



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
جامعة زيان عاشور-الجلفة
Université Ziane Achour-Djelfa
كلية علوم الطبيعة و الحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم علوم الارض و الكون
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

Mémoire de fin d'étude

En Vue De l'obtention Du Diplôme De Master Académique En Géographie et
Aménagement du Territoire
Spécialité : Villes et Dynamiques Spatiales

Thème

**Mesure et suivi de l'extension urbaine de la ville de
Hassi Bahbah à l'aide de l'imagerie optique**

Présenté par : Sellali Meroua

Devant le jury composé de :

Benkhelif Ammar	MAA	à l'Univ. Djelfa	Président
Djeddaoui Farid	MCB	à l'Univ. Djelfa	Encadreur
Kherfane Noureddine	MAA	à l'Univ. Djelfa	Examinateur
Fathi Said Hassen	MAA	à l'Univ. Djelfa	Examinateur

2018/2019

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, je tiens à remercier mon promoteur Djeddaoui Farid pour ces précieux conseils et son aide durant toute la période du travail, et sa patience et sa coopération avec moi pour en apprendre davantage dans le domaine de la télédétection et ma participation à l'école d'été : « third Algerian geoscience and remote sensing summer School », elle été une expérience merveilleuse et utile pour moi.

« Merci beaucoup mon professeur »

Mon vif remerciement également, aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs propositions.

A tous mes enseignants

A tous les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Résumé

Dans ce travail, quatre indices du bâti ont été comparés et analysés pour extraire les zones urbaines dans la ville de Hassi-Bahbah à partir des données de télédétection à moyenne résolution (Landsat), à savoir : le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA), l'indice du bâti normalisé (NBAI), le nouvel indice du bâti (NBI) et l'indice du bâti à différence normalisé (NDBI).

La fiabilité des quatre indices a été mesurée à l'aide des matrices d'erreurs et du coefficient Kappa grâce à 50 zones de validation cartographiées à l'aide d'enquêtes de terrain et de photo-interprétation. Les résultats ont montré que l'indice BRBA a obtenu la meilleure performance pour l'extraction des zones urbaines et une meilleure séparation par rapport aux sols nus.

L'approche développée peut être utilisée pour évaluer le phénomène de l'urbanisation dans des zones présentant des caractéristiques similaires et orienter les actions possibles pour maîtriser ce phénomène.

Mots-clés : Indice, extension, extraction, bâti, Hassi-Bahbah.

ملخص

في هذا العمل ، تمت مقارنة و تحليل أربعة مؤشرات خاصة باستخراج المساحات الحضرية المبنية في مدينة حاسي بحبح عبر بيانات الاستشعار عن بعد متوسطة الدقة. تشمل هذه المؤشرات: نسبة نطاق المناطق المبنية، مؤشر المساحة المبنية المعياري، مؤشر المناطق المبنية جديد، مؤشر المناطق المبنية ذو الفرق المعياري. تم تقييم أداء المؤشرات الأربعة باستخدام مصفوفات الشك ومعامل كابا، و ذلك من خلال خمسين منطقة تحقق تم استخراجها ميدانيا او عبر تفسير الصور الجوية. أظهرت النتائج أن مؤشر نسبة نطاق المناطق المبنية (BRBA) حقق أفضل أداء لاستخراج المناطق الحضرية. يمكن استخدام هذه الطريقة مستقبلا لتقييم ظاهرة التوسع المدني في المناطق ذات الخصائص المتشابهة و محاولة التحكم اكثر في هذه الظاهرة. **الكلمات المفتاحية:** مؤشر، الامتداد ، الاستخراج ، البناء ، حاسي بحبح.

Abstract

In this study, four spectral indices were compared and analyzed to extract urban areas in Hassi Bahbah City, namely: the Band Ratio for Built-up Area (BRBA), Normalized Built-up Area Index (NBAI), Index), New Built-up Index (NBI) and the Normalized Difference Built-up index (NDBI).

The reliability of the four indices was measured using matrix of errors and the coefficient of Kappa by 50 validation zones mapped using field surveys and photo-interpretation.

The results showed that the BRBA index achieved the best performance for the extraction and separation of urban areas compared to bare soils.

This approach can be used to evaluate the urbanization in areas with similar characteristics, to guide possible actions.

Keywords: Index, extension, extraction, building, Hassi-Bahbah.

Abréviations

ACL	: Agglomération chef-lieu
APC	: Assemblée populaire communale
AS	: Agglomération secondaire
BAEM	: La méthode d'extraction de la surface construite
BI	: Indice de sol nu
BRBA	: Le ratio de bande pour la zone bâtie
BUI	: L'indice du bâti
COMITAS	: La commission ministérielle de terminologie de la télédétection aérospatial
CW	: Chemin de wilaya
DHW	: Direction hydraulique de la wilaya
DPAT	: Direction de la planification et de l'aménagement du territoire
DPSB	: Direction de la programmation et suivi budgétaire
DUC	: Direction d'urbanisme et de construction
DVI	: l'indice différentiel de végétation
EBBI	: L'indice amélioré du bâti
ETM	: Mappeur thématique amélioré
ETM+	: Mappeur thématique amélioré - plus
FLAASH	: Ligne rapide de vue l'analyse spectrale de l'atmosphère Hyper cubes
ha	: Hectare
hab.	: Habitants
IBI	: L'indice basé du bâti
MODTRAN	: Model de modélisation des effets de l'atmosphère
NBAI	: L'indice du bâti normalisé
NBI	: Le nouvel indice du bâti
NDBI	: L'indice du bâti à différence normalisé
NDBaI	: L'indice de différence normalisé des sols nus
NDVI	: L'indice de végétation différentiel normalisé
NIR	: Proche infrarouge
ONS	: Office national des statistiques
OLI	: Image terrestre opérationnelle.
RBV	: Rouge, bleu, vert
RGPH	: Recensement général de la population et de l'habitat
RN	: Route nationale
RVI	: L'indice de végétation par quotient
SWIR	: Infrarouge à ondes courtes
TA	: Taux d'accroissement
TIR	: Infrarouge thermique
TM	: Mappeur thématique
TOP	: Taux d'occupation par pièce
TOL	: Taux d'occupation par logement
UI	: L'indice urbain
μm	: Micromètre
Z.H.U.N	: Zone d'habitat urbain nouvelle
ZE	: Zone éparsé

Sommaire

Sommaire	I-V
Introduction et problématique	01-04
Introduction	01
Problématique	02
Objectif du travail	03
Approche méthodologique	03
Structure du mémoire	04

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction	06
1. Aperçu historique	07
2. Présentation de la commune	07
2.1. Situation géographique et administrative	07
3. Cadre naturelle	09
3.1. Topographique et géomorphologie	09
3.2. La géomorphologie	10
3.3. Géologie	10
3.4. Occupation des sols	12
4. Caractéristique socio-économique et équipements	13
4.1. Population	13
4.1.1. Évolution de la population la ville de Hassi Bahbah	13
4.1.2. Densité de la population	16
4.2. L'habitat	18
4.2.1. Évolution de l'habitat	18
4.2.1.1. Avant 1960	18
4.2.1.2. Entre 1960-1973	18
4.2.1.3. Entre 1974-1981	18
4.2.1.4. Entre 1982-1994	19
4.2.1.5. Entre 1995-2007	20
4.2.2. La typologie de l'habitat	20
4.2.2.1. L'habitat collectif	20
4.2.2.2. L'habitat individuel	22
4.2.2.3. L'habitat semi-collectif	23
4.2.2.4. L'Habitat Précaire	24
4.2.3. Les indicateurs de densité des habitants	26
4.2.3.1. Taux d'occupation par logement (TOL)	26
4.2.3.2. Le taux d'occupation par pièce (TOP)	27
4.3. Equipements et infrastructure de base	27
4.3.1. Les équipements	27
4.3.2. Les infrastructures de base	29
4.3.2.1. Réseau d'eaux potable	29
4.3.2.2. Les eaux usées	29
4.3.2.3. Réseaux d'électricité et gaz	29

4.3.2.4. L'infrastructure ferroviaire	29
4.3.2.5. Le réseau de voies	30
A. Les voies primaires	30
B. Les voies secondaires	30
C. Les voiries tertiaires	30
5. Conclusion	32

CHAPITRE II : NOTIONS THEORIQUES ET METHODOLOGIE APPLIQUEE POUR L'EXTRACTION DU BATI

Introduction	34
1. Notion théorique sur la télédétection	35
1.1. La télédétection	35
1.1.1. Définition	35
1.1.2. Objectifs de la télédétection	35
1.2. La série Landsat	36
1.3. Traitements des données de télédétection	38
1.4. Les indices spectraux	39
1.4.1 Les indices de végétations	39
1.4.2 Les Indices de bâti	39
1.5. La détection de changement	41
1.5.1. Méthodes basées sur des calculs algébriques	42
1.5.2. Méthodes basées sur des transformations d'images	42
1.5.3. Techniques basées sur les résultats de classification d'images	42
2. Extraction des aires urbaines	43
2.1. Présentation des données	43
2.2. Normalisation	44
2.2.1 Correction géométrique	45
2.2.2 Correction atmosphérique	45
2.3. Choix de la zone d'entraînement	47
2.4. Calcul d'indices et cartographie du bâti	47
2.4.1 Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)	47
2.4.2 L'indice du bâti normalisé (NBAI)	47
2.4.3. Le nouvel indice du bâti (NBI)	47
2.4.4. L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)	47
3. Conclusion	52

CHAPITRE III : EVALUATION DES RESULTATS ET RECOMMANDATIONS

Introduction	54
1. L'évaluation des indices spectraux	55
1.1. Matrice de confusion	55
1.1.1. Matrice de confusion de l'image satellite 1987	56
1.1.1.1. Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)	58
A. Les erreurs d'omissions	58
B. Les erreurs de commission	58
C. L'erreur globale	59
D. Précision globale	59
1.1.1.2. L'indice du bâti normalisé (NBAI)	59
A. Les erreurs d'omission	59

B. les erreurs de commission	59
C. L'erreur globale	60
D. Précision globale	60
1.1.1.3. Le nouvel indice du bâti (NBI)	60
A. Les erreurs d'omission	60
B. Les erreurs de commission	60
C. L'erreur globale	61
D. Précision globale	61
1.1.1.4. L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)	61
A. Les erreurs d'omission	61
B. Les erreurs de commission	61
C. L'erreur globale	62
D. Précision globale	62
1.1.2. Matrice de confusion de l'image satellite 2000	62
1.1.2.1. Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)	64
A. Les erreurs d'omission	64
B. Les erreurs de commission	64
C. L'erreur globale	65
D. Précision globale	65
1.1.2.2 L'indice du bâti normalisé (NBAI)	65
A. Les erreurs d'omission	65
B. Les erreurs de commission	65
C. L'erreur globale	66
D. Précision globale	66
1.1.2.3. Le nouvel indice du bâti (NBI)	66
A. Les erreurs d'omissions	66
B. Les erreurs de commission	66
C. L'erreur globale	67
D. Précision globale	67
1.1.2.4. L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)	67
A. Les erreurs d'omission	67
B. Les erreurs de commission	67
C. L'erreur globale	68
D. Précision globale	68
1.1.3. Matrice de confusion de l'image satellite 2009	68
1.1.3.1 Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)	70
A. Les erreurs d'omission	70
B. Les erreurs de commission	70
C. L'erreur globale	70
D. Précision globale	71
1.1.3.2. L'indice du bâti normalisé (NBAI)	71
A. Les erreurs d'omission	71
B. Les erreurs de commission	71
C. L'erreur globale	72
D. Précision globale	72
1.1.3.3. Le nouvel indice du bâti (NBI)	72
A. Les erreurs d'omission	72
B. Les erreurs de commission	72
C. L'erreur globale	73

D. Précision globale	73
1.1.3.4. L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)	73
A. Les erreurs d'omissions	73
B. Les erreurs de commission	73
C. L'erreur globale	74
D. Précision globale	74
1.1.4. Matrice de confusion de l'image satellite 2013	74
1.1.4.1. Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)	76
A. Les erreurs d'omissions	76
B. Les erreurs de commission	76
C. L'erreur globale	77
D. Précision globale	77
1.1.4.2. L'indice du bâti normalisé (NBAI)	77
A. Les erreurs d'omission	77
B. Les erreurs de commission	77
C. L'erreur globale	78
D. Précision globale	78
1.1.4.3. Le nouvel indice du bâti (NBI)	78
A. Les erreurs d'omission	78
B. Les erreurs de commission	78
C. L'erreur globale	79
D. Précision globale	79
1.1.4.4. L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)	79
A. Les erreurs d'omission	79
B. Les erreurs de commission	79
C. L'erreur globale	80
D. Précision globale	80
1.1.5. Matrice de confusion de l'image satellite 2018	80
1.1.5.1. Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)	82
A. Les erreurs d'omission	82
B. Les erreurs de commission	82
C. L'erreur globale	83
D. Précision globale	83
1.1.5.2 L'indice du bâti normalisé (NBAI)	83
A. Les erreurs d'omission	83
B. Les erreurs de commission	83
C. L'erreur globale	84
D. Précision globale	84
1.1.5.3 Le nouvel indice du bâti (NBI)	84
A. Les erreurs d'omission	84
B. Les erreurs de commission	84
C. L'erreur globale	85
D. Précision globale	85
1.1.5.4. L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)	85
A. Les erreurs d'omission	85
B. Les erreurs de commission	85
C. L'erreur globale	86
D. Précision globale	86
1.2. Coefficient de Kappa	86

2. Résultats et recommandations	87
3. Conclusion	90
<hr/>	
Conclusion générale	92
Références bibliographiques	95
index	97
Liste des cartes	98
Liste des tableaux	98
Liste des figures	99
Liste des photos	99

INTRODUCTION & PROBLEMATIQUE

Introduction

L'extension urbaine transforme l'organisation des villes et leur fonctionnement, la croissance rapide des villes et les concentrations démographiques peuvent avoir plusieurs conséquences négatives, telles que : le traitement des déchets, la pollution, la dégradation de la qualité de la vie.

Les études urbaines sont des outils importants pour les aménageurs du territoire afin de tracer les solutions et les propositions d'aménagements. Aujourd'hui, la télédétection fournit aux aménageurs des informations spatiales quantitatives très pertinentes.

Le traitement et la présentation de ces informations est un moyen très utile pour comprendre, améliorer, corriger, et soutenir les politiques urbaines.

Dans le domaine de la télédétection, les observations temporelles sont assurées par des capteurs embarqués sur des plates-formes satellites ou encore sur des avions. Ces capteurs fournissent des images multi-dates de la portion de la surface terrestre pour laquelle on désire étudier des phénomènes dynamiques particuliers.

Compte tenu de la diversité des moyens d'observation par télédétection, les domaines d'application ayant recours à des techniques de détection de changement variés. Ces méthodes de détection de changement distinguent l'objet de l'étude à différentes échelles spatiales et temporelles.

Ainsi, trouve-t-on des applications dont l'objectif est l'étude de changements relativement lents entre deux instants d'observation éloignés sur de grandes échelles spatiales comme l'étude du changement d'occupation et l'extension urbaine d'une ville.

La détection de changement est une technique ayant pour but de repérer et de quantifier l'évolution temporelle ou le changement d'état d'un objet ou d'un phénomène à partir d'une série d'observations à différents instants.

A cet effet, des techniques affinées de cartographie ont été utilisées pour l'évaluation de l'extension et un grand nombre d'études ont évalué le phénomène y a compris un certain nombre d'indices d'extraction des caractéristiques de la couverture terrestre. Ces indices incluent par exemple

l'indice de végétation de référence normalisée (NDVI), l'indice différentiel de végétation (DVI), le nouvel indice du bâti (NBI), l'indice de la zone bâtie normalisée (NBAI), l'indice de la bande pour la zone bâtie (BRBA), l'indice du bâti à référence normalisée (NDBI) et l'indice normalisé de différence d'eau (NDWI) etc...(Pedro, C , 2007).

Problématique

Suivre l'extension urbaine a toujours été la préoccupation des géographes et des aménageurs, qui préfèrent depuis longtemps le rassemblement de plusieurs documents cartographiques anciens et de les comparer pour retracer l'extension spatiale des villes.

Aujourd'hui, les images de télédétection sont utiles pour surveiller la croissance des zones urbaines par rapport aux autres approches traditionnelles, car elles peuvent fournir des vues rapides et synoptiques (Zha, Gao, and Ni 2003). L'une des approches courantes est d'utiliser les indices spectraux pour extraire les zones bâties des sols nus afin de suivre le phénomène de l'urbanisation et le changement dans l'occupation des sols.

Un grand nombre d'indices de bâti, dérivés des mesures de télédétection, sont couramment utilisés pour caractériser le schéma de croissance urbaine des villes (As-syakur et al. 2012).

Dans notre travail ce phénomène sera évalué à travers les indicateurs spectraux, pour extraire, suivre et détecter le changement urbain. Ceci nous a conduits à orienter notre réflexion vers cet aspect et à soulever les questionnements suivants :

- En premier lieu, comment améliorer l'extraction et le suivi de l'urbanisation à partir des indices spectraux ?
- En deuxième lieu, Quel est l'indice approprié pour l'extraction et le suivi de l'extension urbaine de la ville de Hassi Bahbah ?

Objectif du travail

Dans le cadre de ce travail, les données Landsat ont été utilisées pour dériver quatre indices à savoir : le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA), l'indice du bâti normalisé (NBAI), le nouvel indice du bâti (NBI) et l'indice du bâti à différence normalisé (NDBI), pour une discrimination précise entre les sols nus et les zones bâties dans l'agglomération de Hassi-Bahbah.

Cette étude a pour objectif de cartographier et de quantifier la croissance urbaine entre 1987 et 2018 de l'agglomération de Hassi-Bahbah en utilisant une série temporelle d'images satellitaires Landsat à moyenne résolution.

Approche méthodologique

Pour obtenir à des réponses tenables et objectives aux questions posées au préalable, le travail sera effectué selon la méthodologie suivante :

Premièrement, la présentation de la ville de Hassi Bahbah, il s'agit de sa situation géographique et administrative, ses caractéristiques naturelles et socio-économiques, et ceci par la collecte des informations et données issues de différentes directions, à savoir :

- D.P.S.B : Direction de Programmation et de Suivi de Budget
- D.T.P : Direction des Travaux Public
- O.N.M : Office National de Météorologie de la station de Djelfa
- D.U.C : Direction de l'Urbanisme et de Construction

Deuxièmement, nous avons effectué une recherche bibliographique englobant la consultation : des ouvrages, des articles de revues, des mémoires et des sites Web, afin de dégager les définitions et les concepts en liaison avec l'objet de ce travail. On a aussi réalisé des interviews avec les responsables de l'URBATIA.

Troisièmement, nous avons utilisé plusieurs logiciels pour calculer les indices spectraux et générer les cartes d'extensions appropriées et c'est l'étape la plus longue de cette recherche.

Structure du mémoire

Ce mémoire est articulé en trois chapitres, à savoir :

- **Le premier chapitre** : s'intéresse à la présentation générale de la ville de Hassi Bahbah.
- **Le second chapitre** : se consacre au contexte théorique pour bien cerner les différentes définitions et concepts ayant une relation avec le sujet. La deuxième section concerne la méthodologie appliquée pour l'extraction des aires urbaines de la ville de Hassi Bahbah.
- **Le troisième chapitre** : concerne l'évaluation des résultats et les recommandations.

CHAPITRE 1

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction

Toute analyse urbaine doit commencer par identifier l'espace à analyser, sa situation, ses limites et ses composantes. Ce chapitre a pour but de définir la situation de la commune de Hassi Bahbah, de déterminer ses données physiques et naturelles, de présenter ces caractéristiques démographiques (évolution de la population, sa répartition, etc.) et de décrire sa structure urbaine sa typologie d'habitat et ses d'équipements.

1. Aperçu historique

La commune de Hassi Bahbah est l'une des plus anciennes communes de la wilaya de Djelfa créée en 1958 et faisant partie du département "titré", elle avait comme nom "commune de Ouled Ghouini" jusqu'à sa prénotation (titularisation) en fonction du décret n°63-189 le 16/05/1963 elle change en "Hassi Bahbah", elle est l'une des plus importantes communes de la wilaya de par sa localisation et le nombre de ses habitants. Elle est annexée à la wilaya en 1974 (décret n° 74/140 daté le 12/07/1974).

La ville de Hassi Bahbah est la capitale de l'Arch ouled sidi M'hamed Arière petits fils de Sidi Nail.

2. Présentation de la commune

2.1. Situation géographique et administrative

La commune de Hassi Bahbah est située au Nord des monts d'Oued Nail qui forment la chaîne de l'Atlas saharien. La commune est une zone de contact entre les hautes plaines et l'Atlas Saharien, comprise entre les coordonnées : 3° 0' et 3° 2' Est, 35° 2' et 35° 5' Nord. Le chef-lieu de la commune est situé sur la route nationale (RN01) à 50 Km/s au Nord du chef lieu de wilaya.

Elle est située dans une position centrale par rapport à l'ensemble de la wilaya et du pays, elle couvre une superficie de 773,74 km² et totalise une population de 98 827 hab.

La route nationale (RN01) et le chemin de wilaya n° 166 lui permettent d'être en contact, pratiquement avec toutes les régions du pays.

Elle est limitée :

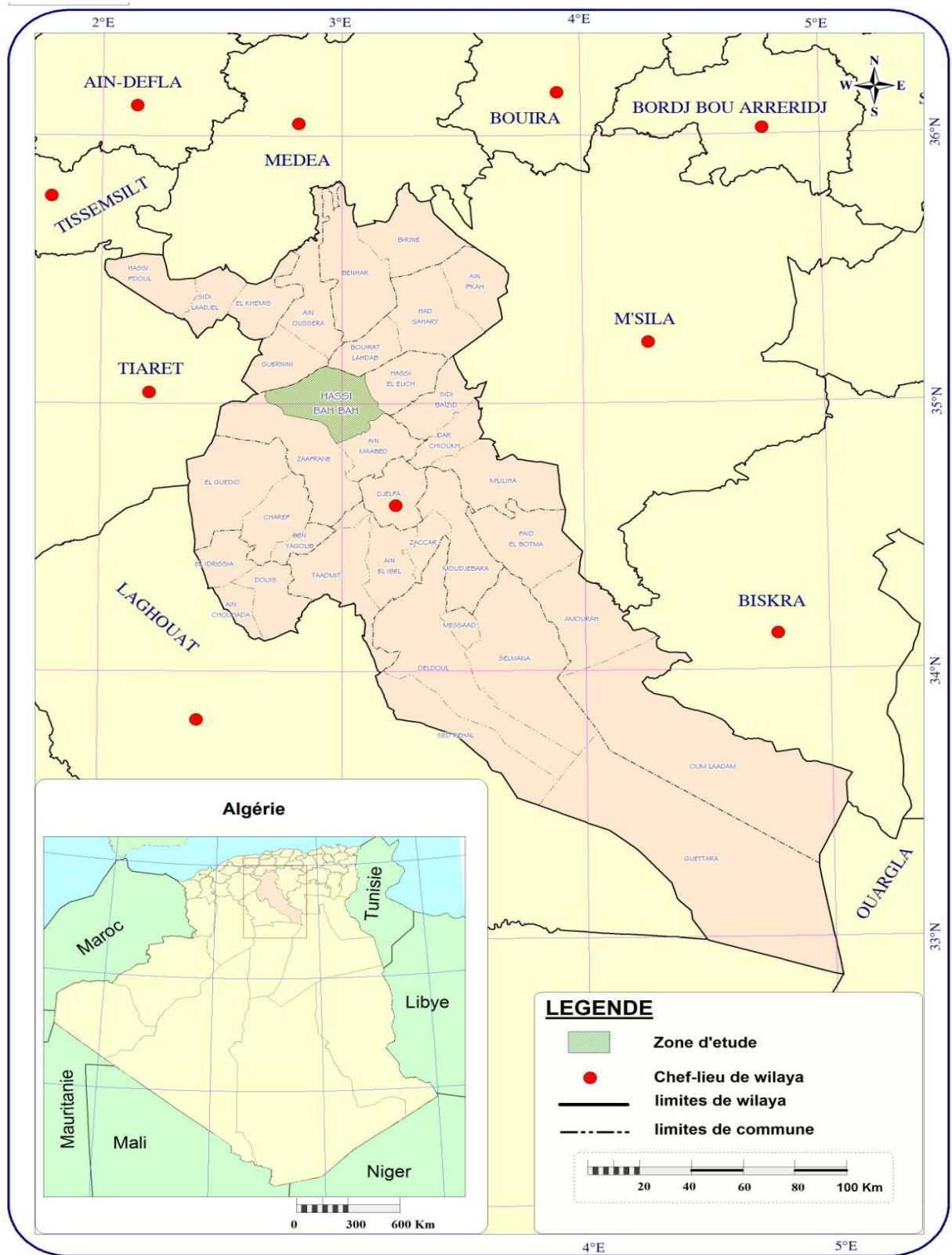
- **Au sud** : par Djebel Sahari ;
- **A l'Ouest** : par le Zahrez Gharbi ;
- **Au Nord** : par les monts Kaskas de Khaizar, et de Taicha ;
- **A l'Est** : par Oued Faid Janal et le Chatt Zahrez Est.

Elle est limitée administrativement par :

- **Au Nord** : par la commune de Bouirat Lahdab, et de Guernini ;
- **Au sud** : par la commune de Ain Maabed ;

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

- A l'Est : par la commune de Hassi El Euch ;
- A l'Ouest : par la commune de Zaafrane ;



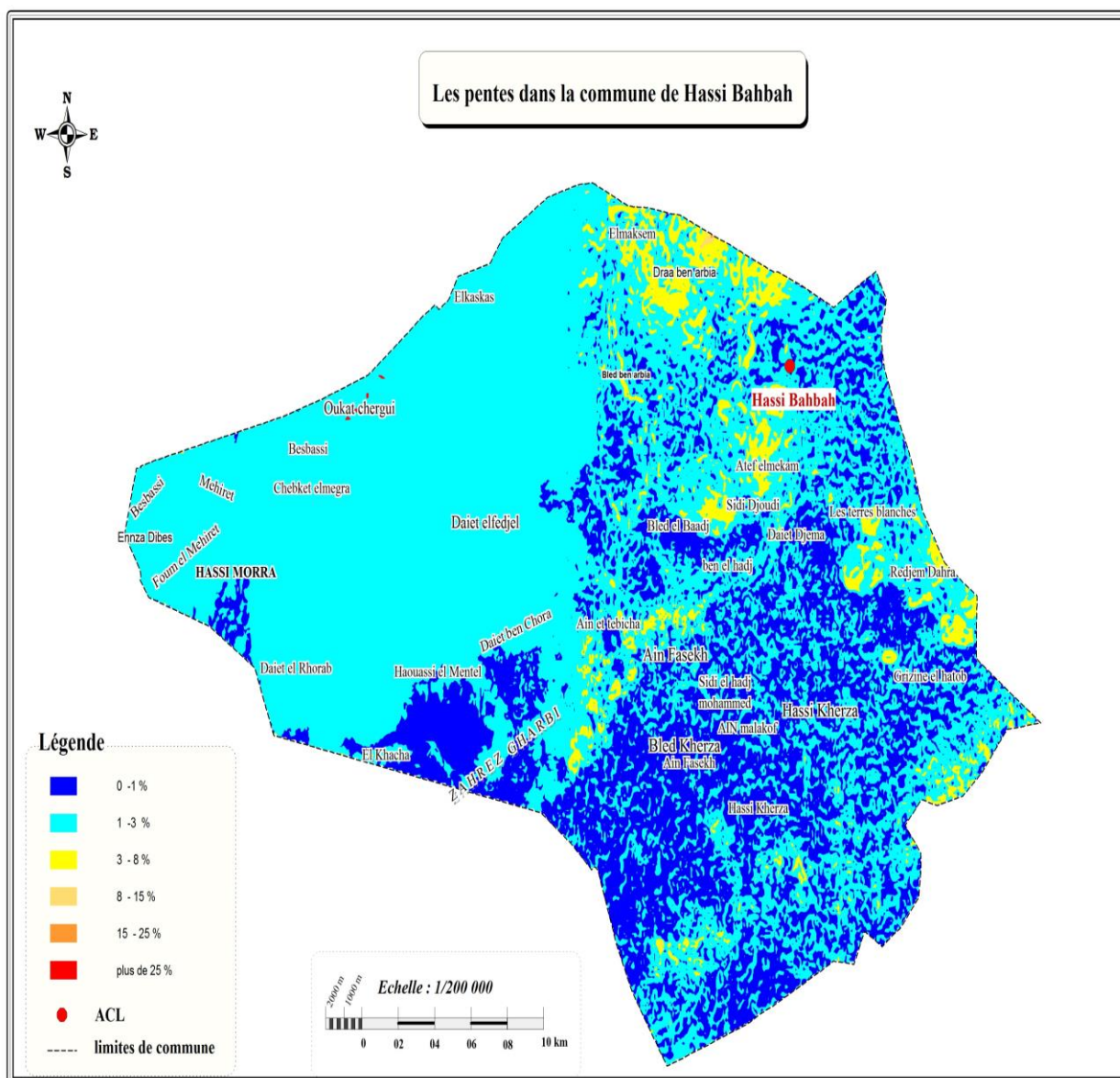
Carte N° 01 : Situation administrative de la commune de Hassi Bahbah.

3. Cadre naturelle

3.1 Topographique et géomorphologie

La commune de Hassi Bahbah se caractérise par ses faibles pentes et par un territoire moyennement plat (voir figure n° 02). Généralement Les pentes se situent entre 1 et 3 % et Une déclivité de 0%, enregistrée au niveau du bassin versant du Zahrez Ouest qui forme une zone d'accumulation à l'échelle régional. On y trouve également des dépressions qui forment des petits chotts, et des Dayates.

Les pentes qui atteignent plus 8 %, se situent dans la partie Nord Ouest de la commune.



Carte N° 02 : Les pentes de la commune de Hassi Bahbah.

3.2. La géomorphologie

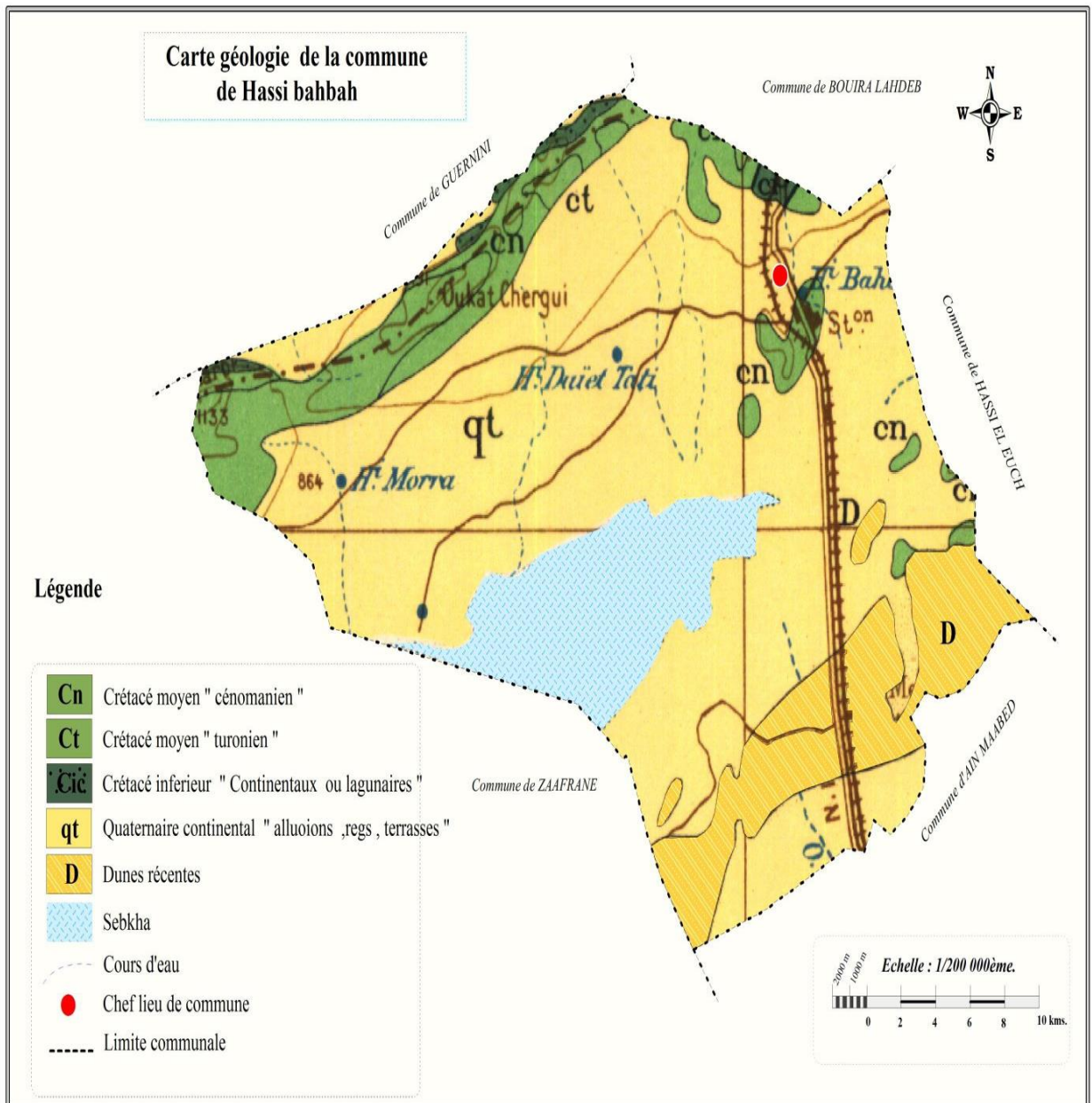
La topographie de la zone est caractérisée par une cuvette qui se distingue par des formes géomorphologiques précises représentée par le cordon dunaire et la sebkha. Ce cordon dunaire subit les effets de l'action de l'eau et des vents.

L'action de l'eau est l'érosion des versants et des rives des oueds est due à l'action de l'eau qui érode, transporte, dépose et sédimente les matériaux.

L'action du vent est apparente et visible par la mobilité du vent qui est à l'origine de la dégradation de l'environnement, et de l'extension de la surface des dunes dans la zone d'El Mosrane. Celles-ci constituent une menace réelle pour l'agriculture, l'urbanisation et les infrastructures de base. L'analyse morphologique des grains de sables a montré que le quartz a été d'abord transporté par les eaux, puis en second lieu par le vent. La direction et la vitesse du vent, et l'analyse morphologique mettent en évidence l'interaction existante entre l'action du vent et l'action de l'eau.

3.3. Géologie

La zone a connu les mêmes mouvements géologiques que les monts de l'Atlas Saharien où les formations du crétacé constituent la base géologique la plus importante de la région, celle-ci est constituée en grande partie par les (voir la carte n° 03).



Carte N° 03 : La géologie de la commune de Hassi Bahbah (DHW de Djelfa).

3.4. Occupation des sols

Tableau N°01 : L'occupation des sols dans la commune de Hassi Bahbah

	Surface (ha.)	%
Urbain	800.06	1.66
Terres agricoles	9400	12.14
Terres parcours	43504	56.22
Boisement	3087	3.98
Alfa	6915	8.93
Non cultivé	13177	17.03
Totale	77374	100

Source : DPAT,(2008)

La figure suivante montre bien que la majorité de l'espace communal est des terres de parcours avec 43504 ha. Les terres agricoles occupent une superficie de 9400 ha. soit 12.14 % du territoire communal, se trouve généralement dans la partie Nord. Les 3087 ha. de boisement localisés autour de la commune de Hassi Bahbah.

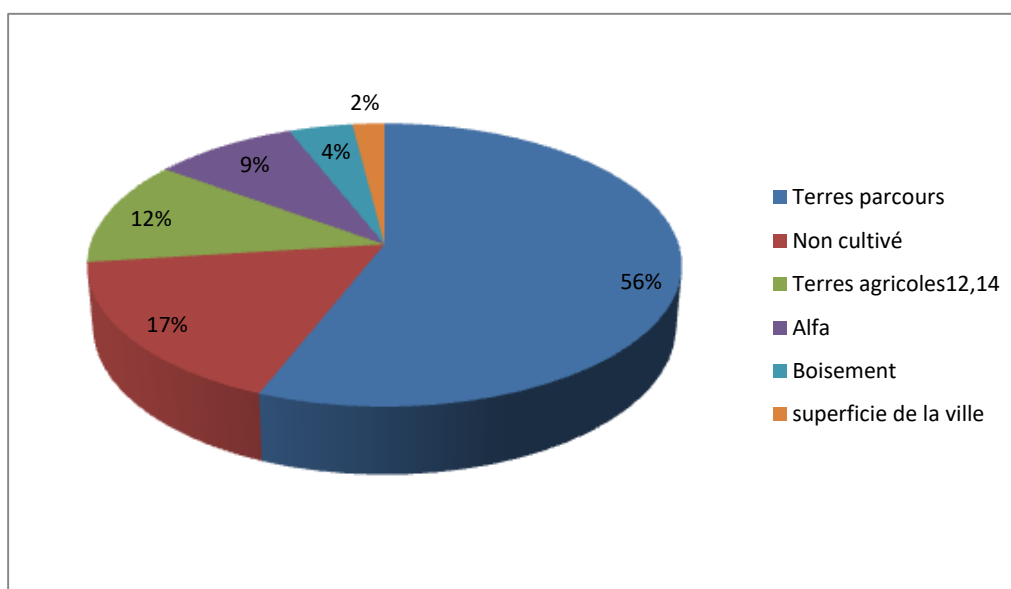


Figure N°01 : L'occupation de sols dans la commune de Hassi Bahbah en 2008.

4. Caractéristique socio-économique et équipements

4.1. Population

4.1.1. Évolution de la population la ville de Hassi Bahbah

L'analyse de l'évolution de la population est extrêmement intéressante et présente un élément nécessaire pour comprendre l'état de fait.

La population de la commune de Hassi Bahbah a connu toute sorte d'évolution durant les grands recensements (1977-1987-1998-2007), le tableau suivant montre cette évolution.

Tableau N °02 : Evolution de la population de la ville de Hassi Bahbah
Comparative à celle de la commune et la wilaya (1977-2015)

	RGPH 1977	RGPH 1987	RGPH 1998	RGPH 2008	Estimation 2015
La ville	12322	34176	58718	79566	97385
La commune	23.300	38.644	61790	86422	109300
La wilaya	332500	494494	797706	1204134	1400901

Source : ONS (RGPH), DPSB (Estimation de 2015)

Le tableau n°02 montre l'évolution de la population au niveau de la ville, la commune et la wilaya, on constate une augmentation significative entre 1977 et 1987 où la population est doublée en 10 ans. Une légère augmentation est constatée pour les autres périodes.

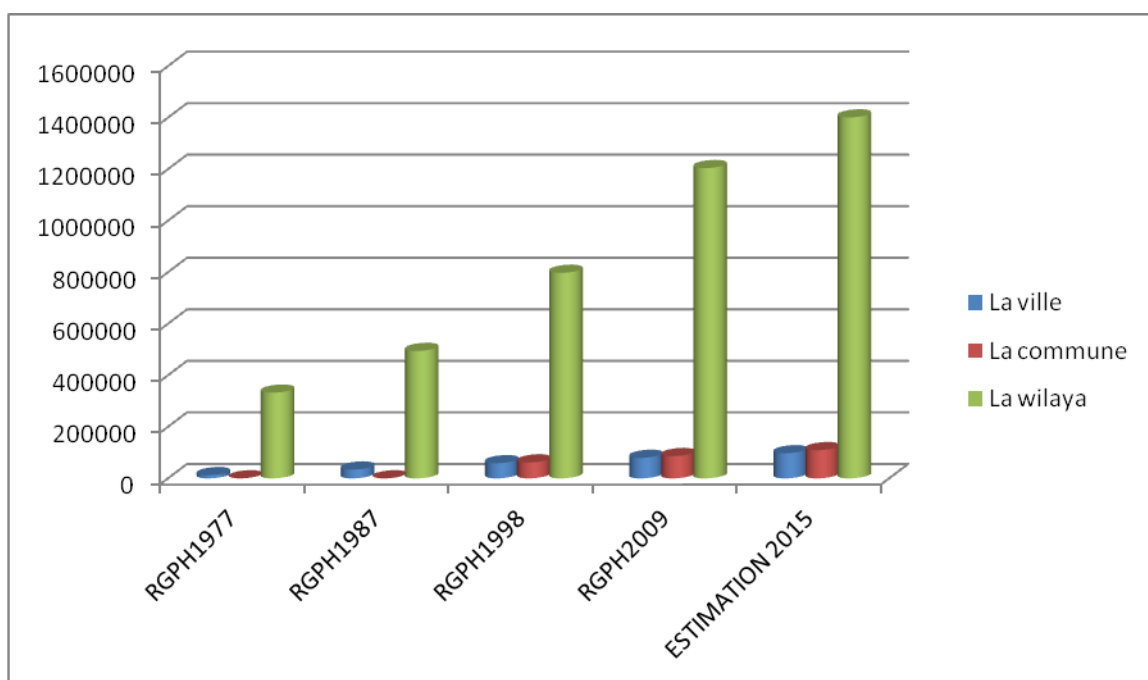


Figure N°02 : Evolution de la population de la ville de Hassi Bahbah et celle de la commune et de la wilaya (1977-2015)

Tableau N °03 : Évolution de taux d'accroissement entre (1977-2008)

Période	Taux d'accroissement (%)			
	La ville	La commune	La Wilaya	Algérie
1977-1987	10.73	5.18	4.00	3.08
1987-1998	5.04	4.35	4.40	2.15
1998-2008	3.08	3.41	3.7	1.41

Source : RGPH, (2008)

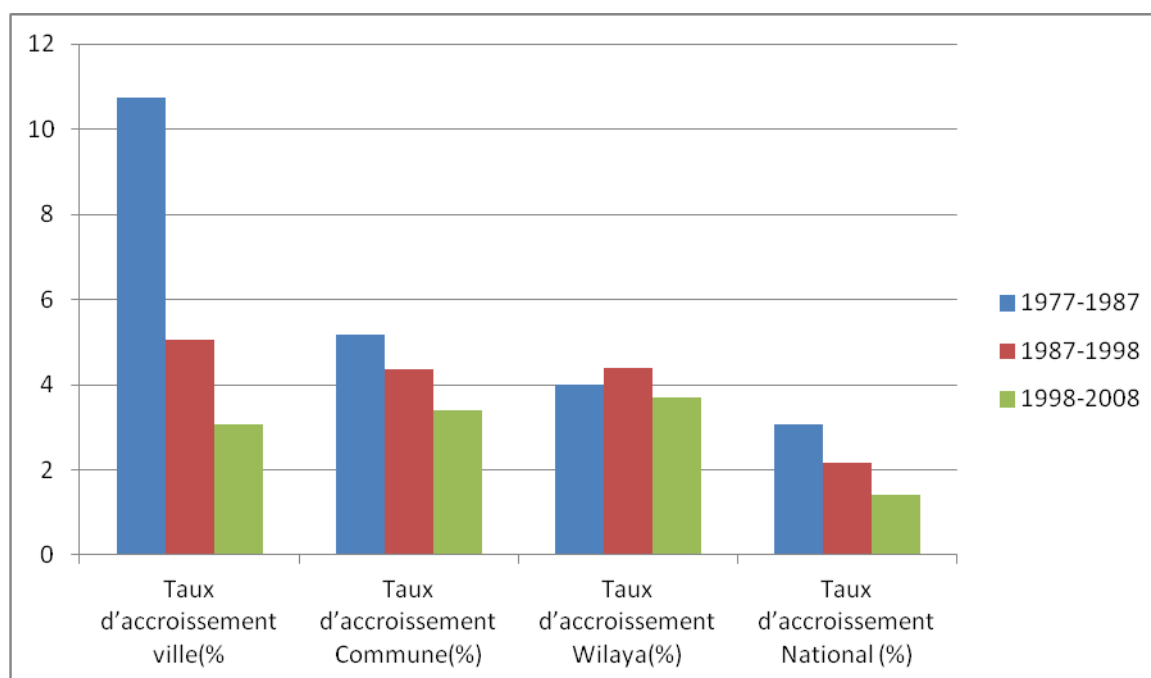


Figure N°03 : Évolution de taux d'accroissement entre (1977-2008).

Ces taux d'accroissement de la population sont calculés selon la formule suivante:

$$TA = [(P_n/P)-1] \times 100$$

Dont:

- TA : taux d'accroissement de la population de la période (n , no).
- P_n : nombre de la population durant l'année.
- P_n : nombre de la population durant l'année no (initiale).

D'après les tableaux et les figures précédents, on peut tirer 03 phases d'évolution de la population :

- **Phase 01 (1977-1987)**: La population est passée de 12322 hab. en 1977 à 34176 hab. en 1987 soit un surplus de 21854 personnes, correspondant à un taux d'accroissement de 10,73 % par an , qui est largement supérieur au taux de croissance de la wilaya de Djelfa qui était de 4,00 % et dépassant la moyenne nationale qui est de 3,08 % pour la même période .

- **Phase 02 (1987-1998):** Durant cette période la ville a connu une augmentation de sa population de 34176 hab. en 1987 à 58718 habitants en 1998 avec un taux d'accroissement de 5,04 % qui est supérieure au niveau national (2.15 %) , l'augmentation de l'effectif est due au flux de migration vers la ville de Hassi Bahbah, causée par le facteur sécuritaire, s'ajoutant à cela l'accroissement naturel due a l'augmentation de la natalité et la baisse de la mortalité.
- **Phase 03 (1998-2008):** Les données de recensements de cette période montrent que la population a augmenté de 58718 en 1998 à 79566 en 2008, avec un taux d'accroissement de 3.08 %. Une croissance renforcée par la grande migration qu'a connue l'espace rural. Cet exode vers le chef-lieu de commune s'explique par le sous-développement et le sous équipement. Et par conséquent par la volonté et le désir de la population d'améliorer ses conditions et son cadre de vie, ses objectifs ne peuvent être réalisés qu'au chef lieu de commune considéré comme un espace développé et diversifié

4.1.2. Densité de la population

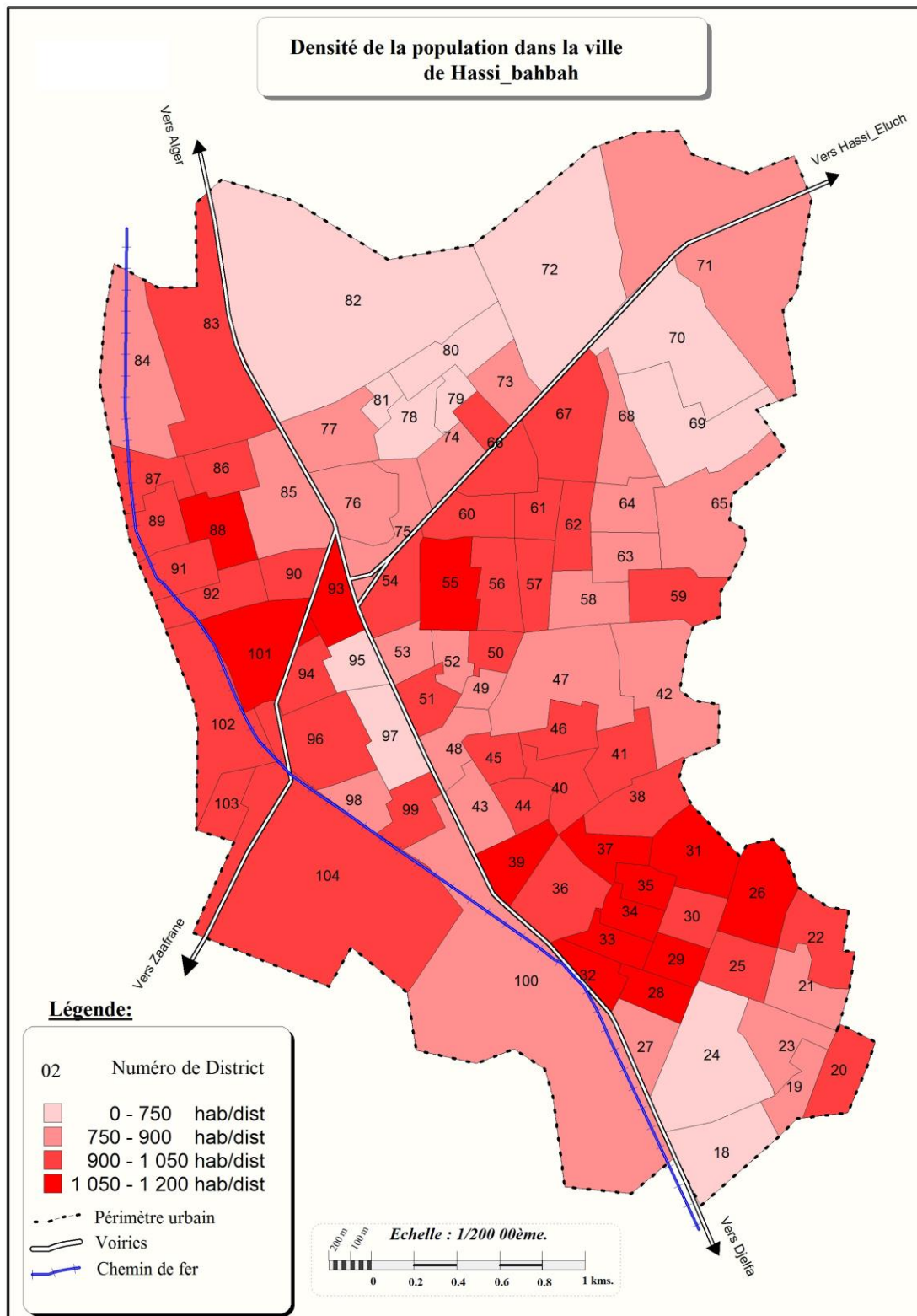
La carte de la répartition de la population sur la zone d'étude représente un moyen efficace par son rôle qui nous permet de mesurer la concentration de la population sur une partie de la ville à une autre.

- **Faible densité (0 à 750 hab./ district) :** Cette catégorie regroupe les districts à faible densité de population : 72,78,79,20,81 et 82, sont situés dans la partie nord de la ville et représentant les quartiers suivants : quartier de l'hôpital et 5 juillet. La partie de Nord-est comprend les district 69 et 70 qui représentent le quartier Alhtar. Le reste les districts 18 et 24 représentant la cité Jaeaf dans le sud.

- **Densité élevé (1050 à 1200 hab./ district) :** Cette catégorie regroupe les trois districts 88, 101 et 93) Situé dans la partie ouest de la ville et représentant chacun des quartiers de cité El Monadilne et 75 logements. Le district 55 situé dans la center ville de Hassi Bahbah. Les autres districts

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

répartis dans la partie sud de la ville 26, 28, 29, 31, 32, 33, 35, 37 et 39 représentant les deux quartiers de Bouffia et cité Shonan.



Carte N° 04 : Densité de la population dans la ville de Hassi Bahbah.

4.2. L'habitat

4.2.1. Évolution de l'habitat

4.2.1.1. Avant 1960

L'apparition du premier noyau de la ville remonte à la période coloniale, celui-ci est constitué par les quartiers suivants :

- Le centre-ville-Ouest.
- Le centre-ville-Sud
- El Mahata (la gare)
- El Argoub (la colline)

Cet habitat construit durant la période coloniale se trouve à l'Ouest de la route nationale RN1, il se caractérise par l'ordonnement des constructions, leur typologie, leur aspect extérieur, leur confort et également la régularité de la trame.

Ce tissu est muni d'équipements scolaires : l'école de garçons, l'école de filles, et de quelques équipements administratifs : APC, PTT....outre cet habitat ordonné au centre-ville-Ouest.

A El Argoub, la population autochtone a construit un autre noyau qui se caractérise par ses constructions spontanées, réalisées sans plans, sans normes techniques et par son tissu aux ruelles étroites, sinueuses, dépourvu de mal toute équipement.

4.2.1.2. Entre 1960-1973

L'habitat de cette période est également construit sans plans, sans normes techniques. Ce type d'habitat est représenté par la cité administrative et la cité Rahal. La première s'étend jusqu'à la limite de la voie ferrée, quant à la seconde elle est réalisée à l'Est de RN1.

4.2.1.3. Entre 1974-1981

Cette période à connu un exode rural massif dirigé principalement vers le chef-lieu de commune. C'est ainsi que l'agglomération de Hassi Bahbah enregistre un accroissement important de sa population et, on assiste alors

à l'apparition de plusieurs quartiers réalisés dans le cadre de l'auto-construction. Il s'agit du:

- Quartier El Mounadhlines .
- Quartier de Dachra Khadra Quartier d'Elguendouz .
- Quartier de Zitoun .
- Quartier d'Ouled Omrane
- Quartier de Bouafia

Les règles élémentaires d'urbanismes tels : l'alignement, l'ordonnancement ont été dans l'ensemble respectées, mais le bâti en lui même ne présente aucune qualité urbaine, aucune esthétique et sont dépourvus de tout équipement. Dans la même période, et suite à la nouvelle réglementation qui vise une meilleure occupation de l'espace, on assiste à l'apparition des premiers logements de type semi- collectif (75 et 250 logements).

4.2.1.4. Entre 1982-1994

Le premier lotissement est apparu au début de l'année 1981, il occupe la poche existante entre le lotissement 315 et le quartier El Guendouz. Seulement 2 % sont construits du fait de leur éloignement de centre de la ville.

En 1990, d'autres lotissements sont programmés et ne seront distribués qu'en 1994. 11 s'agit :

- Du lotissement 155
- Du lotissement 202
- Du lotissement 111
- Du lotissement 135
- Du lotissement 210
- Du lotissement 300

Ces derniers sont localisés et implantés à proximité du tissu urbain, de manière à constituer son prolongement et son extension. Quant au lotissement 300, il se trouve au Nord de la Z.H.U.N.

En 1983, une Z.H.U.N de 2053 logements occupant une surface de 59,55 ha. a été programmée, dont:

- 32,20 ha. destinés à l'habitat collectif ;
- 14,12 ha. destinés aux équipements ;
- 11,54 ha. destinés à la voirie ;
- 0,69 ha. destinés aux espaces verts.

4.2.1.5. Entre 1995-2007

Depuis l'indépendance et jusqu'au début des années 90, la ville de Hassi Bahbah s'est étendue progressivement du centre vers deux sens préférentiels ; Sud et Nord selon l'axe reliant Alger à Djelfa (RN1), mais au cours de ces dernières années la ville tend à se développer dans les autres sens (Est- Ouest), ainsi elle passe de la forme «*linéaire*» à celle en «*étoile*». Avec le développement de la ville et l'importance du trafic routier, ceux- ci ont provoqué la création d'une voie d'évitement à l'Ouest .

4.2.2. La typologie de l'habitat

4.2.2.1 L'habitat collectif

Deux périodes bien distinctes ont marqué les projets de logements collectifs: Une période lente s'étalant de 1980 jusqu'à 1987 où la réalisation de 75 logements. Une deuxième période au rythme accéléré s'étale de 1987 jusqu'à 2008 elle se subdivise en deux étapes :

Entre 1987 et 1998, cette période s'est achevée par un nombre de 508 logements collectifs :

- 1987-1988:75 logements
- 1988:18 logement
- 1989:198 logements
- 1991:32 logements
- 1994:12 +10 +32 logements
- 1997:16+40 logements

Entre 1998 et 2008 : les projets de construction se sont accélérés à travers toute l'agglomération chef-lieu.

- 1998:150 logements
- 1999: 144 logements
- 2000:150 logements
- 2001: 150 logements
- 2003:20 logements
- 2005: 180 logements
- 2008:382 logements

Cette période s'est achevée par un nombre de 1684 logements collectifs soit 13,86 % du parc logement total.

Ces logements se caractérisent par une architecture plus moderne, ils sont mieux conçus et plus équipés.

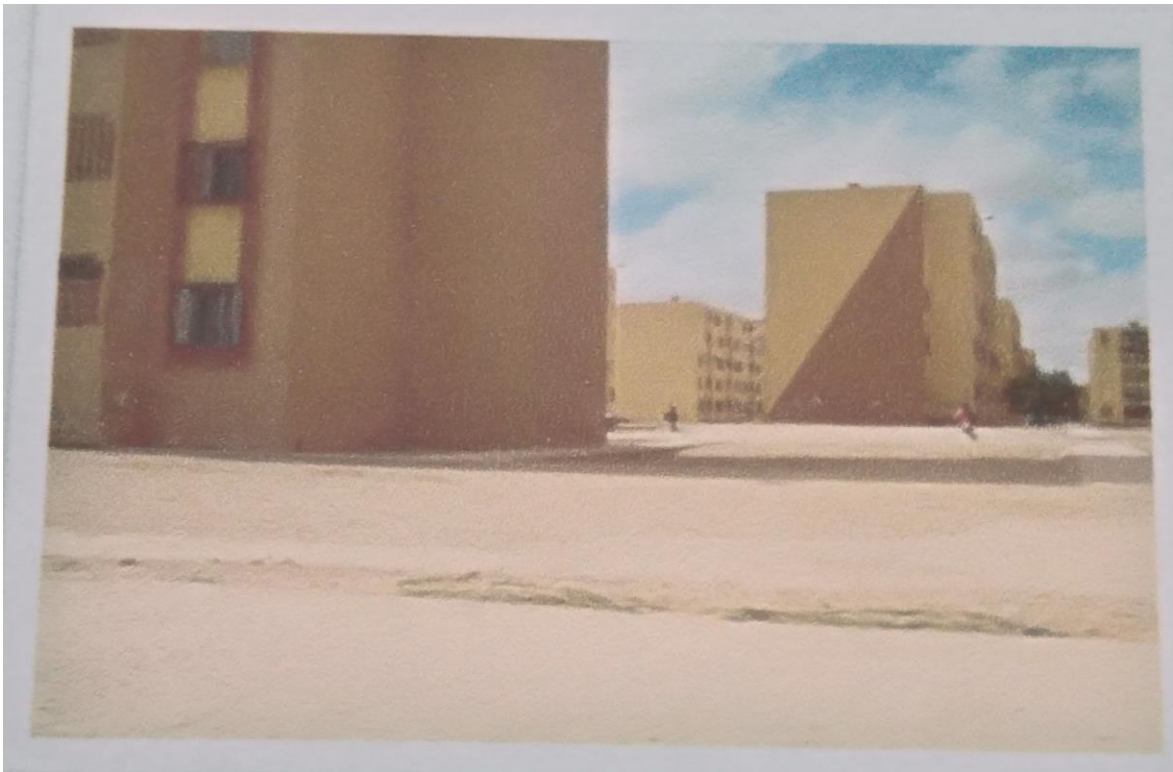


Photo N°01 : Habitat collectif (cité 5 Juillet)

Tableau N°04 : Nombre des logements selon les types d'habitat dans la ville de Hassi Bahbah (2008)

Les types	2008	
	Nombre	%
Individuel	9329	76.83
Collectif	1684	13.86
Semi-collectif	551	4.54
Précaire	579	4.76
Total	12143	100

Source : ONS, (2008)

4.2.2.2. L'habitat individuel

Ce type d'habitation est une caractéristique de la commune de Hassi Bahbah, avec plus de 9941 logements dont 612 à la zone éparsée, cela s'explique par le nombre de lotissements vendus soit par les services immobiliers de la commune soit par les particuliers. Ce sont des habitations d'un seul niveau ou R+1 et R+2 sont localisées dans tous les quartiers de l'agglomération chef-lieu, dont les hameaux sont caractérisés par des habitations individuelles de type rural.



Photo N°02 : Habitat individuel (cité La Gare)

4.2.2.3. L'habitat semi-collectif

Ce sont des habitations de R+1, présentes aux différents quartiers de l'agglomération chef lieu:

- Cité Mounadhline: 250 + 12 +75 logements
- Cité Bouafia: 32 logements
- Cité Elmakbara : 08 logements
- Cité Rahel : 70 logements
- Cité Bouafia : 50 logements
- Cité l'Hopital: 54 logements

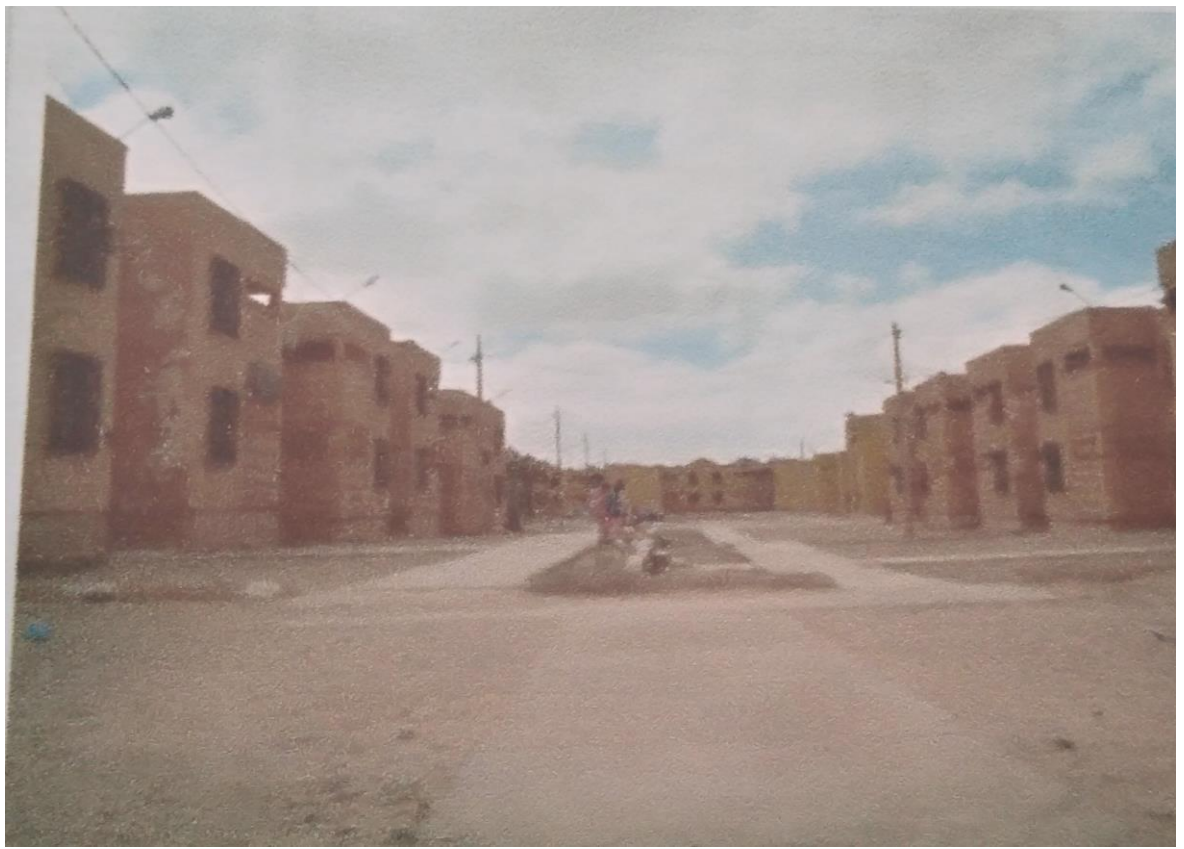


Photo N°03: Habitat semi-collectif(cité de L'hôpital)

4.2.2.4. L'Habitat Précaire

Les logements précaires dans la commune de Hassi Bahbah sont estimés à 579 logements répartis dans les quartiers (Elguendouz 1, Elguendouz 2, Rahal, Makbara, Bouafia, et El argoub), ces logements regroupent 612 familles, le tableau suivant montre le nombre et la typologie de ces logements.

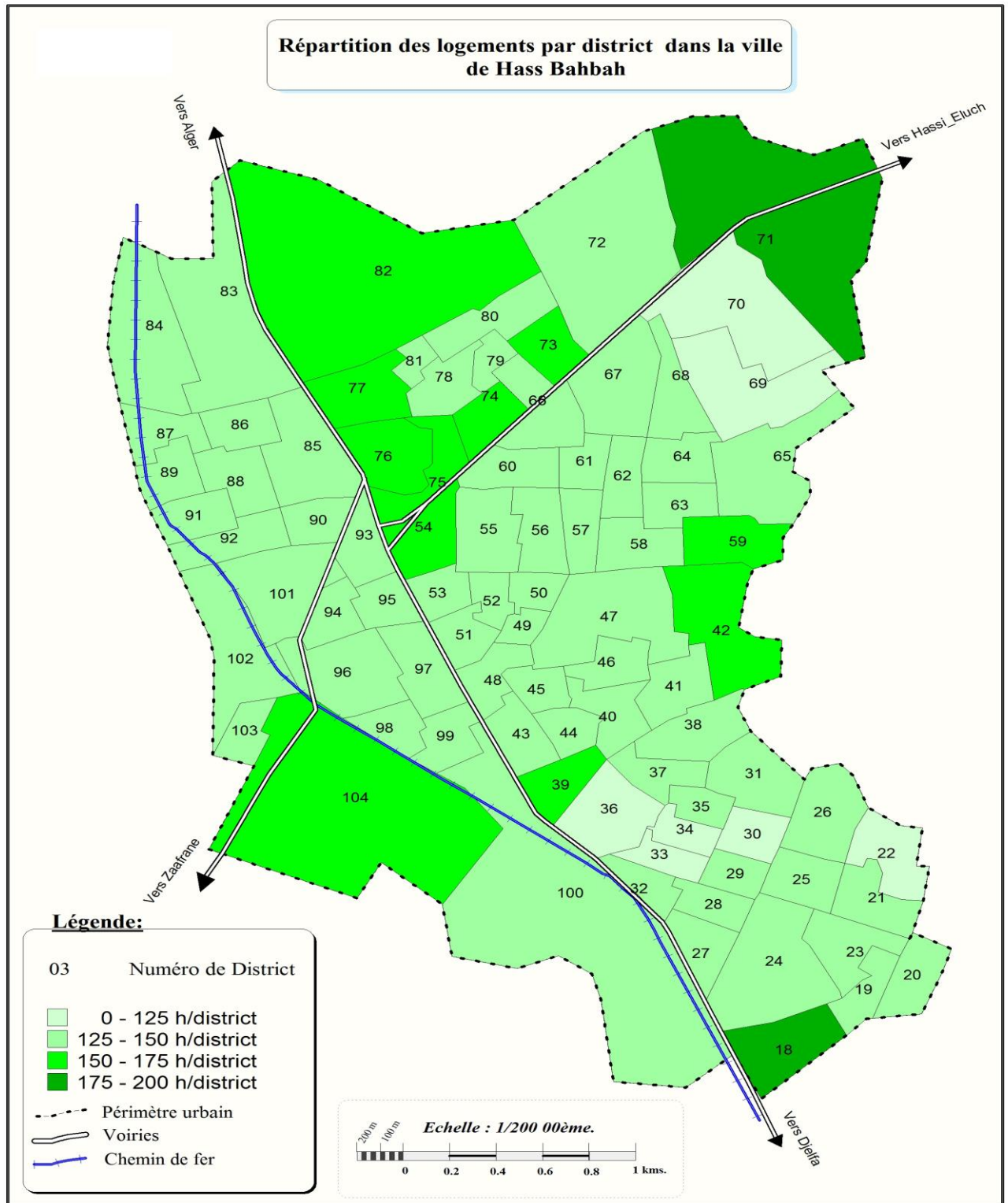
Tableau N°05 : L'habitat précaire dans la ville de Hassi Bahbah.

Sites	Matériaux hétéroclites	Parpaings brique sans structure	Pierre et terres dégradés	Total	Nombre de familles
Elguendouz1	36	51	24	111	114
Elguendouz2	37	44	07	88	95
Rahal	30	26	02	58	63
MaKbara	29	02	36	67	73
Bouafia1	04	04	05	13	14
Bouafia 2	11	03	31	45	50
El Argoub	63	07	127	197	203
Total	210	137	232	579	612

Source : D.U.C, (2008)



Photo N°04: Habitat précaire(cité Bouafia)



Carte N° 05: Répartition des logements par district dans la ville de Hassi Bahbah.

4.2.3. Les indicateurs de densité des habitants

Cela signifie la relation existant entre les habitants et les habitations et que se résume en :

- Taux d'occupation par logement (TOL)
- Taux d'occupation par pièce (TOP)

4.2.3.1. Taux d'occupation par logement (TOL)

L'importance de cette moyenne réside dans la connaissance de la surcharge des logements. Pour avoir une idée sur les capacités du secteur d'habitat à couvrir, les besoins en logement. Le tableau clarifie l'évolution du taux d'occupation par logement à Hassi Bahbah entre 1987 et 2012.

Tableau N°06 : Evolution de taux d'occupation par logement (TOL)

Années	Nombre d'habitants	Nombre de logement	Taux d'occupation de logement
1987	34176	4264	8.01
1998	58718	10124	5.79
2008	79566	12143	6.55
2012	89756	13680	6.56

Source : DPAT (2008).

A partir de ce tableau, on remarque le TOL dans la ville de Hassi Bahbah en 1987 élevés par rapport a le TOL 1998 Cela est dû à forte population en 1987 par rapport au nombre de logements et le manque de logements en même temps. En 1998 et 2008 et 2012 le taux d'occupation de logements noté convergente avec l'augmentation et le doublement de la population et le nombre de logements.

4.2.3.2. Le taux d'occupation par pièce (TOP)

Le TOP est le rapport entre le nombre de la population et le nombre de pièces et permet de distinguer la situation et les conditions de vie des habitants.

Tableau N°07 : Le taux d'occupation par pièce du logement de la ville de Hassi Bahbah (2008)

Nombre des habitants	Nombre des logements occupés	Nombre des pièces	Taux d'occupation des pièces dans le logement	Taux d'occupation par pièces
79566	12143	40557	3.34	1.96

Source : DAPT, (2008)

4.3. Equipements et infrastructure de base

4.3.1. Les équipements

Tableau N°08 : les équipements existants dans la ville de Hassi Bahbah.

Types d'équipements	Type	Nombres	localisation
Sanitaires	Hôpital	1	Cité l'hôpital
	Polyclinique	1	Elmondiline
	Centre santé	1	Cité administrative
	Salle de soins	3	Bouffia Eelmonadiline Elgoundouz
Culturels	Centre culturel	1	Cité administrative
	Salle cinéma	2	Cité marché Elguendouz
	Bioéthique	2	Cité la gare Cité 250logement
	Maison de jeunes	3	Cité la gare Elguendouz
	Mosquées	15	Au niveau de tous les quartiers
Sportifs	Salle omnisports	01	Elguendouz
	Complexe CSP	01	Cite 5 juillet
	Stades de football avec tribunes	01	Bouafia

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

	Stade de proximité +aire de jeu	04	Cité 5 juillet Cité administrative Bouaffia Elguendouz
	Piscine	01	Entée nord
Educatifs	1 ^{er} et 2 ^{ème} cycle	39	Au niveau de tous les quartiers
	3 ^{ème} cycle	08	Cité la Gare Bouaffia Elguendouz Cite elkhilne Elmonndhiline (02) Cite rahel Cite 250 logement
éducatifs	Secondaire	06	Bouaffia(02) Elguendouz Cite marché Cité administrative Centre ville
	La formation professionnelle	01	Entrée nord
Administratifs	Le siège de la daïra et l'APC	01	Cité administrative
	Direction de la protection Civile	01	Cité administrative
	Les assurances	03	Cité administrative
	Gendarmerie nationale	01	Centre ville Cité la gare Cité I05a gare
	Police et sureté urbaine	02	Centre ville
	Garde communale	01	Bouaffia
	Les postes	04	Cité administrative Bouaffia Cite la gare Cite05juillet
	Les subdivisions administratives	07	Cité administrative Cité Elkhdra(02) Cite la gare (01)

Source : APC de Hassi Bahbah, (2012)

Une analyse simple du tableau précédent montre les déséquilibres de la répartition des équipements entre les différents districts dans la ville de

Hassi Bahbah, on constate que la plupart des équipements sont concentrés dans les quartiers centraux de la ville.

4.3.2. Les infrastructures de base

4.3.2.1. Réseau d'eaux potable

L'alimentation en eau potable de la ville de Hassi Bahbah est assurée à partir d'un champ captant de 08 forages. Un forage à Hassi Mora, six au niveau de l'agglomération chef-lieu et un nouveau forage pour renforcer l'AEP de la ville.

4.3.2.2. Les eaux usées

L'agglomération chef-lieu était raccordée par un réseau d'assainissement de 11937 km dont les diamètres des canalisations varient de 300 mm à 1200mm, il dessert la majorité de la ville sauf les habitations spontanées qui sont localisées à l'Est de la ville. Le Nombre de foyers raccordés est de 12892 foyers avec un taux de raccordement qui dépasse 91 %.

4.3.2.3. Réseaux d'électricité et gaz

Le taux de raccordement en électricité de la ville de Hassi Bahbah est de 85%, le reste des habitations sont des constructions illicites et leur raccordement se fait d'une façon anarchique par des câbles tendus et par fois enterrés. La ville est reliée au réseau gaz naturel avec un taux de raccordement de 98 %.

4.3.2.4. L'infrastructure ferroviaire

Hassi Bahbah ne dispose pas actuellement d'un réseau ferroviaire opérationnel en raison de son état en dégradation avancée depuis 1992, en effet il n'existe qu'une seule voie ferrée étroite délaissée. Notre zone d'étude est traversée par ce réseau qui relie Djelfa à Blida en traversant les agglomérations de Ain Oussera et Boughazoul.

4.3.2.5. Le réseau de voies

La ville de Hassi Bahbah se distingue par trois types de voies :

- Primaires
- Secondaires
- Tertiaires

A. Les voies primaires

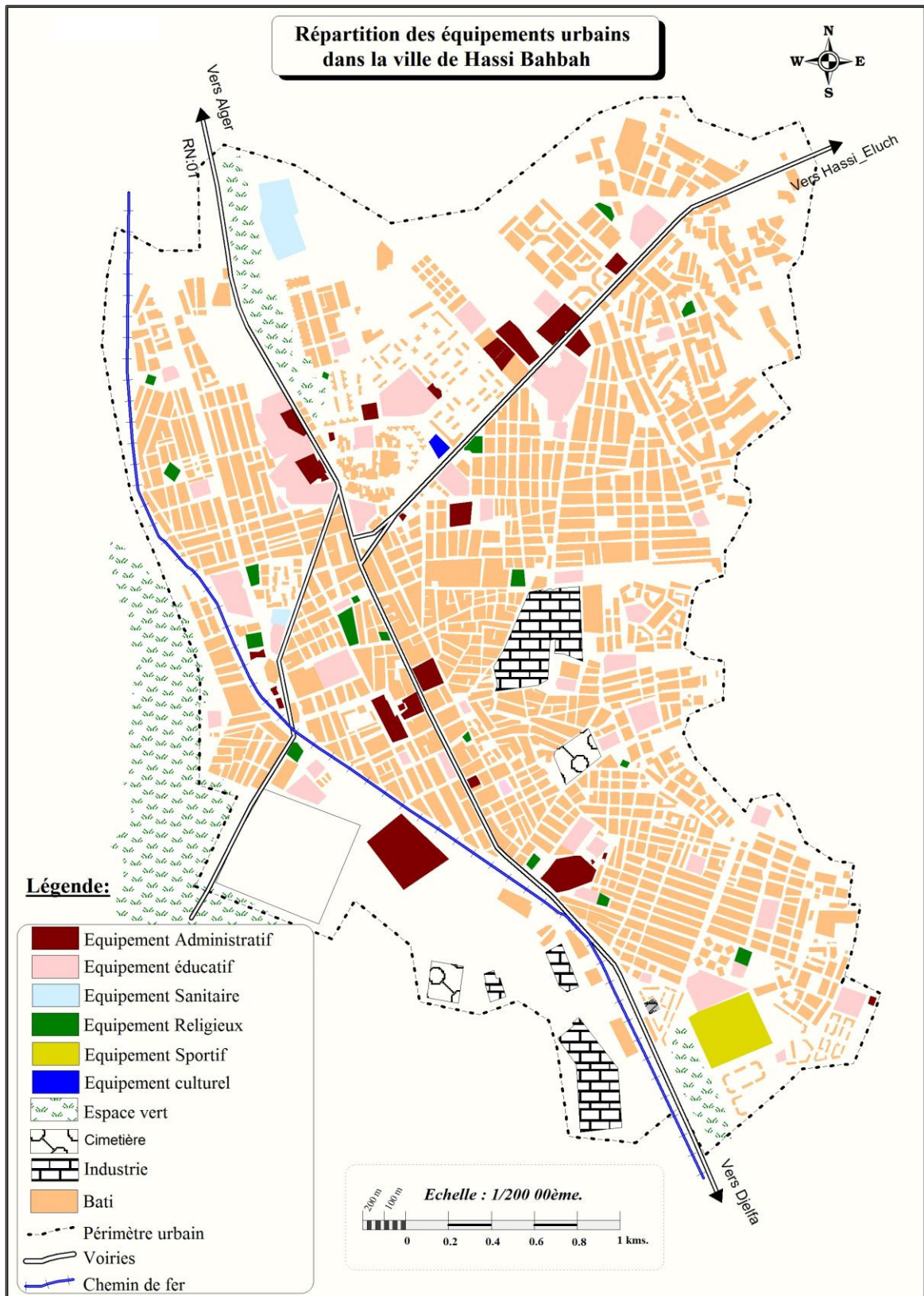
La route nationale RN1 qui traverse la ville du Nord au Sud, et le chemin de wilaya CW166 qui traverse la ville de l'Est à l'Ouest, sont les axes principaux où se concentrent les équipements commerciaux.

B. Les voies secondaires

Présentes dans toute la ville. La partie Est est traversée par trois routes qui partent de la RN1 et se dirigent vers les nouvelles extensions et vers les zones rurales, tandis que la partie Ouest comprise entre la RN1 et la ligne du chemin de fer est traversée par une route qui est parallèle à la RN1.

C. Les voiries tertiaires

Celles-ci sont multiples et sa quasi-totalité n'est pas revêtue. Situées principalement à l'Ouest de la RN1 et la partie Sud-Est et Est de la ville, sont généralement caractérisent les premiers noyaux de l'habitat spontané.



Carte N° 06 : Répartition des équipements urbains dans la ville de Hassi Bahbah.

5. Conclusion

Ce premier chapitre a pour but de présenter la zone d'étude et ses caractéristiques, et la description des données naturelles et socioéconomiques de notre zone étude,

La présentation de la ville de Hassi Bahbah, nous a permis un meilleur diagnostic, afin de comprendre et identifier ses problèmes et ses handicaps. Naturellement, elle occupe par sa position géographique la région centrale dans la wilaya, elle est distinguée par son climat semi-aride et sa topographie monotone.

Socio économiquement, la population a connu une croissance perpétuelle dans les différents RGPH, ce qui a participé à l'évolution du parc de logements, par l'augmentation de la demande sur les équipements, les commerces et l'habitat. En matière des infrastructures, elle est définie par l'existence de la voirie et les es réseaux divers avec des taux de raccordement très élevés.

CHAPITRE 2

NOTIONS THEORIQUES ET METHODOLOGIE APPLIQUEE POUR L'EXTRACTION DU BATI

A decorative scroll graphic with a grey shadow, framing the text. The scroll is open at the top and bottom, with the text centered within it.

Introduction

Cette partie du travail, vise en premier lieu à explorer et décrire les notions théoriques de télédétection, la présentation de la série satellitaire Landsat, les indices spectraux et la détection du changement. La deuxième section concerne la méthodologie appliquée pour extraire les zones urbaines et non urbaines dans la zone d'étude, la donnée utilisée, le calcul des indices, et la génération des cartes du bâti.

1. Notion théorique sur la télédétection

1.1. La télédétection

1.1.1. Définition

La télédétection a connu de nombreuses définitions. Deshayes et al (1990), a défini La télédétection comme un moyen d'appréhender les objets et d'étudier leur propriété spectrale, cela se fait en étudiant les caractéristiques des ondes électromagnétiques réfléchies ou émises par ces objets. Elle est basée sur le principe que chaque objet absorbe, émet, diffuse et réfléchit des rayonnements qui lui sont propres et que l'on peut enregistrer et analyses (Deshayes M et al, 1990).

La commission ministérielle de terminologie de la télédétection aérospatial (COMITAS) a défini la télédétection comme suit : « L'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact direct avec ceux-ci ». Elle est consacrée par des arrêtés au Journal Officiel de la république française (Bonn et al, 1996).

1.1.2. Objectifs de la télédétection

La télédétection est un moyen pour observer la terre, sa surface terrestre, ses océans, son atmosphère et sa dynamique depuis l'espace. Elle permet la production de l'image ou photographies qui, par l'interprétation des informations acquises permettent des applications multiples et une meilleure gestion des ressources naturelles de notre planète.

Ses principaux domaines d'application sont:

- Surveillance de l'environnement.
- Agriculture et foresterie.
- Cartographie
- Aménagement

1.2. La série Landsat

Les premiers satellites d'observation de la terre de la série Landsat (1,2 et 3) ont rapidement confirmé l'intérêt de la télédétection pour l'étude des ressources terrestres en permettant des analyses sur des vastes espaces. Toutefois, ils s'avèrent limités par la faible résolution des captures qui y sont embarqués (résolution du pixel de 80m).

La deuxième génération de Landsat 4, 5 ont offert un pouvoir de résolution très intéressant pour la terre et ses ressources. La résolution spatiale du capteur MSS de Landsat est de 56m x 79m (environ 44ha). Il est à noter également que les images de Landsat couvrent un champ de 185 x185 km. Le satellite Landsat (Thematic Mapper) a des objectifs bien plus diversifiés. La gamme de sensibilité a été étendue du visible au thermique (7 canaux au lieu de 3) avec un pixel de 30m et de 120m seulement pour le thermique canal 6. Les Caractéristiques des capteurs RBV, MSS, TM, ETM+ et OLI de Landsat sont portées au tableau suivant.

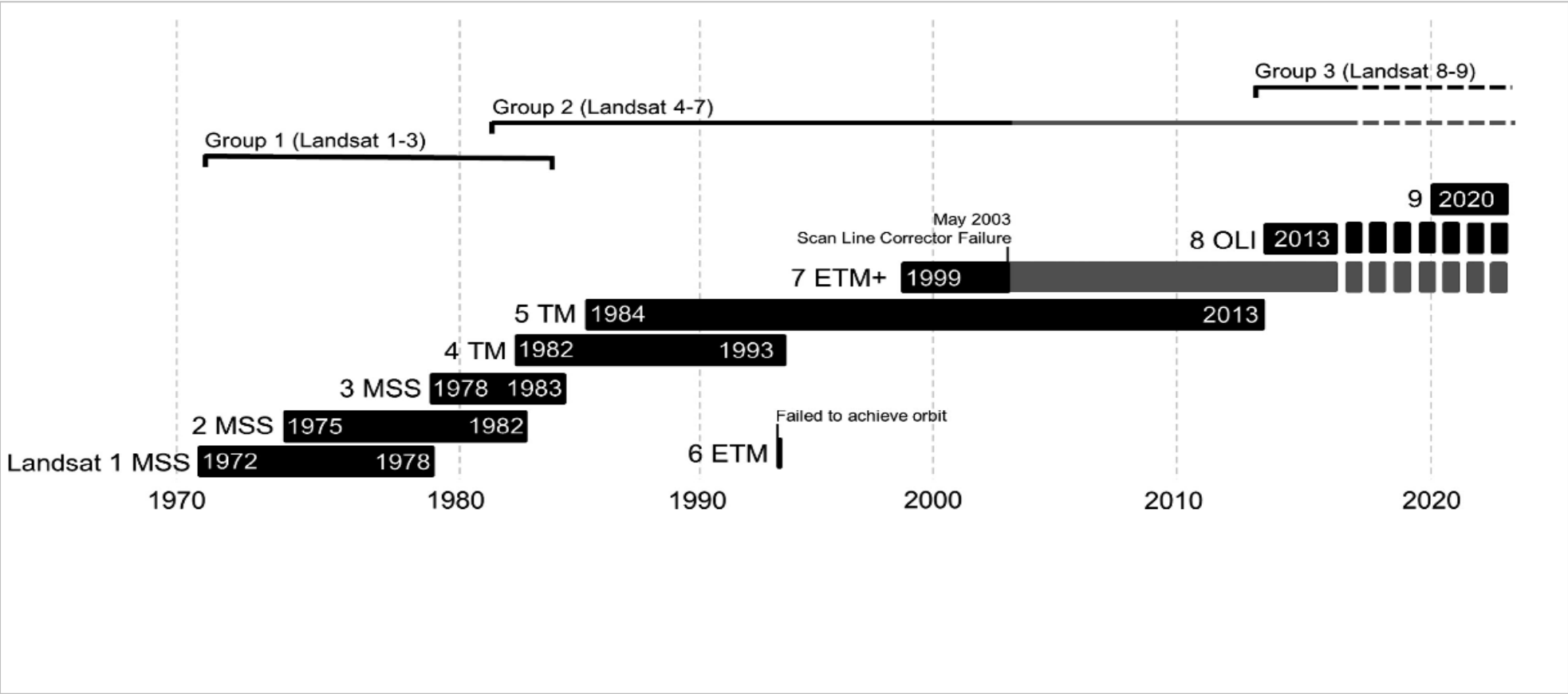


Figure N°04 : Périodes de lancement des satellites Landsat.

Tableau N°09 : Caractéristiques des capteurs RBV, MSS, TM, ETM+ et OLI de Landsat

Satellite	Landsat (1.2)	Landsat 3	Landsat (4.5)	Landsat 7	Landsat 8
Capteur	(RBV.MSS) Multi spectrale	(RBV.MSS) Multi spectrale	(MSS.TM) Multi spectrale	ETM+ Multi spectrale	OLI Multi spectrale
Canaux (μm)	RBV 0.48 - 0.57 0.58 - 0.68 0.70 - 0.83 MSS 0.5 - 0.6 0.6 - 0.7 0.7 - 0.8 0.8 - 1.1	RBV 0.505 - 0.75 MSS 0.5 - 0.6 0.6 - 0.7 0.7 - 0.8 0.8 - 1.1 10.4 - 12.6	0.45 - 0.52 0.52 - 0.60 0.63 - 0.69 MSS 0.5 - 0.6 0.6 - 0.7 0.7 - 0.8 0.8 - 1.1 TM 0.76 - 0.90 1.55 - 1.75 10.4 - 12.5 2.08 - 2.35	0.45 - 0.52 0.53 - 0.61 0.63 - 0.69 0.77 - 0.90 1.55 - 1.75 10.4 - 12.5 2.08 - 2.35	0.43 - 0.45 0.45 - 0.51 0.53 - 0.59 0.64 - 0.67 0.85 - 0.88 1.57 - 1.65 2.11 - 2.29
Résolution spatiale (m)	79x80	40/79/240	30/82/120	15/30/60	30
Altitude (km)	917	917	705	705	705
Répétitivité (jours)	18	18	16	16	16

Source : USGS, (2015)

1.3. Traitements des données de télédétection

Les traitements des données consistent à transformer les données enregistrées en informations susceptibles d'utilisation immédiates. On peut classer ces traitements en deux types :

- **Les prétraitements** : Les prétraitements consistent généralement en des corrections radiométriques, atmosphériques et géométriques.
- **Les traitements numériques proprement dits** : Ils visent à extraire,

à partir des données satellitaires brutes, des informations relatives à des problématiques définies par l'utilisateur (foresterie, géologie, occupation du sol, ...).

1.4. Les indices spectraux

Actuellement, les images satellitaires sont de plus en plus utilisées de manière automatique et semi-automatique pour générer diverses cartes des caractéristiques de la surface des terres, telles que la végétation, la neige, l'eau et les terrains aménagés (Choi & Bindschadler, 2004; Feyisa, Meilby, Fensholt, & Proud, 2014; Moghaddam, Sedighi, & Fayyazi, 2015; Robinson et al., 2017; Zha, Gao, & Ni, 2003). Les indices spectraux sont des combinaisons mathématiquement des valeurs radiométriques prises dans plusieurs canaux. Les Plus courants sont :

1.4.1 Les indices de végétations

Sont très utilisés d'une part, pour identifier et suivre la dynamique de la végétation, mais aussi pour estimer certains paramètres biophysiques caractéristiques des couverts végétaux, comme la biomasse, l'indice de surface foliaire, la fraction de rayonnement photosynthétique actif.

Parmi les indices les plus élémentaires et les plus anciens, on trouve: l'indice différentiel de végétation (DVI), L'indice de végétation par quotient (RVI), l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI).

1.4.2 Les Indices de bâti

Depuis le développement de NDVI, divers autres indices ont été développés afin d'extraire la couverture terrestre de données de télédétection. diverses études antérieures indique que les indices peuvent être utilisés pour extraire des caractéristiques de terrain efficacement, surtout si un seuil approprié à utiliser.

Différents indices ont été mis au point pour l'extraction de zones bâties à l'aide d'images satellitaires (As.syakur, Adnyana, Arthana, Nuarsa, & others, 2012; Bhatti & Tripathi, 2014; He, Shi, Xie, & Zhao, 2010; Waqar, Mirza,

Mumtaz, & Hussain, 2012; Zha et al., 2003). Ces indices ont été développés avec une combinaison spéciale de bandes d'images.

Dans des études antérieures, différents indices, tels que l'indice basé du bâti (IBI) (Xu, 2008), l'indice urbain (UI) (Kawamura, 1996; Zhao & Chen, 2005), l'indice de différence normalisé des sols nus (NDBaI) (Zhao & Chen, 2005), l'indice du bâti à différence normalisé (NDBI) (Zha et al., 2003), l'NDBI modifié (He et al., 2010), l'indice du bâti normalisé (NBAI) et le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA) (Waqar et al., 2012), l'indice du bâti (BUI) (Kaimaris & Patias, 2016), indice de sol nu (BI) (Rikimaru, 1997), l'indice amélioré du bâti (EBBI) (As.syakur et al., 2012), et la méthode d'extraction de la surface construite (BAEM) (Bhatti & Tripathi, 2014), ont été développés pour la cartographie des zones bâties et urbaines.

Kawamura et al. (1996) ont proposé l'indice urbain pour la cartographie des zones bâties. l'indice urbain est calculée en utilisant les bandes 7 et 4 de l'imagerie Landsat Thematic Mapper (TM) (Kawamura, 1996).

Zha et al. (2003) ont développé le NDBI pour la cartographie automatique des zones bâties. Ils ont extrait les zones bâties par calcul arithmétique à l'aide des indices NDVI et NDBI dérivés d'images Landsat TM. Dans les images binaires créées par les images NDBI et NDVI via cette technique, il est supposé que les valeurs positives du NDBI indiquent les zones bâties et que les valeurs NDVI positives indiquent les couvertures végétales. Zha et al. (2003) ont rapporté que leur méthode était incapable de séparer les zones bâties des terres nues (Zha et al., 2003).

As.syakur et al. (2012) ont développé l'EBBI pour la cartographie des terrains bâtis et nus dans les zones urbaines. Ils ont extrait les zones bâties et nues par calcul simple en utilisant simultanément les bandes : proche infrarouge (NIR), infrarouge à ondes courtes (SWIR) et infrarouge thermique (TIR) (As.syakur et al., 2012).

Waqar et al. (2012) ont élaboré des indices NBAI et BRBA pour cartographier les zones bâties et les sols nus à l'aide d'images Landsat TM. Ils ont extrait les zones construites via NBAI en utilisant les bandes 2, 5

et 7 des images Landsat TM. En outre, ils ont extrait les zones construites par le biais de BRBA en utilisant le rapport des bandes 3 et 5 des images Landsat TM (Waqar et al., 2012).

Kaimaris et Patias (2016) ont développé la BUI en combinant les bandes 3, 5 et 7 des images Landsat de l'instrument de cartographie thématique amélioré (ETM+). Dans BUI, contrairement à d'autres indices, la bande NIR n'a pas été utilisée pour cartographier les zones bâties (Kaimaris & Patias, 2016).

L'IBI se distingue des autres indices construits en raison de sa première utilisation d'indices thématiques plutôt que de l'utilisation de bandes originales. L'indice de végétation ajusté au sol (SAVI), l'indice de différence normalisé de l'eau (MNDWI) et le NDBI ont été utilisés dans le calcul de l'IBI (Xu, 2008).

Le NDBI et l'UI fournissent une cartographie rapide des zones bâties ou des terrains nus. Cependant, ces deux indices ne permettent pas de séparer efficacement les zones bâties des terrains nus (He et al., 2010; Sukristiyanti, 2007; Zha et al., 2003). He et al. (2010) ont noté dans leur étude que cette incapacité était due à la réponse spectrale complexe générée par la combinaison des réponses spectrales des zones bâties, de la végétation et du terrain nu, en particulier en termes de pixels mixtes dans des zones présentant des caractéristiques hétérogènes.

1.5. La détection de changement

La détection de changement est la mise en œuvre de techniques ayant pour but de repérer, de mettre en évidence, de quantifier et enfin, de comprendre l'évolution temporelle ou le changement d'états d'un objet ou d'un phénomène à partir d'une série d'observations à différents instants.

Les méthodes de détection de changement peuvent être divisées en trois grandes classes : Méthodes basées sur des calculs algébriques, Méthodes basées sur des transformations D'images, Méthodes basées sur des résultats de classifications.

1.5.1. Méthodes basées sur des calculs algébriques

Ce sont des techniques qui utilisent des opérations algébriques pour mettre en relief les changements radiométriques entre des images acquises à des dates différentes. Cette catégorie inclut principalement : la différence d'image, l'analyse en vecteur de changement, la différence d'indice de bâti et l'analyse de régression.

1.5.2. Méthodes basées sur des transformations d'images

Ces méthodes font d'abord une transformation globale des images utilisées en une image résultante qu'il faut analyser pour identifier les changements. Cette catégorie inclut principalement : l'analyse en composantes principales, la transformation "Tasseled Cap" et la transformation Chi carré. Ces techniques permettent de réduire la redondance d'information entre les bandes et d'accentuer l'information différente dans les composantes dérivées. Cependant, elles ne peuvent pas fournir des matrices détaillées du changement et exigent la sélection de seuils pour identifier les régions changées. Un autre inconvénient de cette catégorie est la difficulté d'interprétation et d'identification du changement sur les bandes dérivées.

1.5.3. Techniques basées sur les résultats de classification d'images

Ces méthodes sont basées sur les images classifiées pour produire des informations sur le changement. Trois méthodes sont couramment utilisées: la comparaison post-classification, la classification multi date directe et l'analyse de corrélation croisée. Ces méthodes sont basées sur les images classifiées. Le nombre et la qualité des zones d'entraînement sont importants pour produire un bon résultat de classification et par la suite de détection de changement. L'avantage majeur de ces méthodes est la capacité de fournir une matrice de changement. Elles permettent également de réduire l'impact de l'effet atmosphérique entre les images multi-temporelles. Cependant, le résultat de ces techniques dépend de la qualité de classification des images à comparer. Dans ce cas, les erreurs sont multiplicatives.

2. Extraction des aires urbaines

2.1. Présentation des données

Nous avons téléchargé depuis le site de l'USGS, toutes les images satellitaires Landsat de la ville de Hassi Bahbah de 1987 à 2018. Puis nous avons sélectionné 05 images selon les critères suivants :

- **Le RGPH:** nous avons croisé les dates des RGPH avec les dates de prise de vue des images pour nous aider dans l'analyse de l'extension urbaine par exemple : 20 mars 1987, 24 juin au 09 juillet 1998, 16 au 30 avril 2008 etc...
- **La précipitation** : nous avons utilisé la donnée climatique de la station de Djelfa fourni par l'office national de météorologie pour choisir des images qui prises dans des dates caractérisées par une pluviométrie faible.
- **Date de prise de vue** : les images prises pendant les mois ensoleillés présentent un très bon contraste des objets urbain, l'utilisation des images acquises dans la même période de l'année (le mois d'août) peut réduire les problèmes liés aux différences d'angles solaires et à la différence d'humidité des sols.
- **La qualité d'image** : nous avons choisi uniquement les images qui ne contiennent pas des nuages, afin de mieux analyser l'occupation des sols.

Le tableau suivant montre les images sélectionnées pour l'analyse :

Tableau N°10: Les caractéristiques des images choisies dans le cadre de cette étude.

Année d'acquisition	1987	2000	2009	2013	2018
Landsat	Landsat 5	Landsat 7	Landsat 5	Landsat 8	Landsat 8
Capteur	TM	ETM ⁺	TM	OLI	OLI
Canaux (µm)	0.45 - 0.52	0.45 - 0.52	0.45 - 0.52	0.43 - 0.45	0.43 - 0.45
	0.52 - 0.60	0.52 - 0.60	0.52 - 0.60	0.45 - 0.51	0.45 - 0.51
	0.63 - 0.69	0.63 - 0.69	0.63 - 0.69	0.53 - 0.59	0.53 - 0.59
	0.76 - 0.90	0.76 - 0.90	0.76 - 0.90	0.64 - 0.67	0.64 - 0.67
	1.55 - 1.75	1.55 - 1.75	1.55 - 1.75	0.85 - 0.88	0.85 - 0.88
	10.4 - 12.5	10.4 - 12.5	10.4 - 12.5	1.57 - 1.65	1.57 - 1.65
	2.08 - 2.35	2.08 - 2.35	2.08 - 2.35	2.11 - 2.29	2.11 - 2.29
Résolution spatiale	Multi spectrale 30 m	Multi spectrale 30 m	Multi spectrale 30 m	Multi spectrale 30 m	Multi spectrale 30 m
Heure de prise de vue (centre de scène)	9 :46 :11	10 :11 :10	10 :09 :34	10 :22 :06	10 :19 :34
Date d'acquisition	17/08/1987	12/08/2000	29/08/2009	08/08/2013	22/08/2018
Altitude(km)	705	711	709	780	780

Sources : réalisé par étudiante basant sur les données de l'USGS (2019)

2.2. Normalisation

Pour traiter les images satellitaires qui nous avons choisis, de calculer les indices du bâti et les analyser, nous avons utilisé le logiciel ENVI qui nous a aidé à extraire l'information utile pour prendre de meilleures décisions.

2.2.1 Correction géométrique

Pour l'exploitation des séries temporelles des données, la géométrie des images multi-date doit être superposables pixel à pixel. C'est pour cela qu'avant d'aborder les différentes méthodes de détection de changement multi-dates une étape de superposition géométrique est nécessaire. Les corrections géométriques sont des processus numériques qui consistent à transformer une image brute de telle manière que cela soit superposable avec une autre image.

2.2.2 Correction atmosphérique

La correction atmosphérique permet de s'affranchir des effets de diffusion et d'absorption du signal par l'atmosphère. Elles sont nécessaires lorsque l'on veut obtenir des grandeurs physiques de la réflexion de la lumière par la zone étudiée afin de comparer plusieurs images entre elles.

Les corrections atmosphériques nécessitent des données sur la composition de l'atmosphère au moment de l'acquisition de l'image. Ces données ne sont pas toujours disponibles.

Il existe plusieurs méthodes de normalisation: Dark subtraction, méthode FLAASH etc...

Nous avons choisi la méthode appelée la Ligne rapide de vue l'analyse spectrale de l'atmosphère Hyper cubes (FLAASH) parce que nous avons effectué des tests de cette méthode, et qui nous a donné des résultats précis, cette méthode se base sur le modèle de modélisation des effets de l'atmosphère (MODTRAN).

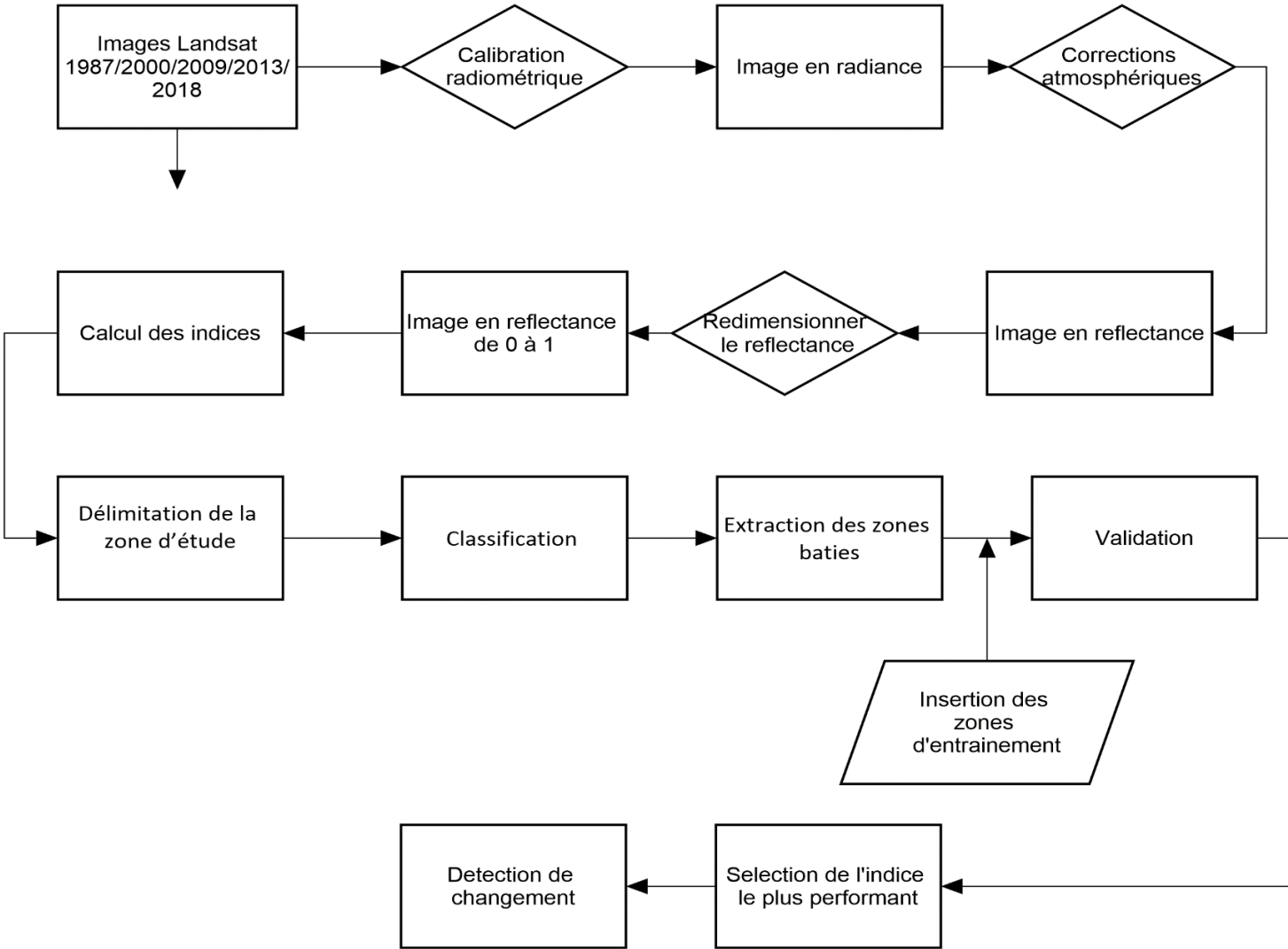


Figure N°05 : Organigramme de la méthodologie appliquée pour le traitement.

2.3. Choix de la zone d'entrainement

Nous effectués une délimitation de la zone d'entrainement à travers le périmètre urbain de l'agglomération de Hassi Bahabh.

2.4. Calcul d'indices et cartographie du bâti

Pour détecter le changement de l'extension urbaine de la ville de Djelfa nous avons calculé les indices de bâti : BRBA, NBAI, NBI et NDBI, par la suite nous avons réalisés les cartes des quatre indices, à savoir :

- Carte de l'indice de la bande pour la zone bâti.
- Carte de l'indice de la zone bâti normalisé.
- Carte de nouvel indice du bâti.
- Carte de l'indice du bâti à différence normalisé.

Nous avons édité ces cartes grâce à l'utilisation de plusieurs logiciels : ENVI, Mapinfo et Arcgis.

2.4.1 Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)

Nous avons réalisé une carte d'indice de BRBA à partir l'application de l'équation suivante : $BRBA = TM3/TM5$ (voir carte N°08)

2.4.2 L'indice du bâti normalisé (NBAI)

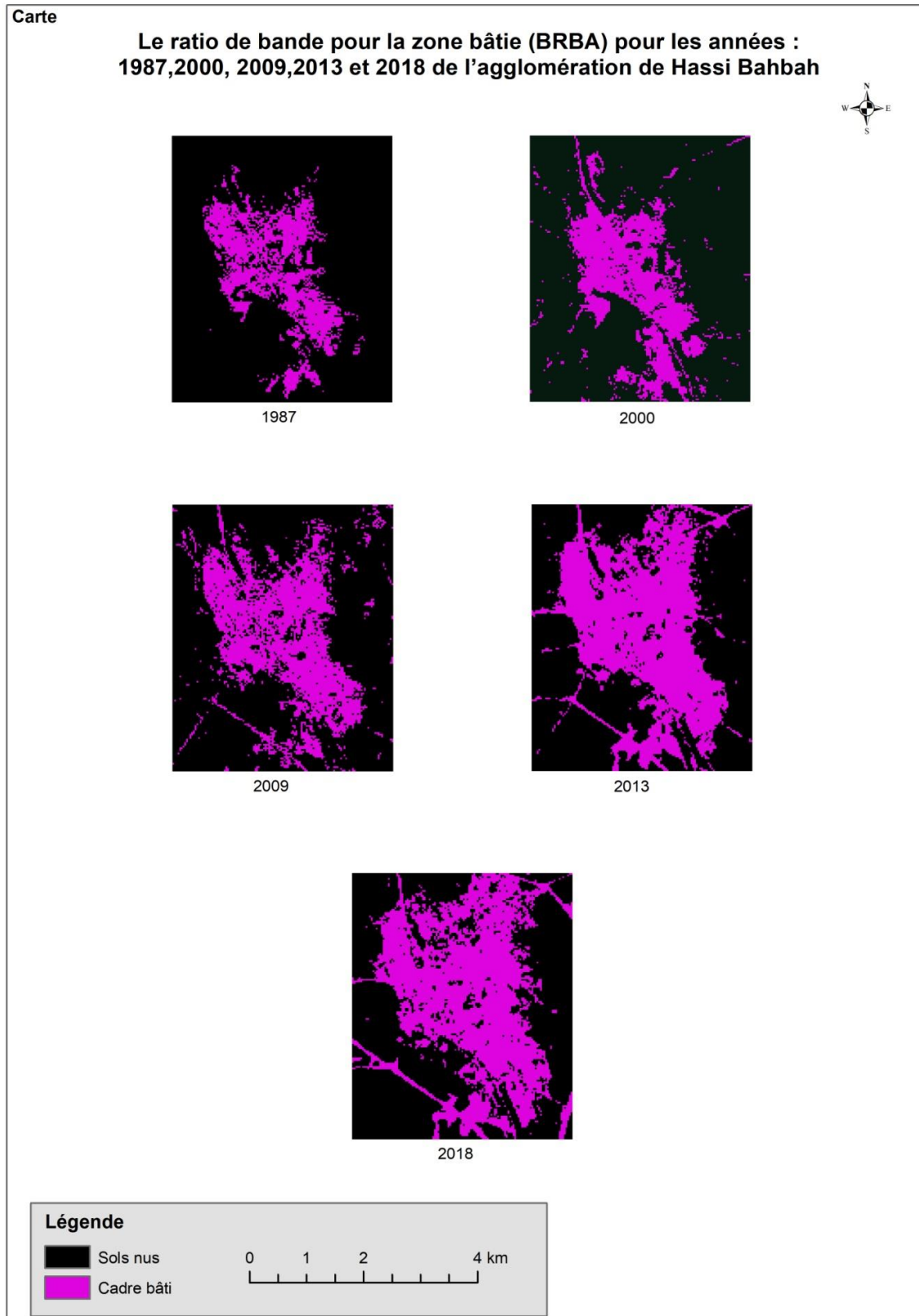
Nous avons réalisé une carte d'indice de NBAI à partir l'application de l'équation suivante : $NBAI = (TM7.TM5/TM2) / (TM7+TM5/TM2)$ (voir carte N°09)

2.4.3. Le nouvel indice du bâti (NBI)

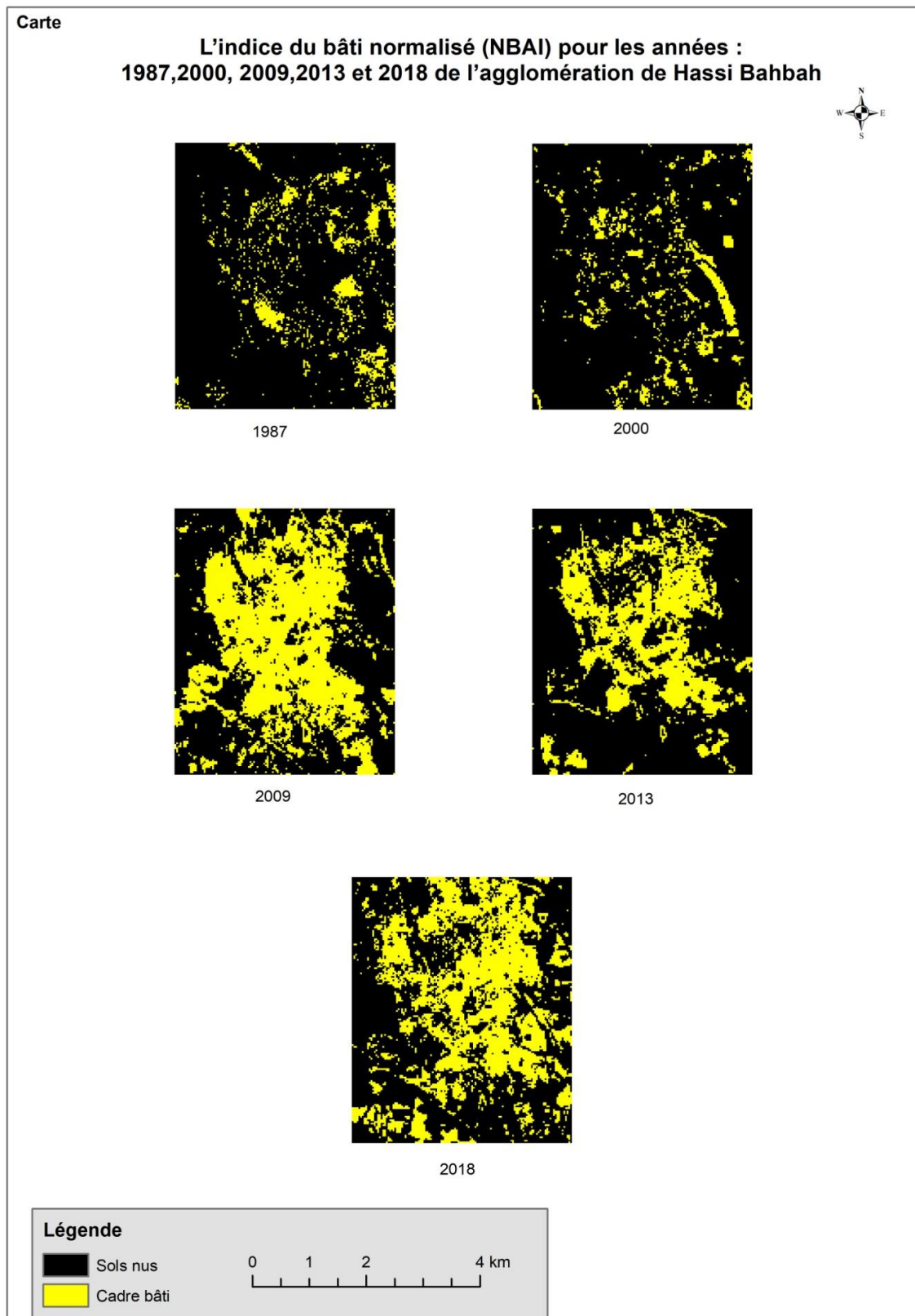
Nous avons réalisé une carte d'indice de NBI à partir l'application de l'équation suivante : $NBI = TM3*TM5/TM4$ (voir carte N°10)

2.4.4. L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)

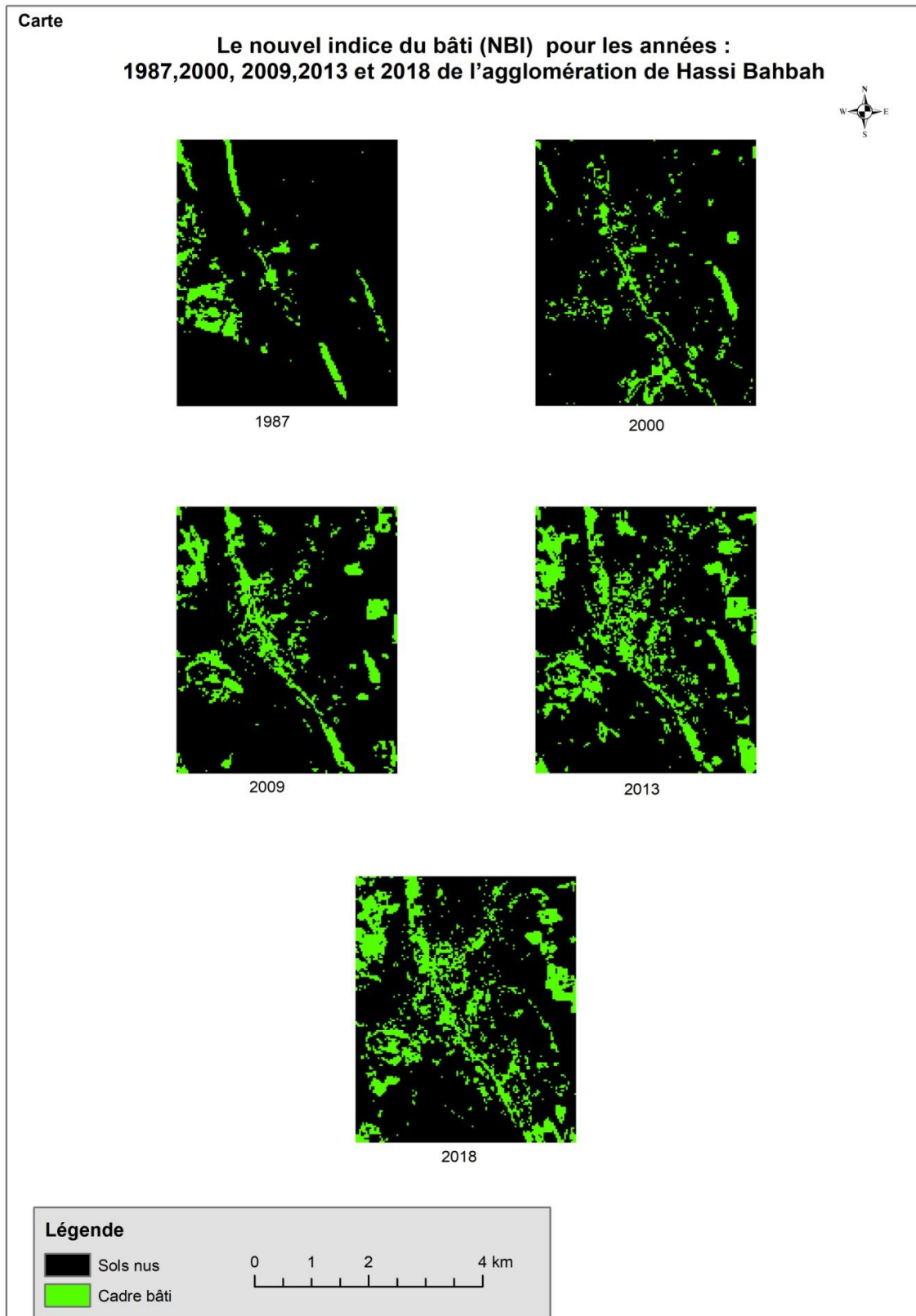
Nous avons réalisé une carte d'indice de NDBI à partir l'application de l'équation suivante : $NDBI = TM5.TM4/TM5+TM4$ (voir carte N°11)



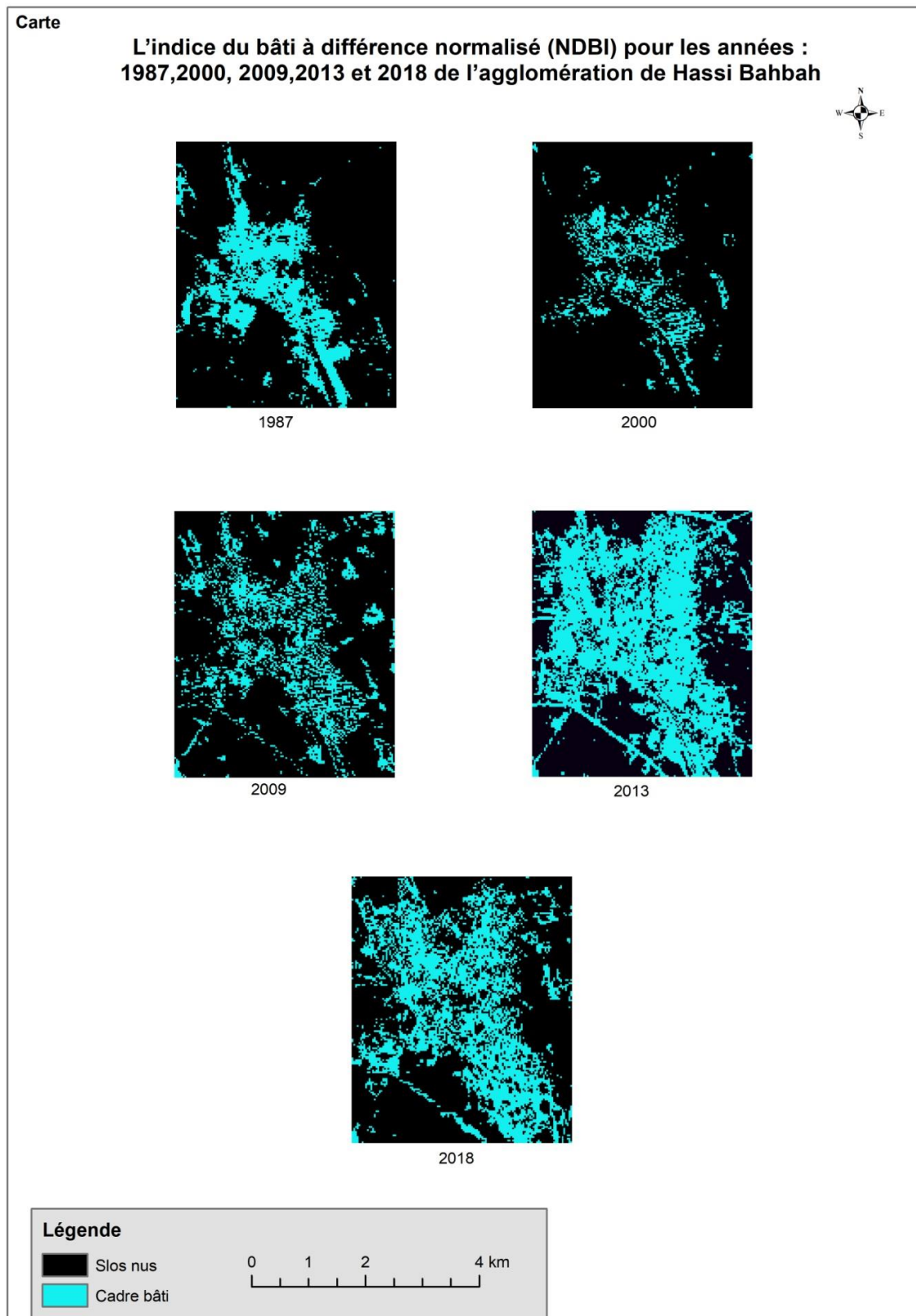
Carte N°07 : La ration de bande pour la zone bâtie (BRBA) pour les années 1987.2000.2009.2013 .2018 de l'agglomération de Hassi Bahbah .



Carte N°08 : Le ration de bande pour la zone bâti (NBAI) pour les années 1987.2000.2009.2013 .2018 de l'agglomération de Hassi Bahbah.



Carte N°09 : Le ration de bande pour la zone bâti (NBI) pour les années 1987.2000.2009.2013 .2018 de l'agglomération de Hassi Bahbah



Carte N°10 : Le ration de bande pour la zone bâti (NDBI) pour les années 1987.2000.2009.2013 .2018 de l'agglomération de Hassi Bahbah

3. Conclusion

Après avoir défini les concepts relatifs à la télédétection, nous avons présenté les caractéristiques la série satellitaire de Landsat et la méthodologie suivie pour le calcul des indices spectraux et l'extraction des aires urbains dans l'agglomération de Hassi Bahbah.

Plusieurs étapes doivent être suivies pour un meilleur traitement tels que les corrections radiométriques et géométriques.

A travers cette analyse, nous avons conclu qu'il y a quelques indices qui nous ne pouvons pas les calculer à cause de l'absence de certaines bandes, surtout celle de l'image de 1972.

CHAPITRE 3

EVALUATION DES RESULTATS ET RECOMMANDATIONS

Introduction

A travers ce chapitre nous allons exposer les résultats d'extraction des zones bâties dans la ville de Hassi Bahbah. L'étape suivante sert à évaluer et vérifier la fiabilité des indices spectraux (le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA), l'indice du bâti normalisé (NBAI), le nouvel indice du bâti (NBI) et l'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)) à travers la matrice de confusion et le coefficient de Kappa afin de dégager le meilleur indice pour retracer l'extension de la ville de Hassi Bahbah.

1. L'évaluation des indices spectraux

1.1. Matrice de confusion

La matrice de confusion des images satellitaires appliquée englobe deux types d'occupation : les aires urbaines et non urbaines, elle permis d'évaluer la précision de la classification de manière globale et pour chacune de classe. Elle est calculée à partir des pixels correctement et incorrectement classifiés dans les zones de validation, ces zones correspondent à des régions pour lesquelles l'occupation du sol est déjà connue, via des photos aériennes ou des anciens plans de la ville ou même à travers les images à haute résolution de fournies par Google Earth.

Les zones utilisées pour la validation sont : 50 zones de validation pour la classe aire urbaine et 50 zones de validation pour la classe aire non urbaine, chaque zone contient au moins un pixel.

La structure de la matrice de confusion est la suivante :

- Une colonne de la matrice fait référence aux zone de validation de la classe identifiée par cette colonne et permet de calculer l'erreur d'omission de cette classe ;
- Une ligne de la matrice fait référence aux pixels classifiés dans la classe identifiée par cette ligne (dans les zones de validation de l'ensemble des classes) et permet de calculer l'erreur de commission de cette classe;
- La diagonale de la matrice de confusion représente tous les pixels correctement classifiés comme appartenant à une classe et classifié par le logiciel dans cette classe ;
- La somme des totaux par lignes ou par colonnes correspondent à la somme des pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes ;

- Les erreurs d'omission d'une classe données sont calculées en divisant le nombre total de pixel correctement classifiés dans les zones de validation de cette classe. Dans la matrice de confusion ce calcul s'effectue sur base de la colonne correspondant à la classe étudiée.
- Précision de production d'une classe donnée est calculée en divisant le nombre total de pixels correctement classifiés dans les zones de validation de cette classe par le nombre total de pixel des zones de validation de cette classe .
- Les erreurs de commission d'une classe donnée est calculée en divisant le nombre total de pixels incorrectement classifiés dans cette classe dans les zones de validation des autres classes par le nombre total de pixels classifiés dans cette classe sur l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classe dans la matrice de confusion, ce calcul s'effectue sur base de la ligne correspondant à la classe étudiée.
- Les précisions d'utilisation d'une classe donnée est calculé en divisant le nombre total de pixels correctement classifiés dans cette classe dans l'ensemble des zones de validation de cette classe par le nombre total de pixels classifiés dans cette classe dans l'ensemble des zone de validation de l'ensemble des classe.

1.1.1. Matrice de confusion de l'image satellite 1987

La matrice de confusion associée associés de la classification de l'image satellite 1987 pour les indices du bâti est représentée dans le tableau suivant :

Tableau N°11: Matrice de confusion associée de la classification de l'image satellitaire de 1987

	Zone de validation					
		bâti	Non bâti	Total	Erreur de commission	Précision d'utilisation
Classification (BRBA)	Bâti	117	23	140	16,43% (23/140)	83,57% (117/57)
	Non bâti	17	107	124	13,71% (17/124)	86,29% (107/124)
	Total	134	130	264		
	Erreur d'omission	12,69% (17/134)	17,69% (23/130)		15,15% (23+17)/264	
	Précision de production	87,31% (117/134)	82,31% (107/130)			84,84% (107+117)/264
						4
Classification (NBAI)	Bâti	18	25	43	58,57% (25/43)	41,86% (18/43)
	Non bâti	116	105	221	52,49% (116/221)	47,51% (105/221)
	Total	134	130	264		
	Erreur d'omission	86,57% (116/134)	19,23% (25/130)		53,40% (25+116/264)	
	Précision de production	13,43% (18/134)	80,77% (105/130)			46,60% (105+18)/264
Classification (NBI)	Bâti	2	8	10	80% (8/10)	20,00% (2/10)
	Non bâti	132	122	254	51,97% (132/254)	48,03% (122/254)
	Total	134	130	264		
	Erreur d'omission	98,51% (132/134)	6,15% (8/130)		53,03% (8+132)/264	
	Précision de production	1,49% (2/134)	93,85% (122/130)			46,97% (122+2)/264
Classification (NDBI)	Bâti	90	25	115	21,74% (25/115)	78,26% (90/115)
	Non bâti	44	105	149	29,53% (44/149)	70,47% (105/149)
	Total	134	130	264		
	Erreur d'omission	32,84% (44/134)	19,23% (25/130)		26,13% (25+44)/264	
	Précision de production	67,16% (90/134)	80,77% (105/130)			73,87% (90+105)/264

Sources : réalisé par étudiante2019

Nous avons structuré l'analyse du tableau précédent comme suite :

1.1.1.1. Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti** : 17 pixels n'ont été mal classifiés sur les 134 pixels des zones de validations de la classe «Bâti », soit 12.69% d'erreur d'omission (12.69% des pixels des zones de validation de la classe aire urbaine n'ont été omis de la classe Bâti).

- **Non Bâti** : 23 pixels n'ont été mal classifiés sur les 130 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti», soit 17.69% d'erreur d'omission (17.69% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti**: 23 pixels a été mal classifié (en tant que «Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 140 pixels classifiés dans la classe «Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 16,43% d'erreurs de commission (16,43% des pixels classifiés dans la classe aire urbaine appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non bâti** : 17pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 124 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 13,71% d'erreurs de commission (13,71% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale :40 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 264 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =15,15% d'erreur globale.

D. Précision globale :224 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 264 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =84,84% de précision globale.

1.1.1.2. L'indice du bâti normalisé (NBAI)

A. Les erreurs d'omissions

- **Bâti** : 116pixels n'ont été mal classifiés sur les 134 pixels des zones de validations du classe « Bâti », soit 46.83% d'erreur d'omission (86,57% des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti).

- **Non Bâti**: 25 pixels n'ont été mal classifiés sur les 130 pixels des zones de validations de la classe «Bâti», soit 32.60% d'erreur d'omission (19,23% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti**: 25 pixels a été mal classifié (en tant que «Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 43 pixels classifiés dans la classe «Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 58,57% d'erreurs de commission (58,57% des pixels classifiés dans la classe Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti** : 116pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 221 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble

des classes , soit 52,49% d'erreurs de commission (52,49% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale :141 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 264 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =53.40% d'erreur globale.

D. Précision globale :123 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 264 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =46,60% de précision globale.

1.1.1.3. Le nouvel indice du bâti (NBI)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti :**132 pixels n'ont été mal classifiés sur les 134 pixels des zones de validations du classe «Bâti », soit 98,51% d'erreur d'omission (98,51% des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti).

- **Non Bâti:** 8 pixels n'ont été mal classifiés sur les 130 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 6,15% d'erreur d'omission (6,15% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

-**Bâti:** 8 pixels a été mal classifié (en tant que «Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 10 pixels classifiés dans la classe « aire Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 80% d'erreurs de commission (80% des pixels classifiés dans la classe aire Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

-**Non Bâti:** 132 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la

classe Bâti) sur un total de 254 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 51,97% d'erreurs de commission (51,97% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 140 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 264 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =53.03% d'erreur globale.

D. Précision globale : 124 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 264 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =46,97% de précision globale.

1.1.1.4. L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti:** 44 pixels n'ont été mal classifiés sur les 134 pixels des zones de validations du classe «Bâti », soit 32,84% d'erreur d'omission (32.84% des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti).

- **Non Bâti:** 25 pixels n'ont été mal classifiés sur les 130 pixels des zones de validations de la classe «Bâti », soit 19.23% d'erreur d'omission (19.23% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti:** 25 pixels a été mal classifié (en tant que «Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 115pixels classifiés dans la classe «Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 21,74% d'erreurs de

commission (21.74% des pixels classifiés dans la classe aire urbaine appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti** : 44 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 149 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 29,53% d'erreurs de commission (29,53% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 69 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 264 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =26.13% d'erreur globale.

D. Précision globale : 195 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 264 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =73.87% de précision globale.

1.1.2. Matrice de confusion de l'image satellite 2000

La matrice de confusion associée associés de la classification de l'image satellite 2000 pour les indices du bâti est représentée dans le tableau suivant :

Tableau N°12 : Matrice de confusion associée de la classification de l'image satellitaire de 2000

	Zone de validation					
		Bâti	Non bâti	Total	Erreur de commission	Précision d'utilisation
Classification (BRBA)	Bâti	101	5	106	4,72% (5/106)	95,28% (101/106)
	Non bâti	35	126	161	21,74% (35/161)	78,26% (126/161)
	Total	136	131	267		
	Erreur d'omission	25,74% (35/136)	3,82% (5/131)		14,99% (35+5)/267	
	Précision de production	74,26% (101/136)	78,26% (126/131)			85,01% (101+126)/267
Classification (NBAI)	bâti	16	17	33	51,52% (17/33)	48,48% (16/33)
	Non bâti	120	114	234	51,28% (120/234)	48,72% (114/234)
	Total	136	131	267		
	Erreur d'omission	88,24% (120/136)	12,98% (17/131)		51,31% (120+17)/267	
	Précision de production	11,76% (16/136)	87,02% (114/131)			48,68% (114+16)/267
Classification (NBI)	bâti	18	4	22	18,18% (4/22)	81,82% (18/22)
	Non bâti	118	127	245	48,25% (118/245)	51,84% (127/245)
	Total	136	131	267		
	Erreur d'omission	86,76% (118/136)	13,24% (4/131)		45,70% (4+118)/267	
	Précision de production	3,05% (18/136)	96,95% (127/131)			54,30% (18+127)/267
Classification (NDBI)	bâti	47	4	51	7,84% (4/51)	92,16% (47/51)
	Non bâti	89	127	216	41,20% (89/216)	58,80% (127/216)
	Total	136	131	267		
	Erreur d'omission	65,44% (89/136)	3,05% (4/131)		34,83% (4+89)/267	
	Précision de production	34,56% (47/136)	96,95% (127/131)			65,17% (47+127)/267

Sources : réalisé par étudiante2019

Nous avons structuré l'analyse du tableau précédent comme suite :

1.1.2.1 Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti**: 35 pixels n'ont été mal classifiés sur les 136 pixels des zones de validations de la classe «Bâti », soit 25,74% d'erreur d'omission (25,74% des pixels des zones de validation de la classe n'ont été omis de la classe Bâti).

- **Non Bâti** : 5 pixels n'ont été mal classifiés sur les 131 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti», soit 3,82% d'erreur d'omission (3,82% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti**: 5 pixels a été mal classifié (en tant que «Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 106 pixels classifiés dans la classe «Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 4,72% d'erreurs de commission (4,72% des pixels classifiés dans la classe air urbain appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti** : 35 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 161 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 21.74% d'erreurs de commission (21.74% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale :40 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 267pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =14,99% d'erreur globale.

D. Précision globale : 27 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 267 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =85.01% de précision globale.

1.1.2.2 L'indice du bâti normalisé (NBAI)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti**: 120 pixels n'ont été mal classifiés sur les 136 pixels des zones de validations de la classe «Bâti», soit 88,24% d'erreur d'omission (88,24% des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti

- **Non Bâti** : 17 pixels n'ont été mal classifiés sur les 131 pixels des zones de validations de la classe «non Bâti », soit 12.98% d'erreur d'omission (12.98% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti**: 17 pixels a été mal classifié (en tant que «Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 33 pixels classifiés dans la classe « Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 51,52% d'erreurs de commission (51 ,52% des pixels classifiés dans la classe aire Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti**: 120 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 234 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble

des classes , soit 51,28% d'erreurs de commission (51,28% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 137pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 267 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =51,31% d'erreur globale.

D. Précision globale : 130 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 267 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des _classes =48,68% de précision globale.

1.1.2.3. Le nouvel indice du bâti (NBI)

A. Les erreurs d'omission

-Bâti : 118 pixels n'ont été mal classifiés sur les 136 pixels des zones de validations du classe «Bâti », soit 86,76 % d'erreur d'omission (86,76% des pixels des zones de validation de la classe aire Bâti n'ont été omis de la classe aire Bâti).

-Non Bâti: 4 pixels n'ont été mal classifiés sur les 131 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 13,24% d'erreur d'omission (13,24% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- Bâti: 4 pixels a été mal classifié (en tant que «Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 22 pixels classifiés dans la classe «Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 18,18% d'erreurs de commission (18,18% des pixels classifiés dans la classe aire Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- Non Bâti: 118 pixels a été mal classifié (en tant que « aire Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la

classe Bâti) sur un total de 245 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 48,25% d'erreurs de commission (48,25% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale :122 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 267 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =45.70% d'erreur globale.

D. Précision globale :145 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 267 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =54.30 % de précision globale.

1.1.2.4 L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti**: 89 pixels n'ont été mal classifiés sur les 136 pixels des zones de validations de la classe «Bâti », soit 65,44 % d'erreur d'omission (65,44% des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti).

- **Non Bâti** : 4 pixels n'ont été mal classifiés sur les 131 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 3,05% d'erreur d'omission (3,05% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti**: 4 pixels a été mal classifié (en tant que « Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 51 pixels classifiés dans la classe « Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 7,84% d'erreurs de commission (7,84% des pixels classifiés dans la classe Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti**: 89 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 216 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 41,20% d'erreurs de commission (41,20% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 93pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 267 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =34,83% d'erreur globale.

D. Précision globale :174 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 267 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =65,17% de précision globale.

1.1.3. Matrice de confusion de l'image satellite 2009

La matrice de confusion associée associés de la classification de l'image satellite 2009 pour les indices du bâti est représentée dans le tableau suivant :

Tableau N°13 : Matrice de confusion associée de la classification de l'image satellitaire de 2009

	Zone de validation					
		Bâti	Non bâti	Total	Erreur de commission	Précision d'utilisation
Classification (BRBA)	Bâti	125	17	142	11,97% (17/141)	88,03% (125/142)
	Non bâti	12	105	117	10,96% (12/117)	89,74% (105/117)
	Total	137	122	259		
	Erreur d'omission	8,76% (12/137)	13,93% (17/122)		11,20% (12+17)/259	
	Précision de Production	91,24% (125/137)	86,07% (105/122)			88,42% (105+124)/259
Classification (NBAI)	Bâti	118	34	152	22,37% (34/152)	77,63% (118/152)
	Non bâti	19	88	107	17,76% (19/107)	82,107% (88/107)
	Total	137	122	259		
	Erreur d'omission	13,87% (19/137)	27,87% (27/122)		20,46% (34+19)/259	
	Précision de Production	86,13% (118/137)	72,13% (88/122)			79,54% (118+88)/259
Classification (NBI)	Bâti	24	28	52	53,85% (28/52)	46,15% (46/52)
	Non bâti	113	94	207	54,59% (113/207)	45,41% (94/207)
	Total	137	122	259		
	Erreur d'omission	82,48% (113/137)	22,95% (28/122)		54,44% (28+113)/259	
	Précision de Production	17,52% (24/137)	77,05% (28/122)			45,55% (24+94)/259
Classification (NDBI)	Bâti	59	16	75	21,33% (16/75)	78,67% (59/75)
	Non bâti	78	106	184	42,39% (78/184)	57,61% (106/184)
	Total	137	122	259		
	Erreur d'omission	56,93% (78/137)	13,11% (16/122)		36,30% (16+78)/259	
	Précision de Production	43,07% (59/137)	86,89% (106/122)			63,70% (59+106)/259

Sources : réalisé par étudiante2019

Nous avons structuré l'analyse du tableau précédent comme suite :

1.1.3.1 Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti** : 12 pixels n'ont été mal classifiés sur les 137 pixels des zones de validations du classe « Bâti», soit 8,76% d'erreur d'omission (8,76% des pixels des zones de validation de la classe aire urbaine n'ont été omis de la classe aire Bâti).

- **Non Bâti**: 17 pixels n'ont été mal classifiés sur les 122 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 13,93% d'erreur d'omission (13,93% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti**: 17 pixels a été mal classifié (en tant que « aire Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 141 pixels classifiés dans la classe « Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 11,97% d'erreurs de commission (11,97% des pixels classifiés dans la classe aire urbaine appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti**: 12 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 117pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 10,96% d'erreurs de commission (10,96% des pixels classifiés dans la classe aire non urbaine appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 29 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les

259 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =10,20% d'erreur globale.

D. Précision globale : 229 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 259 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =88,42% de précision globale.

1.1.3.2. L'indice du bâti normalisé (NBAI)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti:** 19 pixels n'ont été mal classifiés sur les 137 pixels des zones de validations de la classe « Bâti», soit 13,87% d'erreur d'omission (13,87% des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe aire Bâti).

- **Non Bâti:** 34 pixels n'ont été mal classifiés sur les 122 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 27.87% d'erreur d'omission (27.87% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

-**Bâti:** 34 pixels a été mal classifié (en tant que « Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 152 pixels classifiés dans la classe « Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 22,37% d'erreurs de commission (22,37% des pixels classifiés dans la classe Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti :** 19 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 107 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 17,76% d'erreurs de commission (17,76% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 53 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 259 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes=20,46% d'erreur globale.

D. Précision globale : 206 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 259 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =79,54% de précision globale.

1.1.3.3. Le nouvel indice du bâti (NBI)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti:** 113 pixels n'ont été mal classifiés sur les 137 pixels des zones de validations du classe « Bâti», soit 82,48% d'erreur d'omission (82,48% des pixels des zones de Validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti).

- **Non Bâti:** 28 pixels n'ont été mal classifiés sur les 122 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 22,95% d'erreur d'omission (22,95% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti:** 28 pixels a été mal classifié (en tant que « Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 52 pixels classifiés dans la classe « Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 53,85% d'erreurs de commission (53,85% des pixels classifiés dans la classe Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti:** 113 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 207 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble

des classes , soit 54,44% d'erreurs de commission (54,44% des pixels classifiés dans la classe air non urbain appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 141 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 259 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =54,44% d'erreur globale.

D. Précision globale : 118 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 259 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =45,55% de précision globale.

1.1.3.4 L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti**: 78pixels n'ont été mal classifiés sur les 137 pixels des zones de validations de la classe « Bâti», soit 56,93% d'erreur d'omission (56,93% des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti).

- **Non Bâti**: 16 pixels n'ont été mal classifiés sur les 122pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 13,11% d'erreur d'omission (13,11% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti**: 16 pixels a été mal classifié (en tant que « Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 75pixels classifiés dans la classe « Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 21,33% d'erreurs de commission (21,33 % des pixels classifiés dans la classe aire urbaine appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti**: 78pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 184 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones dévalidation de l'ensemble des classes , soit 42,39 % d'erreurs de commission (42,39% des pixels classifiés dans la classe aire non urbaine appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 94pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 259pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =36,30% d'erreur globale.

D. Précision globale : 165 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 259 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =63,70% de précision globale.

1.1.4. Matrice de confusion de l'image satellite 2013

La matrice de confusion associée associés de la classification de l'image satellite 2013 pour les indices du bâti est représentée dans le tableau suivant :

Tableau N°14 : Matrice de confusion associée de la classification de l'image satellitaire de 2013

	Zone de validation					
		bâti	Non bâti	Total	Erreur de commission	Précision d'utilisation
Classification (BRBA)	Bâti	113	14	174	9,52% (14\174)	95,48% (133\174)
	Non bâti	7	94	101	6,93% (7\101)	87,04% (94\101)
	Total	140	108	248		
	Erreur d'omission	5% (7\140)	12,96% (14\108)		8,46% (14+7)/248	
	Précision de production	90,48% (133\140)	93,07% (94\108)			91,53% (133+94)/248
Classification (NBAI)	Bâti	101	6	107	5,61% (6\107)	94,39% (101\107)
	Non bâti	39	102	141	27,66% (39\141)	72,34% (102\141)
	Total	140	108	248		
	Erreur d'omission	27,86% (39\140)	5,56% (6\108)		18,15% (6+39)/248	
	Précision de production	72,14% (101\140)	94,44% (102\108)			81,58% (101+102)/248
Classification (NBI)	bâti	22	27	49	55,10% (27\49)	44,90% (22\49)
	Non bâti	118	81	199	59,30% (118\199)	40,70% (81\199)
	Total	140	108	248		
	Erreur d'omission	84,29% (118\140)	25,00% (27\108)		58,46% (27+118)/248	
	Précision de production	15,71% (22\140)	75% (81\108)			41,53% (22+81)/248
Classification (NDBI)	bâti	122	40	162	24,69% (40\162)	87,14% (122\162)
	Non bâti	18	68	86	20,93% (18\86)	52,96% (68\86)
	Total	140	108	248		
	Erreur d'omission	12,86% (18\140)	37,04% (40\108)		23,38% (40+18)/248	
	Précision de production	75,31% (122\140)	79,07% (68\108)			76,61% (122+86)/248

Sources : réalisé par l'étudiante, (2019)

Nous avons structuré l'analyse du tableau précédent comme suite :

1.1.4.1. Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti:** 7 pixels n'ont été mal classifiés sur les 140 pixels des zones de validations de la classe « Bâti», soit 5% d'erreur d'omission (5% des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti).
- **Non Bâti :** 14 pixels n'ont été mal classifiés sur les 108 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 12,96% d'erreur d'omission (12,96% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti:** 14 pixels a été mal classifié (en tant que « Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 147 pixels classifiés dans la classe « Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 9,52% d'erreurs de commission (9,52% des pixels classifiés dans la classe aire Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).
- **Non Bâti :** 7 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 101 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 6,93% d'erreurs de commission (6,93% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 21 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 248 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =8,46 % d'erreur globale.

D. Précision globale : 227 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 248 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =91,53% de précision globale.

1.1.4.2. L'indice du bâti normalisé (NBAI)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti**: 39 pixels n'ont été mal classifiés sur les 140 pixels des zones de validations de la classe « Bâti », soit 27,86% d'erreur d'omission (27,86 % des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti).

- **Non Bâti**: 6 pixels n'ont été mal classifiés sur les 108 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 5,56 % d'erreur d'omission (5,56 % des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti**: 6 pixels a été mal classifié (en tant que « Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 107 pixels classifiés dans la classe « Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 5,61% d'erreurs de commission (5,61% des pixels classifiés dans la classe aire Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti**: 39 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 141 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble

des classes , soit 27,66% d'erreurs de commission (27,66% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 45 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 248 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =18,15% d'erreur globale.

D. Précision globale : 203 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 248 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =81,58% de précision globale.

1.1.4.3. Le nouvel indice du bâti (NBI)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti** : 118 pixels n'ont été mal classifiés sur les 140 pixels des zones de validations du classe « Bâti », soit 84,29 % d'erreur d'omission (84,29 % des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti)

- **Non Bâti** : 27 pixels n'ont été mal classifiés sur les 108 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 25% d'erreur d'omission (25% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti** : 27pixels a été mal classifié (en tant que « Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 49 pixels classifiés dans la classe « Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 55.10% d'erreurs de commission (55.10% des pixels classifiés dans la classe Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti** : 118 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 199 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 59,30% d'erreurs de commission (59,30% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 145 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 248 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =58,46% d'erreur globale.

D. Précision globale : 103pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 248 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =41.53% de précision globale.

1.1.4.4. L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti** : 78 pixels n'ont été mal classifiés sur les 137 pixels des zones de validations du classe « aire urbaine », soit 56,93% d'erreur d'omission (56.93% des pixels des zones de validation de la classe aire urbaine n'ont été omis de la classe Bâti).

- **Non Bâti** : 16 pixels n'ont été mal classifiés sur les 122 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 13,11% d'erreur d'omission (13,11% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti** : 16 pixels a été mal classifié (en tant que « Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 75 pixels classifiés dans la classe « Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit

21,33% d'erreurs de commission (21,33% des pixels classifiés dans la classe aire urbaine appartiennent en réalité à d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti** : 78 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) à d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 184 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 42,39 % d'erreurs de commission (42,39 % des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité à d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 94 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 259 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =36,29 % d'erreur globale.

D. Précision globale : 65 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 259 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =63,70% de précision globale.

1.1.5. Matrice de confusion de l'image satellite 2018

La matrice de confusion associée à la classification de l'image satellite 2018 pour les indices du bâti est représentée dans le tableau suivant :

Tableau N°15 : Matrice de confusion associée de la classification de l'image satellitaire de 2018

	Zone de validation					
		Bâti	Non bâti	Total	Erreur de commission	Précision d'utilisation
Classification (BRBA)	bâti	126	15	144	10,42% (15\144)	89,58% (129\144)
	Non bâti	6	88	94	6,38% (6\94)	93,62% (88\94)
	Total	135	103	238		
	Erreur d'omission	4,44% (6\135)	14,56% (15\103)		8,82% (15+6)/238	
	Précision de production	(129\135) 95,56%	85,44% (88\103)			89,91% (126+88)/238
Classification (NBAI)	bâti	101	21	122	17,21% (21\122)	22,79% (101\122)
	Non bâti	34	82	116	29,31% (34\116)	70,69% (82\116)
	Total	135	103	238		
	Erreur d'omission	25,19% (34\135)	20,39% (21\103)		23,01% (21+34)/238	
	Précision de production	74,81% (101\135)	79,61% (82\103)			76,89% (101+82)/238
Classification (NBI)	bâti	27	20	47	42,55% (20\47)	57,45% (27\47)
	Non bâti	108	83	191	56,54% (108\191)	43,46% (83\191)
	Total	135	103	238		
	Erreur d'omission	38,52% (52\135)	17,48% (18\103)		53,78% (20+108)/238	
	Précision de production	61,48% (83\135)	82,52% (85\103)			46,21% (27+83)/238
Classification (NDBI)	bâti	83	18	101	17,52% 18/101	82,18% (83/101)
	Non bâti	52	85	137	37,96% (52/137)	62,04% (85/137)
	Total	135	103	238		
	Erreur d'omission	38,52% (52/135)	17,48% (18/103)		29,41% (18+52)/238	
	Précision de production	61,48% (83/135)	82,52% (85/103)			70,58% (83+85/238)

Sources : réalisé par étudiante2019

Nous avons structuré l'analyse du tableau précédent comme suite :

1.1.1.5. Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti**: 6 pixels n'ont été mal classifiés sur les 135 pixels des zones de validations de la classe « Bâti», soit 4,44 % d'erreur d'omission (4,44 % des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti).
- **Non Bâti** : 15 pixels n'ont été mal classifiés sur les 103 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 14,56% d'erreur d'omission (14,56 % des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti**: 15 pixels a été mal classifié (en tant que « Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 144 pixels classifiés dans la classe « Bâti» dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 10,42% d'erreurs de commission (10,42% des pixels classifiés dans la classe aire Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).
- **Non Bâti** : 6 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 94pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 6,38% d'erreurs de commission (6,38% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 21 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 238 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =8,82% d'erreur globale.

D. Précision globale : 214 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 238 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =89,91% de précision globale.

1.1.5.2 L'indice du bâti normalisé (NBAI)

A. Les erreurs d'omission

-**Bâti**: 34 pixels n'ont été mal classifiés sur les 135 pixels des zones de validations de la classe « Bâti », soit 25,19% d'erreur d'omission (25,19% des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti).

- **Non Bâti**: 21 pixels n'ont été mal classifiés sur les 103 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 20,39% d'erreur d'omission (20,39% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti**: 21 pixels a été mal classifié (en tant que « Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 122 pixels classifiés dans la classe « Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 17,21% d'erreurs de commission (17,21% des pixels classifiés dans la classe aire Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti**: 34 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 116 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 29,31% d'erreurs de commission (29,31% des pixels

classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 55 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 238 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =23,01% d'erreur globale.

D. Précision globale : 183 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 238 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =76,89% de précision globale.

1.1.5.3 Le nouvel indice du bâti (NBI)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti** : 108 pixels n'ont été mal classifiés sur les 135 pixels des zones de validations du classe « Bâti », soit 38,52% d'erreur d'omission (38,52% des pixels des zones de validation de la classe Bâti n'ont été omis de la classe Bâti)

- **Non Bâti** : 20 pixels n'ont été mal classifiés sur les 103 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 17,48% d'erreur d'omission (17,48% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti** : 20pixels a été mal classifié (en tant que « Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 47pixels classifiés dans la classe « Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 42,55% d'erreurs de commission (42,55% des pixels classifiés dans la classe Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti** : 108 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la

classe Bâti) sur un total de 191 pixels classifiés dans la classe « aire non Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 53,87% d'erreurs de commission (53,87% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité a d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 128 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 238 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =53,78% d'erreur globale.

D. Précision globale : 110 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 238 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =46,21% de précision globale.

1.1.5.4 L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)

A. Les erreurs d'omission

- **Bâti** : 52 pixels n'ont été mal classifiés sur les 135 pixels des zones de validations du classe « aire urbaine », soit 38,52% d'erreur d'omission (38,52% des pixels des zones de validation de la classe aire urbaine n'ont été omis de la classe Bâti).

- **Non Bâti** : 18 pixels n'ont été mal classifiés sur les 103 pixels des zones de validations de la classe « non Bâti », soit 17,48% d'erreur d'omission (17,48% des pixels des zones de validation de la classe aire non Bâti n'ont été omis de la classe aire non Bâti).

B. Les erreurs de commission

- **Bâti** : 201pixels a été mal classifié (en tant que « Bâti ») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) a d'autre classe (ici, la classe non Bâti) sur un total de 469 pixels classifiés dans la classe « Bâti » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit

42.85% d'erreurs de commission (42.85% des pixels classifiés dans la classe aire urbaine appartiennent en réalité à d'autre classe (ici, la classe non Bâti).

- **Non Bâti** : 18 pixels a été mal classifié (en tant que « aire non Bâti») alors qu'il appartient (d'après les zones de validation) à d'autre classe (ici, la classe Bâti) sur un total de 101 pixels classifiés dans la classe « aire non » dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes , soit 17,52% d'erreurs de commission (17,52% des pixels classifiés dans la classe aire non Bâti appartiennent en réalité à d'autre classe (ici, la classe Bâti).

C. L'erreur globale : 70 pixels mal classifié dans l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 238 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =29,41% d'erreur globale.

D. Précision globale : 168 pixels correctement classifié de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes divisé par les 238 pixels de l'ensemble des zones de validation de l'ensemble des classes =70,58% de précision globale.

1.2. Coefficient de Kappa

Le coefficient de Kappa donne une estimation plus précise qui tient compte des pixels bien classés de la qualité de la classification, ce coefficient est toujours compris entre -1 et 1 habituellement on utilise le barème suivant pour interpréter la valeur K obtenu : $K < 0$ très mauvais, de 0 à 0.20 mauvais, de 0.21 à 0.60 modéré, de 0.61 à 0.80 bon et $K \geq 0.81$ excellent.

Pour l'année de 1987 on constate que l'indice BRBA a pris le meilleur score par rapport aux autres indices avec une valeur dépasse 0.70.

Le même résultat que nous avons observé pour l'année suivante (2000), où nous constatons la distinction de l'indice de BRBA avec une valeur de 0.70.

En 2009, l'indice NBAI a enregistré une certaine augmentation où sa valeur a dépassé 0.59, mais la valeur de l'indice BRBA est restée élevée (0.77).

L'année suivante (2013), les deux indices BRBA ont conservés leurs dominances avec 0.70 et 0.64 respectivement.

Cette dominance est restée l'année suivante (2018), mais avec un certain avantage pour l'indice de BRBA où sa valeur a dépassé 0.82.

2. Résultats et recommandations

Après l'évaluation et l'interprétation des indices spectraux du bâti à partir la matrice de confusion, les résultats du coefficient Kappa ont montré que l'indice BRBA a obtenu la meilleure performance pour l'extraction des zones bâties et une meilleure séparation par rapport aux sols nus.

Les résultats de l'évaluation de la précision montrent que la précision d'extraction globale pour les zones bâties et les sols nus utilisant des indices NBAI, NBI et NDBI est inférieure à celle de l'indice BRBA. L'exactitude de ces indices varie de 45.55% à 81.85% pour les zones bâties, soit 05 à 13% de moins que le BRBA où sa précision varie entre 84.84% et 91.53% (Tableau 16).

Tableau N°16 : Résumé des résultats de l'évaluation de la précision.

Années		BRBA	NDBI	NBAI	NBI
1987	Précision globale	84.84%	73.86%	46.59%	46.96%
	Coef. Kappa	0.70	0.48	-0.06	-0.05
2000	Précision globale	85.01%	65.16%	48.68%	54.30%
	Coef. Kappa	0.70	0.31	-0.01	0.10
2009	Précision globale	88.80%	63.70%	79.53%	45.55%
	Coef. Kappa	0.77	0.29	0.59	-0.05
2013	Précision globale	91.53%	63.70%	81.85%	45.55%
	Coef. Kappa	0.83	0.29	0.64	-0.05
2018	Précision globale	91.17%	70.58%	76.89%	46.21%
	Coef. Kappa	0.82	0.42	0.54	0.005

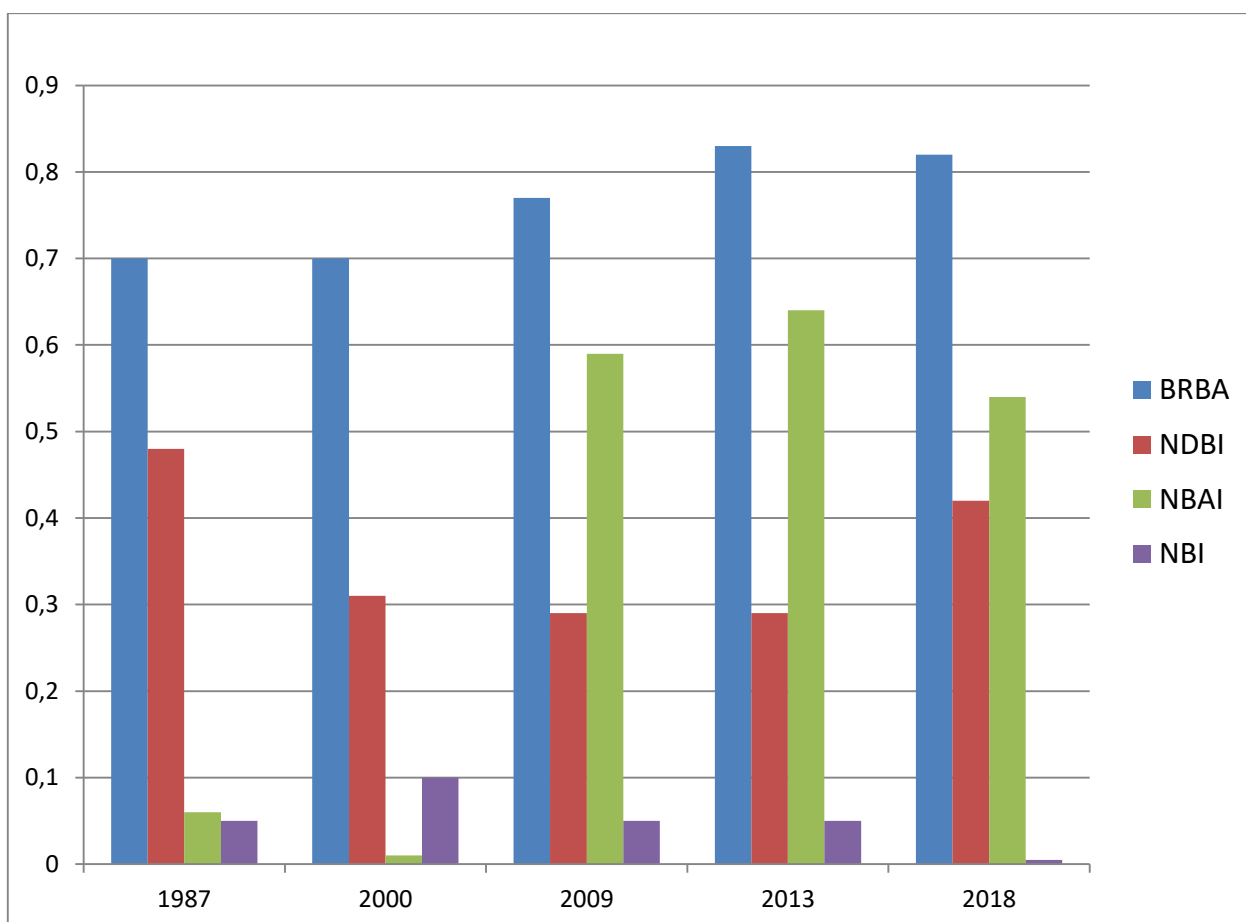
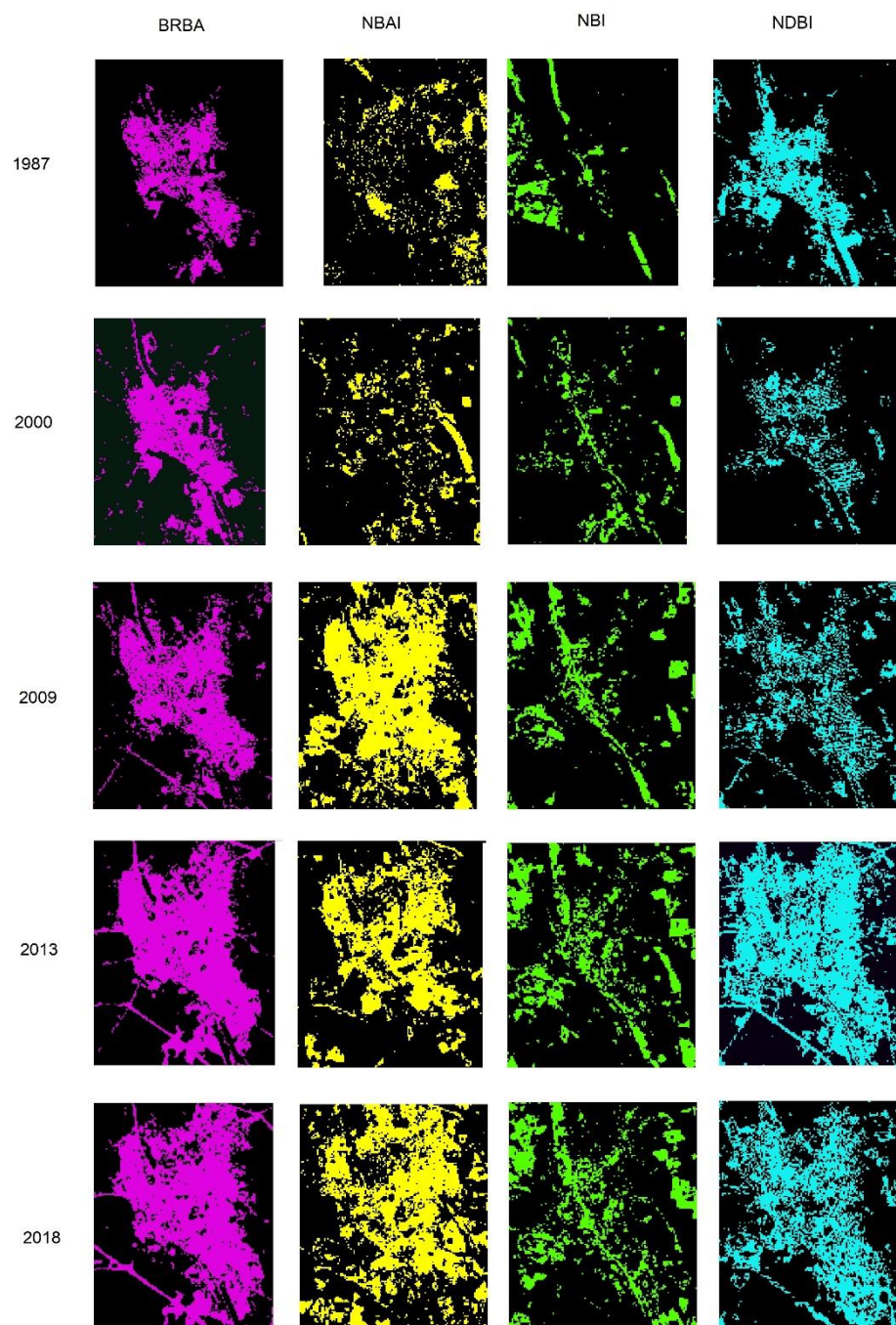


Figure N° 06 : Résumé des résultats de l'évaluation de la précision avec le coefficient de Kappa.

Les mêmes résultats ont été observés pour le coefficient de Kappa, mais ses résultats étaient meilleurs que ceux de la précision globale et il y avait moins de confusion entre le NBAI et le BRBA. Les valeurs du coefficient kappa pour le BRBA sont comprises entre 0,70 et 0,82, alors que ses valeurs presque faibles pour le reste des indices (l'NBI, l'NBAI et l'NDBI) et des différences mineures ont été observés (Tableau 16).



Carte N° 11: Résultats de l'extraction de zones bâties à l'aide d'indices BRBA, NBAI, NDBI et NBI pour l'agglomération de Hassi Bahbah.

Le meilleur indice pour la détection du changement est l'indice de la bande pour la zone bâtie, ce dernier a été utilisé pour cartographier et retracer l'extension urbaine de l'agglomération de Hassi Bahbah de 1987 à 2018.

3. Conclusion

Aujourd'hui la télédétection spatiale fournit des informations quantitatives sur l'évolution des aires urbaines qui permet une surveillance quasi-réelle de l'espace. La méthode d'extraction que nous avons utilisée dans cette étude semble très efficace dans la distinction entre les zones bâties et les sols nus, précisément avec l'indice BRBA, ces résultats ont été vérifiés à l'aide de matrice de confusion et le coefficient de Kappa.

Après l'évaluation et l'interprétation des indices spectraux du bâti à partir la matrice de confusion et le coefficient de Kappa, nous avons conclu que le meilleur indice pour une meilleure détection de changement urbaine est l'indice de la bande pour la zone bâti , ce dernier peut être utilisé pour extraire les aires urbaines de la ville de Hassi Bahbah entre 1987 et 2018 et générer par la suite carte de la détection de changement urbain de la même période.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Pour parvenir au but primordial de ce travail recherche, qu'est le suivi de l'extension urbaine de la ville de Hassi Bahbah à l'aide de l'imagerie satellitaire notamment à travers les indices spectraux. Il était indispensable d'élaborer un diagnostic urbain le plus exhaustif possible sur les caractéristiques de la ville de Hassi bahbah.

Après l'exposition à des concepts théoriques de la télédétection en relation avec notre thématique, nous avons calculé quatre indices du bâti couvrant la période 1987-2018, à savoir :

- Le ratio de bande pour la zone bâtie (BRBA)
- L'indice du bâti normalisé (NBAI)
- Le nouvel indice du bâti (NBI)
- L'indice du bâti à différence normalisé (NDBI)

L'exactitude de la délimitation du bâti est fondamentale pour les études urbaines, la méthode d'extraction que nous avons utilisée semble très efficace dans la distinction des aires urbaines et non urbaines, précisément avec l'indice BRBA. Nos résultats ont été vérifiés à l'aide des statistiques d'évaluation de qualité de la classification à partir de la matrice de confusion et le coefficient de Kappa.

Cet indice peut être utilisé par la suite pour la détection du changement du tissu urbain et le calcul des surfaces engendrées à chaque période.

Parmi les précautions qui doivent être prises par tous ceux qui veulent appliquer cette méthodologie est la définition au préalable des aires urbaines, car cette définition de l'urbain a un rôle fondamental dans la délimitation et dans la qualité des résultats.

Malgré ce handicap nous voyons que cette démarche fournit des informations spatiales et quantitatives sur l'évolution des aires urbaines et permet la surveillance en temps quasi réel de l'urbanisation avec une réceptivité de 16 jours.

Conclusion générale

Après cette étude analytique on a conclu que l'application des indices spectraux contribue de manière significative dans le suivi de l'extension urbaine, cette méthode peut être appliquée sur d'autres images de résolutions spatiales équivalentes ou plus fines, pour réaliser des études de croissance urbaine.

L'approche développée peut être utilisée pour évaluer le phénomène d'urbanisation dans des zones présentant des caractéristiques similaires afin d'émettre des actions pour maîtriser ce phénomène, afin d'aider tous les acteurs dans le domaine de l'aménagement pour comprendre, contrôler et maîtriser la dynamique de nos villes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- As-syakur, A., Adnyana, I., Arthana, I. W., Nuarsa, I. W., & others. (2012).** Enhanced built-up and bareness index (EBBI) for mapping built-up and bare land in an urban area. *Remote Sensing*, 4(10), 2957–2970.
- Bhatti, S. S., & Tripathi, N. K. (2014).** Built-up area extraction using Landsat 8 OLI imagery. *GIScience & Remote Sensing*, 51(4), 445–467.
- Bonn, F. (1996).** *Précis de télédétection : applications thématiques* (Vol. 2). Sillery: Presses de l'Université du Québec.
- Cabral, P. (2007).** Délimitation d'aires urbaines à partir d'une image Landsat ETM+: Comparaison de méthodes de classification. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 33(5), 422-430.
- Choi, H., & Bindschadler, R. (2004).** Cloud detection in Landsat imagery of ice sheets using shadow matching technique and automatic normalized difference snow index threshold value decision. *Remote Sensing of Environment*, 91(2), 237–242.
- Deshayes, M., & Maurel, P. (1990).** L'image spatiale et son contenu. *Options méditerranéennes. Série A*, (4), 11-20.
- DPAT. (2008).** *Monographie de la wilaya de Djelfa*. Djelfa, Algerie: wilaya de Djelfa.
- DPSB. (2015).** *Monographie de la wilaya de Djelfa*. Djelfa, Algerie: wilaya de Djelfa.
- Feyisa, G. L., Meilby, H., Fensholt, R., & Proud, S. R. (2014).** Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 23–35.
- He, C., Shi, P., Xie, D., & Zhao, Y. (2010).** Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. *Remote Sensing Letters*, 1(4), 213–221.
- ONS, (1966-2008).** *Résultats des RGPH's 1966, 1977, 1987, 1998 et 2008*, Alger, Algérie :ONS.
- Kaimaris, D., & Patias, P. (2016).** Identification and area measurement of the built-up area with the Built-up Index (BUI). *Int. J. Adv. Remote Sens. GIS*, 5(6), 1844–1858.
- Kawamura, M. (1996).** Relation between social and environmental conditions in Colombo Sri Lanka and the urban index estimated by satellite remote sensing data. *Proc. 51st Annual Conference of the Japan Society of Civil Engineers*, 190–191.
- Moghaddam, M. H. R., Sedighi, A., & Fayyazi, M. A. (2015).** Applying MNDWI index and linear directional mean analysis for morphological changes in the

References bibliographies

- Zarriné-Rud River. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(10), 8419–8428.
- Rikimaru, A. (1997).** Development of forest canopy density mapping and monitoring model using indices of vegetation, bare soil and shadow. *Presented Paper for the 18th ACRS*.
- Robinson, N., Allred, B., Jones, M., Moreno, A., Kimball, J., Naugle, D., ... Richardson, A. (2017).** A dynamic Landsat derived normalized difference vegetation index (NDVI) product for the conterminous United States. *Remote Sensing*, 9(8), 863.
- Sukristiyanti, R. (2007).** Suharyadi; Jatmiko, RH Evaluasi Indeks Urban pada citra Landsat Multitemporal dalam ekstraksi kepadatan bangunan. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 17, 1–10.
- USGS. (2015).** Landsat 8 (L8) Data Users Handbook. Disponible en ligne: <http://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf> (accédé le 17 June 2019).
- Waqar, M. M., Mirza, J. F., Mumtaz, R., & Hussain, E. (2012).** Development of new indices for extraction of built-up area & bare soil from landsat data. *Open Access Sci. Rep*, 1(1), 4.
- Xu, H. (2008).** A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 29(14), 4269–4276.
- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003).** Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583–594. <https://doi.org/10.1080/01431160304987>
- Zhao, H., & Chen, X. (2005).** Use of normalized difference bareness index in quickly mapping bare areas from TM/ETM+. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 3, 1666.

INDEX

Index

LISTE DES CARTES

N°	Intitulée	Page
01	Situation administrative de la commune de Hassi Bahbah	08
02	Les pentes de la commune de Hassi Bahbah	09
03	La géologie de la commune de Hassi Bahbah (DHW de Djelfa)	11
04	Densité de la population dans la ville de Hassi Bahbah	17
05	Répartition des logements par district dans la ville de Hassi Bahbah	25
06	Répartition des équipements urbains dans la ville de Hassi Bahbah	31
07	La ration de bande pour la zone bâtie (BRBA) pour les années 1987.2000.2009.2013 .2018 de l'agglomération de Hassi Bahbah	48
08	Le ration de bande pour la zone bâti (NBAI) pour les années 1987.2000.2009.2013 .2018 de l'agglomération de Hassi Bahbah	49
09	Le ration de bande pour la zone bâti (NBI) pour les années 1987.2000.2009.2013 .2018 de l'agglomération de Hassi Bahbah	50
10	Le ration de bande pour la zone bâti (NDBI) pour les années 1987.2000.2009.2013 .2018 de l'agglomération de Hassi Bahbah	51
11	Résultats de l'extraction de zones bâties à l'aide d'indices BRBA, NBAI, NDBI et NBI pour l'agglomération de Hassi Bahbah	89

LISTE DES TABLEAUX

N°	Intitulé	Page
01	L'occupation des sols dans la commune de Hassi Bahbah	12
02	Evolution de la population de la ville de Hassi Bahbah Comparative à celle de la commune et la wilaya (1977-2015)	13
03	Évolution de taux d'accroissement entre (1977-2008)	14
04	Nombre des logements selon les types d'habitat dans la ville de Hassi Bahbah (2008)	22
05	L'habitat précaire dans la ville de Hassi Bahbah	24
06	Evolution de taux d'occupation par logement (TOL)	26
07	Le taux d'occupation par pièce du logement de la ville de Hassi Bahbah (2008)	27
08	Les équipements existants dans la ville de Hassi Bahbah	27-28
09	Caractéristiques des capteurs RBV, MSS, TM, ETM+ et OLI de Landsat	38
10	Les caractéristiques des images choisis dans le cadre de cette étude	44
11	Matrice de confusion associée de la classification de l'image satellitaire de 1987	57
12	Matrice de confusion associée de la classification de l'image satellitaire de 2000	63
13	Matrice de confusion associée de la classification de l'image satellitaire de 2009	69
14	Matrice de confusion associée de la classification de l'image satellitaire de 2013	75
15	Matrice de confusion associée de la classification de l'image satellitaire de 2018	81
16	Résumé des résultats de l'évaluation de la précision	87

LISTE DES FIGURES

N°	Intitulée	Page
01	L'occupation de sols dans la commune de Hassi Bahbah en 2008	12
02	Evolution de la population de la ville de Hassi Bahbah et celle de la commune et de la wilaya (1977-2015)	14
03	Évolution de taux d'accroissement entre (1977-2008)	15
04	Périodes de lancement des satellites Landsat	37
05	Organigramme de la méthodologie appliquée pour le traitement	46
06	Résumé des résultats de l'évaluation de la précision avec le coefficient de Kappa	88

LISTE DES PHOTOS

N°	Intitulée	Page
01	Habitat collectif (cité 5 Juillet)	21
02	Habitat individuel (cité La Gare)	22
03	Habitat semi-collectif(cité de L'hôpital)	23
04	Habitat précaire(cité Bouafia)	24