

## Development of agro-environmental indicators in a Mediterranean arid zone

### Mise au point d'indicateurs agro-environnementaux dans la zone aride de la Tunisie (Délégation Nafta)

F. KHEBOUR ALLOUCHE<sup>1,2</sup>, K. AISSA<sup>1</sup>, D. OUERCHEFANI<sup>3</sup>, E. DELAITRE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> University of Sousse, Tunisia/ High Institute of Agronomic Sciences-Chott Meriem, Tunisia

<sup>2</sup> Université de Carthage/ INAT/ Lr GREE TEAM 11 (LR17AGR01), Tunis, Tunisia

<sup>3</sup> Institut des Régions Arides (IRA), Unité de télédétection et SIG, Mednine, Tunisia

<sup>4</sup> Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Unité Espace-DEV, Montpellier, France

\*Corresponding author: allouchekhebour@yahoo.fr

**Abstract** – The study is conducted to insinuate on impact of global climate changes. The study area is chosen in the region, as one of sustainable oasis located in southern Tunisia. An approach, based on spatial GIS analyses, was developed in order to define global indicators related to temporal changes in a peri-urban landscape. Also, a number of three very High resolution multi-temporal space images (2008, 2013 and 2016) extracted from GoogleEarth ©. The images were scanned, digitally processed and used in producing three multi-temporal land use maps of the study area. The results showed the detection of three indicators, namely urban sprawl, agricultural recovery and agricultural decline. It was found that during the two periods 2008-2013 and 2013-2016, there was a steady increase in urban sprawl change indicator. However, the landscape of change indicator scored over the region during the first period (2008-2013). The spatial distribution of the agricultural decline indicator is increasing between the two periods. These monitoring indicators may support decision-makers for agricultural or landscaping management.

**Keywords:** Google Earth ©, GIS, landscape, indicator, change detection. Urban sprawl

**Résumé** - Aujourd'hui pour faire face aux changements globaux et aux nouveaux enjeux auxquels sont confrontées les zones méditerranéennes arides, une étude sur les indicateurs de changement des paysages de la région de Nafta a été réalisée. Toutefois, dans le but de mettre au point des indicateurs globaux, une approche basée sur l'analyse spatiale des données SIG a été mise en place. Trois images (2008, 2013 et 2016) des mois de février à Très Haute Résolution extraites de Google Earth® ont été numérisées et trois cartes d'occupation du sol de la zone d'étude ont été produites. Les résultats obtenus montrent la mise en évidence de trois indicateurs de changement à savoir l'étalement urbain, la reprise agricole et la déprise agricole. Une augmentation de l'indicateur de changement étalement urbain est noté pendant les deux périodes 2008-2013 et 2013-2016 et la répartition spatiale de l'indicateur déprise agricole est plus croissante entre les deux périodes. Ces indicateurs d'évaluation ou de suivi sont d'excellents outils pouvant être utilisés par les décideurs d'aménagement agricole ou paysager.

**Mots clés :** Google Earth®, SIG, paysage, indicateur, changement, étalement urbain

#### 1. Introduction

Les régions oasiennes en Tunisie ont été le berceau des civilisations préhistoriques, carrefour du commerce avec les régions sahariennes d'Afrique et la rive sud de la Méditerranée. Elles ont toujours constitué d'importants centres de production agricole et commerciaux. C'est autour de ces systèmes que se sont développés au fil des années des cultures, des traditions et des savoir-faire locaux faisant des oasis un « refuge » pour l'Homme. Plus particulièrement, la ville de Nafta a été également connue pour la multitude de ses savants et comme un centre de partage de savoir et de connaissances. L'agriculture oasienne était l'activité économique principale de Nafta, jouant un rôle important dans la hiérarchisation des classes sociales. Toutefois, depuis quelques années, la ville connaît d'importantes mutations à



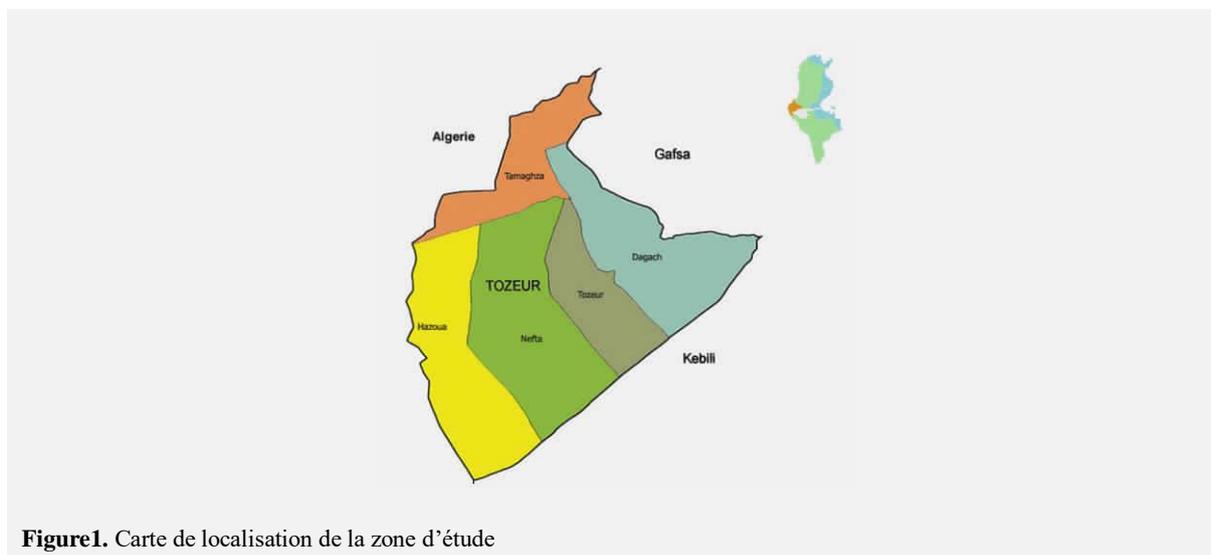
plusieurs niveaux dont social et urbain. Aujourd'hui pour faire face aux changements globaux, et aux nouveaux enjeux, et donc pour mieux conserver et gérer ces oasis, l'étude relative à la caractérisation des indicateurs de changements des paysages de la région de Nafta s'avère nécessaire. Ces indicateurs devraient permettre d'avoir une meilleure visibilité sur l'existant d'une part, et de mieux prévoir les variations futures d'autre part. Ils devront servir à planifier les différents projets d'aménagement, de conservation et de préservation. Dans ce but, le recours aux Systèmes d'Information Géographiques et aux images offertes par *Google Earth*© s'avère indispensable.

L'objet de cet article est de montrer l'utilité des images issues de *Google Earth*© pour produire des cartes d'occupation du sol multi-échelles. L'analyse des variations spatio-temporelles des changements d'états des paysages grâce à l'outil SIG nous permettra de déduire des indicateurs de changement paysagers globaux. De plus, le résultat de l'enquête perception paysagère conduite auprès de la population locale de la région nous aidera d'une part à interpréter les changements et d'autre part, à proposer un aménagement paysager dans la région d'étude. Notre travail est structuré en trois parties. La première partie correspond à une analyse bibliographique sur les concepts de base utilisées à savoir paysage et indicateur. La deuxième partie porte sur la description de notre démarche méthodologique précédée par une présentation de la zone d'étude et enfin la troisième partie renferme les résultats obtenus et leur discussion.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude, située -au centre du gouvernorat de Tozeur, renferme une superficie totale de l'ordre de 1500 Km<sup>2</sup>, soit 27 % de la superficie du gouvernorat. Cette délégation frontalière se situe au Sud-Ouest de la Tunisie, constituant un point de transit entre l'Algérie et la Tunisie. Situé à 452 Kilomètres de la capitale, la délégation de Nafta est entourée par deux Chotts : Chott el Djérid côté Sud et Chott el Gharsa côté Nord (CDCGE, 2016). Située au Sud du pays, la majeure partie de la délégation de Nafta est située dans l'étage bioclimatique saharien frais. Cette région bénéficie de très faibles volumes pluviométriques annuels avec des quantités inférieures à 100 mm par an (source).



**Figure1.** Carte de localisation de la zone d'étude

Les potentialités pédologiques dans le gouvernorat de Tozeur sont limitées à cause des conditions bioclimatiques, marquées par l'aridité et la faiblesse du couvert végétal. Par ailleurs, l'influence des chotts sur la formation des sols est remarquable sur une grande partie du – délégation comme Nafta. Dans la délégation de Nafta, les eaux de surfaces sont représentées par des cours d'oueds désorganisés qui se déversent dans Chott el Gharsa et Chott el Djérid. Autrefois les cours d'eaux provenaient de 152 sources et irriguaient la palmeraie qui s'étendait sur une surface de 300 ha et à partir des années 80 Nafta a subi l'épuisement et la régression du niveau des nappes phréatiques à cause de la surexploitation des eaux d'irrigation (Battesti, 1997). Avec un effectif de population de 107900 habitants en 2014, le gouvernorat de Tozeur se présente comme le gouvernorat le moins peuplé de la Tunisie et d'après les recensements de 2004 et 2014, le gouvernorat de Tozeur a connu un accroissement du taux d'habitant

qui a passé de 97526 à 107900 habitants, dont 70,3 % en milieu urbain. Le taux de croissance est positif et est de l'ordre de 0,91%, qui est inférieur au taux de croissance nationale égale à 1,21% (CDCGE, 2015). Situé dans la périphérie septentrionale du Sahara tunisien, la délégation de Nafta se caractérise par un contraste de peuplement, opposant les agglomérations oasiennes à fortes densités de peuplement au reste de la région, à prédominance rurale ou plutôt désertique ou steppique, où les densités sont très faibles et souvent pratiquement inférieures à un habitant au kilomètre carré.

Les oasis de Nafta sont caractérisées par l'agriculture étagée, elle consiste à organiser les cultures sous forme de trois étages : maraîchage au sol, arbres fruitiers puis palmiers au-dessus afin de garantir une utilisation optimale de toutes les potentialités en eau et en sol. En 2013, les terres labourables représentent 58,3 % de la superficie totale de la région de Nafta ils regroupent les terres agricoles, les parcours et les oasis. Les terres agricoles ne représentent que 3 % seulement de la surface totale. La majorité de la superficie totale des terres agricoles est réservée aux palmeraies et aux arboricultures, on trouve en deuxième position les légumineuses puis arrivent les cultures fourragères. En 2011, la superficie totale des périmètres irrigués dans la délégation de Nafta a atteint 1613 ha, couvrant environ 2.23 % des terres labourables. Ces périmètres irrigués publics couvrent 1 352 ha (5 zones), alors que les périmètres privés couvrent 261 ha.- La culture la plus importante dans les oasis de Nafta est le palmier dattier. La délégation occupe la troisième position après Deguèche et Tozeur, elle participe avec 18.5 % de la production totale du gouvernorat. La quantité des autres types de la production végétale dans tout le gouvernorat est très limitée, Les fourrages occupent la deuxième place après la production des dattes avec 22,8 %, les légumineuses ne dépassent pas les 11,6 % et l'arboriculture demeure le secteur le moins productif 1,8 %. La région de Tozeur a connu une évolution importante en matière de diversification des secteurs économiques et des structures de production. Toutefois, les secteurs les plus -mobilisateurs en matière de main d'œuvre, sont l'agriculture, l'industrie, le commerce et le tourisme.

## 2.2. Démarche méthodologique

La démarche méthodologique adoptée dans ce travail de recherche consiste en trois principales étapes. La première consiste à construire une base de données (BD) SIG sur la région de Nafta à partir des extraits de *Google Earth@*. La Seconde étape consiste à l'élaboration d'un questionnaire sur les différents types de paysage existants à Nafta et leur évolution. La dernière étape renferme la conception d'un plan d'aménagement d'un site choisi par la majorité des enquêtés.

### 2.2.1. Construction de la BD-Nafta

*Google Earth@* est un logiciel gratuit qui permet d'accéder à une collection d'images satellites de la Terre. Les images qu'il met à disposition sont toujours présentées comme un support, une illustration (Venar *et al.*, 2009). La simplicité du logiciel et l'exceptionnelle qualité des images permettent une numérisation facile et à très haute précision des entités (lignes, polygones et points). Il affiche les meilleures images disponibles. Les images historiques nous permettent de découvrir l'évolution du lieu observé, au fil du temps. Ainsi trois extraits à trois images *QuickBird* prises le 15/02/2008, le 01/02/2013 et le 29/02/2016 ont été téléchargées. La première opération consiste à importer la zone d'étude délimitée dans Qgis et récupérée par la carte agricole (2011) vers l'image satellite à haute résolution. La deuxième étape consiste à agrandir l'image *Google Earth@* de façon à pouvoir identifier et délimiter clairement chaque unité et sauvegarder le résultat sous format (kml). Chaque unité numérisée dans *Google Earth@* est transformée au format (shp). -Le résultat de l'union de tous les polygones, donne naissance à des cartes thématiques en format (shp). La fusion des couches par type d'occupation du sol pour les trois ans-contribue à la production de cartes thématiques qui représentent le patron paysager et la distribution de ses éléments sous deux échelles : spatiale et temporelle (McGarigal, 1995). La description spatiale des structures paysagères consiste à relever tous les éléments de paysage significatifs. Chaque élément est caractérisé par des aspects qualitatifs, qui donnent une vision globale (nombre, densité et disposition) de l'organisation des éléments dans le paysage (Bertrand, 1968 ; Brossard *et al.*, 1992 ; Roche, 2006). Cette description est accompagnée par des mesures de la surface des types d'occupation du sol. En effet, QGIS 2.2 permet de calculer l'aire des objets polygonaux de façon automatique par des calculs simples au champ. Les superficies obtenues des différents types d'occupation du sol sont rapportées en fonction de la surface occupée en Km<sup>2</sup>, en ha et en pourcentage pour les trois années 2008, 2013 et 2016.

### 2.3. Calcul de l'Indice d'évolution

D'après Casado (2007), l'IE permet de quantifier l'évolution d'une grandeur numérique entre deux dates. Cette grandeur passe d'une valeur de départ (VD) à une valeur d'arrivée (VA) avec VT égale à la valeur totale de tout les types pendant une même année et le taux d'évolution est donné en pourcentage par la formule suivante :

$$IE = \frac{VD - VA}{VT} * 100$$

Ce même auteur souligne que pour caractériser les changements des paysages de Nafta, cet indice est utilisé pour mesurer les transformations du paysage dans le temps. Il s'agit de la proportion totale en pourcentage de terrain gagné ou perdu pour chaque type d'occupation du sol entre les années 2008/2013 et 2013/2016. Cette proportion est le résultat de la relation entre les pertes de surface en faveur des autres types d'occupation du sol et les surfaces gagnées durant les deux périodes concernées.

### 2.4. Indicateur de changement

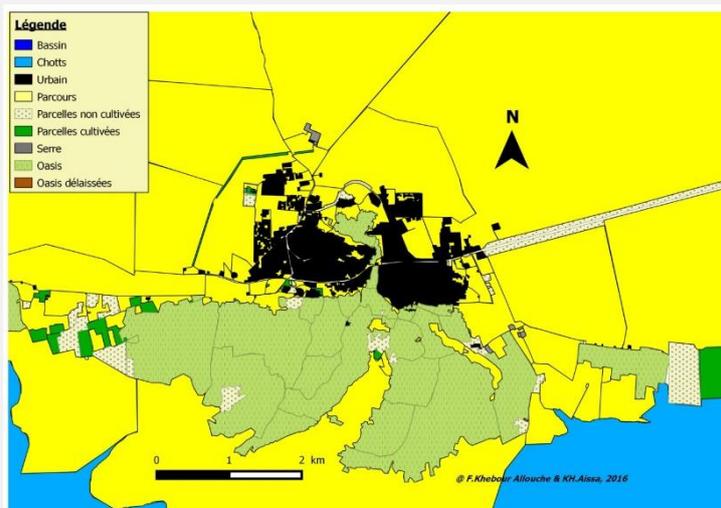
A partir de différentes méthodes utilisées (Casado, 2007 et Domon, 2007), - deux catégories d'indicateurs sont utilisés : un qualitatif représenté par un type de changement et l'autre quantitatif basé sur la variation des superficies. De plus, la variation spatio-temporelle des types d'occupation du sol - a permis de spatialiser des processus de transformation des éléments de paysage et d'en déduire des indicateurs de changement globaux. Les cartes de synthèse des changements de paysage pendant la période étudiée, ont été réalisées de manière empirique pour représenter des dynamiques qui croisent l'urbanisation et la transformation d'occupation du sol. Ainsi, la mise au point des indicateurs de changement, est basée sur une approche systémique : élément de paysage (occupation du sol et urbain), structure de paysage (type d'occupation du sol) et indicateur.

## 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Caractérisation des changements des paysages de la région de Nafta

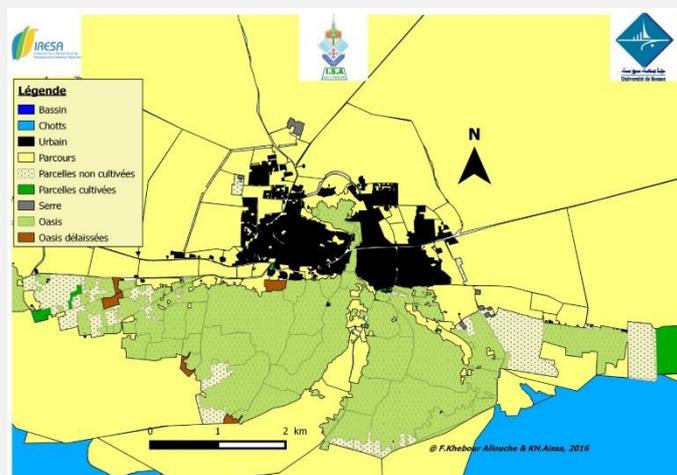
La caractérisation de ces changements est basée sur deux types d'analyses, la première est qualitative basée sur une interprétation visuelle des cartes d'occupation à trois échelles spatiales pour chaque année et la seconde est quantitative déduite de l'interprétation des superficies calculées pour chaque type d'occupation et pour chaque année grâce à l'outil SIG.

En 2008, la Figure 2A représente la carte d'occupation du sol en 2008 composée de neuf types d'occupation du sol répartis sur la totalité de la surface avec des proportions inégales. La carte montre deux couleurs dominantes : le bleu et le jaune correspondants respectivement aux chotts et aux parcours. En se dirigeant plus au centre, la Figure 2, indique une diversification des couleurs plus nette représentant une mosaïque agricole à distribution linéaire avec une forte concentration coté sud des oasis. Cette concentration est marquée par une alternance entre oasis, parcelles cultivées et parcelles non cultivées. A l'opposé côté nord deux noyaux urbains sont présents et sont séparés par des oasis. Une bande linéaire de parcelles non cultivées se présente du côté nord-est. Eloignées du centre de la ville, deux oasis se placent un côté sud-ouest et une côté nord-est. En effet, plus de 65 % de la superficie de la région de Nafta est occupée par des Chotts, en deuxième position arrivent les parcours. Sur 1,67 % de la superficie qui reste, presque 82 % de la superficie est occupée par des oasis, les parcelles non cultivées et celles cultivées occupent respectivement 10 % et 6 % de la superficie et uniquement 1 % de la superficie est occupée par des éléments urbains.



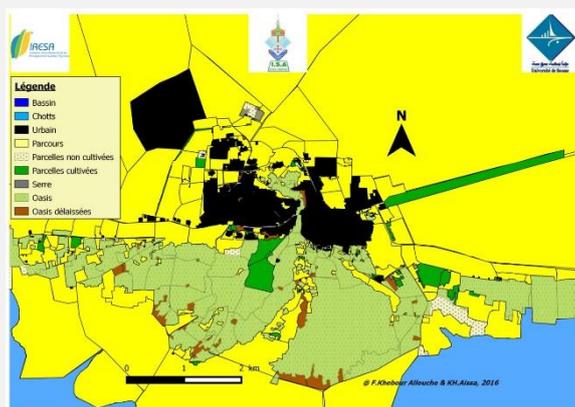
**Figure2.** Caractérisation des changements d'états des paysages de la région de Nefta en 2008

En 2013, les plus grandes superficies sont toujours occupées par les chotts et les parcours, les oasis aux extrémités nord-est et sud-ouest sont toujours à leurs places (Figure 3). Toutefois, la distribution linéaire est marquée par une variation de localisation spatiale entre parcelles non cultivées et celles cultivées avec apparition de quelques tâches d'oasis abandonnées. Quantitativement, les chotts et les parcours occupent toujours les plus grandes superficies et le reste de la superficie occupée se repartie 1,87 ha comme suit ; 80 % d'oasis, 15 % d'urbain, 9 % de parcelles cultivées et 6,4 % de parcelles non cultivées.



**Figure 3.** Carte d'occupation du sol de la région de Nefta en 2013

En 2016, la Figure 4 indique une variation de l'organisation spatiale des serres, un étalement spatial des oasis qui séparent les deux premiers noyaux urbains s'étalent sur les deux cotés est et ouest et l'apparition des quelques tâches d'oasis abandonnées à la périphérie des oasis côté sud. Par ailleurs, les plus grandes superficies sont occupées par les chotts et les parcours couvrant 97 % et laissant ainsi 2,17 % de la superficie totale pour les autres types d'occupation du sol. Les oasis se positionnent en premier lieu (73 %), puis les éléments urbains (27,5 %) et les terres agricoles s'étalent sur 10,23 % dont 7,3 % sont des parcelles cultivées, 2 % des parcelles non cultivées, 0,2 % des serres et 0,75 % des oasis délaissées.

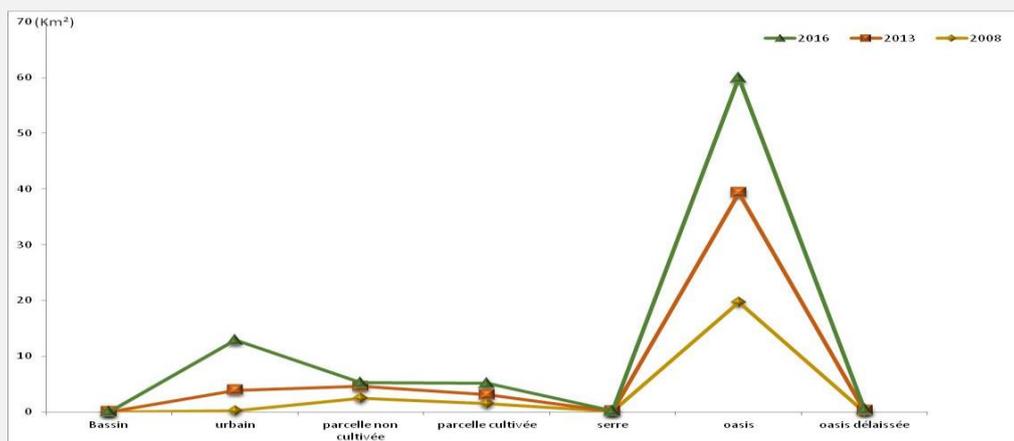


**Figure 4.** Carte d'occupation du sol de la région de Nafta en 2016

Selon, la typologie des paysages de notre région d'étude en fonction de l'occupation du sol, il apparait que cette zone est marquée essentiellement par trois principaux types de paysages à savoir : le paysage urbain qui est au centre de la ville, entouré et marqué par un paysage rural de forme linéaire de direction Est-Ouest. Le reste de la région est limité des deux côté nord et sud par un paysage naturel. L'homogénéité de l'occupation des sols et la quasi-absence d'éléments linéaires ; (haies, rangées d'arbres, routes et voies ferrées,) sont deux composantes importantes qui caractérisent la structure des paysages. Il s'agit d'une zone continue avec le même type d'occupation des sols, caractérisée par une mosaïque composée de petites parcelles o couvertes par des cultures maraîchère, fourragère ou arboricole. Cette organisation spatiale est caractérisée par un changement dans le temps de l'emplacement et du type d'occupation du sol, en faible proportion par rapport à la superficie totale de la région mais pas négligeable.

### 3.2. Etude comparative des changements des paysages de la région de Nafta entre 2008 et 2016 par IE

La Figure 5 montre la variation des différents types d'occupation du sol dans la région de Nafta entre 2008 et 2016. Il est noté que les plus grandes superficies de la région sont occupées par les chotts (925 Km<sup>2</sup>) et les parcours (533 Km<sup>2</sup>) et les autres types d'occupation sont marqués par de légères variations.



**Figure 5.** Variations des différents types d'occupation du sol dans la région de Nafta entre 2008 et 2016.

### 3.2.1. Changement des types d'occupation du sol entre 2008 et 2013

L'indice d'évolution de chaque type d'occupation du sol entre 2008 et 2013 note deux valeurs négatives et cinq positives, - bien que les types d'occupation bassin et serre n'ont pas subi de variation (Figure 6). Les parcours montrent la valeur négative la plus importante (-1,9 %), puis celles des parcelles non cultivées (-0,021 %). Néanmoins, les six indices positifs présentent des évolutions hétérogènes. Le paysage urbain montre l'indice le plus important (0,246 %). Trois évolutions croissantes relatives aux oasis, oasis délaissées et parcelles cultivées sont enregistrées avec des indices qui varient de 0,025 % à 0,001 %.

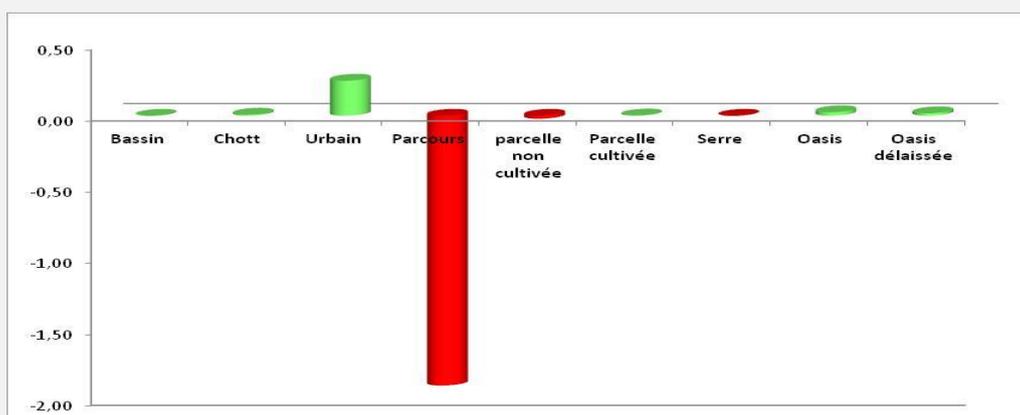


Figure 6. Variation de l'Indice d'Evolution d'occupation du sol de la région de Nafta entre 2008 et 2013

### 3.2.2. Changement des types d'occupation du sol entre 2013 et 2016

Entre 2013 et 2016, les changements sont plus intenses et plus nombreux. -Deux indices sont négatifs comme notés ci-dessus relatifs aux parcelles non cultivées et aux oasis délaissées et six positifs (Figure7). Le type d'occupation parcours note l'indice le plus élevé (2,607 %), puis est enregistré en deuxième position l'urbain (0,4 %). Les variations les plus faibles sont calculées pour les parcelles cultivées (0,041 %), et les oasis (0,07 %). L'étude des changements d'occupation du sol par le biais de l'indice d'évolution calculé pour les deux périodes 2008-2013 et 2013-2016, nous a permis de déduire que l'évolution négative des parcours pendant la première période se traduit par l'augmentation des superficies bâties et des superficies cultivées (oasis), alors que l'évolution positive de ce taux pendant la deuxième période s'explique par l'augmentation des superficies des oasis délaissées, la réduction des superficies des serres et la conversion des oasis en friches.

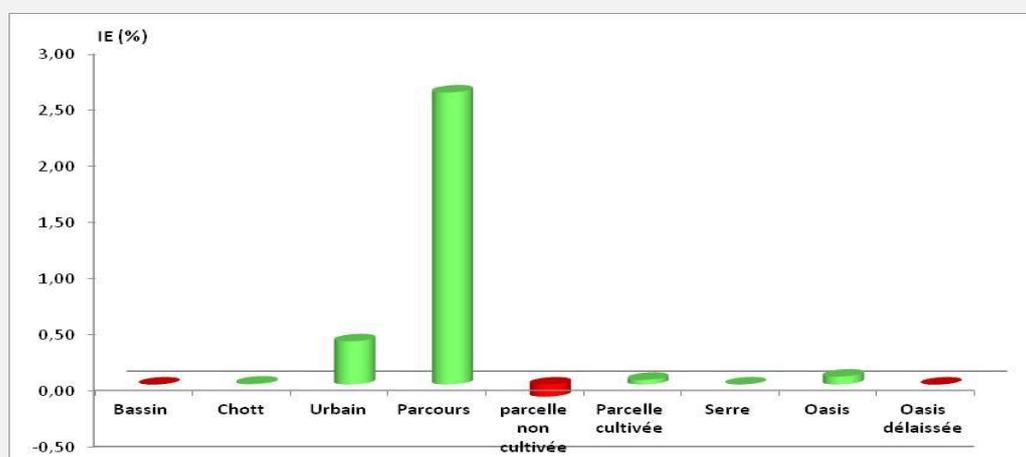
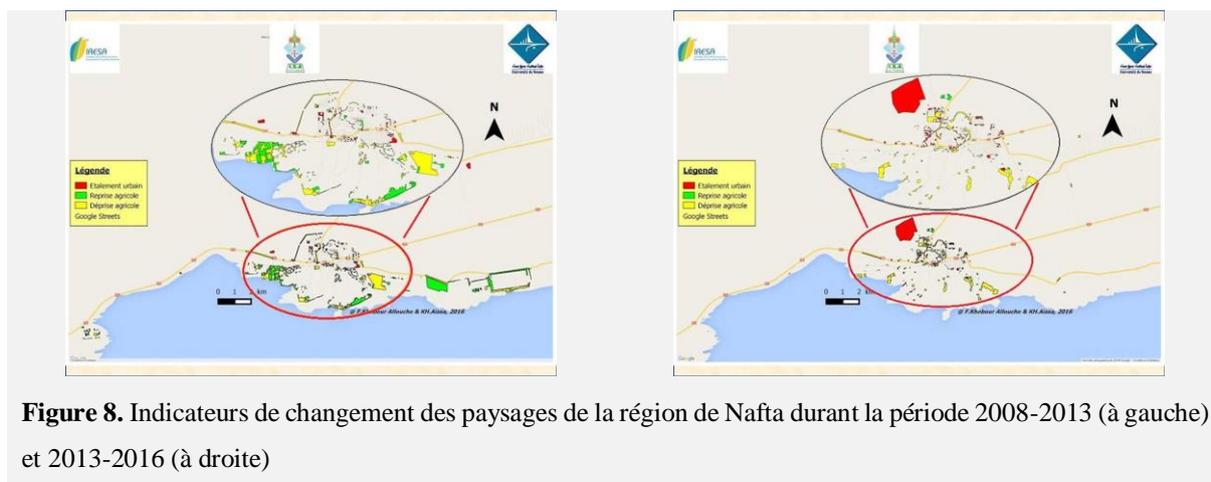


Figure 7. Variation de l'Indice d'Evolution d'occupation du sol de la région de Nafta entre 2013 et 2016

### 3.3. Les indicateurs de changements des paysages

La superposition des cartes de changement des paysages de la région de Nafta pendant deux périodes : 2008-2013 et 2013-2016 nous a permis de produire des cartes de synthèses relatives aux indicateurs de changements des paysages de la zone d'étude. La Figure 8 montre un développement important de l'indicateur étalement urbain plus particulièrement au centre de Nafta. Côté nord de la région, l'indicateur déprise agricole est plus répondeu, et une alternance entre les indicateurs déprise et reprise agricole est notée avec un gradient plus important côté est de l'indicateur reprise agricole. Pendant cette période, la reprise agricole est liée à l'augmentation des surfaces d'oasis alors que, la déprise s'explique par la réduction des superficies cultivées sous serre et en plein champ associés à l'augmentation des superficies des oasis délaissées. La Figure 8 est marquée par l'apparition d'un grand noyau traduit par l'importance de l'étalement urbain pendant la période 2013-2016. Les tâches jaunâtres sont – significatives montrant l'importance de l'indicateur de changement déprise agricole lié à l'augmentation des superficies des oasis délaissées et la réduction des oasis et des serres.



**Figure 8.** Indicateurs de changement des paysages de la région de Nafta durant la période 2008-2013 (à gauche) et 2013-2016 (à droite)

L'augmentation des superficies emblavées pendant les deux périodes, couplée avec une variation hétérogène des parcelles cultivées et des oasis d'une part et la réduction continue des parcelles non cultivées et des serres, d'autre part montrent l'importance du facteur anthropique dans le changement des structures des paysages de la région de Nafta. L'apparition des tâches jaunâtre, verdâtre ou rougeâtre sont de bons indicateurs de l'effet de morcellement des terres dans cette région qui peut être traduit par la variation de la taille des parcelles, la diversité des cultures et/ou la mosaïque entre parties cultivées et habitats semi-naturels.

## 4. Discussion

Les transformations du paysage, peuvent être attribuées à la présence de deux périodes traduites par des changements dans l'utilisation des terres. Dans une première étape, une mutation des oasis en terrains de culture et un abandon de quelques espaces agricoles est enregistrée. Ce phénomène s'est installé, bien avant 2008 ; il est lié principalement au partage de la propriété et l'augmentation du nombre d'exploitations qui ont causés un affaiblissement des unités de production dans les oasis, générant un processus d'intensification dans quelques-unes et un processus d'abandon dans d'autres. La déprise peut être traduite par le manque de la main d'œuvre agricole, le ralentissement de la fréquence d'irrigation et la raréfaction relative des ressources en eaux de sources, de sondages profonds et de puits de surface. La restructuration de l'espace agricole, peut être expliquée par une réorganisation du secteur autour de la production intensive des dattes et une reprise des nouvelles oasis avec variation des types de cultures. Déprise ou reprise agricole sont fortement liées à l'indicateur étalement urbain.

## 5. Conclusion

La caractérisation des états des paysages de la région de Nafta et leurs changements par l'utilisation des images Google Earth® et des SIG nous a permis d'évaluer trois indicateurs de changements - valables pour les différentes dates et dont les dispersions spatiales varient d'une année à l'autre. À la lumière des résultats obtenus, -Il est montré l'efficacité de telles méthodes et outils et cela à une échelle régionale qui couvre une partie du Sud Tunisien. La cartographie thématique de l'occupation

des sols de la région d'étude pendant trois dates, a permis une cartographie fine des éléments des paysages qui ne nécessite aucun travail de terrain et seulement grâce aux images à très haute résolution spatiale fournies par *Google Earth@*. Cette méthode pourrait être facilement appliquée à d'autres territoires. Il est démontré que les traitements des trois cartes thématiques par SIG et analyses spatiales, ont été suffisants pour mettre au point trois indicateurs de changements des paysages de la région de Nafta. Pendant les deux périodes 2008-2013 et 2013-2016, - augmentation- est observé au niveau de l'indicateur de changement de l'étalement urbain. -L'indicateur de changement des paysages a marqué d'une façon plus significative la région de Nafta pendant la première période (2008-2013). La répartition spatiale de l'indicateur de déprise agricole, est plus croissante entre les deux périodes. Enfin, ce résultat peut constituer une étude préliminaire pour les décideurs d'aménagement agricole ou paysager. En effet, ces indicateurs permettent d'une part de porter un jugement sur l'efficacité d'une action et peuvent d'autre part être mobilisés pour devenir des outils de suivi de l'action. Ce sont en même temps des indicateurs d'évaluation ou de suivi.

## 6. Références

- Ambroise et al., (2000).** Le paysage et la formation à l'agriculture durable, l'école de paysage, p 89.
- Battesti.V, (1997).** Les oasis du Jérid : des révolutions permanentes ? Projet « Recherche pour le développement de l'agriculture d'oasis » INRAT / Centre de Recherches Phoenicoles Degache – Tunisie. GRIDAO / CIRAD – SAR. Montpellier.
- Bertrand.G, (1968).** Paysage et géographie physique globale – esquisse méthodologique, Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Vol. 39, n° 3, pp : 249-272.
- Brossard.T, Joly.D, Ormaux.S, Tourneux.F, weiber.J-C, (1992).** Les composants du paysage, Mappemonde, Vol. 2, pp. 32-33
- Casado.A, (2007) :** Etude de la structure et de la dynamique des paysages de montagne, Master 2 Géoenvironnement, Université Blaise Pascal, Département de Géographie.
- CDCGE. (2016).** Ministère de l'environnement et du développement durable. Monographie des oasis traditionnelles du gouvernorat de Tozeur. 405 p
- Domon,G, (2007) :** L'histoire du paysage récente de la vallée de Limpach, Suisse, Landscape Ecole, p 45.
- McGarigal. K, (1995).** Programme spatial d'analyse de modèle pour la quantification de la structure du paysage, General Technical Report PNW-GTR-351, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon, USA.
- Venard. C, Delaitre. E, Callot. Y, (2009).** Exploitation d'images satellites à très haute résolution spatiale fournies par Google Earth, Exemple d'applications à l'étude de l'ensablement d'oliveraies en Tunisie.