



ETALEMENT URBAIN ET SON IMPACT SUR LES RESSOURCES EN EAU MOYENNANT LA TELEDETECTION ET LES SIG : CAS DU GRAND TUNIS

URBAN EXPANSION AND ITS IMPACT ON WATER RESOURCES USING REMOTE SENSING AND GIS: CASE OF GREAT TUNIS.

SAIDI S.^{1,2}, AMMAR S.¹, JLASSI F.³, BOURI S.²

¹ Faculté des Sciences de Tunis, Campus Universitaire - 2092 Manar II –Tunis,

² Laboratoire Eau Energie Environnement LR3E ENIS,

³ Direction des ressources en eau, CRDA Mannouba,

salwa_saidi@yahoo.fr

RESUME

L'objectif de ce travail est d'étudier les effets de l'urbanisation sur les ressources en eau du Grand Tunis, cette zone qui connaît d'énormes problèmes d'extension urbaine anarchique.

Afin de mettre en évidence la variation spatio-temporelle des zones urbanisées, on a utilisé la classification des images satellitales de haute résolution pour différentes périodes (1987-2013) moyennant des logiciels de télédétection. Cette classification a montré un dédoublement des surfaces urbanisées.

Moyennant l'équation du bilan hydrologique et les systèmes d'Information Géographique (SIG), on a pu cartographier les volumes ruisselées et infiltrés dans les bassins versants du Grand Tunis et estimer l'impact de l'étalement urbain sur les ressources en eau de la zone d'étude.

L'application a montré que l'augmentation des surfaces urbaines au cours des trente ans a causé des perturbations et essentiellement des modifications d'alimentation, d'écoulement, de des volumes d'eau infiltrées.

Mots clés : Grand Tunis, Evolution urbaine, ressources en eau, SIG , télédétection.

ABSTRACT

The main objective of this work is to study the effects of urbanization on water resources in the Great Tunis, who knows a huge problem of anarchic urban expansion.

To highlight the spatial and temporal variation in urban areas the classification of satellite images was used for various periods (1987-2013) through remote sensing software. This classification demonstrate a twice increase of urban surface.

Using hydrologic equation and Geographical Information System (GIS) runoff and infiltrated water quantities are calculated in Greater Tunis basin allowed us to estimate the impact of urban expansion.

The application shows that urban expansion caused disturbances on groundwater and essentially changes in water characteristics such as flow, rates and quality and infiltration rates.

Keywords: Great Tunis, Urban Evolution, water resources, GIS, remote sensing.

INTRODUCTION

Les pressions qui pèsent sur les ressources en eau sont de plus en plus fortes, principalement en raison des activités humaines - notamment l'urbanisation, la croissance démographique, l'augmentation du niveau de vie, la concurrence croissante pour les ressources en eau et la pollution. De plus, le changement climatique et les variations des conditions naturelles viennent aggraver la situation.

Cette concentration humaine dans les zones urbaines a engendré une forte pression sur les ressources en eau de surface et a eu pour conséquence directe la rupture de l'équilibre entre les milieux urbain et rural.

La problématique générale de ce travail porte sur l'étalement urbain et l'évaluation de son impact sur les ressources en eau et en particulier sur la recharge. En particulier, le suivi de l'occupation des sols et l'usage des sols mettant en évidence l'artificialisation du territoire et l'étalement urbain à différentes échelles en milieu urbain et périurbain. En particulier, l'agglomération tunisoise, objet de la présente étude, qui a connu dès le début

des années soixante-dix une extension spatiale rapide notamment vers le nord et le sud. Ce qui a rompu l'équilibre hydraulique.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent travail. Cette question soulève le problème des données et de la méthodologie à utiliser pour parvenir à représenter correctement les changements qui se sont produits au cours de la période d'étude (soixante-dix ans). Dans ce travail, les images satellitales sont les sources d'information privilégiées.

Afin d'atteindre les objectifs précités, à part la télédétection, les systèmes d'information géographique offrent un environnement conviviale pour l'analyse, la gestion et la représentation spatiale des données (Saidi et al., 2009).

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone objet de la présente étude c'est le Grand Tunis. Elle est située au Nord Est de la Tunisie entre les longitudes et les latitudes : X1 : 557092 Y1 : 4047924 et X2 : 620855 Y2 : 4107550 (Ammar, 2014). Elle est limitée par la mer méditerranéenne à l'Est, à l'Ouest par Béja, au Nord par Bizerte et au Sud par Zaghuan. Elle présente une superficie totale de 260.000 ha soit 2% de la surface de la Tunisie (Figure 1).

Le climat de la région d'étude est méditerranéen, caractérisé par des hivers doux et humides et des étés chauds et secs (Jlassi, 2012).

La zone d'étude présente un réseau hydrographique comprenant essentiellement l'Oued Medjerda et l'Oued Méliane dont la Medjerda, reçoit les plus grandes quantités de précipitations (plus de 400 millimètres par an) : il fournit donc 82 % des ressources en eau du pays. Aussi la sebkha d'Ariana qui est une cuvette de 5 000 hectares située au Nord du lac de Tunis, dont elle est séparée par la plaine de La Soukra, et coupée du golf de Tunis par un cordon dunaire littoral entre Raoued et Gammarth (Manai et Hosni ,2014).

MATERIELS ET METHODES

Cartographie de l'évolution urbaine

La méthodologie adoptée dans ce travail consiste en une cartographie fine de l'occupation de sols mettant en exergue l'évolution des surfaces urbaines. Dans cette étape du travail, la technique utilisée est la classification des images

satellites moyennant la télédétection (Bourcier et Pouchin, 2006). En effet, la télédétection intervient à travers les différentes étapes de traitement des images Landsat, en tant que données brutes pour l'extraction des classes d'occupation du sol, mais aussi en tant qu'informations historiques sur l'extension des zones urbaines (Fig.2).

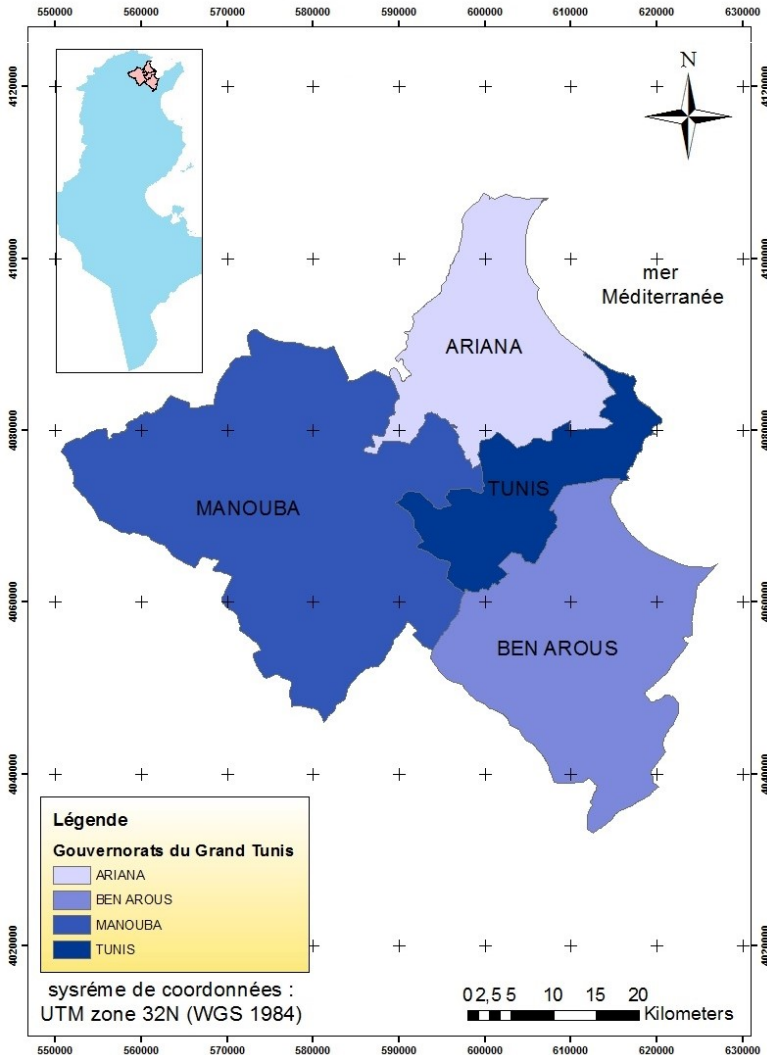


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude

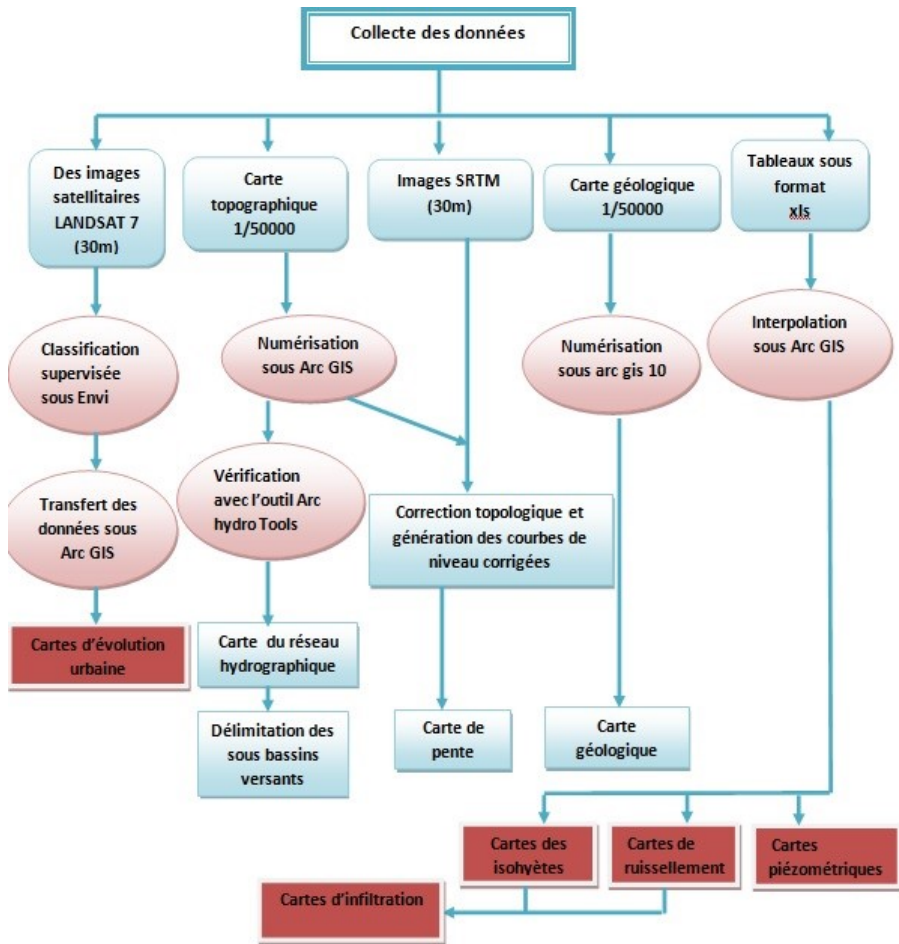


Figure 2 : Méthodologie adoptée.

Le type de classification utilisé dans ce travail est la classification supervisée moyennant le logiciel Envi. Cette classification tient compte de la connaissance du terrain. Elle a consisté à identifier visuellement un certain nombre d'éléments ou objets naturels ou artificiels qui peuvent-être ponctuels, linéaires ou surfaciés sur l'image.

En effet, elle se déroule en 4 étapes :

- la définition des régions d'intérêt ou ROI (Regions Of Interest);
- la sélection des échantillons de parcelles d'entraînement (ou Regions);
- la description et renseignement des différentes classes;
- le choix de l'algorithme de classification.

Les images utilisées couvrent la période 1987-2013 ;

Calcul et cartographie des volumes ruisselées et infiltrées

En hydrologie, une infiltration désigne le processus par lequel l'eau sur la surface du sol pénètre dans le sol. Afin de calculer le volume d'infiltration, on s'est basé sur la formule du bilan hydrologique représenté par l'équation suivante :

$$P=R+E+I+\Delta S \quad (1)$$

Appliquons la méthodologie décrite ci-dessus et après le calcul des valeurs de tous les paramètres tels que : P, R et I.

Donc l'équation adoptée dans le calcul de l'infiltration est la suivante :

$$I=P-(R+E) \quad (2)$$

Avec ΔS est négligeable.

Quant au volume d'eau ruisselé est calculé par l'équation suivante:

$$VR=(ST*P)*CRM \quad (3)$$

où :

VR : est le Volume ruisselé en mm

ST : la surface totale du bassin versant en m²

P : la pluie mm

CRM : est le coefficient de ruissellement moyen du bassin versant sans unité

Une cartographie des lames ruisselées et infiltrées est faite également en utilisant l'interpolation et les systèmes d'information géographique et ceci pour toutes les dates utilisées dans la classification d'occupation de sols et l'étude de l'évolution urbaine. La cartographie est faite pour toutes les sous bassins versants du Grand Tunis délimitées en utilisant l'extension d'Arc Hydro Tools d'Arc GIS (Fig. 3).

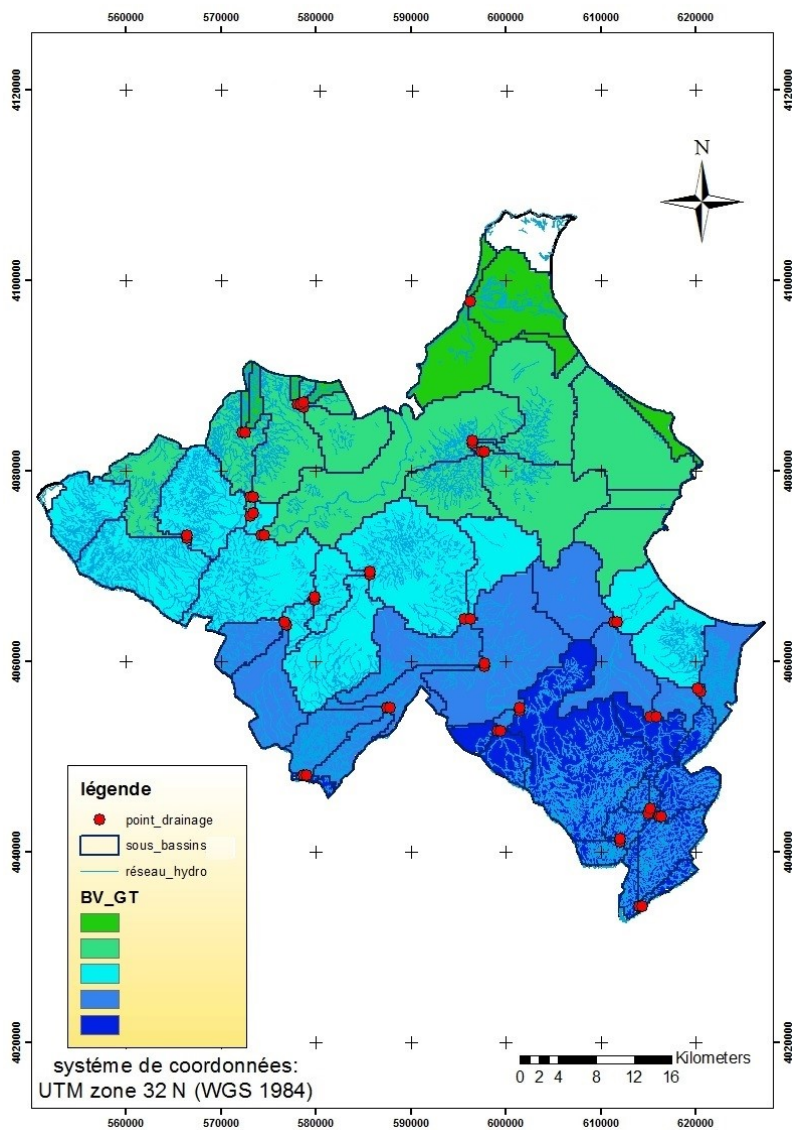


Figure 3 : Carte de délimitation des bassins versant du Grand Tunis

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Le traitement des images a montré que l'urbanisation est passée de 5000 ha en 1956 à 10000 ha en 1975, de 16000 ha en 1987 à 23500 ha en 2001 et de 32000 ha en 2009 à 34000 ha en 2013.

Le traitement des images a montré que les zones urbaines du grand Tunis ont doublé lors des deux dernières décennies et se sont multipliées par 6.5 fois depuis l'année 1956 :

Elle est passée :

- 5000 ha en 1956 à 10000 ha en 1975
- de 16000 ha en 1987 à 23500 ha en 2001
- de 32000 ha en 2009 à 34000 ha en 2013.

Tableau 1 : Densité de la population en fonction de l'évolution urbaine calculée par traitement des images satellitales.

| Années | 1987 | 2001 | 2009 | 2013 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Surface urbanisée (ha) | 15750 | 23.458 | 32.000 | 34.213 |
| population | 1.391.210 | 2.110.000 | 2.540.000 | 2.600.000 |
| Densité (hab/ha) | 88 | 90 | 92 | 92 |

Ce tableau montre qu'en 27 ans la surface urbanisée a été multipliée par 2,46 et la densité des surfaces urbanisée a diminué de 101 habitants à l'hectare à 90 habitants à l'hectare en 2001. Ces données attestent de l'importance de l'étalement spatial du grand Tunis qui s'est traduit par une sous-densification du tissu urbain.

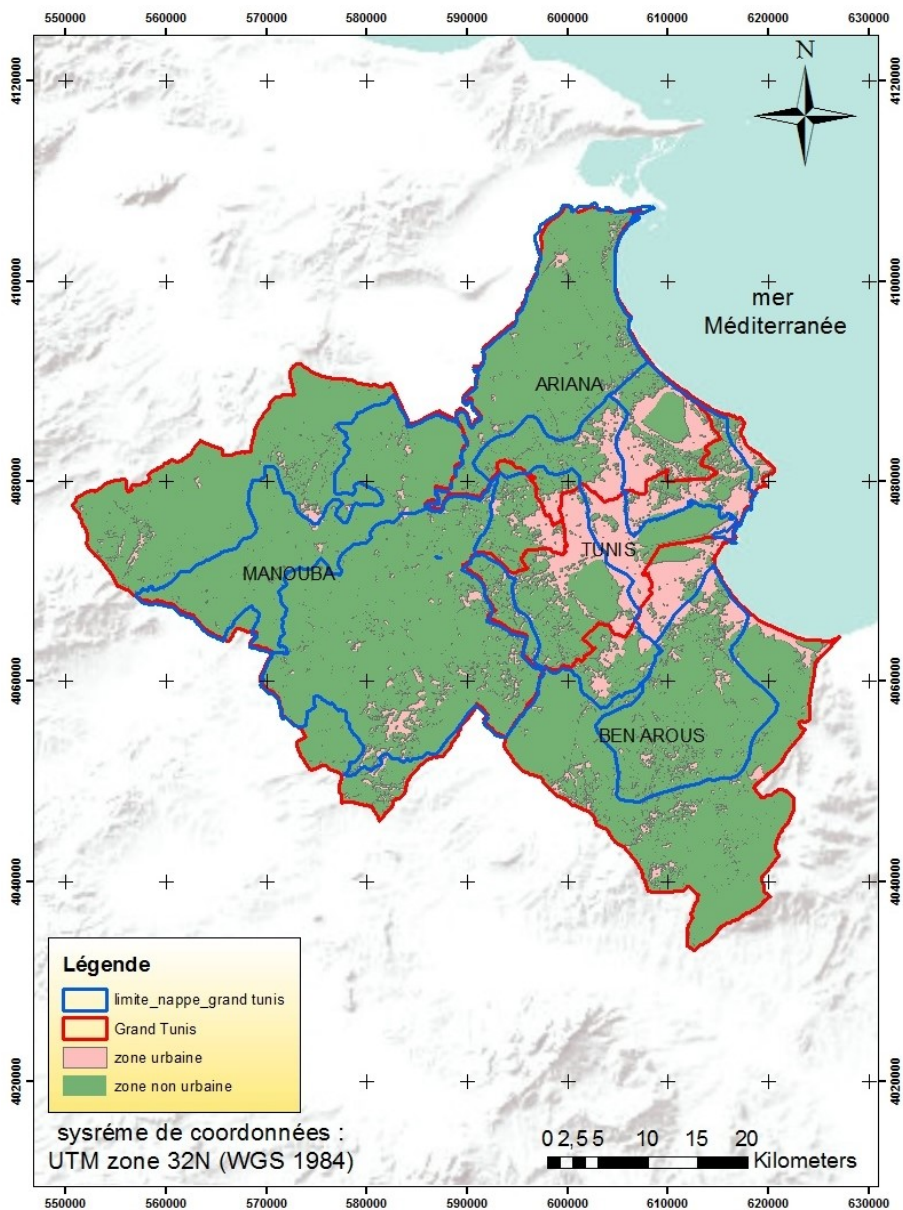


Figure 4 : Carte d'occupation de sols de l'année 1987

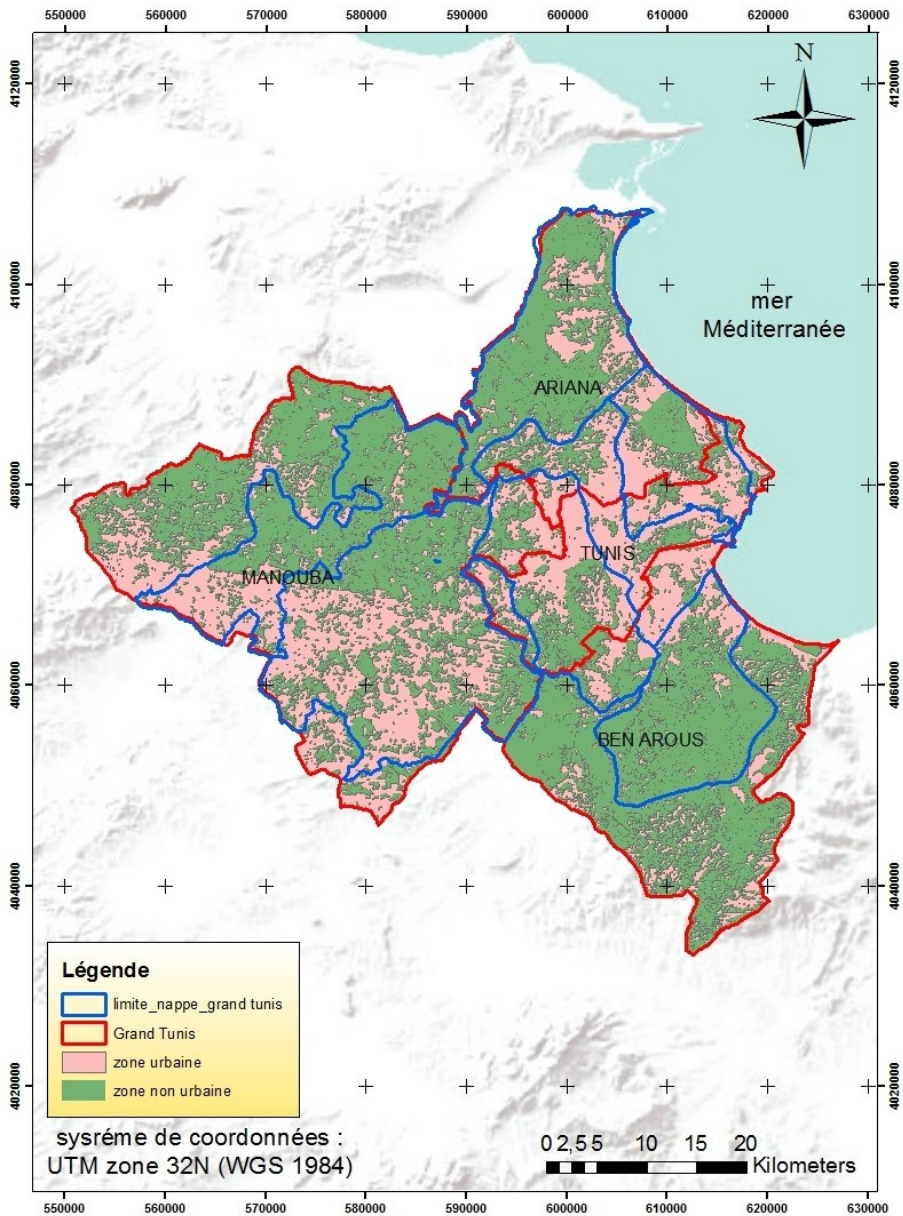


Figure 5 : Carte d'occupation de sols de l'année 2013

On peut déduire donc que l'étude de l'évolution urbaine de 1987 à 2013 a montré que le grand Tunis est caractérisé par un étalement qui se manifeste par une urbanisation très intense. Cet étalement pourra être dû à deux facteurs :

- le premier résulte des politiques urbaines adoptées par les planificateurs et qui consistait à aménager les terrains publics périphériques.
- le deuxième facteur de l'étalement est l'habitat informel et spontané qui a envahi les zones agricoles et les terrains périurbains.

L'évolution des fonctions centrales a été caractérisée par l'évolution d'une centralité unipolaire vers une centralité polynucléaire.

Ce glissement des fonctions centrales et notamment des commerces et des bureaux s'est opéré en direction des nouveaux quartiers qui se sont développés entre 1976 et 2000 (Nacef, 1988 ; KIEFFER, et SERRADJ, 2013).

L'analyse de l'infiltration sur le Grand Tunis montre une diminution de moitié (elle est passée de 400 mm à 200mm en moyenne de 1987 à 2013).

Tableau 2 : Volumes d'infiltration calculée pour les bassins versant du Grand Tunis

| année | Bassin versant/ (volume d'infiltration en (mm)) | | | | |
|-------|---|---------|---------|---------|---------|
| | BV1 | BV2 | BV3 | BV4 | BV5 |
| 1987 | 405.077 | 459.633 | 396.942 | 411.785 | 435.1 |
| 2001 | 390.394 | 358.839 | 383.659 | 395.920 | 415.126 |
| 2009 | 233.282 | 206.492 | 227.571 | 230.747 | 254.296 |
| 2013 | 233.115 | 202.231 | 224.498 | 219.684 | 252.725 |

D'après cette analyse d'infiltration sur le Grand Tunis, on constate que l'infiltration a diminué aux cours des années contrairement aux volumes ruisselés qui ont augmenté de 46.88 mm en 1987 à 152.728 mm en 2013 (Tab.2 ; Figs. 6 et 7).

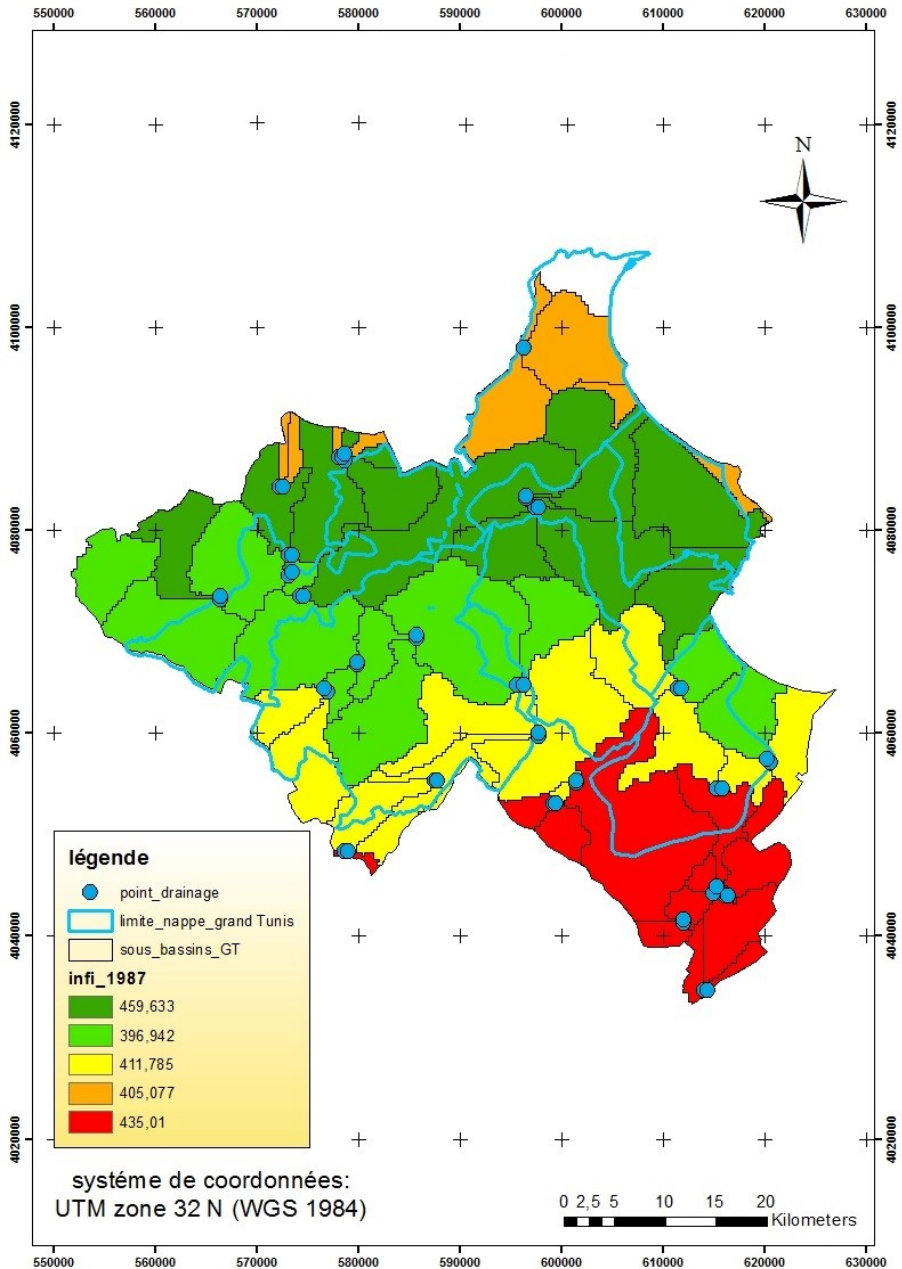


Figure 6 : Carte de répartition de l'indice d'infiltration du Grand Tunis (1987)

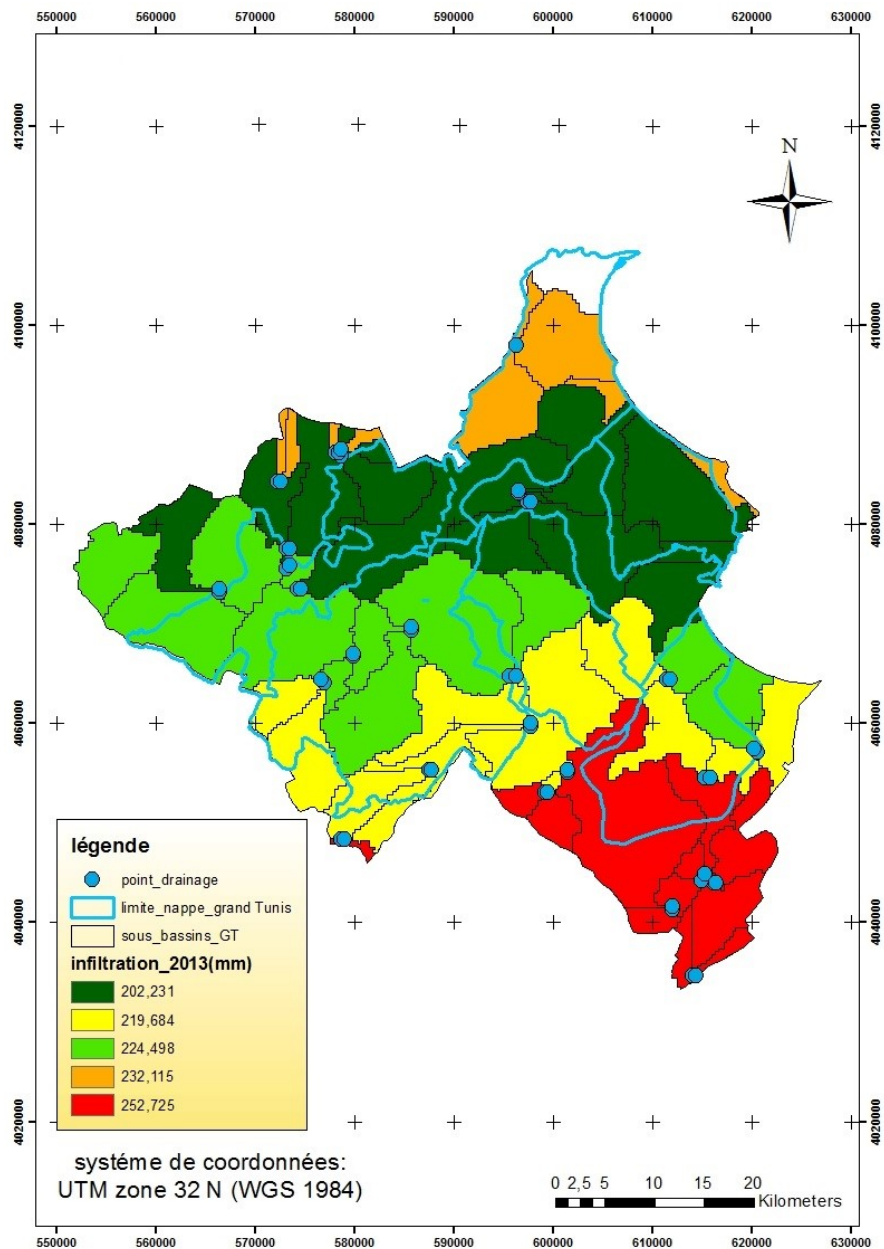


Figure 7 : Carte de répartition de l'indice d'infiltration du Grand Tunis (2013)

Donc, on constate comme deuxième impact de l'augmentation de la surface urbaine, le taux d'infiltration diminue. Ceci pourra être expliqué par la transformation de zones perméables (agricoles) en zones imperméables (urbaines).

CONCLUSION

L'analyse et la cartographie des différents paramètres impliqués dans le bilan hydrique nous a permis de tirer les conclusions suivantes (Ammar, 2014) :

- Le volume de ruissellement a augmenté de 46.88 mm en 1987 jusqu'à 152.728 mm en 2013.
- Le volume d'infiltration a diminué de 421.207 mm en 1987 jusqu'à 226.450 mm en 2013.

En comparant les différentes cartes de différentes années on constate qu'en raison de l'évolution urbaine, on constate les conséquences suivantes :

- un réseau hydrographique qui devient beaucoup plus dense et en particulier vers le sud à cause de l'augmentation des zones urbaines imperméables à ce niveau.
- proportionnellement on remarque que l'indice d'infiltration est diminué d'une façon très remarquable.

Toutefois cette étude pourra être complétée par d'autres entre autre l'étude des facteurs contribuant à cet étalement urbain exhaustif afin de l'atténuer. Entre autre opter pour des pratiques urbaines tels que les constructions verticales et éviter celles horizontales au dépend des terres agricoles.

Une étude de la qualité des eaux pourra être couplée à cette étude pour mettre en exergue les effets néfastes de l'étalement urbain.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMMAR S. (2014). Contribution des SIG et de la télédétection à l'évaluation de l'impact de l'urbanisation sur les ressources en eau : Cas du Grand Tunis, mémoire de Mastère professionnel MPGTA, Université de Tunis, FST, 163p.
- BOURCIER A., POUCHIN T. (2006). L'utilisation des composés diachroniques pour le suivi de la recomposition urbaine. Méthodologie, diagnostics et exploitation sous SIRS. Acte de séminaire, p119.

- HOSNI S., MANNAI H. (2014). Cartographie des zones propices à la recharge moyennant les SIG et les données multidisciplinaires: Cas des nappes phréatiques du grand Tunis mémoire de Licence LAGTE3, Université de Tunis, FST, 104p.
- JLASSI F. (2012). Ressources en eaux du gouvernorat de Manouba , C.R.D. A. Manouba, Rapport inedit. 44p.
- KIEFFER E., SERRADJ A. (2013). La télédétection au service des études urbaines : expansion de la ville de Pondichéry entre 1973 et 2009, Géomatique-Expert 12/2013; 95(Nov-Déc.):pp.67-79.
- NACEF L. (1988). Effet de l'urbanisation sur la nappe de Manouba , mémoire de DEA, Faculté des sciences de Tunis ,53 p.
- SAIDI S., BOURI S., BEN DHIA H., ANSELME B. (2009). A GIS-based susceptibility indexing method for irrigation and drinking water management planning: Application to Chebba–Mellouleche Aquifer, Tunisia. *Agricultural Water Management* 96: pp 1683-1690.