

MODELING THE URBAN SPRAWL EFFECT ON VEGETATION-COVER IN ANNABA

R. A. Saouli^{1*}, N. Benhassine², A. Oularbi³

¹Departments of Architecture and territorial development, University-Badji Mokhtar-Annaba,
Laboratory of Bioclimatic Architecture and Environment (ABE), Algeria

²Laboratory (ABE), Department of Architecture, University-Salah Boubnider-Constantine 3,
Algeria

³Department of territorial development, University-Badji Mokhtar-Annaba, Algeria

Received: 16 May 2020 / Accepted: 18 October 2020 / Published online: 01 January 2021

ABSTRACT

The environment is related to urban sprawl; it's considered as the main threat to the natural city and the destruction of rural area. The aim of this study is to analyse changes on land-cover (urban task and forest-cover) in Annaba, using digital image processing techniques and Geographic Information Systems (GIS). In order to analyse land-use change and natural resource degradation and subsequently understand the relationship between the two processes, we mapped the urban stain and the vegetation-cover using multi-temporal satellite images on the years of 2000 and 2017. In that case, after observing and characterising the areas altering by the urban expansion, the modeling of the urban sprawl effect on vegetation-cover is realised by the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The results displayed that; on 17 years; the urban growth of Annaba decreases the vegetation-cover by 28.50 %.

Keywords: NDVI, vegetation-cover, land-cover, GIS, urban sprawl.

Author Correspondence, e-mail : mimi_rym@yahoo.fr

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v13i1.32>



1. INTRODUCTION

L'environnement subit les effets de l'étalement urbain, ce dernier se présente comme première menace de la destruction du couvert végétal en milieu urbain, dans la campagne limitrophe et même au-delà du périmètre suburbain. Critiqué surtout pour l'élimination des forêts, des terres agricoles [1], la détérioration de la qualité de l'eau [2] et la pollution atmosphérique [3], l'étalement urbain est une forme de développement urbain mal planifiée qui se caractérise par une expansion urbaine incontrôlée et incohérente. D'après une étude de la littérature existante, c'est aussi un développement discontinu [4] et une urbanisation à faible densité [5], il est comparé à un processus pathologique qu'on appelle "croissance cancéreuse ou virus" [6]. D'ailleurs, Nechyba et Walsh (2004) [7] ont énuméré une pléthore de maux liés à l'étalement urbain. Croissant dans plusieurs villes des pays en développement, il persiste préoccupant malgré les efforts déployés qui n'ont pas permis de l'enrayer [8]. En vue d'améliorer la qualité de vie urbaine, ce phénomène qui affecte la durabilité environnementale à l'intérieur et autour des espaces urbains, est une préoccupation majeure [9] à traiter et à surveiller.

La plupart des grandes villes algériennes, sont confrontées au problème de la détérioration de l'environnement physique et du cadre de vie, celle-ci se manifeste, entre autres, sous forme d'étalement urbain. N'étant pas exonérée de la stigmatisation de l'étalement urbain, Annaba est une ville qui a connu une forte attractivité qui a attiré de nombreuses personnes d'autres régions pour y vivre et y travailler [10]. L'exode rural a contribué à la proscription de l'habitat dans les banlieues urbaines, à la croissance rapide de la population et à l'urbanisation.

Suite à une croissance démographique considérable, la ville d'Annaba a été confrontée à un large éventail de problèmes urbains au cours des dernières décennies. En plus de la pollution de l'air, de l'eau et des sols, la ville a créé une forte pression sur les espaces forestiers, les ressources en eau, les paysages naturels et les espaces agricoles environnants en raison de l'étalement urbain. Les plus touchés par cette pression sont les espaces agricoles. La perte des sols fertiles a des conséquences économiques et écologiques [11] considérables. A cet égard, l'étalement urbain à Annaba équivaut à la dégradation de l'environnement et devient problématique. Par conséquent, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de l'étalement urbain d'Annaba sur la couverture végétale (forestière et agricole).

2. METHODES ET MATERIELS

Il est utile de comprendre l'état actuel du couvert végétal de l'aire d'étude par plusieurs techniques et géo-technologies sophistiquées telles que la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG). Il convient de noter que l'utilisation d'images satellites et des SIG contribuent de manière significative à la fiabilité de l'analyse et l'évaluation des changements du couvert végétal d'Annaba ainsi qu'à la compréhension de sa dynamique de façon économique et opportune. Pour analyser et détecter ces changements sur une période de 17 ans, des données spectrales sont nécessaires pour évaluer l'Indice Différentiel Normalisé de Végétation (NDVI) des années 2000 et 2017.

2.1. Données utilisées pour la modélisation

Partant du principe qu'il faut satisfaire les besoins de la génération actuelle sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins, l'objectif de ce travail est d'évaluer les changements et les caractéristiques spatiales et temporelles du couvert végétal de l'aire d'étude à travers l'estimation de l'Indice Différentiel Normalisé de Végétation (NDVI), à partir des données Landsat 7 / ETM+ (2000) et Landsat 8 / OLI (2017), en employant des outils utilisés pour la surveillance de la végétation "SIG" et des méthodes basées sur des techniques de télédétection. En mesurant la couverture végétale à la surface du sol sur de vastes étendues, (NDVI) nous permet de générer des images affichant de la verdure entre 2000-2017. L'analyse au fil du temps des valeurs de cet indicateur (NDVI), qui sont étroitement liées à la masse verte, nous permet de déterminer et de surveiller la dynamique des mutations dans la taille de la couverture végétale sur une période de 17 ans.

Pour l'accomplissement de la présente recherche, deux images satellites de différents capteurs (une image ETM+ de l'année 2000 et une autre OLI prise en l'an 2017) ont été téléchargées à partir de l'archive des données Landsat, du centre d'observation et des sciences des ressources de la terre [12] des États-Unis, pour être par la suite traitées et analysées par plusieurs logiciels en particulier MapInfo Professional 8.0, ArcMap 10.2, Global Mapper 16 ainsi que le logiciel ENVI 4.5 pour le traitement des images multi-spectrales.

L'image satellite raster du capteur Landsat 7 ETM+, prise le 25 Mars année 2000, qui couvre l'aire d'étude, se trouve dans deux scènes qui correspondent à un Path (numéro de colonne)

égal à 193 et à un Row (numéro de ligne) égal à 34 et 35. Tandis que l'image Landsat 8 OLI, prise le 25 Mars 2017, se trouve uniquement dans une seule scène qui se distingue par un numéro de série qui correspond à un Path égal à 193 et un Row égal à 34.

2. 2. Traitements des données satellites de télédétection (2000-2017) : calcul du NDVI

Dans un but de quantifier les concentrations de végétation dans l'aire d'étude et aussi pour détecter les changements du couvert végétal en estimant les pertes de superficie forestière et agricoles causées en grande partie par l'étalement urbain, dans la période comprise entre les années 2000 et 2017, nous procédons à une fusion de plusieurs canaux par l'intermédiaire du logiciel ArcMap 10.2 (figure 1) pour l'estimation et l'analyse de l'indice de végétation (NDVI) de manière multi-temporelle. Le calcul de cet indice se fait par le biais des SIG (ArcGIS) suivant la formule suivante : $NDVI = ((IR - R)/(IR + R))$ [13], où IR représente les valeurs de pixel du canal infrarouge et R fait référence aux valeurs de pixel du canal rouge.

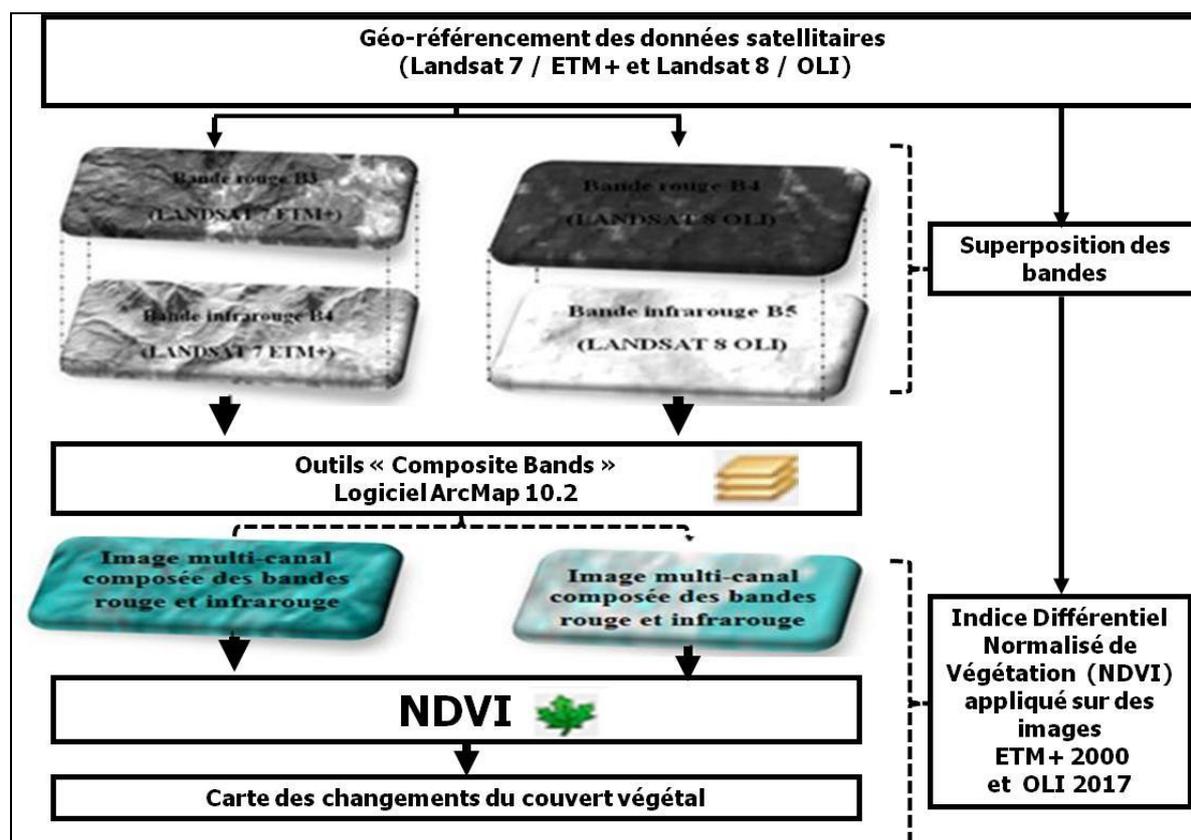


Fig.1. Étapes méthodologiques pour la création de jeux de données raster à partir de la fusion de canaux par le logiciel ArcMap 10.2. Cas de référence, propre élaboration, 2018

À partir d'une série d'images satellites multi-spectrales géo-référencées, à faible coût, contenant les limites de l'aire d'étude, nous effectuons, à l'aide d'un système d'information géographique, la superposition de plusieurs bandes (la bande correspondant au rouge et celle correspondante au proche infra-rouge). Pour le capteur Landsat 7, le rouge correspond à la bande N°3 et l'infra-rouge convient à la bande N°4. Tandis que pour le capteur Landsat 8, le rouge se reporte à la bande N°4 et l'infra-rouge concorde avec la bande N°5. La création d'images multi-canaux, du type tiff, de l'année 2000 et de l'année 2017 (figure 2), se sont faites à partir d'un outil de la toolbox ArcMap 10.2 (Composite Bands) dans la boîte à outils (Data Management). Ces images multi-canaux obtenues par la superposition des bandes servent à extraire l'Indice Différentiel Normalisé de Végétation (NDVI) pour les années 2000 et 2017.

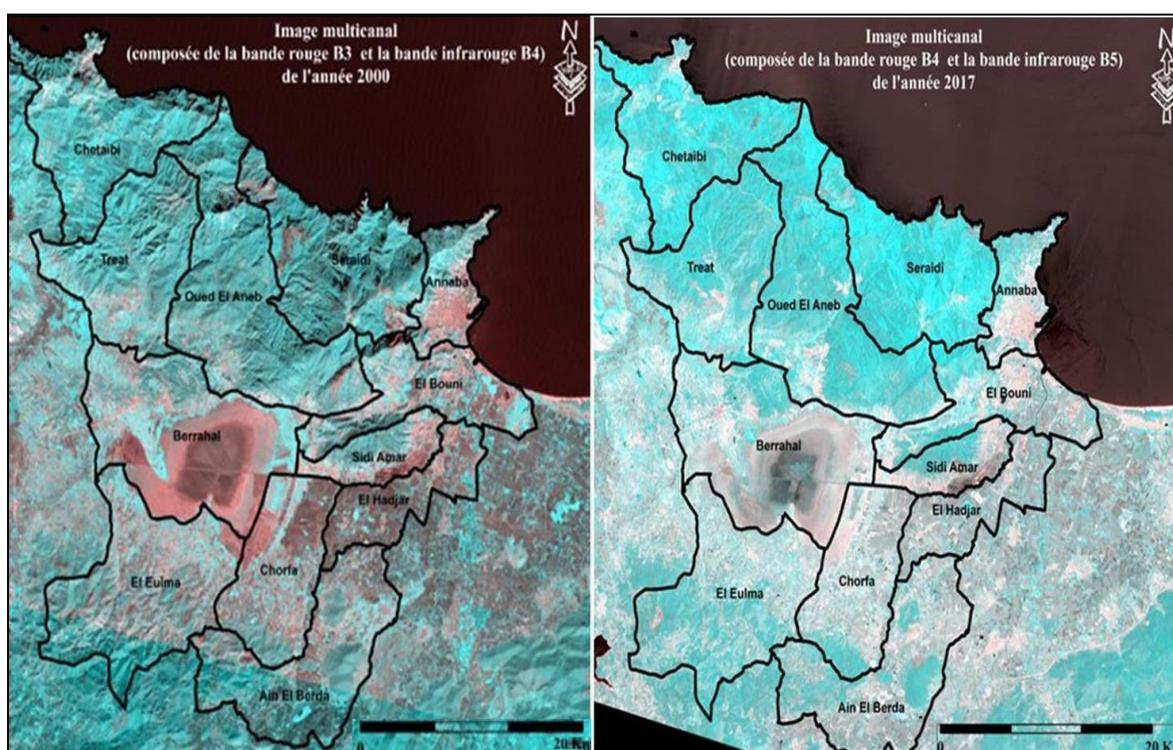


Fig.2. Images multi-canaux des années 2000 et 2017 (superposition des bandes),

Source : cas de référence, propre élaboration, 2018

Juste après la configuration des bandes, il suffit d'ouvrir la fenêtre « Image Analysis » d'ArcMap 10.2 et de cocher la case « Scientific Output ». Sur la base des caractéristiques et

de la signature spectrale des bandes rouges et infrarouges, une image qui varie en nuances de gris est générée. Les valeurs de -1, qui représentent l'absence de végétation, sont dans des tons sombres (absence de couverture végétale). Par contre, les valeurs de +1, qui mettent en évidence les zones à végétation dense, sont représentées dans des tons plus clairs (figure 3).

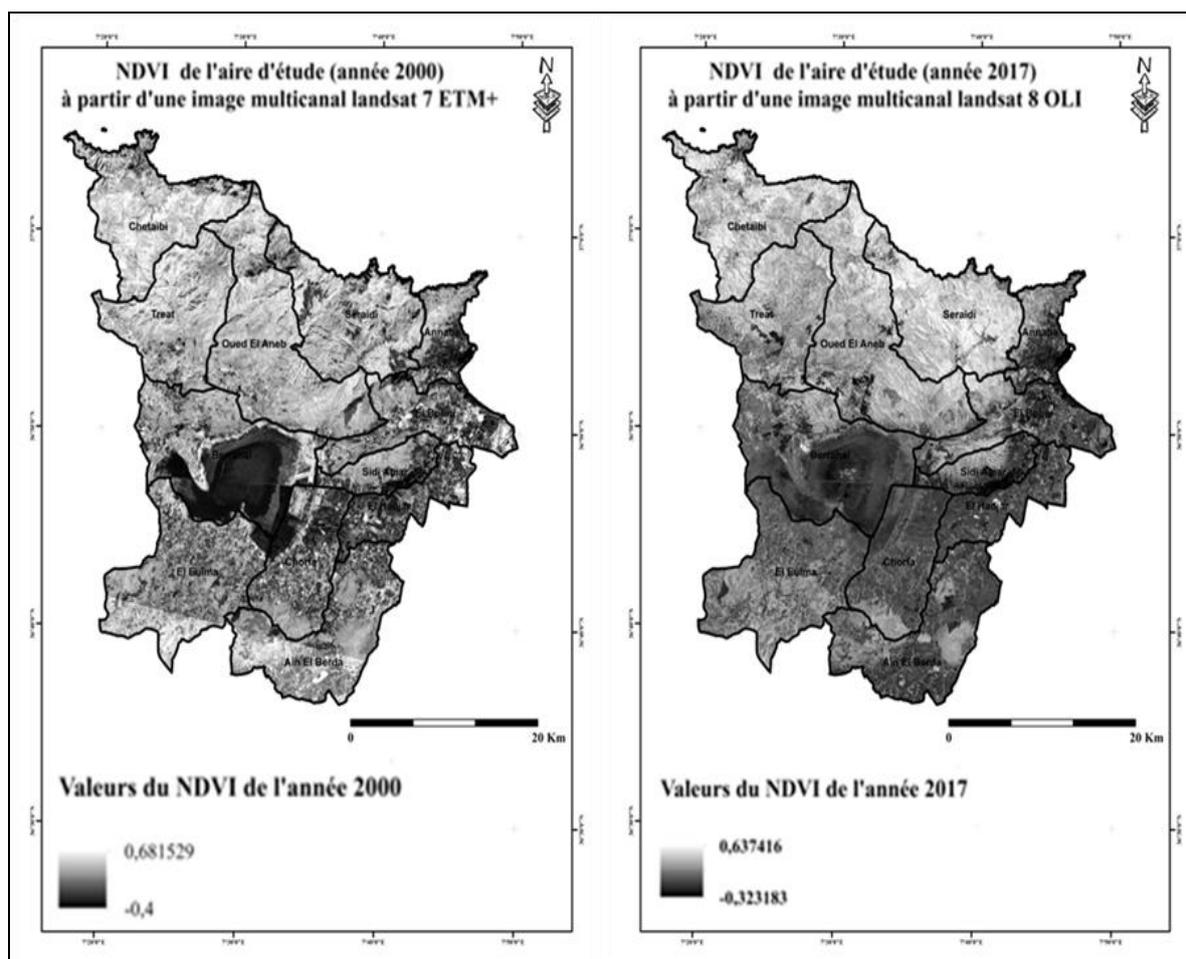


Fig. 3. Estimation du NDVI de l'aire d'étude (années 2000 et 2017) par images multi-canaux: landsat 7 ETM+ et landsat 8 OLI. **Source:** cas de référence, propre élaboration, 2018

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Afin de faciliter la perception des changements de l'Indice Différentiel Normalisé de Végétation (NDVI) entre l'année 2000 et 2017 issus du traitement d'images multicanaux, deux cartes thématiques sont élaborées (figure 4) à l'aide du logiciel ArcMap 10.2. L'outil « Reclassify » nous a permis de reclasser les NDVI des images rasters en entrées.

Les valeurs reclassées dans les rasters en sorties sont affectées à deux types. Le premier type, correspondant à des valeurs du NDVI supérieures à 0,25, concorde avec tout ce qui se rapporte aux couverts végétaux. Tandis que pour le deuxième type, dont les valeurs du NDVI sont inférieures à 0,25, il représente les surfaces autres que la végétation.

Les cartes élaborées montrent une nette variation des indices de végétation propre à l'aire d'étude. La couleur noire, dans les deux cartes réalisées, représente des surfaces où le couvert végétal est absent tandis que la couleur verte est associée aux surfaces où se manifeste la présence du couvert végétal. Dans la carte qui correspond à l'estimation du NDVI de l'année 2000, le couvert végétal, d'une superficie de 861.28 Km² ; estimé à 60,85% de la surface totale, est supérieur de 21.7% par rapport aux surfaces autres que la végétation qui représentent seulement 39,15% de l'aire d'étude. Dans la seconde carte, le couvert végétal de l'année 2017 avec une superficie de 840.90 Km² a été estimé à 50,61% de la surface totale.

Actuellement, la production et la croissance urbaine rapide se développent partout et activement, d'où l'utilisation excessive des ressources naturelles, ce qui détermine la nécessité d'une surveillance constante de l'environnement naturel et des territoires. Une attention particulière des scientifiques a été récemment portée sur l'impact de l'étalement urbain au détriment de la couverture végétale. La pertinence et l'importance du sujet de cette recherche nécessite un soutien technologique pour la cartographie des espaces naturels.

En ce sens, l'analyse des changements qui se produisent dans la végétation à travers le temps et l'espace afin d'évaluer l'état de la couverture végétale nous permet non seulement de sauver l'écosystème dans son ensemble mais aussi de minimiser autant que possible la dégradation de l'environnement résultant principalement de la croissance urbaine. La méthode de télédétection est assez efficace [14] et très instructive pour résoudre les problèmes de gestion rationnelle de la couverture végétale.

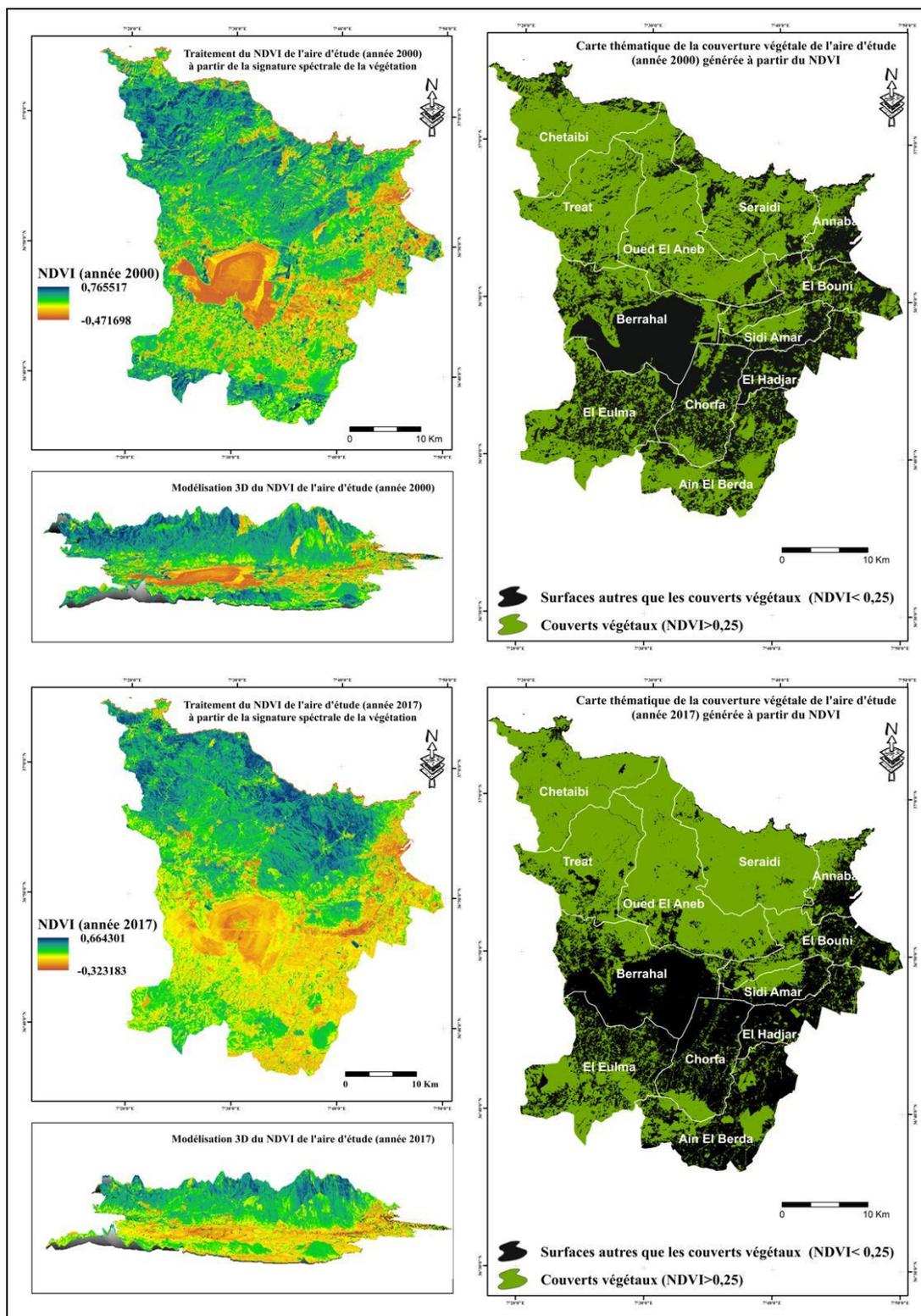


Fig.4. Cartes thématiques de la couverture végétale de l'aire d'étude (années 2000 et 2017) générées à partir du NDVI, **Source :** cas de référence, propre élaboration, 2018

Dans un but de déterminer et comparer chronologiquement ces changements au cours des périodes évaluées (2000-2017), l'analyse des données de NDVI a été prise en charge et traitée sous le logiciel ArcMap 10.2. La comparaison des couvertures végétales par rapport à la période évaluée est présentée dans le tableau1, dans lequel l'évolution et les changements intervenus en l'espace de 17 ans sont détaillés.

Tableau 1. Statistiques du résultat d'analyse de l'évolution de la couverture végétale de l'aire d'étude au cours de la période 2000-2017

	Valeurs
Superficie de la couverture végétale en l'an 2000 (Km ²)	861,283 Km ²
Superficie de la couverture végétale en 2017 (Km ²)	840,903 Km ²
Différence (superficie 2000-2017) en Km ²	20,38 Km ²
Taux de changement entre la période 2000 et 2017 (%)	2,366 %
Superficie des couverts végétaux disparus après l'an 2000 (perte) en Km ²	174,055 Km ²
Superficie des couverts végétaux apparus après l'an 2000 (gain) en Km ²	153,676 Km ²
Taux de perte des couverts végétaux après l'an 2000 (%)	20.208 %
Taux de gain des couverts végétaux après l'an 2000 (%)	17.842 %

Dans les résultats des surfaces de végétation présentes après l'année 2000, il est clairement observé que 20.208% des couverts végétaux ont disparus dans certains espaces après l'an 2000 et qu'entre temps 17.842% sont apparus dans d'autres. En soustrayant la valeur des gains à celle des pertes, nous trouvons un taux de changement de la couverture végétale entre la période 2000 et 2017 égal à 2.366% ce qui correspond à une perte de 20.38 Km² révélant ainsi une régression de la couverture végétale entre ces deux dates.

Indiquée par une couleur verte sur la (figure 5) montrant la dynamique et l'état des changements de la couverture végétale à Annaba sur une période de 17 ans, l'espace où la dynamique de la végétation est restée constante apparaît surtout au niveau de la partie Nord de la ville d'Annaba.

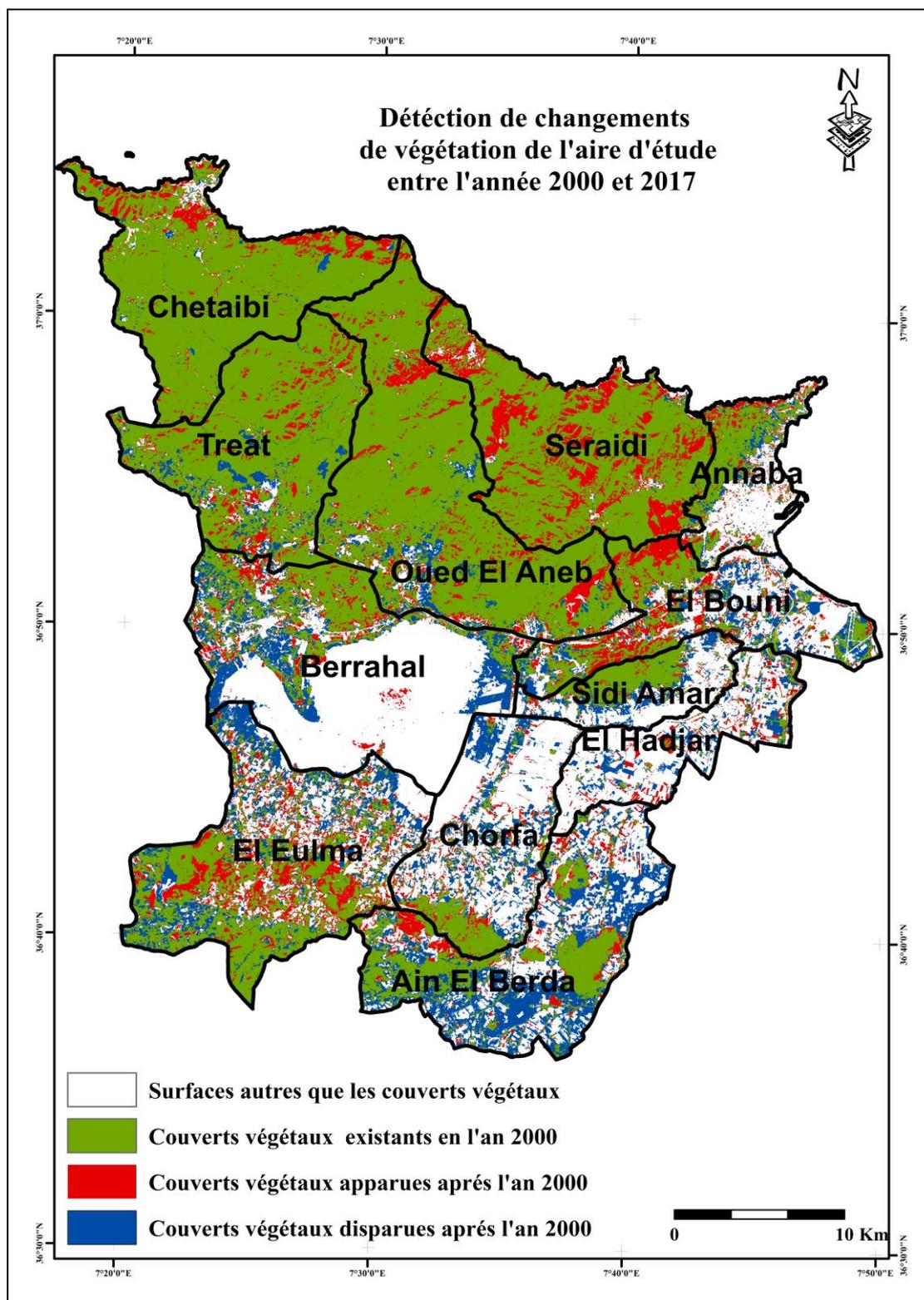


Fig.5. Dynamique et état des changements de la couverture végétale à Annaba sur une période de 17 ans (2000-2017), **Source :** cas de référence, propre élaboration, 2018

Comme on peut le voir sur la figure 5, la couleur bleu, se concentrant spécialement sur la partie Sud de l'aire d'étude, nous dévoile les communes les plus touchées par la disparition du couvert végétal entre 2000 et 2017. La répartition des espaces présentant des changements négatifs (pertes) importants dans la couverture végétale est relativement fragmentée, principalement distribuée à l'intérieur de la commune Ain El Berda qui est la plus sujette à cette perte de végétation suivi par les communes El Eulma et Chorfa.

3.1. Empiètement des espaces bâtis sur le couvert végétal du territoire d'Annaba

Les changements d'utilisation des terres et la dégradation du couvert végétal, résultants d'une urbanisation aléatoire, sont souvent complexes et non linéaires. Ils exigent réflexion et méritent une série d'observations. Dans un suivi pour réduire les effets d'une urbanisation éparse, il convient d'utiliser les outils adéquats au service de l'environnement.

Pour détecter les causes des changements observés dans la couverture végétale de l'aire d'étude et évaluer l'effet de l'étalement urbain qui s'opère sur l'état de la végétation entre 2000 et 2017, des données satellites multi-temporelles peu coûteuses nous ont permis d'obtenir des informations sur l'occupation du sol en 2017 et d'en extraire par la suite la forme de la tâche urbaine pour pouvoir la superposée avec le couvert végétal disparu après l'an 2000 (figure 6) avec une idée de trouver et d'identifier le lien quantitatif qui existe entre l'étalement urbain (espaces urbanisés) et la disparition de la végétation qui peut être considérée comme un indicateur important de la pression de l'urbanisation sur la biodiversité.

Les progrès technologiques et l'application de la télédétection et du SIG nous ont facilité la cartographie et l'analyse détaillées de la prolifération urbaine au profit du couvert végétal de l'aire d'étude. Ils ont joué un rôle de premier plan au cours de cette recherche, dans la collecte, la visualisation de l'étendue du phénomène en question, la quantification et l'estimation des données spatiales sur l'étalement urbain (tâche urbaine) en vue d'en évaluer les conséquences sur la couverture végétale sur une période de 17 années. La vue synoptique des pertes du couvert végétal, entre 2000 et 2017 (cf. figure 6), superposée à la tâche urbaine, nous a aidés à mieux détecter et comprendre la corrélation temporelle et visuelle (figure 7) entre la dégradation de la végétation et l'étalement urbain.

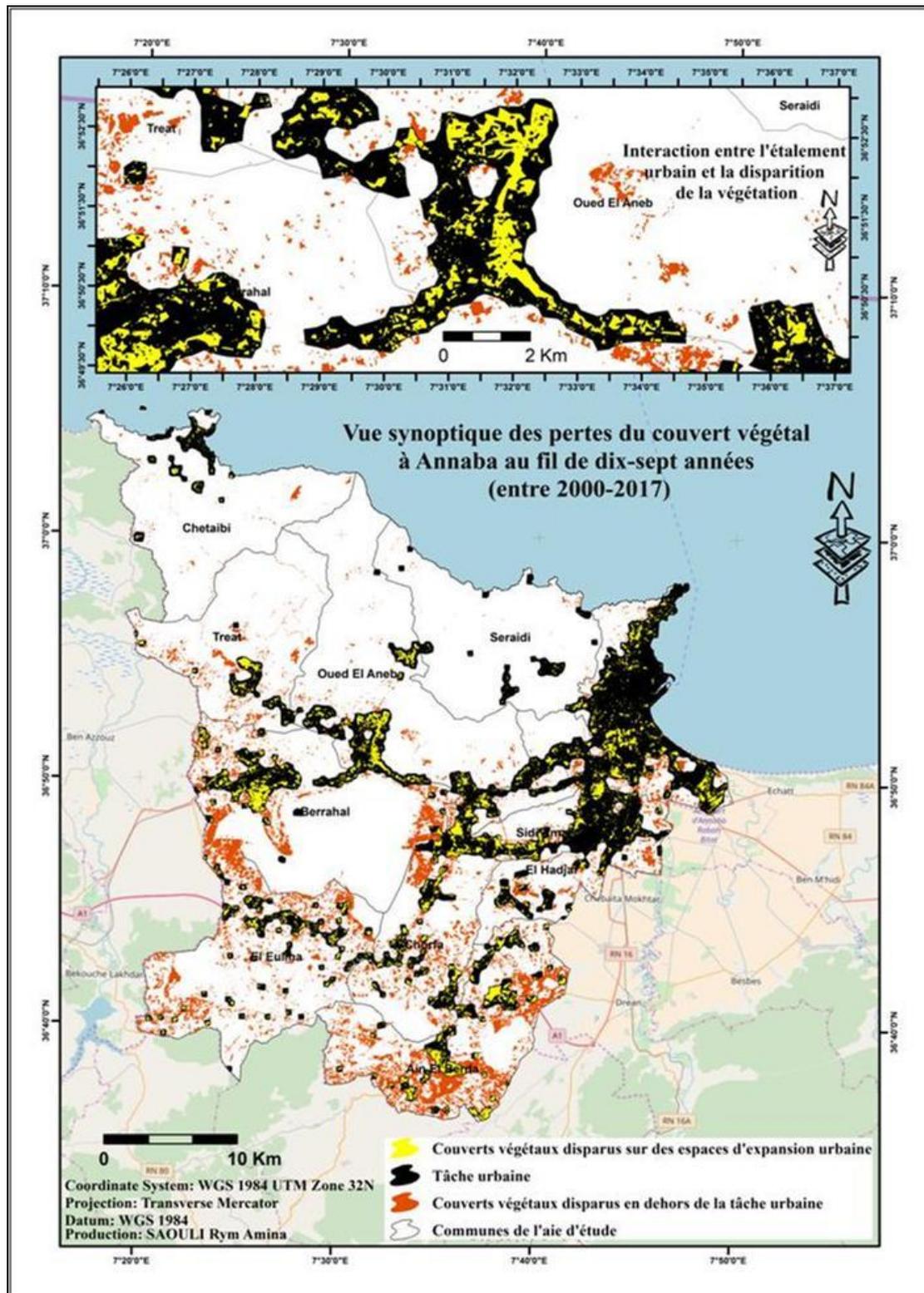


Fig.6. Vue synoptique des pertes du couvert végétal à Annaba (entre 2000 et 2017),

Source : cas de référence, propre élaboration, 2018

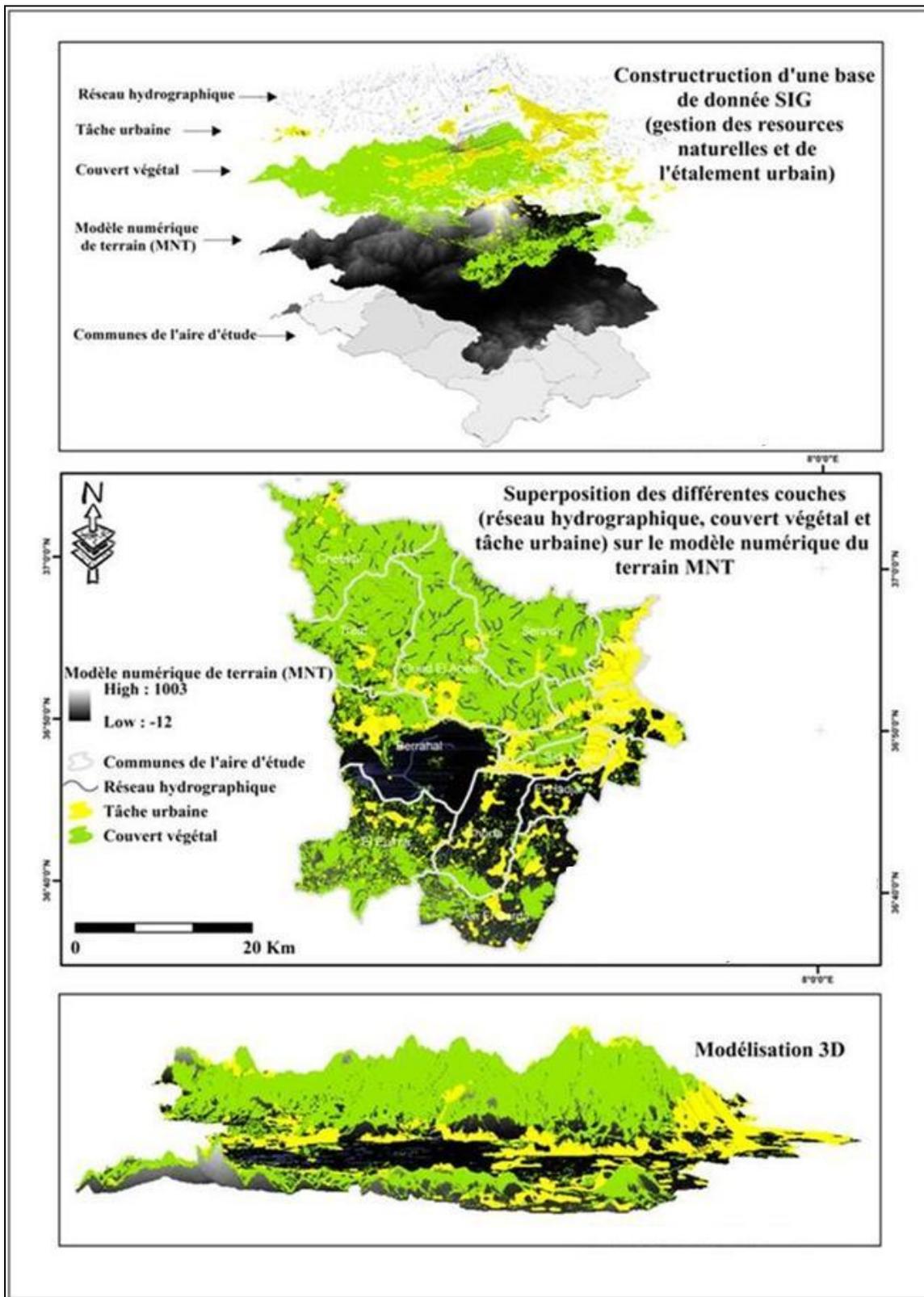


Fig.7. La géomatique au service de l'urbanisme, vers une nouvelle démarche de connaissance du milieu physique et urbain Annabi pour une gestion durable de l'étalement urbain,

Source : cas de référence, propre élaboration, 2018

Le résultat d'évaluation quantitative de l'impact de l'étalement urbain sur la couverture végétale (Tableau 2) révèle un taux de perte des couverts végétaux causé par l'étalement urbain égal à 28.50 %.

Tableau 2. Evaluation quantitative de l'impact de l'étalement urbain sur la couverture végétale au cours d'une période de 17 années (entre 2000-2017)

	Valeurs
Superficie de la tâche urbaine (Km ²)	232,323 Km ²
Superficie des couverts végétaux disparus après l'an 2000 (perte) en Km ²	174,055 Km ²
Superficie des couverts végétaux disparus sur des espaces d'extension urbaine en Km ²	49,614 Km ²
Superficie des couverts végétaux disparus en dehors de la tâche urbaine en Km ²	124,441 Km ²
Taux de perte des couverts végétaux à cause de l'étalement urbain (%)	28.505 %

Après avoir établi le lien quantitatif entre le processus d'étalement urbain et la perte de végétation dans le tableau 2, qui nous a donné des estimations statistiques en Km² des superficies de la tâche urbaine (232,323 Km²), des couverts végétaux disparus non seulement sur des espaces d'extension urbaine (49,614 Km²) mais aussi en dehors de la tâche urbaine (124,441 Km²), nous vérifions et renforçons ces calculs à travers un constat visuel par un zoom sur la commune de Oued El Aneb (cf. figure 6) confirmant la corrélation qui existe entre les deux processus.

4. CONCLUSION

Dans une approche analytique, cette étude présente la corrélation qui existe entre le processus d'étalement urbain et la réduction de la couverture végétale dans la ville d'Annaba, à travers les ressources disponibles dans les Systèmes d'Information Géographique (SIG), durant la période qui s'étale entre 2000 et 2017. L'objectif de ce travail est d'évaluer la dynamique des changements de la végétation d'Annaba dans le temps et dans l'espace dans une perspective d'un développement urbain durable. Les SIG et la télédétection sont utilisés pour analyser le

phénomène de la transformation des terres agricoles en terres urbaines.

Les résultats d'images satellitaires et de l'Indice Différentiel Normalisé de Végétation (NDVI) montrent qu'une quantité considérable de terres agricoles et forestières, s'est convertit en espaces à usages urbains. La réduction de 28.50% des terres productives est causée par l'étalement urbain, pendant la période étudiée de 17 ans. Compte tenu que le processus d'expansion urbaine d'Annaba consomme du couvert végétal (vital), il est conclu que l'étalement urbain exerce une forte pression sur les espaces de valeurs écologiques. Ainsi, la ville d'Annaba connaît aujourd'hui un étalement urbain épars et une consommation excessive des terres agricoles. Son expansion urbaine diffuse et désorganisée empiétant sur les espaces productifs de valeur écologique transgresse les principes de l'urbanisation durable.

Dans ce contexte, conformément aux principes du développement urbain durable, une gestion efficace de l'utilisation des sols est recherchée puisqu'une planification urbaine durable stipule de construire une ville qui répondrait aux besoins de la population sans épuiser le capital naturel. Ainsi, suite à la corrélation entre les mutations du couvert végétal et le processus d'étalement urbain, l'un des défis futurs de cette recherche consiste à orienter l'urbanisation de la ville en minimisant à l'avenir ses coûts environnementaux.

5. REFERENCES

- [1] Mohammady, S., Delavar, M. R. Modélisation de l'étalement urbain. Le cas de la ville de Sanandaj, Iran. *Journal of Settlements and Spatial Planning*, 2014, 5 (2), 83-90.
- [2] Hasse, J. E., Lathrop, R. G. Land resource impact indicators of urban sprawl. *Applied geography*. 2003, 23(2-3), 159-175, doi.org/10.1016/j.apgeog.2003.08.002
- [3] Brueckner, J. K. Urban sprawl: diagnosis and remedies. *International regional science review*. 2000, 23(2), 160-171, doi: 10.1177/016001700761012710
- [4] Weitz, J., T. Moore. Development inside Urban Growth Boundaries: Oregon's empirical evidence of contiguous urban form. *Journal of the American Planning Association*. 1998, 64(4): 424-440, doi.org/10.1080/01944369808976002
- [5] Pendall, R. Do land-use controls cause sprawl? *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 1999, 26(4), 555-571, doi.10.1068/b260555

- [6] Dilorenzo, W. The Myth of Suburban Sprawl. USA Today. 2000, 128 (May), 54–56.
- [7] Nechyba, T. J., Walsh, R. P. Urban Sprawl. Journal of Economic Perspectives. 2004, 18 (4), 177-200, doi: 10.1257/0895330042632681
- [8] Donk, V. M. Positive Urban Futures in Sub-Saharan African: HIV/AIDS and the Need for A Broader Conceptualisation (ABC). Environment and Urbanisation. 2006. 18(1): 155-177.
- [9] Jaeger, J. A., Schwick, C. Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) and its application to Switzerland. Ecological indicators. 2014, 38, 294-308, doi.10.1016/j.ecolind.2013.11.022
- [10] Saouli, R. A., Benhassine, N., Oularbi, A. A spatio-temporal retrospective of the urban sprawl of Annaba (Algeria). Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2020, 12(2), 825-844, doi.org/10.4314/jfas.v12i2.20
- [11] Koellner, T. Land use in product life cycles and its consequences for ecosystem quality. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2002. 7(2), 130-130.
- [12] EarthExplorer, U. S. G. S. USGS EarthExplorer—US Geological Survey. Available online: <http://earthexplorer.usgs.gov>. 2016.
- [13] Wang, J., Rich, P. M., Price, K. P., Kettle, W. D. Relations between NDVI, grassland production, and crop yield in the central Great Plains. Geocarto International. 2005, 20 (3), 5-11, doi.10.1080/10106040508542350
- [14] Saouli, R. A. Cartographie thématique d'Annaba (Algérie) par le biais d'outils d'aide à la décision (SIG et télédétection). Annales de l'université d'Alger. 2018, 32(4), 918-936.

How to cite this article:

Saouli R.A, Benhassine N, Oularbi A. Modeling the urban sprawl effect on vegetation- cover in Annaba. J. Fundam. Appl. Sci., 2021, 13(1), 618-633.