

Détection des mutations de l'espace agricole par imagerie satellitaire

-Cas d'Ain Salah wilaya de Tamanrasset-

✉/ Saidou Ali

Enseignant en Ecole Normale Supérieure
(ENS) Bouzareah

Résumé:

L'agriculture Saharienne joue un rôle important dans la politique du développement en l'Algérie et cela concerne principalement la phéniculture dans l'écosystème oasien. Ce dernier se caractérise par sa fragilité et se compose de plusieurs indices à savoir le côté humain, économique et environnemental. Cependant l'écosystème oasien connaît des mutations différentes et des changements qui ont pesé négativement sur la stabilité du secteur agricole saharien.

Dans cet article, on va s'appuyer sur l'outil de la Télédétection pour identifier les mutations et changements majeurs qui ont subi l'espace agricole dans une oasis saharienne située dans la commune d'Ain Salah dépendant administrativement de la wilaya de Tamanrasset. D'après les applications de l'outil de la Télédétection et l'analyse des images satellitaires prises en 1987 et 2001 on a conclu que:

- des changements remarquables concernant la structure agraire des palmiers dattiers.
- la dégradation de l'ancien oasis systématique après la mise en valeur des terrains agricoles.
- en comparant entre des données numériques produites par l'application de la Télédétection et l'état réel de la zone d'étude, on note que les images satellitaires montrent un véritable résultat remarquable sur le terrain; qui prouvent l'efficacité de l'outil de la Télédétection dans le diagnostic des zones agricoles particulièrement les oasis sahariennes.

Mots clé: mutations; l'écosystème oasien; développement; télédétection; imagerie satellitaire.

ملخص: تلعب الفلاحة الصحراوية دور كبير في البرامج التنموية الجزائرية، والتي تعتمد أساساً على زراعة النخيل داخل نظام الواحة، هذا الأخير يمتاز بالهشاشة البيئية وأنه يعتمد على عدة مؤشرات أهمها البشري، الإقتصادي والبيئي، إلا أن هذا النظام عرف العديد من التحولات والتغيرات أثرت سلباً على إستقرار القطاع الفلاحي بالجزائر، وفي هذا المقال سنحاول الإعتماد على آلية الإستشعار عن بعد لمعرفة أهم التحولات التي عرفها الوسط الفلاحي بإحدى الواحات الصحراوية الواقعة ببلدية عين صالح التابعة إدارياً لولاية تمنراست، وإعتماداً على تطبيق معالجة صور الأقمار الصناعية للفترتين 1981 و2001 والتي أعطتنا النتائج التالية:

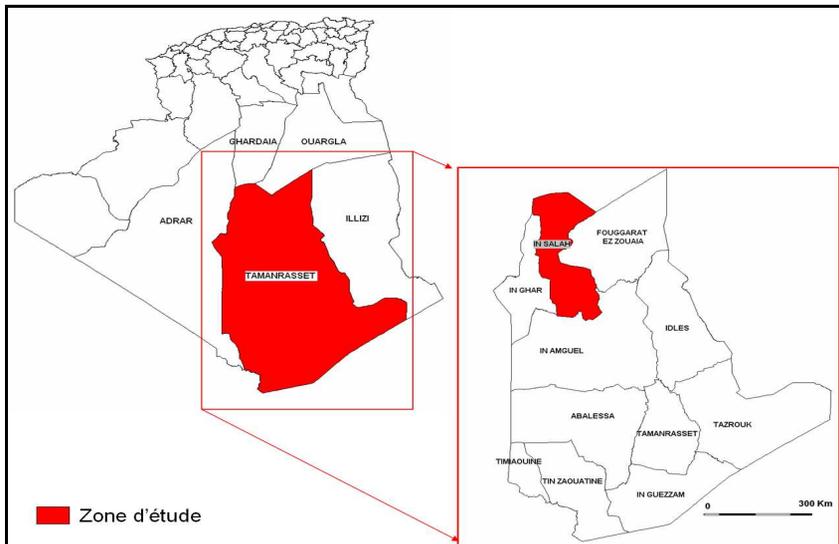
- ✓ تحول ملحوظ مس البنية الزراعية للمنطقة.
- ✓ تدهور الواحات القديمة بعد إستصلاح الأراضي الجديدة القريبة منها.
- ✓ بالمقارنة بين الفترتين يمكن القول أن تقنية الإستشعار عن بعد أعطتنا نتائج تتوافق مع ما هو الواقع بمنطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: التحولات، البيئة الواحاتية، التنمية، الإستشعار عن بعد، صور الأقمار الصناعية.

1. Situation géographique: La commune AIN SALAH est en faveur du Sahara algérien dans le centre, elle est située à Nord du chef lieu de la wilaya de Tamanrasset ; et 400km au sud est de la wilaya d'Adrar, elle est séparée par des vastes étendues des différentes territoires nationales importantes, elle s'éloigne du capital Alger de 1300 km, et de la région de M'Zab de 700Km , et de la wilaya de Tamanrasset de 650km, elle s'étend sur une superficie enivrante de 46.000 km², elle est caractérisée par une altitude de 294m sur niveau de la mer.

La commune d'AIN SALAH est localisée géographiquement de longitude 2° et 4°10' Est Greenwich et Chambers 25°,16' et 28°,25' nord de l'équateur. L'oasis est située à 27°11' de latitude Nord et à 2°28' de longitude Est.

Localisation de la commune d'Ain Salah



2. Méthodologie de travail: Il s'agit, au cours de cette application, de mettre au point une chaîne de traitement des images satellitale, et ce afin d'aboutir à l'élaboration d'une carte de changement de l'espace agricole.

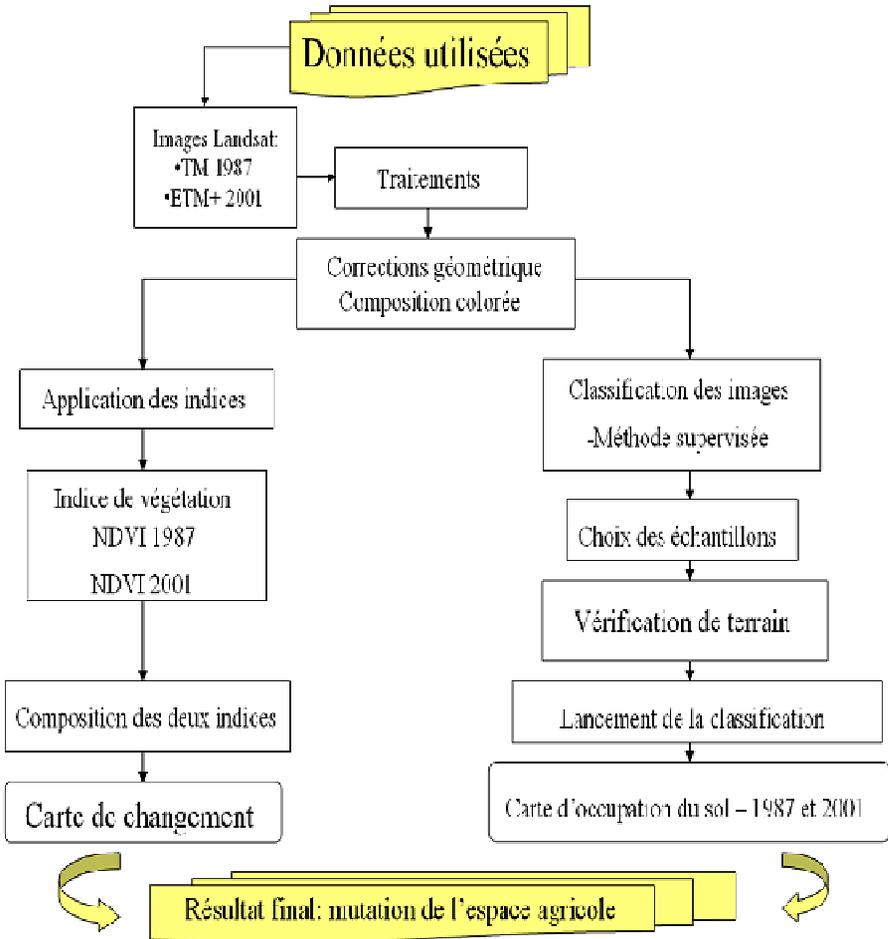
Ces traitements sont basés essentiellement sur l'application des indices tels que l'indice de végétation, ceci pour obtenir la carte des

changements, ainsi que la classification des images spatiales, ceci afin de réaliser des cartes d'occupation du sol multi date.

Les résultats obtenus à partir de ces différents traitements effectués sur les images permettent de donner une vision globale sur les mutations de l'espace oasien sur l'ensemble de la région.

Cette chaîne de traitement retenue pour détecter les mutations exercées dans cette zone pilote par télédétection passe par un certain nombre d'étapes de traitements, leur succession est schématisée dans l'organigramme suivant:

Organigramme de la méthodologie de travail



3. Données utilisées: Pour faire une comparaison entre la situation ancienne du milieu oasien de la commune d'AIN SALAH et suivre le changement durant la période d'aujourd'hui, nous avons appuyé sur des données des déférant années 1987-2001. Nous avons utilisée les documents suivants :

3.1 Données exogènes :

- cartes topographiques à l'échelle 1/250.000, 1/500.000;
- carte géologique de l'Algérie à 1/2.000.000;
- plan de PDAU de la commune AIN SALAH;
- données statistiques agricoles.

3.2 Données spatiales : Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé plusieurs données satellitale à savoir :

- Image satellitale du capteur Landsat TM prise en 3 mars 1987 d'une résolution spatiale de 30m.
- Image satellitaire du capteur Landsat ETM prise en 18 avril 2001 d'une résolution spatiale de 30m.

Suite à non disponibilité d'autres données spatiales à très haute résolution, et l'existence des images satellitale du capteur Landsat au niveau du Centre des Techniques Spatiales à Arzew, nous avons utilisées seulement ces données.

3.3 Logiciels utilisés

Afin de détecter les mutations de l'espace agricole par télédétection, nous avons jugé utile d'utiliser les logiciels informatiques suivants:

Mapp Info: est un outil de type Système d'Information Géographique qui sert à créer de l'information géographique, à traiter et manipuler cette information et à la cartographier de différentes manières.

Ce logiciel fait partie d'une nouvelle génération des systèmes des gestions des bases des données dont sa spécificité réside dans la gestion de multitudes données spatiales. Le Mapp Info est un SIG bureautique doté d'une interface graphique de type (pointer cliquer) qui permet de charger facilement les données, localiser et d'afficher sous forme de carte.

Il y a trois types des données gérées par Map Info à savoir :

- Données descriptives: issues de bases de données (Dbase, Access, Orcal...).

- Données vectorielles: données repérées dans l'espace par leurs coordonnées X, Y (digitalisation).
- Données raster sous forme d'image issue de la scannerisation de carte et des images satellitaires ainsi que des modèles numériques des terrains. Au traitement géographique ne peut s'effectuer sur ce type de données, l'image raster ne peut être exploitée que sous forme de fond.

ENVI: est un logiciel de traitement des imageries satellitaire.

Vertical Mapper est un outil de création et d'exploitation de l'information Géographique sous forme de grilles (Grid) assez puissant (MNT, exploitation d'images raster en relief.). Vertical Mapper. C'est un logiciel diffusé par la société Marconi de type Plug-in, qui s'utilise avec l'environnement Mapp Info Professional®. Ce logiciel n'existe qu'en langue anglaise.

Notion de base sur la télédétection

4.1. Définition: La télédétection est l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. Télé signifie "à distance" et détection veut dire "découvrir" ou "déceler".

En théorie, la télédétection est née de la fusion de deux inventions anciennes : le mongol fier (première plate-forme d'observation aérienne) et la photographie. En réalité, la télédétection moderne est née de la photographie aérienne, qui a connu un essor considérable au cours du XX^e siècle, surtout au cours de la seconde guerre mondiale. L'Institut Géographique National effectue régulièrement depuis 1947 des couvertures photographiques aériennes de tout le territoire français.

L'année qui symbolise l'entrée de la télédétection dans l'ère moderne est l'année 1957 avec le lancement de Spoutnik, premier satellite artificiel à être placé en orbite autour de la Terre. Depuis, de nombreux pays dont les USA, le Canada, la France, l'ex-URSS puis la Russie, la Chine, le Japon ou encore l'Inde ont développé leurs propres programmes de télédétection. Aujourd'hui, des dizaines de

satellites d'observation de la terre sont en orbite et fournissent en permanence des milliers d'images pour des applications militaires, mais aussi de plus en plus pour des applications civiles.

4.2. L'outil de télédétection

La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information.

Nous tenons à signaler que dans notre étude nous étions obligés à travailler sur des scènes TM et ETM prise en 1987 et 2001 d'une résolution spatiale de 30m. Ceci est dû à la non disponibilité des données de meilleure résolution spatiale (Spot, Ikonos et quickbird) que celle du TM.

4.3. Qu'est ce qu'une image satellitaires ?

Une image spatiale est une représentation graphique ; quelles que soit la longueur d'onde ou le dispositif de télédétection qui ont été utilisé pour capté et enregistré l'énergie électromagnétique, elle prend la forme d'une matrice dont chaque élément représente pixel avec sa propre valeur radiométrique, parmi les caractéristiques de l'image satellitaire, nous distinguerons les différentes résolutions suivantes :

- La résolution spatiale :

Pour certains instruments de télédétection, la distance entre la cible observée et la plate-forme joue un rôle important puisqu'elle détermine la grandeur de la région observée et le détail qu'il sera possible d'obtenir, un capteur placé sur une plate-forme éloignée de la cible pourra observer une plus grande région, mais ne sera pas en mesure de fournir beaucoup de détails.

- La résolution spectrale :

C'est la plus petite longueur de bande spectrale dans laquelle le radiomètre est capable de mesurer une intensité suffisante. Plus la résolution spectrale n'est fine, plus les fenêtres des différents canaux du capteur sont étroites. Il est souvent possible de distinguer des

classes de caractéristiques et de détails et de détails dans une image en comparant leur réponse différente sur un ensemble de longueurs d'onde.

- **La résolution temporelle :**

C'est le changement que peut rapporter un radiomètre entre deux dates pour des surfaces particulières. On utilise ce type de résolution pour le suivi d'un phénomène à évolution dans le temps.

5. Traitement des images satellitaires: Avant que les images ne soient prêtes à l'interprétation, il faudrait qu'elles passent par une chaîne de traitement visant l'élimination des défauts contenus dans les données brutes et leur amélioration. Le but des traitements en télédétection est de classer les objets en ensemble homogènes suivant un ou plusieurs critères tels que la couleur, la forme et la texture.

Cette chaîne de traitement comporte deux grandes étapes:

*- **Les prétraitements ;**

*- **Les traitements.**

On appelle fonction de pré traitement les opérations qui sont normalement requise avant l'analyse principale et l'extraction de l'information.

Ces pré traitement sont les corrections radiométriques et géométriques, dans notre cas nous avons établi les corrections géométriques des images Landsat

5.1 Correction géométrique

C'est un traitement nécessaire qui revêt une importance particulière, de son niveau de qualité dépend, non seulement, de la facilité du repérage cartographique mais aussi de la possibilité de superposer plusieurs scènes prises à des dates différentes voir même par des satellites différents.

Toutes les images obtenues par télédétection affichent, au départ, une ou plusieurs formes de distorsions géométriques. L'orsqu'une étude nécessite la superposition d'une image à une référence (carte ou image), la correction de ces déformations est utile.

Les corrections géométriques sont appliquées pour compenser ces distorsions afin que la représentation géométrique de l'image aussi proche de la réalité.

Plusieurs de ces variations sont systématiques ou prévisibles, et on peut en tenir compte par une modélisation précise du mouvement de la plate-forme et du capteur, et par la relation géométrique entre la plate-forme et la terre .D'autres corrections non systématiques ou aléatoires ne peuvent pas être modélisées de cette manière et on doit effectuer la correspondance géométrique de l'imagerie à un système connu de coordonnées au sol.

Pour faciliter l'intégration des résultats dans une base de données cartographiques ou dans un système d'informations géographiques, il est préférable que les données soient géo référencées.

Ce type d'opération nécessite en premier lieu, le repérage sur l'image à traiter d'un certain nombre de points connus à partir desquels on calcule le modèle de déformation de l'image..

Afin d'obtenir à partir des données satellitales brutes une représentation graphique superposable à des documents cartographiques il est nécessaire d'appliquer une correction géométrique aux différentes images utilisées.

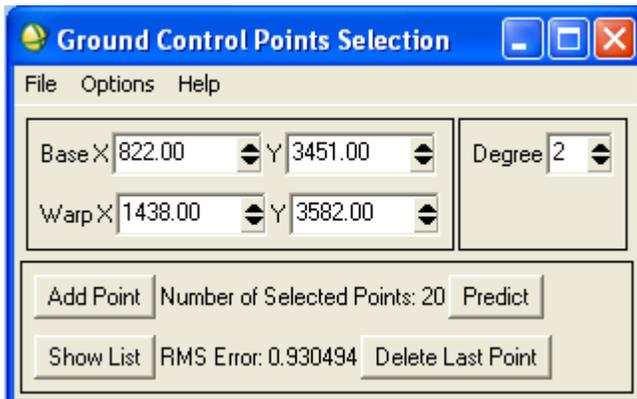
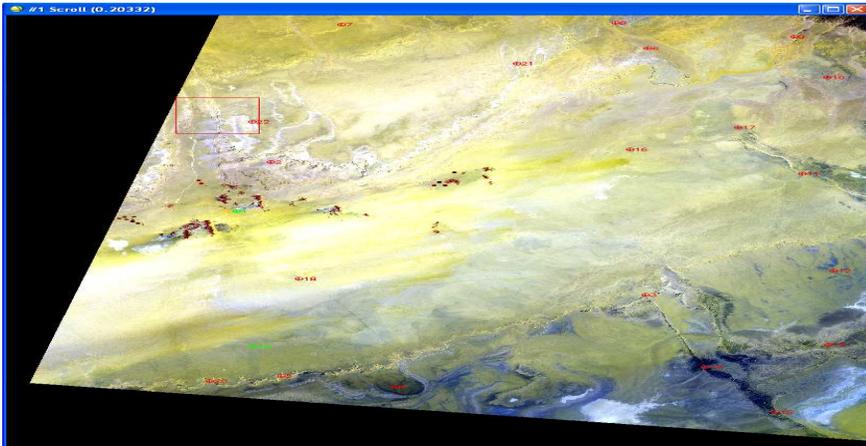
Afin de corriger les scènes des images Landsat TM et ETM+, nous avons sélectionné 22 points d'amères sur l'image satellitale ETM+ à corriger prise à partir de la carte topographique à l'échelle 1/250.000.

Parmi tous les points sélectionnés, 20 points ont été retenus qui sont bien éparpillés sur l'image à corriger.

Pour notre cas nous avons utilisé le modèle polynomial de degré "2" alors que l'interpolation est de type plus proche voisin qui consiste à affecter au point courant de l'image corriger la radiométrie du point le plus proche dans l'image brute.

L'erreur quadratique moyenne est de 0.93.

Les points de correction sur l'image ETM+2002.



Source: Centre des Techniques Spatiale Arzew Oran 2011.

Erreur quadratique moyen « RMS » de la correction Points de maîtrise des terrains choisis.

5.2 Composition colorée:

En télédétection, la représentation significative d'une image obtenue par une ou plusieurs combinaisons de couleurs; en général à chaque couleur correspond une bande de l'image.

L'information apportée par un seul canal ne permet pas toujours de donner un détail satisfaisant, pouvant refléter de près ce qu'on espère ressortir à partir des données télédéteectées. Pour ce faire, notre composition colorée a été obtenue à partir d'une superposition de trois canaux, en affectant à chacun l'une des trois couleurs fondamentales: **Bleu, Vert, Rouge**; c'est à dire en associant les couleurs primaires dans l'ordre de classement correspondant à leur longueur d'onde à savoir: **Proche infrarouge, Rouge, Bleu**. Utilisée comme image de référence.

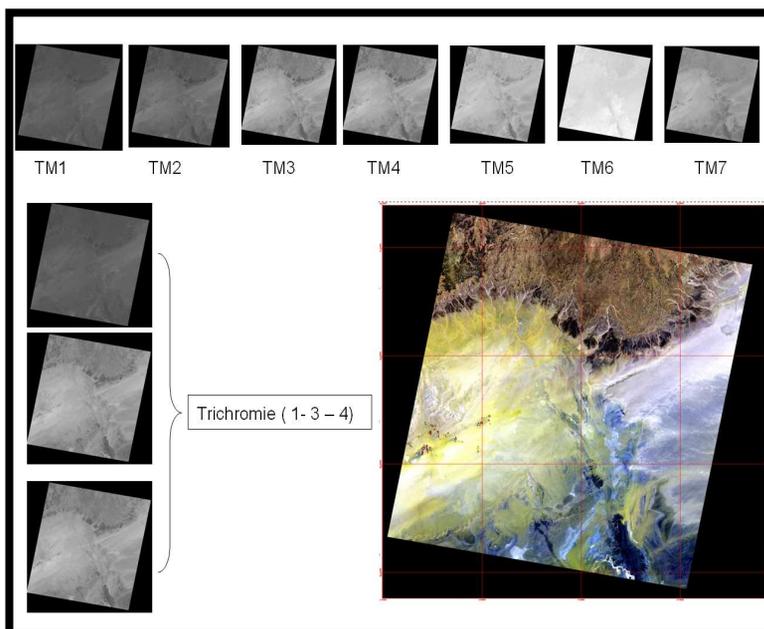
	Base X	Base Y	Warp X	Warp Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
#22+	822.00	3451.00	1438.00	3582.00	1436.1500	3581.6289	-1.8500	-0.3711	1.8888
#18+	1047.00	5177.00	1660.00	5306.00	1660.7765	5307.2131	0.7765	1.2131	1.4403
#2+	914.00	3895.00	1527.00	4026.00	1528.0903	4025.3194	1.0903	-0.6806	1.2853
#21+	2074.00	2814.00	2689.00	2943.00	2689.2059	2944.2512	0.2059	1.2512	1.2680
#16+	2613.00	3753.75	3228.00	3884.50	3227.3711	3883.4496	-0.6289	-1.0504	1.2243
#9+	3387.50	2515.25	4002.25	2645.25	4003.4070	2645.0314	1.1570	-0.2186	1.1775
#10+	3544.50	2966.00	4160.75	3095.50	4159.8282	3096.1608	-0.9218	0.6608	1.1342
#8+	2542.00	2365.00	3159.00	2496.00	3158.1516	2495.3319	-0.8484	-0.6681	1.0799
#7+	1244.00	2381.00	1858.00	2512.00	1858.8695	2512.3011	0.8695	0.3011	0.9201
#13+	3553.00	5900.00	4166.25	6031.75	4166.9379	6031.3098	0.6879	-0.4402	0.8167
#14+	2969.00	6145.00	3584.00	6275.00	3583.5916	6274.7026	-0.4084	-0.2974	0.5052
#11+	3431.00	4020.00	4045.00	4151.00	4045.3946	4150.7077	0.3946	-0.2923	0.4910
#15+	3303.00	6645.00	3918.00	6775.00	3917.6448	6775.3269	-0.3552	0.3269	0.4828
#20+	624.00	6298.00	1237.00	6431.00	1236.5540	6430.8668	-0.4460	-0.1332	0.4655
#3+	2686.00	5355.00	3300.00	5484.00	3300.1359	5484.3836	0.1359	0.3836	0.4069
#12+	3579.00	5088.00	4193.00	5219.00	4192.9736	5219.3992	-0.0264	0.3992	0.4001
#17+	3125.00	3517.00	3740.00	3647.00	3739.6985	3647.1345	-0.3015	0.1345	0.3301
#4+	1501.00	6363.50	2115.25	6493.75	2115.3634	6493.4623	0.1134	-0.2877	0.3092
#6+	2694.75	2642.75	3310.25	2773.00	3310.4671	2772.8594	0.2171	-0.1406	0.2587
#5+	961.00	6242.75	1574.25	6374.25	1574.3886	6374.1598	0.1386	-0.0902	0.1654
#1-	768.50	4422.00	1364.50	4567.25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
#19-	827.50	5915.00	1443.25	6048.50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Les couleurs primaires de composition colorée.

Longueur d'onde	Couleur affectée
Proche infrarouge	Rouge
Rouge	Vert
Bleu-vert	Bleu

Le résultat final à une image trichrome appelée composition colorée qui a été utilisée comme image de départ afin de guider les traitements numériques subséquents et conduit à une analyse visuelle de l'image. **Le principe de la composition colorée:** Aux trois couleurs fondamentales sont donc associés trois canaux d'une image satellitale. L'illustration ci-dessous montre le codage des trois canaux d'une image Landsat : le canal MT4 (proche infrarouge) est codé en rouge, le canal MT3 (rouge) est codé en vert et le canal MT1 (vert) est codé en bleu. Le résultat est appelé composition colorée.

Etapas de la composition colorée



6. détection des changements de l'espace agricole par télédétection

6.1 Méthode d'interprétation visuelle des images Landsat 1987 et 2001

L'image qui résulte de la composition colorée laisse apparaître une mosaïque de couleurs, allant du noir pour les faibles réflectance (l'eau), au blanc pour les fortes réflectances (sol nu). Le bâti apparaît dans les tons de bleu, du foncé au clair en fonction de la présence de végétation qui ajoutera à cette mosaïque des teintes de vert. Le rouge traduit une forte activité chlorophyllienne et représente, sur notre image, d'une part les parcelles agricoles et d'autre part une végétation naturelle sous forme de buissons et d'arbustes.

▪ Interprétation de l'image satellitale 1987 :

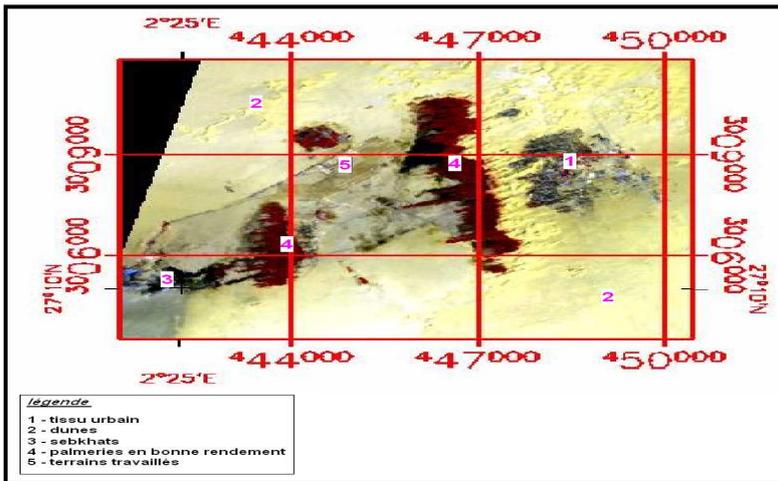
Par l'analyse visuelle et en matière de cartographie, les images satellitaires permettent dans une première étape, la délimitation de zones homogènes de même intensité de gris.

Dans cette approche la caractérisation de l'espace est basée essentiellement sur l'analyse et l'interprétation de la composition colorée de l'image TM 1987 qui est sous forme de combinaison de trois canaux, affectés à une couleur primaire. Leur superposition donne une représentation en couleur qui associe les propriétés discriminantes de chacun d'eux, et conduit à une analyse visuelle des images de 1987. Ces dernières ont été corrigées géométriquement à l'aide de lois de déformation, pour rendre l'image conforme à un type de projection cartographique connu UTM, fuseau 31) avant d'être calées sur le logiciel Mapinfo. Une fois ces images sont calées sous Mapinfo plusieurs étapes ont été réalisées pour illustrer les différentes composantes de l'espace dans la région d'Ain Salah en 1987.

L'image d'Ain Salah datée en 1987 traduit une multitude composantes tels que :

- la couleur en bleu codé par le numéro 1 représente le tissu urbain de la ville d'Ain Salah
- la couleur jaune codée par le numéro 2 représente les dunes.
- La couleur noire codée par le numéro 3 représente les sebkhas EZZBARA.

- La couleur rouge vif codée par le numéro 4 représente les palmeraies en bon rendement.
- La couleur gris allant au jaune codé par le numéro 5 représente des terrains travaillés pour la mise en valeur (création de périmètre irriguée).



Interprétation visuelle de l'imagerie Satellitale (TM) prise en 1987 De la région d'Ain Salah

Source : image TM 1987 (CTS).

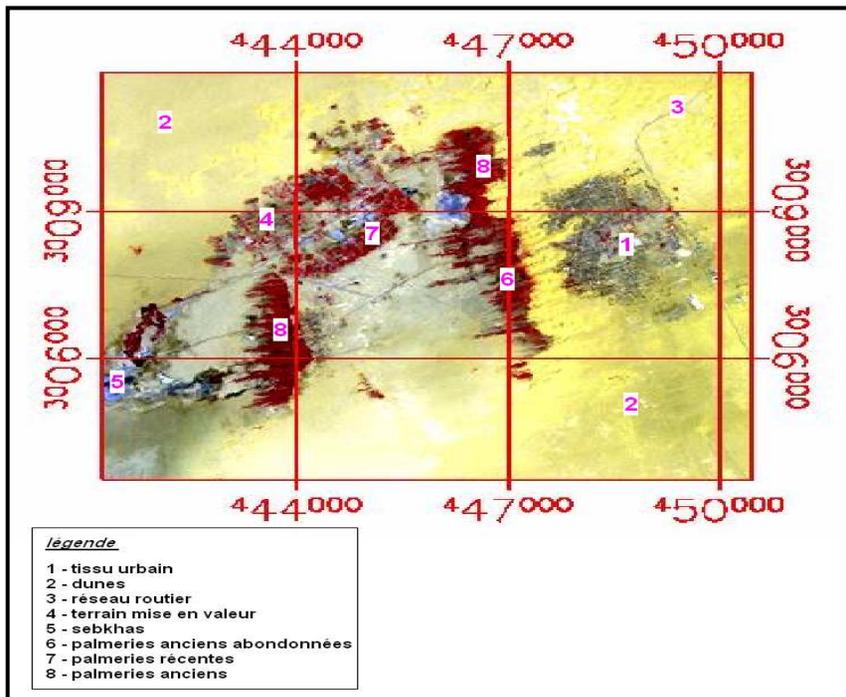
▪ Interprétation de l'image satellitale 2001 :

Les mêmes étapes d'interprétation de l'image TM 1987 seront réalisées sur l'image de ETM+2002, et ce afin d'obtenir les différents changements de l'espace rural dans la région d'Ain Salah en 2002.

L'image d'Ain Salah datée en 2002 traduit une multitude de composantes tels que :

- la couleur en bleu codée par le numéro 1 représente le tissu urbain de la ville d'Ain Salah.
- la couleur jaune codée par le numéro 2 représente les dunes.
- La couleur bleue codée par le numéro 3 représente une route godronnée.
- La couleur rouge claire codée par le numéro 4 représente des terrains travaillés pour PNDA, et plantation des nouvelles palmeraies.

- La couleur noire codée par le numéro 5 représente de la Sebkha Ezzbara.
- La couleur rouge moyen codé par le numéro 6 représente des palmeraies anciens bondonnés, il était en 1987 en bonne rendement mais actuellement, et dû au vieillissement des palmeraies, ils ont été bondonnés, alors que leurs rendement est très faible.
- La couleur rouge moyenne codée par le numéro 7 représente des palmeraies récentes implantées dans le cadre de la mise en valeur des terrains, ils sont jeunes et de très bon rendement.
- La couleur rouge foncé codée en numéro 8 présente des palmeraies anciennes toujours exploitées et donne un bon rendement.



Interprétation visuelle de l'imagerie Satellitale (ETM+) prise en 2002 De la région d'Ain Salah

Source : image ETM+ 2002 (CTS).

Les deux interprétations visuelles des images TM 1987 et ETM+ 2002 traduit les changements réels qui ont subi la région.

Ces changements ont été causés par des effets anthropiques qui correspondent à la mise en valeur des terrains et l'implantation des nouvelles palmeraies, ainsi que des facteurs naturels tels que le vieillissement des palmeraies, les effets de l'ensablement et la salinité des sols par l'irrigation extensive et anarchique. Ceci met ces palmeraies à l'abondant.

A partir de cette interprétation nous avons prouvé que cette région a connue un important changement et mutation, pour détecter ces derniers à partir des traitements des images satellitales, nous avons jugé utile d'établir une chaîne de traitement qui correspond à l'application des indices et la classification des images.

Au départ il est nécessaire d'élaborer des cartes d'occupation des sols multi dates à partie d'une classification des images.

6.2 Classification des images satellitales multi-date

La classification d'une image de télédétection consiste en une reconnaissance automatique des réflectances. L'algorithme utilisé pour classer l'image va effectuer des regroupements de pixels en fonction de leurs similitudes. Il est ainsi possible d'identifier automatiquement les différents thèmes d'une image (végétation, eau, bâti...). Il est possible d'effectuer une classification sur un nombre important de canaux, la rapidité des traitements diminuant avec le nombre d'informations à traiter.

Il existe de très nombreuses méthodes de classification: noyaux dynamiques, ascendante hiérarchique, segmentation hyper cube, maximum de vraisemblance... sans compter les dernières technologies d'intelligence artificielle telles que les réseaux de neurones ou encore les automates cellulaires. Les classifications sont divisées en deux catégories : les classifications non supervisées, c'est à dire complètement automatisées et les classifications supervisées ou l'utilisateur défini un certain nombre de paramètres d'ordre spatiaux ou thématiques en entrée.

Il existe deux grands principaux de méthodes de classification.

a. la classification supervisée:

Procédure utilisée pour l'identification de zones «spectralement similaires» d'une image. On identifie d'abord des sites d'entraînement dont on extrait la signature spectrale et à partir des quels on extrapole pour le reste de l'image.

La classification dirigée est basée sur une connaissance a priori de la position et de la nature d'un thème quelconque de l'image. Cette connaissance peut être acquise par travail de terrain, photographie aérienne ou par toute autre source d'information indépendante. Les sites d'entraînement (généralement de petites surfaces isolées par rapport à l'image entière), sont utilisés pour « entraîner » l'algorithme de classification à reconnaître les différents thèmes en fonction de leur signature spectrale telle que définie sur l'image. Pour un thème en particulier, les sites d'entraînement doivent être représentatifs de toute la variabilité du thème observée sur l'image. Des variables environnementales, telles que le type de sol, la teneur en humidité et la santé de la végétation, peuvent modifier la signature spectrale d'un thème et de ce fait, affecter la précision de la carte classifiée résultante.

Plusieurs aspects doivent être pris en considération lorsqu'on effectue une classification dirigée. On doit d'abord déterminer le plan de classification approprié. Ensuite, les sites d'entraînement doivent être choisis pour chacun des thèmes et on doit calculer les statistiques. On choisit ensuite l'algorithme de classification approprié et on classe chaque pixel de l'image (incluant ceux qui ont servi aux sites d'entraînement). Finalement, on évalue la précision de la classification.

b. Classification non supervisée

Classification de données d'image numérique, par traitement informatique uniquement basé sur les statistiques d'image sans recours à des échantillons d'entraînement.

La classification produit un regroupement naturel des pixels de l'image que l'on nomme "regroupement spectral" ou "classe". Ainsi, on présume que les régions de l'image ayant une même signature spectrale ont un type d'utilisation du sol similaire. L'analyste doit

ensuite déterminer l'identité de ces regroupements spectraux. Les principaux algorithmes de classification non dirigée sont: le regroupement par moyenne-K (K-means), le regroupement par ISODATA et le regroupement par la technique Narendra-Goldberg.

c. Application de la classification supervisée sur les images Landsat 1987 et 2001

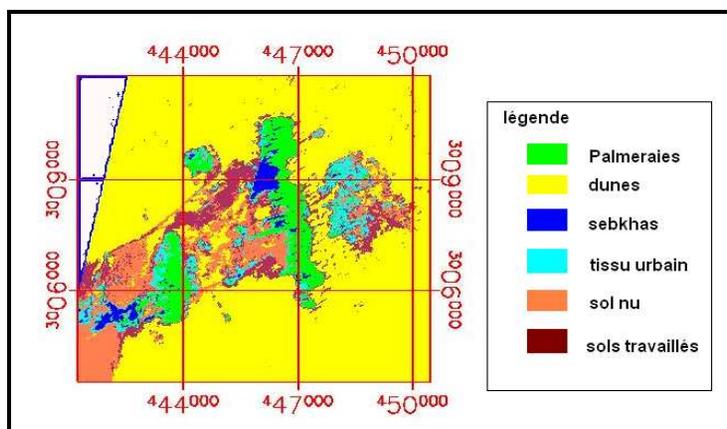
Afin de réaliser une carte d'occupation du sol multi date de la région d'Ain Salah, nous nous sommes basés sur des techniques de traitement informatique spécifique tel que la classification supervisée de l'image.

A cet effet, le mode supervisée a été choisi et la méthode de maximum de vraisemblance a été retenue, pour cela, six étapes principales ont été suivies:

1. définition de la légende: afin de faciliter le choix des classes, une photo interprétation de la composition colorée est nécessaire, combinée à des informations collectées lors des missions de terrain. Ceci facilite de dresser une légende des différentes classes.
2. sélection des échantillons représentatifs
3. description et séparation des classes
4. choix d'un algorithme de classification
5. classification propre dite
6. Evaluation de la classification.

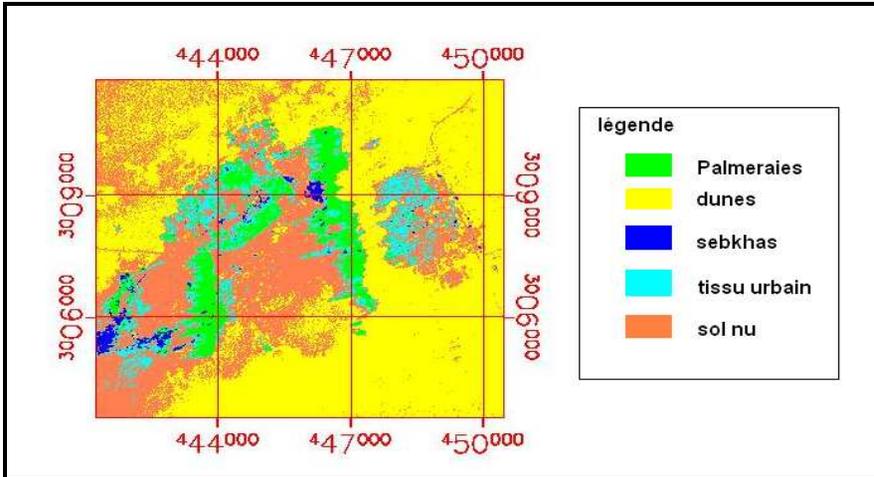
Le lancement de la classification donne le résultat suivant.

Image TM 1987 classifiée de la région d'Ain Salah.



Source : image TM 1987 collectée auprès du CTS

Image ETM+ 2001 classifié de la région d'Ain Salah.



Source : image TM 2001 collectée auprès du CTS.

6.3 Détection des changements de l'espace agricole par l'application des indices

Cette étape de détection des changements nécessite une application des différents indices.

Les indices sont des analyses multi-variés c'est à dire des traitements élaborés à partir de plusieurs canaux. Il s'agit souvent d'opérations mathématiques plus ou moins simples visant soit à réduire la somme d'informations (rappel : en codage RVB, on ne peut visualiser que trois canaux en même temps) ou bien la mise en évidence de thèmes particuliers (végétation, sols...)

L'indice de végétation normalisée est l'un des plus importants indices appliqués afin de détecter les mutations du couvert végétal.

6.3.1 Application de l'indice de végétation normalisée

L'indice de végétation normalisé : (NDVI pour Normalized Difference Vegetation Index) consiste à soustraire au canal infrarouge (où la couverture végétale a de fortes réflectances) le canal rouge (où les surfaces minéralisées ont de fortes réflectances). Le résultat présente un gradient croissant d'activité végétale allant du

noir signifiant absence de couverture, au blanc qui rend compte d'une activité chlorophyllienne très élevée.

Le résultat d'un NDVI prend la forme d'une nouvelle image, la valeur de chaque pixel étant comprise entre 0 (sol nu) et 1 (couvert végétal maximal). C'est l'analyse de la palette de nuances s'étendant entre ces valeurs extrêmes (très peu fréquentes) qui va renseigner l'observateur sur la densité du couvert végétal et la quantité de biomasse verte.

La réponse spectrale d'un couvert végétal dense est forte dans les longueurs d'ondes proche-infrarouges (à cause de l'activité chlorophyllienne) et faible dans les longueurs d'ondes rouges, alors que la réponse spectrale d'un couvert très clairsemé est inverse (forte influence des minéraux par rapport à l'activité chlorophyllienne). La différence normalisée permet de rendre compte de ces deux phénomènes sur une même image.

$\text{NDVI} = [(\text{infrarouge} - \text{rouge}) / (\text{infrarouge} + \text{rouge})]$

TM4-TM3/TM4+TM3
Indice de végétation normalisé

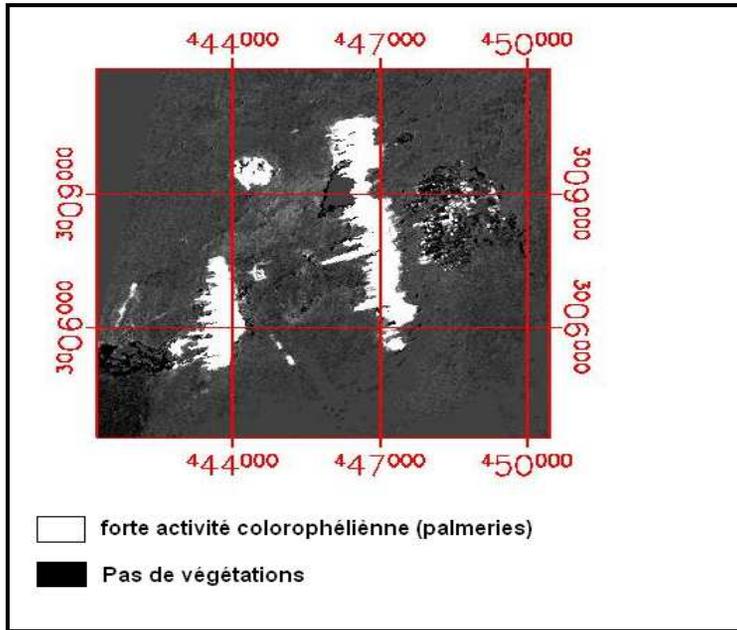
➤ **Indice de végétation (NDVI) de l'image Landsat 1987:**

Sur l'image prise par le capteur Landsat TM en 3 mars 1987, nous avons appliquée sous le logiciel ENVI la thématique de l'indice de végétation.

Cette application mathématique permet d'extraire une image formée de nuance de gris, la couleur blanche détecte une forte activité chlorophyllienne, ainsi que la couleur noire traduit une absence totale du couvert végétal.

A cet effet, le résultat de cette application (voir Figure) montre une forte activité chlorophyllienne au niveau des palmeraies, et une absence totale du couvert végétal dans les dunes.

Indice de végétation (NDVI) de l'imagerie satellitale (TM) de l'année 1987 de la région.



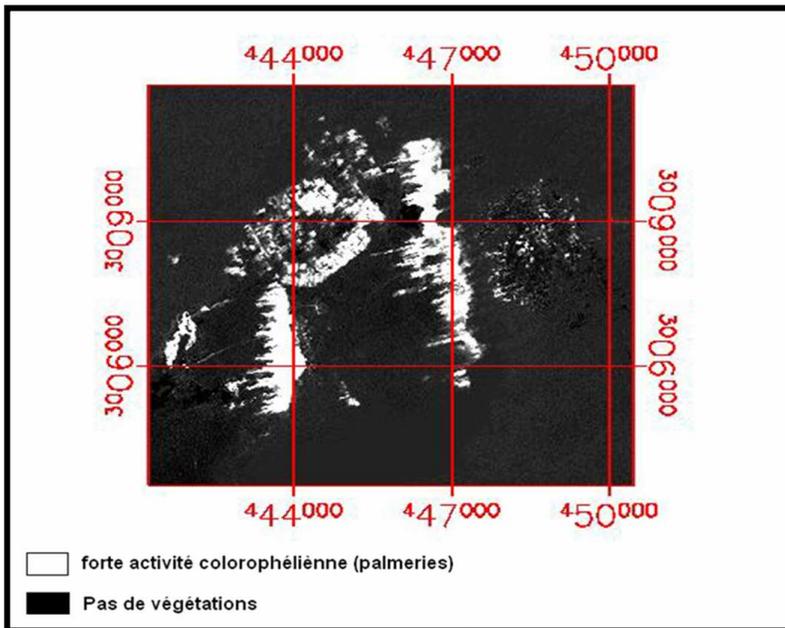
Source : image TM 1987 (CTS).

➤ **Indice de végétation de l'image Landsat 2001:**

Les mêmes étapes appliquées sur l'image TM 1987, ont été appliquées sur l'image du capteur Landsat ETM+ prise 4 Avril 2001.

Le résultat donne une nouvelle image de nuance de gris qui permet de déterminer l'existence du couvert végétal.

Indice de végétation (NDVI) de l'imagerie satellitale (ETM+) de l'année 2001 de la région.



Source : image TM 2001 (CTS).

6.3.2 Etablissement de l'image des changements : Les images résultats obtenues dans la première méthode, par la technique des indices de végétation, en attribuant une couleur rouge à l'indice de 1987, et une couleur verte à l'indice du 2001. Ainsi que nous avons établie une image vide qui contient les mêmes dimensions des images 1987 et 2001, ainsi que les même coordonnées, cette image a été réalisée sous le logiciel ENVI par la méthode "generate test data". La superposition des deux indices ne permet pas une bonne illustration de l'espace agricole. Sur la figure nous remarquons nettement les mutations de la strate végétale des parcelles agricoles se trouvant sur l'oasis d'Ain salah. Ces mutations sont traduites par la présence de la couleur rouge et la couleur verte. Cette superposition a permis de réaliser une synthèse additive pouvant nous renseigner sur les différents changements de manière suivante:

- La dominance de la couleur rouge ou verte, traduit l'existence de l'activité chlorophyllienne pour l'année à laquelle correspond cette couleur.

- L'apparition de la couleur jaune (rouge +vert), et la couleur noire n'indique aucun changement.

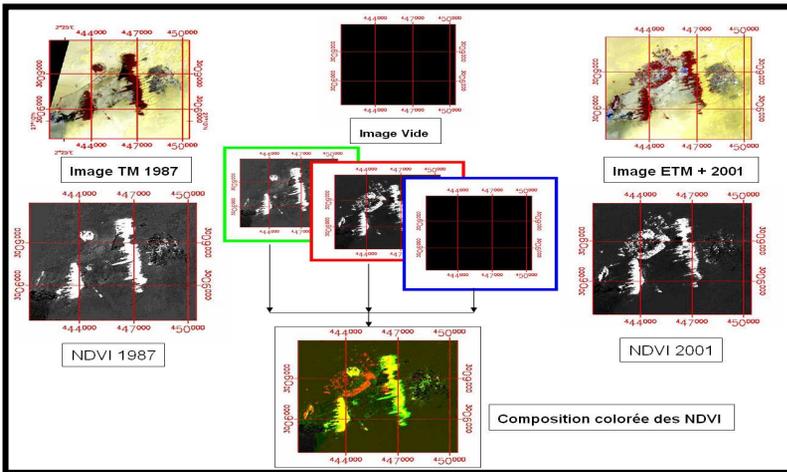
Toute fois nous remarquons que la couleur rouge traduit la présence significative de la végétation en 2001 ; tandis que la couleur verte nous informe sur le changement établi en 1987.

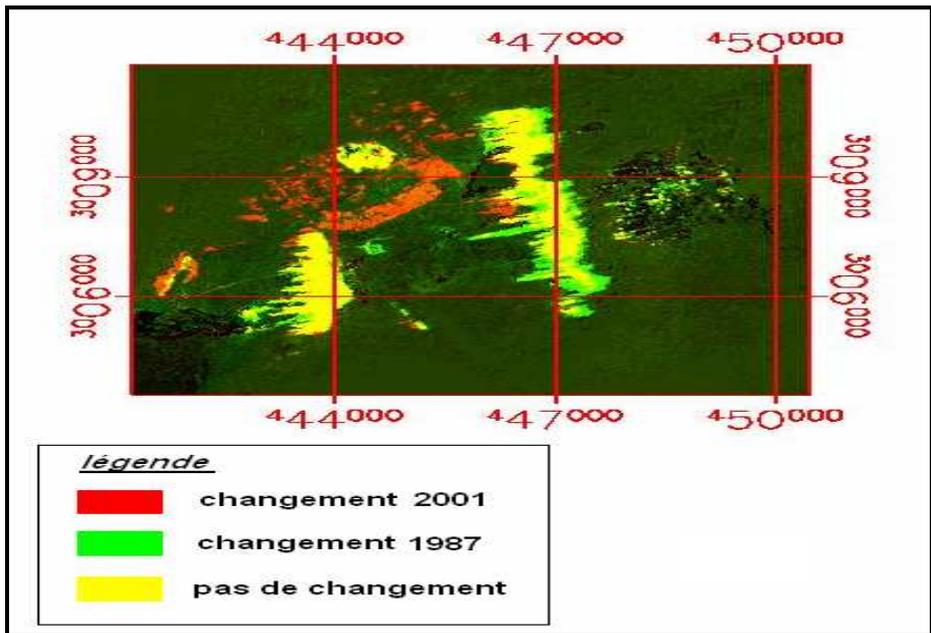
Ces mutations sont dues notamment à la pratique de la mise en valeur en 2001.

Cette méthode est la plus fiable pour détecter les changements à partir des données satellitaires.

Les étapes d'élaboration d'une image de changement.
Source : (CTS).

Figure : L'image de changement.





Source : (CTS)

Conclusion:

IN-SALAH présente la commune la plus riche en ressources naturelles et humaines à travers la wilaya de TAMENRASSET. Elle est caractérisée par une probabilité importante de développement, ainsi que l'existence des terrains agricoles, des ressources hydriques donne à ce site une vocation de culture palmeraies.

Le territoire de la zone d'étude est constitué de terrains planes et fertiles (caractères des régions TIDEKILIT), ce favorise une activité agricole primordiale, ainsi que nous pouvons dire que tous les moyens de développement de ce secteur sont disponibles. A cet effet, nous considérons cette zone à vocation agricole.

L'exploitation de ces richesses entrainera une dynamique accélérée d'évolution et de progrès. Les productions réalisées permettent d'une part l'amélioration du degré de consommation et une certaine autosuffisance et d'autre part l'exportation des produits agricoles à l'échelle régionale et nationale, nous citons à titre d'exemple, les dattes de IN-SALAH sont exportées vers le Niger et le Mali, malgré ces richesses en matière d'exploitation dattiers, ce

milieu oasien a connu, durant ces dernières années, des importantes mutations et changements de l'espace agricole.

Ces derniers exposent l'agriculture oasienne à plusieurs problèmes à courte et à long terme, notamment en matière de gestion et d'emploi, dans ce cas cette oasis peut être soumise à une forte dégradation du point de vue espace et rendement.

L'utilisation de ces nouveaux outils permet une exploitation fiable des données spatiales et géographiques facilitant ainsi la mutation de l'espace agricole, et un gain de temps et de l'effort.

Références bibliographiques

1. ANRH: Etude Hydrogéologique de la Région d'In Salah; Direction Régionale Sud Ouest Adrar 2004/2005.

2. Bentekhici, N: l'apport d'un SIG et la télédétection à l'identification des sites potentiellement pollués par le stockage des déchets solides, cas du bassin versant de l'oued el Maleh. Acte du Séminaire international des géosciences au service du développement durable, Tébessa 26 – 18 Novembre 2006.

Louis V Louis Voint: Le Tidikelt; Etude sur la géographie; l'histoire; les mœurs du pays. Jacques Gandini 1869.

3. Louis Voint: Le Tidikelt; Etude sur la géographie; l'histoire; les mœurs du pays. Jacques Gandini 1869.

4. Bentekhici, N: 2006. sélection des sites adéquats pour le stockage des déchets solides urbains, application au bassin versant Oued El Maleh Ain Témouchent. Géographie et Aménagement Bulletin de l'association de géographie et de l'aménagement du territoire, pp 30- 41 n° 12 décembre 2006.

5. Géorgie Toutain: Le Tidikelt et ses problèmes; INRAA Mai 1972.

6. Marc Livet: Vulnérabilité des ressources en eaux et protection des captages pour l'alimentation en eau potable. Traitements de potabilisation et assurance qualité des eaux de consommation humaine, Revue française des Laboratoires, juin 2004, N 364.