

Analyse de l'étalement urbain de la ville de Mostaganem à l'aide des données satellitales multi-dates

N. BENTEKHICI & DJ. YOUSFI

Centre des Techniques Spatiales, Algérie / Agence Spatiale Algérienne
1, Avenue de Palestine. BP 13 Arzew. Oran 31200. Algérie
Nadjla_b@yahoo.fr

ملخص: إن البحوث المتعلقة بالتوسع الحضري هي مسألة خرائطية، للتقييم و المتابعة المكانية - الزمنية للمدن. بحيث يتوجب استعمال الاستشعار عن بعد لأنه يوفر لنا صوراً بصفة مستمرة و التي تسمح لنا بتمييز الأقاليم و توسعها.

يوفر تطور الوسائل الحديثة للكشف عن بعد و الإعلام الآلي بشكل عام، دعماً لسكان المدينة من أجل دراسة و متابعة المجال الحضري ذو التوسع السريع كما هو واضح في مدينة مستغانم. تتمتع هذه المدينة بإمكانيات سياحية هامة مرتبطة بواجهتها البحرية و اتصالها السهل (شبكة الطرقات السريعة) مع مدينة وهران (80 كلم) و المركز الصناعي لأرزو - بطوية (40 كلم). عرفت هذه المدينة السياحية عدة تغيرات اجتماعية - مكانية عميقة و توسع حضري مهم نتج خاصة عن مختلف برامج الدولة المتعلقة بالسكن، التنمية العقارية العمومية و الخاصة، المرافق العامة و كذا المناطق السكنية الفردية و بشكل خاص مستعملو العقار.

الهدف من هذا المقال هو استعمال أجهزة الكشف للأقمار الصناعية لاندسات من أجل تحديد حجم و اتجاه التوسع الحضري لمدينة مستغانم. يتم استعمال صورة TM لاندسات التي تم التقاطها سنة 1984 و سنة 2007 على التوالي (لاندسات ETM+) من أجل تكميم و تمييز المكان الحضري و متابعة التوسع في المناطق المحيطة. تكمن منهجية هذا البحث في استعمال تقنية الكشف عن التغيرات من خلال طريقة التصنيف المراقب من أجل إعداد خرائط المناطق الحضرية و الغير حضرية لسنتي 1984 و 2007 و كذا طريقة الدمج لاستخراج عناصر النمو الحضري. تبين نتائج هذه الدراسة بوضوح أن مدينة مستغانم قد توسعت ما بين 1984 و 2007 بنسبة متوسطة تقدر بـ 3.3% في السنة. تكمن أيضاً هذه المنهجية على استعمال تطبيق المؤشر كويراس على الصورتين من أجل إعداد خريطة التغير الحضري. تسهل تقنيات معالجة الصور الحصول على معطيات مفيدة لتقييم التوسع الحضري.

الكلمات الأساسية: التوسع الحضري، الاستشعار عن بعد، مستغانم، توسع مكاني.

Résumé: Les recherches sur l'étalement urbain posent la question de la cartographie, de l'évaluation et du suivi spatio-temporel des villes. Elles interpellent la télédétection car celle-ci fournit en continu des images qui permettent de caractériser les territoires et leur évolution.

Le développement de nouveaux outils de télédétection et de l'informatique d'une manière générale, offre aux urbanistes une aide pour l'étude et le suivi de l'espace urbain à évolution rapide comme le montre la ville de Mostaganem. Une ville qui bénéficie d'un potentiel touristique important lié à sa façade maritime. De liaison aisée (réseau autoroutier) avec la métropole oranaise (80 km) et le pôle industriel d'Arzew - Bethioua (40 km), cette agglomération portuaire a connu des mutations socio-spatiales profondes et un étalement urbain important, produit essentiellement par les différents programmes étatiques de logement, les promotions immobilières publiques et privées, les équipements publics ainsi que les zones d'habitat pavillonnaire individuel particulièrement consommateur du foncier.

L'objectif de cet article est d'utiliser les images des capteurs des satellites Landsat pour déterminer la taille et la tendance de la dynamique urbaine de Mostaganem. Une image TM de Landsat, acquise respectivement en 1984 et en 2007 (Landsat ETM+) sont utilisées en vue de quantifier et caractériser l'espace urbanisé et de suivre l'évolution périurbaine. La méthodologie consiste à utiliser la technique de détection des changements par la méthode de classification supervisée afin d'établir les cartes des espaces urbanisés et non urbanisés pour les années 1984 et 2007, ainsi que la méthode de fusion pour extraire les éléments de croissance urbaine. Les résultats de cette étude montrent clairement, qu'entre 1984 et 2007, la ville de Mostaganem s'est étendue à un taux moyen de 3.3 % par an. La méthodologie consiste aussi à utiliser l'application de l'indice de cuirasse sur les deux images pour établir une carte de changement du tissu urbain. Ces techniques de traitement d'images facilitent l'acquisition des données utiles à l'appréciation de l'extension spatiale.

Mots clés: extensions urbains, télédétection, Mostaganem, dynamique spatiale.

Abstract: Research on the urban extension asks the question of the cartography, the evaluation and the space-temporal follow-up of the cities. They challenge the remote sensing because this one provides uninterrupted images which make it possible to characterize the territories and their evolution.

The development of new tools of remote sensing and data processing generally, offer with the town planners a help for the study and the follow-up of urban space with quick change as the town of Mostaganem shows it. A city which profits from an important tourist potential related to its maritime frontage. Of easy connection (motorway network) with the Oranian metropolis (80 km) and the industrial pole of Arzew – Bethioua (40 km), this urban area knew major socio-space changes and an important urban extension, produces primarily by the various official programs of housing, public and deprived property developments, public equipment as well as the zones of individual suburban habitat particularly consuming the land one.

The objective of this article is to use the images of the sensors of the Landsat satellites to determine the size and the trend of the urban dynamics of Mostaganem. An image TM of Landsat, acquired respectively in 1984 and 2007 (Landsat ETM+) is used in order to quantify and characterize urbanized space and to follow the evolution semi urban. Methodology consists in using the technique of detection of the changes by the method of classification supervised in order to establish the cards of the spaces urbanized and not urbanized for the years 1984 and 2007, as well as the method of fusion to extract the elements from urban growth. The results of this study show clearly, that between 1984 and 2007, the town of Mostaganem extended to an average rate from 3.3% a year. Methodology also consists in using the application of the index of cuirasse on the two images to establish a map of change of urban fabric. These techniques of image processing facilitate the acquisition of the data useful for the appreciation of the space extension.

Key words: extensions urban, remote sensing, Mostaganem, Space Dynamics.

1. Introduction et méthodologie de travail

L'Algérie a connu une croissance démographique importante. Mieux encore, 95 % de cette croissance s'opèrent dans les villes (ONS 2008). Par conséquent, l'assiette urbaine connaît des transformations spatiales rapides. Mostaganem, comme les autres villes d'Algérie, se densifie et s'étale sur l'espace périurbain.

La maîtrise de cette croissance urbaine est indispensable car elle conditionne la qualité de vie mais aussi le développement économique : la majeure partie des richesses étant créée dans les villes. Le bon fonctionnement d'une agglomération dépend de la qualité des infrastructures et de leur organisation. Une réalité d'autant plus exigeante que de nouveaux besoins apparaissent en termes de services : eau et assainissement, lutte contre la pollution, déchets, système de distribution d'énergie, réseaux de communication et de transports etc. Dans les pays développés le phénomène urbain est un enjeu majeur de développement. C'est pourquoi il est nécessaire de quantifier et mesurer cet étalement.

Afin de contribuer à mesurer l'étalement urbain, des images satellitaires sont utilisées pour délimiter, localiser et quantifier l'évolution spatio-temporelle de la ville de Mostaganem. La disponibilité de l'imagerie de moyenne et très haute résolution, permet désormais d'accéder à des niveaux de détails élevés facilitant des analyses croisées sur le milieu urbain. Une des applications des images satellitaires est le suivi des changements sur un espace donné, utilisant l'approche de détection des changements.

Deux modes de détection des changements sont utilisés dans cette étude. Le premier consiste à comparer visuellement les images afin d'identifier les changements intervenus. C'est une technique bien rodée communément appelée « photo-interprétation » mais dont les résultats dépendent des qualités du photo-interprète et de ses travaux sur le terrain. Le deuxième procédé consiste à identifier et quantifier automatiquement les différents types de modifications sur des images préalablement classées par l'application de l'indice de cuirasse, un indice qui permet de différencier des surfaces bâties et des sols nus. Les surfaces végétalisées et aquatiques apparaissent en noir alors que les surfaces minéralisées sont codées en gris clair ou en blanc.

L'opération procède aux compositions des images d'indice multi date (pour les changements thématiques). Cette dernière méthode est appliquée sur les deux images de Mostaganem afin d'estimer le taux de l'extension spatiale et la superficie urbanisée entre 1984 et 2007.

2. Cadre d'étude

Depuis les années 1988, la population connaît une croissance élevée. Mostaganem est passée de

101600 habitants en 1977, 114000 en 1987, 125900 en 1998 et 145960 en 2008 (ONS, Algérie).

Le taux de croissance annuelle de la population de Mostaganem demeure l'un des plus importants en Algérie, il est de l'ordre de 1.6 % annuellement pour la période (1998 et 2008) voir figure n°1 (ONS 2008). Par conséquent, l'espace urbain se développe aussi de façon spectaculaire ou significative.

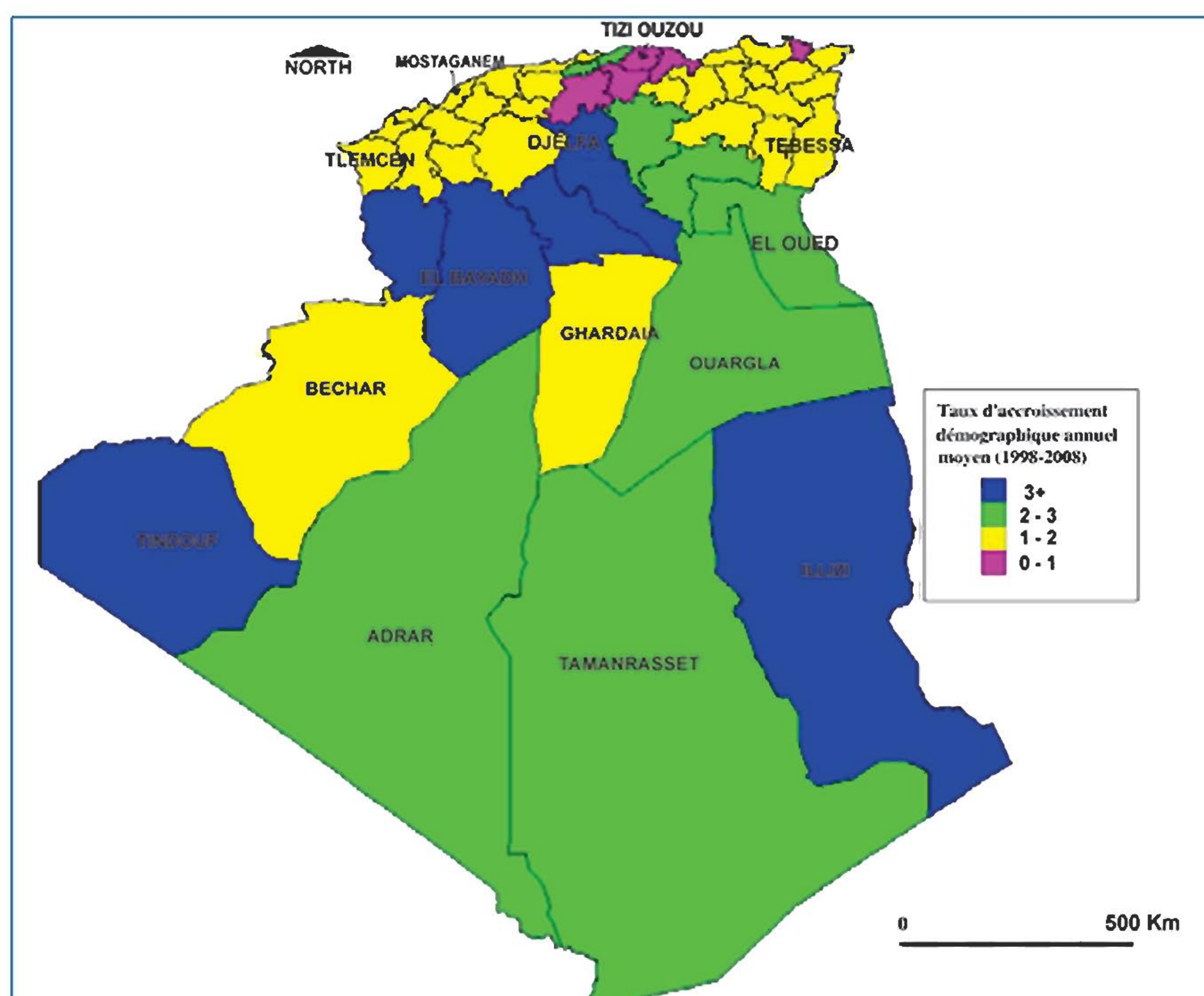


Fig. 1 Taux d'accroissement démographique annuel moyen (1998-2008) en Algérie (source ONS).

Mostaganem est située à 104 m d'altitude sur le rebord d'un plateau côtier. La ville s'ouvre à l'ouest sur la large baie d'Arzew qui se ferme par le djebel Orouse. Capitale du Dahra, elle est assise sur les rives de l'Aïn Sefra dont, à plusieurs reprises et notamment en 1927, elle a eu à redouter les crues. Elle se compose d'une périphérie nouvelle et très étendue, qui s'étire à l'ouest vers la Salamandre (logement social, cité administrative...) et à l'est vers Kharrouba (programmes logement, équipements universitaires et sanitaires...). Quant à la vieille ville (Tijditt et Tebana), plus compacte, particulièrement précaire, située de part et d'autre d'un profond ravin creusé par l'oued Aïn Sefra, qui a pendant de longues années assuré l'irrigation de ses jardins maraîchers.

Dans les années 70, Mostaganem a bénéficié d'un programme de planification urbaine qui a tracé les grandes orientations de son développement urbain. La Salamandre, une station balnéaire au sud-ouest du centre-ville, est devenue un quartier de l'agglomération. Au sud l'extension de l'urbanisation a assuré la jonction avec Mazagran, une des communes qui surplombe la ville. Au nord est vers Kharrouba, de grands projets structurants ont vu le jour tels le nouveau pôle universitaire, les cités universitaires et le nouvel hôpital. La partie donnant sur la mer est dominée par l'habitat individuel et semi-collectif. L'espace bâti de Mostaganem s'est accru à un rythme annuel de 7.34 % entre 1977 et 2000, la superficie bâtie de la ville est multipliée par 1.5 (données DPAT Mostaganem).

Cette étude se propose de mesurer l'étalement de la ville de Mostaganem sur cet espace à paysage urbain contrasté entre 1984 et 2007 (23 ans) et cela à partir

des images de capteurs des satellites Landsat TM et ETM+ ainsi que les images du satellite très haute résolution Quick Bird.

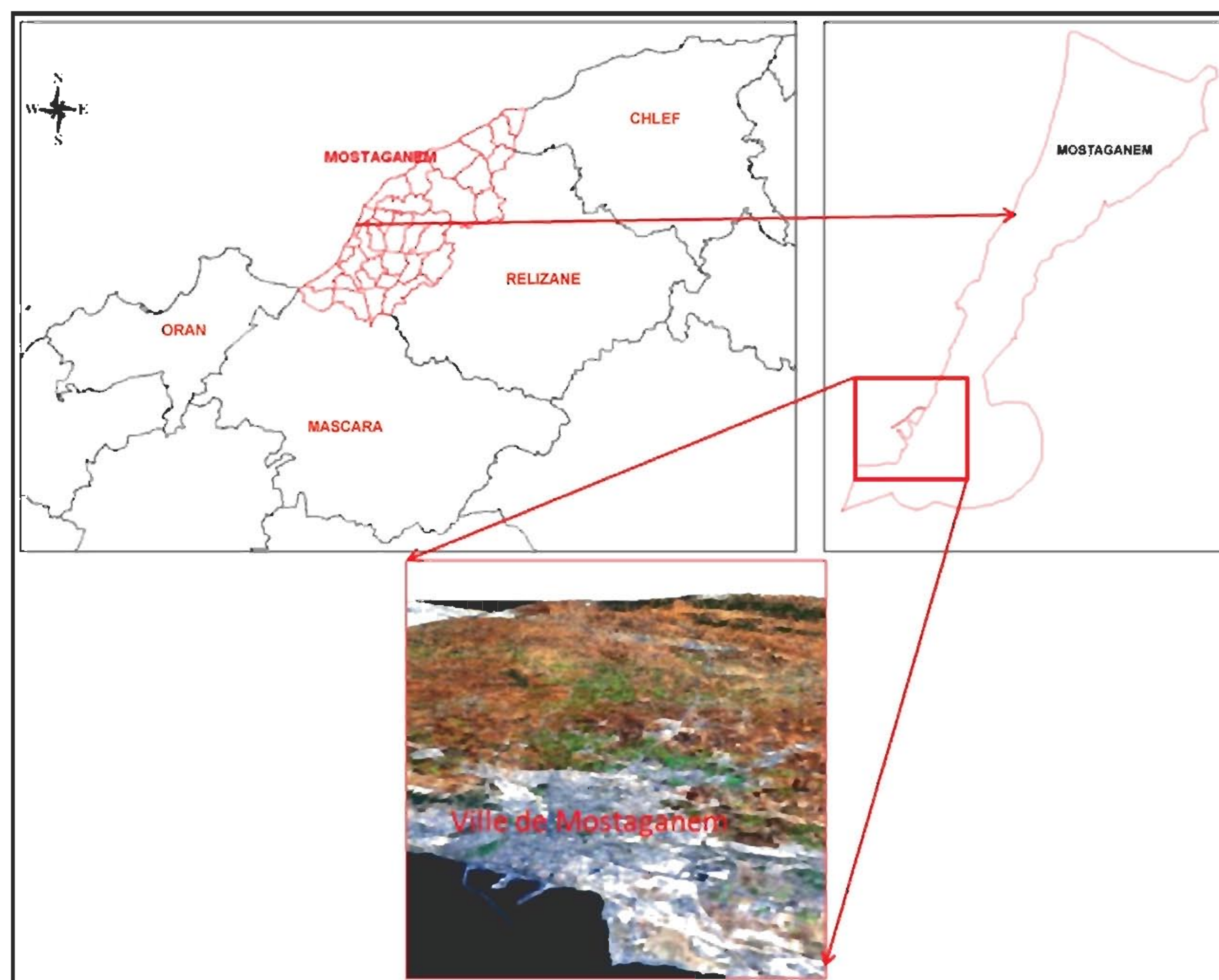


Fig. 2 Localisation de la ville de Mostaganem

3. Données utilisées et leurs traitements

La moyenne résolution du "Thematic Mapper" des satellites Landsat 5 et 7 (30 mètres) a élargi le champ d'application de l'imagerie satellite, en particulier dans l'étude des villes. De ce fait au cours des dernières années, la télédétection urbaine a bien évolué. Landsat est devenu un outil intéressant pour produire facilement des fonds de cartes et étudier les structures et l'étalement des villes.

Dans ce domaine et afin d'étudier l'évolution urbaine de l'agglomération de Mostaganem, nous avons traité deux scènes multi spectrales et multi-dates des satellites Landsat (année 1984 et 2007) sur un intervalle de 23 ans ainsi que l'image à très haute résolution du satellite Quick Bird (année 2006). Ces informations sont couplées à des données auxiliaires disponibles dans le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) de Mostaganem.

En vue de réaliser une étude multi temporelle destinée à mesurer ces dynamiques urbaines, les images qui ont servi de base à cette étude sont les suivantes :

1. Image Landsat TM prise en 01/11/1984 d'une résolution de 30 m ;

2. Image Landsat ETM+ prise en 09/05/2007 d'une résolution de 30 m ;

3. Image Quick Bird prise en 2006 d'une résolution de 0.6 m.

L'exploitation de ces données satellitaires a nécessité un certain nombre de traitements spécifiques. En effet nous avons réalisé une composition colorée de trois canaux (TM1, TM3, TM4), corrigés géométriquement. Des traitements similaires ont été appliqués aux images des deux dates, afin d'extraire les informations utiles et élaborer des cartes nécessaires à la caractérisation des modes d'occupation du sol et à l'évaluation de l'évolution du bâti. Différents traitements ont été réalisés :

- Extraction des zones d'intérêt : agglomération urbaine, communauté urbaine, ville Mostaganem ;
- Analyse des compositions colorées pour déterminer les types d'occupation du sol ;
- Classification supervisée sur des extractions correspondant aux zones d'intérêt ;
- Estimations statistiques d'occupation sol en milieu urbain ;
- Evaluation de l'emprise du bâti et de son évolution spatio-temporelle par l'application de l'indice de cuirasse.

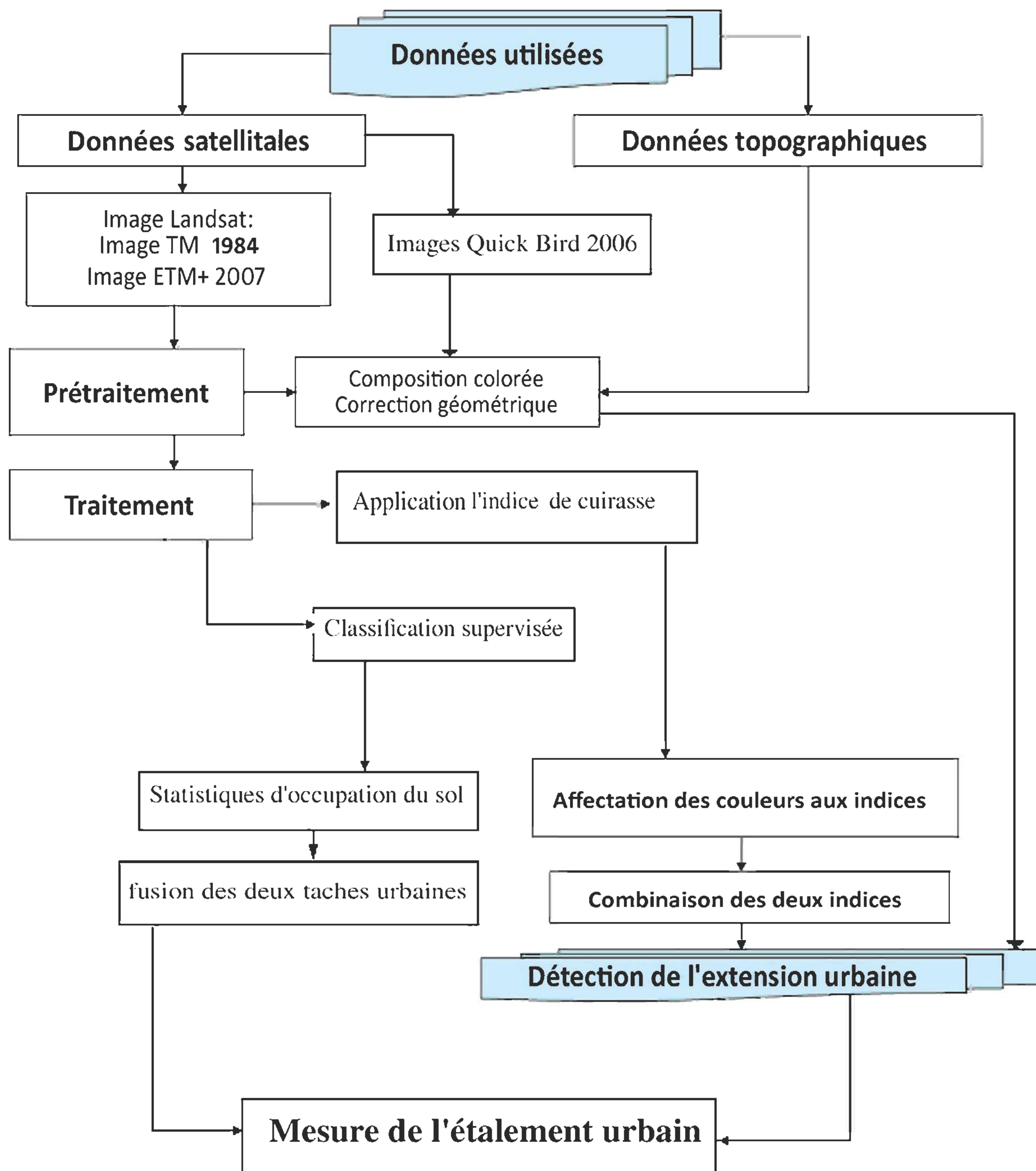


Fig. 3 Organigramme de la méthodologie utilisée

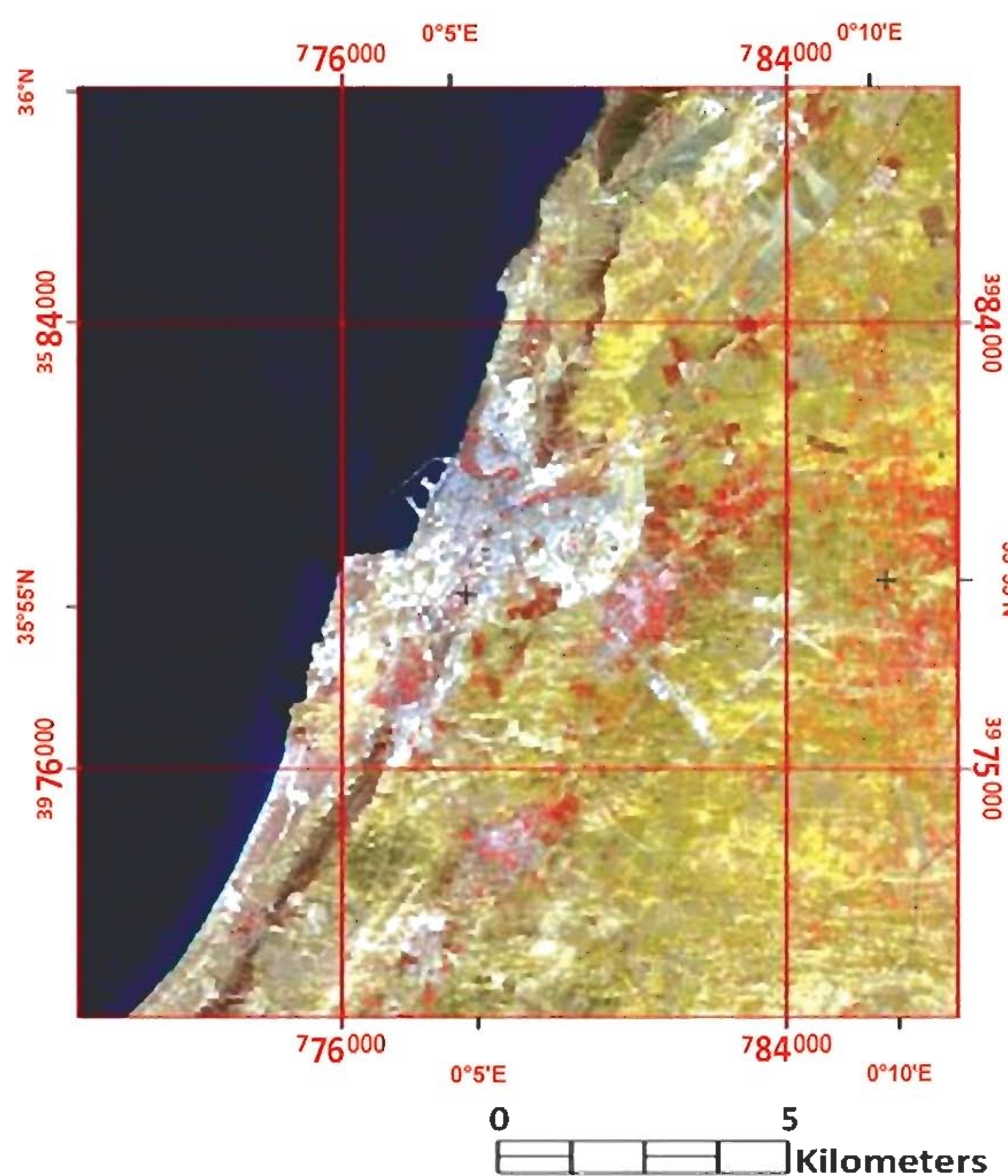


Fig. 4 Image Landsat TM de la ville de Mostaganem prise en 1984.

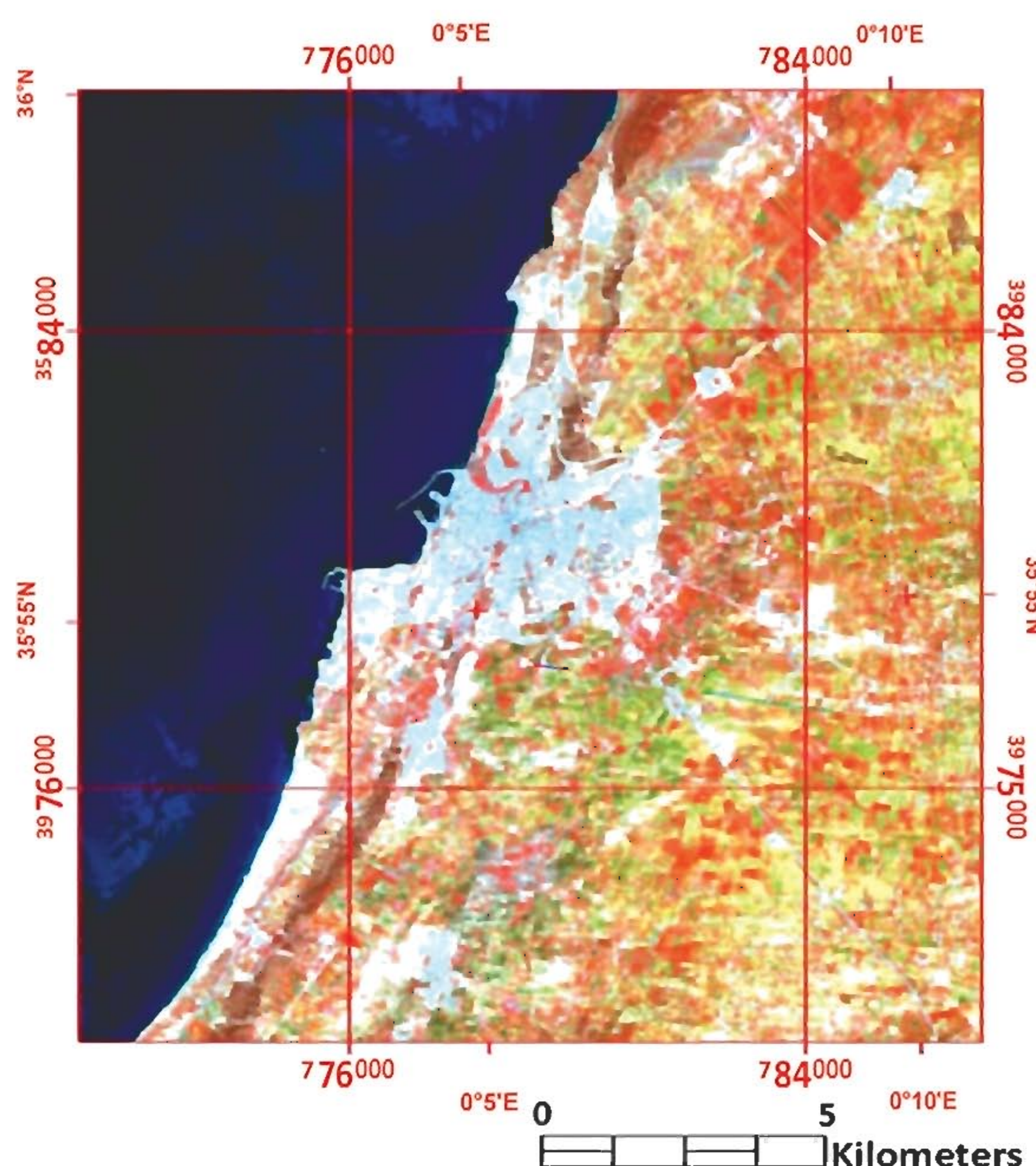


Fig. 5 Image Landsat ETM+ de la ville de Mostaganem prise en 2007.

4. Mesure de la croissance urbaine par télédétection

L'étude de l'étalement urbain est une thématique qui mobilise des chercheurs de plusieurs disciplines: géographie, aménagement du territoire, urbanisme, écologie, économie, etc. La question de l'évaluation de ce phénomène est de ce fait très importante: comment mesurer l'étalement d'une ville et analyser ses effets? La télédétection, parce qu'elle fournit régulièrement des données, s'avère très utile

pour caractériser et suivre l'évolution des territoires. Deux méthodes ont été utilisées pour atteindre cet objectif: l'une correspond à la classification des images satellitaires et l'autre celle de l'application des indices.

Après avoir extrait l'agglomération de la ville de Mostaganem sur les images de 1984 et de 2007, deux classifications supervisées ont été réalisées. La classification assistée par la méthode du maximum de vraisemblance consiste à classer les pixels en fonction de leur ressemblance avec les comptes numériques d'objets géographiques de référence préalablement déterminés sur l'image (parcelles d'entraînement) et validés par des relevés de terrain. Le profil numérique des parcelles d'entraînement est alors supposé représentatif du profil numérique de l'ensemble des classes identifiées sur l'image. Les parcelles d'entraînement ont été définies sur les zones stables et homogènes à partir de la composition colorée de l'image.

Pour la réalisation de cette classification, nous avons suivi six étapes: définition de la légende, sélection des échantillons représentatifs, description et séparation des classes, choix d'un algorithme de classification, classification proprement dite et évaluation de la classification.

A l'aide de cette classification, nous avons obtenu 7 classes d'occupation que l'on rencontre sur la zone d'étude et qui sont: les affleurements rocheux, les forêts, les maraîchages et céréalicultures, les jachères et terrains labourés, les sols nus et enfin le tissu urbain.

Le changement majeur d'occupation des sols au cours de la période 1984-2007 à Mostaganem est la croissance moyenne annuelle de 3.3% de la tache urbaine qui passe ainsi de 1377 ha en 1984 à 2936.2 ha en 2007 soit une augmentation de 1559.2 ha sur 23 ans (tableau n°2). Cette croissance spatiale globale a été réalisée essentiellement par densification et par l'étalement sur la côte nord-est et sud-ouest de la ville. La figure n° 7 montre bien ce phénomène dans la région nord-est de Mostaganem, où l'urbanisation a conquis les espaces à proximité de la côte vers Kharouba. Ceci s'explique par l'accroissement du nombre de logements en 2008 et qui a atteint le nombre de 34533 unités.

La fusion des deux taches urbaines fournit une carte qui permet de localiser simultanément le bâti de 1984 et celui de 2007. L'image résultat permet par ailleurs de repérer les endroits où il y a eu changement d'occupation des sols en matière d'urbanisation entre les deux dates. La carte obtenue (figure n°10) conforte l'interprétation des classifications supervisées, car elle montre qu'en 2007, relativement à 1984, le bâti s'est densifié à la périphérie de la ville de Mostaganem.

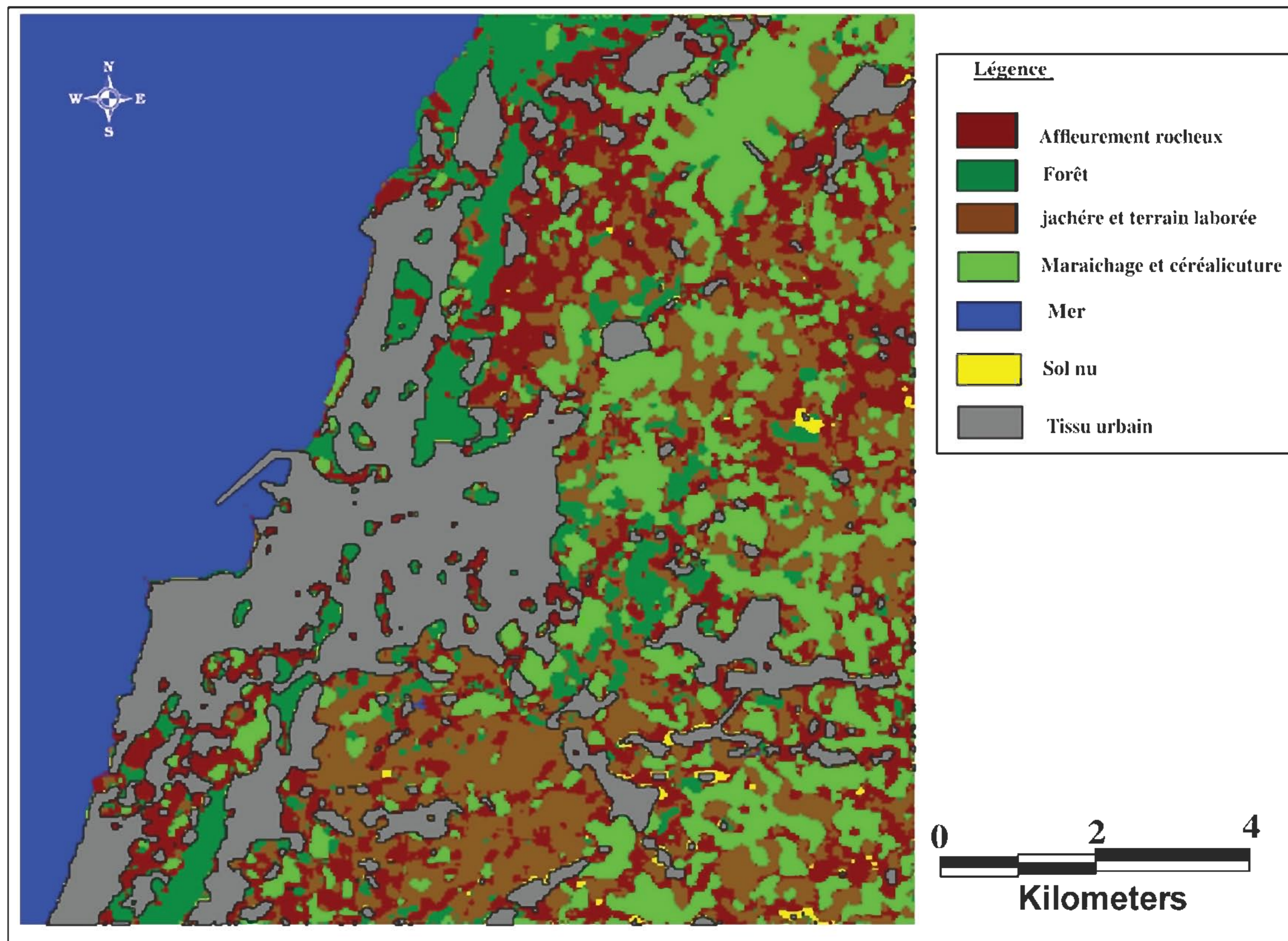


Fig. 6 Carte d'occupation du sol de Mostaganem en 2007

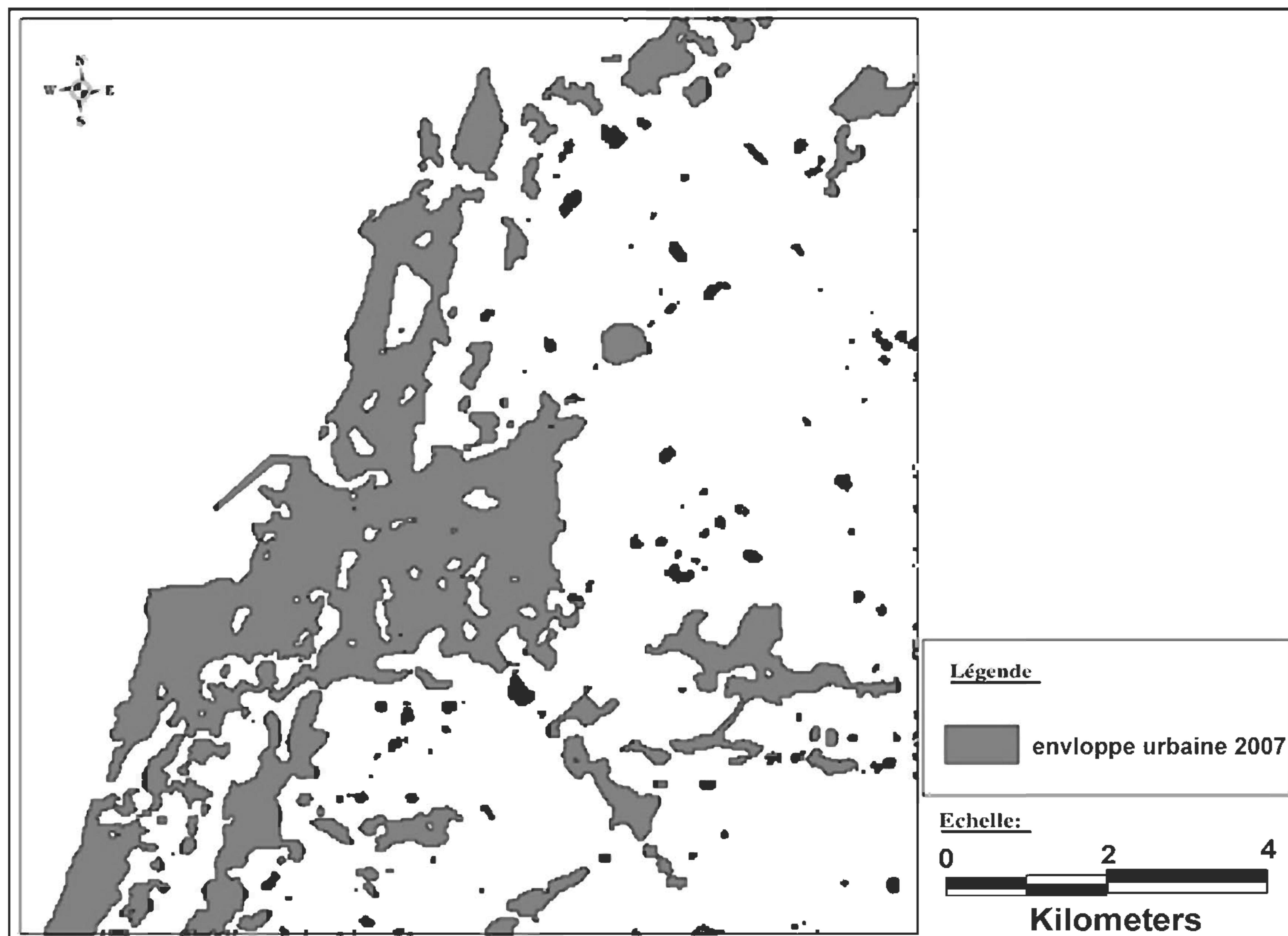


Fig. 7 Carte de l'enveloppe urbaine en 2007.

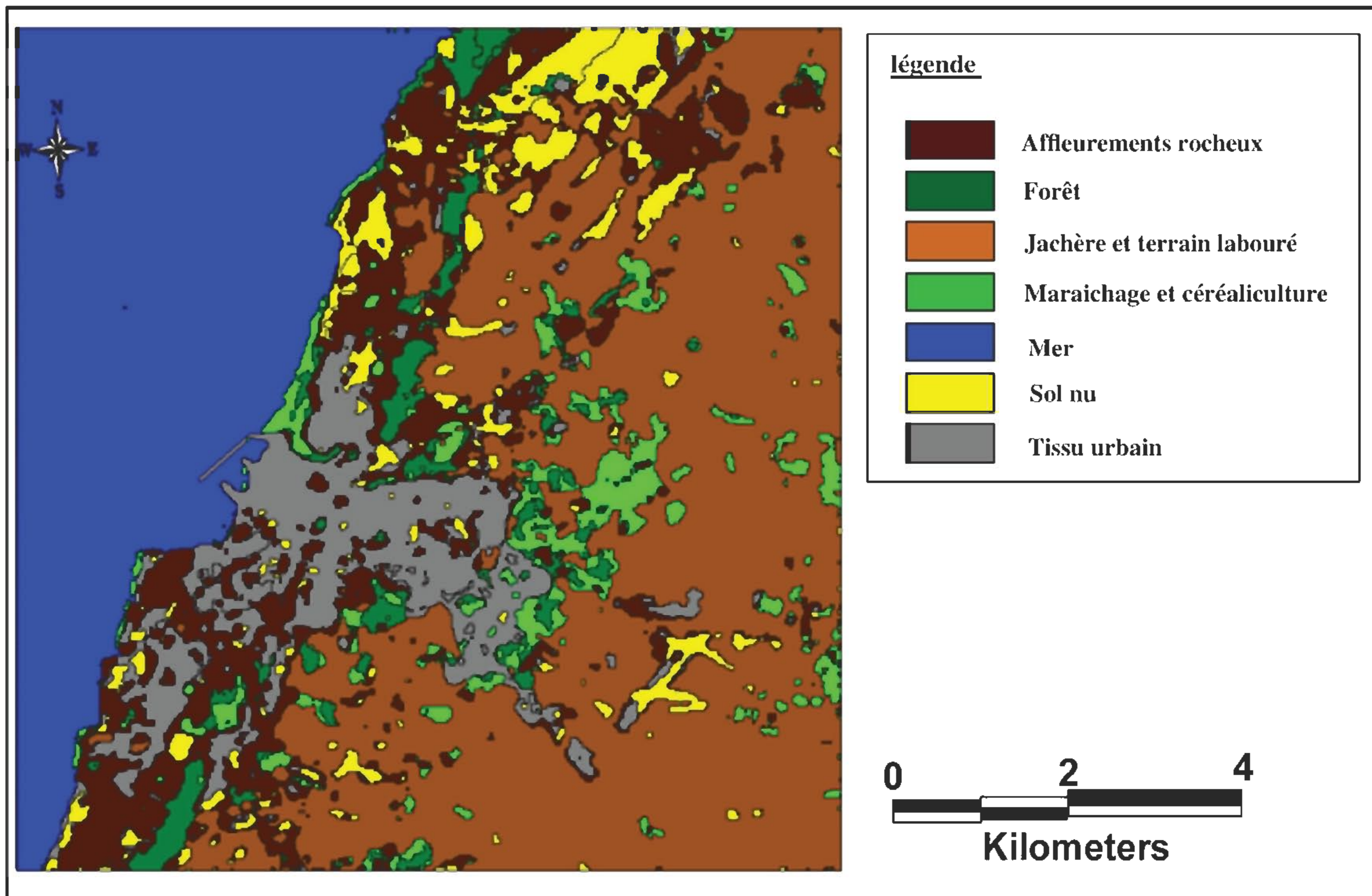


Fig. 8 Carte d'occupation du sol de Mostaganem en 1984.

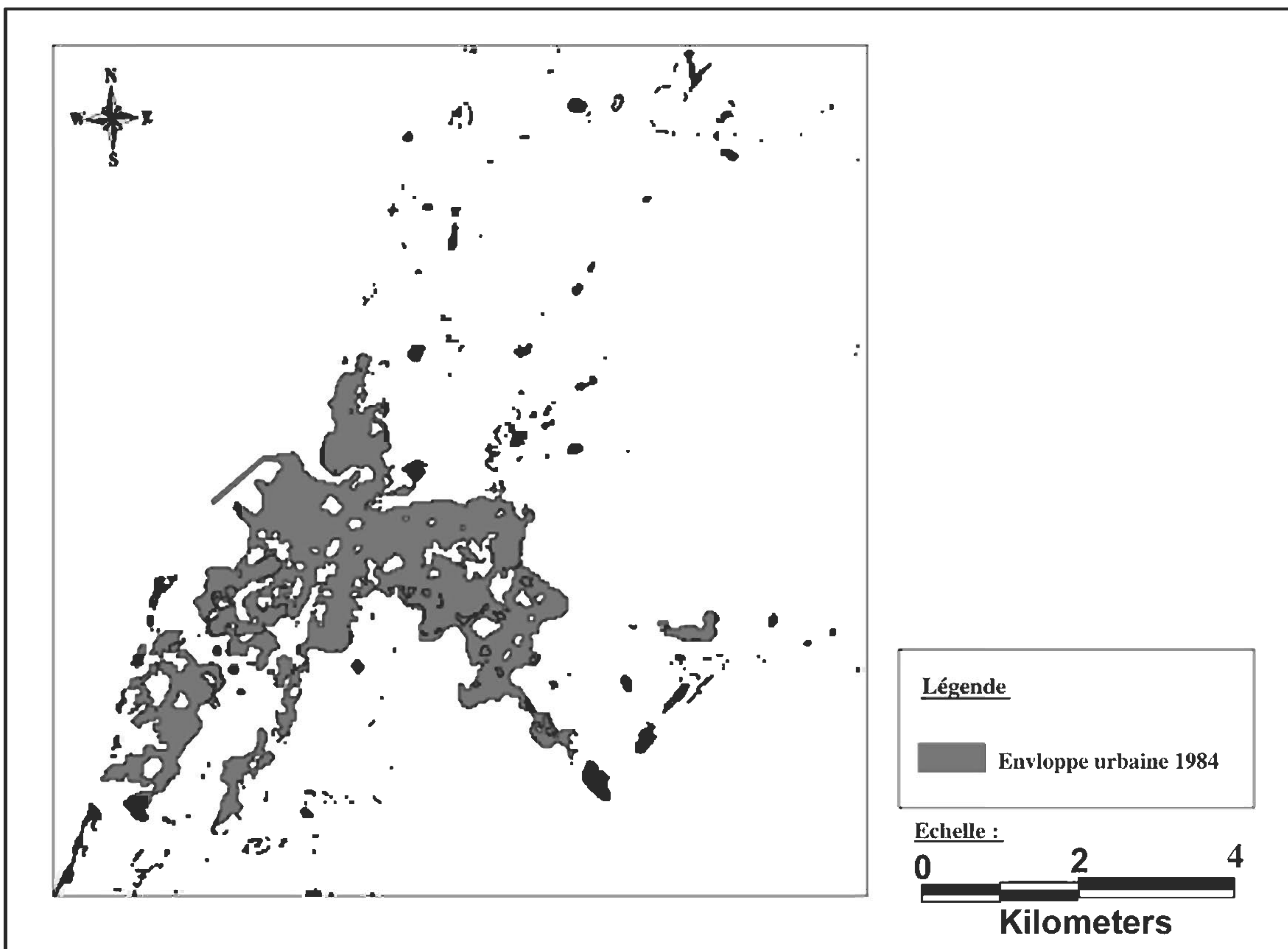


Fig. 9 Carte de l'enveloppe urbaine en 1984.

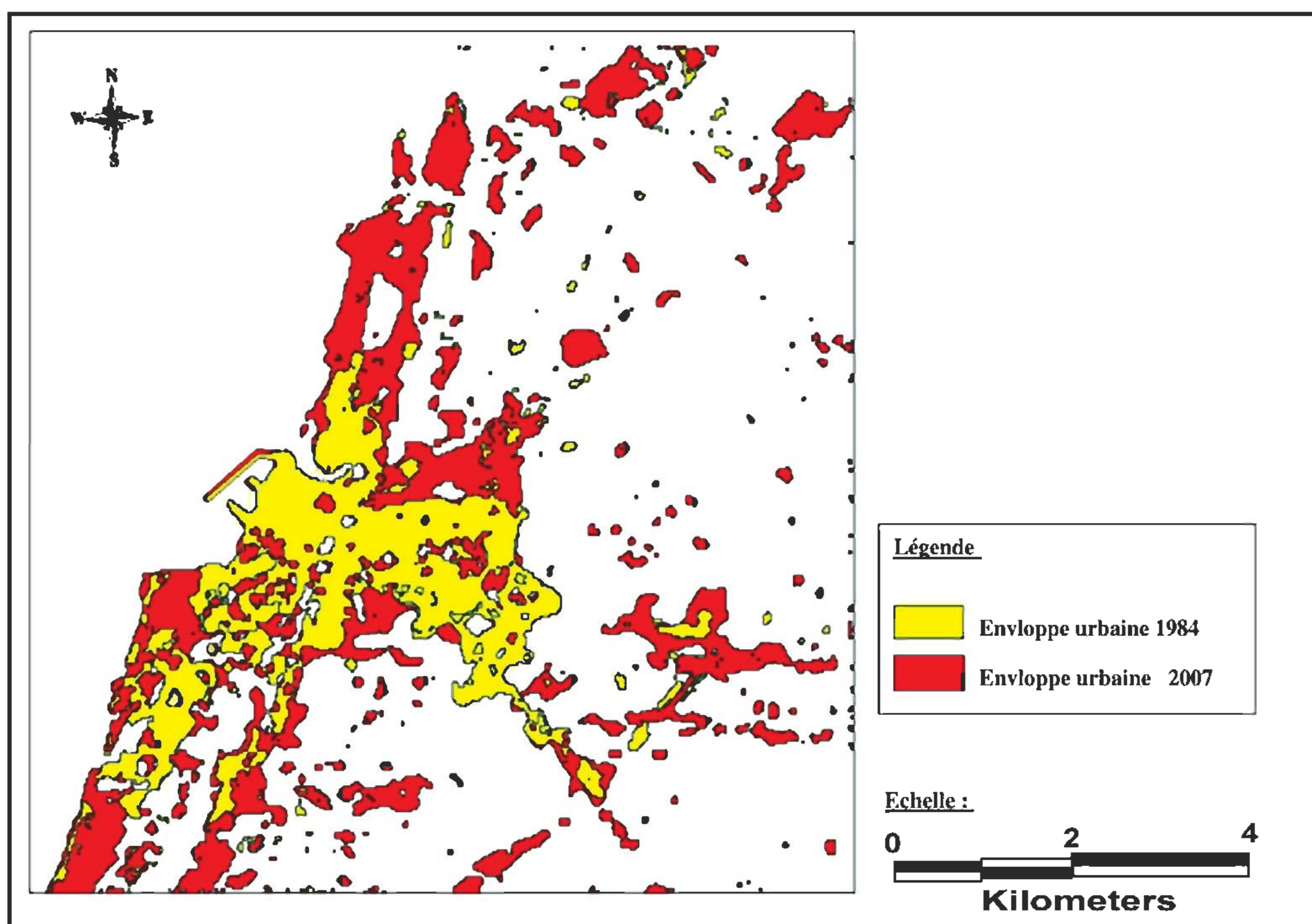


Fig. 10 Carte de fusion des deux taches urbaines en 1984 et 2007 de Mostaganem

Tableau 1. Évaluation de la dynamique des populations de Mostaganem.

	Population RGPH 1987 et 2008 (hab)
1987	114000
2008	145960
Croissance annuelle	1.22%

Tableau 2. Évaluation de la dynamique de l'enveloppe urbaine de Mostaganem.

	Superficie (ha)
1984	1377
2007	2936.2
Croissance annuelle	3.3 %

Un élément essentiel qui explique la croissance urbaine très rapide depuis plusieurs décennies est la croissance démographique liée en partie au solde naturel mais surtout aux apports extérieurs de plusieurs origines géographiques. Les facteurs essentiels de la croissance urbaine sont en effet d'ordre économique, social et psychologique. Ainsi l'exode rural ou la migration de la campagne vers les villes et la croissance naturelle des populations urbaines constitue les principales composantes de la croissance urbaine.

Mostaganem présente un taux d'accroissement de la population de 1.22% (1987 et 2008) en face d'un taux de croissance urbain de 3.3 % (tableau n° 1 et 2) ceci peut poser un problème de gestion de l'espace, car on se retrouve en face d'un déséquilibre, une croissance urbaine très élevée par

rapport à la croissance démographique moyenne.

Une autre méthode permettant de distinguer les changements en milieu urbain et de préciser l'extension des constructions. Celle-ci consiste en l'application de l'indice de cuirasse et l'élaboration de ce dernier peut se faire par l'application de la méthode mathématique ($IC = [(3 \times canal\ vert) - canal\ rouge - 100]$). Cette application a donné un très bon résultat sur le tissu urbain, en permettant de discriminer l'enveloppe urbaine dans sa globalité. En affectant les couleurs rouge et verte, respectivement à l'indice de 2007 et à celui de 1984, sur la composition colorée, ceci a permis de suivre l'évolution urbaine entre les deux dates. Le tissu urbain existant, en 1984, apparaît en jaune tandis que l'extension urbaine en 2007 apparaît en rouge (figure n° 13).

L'indice de cuirasse (figure. 11 et 12) facilite la mise en évidence et la différenciation des surfaces bâties et des sols nus. Les surfaces végétalisées et

aquatiques apparaissent en nuances de vert foncé alors que les surfaces minéralisées sont codées en vert clair ou en blanc.

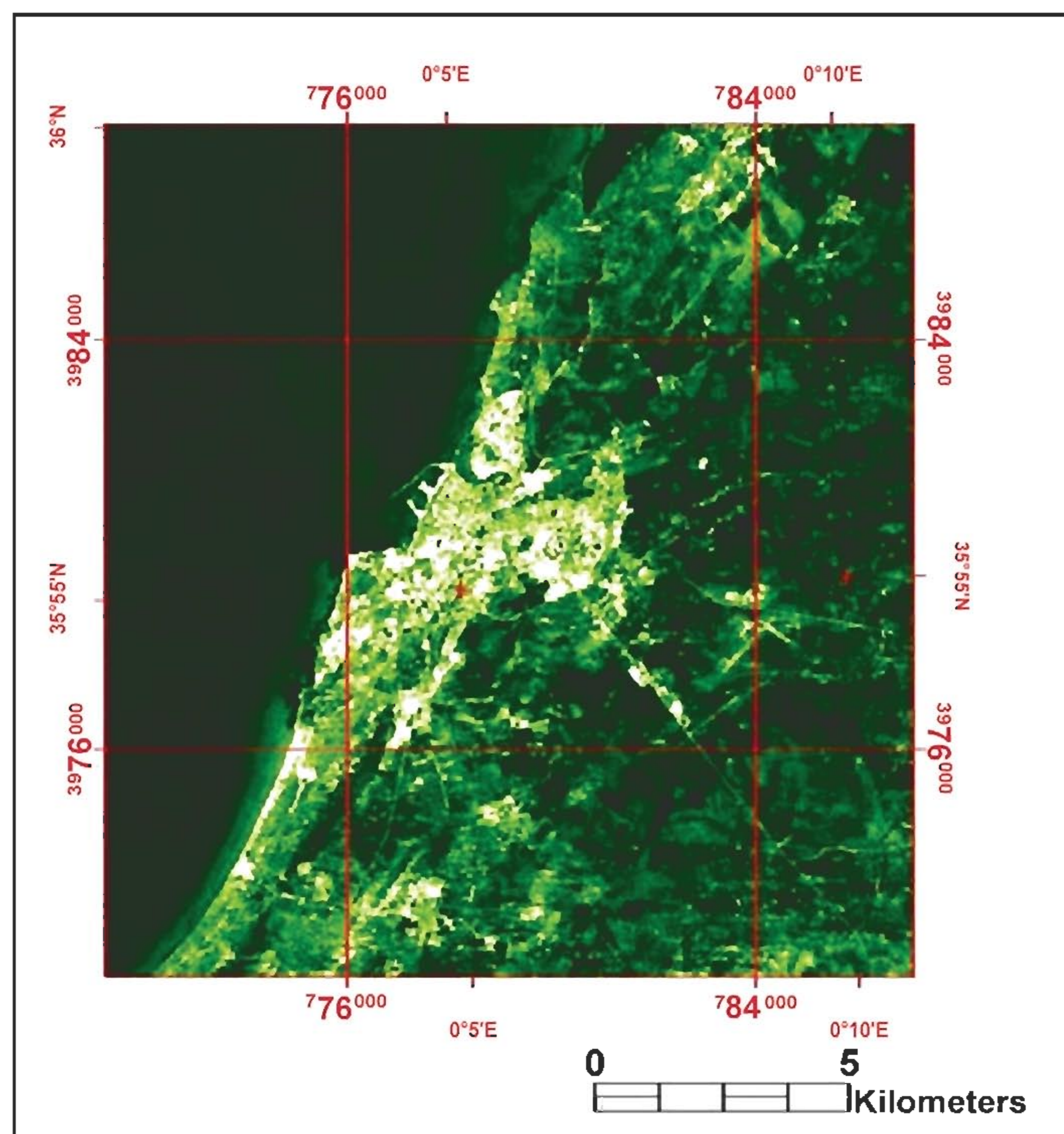


Fig. 11 Indice de cuirasse de l'image Landsat 1984

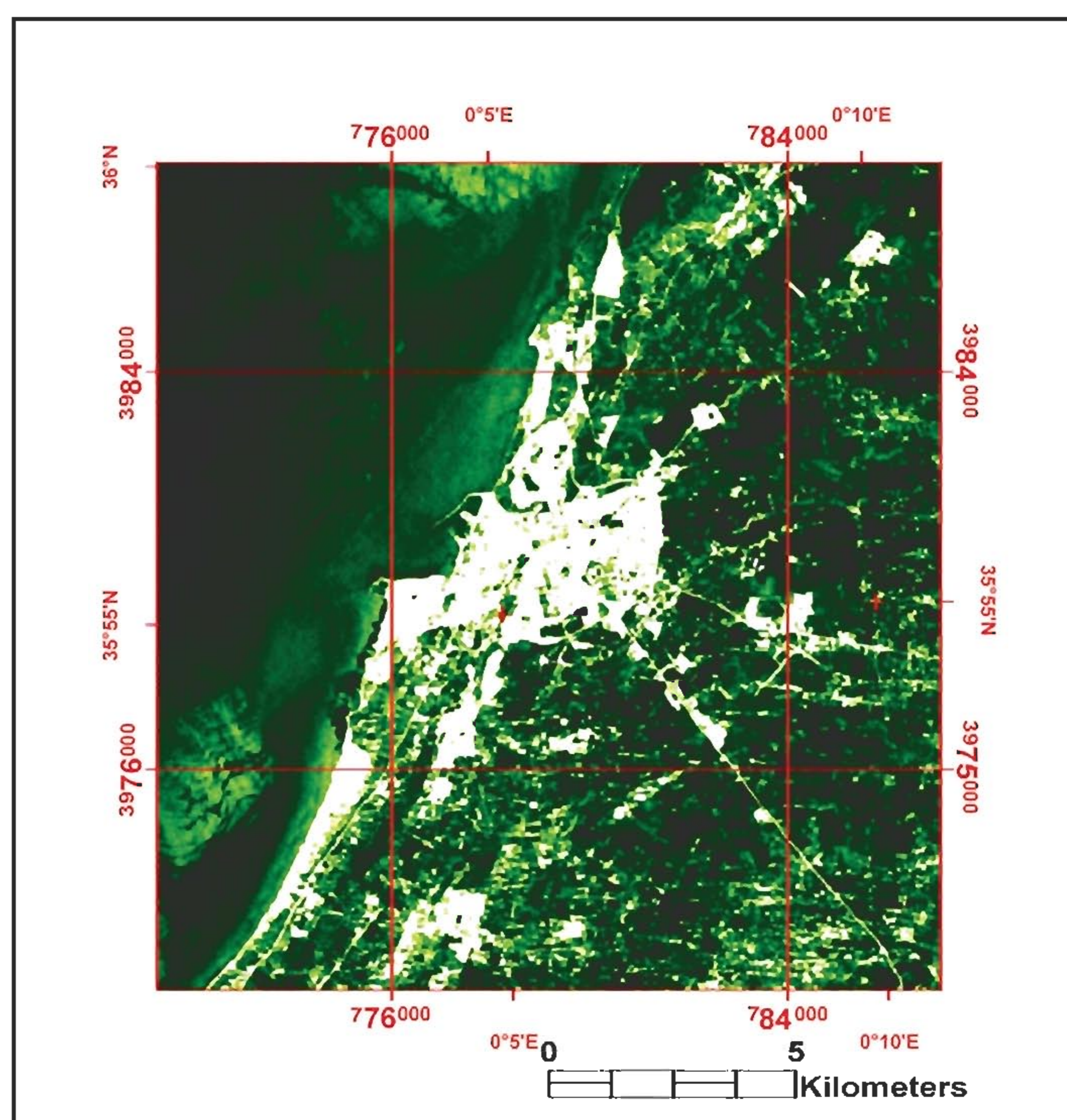


Fig. 12 Indice de cuirasse de l'image Landsat 2007

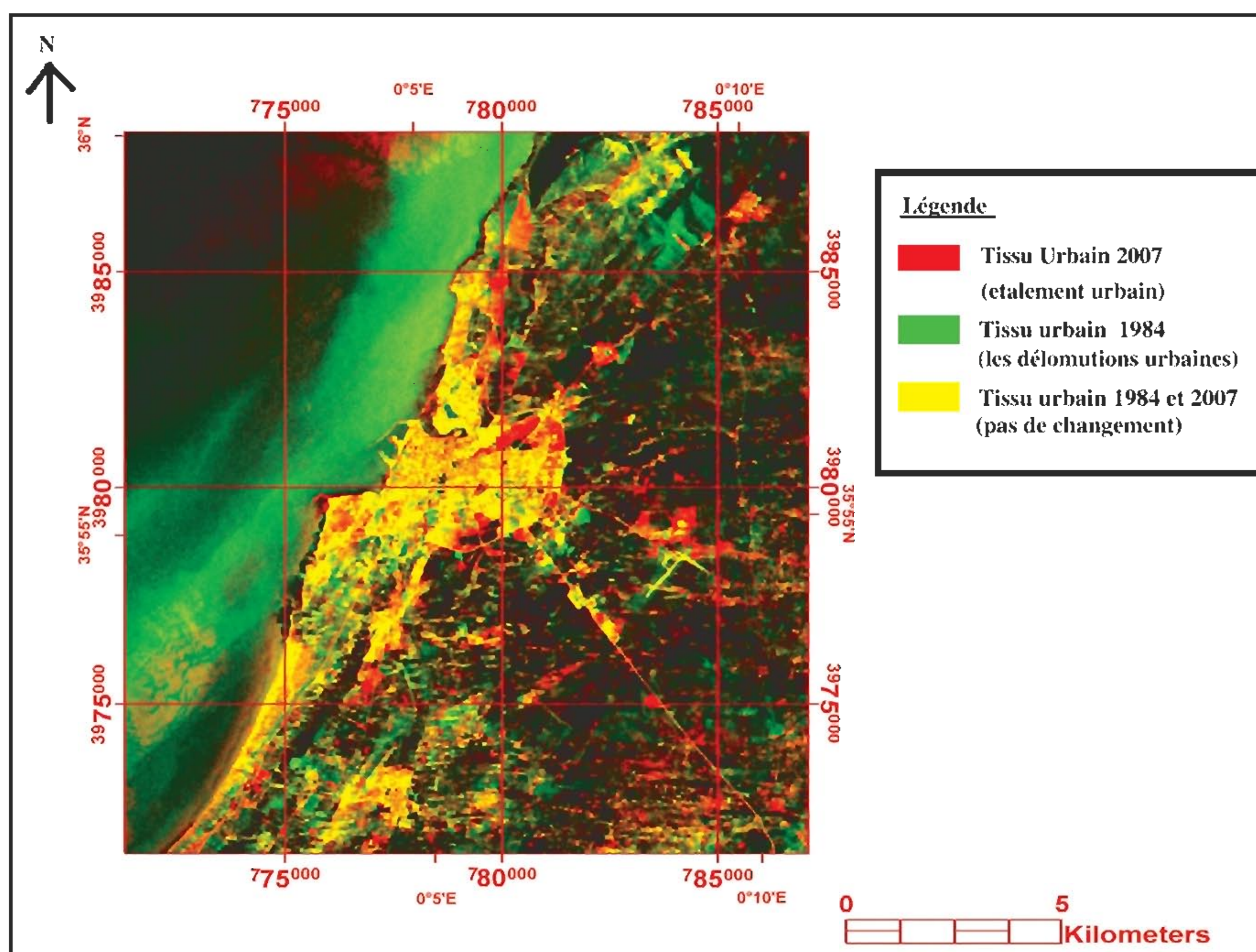


Fig. 13 Détection de l'étalement urbain (1984 et 2007).

La validation des résultats s'est fait sur la base des données de terrain ainsi que sur la donnée à très haute résolution de Quick Bird de résolution 0.6 mètre (figure 14).

L'image Quick Bird de 2006 confirme les tendances observées à partir des traitements réalisées sur les images Landsat de 1984 et 2007 : densification et étalement en périphérie.

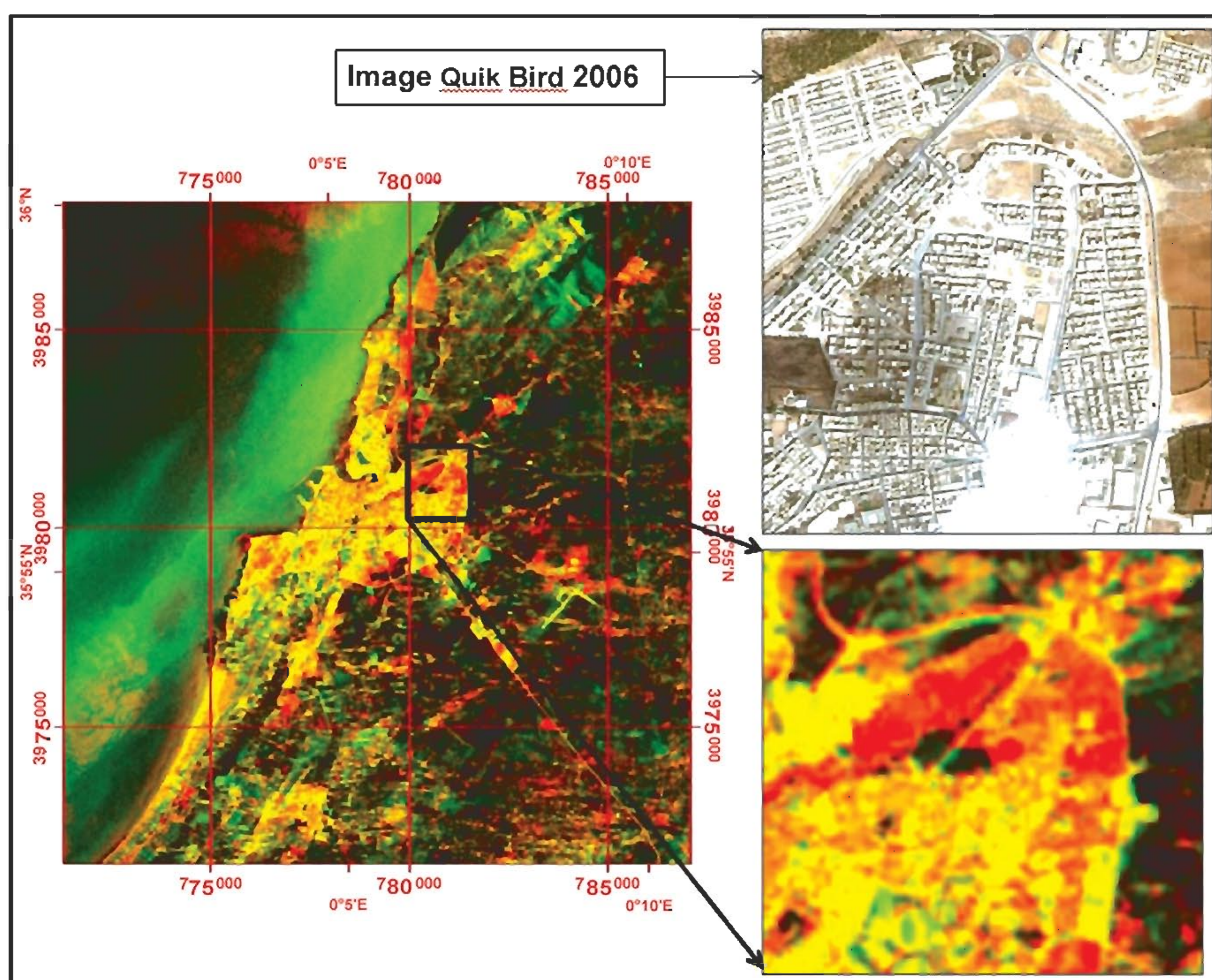


Fig. 14 Identification, par l'imagerie Quik bird 2006, de l'extension urbaine dans la région Est de la ville de Mostaganem.

5. Conclusion

L'exemple de Mostaganem confirme que l'urbanisation des grandes et moyennes villes algériennes a fait un bond prodigieux au cours de ces dernières années, On constate que Mostaganem a connu une évolution spatiale accélérée concentrée dans la zone périphérie immédiate de la ville et le long de la côte, ce qui engendre de profondes répercussions sur la structure globale de la ville et de son fonctionnement.

Cette dynamique, récente et brutale, pose de redoutables problèmes dans la gestion de la ville et indique un gaspillage foncier important dans les choix retenus. Un système d'évaluation périodique, fiable et performant pour la gestion du phénomène urbain aurait pu alerter les pouvoirs publics et les aménageurs afin d'éviter les effets pouvant compromettre le devenir de la ville.

Dans ce cadre nous avons trouvé utile de cartographier l'étalement urbain de la ville de Mostaganem. Cette application, du fait de sa précision et de sa souplesse, prouve que la télédétection par satellite pour la cartographie des extensions urbaines est un outil précieux dans la gestion des territoires urbains. Afin d'atteindre ces objectifs, nous avons développé une chaîne de traitements basée sur la classification des images, d'une part et sur l'application de l'indice de cuirasse, d'autres part. Cette application a montré que la classification supervisée d'images satellites permet d'élaborer une cartographie pour la mesure de l'étalement urbain et la répartition spatiale des nouvelles extensions de la ville. Par ailleurs, la télédétection à haute résolution spatiale apparaît ainsi comme un outil d'aide à l'élaboration de documents nécessaires aux investigations en aménagement urbain. Les cartes produites à l'issue des classifications peuvent orienter les enquêtes de terrain destinées à analyser finement l'étalement urbain aussi bien au niveau de l'agglomération urbaine qu'au niveau de la communauté urbaine en intégrant les communes suburbaines.

Enfin nous avons montré, qu'à partir d'images satellitaires multidates, on peut estimer avec une précision satisfaisante la superficie et le périmètre urbain. De même qu'en absence d'une mise à jour des outils de planification et de suivi de la croissance spatiale d'une ville, la méthode de détection des changements se révèle comme une approche rapide,

peu coûteuse et fiable et peut être applicable aux autres villes de l'Algérie.

Références bibliographiques

- PUISSANT A., 2001, Classification et évolution des tissus urbains à partir de données vectorielles, *Revue internationale de géomatique*. Volume X – n°Y/2011.
- LEFEBVRE A., 2011, Contribution de la texture pour l'analyse d'images à très haute résolution spatiale. Application à la détection de changement en milieu périurbain, thèse de doctorat, université rennes 2 Haute Bretagne, Option : Géographie Ecole doctorale Sciences Humaines et Sociales.
- DPAT MOSTAGANEM., 2007, Monographie de la Wilaya de Mostaganem.
- SKUPINSKI G., BINHTRAN D., et WEBER C., 2009, Les images satellites Spot multi-dates et la métrique spatiale dans l'étude du changement urbain et suburbain – Le cas de la basse vallée de la Bruche (Bas-Rhin, France), *Cybergeo, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques*, article 439, mis en ligne le 12 mars 2009 *Cybergeo (European Journal of Geography)*. Mars 2009.
- TSAYEM DEMAZE M., et TREBOUET A., 2008, Cartographie et évaluation multi-échelle de l'étalement urbain à l'aide d'images Spot XS : Exemple du Mans (Ouest-France), halshs-00457689, version 1 - 18 Feb 2010, *proceeding colloque « Télédétection et gestion de l'environnement » organisé à Madagascar en novembre 2008 par le réseau télédétection de l'Agence Universitaire de la Francophonie et par l'Université de Tananarive.*
- AGUEJDAD R., 2009, Etalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité, de la reconstitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une agglomération de taille moyenne : Rennes Métropole, thèse de doctorat, université rennes 2 Haute Bretagne, Option : Géographie Ecole doctorale Sciences Humaines et Sociales.
- SIETCHIPING R., 2003, évolution de l'espace urbain de Yaoundé au Cameroun, entre 1973 et 1988 par télédétection, *Télédétection*, 2003, vol. 3, n° 2-3-4, p. 229–236.