classique, par l'utilisation des moyens traditionnels, se révèle insuffisante et/ou inadaptée dans certains cas. Elle est devenue de plus en plus incommode devant la particularité dynamique et évolutive des phénomènes environnementaux. Elle est coûteuse et lourde à mettre en œuvre et ne peut répondre aux besoins cartographiques immédiats. Les nouveaux outils d'investigation, par leurs caractéristiques spécifiques, offrent des nouvelles possibilités d'aide à la gestion de l'environnement.

La méthodologie adoptée dans le cadre de ce travail nous a permis de cartographier les indicateurs environnementaux. Ces derniers sont considérés comme des outils permettant de répondre aux questions de gestionnaires sur des aspects fondamentaux essentiels à la compréhension des problèmes environnementaux. Ils constituent une approximation de la vérité complexe du terrain à partir des informations dérivées de données brutes. Ils permettent ainsi de résumer, simplifier et condenser les données d'origine.

Les données collectées ont été analysées, traitées, stratifiées en couches d'informations pertinentes en mode maillé et combinées à l'aide d'un S.I.R.S. La base de données environnementale ainsi constituée sur la wilaya d'Oran, permet de visualiser les différentes couches d'information à la demande des gestionnaires des données et de contribuer à l'élaboration d'un Atlas environnemental. Ce dernier a été conçu sous MapBasic 6.0, avec un menu personnalisé permettant d'afficher l'ensemble des données cartographiques ainsi que les données statistiques de la wilaya d'Oran sous forme de cartes, graphiques et images.

Dans le cadre de ce travail, nous avons utilisé des cartes topographiques, des images satellitaires et d'autres données auxiliaires pour la cartographie des indicateurs environnementaux ainsi que l'élaboration de l'Atlas environnemental

La richesse de cette démarche réside dans le fait qu'elle initie un mécanisme de mise sous surveillance et de

suivi de l'environnement de la wilaya d'Oran par la création d'une base de données non seulement actualisable mais également permettant une description plus fine de l'espace géographique.

D'une façon générale, les résultats obtenus sont très encourageants néanmoins ce travail reste un travail préparatoire, qui devra être approfondi, poursuivi et complété par des travaux ultérieurs.

Cependant, les S.I.R.S. restent un domaine ouvert pour les applications personnalisées selon le choix et l'objectif des décideurs, Ils peuvent apporter une réponse réelle par la combinaison avec les outils de modélisation et de simulation numérique, afin d'améliorer les démarches décisionnelles dans le domaine de la protection et la gestion de l'environnement.

Enfin, la conception d'un système d'information environnemental pour le suivi et la gestion de l'environnement, ne peut pas être vu comme processus figé, mais plutôt comme système qui gère les changements à venir. Il doit servir de référentiel commun à plusieurs intervenants qui superposent leurs actions et d'outil d'aide à la décision pour mettre en œuvre des stratégies efficaces de conservation et de protection des ressources naturelles et pour assurer les aménagements adéquats du territoire.

Mots clés : S.I.R.S., Télédétection, Système d'Information Environnementale, Indicateurs environnementaux.

1. Introduction.

L'Algérie fait face à de nombreux problèmes sérieux de dégradation de l'environnement, qui prend l'allure d'une véritable tragédie écologique.

La croissance démographique, l'urbanisation, l'industrialisation et la modernisation de l'agriculture sont autant de facteurs ayant fortement contribué à la production, toujours croissante, d'effluents liquides, d'émissions gazeuses, de déchets solides, des nuisances sonores, tous d'origine urbaine et industrielle. Toutes ces pollutions et nuisances, ont donc contribué et accéléré la détérioration de la qualité du milieu, donc de notre environnement: Eau, Air, Sol etc.

Dans certaines zones, fortement industrialisées et urbanisées, les changements de la qualité du milieu sont aujourd'hui très perceptibles par l'homme. La santé de ce

dernier dépend essentiellement de son environnement et ces caractéristiques.

L'accroissement continu des problèmes environnementaux et la gravité de leurs conséquences sur l'homme, requièrent de disposer d'une information fiable et pertinente. La collecte, la mise à disposition et la diffusion d'information sur l'environnement deviennent des éléments incontournables des programmes scientifiques et techniques des institutions gouvernementales et internationales.

L'information sur l'environnement est devenue capitale, aussi bien pour les simples citoyens que pour les entreprises, les associations, les scientifiques, les décideurs publics et la communauté internationale. Il s'agit en effet de mieux comprendre pour mieux agir, et si possible anticiper des questions cruciales pour l'avenir de nos sociétés.

Pour agir dans le sens de la protection de l'environnement, il faut d'abord appréhender le fonctionnement de l'environnement. La complexité de la thématique environnementale, la difficulté de la gestion et la prise de décision font qu'il faut disposer d'outils pouvant traiter et interpréter des informations de sources et natures différentes. Face à la complexité de la gestion de l'environnement et la masse de ces dernières, les organismes concernés par des problématiques environnementales ont besoin de systèmes d'information reposant sur des indicateurs environnementaux, et offrant une vision globale et synthétique permettant de mesurer l'évolution de l'environnement en quantité et en qualité.

Dans ce contexte, le recours aux nouveaux outils d'investigation tels que la télédétection et les techniques des Systèmes d'Information à Référence Spatiale (S.I.R.S.), constitue un véritable progrès face à la complication de la problématique environnementale.

Notre travail "Système d'Information Environnementale, Approche Globale par un S.I.R.S. et la Télédétection pour Analyse, Spatialisation et Suivi de l'Environnement - Application à la Wilaya d'Oran -" a comme objectif final la spatialisation des indicateurs environnementaux "facilement cartographiables", et l'établissement d'un Atlas environnemental qui regroupe les principales thématiques considérées comme pertinentes.

2. Méthodologie de travail.

L'acquisition des informations se fera par numérisation des cartes en notre possession, par traitement d'image satellitaire et par une série de traitements adéquats.

Chaque couche d'information utile à la spatialisation et au suivi, sera présentée par un fichier numérique. L'ensemble de ces fichiers constituera la base de données de l'Atlas environnemental de la wilaya d'Oran, ce dernier est conçu sous le langage de programmation MapBasic 6.0 sous forme de menu personnalisé sur la barre d'outils principale de MapInfo.

3. Acquisition des données.

Toutes les cartes collectées ont été scannées avec un scanner de marque TrueScan 800 et numérisées avec toutes les précautions. Cette étape est nécessaire pour avoir des supports utiles à la spatialisation numérique.

Les couches d'informations sont numérisées et stratifiées sous le logiciel MapInfo 7.0.

Des passerelles informatiques étaient nécessaires pour le passage entre MapInfo 7.0 et ENVI 4.1 en format ".mif". Toutes les couches d'information ont été traitées en tenant compte le même référentiel cartographique (U.T.M 30) et la même résolution spatiale (30m X 30m).

Pour concrétiser notre travail, plusieurs procédés propres aux deux logiciels ont été réalisés:

- Rastérisation des fichiers vectoriels par l'exportation de ces fichiers vers *ROIs*, un format qui permet la création d'une classification avec codification par le fonction "*Create class Image from ROIs*";
- Utilisation des différentes fonctionnalités (traitements, analyse spatiale, statistiques, classification, opérations arithmétiques, logiques, filtrage, etc.).

4. Elaboration du modèle numérique de terrain (MNT).

Un modèle numérique de terrain (MNT) ou modèle numérique d'altitude (MNA) est défini comme étant une représentation numérique d'une surface continue.

Bien que les MNT soient initialement développés pour la modélisation du relief, ils peuvent être utilisés pour modéliser la variation continue de n'importe quel autre variable Z sur une surface bidimensionnelle.

Les MNT constituent une couche d'information indispensable à un grand nombre d'applications.

4.1. Etapes de création du MNT

4.1.1. Acquisition des données

L'acquisition des données altimétriques a été faite par numérisation des courbes de niveau à partir de la mosaïque de 07 cartes topographiques à l'échelle de 1/50 000.

4.1.2. Traitement des données

A l'aide du module (Vertical Mapper 2.6), les courbes de niveau sont transformées en points avec la fonction "*poly2point*" qui permet de transformer les polygones en points en sauvegardant les mêmes attributs d'origine, cette transformation est une étape nécessaire pour faire l'interpolation et générer le MNT et ces dérivés

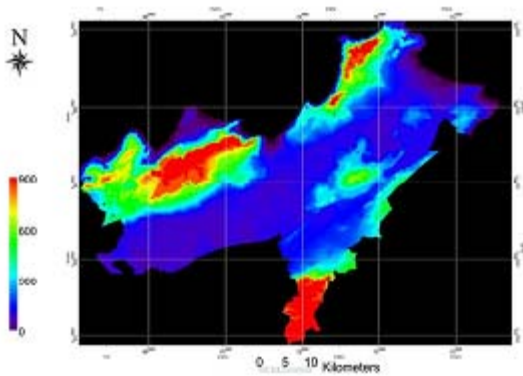
On peut résumer notre démarche pour la génération du MNT comme suit:

- Digitalisation des courbes de niveau ;
- Transformation des polygones en points ;
- Rasterization sous ENVI 4.1;
- Interpolation par la méthode de triangulation avec lissage ;
- Obtention du MNT et ces dérivés.

4.2. Génération du MNT et produits dérivés

La fonction de ENVI 4.1 "*Rasterize Point Data*" permet de créer un MNT Raster, ce dernier va servir comme couche d'information pour générer les différents produits dérivés (carte des pentes, carte des aspects..) par la fonction "*Topographic Modeling*"

La carte ci-dessous présente le MNT raster de la wilaya d'Oran



Carte n°1: Extrait du MNT créé sous ENVI 4.1

4.2.1. Vue perspective (en 3D)

A partir du MNT, on génère un fichier vecteur représentant la surface à visualiser depuis un point d'observation, avec élimination des parties cachées.

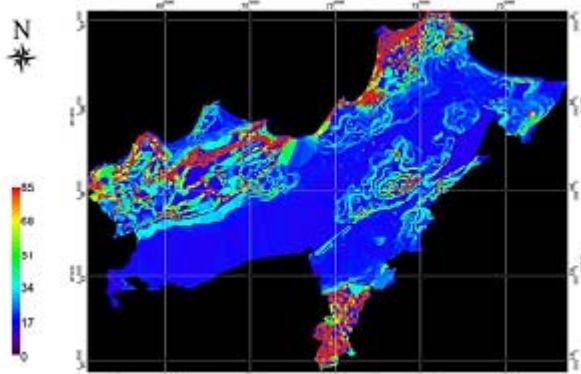
On peut orienter la vue perspective en choisissant une cible sur la surface, en déplaçant le point d'observation dans les trois dimensions, en modifiant la largeur du champ et sa profondeur.

Le module vertical mapper permet de draper une image raster sur la vue perspective, créant ainsi un outil performant d'aide à l'interprétation thématique.

Par croisement d'informations de natures diversifiées, la vue perspective peut être un outil efficace pour des simulations (inondation, feux de forêts, érosion...) et leurs applications à l'implantation d'ouvrage et aux études d'impact.

4.2.2. Carte des pentes

La pente est l'inclinaison d'une surface exprimée en degrés ou en pourcentage par rapport au plan de l'horizon. L'information de la pente est utilisée pour ajouter des critères de sélections dans les classifications thématiques. Le changement de pente est une réalité terrain qui a une grande importance surtout pour les études des ressources en eau.



Carte n°2: Carte des pentes créée sous ENVI 4.1

Parmi les classifications des pentes qui existent, nous avons retenu celle de la FAO destinée à la cartographie des états érosifs des sols, cette classification va servir comme couche d'information pour spatialiser la sensibilité des sols à l'érosion.

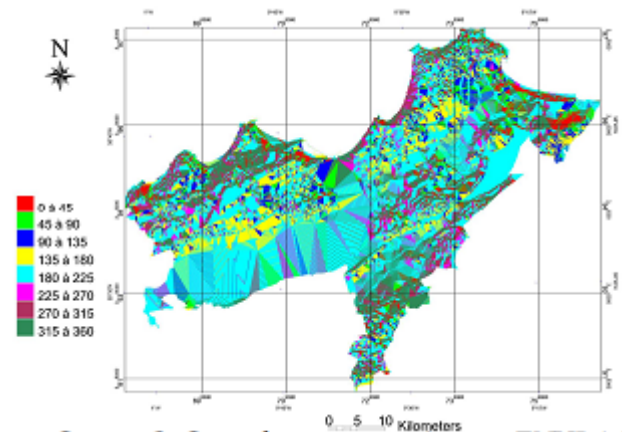
Le tableau ci-dessous montre les différentes classes de pente selon la classification de la FAO.

Classe de pente	Nbre pixels	Superficie [Ha]	Pourcentage
Classe 1 (0-3)	1694790	152531	71.73%
Classe 2 (3-12)	493679	44431	20.89%
Classe 3 (12-20)	113185	10187	4.79%
Classe 4 (20-35)	55628	5007	2.35%
Classe 4 > 35	5392	485	0.23%

Tableau n°1: Les statistiques des pentes.

4.2.3. Carte des aspects

Les cartes d'aspects ou d'exposition ont 9 classes (N, NE, E, SE, S, SW, W et NW en plus d'une classe pour le relief plat.). Mais pour des raisons d'illustration et de commodité, la classe des régions plates (très insignifiante) sans orientation est incluse dans la classe Nord.



Carte n°3: Carte des aspects créée sous ENVI 4.1

Le tableau ci-dessous représente les différentes classes selon leur exposition.

Orientations	Nbre pixels	Superficie [Ha]	Pourcentage
0-45°	118546	10669	5.02%
45-90°	151833	13665	6.43%
90-135°	173353	15602	7.34%
135-180°	275554	24800	11.66%
180-225°	1054128	94872	44.62%
225-270°	116424	10478	4.93%
270-315°	160055	14405	6.77%
315-360°	312781	28150	14.24%

Tableau n°2: Les statistiques des aspects.

5. Elaboration de la carte d'occupation du sol.

Cette partie concerne la classification de l'image ALSAT-1 du 27/05/2003. Le but souhaité de cette classification est de simplifier la réalité complexe de paysage pour pouvoir l'interpréter et traiter aisément. Cela consiste, en fait, à simplifier la radiométrie de l'image brute par la formation de classes de natures semblables.

L'élaboration des cartes d'occupation du sol a pour buts de:

- Pallier le manque d'informations géographiques.
- Offrir des supports informationnels qui participent dans les programmes de suivi et d'impacts environnementaux

5.1. Traitement d'image

Avant d'exploiter l'information spatiale de l'image satellitaire, il est nécessaire de faire certains traitements:

5.1.1. Création de la composition colorée

La composition colorée est un traitement utile et largement utilisé, il consiste à superposer des images de différents canaux afin d'obtenir une image colorée.

Pour notre cas, une composition colorée a été faite par la superposition des trois canaux proche infrarouge, rouge et vert des données ALSAT-1 avec l'affectation des trois couleurs primaires dans l'ordre respectif rouge, vert et bleu. Ce traitement a permis de faire ressortir les différents thèmes existants à savoir:

- L'activité chlorophyllienne en rouge ;
- Les sols nus en clair ;
- Les agglomérations en bleu-gris ;
- Les plans d'eau en sombre, etc.

Ce traitement numérique permet de mettre en évidence le maximum de thèmes. Il facilite le choix des points d'appui pour la correction géométrique et la localisation des échantillons pour la classification supervisée de l'image.

5.1.2. Traitements d'amélioration

Ces traitements concernent l'étalement de la dynamique et le filtrage.

5.1.2.1. Etalement de la dynamique

Les canaux bruts sont non seulement très sombres, mais ils sont de surcroît très peu contrastés. C'est pourquoi le premier traitement effectué est un rehaussement de contrastes. L'histogramme est étiré de façon à ce que la mesure la plus forte soit codée à 255 et la plus faible à 0. Sur le logiciel ENVI 4.1 l'opération de l'étalement de la dynamique se fait d'une manière automatique.

5.1.2.2 Filtrage de l'image

Le filtrage a pour but d'améliorer l'apparence de l'image pour aider l'interprétation et l'analyse visuelle. Il consiste à recalculer la valeur de chaque pixel en analysant les radiométries sur un voisinage.

Le filtrage d'une image s'opère au moyen d'une fenêtre mobile qui balaye l'image par lignes et colonnes successives. A chaque pas du processus de balayage, le centre de cette fenêtre est positionné sur un pixel différent. Selon le masque utilisé, une nouvelle valeur est assignée au pixel central. Le Logiciel ENVI 4.1 propose une multitude de filtres prédéfinis, parmi lesquels on peut citer le passe haut, le passe bas, le laplacien et d'autres. Il donne aussi la possibilité de personnaliser les filtres selon les besoins des utilisateurs.

5.1.3. Géoréférencement et correction géométrique

Le géoréférencement consiste à attribuer à tous les pixels d'une image un jeu de coordonnées (X, Y) connus dans un système de projection et un ellipsoïde donné.

Pour cela, nous avons corrigé l'image ALSAT-1 du 27/05/2003 par rapport à l'image orthorectifiée de LANDSAT TM du 12/02/2002 de façon qu'un élément du sol ait les mêmes coordonnées sur les deux images.

Pour notre travail nous avons utilisé la correction polynomiale. Cette dernière consiste à retrouver pour tout point m et n d'une image sa nouvelle position u et v dans tout autre système de coordonnées.

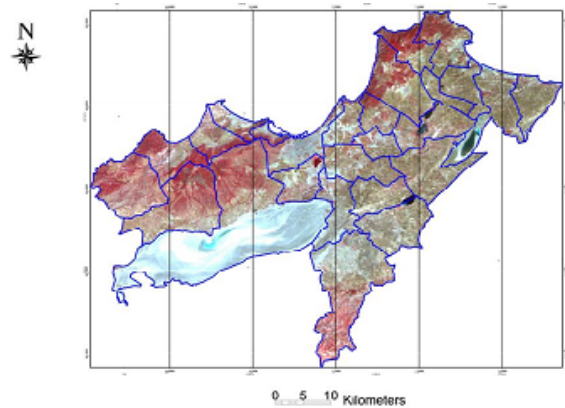
L'identification des points d'appui sur l'image brute ALSAT-1 a été réalisée avec une grande prudence. Pour

cela nous avons pris des points d'appuis stables, visibles et identifiables sur les deux images ALSAT-1 et LANDSAT TM.

Pour une correction polynomiale de 2 degré, le nombre minimale des points d'amer est six (6), pour la mise en œuvre, nous avons utilisé la fonctionnalité de ENVI 4.1 "Select GCPs: Image To Image". Le mode d'échantillonnage retenu pour cette correction est celui de plus proche voisin et La taille du pixel de sortie été fixée de 30m.

L'erreur moyenne résiduelle (RMS) totale est de l'ordre de 0.83, ce qui affirme une bonne correction géométrique.

Pour donner une idée sur la qualité (fiabilité) de la correction géométrique, nous avons jugé utile de superposer les limites administratives de la wilaya d'Oran sur l'image orthorectifiée ALSAT-1



Carte n°4: Superposition du découpage administratif sur l'image corrigée ALSAT-1

5.2. Classification de l'image

La classification des images en télédétection consiste en une reconnaissance automatique des réflectances. Deux grandes familles de classifications existent :

- Classifications non supervisées
- Classifications supervisées

Dans le cadre de ce travail, nous avons opté pour l'approche de classification supervisée avec la méthode de maximum de vraisemblance. Cette dernière est considérée, selon plusieurs auteurs, comme la plus performante, il s'agit d'affecter le pixel à la classe la plus probable à partir des aires d'entraînement.

5.2.1. Définition de la légende

Notre classification est inspirée de la norme de classification CORINE land cover (base de données géographique de l'occupation des sols réalisée dans le cadre du programme européen CORINE "Coordination de l'Information sur l'Environnement" mené par l'Agence Européenne pour l'Environnement).

L'occupation du sol selon le programme CORINE land cover repose sur une nomenclature standard hiérarchisée à 3 niveaux et 44 postes répartis selon 5 grands types d'occupation:

- Territoires artificiels ;
- Territoires agricoles ;
- Forêts et milieux semi naturels ;
- Zones humides ;

- Surface en eau.

L'utilisation des informations telles que la teinte, la couleur et la texture nous a permis de définir les classes d'occupation du sol suivantes:

- **Agglomérations:** Elles sont bien discriminées visuellement sur l'image, et notamment par la position géographique des zones urbaines comme la ville d'Oran, Arzew, etc. Cette classe apparaît sur l'image dans la couleur bleu gris.
- **Forêts et Maquis:** Localisées dans les monts, cette classe est de couleur rouge (sombre avec certaines formes géométriques caractéristiques).
- **Broussailles:** Localisées dans les monts avec une faible végétation.
- **Jachères et Parcours:** Elles occupent des surfaces très vastes. Elles sont facilement identifiables sur l'image par les nuances de vert qu'elles présentent.
- **Plans d'eau:** cette classe est caractérisée par sa couleur noire, vu que l'eau absorbe presque la totalité du rayonnement.
- **Cultures:** elle est caractérisée par des parcelles avec des formes géométriques bien distinguées. Avec une couleur rouge vif du fait qu'elles présentent une forte activité chlorophyllienne.
- **Sols nus:** Cette classe regroupe les sols présentant une faible couverture et apparaît avec de fortes réflectances.

5.2.2. Sélection des aires d'entraînement

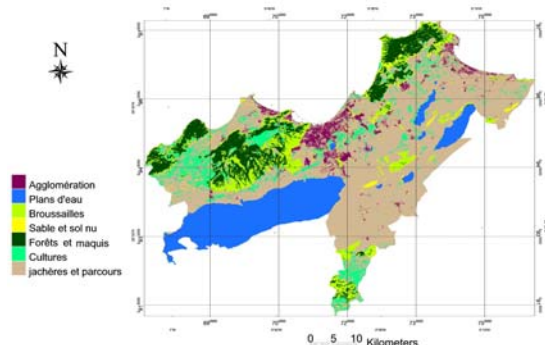
La sélection des aires d'entraînement consiste à repérer des échantillons de pixels représentant une région de référence dont la nature du thème est connue. Chaque région est délimitée à l'aide des polygones avec la fonction du logiciel ENVI 4.1 "Regions of Interest".

Avant de faire la classification, certaines conditions doivent être vérifiées:

- La distribution des pixels, pour chaque aire d'entraînement et pour chaque canal, doit être gaussienne (histogramme uni-dimensionnel selon la loi normale)
- L'écart type pour chaque échantillon doit être le faible possible afin d'éviter tout chevauchement entre les classes

5.2.3. Classification

Afin d'optimiser le temps de calcul, nous avons réalisé l'extraction d'une fenêtre de taille (2842 colonnes et 2149 lignes) de la scène entière. Cette fenêtre correspond à l'ensemble de la wilaya d'Oran, voir la carte n°5 qui correspond à une classification par la méthode de maximum de vraisemblance.



Carte n°5: Carte d'occupation du sol de la wilaya d'Oran obtenue à partir de l'image ALSAT-1 du 27/05/2003

Le tableau ci-après présente le résultat des statistiques de la classification effectuée sur la région d'Oran.

Occupation	Nbre pixels	Superficie [Ha]	Pourcentage
Agglomération	89803	8082.27	3.78
Plans d'eau	395895	35630.55	16.67
Broussailles	209149	18823.41	8.81
Sable et sol nu	30833	2774.97	1.30
Forêts et maquis	254079	22867.11	10.70
Cultures	188421	16957.89	7.93
Jachères et parcours	1206944	108624.96	50.82

Tableau n°3: Répartition des différentes classes d'occupation du sol

6. Spatialisation des indicateurs environnementaux.

Les indicateurs environnementaux spatialisés dans ce travail sont:

- 1) Surfaces forestières;
- 2) Indice de végétation obtenu à partir d'images satellitaires;
- 3) Perte des terres agricoles due à l'urbanisation;

6.1. Surfaces forestières

Pour cartographier les surfaces forestières nous avons appliqué un masque logique sous forme d'une image binaire (0-1) sur notre carte d'occupation du sol afin d'extraire la zone forestière.

Le masquage appliqué sur la carte d'occupation du sol a été réalisé à partir d'une digitalisation sur l'écran de la carte des limites cadastrales du domaine forestier à l'aide du logiciel MapInfo 7.0. Ces limites ont été exportées vers le logiciel ENVI 4.1 au format mif. L'application de la procédure de masquage sous ENVI 4.1 nous a permis l'extraction automatique des surfaces forestières.

Les résultats obtenus sont donnés par le tableau ci-après. On remarque que la superficie des broussailles et des sols nus occupe une part importante du domaine forestier (47.55%), cette information peut donner une idée globale sur l'état du couvert forestier dans la wilaya d'Oran.

Occupation	Nbre pixels	Superficie [Ha]	Pourcentage
Broussailles	209149	18823.41	44.18
Sol nu	21172	1905.48	4.37
Forêts et maquis	254079	22867.11	52.45

Tableau n°4: Statistiques des différentes classes du couvert forestier

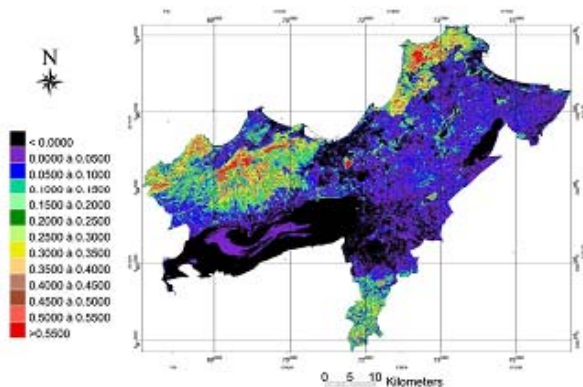
6.2. Indice de végétation obtenu à partir d'images satellitaires.

Pour cartographier cet indicateur, nous avons effectué une classification automatique de l'image NDVI par la fonction "Density Slice" du logiciel ENVI. Le NDVI a été généré à partir de l'image ALSAT-1 du 27/05/2003. Cet indice est calculé par le rapport entre les bandes infra rouge et Rouge. Les fortes valeurs du NDVI indiquent une végétation active et saine, tandis que la

diminution et la baisse de ces valeurs signifient une régression et même une absence totale de la couverture végétale.

La classification du NDVI en classes bien distinguées (selon les besoins cartographiques), facilite la visualisation des changements détectés par les études diachroniques et multi-dates.

La carte ci-après représente une classification de NDVI générée à partir de l'image ALSAT-1 du 27/05/2003.



Carte n°6: Indice de végétation (NDVI)

6.3. Perte des terres agricoles due à l'urbanisation

La détection du changement d'occupation du sol permet une meilleure compréhension des mutations d'origine anthropique y compris l'évolution et l'extension du tissu urbain.

Le suivi régulier de ce phénomène, en utilisant l'imagerie satellitaire, constitue un moyen efficace pour évaluer l'ampleur de l'évolution urbaine.

Pour notre application, nous avons retenu une étude diachronique pour le groupement urbain d'Oran pour la période 1988-2003. Ce choix est justifié par la disponibilité des données en notre possession.

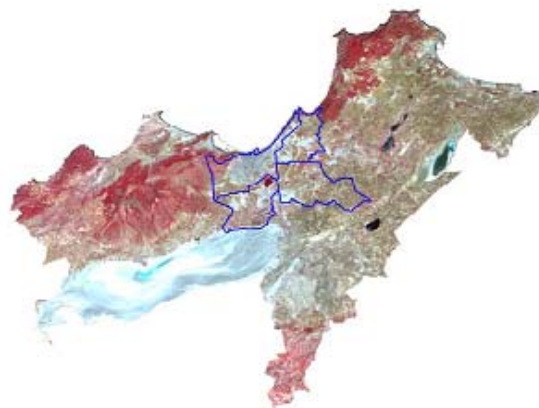
6.3.1. Aperçu sur le groupement d'Oran

Le groupement d'Oran réunit quatre communes (Oran, Es-Sénia, Bir El Djir et Sidi Chahmi). Il s'étend sur une superficie de 25057 Ha. La surface urbanisée occupe plus de 9100 Ha soit 36 % de la superficie totale du groupement. Les zones naturelles qui se composent de terres agricoles, de forêts, de garrigues, etc. représentent les 64 % restants.

La croissance du tissu urbain du groupement est limitée par des obstacles géographiques qui poussent l'avancée des constructions vers l'Est. Au Nord, elle est freinée par la mer et à l'Ouest par le massif du Murdjadjo qui se dresse comme une barrière.

Vers l'Est, l'expansion prend un rythme accéléré tandis que le Sud connaîtra une extension plus ou moins modérée et ceci se traduit par l'existence des zones industrielles, la présence de terres agricoles à grande potentialité et les terrains marécageux peu favorables à l'urbanisation au tour de la Sebkh.

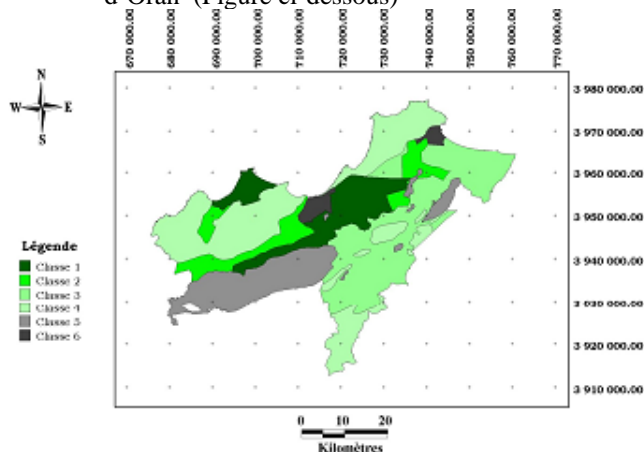
6.3.2. Cartographie et évaluation



Carte n°7: Groupement d'Oran

Pour détecter le changement urbain dans le groupement urbain d'Oran, nous avons utilisé les couches d'information suivantes:

- Limite du groupement urbain d'Oran en 1988 comme Image T_0
- Image Alsat-1 du 27/05/2003 de la wilaya d'Oran comme image T_1
- Limites administratives des quatre communes composant le groupement d'Oran (Oran, Es-Sénia, Bir El Djir et Sidi Chahmi).
- Carte des potentialités agricoles de la wilaya d'Oran (Figure ci-dessous)



Carte n°8: Potentialités agricoles de la wilaya d'Oran

Pour ressortir le changement urbain, nous avons appliqué une série de procédures de masquage. Pour extraire les zones d'intérêt une classification supervisée avec la méthode de maximum de vraisemblance a été nécessaire pour atteindre notre objectif.

Les figures de Fig.n°1 à Fig.n°5 représentent la série des traitements effectués.



Fig.n°1: Image AISAT-1 du 27/05/2003

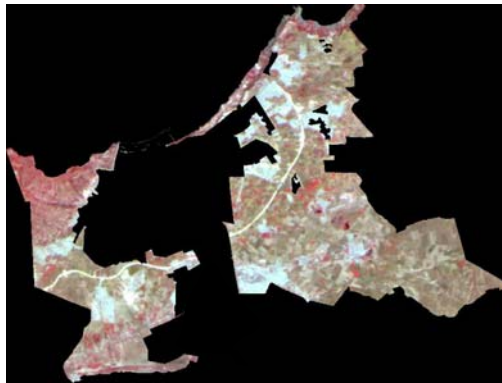


Fig.n°5: Masquage des terres non agricoles

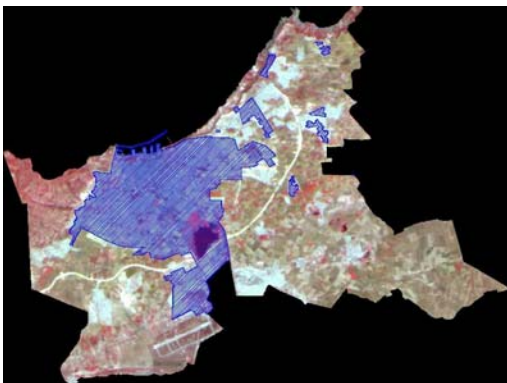


Fig.n°2: Superposition des limites du GUO 1988



Carte n°9: Carte de perte des terres agricoles (1988-2003)

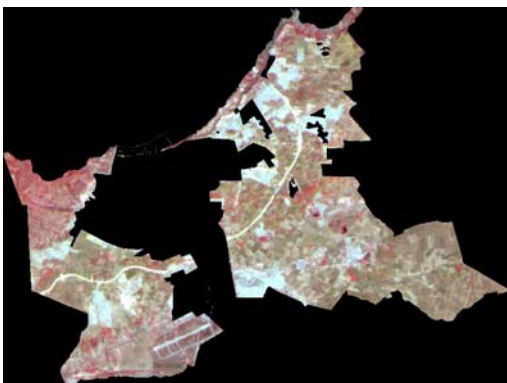


Fig.n°3: Masquage du GUO 1988

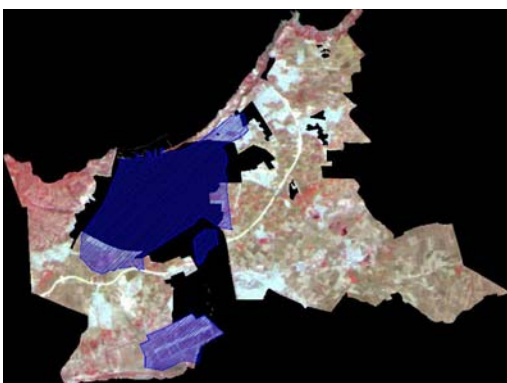


Fig.n°4: Superposition des limites des terres non agricoles

Après classification de l'image satellitaire à l'intérieur du masque, la superficie des terres agricoles consommées par la croissance urbaine a été évaluée à 1578 Ha, soit une moyenne de 105.2 Ha annuellement.

7. Atlas environnemental de la wilaya d'Oran.

Toutes les données collectées ont été structurées, traitées et analysées afin d'être introduite au sein de l'Atlas environnemental, ce dernier est une application conçue sous MapBasic 6.0 qui altère la barre de menu principal de MapInfo 7.0 en ajoutant un menu personnalisé.

Cet Atlas est un recueil numérique convivial qui permet d'accéder facilement à l'information voulue et de visualiser l'ensemble des données cartographiques, ainsi que les données statistiques de la wilaya d'Oran sous forme de cartes, graphiques et images. Il est possible aussi d'utiliser les autres fonctionnalités de MapInfo 7.0 pour acquérir l'information, l'accéder, l'archiver, faire l'analyse et l'afficher.

Les informations de cet Atlas pourront être mises à jour et bonifiées en fonction des nouvelles acquisitions de données. Il constitue, en effet, la phase initiale pour un système d'information environnemental qui doit contenir toutes les informations environnementales pertinentes sur la totalité de la wilaya d'Oran qui permettent le raisonnement et la décision en temps réel.

Les deux figures Fig.n°6 et Fig.n°7 représentent le menu "Atlas environnemental" ajouté à la barre de menu principal de MapInfo 7.0

7.1. Langage de programmation utilisé

Le MapBasic 6.0 est un langage de programmation idéal pour la personnalisation des applications MapInfo. IL offre un environnement de développement comprenant un éditeur de texte, pour saisir les programmes, un compilateur pour créer une application exécutable, un éditeur de lien pour créer une application complexe en la décomposant en différents modules « objets »

V.7.2. Structuration de l'Atlas environnemental

Notre Atlas environnemental est un menu personnalisé qui contient sept (07) volets thématiques jugés pertinents:

- Territoire;
- Activité humaine;
- Air et climat;
- Eau;
- Vulnérabilité;
- Cartes de synthèse;
- Indicateurs.

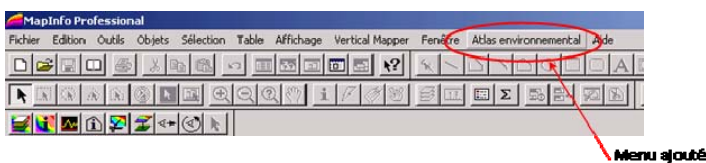


Fig.n°6: Barre de menu principal

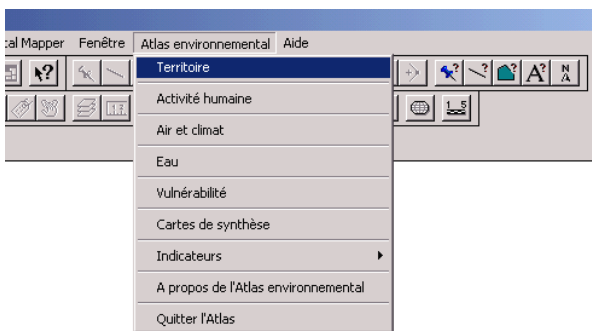


Fig.n°7: Le menu Atlas environnemental

Conclusion.

Au terme de ce travail, il est nécessaire de faire le point sur les objectifs initiaux que nous nous sommes fixés et les résultats auxquels nous sommes parvenus.

Nous rappelons que ce travail se fixait comme objectif l'analyse, le suivi et la spatialisaiton de l'environnement en utilisant les techniques de la géomatique ainsi que l'élaboration d'un Atlas environnemental de la wilaya d'Oran.

A partir de cartes topographiques, d'images satellitaires et de données auxiliaires, ce travail a permis de mettre en œuvre la stratification des informations environnementales. Le monde réel est modélisé sous forme de couches d'informations distinctes relatives à chaque volet thématique de l'Atlas environnemental.

L'application de l'idée des calques en cartographie classique et de la combinaison du modèle numérique du terrain, de la télédétection, de la cartographie numérique et du Système d'Information à référence spatiale offrent la possibilité de la spatialisaiton et le suivi de l'environnement.

Le Modèle Numérique de Terrain (sous sa forme matricielle) a été obtenu à partir des courbes de niveaux numérisées. Il a permis l'extraction automatique de la carte des pentes et la carte des aspects.

La Télédétection s'est confirmée être une technique performante pour l'obtention de la carte d'occupation du sol. L'image finale classée a été d'une qualité satisfaisante comparée à notre connaissance du terrain. Elle offre la possibilité d'une mise à jour régulière de certaines couches du Système d'Information Environnementale. La vision synoptique, la répétitivité et l'automatisation du traitement des données de télédétection encouragent à poursuivre l'effort d'intégration de ces données dans les études évolutives et multi-temporelles de l'environnement.

La manipulation des différents logiciels (MapInfo 7.0 et ENVI 4.1) dans le cadre de ce travail a permis d'établissement de nombreuses passerelles informatiques, d'en apprécier les qualités respectives et les difficultés inhérentes à leur utilisation.

Le stockage par couches d'informations indépendantes offre la possibilité de produire différentes cartes thématiques qui seront autant de réponse à des requêtes d'analyse spatiale. L'avantage de la saisie numérique est de permettre la constitution d'une base de données qui peut être enrichie pour les études des phénomènes évolutifs de l'environnement.

L'Atlas environnemental, que nous avons réalisé, est basé sur une approche cartographique globale du territoire, il peut servir à la fois comme portrait informationnel de l'environnement, et comme outil d'aide à la décision. Les informations qu'il contient pourront être mises à jour et bonifiées en fonction des nouvelles acquisitions de données.

Références bibliographiques

1. (BIBEAULT J. 2000) : *Les indicateurs environnementaux, fonctions, organisation, utilité et limites*. Conservation de l'environnement - Canada. Rap.St-216, 75 P., 2000.
2. (BOUCHER J. 2003) : *L'empreinte écologique: un indicateur du développement durable*. Rap., UNIPOLY, 17 P., 2003.
3. (CDSR.2001) : *Mise au point et utilisation d'indicateurs applicables en ce qui concerne la sécurité alimentaire et le développement durable*. Centre de développement sous-régional pour l'Afrique du Nord (CDSR), Rap.15 P., 2001.
4. (MEAT, 1995) : *Agenda 21 National*. Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire-Tunisie, Rap.161 P., 1995.
5. (OCDE, 1993) : *OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews, A synthesis report by the Group on the State of the Environment*. Environment, Organization for Economic Cooperation and Development, Monographs N° 83, 39P, 1993.
6. (ONEM, 2003) : *Test Marocain des Indicateurs de Développement Durable*. Observatoire National de l'Environnement du Maroc, Rap. 175 P., 2003.
7. (ONS, 1998) : *Office National des statistiques-1998*
8. (RNE, 2003) : *Rapport National de l'environnement, M.A.T.E., 463 P., 2003.*