



**HAL**  
open science

# La croissance urbaine transfrontalière, entre périurbanisation et concentration : apport de la télédétection

Traore Kassoum Habal

## ► To cite this version:

Traore Kassoum Habal. La croissance urbaine transfrontalière, entre périurbanisation et concentration : apport de la télédétection. Géographie. 2019. hal-02444663v1

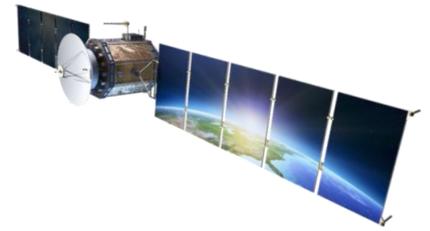
**HAL Id: hal-02444663**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02444663v1>**

Submitted on 18 Jan 2020 (v1), last revised 16 Apr 2023 (v2)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# LA CROISSANCE URBAINE TRANSFRONTALIÈRE, ENTRE PERIURBANISATION ET CONCENTRATION : APPORTS DE LA TELEDETECTION



**TRAORE Habal Kassoum**

LOTERR EA 7304 (METZ)

## RAPPORT DE STAGE DE MASTER 1

**Intelligence territoriale (mention Urbanisme et aménagement)**

**Soutenance le Jeudi 4 juillet 2019**

Jury :

Monsieur HAMEZ Grégory  
Monsieur LEBAUT Sébastien





## **REMERCIEMENTS**

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Gregory HAMEZ et Monsieur LEBAUT Sébastien avec gratitude pour avoir eu confiance en moi et m'avoir donné l'opportunité d'effectuer ce Stage. Je tiens tout particulièrement à remercier une fois de plus, Monsieur LEBAUT Sébastien pour l'intérêt qu'il a eu envers mon travail et surtout pour sa patience, son enthousiasme, et sa disponibilité malgré ses hautes responsabilités de chef du département géographie. Aussi, Monsieur Gregory Hamez responsable du Master Border Studies qui est constamment à l'écoute des étudiants, très pédagogue, attentionné et soucieux de notre bonne formation, il se montre constamment disponible.

Merci à Frédérique Morel Doridat pour sa disponibilité, la qualité et la pertinence de ses remarques, et merci à elle une fois de plus et Nicolas Dorkel d'avoir installé pour moi tout le matériel nécessaire dans la salle des stagiaires. Je remercie également tous les collègues du laboratoire Loterr pour l'ambiance conviviale ainsi que les discussions, souvent autour d'un café ou d'un repas, qui ont contribuées quelques fois à me donner des idées et favoriser l'avancée de ces recherches. Je tiens à remercier plus particulièrement Faruk, Nassima Hassani, Sabrina De Pindray D'Ambelle, Yasine Kaced, Nicolas Chochoy, Nicolas Greiner, pour leur sympathie ainsi que pour tous les autres moments partagés ensemble. Je garderai un bon souvenir de cette expérience parmi eux.

Enfin, je remercie toute ma famille à Abidjan, en particulier ma maman pour ses prières et ses bénédictions. Aussi pour leurs encouragements tout comme ce fut le cas durant toute ma scolarité, pour leurs soutiens, pour l'intérêt porté à mes travaux et pour l'éducation qu'ils m'ont inculquée et qui a sans doute participé à ce que je suis aujourd'hui.

A ma famille de substitution du Crous-Lorraine, Jean Pierre et à celles que j'appelle affectueusement mes mamans, Marie, Jerlaine, Safiya, que Dieu vous rende au centuple toute cette bienveillance à mon égard.

# SOMMAIRE

REMERCIEMENTS .....	3
SOMMAIRE .....	4
INTRODUCTION.....	5
I- STRUCTURE D'ACCUEIL DU STAGE.....	7
1- L'université de la Grande Région.....	8
II- CONTEXTE ET OBJECTIF DU STAGE .....	8
2.1- L'objectif général du stage .....	8
2.2- Les tâches réalisées .....	9
2.3- L'organisation du stage .....	9
III- PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE.....	11
3.1- Problématique.....	11
3.2- Revue de la littérature.....	11
3.3- Méthode de collecte des données .....	12
PREMIÈRE PARTIE .....	12
I- PRÉSENTATION DU CADRE D'ÉTUDE.....	12
1.1- La Grande Région : Création, Mission et objectifs .....	12
1.2- La Grande Région : indissociable de son histoire sidérurgique .....	15
1.3- Caractéristiques de l'agglomération transfrontalière de la GR.....	15
II- L'URBANISATION EN MILIEU TRANSFRONTALIER .....	18
2.1- Politiques urbaines : entre étalement urbain et concentration .....	18
DEUXIÈME PARTIE .....	19
I- LA TÉLÉDÉTECTION.....	19
1.1- Matériels utilisés.....	20
1.2- Résultats attendus .....	21
1.3- Méthodes utilisées .....	25
1.4- L'utilisation de l'image raster sous formes de points.....	29
1.5- Les méthodes de classifications.....	30
II- ÉVOLUTION DIACHRONIQUE .....	33
2.1- Le suivi de l'évolution urbaine par la méthode de télédétection .....	33
2.2- Le choix du capteur .....	33
2.3- D'autres méthodes de suivi de l'étalement urbain.....	34
III- L'ÉVOLUTION URBAINE DANS LA GRANDE RÉGION.....	35
3.1- Les effets induits de l'étalement urbain.....	35
CONCLUSION GÉNÉRALE .....	37
BIBLIOGRAPHIE .....	38
ANNEXES .....	41
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	55
TABLE DES ANNEXES .....	58
GLOSSAIRE .....	61
TABLE DES SIGLES .....	62
RÉSUMÉ.....	63

## INTRODUCTION

La croissance urbaine est un processus par lequel une ville croît, s'agrandit et se développe. Ce processus d'accroissement des villes est un phénomène international, qui est en constante augmentation à l'échelle mondiale. En Europe, ledit processus a « connu un pic dans les années 1950 à 1960, concomitant à un taux de croissance démographique important (3,3 %) » (Nathalie Bertrand, 2009). Ce Phénomène est en lien étroit avec l'accroissement démographique, ne se déroule dans le monde sans son lot de corollaires. En effet, les impacts que représentent l'accroissement du tissu urbain sont de nombreux ordres, cela part de l'allongement des distances qui provoque un allongement des réseaux de transport, d'assainissement, ainsi qu'une forte consommation énergétique. De plus, cette situation donne souvent lieu au phénomène de mitage urbain, qui résulte d'une urbanisation mal contrôlée et de ce fait accentue le creusement des inégalités socio-spatiales.

Appliqué aux zones transfrontalières qui se démarquent par une dynamique exponentielle de populations, la croissance urbaine se montre encore plus virulente. Situé au centre de l'Europe, la Grande Région qui est ici le cadre d'étude est particulièrement affectée par ce Phénomène, du fait de sa démographie galopante. Néanmoins, force est de constater à travers les diverses publications qui ont abordées ce thème, que le processus d'étalement n'est pas généralisable à l'ensemble du territoire de la Grande Région. En effet, alors que les politiques d'aménagement Allemandes appliquent le principe de concentration décentralisée dans certains Landers<sup>1</sup> (Daniel Florentin, 2009), en France, les autorités politiques sont plus permissives sur l'étalement urbain. Ces particularités inhérentes à chaque région suscitent un approfondissement des recherches en vue de mieux comprendre, voir expliquer ces processus divergents.

Ces recherches seront axées sur les régions transfrontalières. Ces zones sont d'une manière générale des zones de forte attractivité. Les déplacements à l'intérieur de ces espaces sont dus principalement aux dynamiques de population. Ces mouvements de population sont occasionnés par un flux d'échange continu de personnes et de biens, tournés vers le Grand-Duché du Luxembourg, pôle de gravité de la Grande Région. La forte attractivité du Grand-Duché du Luxembourg est animée par les travailleurs transfrontaliers qui sont attirés par les avantages offerts par la souple politique fiscale Luxembourgeoise très alléchante comparativement aux pays qui jouxtent ce territoire. Cet attrait pour le Luxembourg n'est sans

---

<sup>1</sup> Terme Allemand désignant une division administrative, l'équivalent en Français est la région.

conséquence sur les pays avoisinants ces frontières, notamment la France, la Belgique et l'Allemagne. Toute cette dynamique interne dans la Grande Région est mesurable statistiquement, mais aussi par d'autres méthodes.

Il existe ainsi diverses méthodes d'évaluation de l'étalement urbain. Dans le cas échant, la méthode utilisée portera sur, l'analyse d'images satellites. Cette méthode est « apparue dans les années 1858 et fut longtemps utilisée dans le domaine militaire, jusqu'à ce que la demande dans le domaine civil explose et se vulgarise à de nombreux domaines » (Yvette Marchand-Vaguet, 2014).

L'université de Lorraine où se déroule ce stage en partenariat avec l'université de la Grande Région regroupe dans son réseau les universités de la Sarre, du Luxembourg, de Liège, de Trèves, et l'université technique de Kaiserslautern, a mis en place un glossaire scientifique dans son action 4.2. Ce glossaire vise à faire avancer les connaissances scientifiques, en occurrence la croissance en milieu transfrontalier en vue de mieux cerner le processus, ses impacts.

Les recherches effectuées lors de ce stage au laboratoire LOTERR de l'université de Lorraine sur le site de Metz, consisteront à apporter des éléments explicatifs à la croissance urbaine en milieu transfrontalier. Ainsi, le recours à l'imagerie satellitaire (Landsat et Sentinel) prise à différentes dates permettront de mettre en évidence les secteurs allant de 65 km à partir de Luxembourg ville et prenant en compte les secteurs de la Grande Région, pour pouvoir mieux apprécier l'étalement urbain. Alors, dans quelle mesure la télédétection participe-t-elle à la compréhension de l'évolution urbaine dans la Grande Région ?

La première partie des recherches s'attachera à présenter la structure dans laquelle ce stage a été effectué, ses partenaires et ses objectifs. Ensuite, à partir des recherches, des ressources documentaires s'appuiera à présenter la région, ses objectifs et ses missions. La troisième partie la télédétection, ses principes, ses usages en général et en particulier appliqués à la zone d'étude. Enfin la dernière partie de ce document montrera les conséquences de l'étalement, notamment sur le plan social et environnemental.

## I- STRUCTURE D'ACCUEIL DU STAGE

Le stage a été effectué au laboratoire LOTERR situé au sein de la faculté de géographie de l'université de Lorraine sur le site de Metz. Le laboratoire a principalement pour vocation d'aborder certaines problématiques liées à la recherche et au développement. Composé d'une équipe dynamique et chaleureuse d'enseignants de chercheurs et de doctorants, le laboratoire aborde les thématiques liés aux transitions paysagères et territoriales ; aux eaux et aux milieux ; enfin, aux transition, acteurs et aménagements. En effet, c'est dans la dernière problématique que se situe le cadre de ces recherches.



### Organigramme du Laboratoire LOTERR

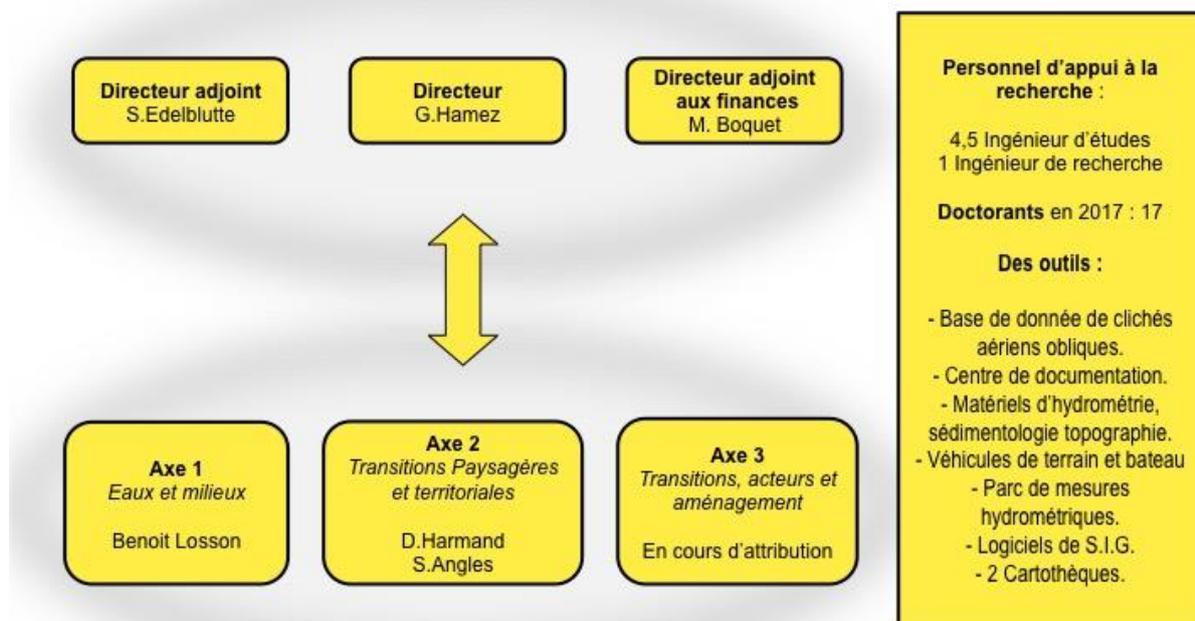


Figure 1: Source : Site internet du Loterr

Le laboratoire fait partie du réseau l'université de la Grande Région. Ce stage s'inscrit dans l'action 4.5 du programme INTERREG. Cette action dans le volet éducatif a pour visée de contribuer aux connaissances sur les Border Studies en général. Dans le cas échant, ces recherches seront centrées sur la technique de l'imagerie satellitaire. L'université de la Grande Région, point de jonction des universités faisant partie de ce territoire, reste un maillon essentiel dans l'évolution des connaissances sur ce territoire.

## **1- L'université de la Grande Région**

La Grande Région a pour objectif de promouvoir les liens entre les états membres, de renforcer les liens entre eux notamment dans les domaines administratifs, sociaux, économiques, éducatifs et culturels. L'université de la Grande Région a été créée au niveau éducatif. Cette université abrégée (UniGr) est issue du regroupement de six autres universités membre de la Grande Région (l'université du Luxembourg, de la Sarre, de Liège, de Lorraine, de Kaiserslautern et de Trèves). L'université a vu le jour grâce à un financement de l'Union Européenne. Ces objectifs sont de faciliter la coopération, la mobilité transfrontalière dans de nombreux domaines ainsi que les projets conjoints de recherches, dans le cas échéant le financement de ce stage et l'insertion des diplômés issus de la Grande Région.

## **II- CONTEXTE ET OBJECTIF DU STAGE**

### **2.1- L'objectif général du stage**

L'objectif du stage était de participer à la mesure de la croissance urbaine en milieu transfrontalier, qui comprend le Grand-Duché du Luxembourg, la Belgique, l'Allemagne, et la France.

Les données statistiques issues de ces différents pays montrent une croissance galopante depuis le début des années 1990. Néanmoins, cette croissance se déroule différemment selon les pays susmentionnés. En effet, les politiques d'aménagement diffèrent d'un pays à l'autre. En Allemagne, « les politiques d'aménagement ont opté pour la concentration » (Daniel Florentin et Al, 2009), tandis qu'en France et en Belgique, les autorités sont plus permissives sur l'étalement. Les enjeux soulevés par ce processus sont le développement durable et la cohésion à échelle transfrontalière.

Ces recherches seront réalisées à l'aide de l'imagerie satellitaire sur une période de 30 ans de 1988 à 2018 dans l'optique de mesurer l'évolution ou la périurbanisation. Ainsi, certaines tâches ont été nécessaires pour atteindre les objectifs.

## **2.2- Les tâches réalisées**

Durant ce stage, plusieurs tâches ont été réalisées pour effectuer ces recherches. Dans l'optique d'une bonne compréhension du thème d'étude, la première étape a consisté à effectuer une recherche bibliographique dans la littérature scientifique et opérationnelle sur le thème de la périurbanisation transfrontalière dans la Grande Région d'une part. D'autre part, sur la télédétection dans un contexte général, ensuite appliqué aux études urbaines.

La deuxième étape s'est déroulée principalement sur le site internet [USGS.earthexplorer.com](http://USGS.earthexplorer.com). Ce site regroupe l'ensemble de la base de données d'images issues des satellites Landsat et Sentinel. Il a permis de circonscrire la zone d'étude et de télécharger les images nécessaires à la suite des recherches. La troisième partie de ces recherches s'est faite via le logiciel SIG (Système d'Information Géographique) ArcMap, à partir duquel différentes méthodes ont été appliquées dans le but de mesurer la périurbanisation.

Enfin, la dernière étape de ces recherches consistait à faire des recherches sur les données démographiques de chaque pays pour pouvoir d'abord, mettre les résultats obtenus en cohérence avec les données d'évolution urbaine. Ensuite ces chiffres ont permis d'affirmer ou infirmer certaines hypothèses.

## **2.3- L'organisation du stage**

Lors de ce stage qui a débuté du 1<sup>er</sup> avril au 19 juillet 2019 (4 mois), il a fallu établir un emploi du temps personnel dans le but d'une bonne organisation. Cet emploi du temps établi sous la forme d'un diagramme de Gantt, a été essentiel pour une bonne coordination des idées, et une bonne gestion du temps durant le stage.

<b>Calendrier sur l'état d'avancement du stage</b>				
<b>Première étape</b>				
Nom	Statut	Début	Fin	Priorité
Revue de la littérature scientifique et opérationnelle sur la périurbanisation transfrontalière	Fait	01/04/2019	14/06/2019	Fort
Plan de travail	Fait	01/04/2019	30/04/2019	Faible
Identifier la zone d'étude, qui comprendra le Grand-Duché du Luxembourg ainsi qu'une zone de 65 km en-deçà de ses frontières Allemandes, Belges et Françaises	Fait	01/04/2019	18/04/2019	Moyen
Sélectionner et travailler sur les images satellitaires Landsat	Fait	01/04/2019	10/05/2019	Fort
Mettre au regard les résultats obtenus avec les données de croissance de la population, issues des recensements	En cours	04/05/2019	19/07/2019	Moyen
<b>Seconde étape</b>				
Nom	Statut	Début	Fin	Priorité
Sélectionner et travailler sur les images satellitaires Sentinel	En cours	27/05/2019	19/07/2019	Fort
Tester et appliquer plusieurs mesures de la périurbanisation	Fait	31/03/2019	08/06/2019	Faible
Recourir à d'autres types d'imagerie ou de représentations (photos aériennes, cartes anciennes, images de drones) <b>NB:</b> Sortie terrain à Piblange le 18/06/2019	Fait	02/06/2019	23/06/2019	Moyen
<b>Rédaction</b>				
Nom	Statut	Début	Fin	Priorité
Rédaction Mémoire	Fait	03/06/2019	26/06/2019	Fort

### **III- PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE**

Cette partie du rapport s'attellera à montrer dans quel contexte s'inscrit le sujet et de quelle manière les recherches ont été effectuées afin d'obtenir les résultats escomptés.

#### **3.1- Problématique**

La télédétection est une discipline qui touche à de nombreux secteurs (sanitaires, biologiques, océanographiques, agricoles, etc.). Par ces champs d'action, cette discipline aide dans la prise de décision ainsi que dans l'apport d'informations. Néanmoins, le monde ainsi que la société étant en pleine mutation, ces informations issues des données de télédétection doivent être constamment renouvelées. Dans ces recherches, nous tenterons d'utiliser la technique d'imagerie satellitaire et d'analyser les résultats obtenus, pour comprendre l'évolution du bâti dans la Grande Région. Pour ce faire, la problématique peut être énoncée comme suit : dans quelle mesure la télédétection participe-t-elle à la compréhension de la dynamique urbaine dans la Grande Région ?

#### **3.2- Revue de la littérature**

De nombreuses recherches ont été effectuées sur le terme de l'utilisation de la télédétection dans la mesure l'étalement urbain, de nombreux chercheurs ont accordé un intérêt à cette méthode d'extraction du bâti à partir des images satellitaires (Christiane Weber, 1995 ; Anne Puissant, 2003 ; Stephane L'homme, 2005 ; Imane Sebari et Denis Morin, 2010 ; Françoise Dureau 1995). En plus d'avoir tous axé leurs recherches sur un territoire particulier (Rahim Aguejdad et Laurence Hubert-Moy, 2016) une bonne majorité de ces études s'avèrent aujourd'hui rétrograde à cause notamment de l'évolution des technologies dans ce domaine ainsi que l'évolution continue du bâti. A l'issue de ces recherches, il s'est avéré qu'aucune étude n'a abordé le thème de la télédétection centré sur la Grande Région.

### **3.3- Méthode de collecte des données**

La procédure de recherche de données peut se subdiviser en plusieurs parties. La première à consister à chercher des informations sur internet par le biais de différents moteurs de recherches, tant sur les sites statistiques des régions d'études que la documentation fournie. Ensuite, un inventaire d'une bibliographie scientifique a été réalisé dans le but de mieux m'enquérir du sujet. Ces recherches se sont de plus poursuivies en bibliothèques universitaires et du laboratoire, où de nombreux ouvrages sur le thème sont disponibles. Enfin, une sortie terrain a été réalisée en vue de tester l'éventualité d'application de certaines méthodes d'analyses.

## **PREMIÈRE PARTIE**

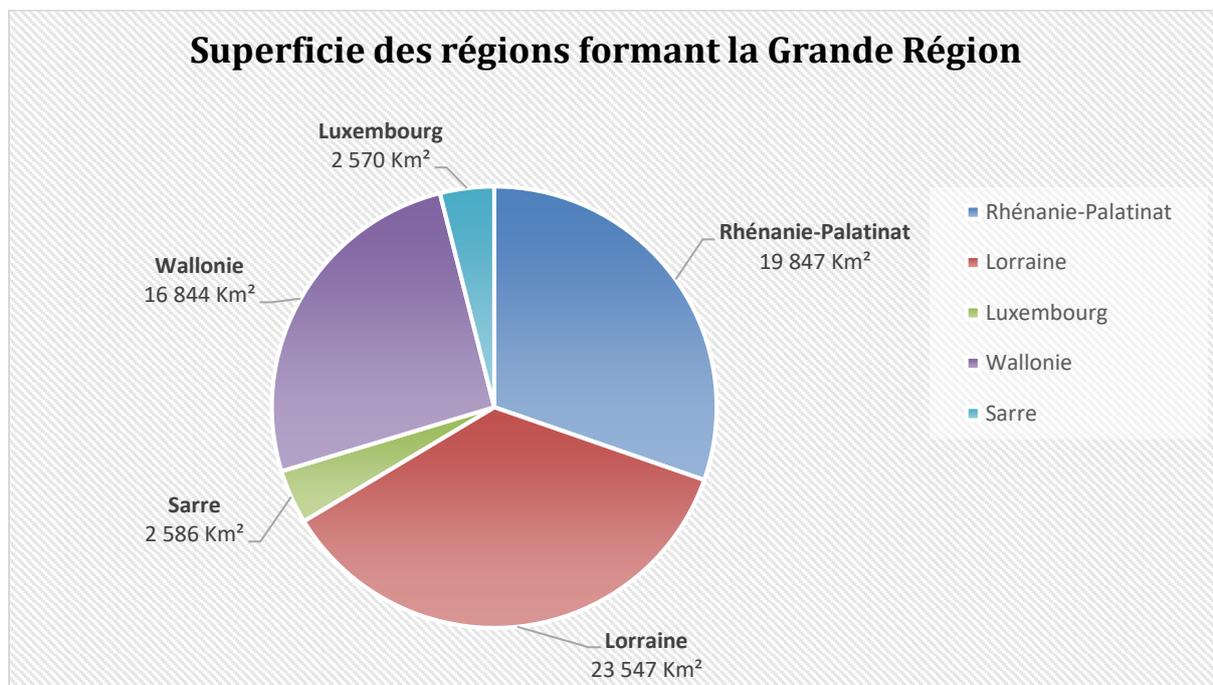
### **I- PRÉSENTATION DU CADRE D'ÉTUDE**

Cette partie du mémoire consistera à présenter dans les grandes lignes la Grande Région, ses objectifs et ses particularités. Ensuite, tentera de décrire l'urbanisation appliquée au milieu transfrontalier.

#### **1.1- La Grande Région : Création, Mission et objectifs**

##### **1.1-1- La création**

Située au nord-est de la France, la Grande Région est issue du regroupement des régions de trois pays. En France, elle comprend la région Lorraine, en Allemagne la région de la Sarre et de la Rhénanie Palatinat, en Belgique la Wallonie, la fédération Wallonie-Bruxelles et au Luxembourg, le Grand-Duché du Luxembourg. « Elle s'étend sur une superficie de 65.401 km<sup>2</sup> et rassemble une population de 11,5 millions d'habitants » (portail officiel de la grande région). Le processus de formation de la grande région « est régi par un texte qui remonte à 1960 » (Gaël GRENN et Al, 2010). Sa création qui s'est consolidée dans les années 1980 avait pour objectif de renforcer la coopération transfrontalière, dans les secteurs économique et politique.



**Figure 2: Superficie des régions formant la grande région.**

**Sources :** Allemagne : Statistisches Bundesamt- 2017  
 France : INSEE 2014  
 Belgique : Observatiedatum Rijksregister 2015  
 Luxembourg : STATEC 2017  
 Réalisation personnelle

## 1.1-2- Les objectifs

La Grande Région en tant que « processus de coopération » (Franz Clément, 2010) a pour visée de bâtir un espace économique et social. Pour ce faire, les dirigeants de cette entité territoriale se sont donnés pour objectif de renforcer les relations entre les membres de la Grande Région et de promouvoir « les activités d'intérêts communs » (Camilo Pereira, 2012), ce qui sous-entend activités économiques, sociales et culturelles.

Les programmes de coopérations entre états transfrontaliers, font partie des objectifs spécifiques que la Grande Région se donne à atteindre. De ces objectifs découlent des axes prioritaires qui fixent les stratégies d'interventions dans des secteurs prioritaires cibles destinés à chaque région.

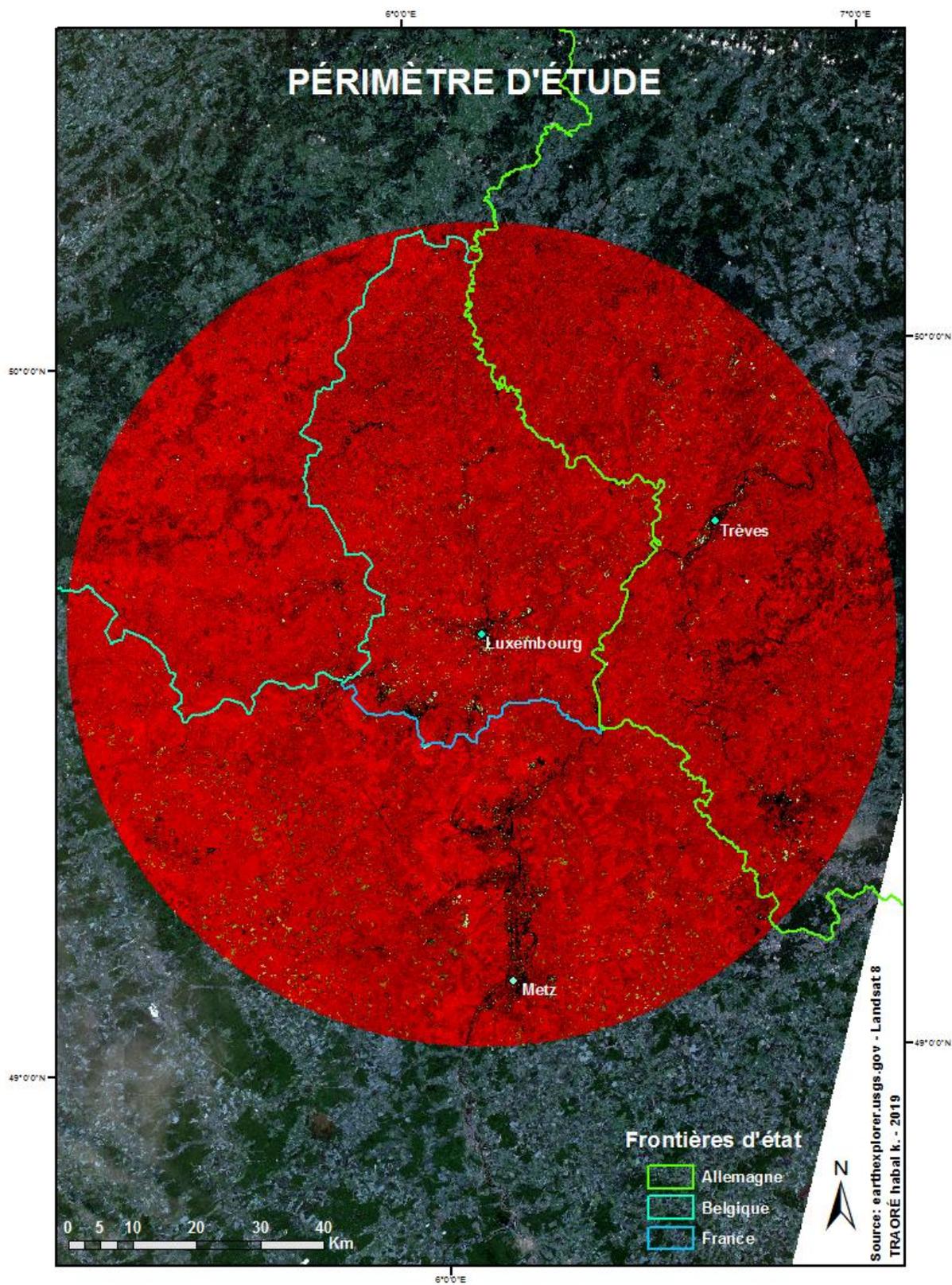


Figure 3: Périmètre d'étude

## **1.2- La Grande Région : indissociable de son histoire sidérurgique**

Les régions qui forment aujourd'hui la grande région étaient autrefois reconnues pour leur prospérité liée à la sidérurgie. L'histoire sidérurgique de la grande région débuta au XVI<sup>e</sup> Siècle avec la création de nombreuses forges dans la région. La sidérurgie dans la grande région avait atteint un tel apogée surtout en France, que la région Lorraine représentait 94% de la production d'acier de toute la France entière.

L'évolution économique de la grande région se caractérise depuis de nombreuses années par de profondes mutations structurelles. De nombreux secteurs de productions à l'image de la sidérurgie, qui faisaient la fierté de la région, font face aujourd'hui à un déclin. Ce déclin est surtout dû à la concurrence Chinoise, à laquelle la région n'a pas pu résister.

## **1.3- Caractéristiques de l'agglomération transfrontalière de la GR**

Dans l'optique « définir une politique commune d'aménagement du territoire » (Conférence permanente du Développement Territorial CPDT, 1999) les maires et les Bourgmestres des municipalités issues de la Grande Région créent cette entité territoriale.

### **1.3-1- Région de mobilité**

La Grande Région est traversée au quotidien par un flux de travailleurs transfrontaliers. Environ « 200 000 travailleurs dans la région travaillent dans un pays voisin, dont environ 130 000 au Luxembourg » (Statistiques Grande Région, 2011). Aussi, en tant qu'espace transnational et transrégional, la Grande Région « constitue un nouvel échelon territorial construit pour donner une dimension politique et sociale des échanges essentiellement d'ordre économique » (Sandrine DEVAUX, 2010). Le territoire de la Grande Région est nourri par un secteur financier en plein essor. Depuis 1980, il y a une forte augmentation du nombre de travailleurs frontaliers « Alors qu'ils étaient 12000 en 1980, le nombre de travailleurs en provenance d'Allemagne, du Luxembourg et la Belgique atteint 146000 personnes en 2008 » (Christophe SOHN, 2010). Ces statistiques démontrent une forte demande en main-d'œuvre dans la région. (Cf. Annexe page 46).

Les données obtenues à partir des statistiques issues de la base de données du Luxembourg et de la France, démontrent une très forte croissance démographique entre 1988 et 2018. La quasi-totalité du Luxembourg est touchée par cette évolution. En France, on remarque que cette

augmentation suit l'axe du sillon Mosellan. Ces données démographiques seront à corrélérer avec les données issues de l'expansion urbaine de la Grande-Région.

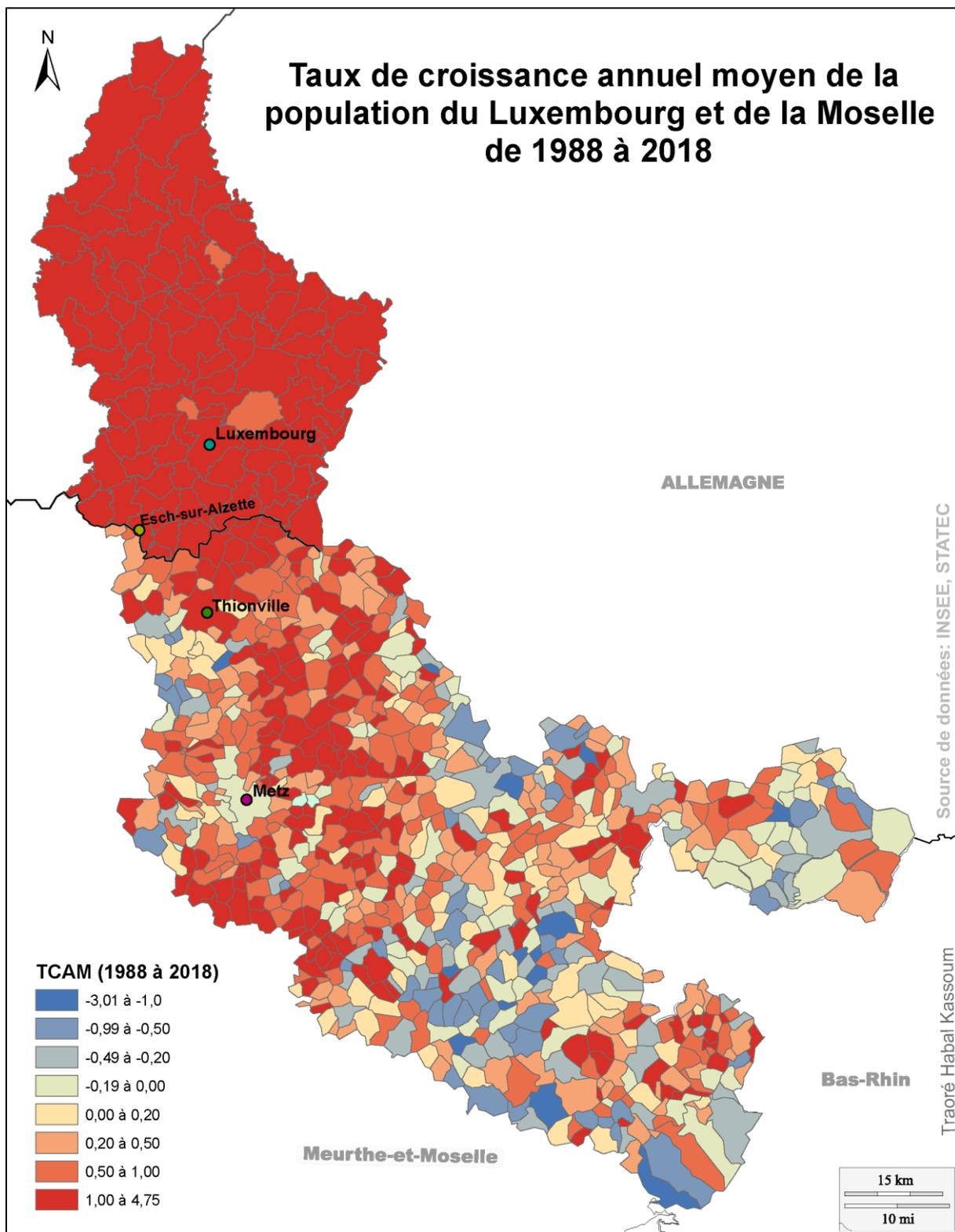


Figure 4: Taux de croissance annuel moyen de la population du Luxembourg et de la Lorraine entre 1988 et 2018

### 1.3-2- Région à forte employabilité

La Grande Région est aujourd'hui une région qui attire un grand nombre de personnes, dû au fait qu'elle regorge de diverses entreprises et de nombreuses industries. Ainsi, « avec un PIB de 317,8 milliards d'euros (2010), soit environ 2,5% du PIB de l'Union européenne, la Grande Région présente un réseau urbain, industriel et rural, source de relations économiques et culturelles riches et permanentes » (Portail internet MOT - Mission Opérationnelle Transfrontalière).

Situé au centre de la région, le Grand-Duché du Luxembourg est le réservoir principal d'emploi, le pays se voit ainsi être le « cœur économique de la région » (Portail internet MOT Mission Opérationnelle Transfrontalière). Les statistiques montrent une forte croissance des travailleurs transfrontaliers depuis les années 1960. Ainsi, de 3700 en 1960, ils passent en 2014 à 160000 (MOT). Hormis le Grand-Duché du Luxembourg, les bassins d'emplois de Saarlouis drainent de nombreux Lorrain(e)s, cela est dû à des salaires plus élevés qu'en France. Ainsi « Actuellement, 18000 frontaliers employés en Sarre, proviennent des deux zones d'emplois du Bassin Houiller de Sarreguemines. Leur destination principale est le Stadtverband Saarbrücken qui accueille 62% des transfrontaliers originaires du bassin houiller Lorrain » (Bernard REITEL, 2002)

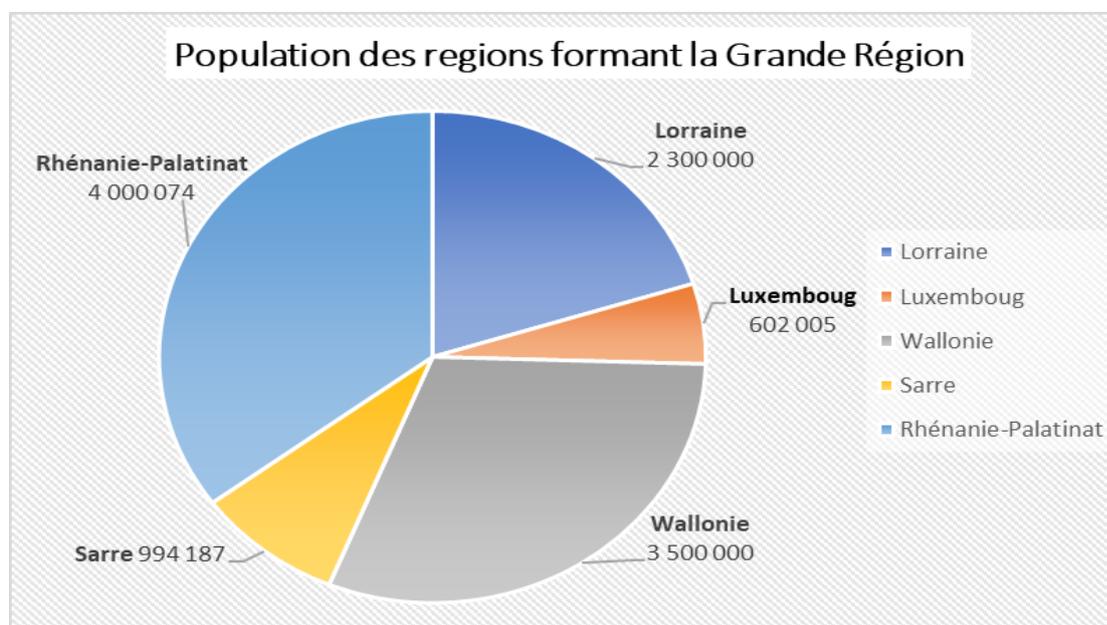


Figure 5 Populations des régions formant la grande région

Sources : Allemagne : Statistisches Bundesamt- 2017

France : INSEE 2014

Belgique : Observatiedatum Rijksregister 2015

Luxembourg : STATEC 2017

## **II- L'URBANISATION EN MILIEU TRANSFRONTALIER**

Chaque pays ayant ses réalités organisationnelles propres, les politiques urbaines diffèrent d'une région à une autre. Par conséquent, les pays membres de la Grande Région adoptent un mode de gestion et d'organisation en fonction de leurs législations et politiques urbaines en vigueur.

### **2.1- Politiques urbaines : entre étalement urbain et concentration**

Les politiques Allemandes appliquent le principe de « concentration décentralisée » [Monique Duhamel et Dominique Dessagnes, 1994]. Tandis qu'en France, en Belgique et au Luxembourg (qui applique aussi le principe de « concentration décentralisée » Tobias Chilla, 2012 n'a de surcroît pas de politiques urbaines nationale) CIPU, les lois concernant l'étalement sont moins strictes.

#### **2.1-1. Les politiques de concentration urbaines Allemandes**

Le déclin urbain est dû à de nombreux facteurs dont principalement la désindustrialisation, la baisse démographique et les politiques de restauration urbaines. L'ampleur du déclin est telle que de nombreuses recherches s'y sont intéressées. Ce Phénomène est connu sous le nom de « Skriking cities » terme anglais ou « schrumpfende Städte » en Allemand signifiant littéralement ville rétrécissante, résultent de nombreux facteurs dont la baisse démographique.

S'agissant de la baisse démographique qui a eu lieu en Allemagne, elle provient d'une part du faible taux de fécondité qui a « atteint les 60% entre 1989 et 1994 » (Glock et Häußermann, 2004) et d'un important taux de vieillissement. Ainsi, cela a « entraîné un déclin rapide des villes, lié à une diminution très prononcée des soldes naturels » (Daniel Florentin et Al, 2009). Cette baisse de la population Allemande a aussi eu pour impact une hausse des familles monoparentales moderne qui privilégient les centres-villes. Ce processus connu sous le nom de « réurbanisation » a été développé en 1982 par Van Den Berg.

La désindustrialisation en Allemagne a eu pour effet une « déséconomisation des espaces » (Daniel Florentin et Al, 2009) notamment dans l'ouest Allemand. Ces effets conjugués suscités ont été une aubaine pour les autorités qui ont appliquées des mesures qui visaient à réduire les dépenses. De ce fait, « les acteurs des politiques urbaines sont encouragés à valoriser d'autres dimensions telles que la moindre densité, l'urbanité, le patrimoine urbain, la soutenabilité des réseaux, les espaces publics ». Cela se traduit aussi par la démolition de grands ensembles, de sorte à revitaliser les quartiers centraux (Daniel Florentin et Al, 2009). Des formes urbaines

standardisées feront surface. Le quartier de Grünau qui avec « 35 000 logements pour pratiquement 100 000 habitants est un exemple. Ce quartier constitue l'un des plus importants grands ensembles d'Allemagne orientale et atteint ainsi la taille d'une grande ville construite » (Müller 1996).

## **2.1-2. Les politiques urbaines en France**

Contrairement aux États-Unis, en France comme en Europe, la périurbanisation a été tardive « on considère que ce sont principalement les classes moyennes ouvrières qualifiées et professions intermédiaires qui ont alimenté l'étalement ». Le processus de périurbanisation en France se déroule avec des formes de constructions de type pavillonnaire.

Il prend une force et une ampleur particulière « à partir de la fin des années 1970 sous l'effet de trois facteurs : la réorientation des politiques publiques du logement en direction d'une offre marchande orientée vers l'accession à la propriété d'une maison individuelle, la démocratisation et la banalisation de la voiture individuelle et de son usage au quotidien par l'amélioration des infrastructures routières, la possibilité donnée à chaque municipalité de choisir de développer ou non son urbanisation en relation avec un marché immobilier et des aspirations sociales tournées tous deux vers la possession d'une maison à soi » (Lionel Rougé, 2018).

## **DEUXIÈME PARTIE**

Cette partie sera consacrée dans un premier temps à définir la télédétection dans ces grands principes, ensuite présentera le processus d'acquisition d'images, les types de satellites utilisés, les avantages et les inconvénients de chaque type de satellites et montrera l'intérêt de la télédétection dans les études urbaines. Ensuite, un deuxième pan dans cette partie sera consacré à dresser l'inventaire des diverses méthodes et techniques utilisées pour réaliser l'étude. La dernière partie s'accentuera à interpréter les résultats obtenus.

### **I- LA TÉLÉDÉTECTION**

Étymologiquement « détection à distance », la télédétection se définit comme étant l'ensemble des méthodes et techniques utilisées pour acquérir des images terrestres à partir d'ondes électromagnétiques réfléchies par divers objets présents sur la terre. Les ondes émises par les

objets terrestres ne sont détectables que si celles-ci sont illuminées par une source lumineuse, d'origine naturelle (soleil) ou artificielle.

L'objectif de la télédétection est de fournir des informations issues du paysage terrestre sous forme d'images contenant des données et exploitables. Elle permet de ce fait d'approfondir notre connaissance du milieu urbain, par la prise en considération de ses caractéristiques de contenu, démographiques, sociales, économique et culturel, en ces temps de « modification et de création de nouvelles formes sociales, s'affirme de plus comme une nécessité impérieuse » (Christiane Weber, 1995). De ce fait, elle permet de suivre l'évolution du paysage dans les régions sur la terre où la cartographie est présente. A contrario, lorsqu'il y a un déficit de couverture cartographique dans une région, elle permet de pallier ce manque. Les images obtenues par les satellites dépendent de leur résolution spatiale. Ainsi, plus l'image a une bonne résolution spatiale, plus elle est de bonne qualité.

A l'origine, les premières images obtenues par la méthode de télédétection étaient calquées sur la vision de l'œil humain et ne se limitait donc qu'au domaine du visible. Avec l'avancée technologique, les méthodes d'acquisition ont beaucoup avancé et par conséquent sont améliorées au fil du temps. Du simple champ du visible, « l'avancée technologique dans le domaine a été marquée par la venue du proche infrarouge (PIR), moyen infrarouge (MIR) et infrarouge thermique (IRT) ». (Yvette Marchand-Vaguet, 2014).

S'agissant de l'acquisition des images, elle se fait par le biais de capteurs (passifs et actifs)<sup>2</sup> qui sont installés dans des avions ou des satellites gravitant autour du globe terrestre. Il faut distinguer les satellites à défilement ou héliosynchrones qui sont des satellites qui tournent autour de la terre « à une distance variant entre 700 ou 800 km, avec des révolutions plus ou moins longues », et les satellites géostationnaires ou géosynchrones « qui se focalisent sur une distance de 36.000 km et ont pour particularité d'être des satellites d'informations météorologiques » (Christiane weber, 1995).

### **1.1- Matériels utilisés**

La réalisation de cette étude a été rendue possible premièrement par le biais de l'utilisation des certains logiciels SIG (Système d'Information Géographique), secondement par l'application

---

<sup>2</sup> « Passifs » : enregistre que l'énergie émise par les éléments de surfaces, « Actifs » : à la fois émetteurs et récepteurs (le radar).

de certaines méthodes de calculs utilisées dans des études qui ont portées sur un thème similaire. Ainsi, cette partie de l'étude consistera à présenter le cheminement des techniques utilisées.

### **1.1-1- Matériels et logiciels**

Les images satellites utilisées dans le cadre de ces recherches sont issues de la base de données USGS (United States Géologique Survey) dans la rubrique Earth Explorer. Cette base de données américaine regroupe l'ensemble des données géo-spatiales issues des satellites Landsat, Sentinel et photos aériennes entres autres. Le choix du capteur et du canal est déterminant. L'utilisation des images satellites dans la réalisation des études portant sur la caractérisation d'un phénomène urbain (cf. tableau 1) récapitule les différents types de satellites utilisés lors de cette étude ainsi que leurs caractéristiques.

### **1.1-2- Méthode mise en place pour l'extraction des zones et pour l'étude diachronique**

La résolution spatiale de 10 m du satellite Sentinel datant de 2018, génère une connaissance de l'empreinte urbaine plus réalisable pour l'étude de la croissance urbaine. À partir d'une image dont la résolution spatiale est compatible avec le thème d'étude, la méthode mise en place a été de capter l'ensemble du bâti de la zone d'étude à partir de la composition de canaux NDVI compilée sur différentes dates (cf. page 29). Ensuite crée un "fichier de forme" à partir de cette extraction sous forme de point (annexe page 42, 43). L'ensemble des points qui correspondent aux surfaces bâties, serviront de masque, qui à leur tour seront superposé sur les images de date antérieure, de sorte à voir l'évolution du bâti.

### **1.2- Résultats attendus**

Les résultats attendus par cette méthode visent à obtenir des données fiables et concrètes permettant d'évaluer le niveau de l'étalement urbain dans la Grande Région. Elle permettra en plus de fournir des images de l'évolution diachronique, de quantifier le phénomène de l'étalement urbain. Cette quantification du Phénomène s'obtiendra d'abord grâce aux pixels ayant évolué sur les dates choisies. De surcroît elle permettra d'avoir des graphiques permettant de mieux illustrer le Phénomène et de parvenir à une interprétation aisée des résultats.

<b>Image</b>	<b>Date d'acquisition</b>	<b>Résolution spectrale</b>	<b>Résolution spatiale</b>
<b>Landsat 5 (TM)</b>	13-05-1988	B1- Bleu [0.45-0.51 µm] B2 Vert [0.53-0.59 µm] B3 Rouge [0.63-0.67 µm] B4 Proche-infrarouge [0.77-0.90 µm] B5 Moyen-infrarouge-1[1.55-1.75µm] B6 Infrarouge thermique [ 10.40-12.50µm]	30m
<b>Landsat 7 (ETM+)</b>	11-08-2003	B1- Bleu [0.45-0.52 µm] B2 Vert [0.52-0.60 µm] B3 Rouge [0.63-0.69 µm] B4 Proche-infrarouge [0.772- 0.89.8 µm] B5 Moyen-infrarouge-1[1.547- 1.749 µm] B6 Infrarouge thermique [10.31- 12.35 µm] B7 Court infrarouge [2.11-2.29 µm]	30m
<b>Landsat 8 (TIRS)</b>	29-05-2017	B1- Bleu [0.43-0.45 µm] B2 Vert [0.45-0.51 µm] B3 Rouge [0.53-0.59 µm] B4 Proche-infrarouge [0.76- 0.90 µm] B5 Moyen-infrarouge-1[1.55- 1.75 µm] B6 Infrarouge thermique [2.08- 2.35 µm] B7 court infrarouge [2.11-2.29 µm] B8 panchromatique [0.50-0.68 µm] B9 Cirrus [1.360 – 1.390 µm]	15m
<b>Sentinel</b>	05-08-2018	B1- Bleu [0.44 µm] B2 Vert [0.49 µm] B3 Rouge [0.5 µm] B4 Proche-infrarouge [0.76- 0.90 µm]	10m
<b>Sentinel</b>	06-08-2018	B1- Bleu [0.44 µm] B2 Vert [0.49 µm] B3 Rouge [0.5 µm] B4 Proche-infrarouge [0.76- 0.90 µm]	10m
<b>Sentinel</b>	05-10-2018	B1- Bleu [0.44 µm] B2 Vert [0.49 µm] B3 Rouge [0.5 µm] B4 Proche-infrarouge [0.76- 0.90 µm]	10m

Tableau 1: Récapitulatif des informations sur les images utilisées pour l'étude

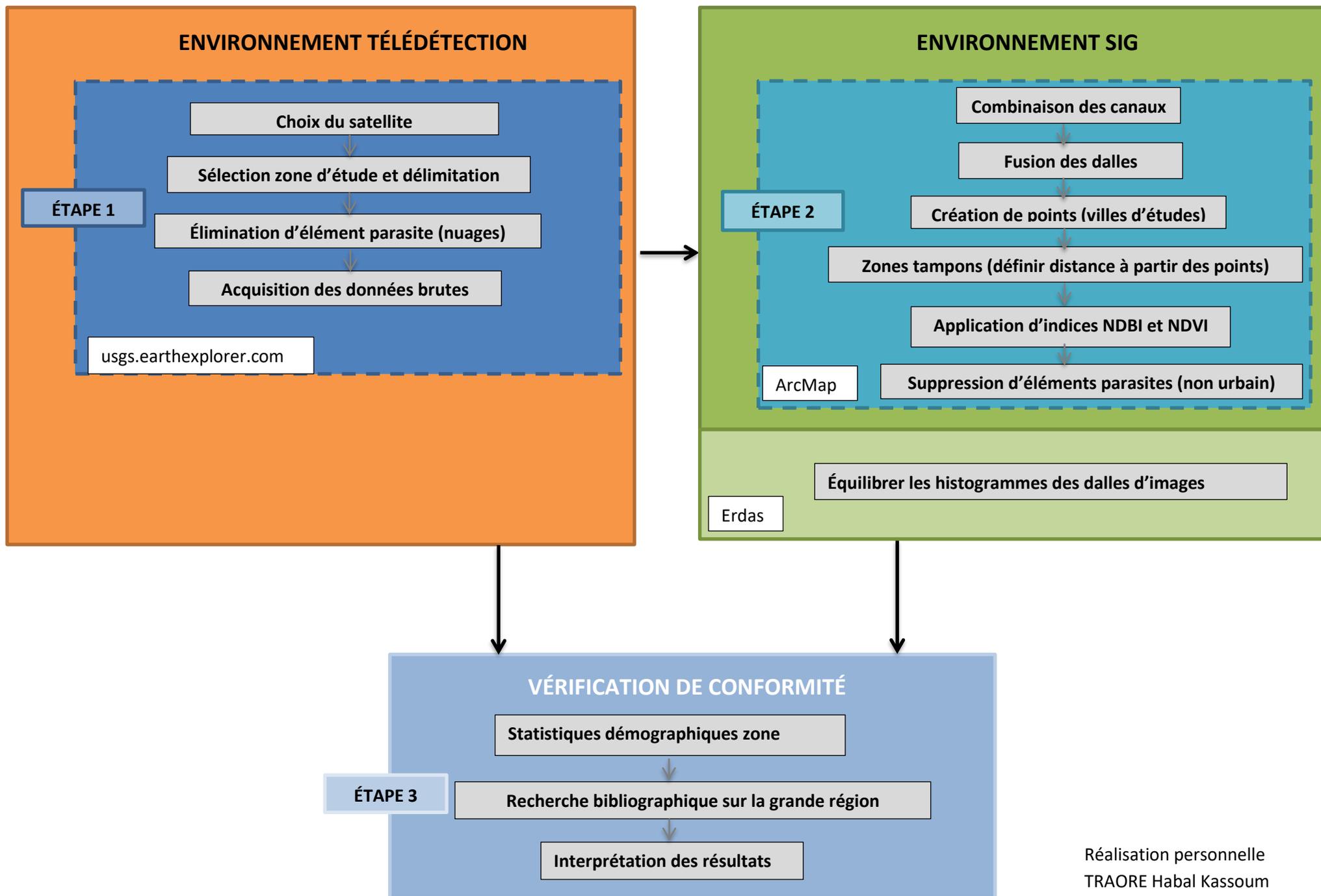
### **1.2-1- L'environnement Système d'Information Géographique (SIG)**

Un système d'information géographique le plus souvent dénommé SIG regroupe l'ensemble des logiciels qui permettent l'analyse et la représentation des événements qui se produisent sur terre ainsi que leurs représentations. Les SIG interviennent dans les domaines relatifs à la démographie, à l'environnement et même à la santé. Les images extraites des satellites sont traitées dans l'application SIG et sont utiles pour les approches de représentation de l'espace et d'aide à la décision. La possibilité de passer du raster au vecteur transforme l'image en source d'information et offre un vaste champ de compétence à la discipline (Christiane Weber, 1995). De ce fait, les SIG permettent de faire un inventaire des lieux où ils n'existent aucune information, de surcroit de faire une mise à jour des données déjà existantes.

Il existe une relation d'interdépendance entre les SIG et la télédétection. Ainsi, cette corrélation entre ces deux disciplines « se conçoit dans les deux sens, il y a un enrichissement des SIG par l'imagerie et inversement possibilité accrue d'extraction issue de l'imagerie par son intégration dans les SIG » (Marc Robin, 2010).

Dans le cadre de ce stage, l'utilisation de deux logiciels SIG a été très indispensable dans l'analyse des images satellitaire.

PROCÉDURE DE RECHERCHE DE DONNÉES EFFECTUÉE DURANT LE STAGE (DE L'ACQUISITION DES IMAGES À L'INTERPRÉTATION)



Réalisation personnelle  
TRAORE Habal Kassoum

Figure 6: PROCÉDURE DE RECHERCHE DE DONNÉES EFFECTUÉE DURANT LE STAGE (DE L'ACQUISITION DES IMAGES À L'INTERPRÉTATION)

### 1.2-1-1. L'utilisation du logiciel Arcmap (version 10.5.1)

Issu de la société ESRI, le logiciel Arcmap est un logiciel intégré dans le logiciel Arcgis. Le laboratoire Loterr a acquis les droits dudit logiciel payant, indispensable pour l'analyse des images satellitaires. Ce Logiciel pour lequel l'ensemble de la promotion du master urbanisme a reçu une formation, est indispensable dans l'analyse des images satellites. Il a été utile dans le traitement des images après acquisition par le satellite, dans la mesure où il dispose d'algorithmes permettant la discrimination de zones dans la carte.

### 1.2-1-2. L'utilisation du logiciel Erdas imagine version 2015 (version 11.0.2)

Complémentaire au logiciel Arcmap, le logiciel Erdas a permis premièrement de faire la combinaison de canaux issus des images provenant des satellites Sentinel et Landsat. Ensuite ce logiciel permet de faire une correction des images après la fusion des dalles, grâce à l'outil « Histogramme » (faire la correction, la balance des couleurs).

## 1.3- Méthodes utilisées

L'exploitation des images issues des satellites Landsat et Sentinel a été possible grâce à l'application d'une certaine procédure. La figure ci-dessous synthétise la méthode utilisée de l'acquisition des données brutes à la classification des néocanaux.

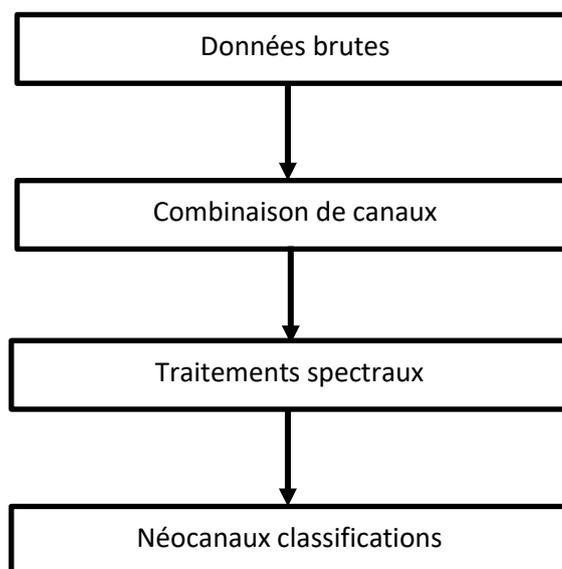


Figure 7: Procédure de traitement de l'image Landsat (de l'acquisition au traitement)

### **1.3-1- L'utilisation du satellite Landsat**

Satellite conçu par l'agence spatiale Américaine (NASA) le satellite Landsat s'inscrit dans un programme d'observation de la terre depuis le milieu des années 1970. Ce satellite évolue à moyenne altitude (705km) sur des orbites polaires et quasi circulaires qui sont caractérisées par une inclinaison de  $98,21^\circ$ , « en 103mn, soit 14 jours de la terre en une journée, avec une bande observée de 92,5km de part et d'autre sur la trace au sol » (Françoise Dureau, 1995). La quasi-totalité du globe terrestre est couverte en 18 jours.

Il y a aujourd'hui 6 déclinaisons des satellites Landsat qui ont été lancés au fil du temps. Les 3 premiers satellites sont équipés de scanner. Ces satellites perfectionnés au fil du temps partent du Landsat 1 lancé en 1972 au plus récent le Landsat 8 en 2013.

Les premiers essais lors de ces analyses ont débuté avec les images provenant de ce satellite. Les images téléchargées ont été sélectionnées en respectant certains paramètres, comme la saisonnalité (présence de nuages) et la qualité de l'image. De plus, les images satellites date de la saison d'été, parce cette saison laisse paraître moins de couches nuageuses et il y a une couverture végétale optimale, donc propice à une bonne observation terrestre.

Cependant, durant l'utilisation d'images provenant de ce satellite, il s'est avéré lors des analyses que ce satellite n'offre pas une bonne résolution d'image. En effet, il est indispensable pour l'extraction des zones urbaines d'utiliser des satellites offrant une meilleure qualité d'image. Dans le cas échéant, lors de la discrimination des éléments terrestres recouvrant la zone d'étude, champs agricoles et tissu urbain étaient confondus (Cf. Annexe p.35-37). Ces erreurs se percevaient surtout avec les images provenant de la génération du satellite Landsat (4 et 5) lancé entre 1982 et 1984.

Ayant eu les résultats moyennement acceptables avec le satellite Landsat, la suite des recherches s'est déroulée par le biais du satellite Sentinel.

### 1.3-2- L'utilisation du satellite Sentinel

Faisant partie du programme Copernicus de l'UE, les satellites Sentinel sont destinés à remplacer le satellite ENVISAT. Le premier satellite Sentinel fut lancé le 3 avril 2014, depuis la station aérospatiale de Kourou en Guyane. Il s'agit du satellite Sentinel 1A. Depuis ce premier lancement, d'autres gammes du satellite ont vu le jour, ils partent du (Sentinel 1 au 6).

Les satellites Sentinel, utilisés dans cette étude sont dotés d'une bonne résolution d'images. Concernant celui utilisé dans cette étude, il s'agit du Sentinel 2. Ce satellite étant doté de capteurs idéalement résolus est propice aux études urbaines et à l'extraction d'échantillons (Bâti, sols nus, et végétation).

Tableau 3 Capteurs optiques à haute résolution

Nom du capteur	Année de lancement	Résolution du capteur	Nombres de bandes spectrales	Fauchée (km)
Landsat 5	1985	30 m	7	180
Landsat 7	1999	15m en panchromatique et 30m en multispectral	8	180
Landsat 8	2013	10m	11	
Spot 1, 2, 3 et 4	1985 (Spot 1)	5m, 10m en panchromatique et 20m en multispectral	3	60
Sentinel 2 A	2015	10 m	4	786
Sentinel 2 B	2017	5 m	4	786

Source : Apport des images satellites dans l'analyse comparée des espaces périurbains des métropoles du Sud-ouest européen, Pierre ALBERT, 2007, P120 ; Eduscol.education.fr les satellites SPOT

### 1.3-3- L'indice de brillance (NDBI) et l'indice de végétation normalisé (NDVI)

Dans le but de mieux faire apparaître les traits de tissu urbain, l'utilisation des indices NDVI et NDBI a été nécessairement utile dans la mesure où ces indices permettent des transformations

multispectrales. Ces indices permettent « de convertir les luminances<sup>3</sup> mesurées au niveau du capteur satellitaire en grandeurs ayant une signification dans le domaine de l'environnement » (ENVCAL, 2008).

Les indices permettent de décrire l'état d'un Phénomène. L'indice normalisé de végétation par exemple permet de se rendre compte de l'état de santé d'une plante, tandis que l'indice de brillance fait ressortir le caractère bâti d'une ville.

Les canaux utilisés pour les calculs et donc l'extraction du bâti dépendent des satellites utilisés. Ainsi, pour chaque type de satellite les canaux diffèrent.

$$\text{NDBI} = (\text{SWIR} - \text{NIR}) / (\text{SWIR} + \text{NIR})$$

$$\text{For Landsat 7 data, NDBI} = (\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4})$$

$$\text{For Landsat 8 data, NDBI} = (\text{Band 6} - \text{Band 5}) / (\text{Band 6} + \text{Band 5})$$

#### **Indices spécifiques SPOT 4**

#### **Indice de brillance**

$$IB = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n KI_i^2}}{n}$$

Zha et al. (2003)

### **1.3-3-1. L'indice de Brillance (NDBI)**

L'indice de brillance tire parti des caractéristiques spectrales uniques des zones bâties. Cet indice est utilisé pour automatiser le processus de cartographie par le biais de la méthode d'Otsu<sup>4</sup>. Le calcul du NDBI se fait en utilisant la bande proche infrarouge (NIR) et la bande infrarouge à onde courte (SWIR). Dans cette étude, les pixels ont été extraits via la méthode d'Otsu, donc du NDBI. L'extraction du bâti par cette méthode se fait par deux types de calcul.

### **1.3-3-2. L'indice Normalisé de végétation (NDVI)**

Les images utilisées dans le cadre de ces recherches sont des images qui proviennent du satellite Landsat et Sentinel. Ces images ont été effectuées en grande partie par le logiciel SIG Arcmap. Le NDVI permet à l'opposé du NDBI qui se centre sur le bâti, de rehausser, ainsi mettre en valeur le caractère de végétation d'une image satellite. Le logiciel Arcmap dispose d'un outil intégré permettant facilement d'effectuer les calculs NDVI nécessaires (cf. annexe, page 45).

<sup>3</sup> « Quantité énergétique émise ou réfléchiée par unité de surface à une longueur d'onde donnée, par angle solide et en un temps donné. Unité de mesure : watt/m<sup>2</sup>/stéradian/ micromètre » (Marc Robin, 1998)

<sup>4</sup> La méthode d'Otsu permet un seuil automatique suivant la forme d'un histogramme divisé en deux classes d'images à niveaux de gris (la binarisation).

La méthode utilisée pour l'extraction des zones bâties du Satellite Landsat

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$$

For Landsat 7 data,  $\text{NDVI} = (\text{Band 4} - \text{Band 3}) / (\text{Band 4} + \text{Band 3})$

For Landsat 8 data,  $\text{NDVI} = (\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4})$

(Zha et al. 2003, Zhang et al. 2005)

Néanmoins, le choix de la valeur NDVI ainsi que son utilisation pour une seule date n'est pas suffisante pour espérer s'affranchir des parcelles non cultivées ou non végétalisées dont regorge la zone d'étude. La technique utilisée a été de choisir différentes images issues du satellite Sentinel 2 sur différentes dates (08 mai 2018, 06 août 2018, 05 octobre 2018) pour espérer avoir au moins une date ayant peu de parcelles cultivées. En somme, cette technique a permis d'avoir trois néo-canaux pour l'année 2018 (*indice de tassement*). Après groupement de ces néo-canaux qui ont favorisé le rehaussement de l'urbain grâce à l'*outil combiner* dans Arcmap, l'utilisation de méthodes de classification a été appliquée par la suite.

#### **1.4- L'utilisation de l'image raster sous formes de points**

Durant ces recherches, le recours à diverses techniques et méthodes en vue d'atteindre les objectifs a été nécessaire. Les différents indices de végétations NDVI et NDBI utilisés dans le cadre de ces recherches ne suffisent pas en effet à elles seules à pouvoir obtenir les résultats escomptés. L'extraction des zones urbaines à partir de ce seul indice laissait paraître, quel que soient les périodes choisies des éléments non urbanisés (Forêts et parcelles agricoles).

Dans l'optique de s'affranchir de ces éléments, il a été nécessaire après la combinaison à diverses périodes des indices de végétations, de les fusionner et de les convertir sous forme de point (cf. page 48).

Cette méthode, bien que fastidieuse, s'avère intéressante dans la mesure où elle permettra d'éliminer de façon manuelle tous les éléments ne faisant pas partie des zones bâties.

Néanmoins, le recours à cette technique nécessite d'énormes moyens techniques et de patience. Son application, fortement consommatrice en mémoire virtuelle, laissait apparaître de nombreux bugs informatiques, bien que l'ordinateur utilisé avait une excellente configuration.

Aussi, faire preuve d'attention et de minutie dans l'élimination des zones parasites, reste de rigueur afin d'atteindre des résultats satisfaisants.

À l'issue de l'utilisation de cette technique à diverses périodes, la comptabilisation des pixels, et leurs conversions en pourcentage, permettra de déterminer la surface totale urbanisée.

## **1.5- Les méthodes de classifications**

Les méthodes de classifications ont pour but d'assigner une valeur à des pixels appartenant à la même classe. Ces méthodes sont le plus souvent utilisées sur des images satellites haute résolution (HR) ou très haute résolution (THR) dans un milieu urbain. Pour que cette méthode fonctionne, il est indispensable que les images soient composées de plusieurs bandes spectrales.

La méthode de classification utilisée ici a été faite par le biais de la fusion de 3 canaux NDVI (*cf. annexe page 45*) issue du satellite sentinel de 2018. La méthode classification utilisée dans le cas échéant est la classification non-supervisée (*Cf. page 30*), fait avec une catégorisation de vingt classes (*cf. page 46*). Après la classification non assistée se fait une reclassification, en mettant en (no-data) les informations non urbaines.

**NB :** La reclassification se fait par le biais de la calculatrice raster disponible dans la ArcToolBox du logiciel ArcMap (*Cf : page 46*).

### **1.5-1- La classification supervisée**

Dans une classification supervisée, il est vivement recommandé de connaître la zone d'étude, dans le but de créer des classes thématiques à partir de « zones d'entraînements » (Anne Puissant, 2003). À partir de ces zones d'entraînements sont extraites des signatures spectrales. Ces signatures spectrales représenteront chacune des entités propres au terrain d'étude.

### **1.5-2- La classification non supervisée**

Contrairement à la méthode de classification supervisée, la connaissance de la zone d'étude n'est pas indispensable lors de la classification non supervisée. Le logiciel par un algorithme, classe de manière automatique les différentes zones dont se compose notre champ d'études. Le classement est donc effectué sur « un critère de ressemblance spatiale » (Anne Puissant, 2003).

D'une manière générale, ces différentes méthodes de classifications ont chacune leurs avantages et inconvénients. Les méthodes de classifications non supervisées s'avèrent après de nombreux essais effectués moins fastidieuses que les classifications supervisées. Les classifications supervisées à contrario, nécessitent une très bonne connaissance du terrain. De plus lorsque le champ d'étude est vaste comme dans le cas de cette étude, de nombreux éléments parasites (champs, nuages) apparaissent sur l'image et ne facilitent pas la discrimination.

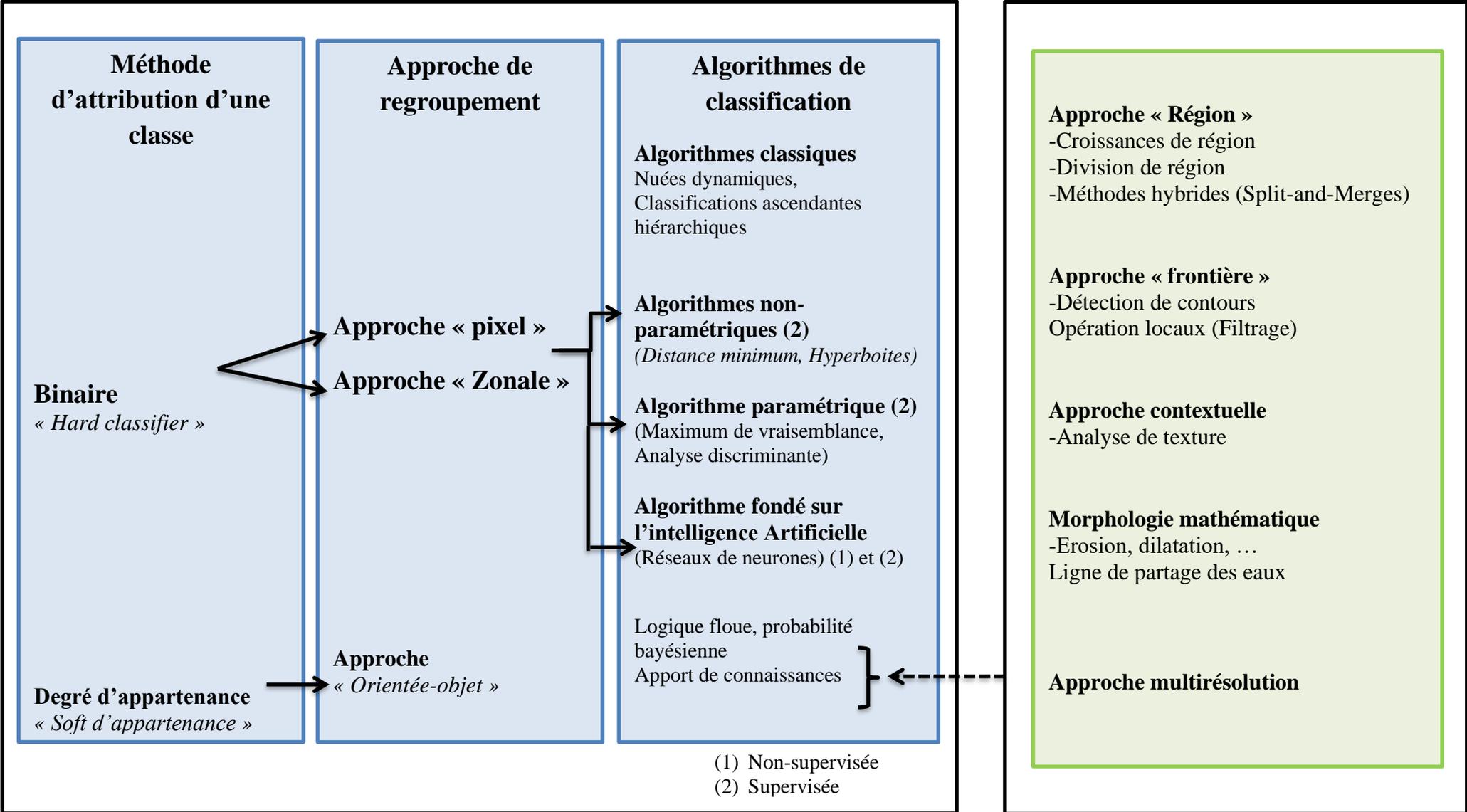
Certains auteurs à l'image de (Bonn et Rochon, 2001) affirment que les méthodes de classification supervisées sont meilleures et donnent de meilleurs résultats que les méthodes non supervisées. Cependant, dans cette étude, les méthodes de classification non supervisée ont montré des résultats plus satisfaisants. Néanmoins, partant de ces deux versions, il semble que le périmètre d'étude est un paramètre important dans le choix de la méthode.

S'agissant de l'extraction de manière automatique du bâti, deux méthodes peuvent être utilisées pour les images HR. Il y a les méthodes de classifications, qui consistent à assigner des pixels d'appartenance à une même classe (Les plus utilisés pour l'urbain), et les méthodes de segmentations, qui sont des méthodes de classification en un ensemble de méthode homogène. Selon le type, différents types d'algorithmes peuvent être utilisés par le logiciel pour classer les résultats « ces algorithmes peuvent être distingués en deux catégories selon la méthode utilisée dans l'attribution d'une classe » (Anne Puissant, 2003).

Méthode Automatique d'extraction de l'information urbaine à partir d'images satellites

Réalisation personnelle

CLASSIFICATION ← → SEGMENTATION



## **II- ÉVOLUTION DIACHRONIQUE**

### **2.1- Le suivi de l'évolution urbaine par la méthode de télédétection**

Le suivi de l'étalement urbain nécessite une certaine procédure, ainsi que le choix d'un type déterminé de satellite doté de capteurs spécifiques. Hormis ces méthodes traditionnelles utilisées pour les études urbaines, il existe cependant d'autres méthodes de plus en plus utilisées.

#### **2.1-1. De l'utilisation des relevés sur terrain aux satellites**

Il existe différentes méthodes d'évaluation de l'évolution urbaine, mais ces méthodes s'avèrent très onéreuses et consommatrice en temps. De plus, étant basés sur l'observation directe sur terrain, les images issues de prises de vue aérienne ainsi que le rassemblement d'éléments historiques (cartes historiques) ne couvrent qu'une petite échelle. « Cette approche privilégie les réalités d'échelle locale ou régionale, de ce fait néglige un certain nombre des enseignements de Vidal de la Blache » (Paul clavaal, 2013). En plus de ces éléments se pose une question de mise à jour des données. L'avènement des satellites, et leurs méthodes de prise continue d'images à grande échelle apportent un vent nouveau dans l'élaboration des cartes. Néanmoins, le choix du capteur et du satellite s'avère indispensable.

### **2.2- Le choix du capteur**

L'utilisation d'un type spécifique de satellite parmi la grande diversité de satellite qui existe dépend des besoins et de l'application que l'on veut en faire. Pour les études portant sur les espaces périurbains, les résolutions des satellites dits de moyennes ou de haute résolution spatiales (Landsat, Landsat ETM+, SPOT1-4 et SENTINEL) s'avèrent mieux adaptées. En effet, « les résolutions provenant des capteurs dits décimétriques de ces satellites sont adaptées aux espaces périurbains où les parcelles sont plus vastes et les constructions sont moins enchevêtrées qu'en ville » (Rahim Aguejdad, 2009).

## **2.3- D'autres méthodes de suivi de l'étalement urbain**

Avec l'avancée technologique, d'autres méthodes qui permettent le suivi et la caractérisation de l'évolution du tissu urbain ont émergées. Ainsi, hormis l'analyse de l'imagerie satellitaire qui subsiste depuis l'avènement des satellites et l'émergence de capteurs à très haute résolution (THR)<sup>5</sup>, il existe diverses méthodes. Ces méthodes sont entres-autres l'utilisation d'appareils télécommandés depuis le sol, plus communément connu sous le nom de drones ou encore des capteurs embarqués dans des aéronefs. Ces équipements (avions, montgolfières, drones) sont généralement équipés d'appareils photographiques à très hautes résolutions qui s'avèrent être des outils très efficaces pour déterminer l'étalement urbain. En revanche, ces équipements montrent des limites lorsqu'il s'agit d'étudier de vastes territoires, car contrairement aux satellites, ils couvrent un faible champ d'études.

### **2.3-1. Cas de la sortie d'étude dans la commune de Piblangue**

Le Laboratoire Loterr a fait l'acquisition de deux drones de dernière génération, ainsi que plusieurs logiciels payants (Erdas, Arcrmap...) Permettant l'exploitation des images provenant de ces appareils sophistiqués. Ces drones sont dotés de capteurs à haute résolution (4k ultra HD) permettant une prise d'image en continu et en toute autonomie après programmation.

Dans le but de m'enquérir de la possibilité de l'utilisation de ces images dans le cadre de cette étude, une sortie sur terrain a été effectuée dans la commune de Piblangue. Lors de cette sortie avec un chercheur du laboratoire Lotter, responsable de l'appareil, j'ai pu découvrir le fonctionnement de l'appareil. Aussi, bénéficier de nombreuses informations sur les procédures administratives et les différents règlements autour de l'exploitation de l'appareil.

En effet, l'utilisation de ce genre d'appareil doit respecter certaines normes juridiques comme l'interdiction de survoler les zones urbaines et différents sites sensibles (Centrale nucléaire, bases militaires, aérodrome). Il faut donc l'approbation d'autorités compétentes (Police, gendarmerie, autorités communales) et être en possession de certificats permettant son bon usage « En cas d'utilisation d'un drone à des fins professionnelles, l'exploitant doit obtenir les autorisations nécessaires au titre de l'activité aérienne » (Article L.6214-2 du Code des transports).

---

<sup>5</sup> Résolution des capteurs (THR) (Drones Lotter).

En ce qui concerne l'utilisation de l'appareil dans le cadre de ces études, il s'est avéré que la réglementation Française impose une restriction concernant la hauteur maximale des drones. De ce fait, les drones ne peuvent aller au-delà des 150 m de hauteur par rapport à leurs points de décollage.

Lors de cette sortie terrain, un test a été effectué sur une zone de 150m<sup>2</sup>. Durant cet essai qui a duré deux heures, toutes les batteries de l'appareil ont été utilisées (4 au total). L'étude de l'étalement urbain nécessite une couverture visuelle à grande échelle, l'utilisation de drone dans le cas échéant s'avère donc complexe.

### **III- L'ÉVOLUTION URBAINE DANS LA GRANDE RÉGION**

#### **3.1- Les effets induits de l'étalement urbain**

Le phénomène d'étalement urbain ne se déroule aujourd'hui sans son lot d'impacts. Ce Phénomène s'avère d'autant plus inquiétant qu'il se répercute tant sur le plan économique, social, qu'environnemental et cela implique des coûts financiers non négligeables.

##### **3.1.1- Sur le développement durable.**

L'étalement urbain cause un réel problème dans la mesure où les constructions nouvelles résultant de ce Phénomène empiètent sur les espaces agricoles dans les territoires périurbains. Cette poussée urbaine impacte surtout au niveau économique, environnemental, et sur la biodiversité. L'ampleur de l'étalement urbain en Europe est telle que « les projections démographiques prévoient qu'à l'horizon 2020, plus de 80 % des Européens vivront dans des espaces urbains » (Agence Européenne pour l'environnement, 2006). De plus ce Phénomène pourrait mettre à mal le devenir de certains espaces agricoles et paysagers, ou encore augmenter les émissions en Co2 dû à l'éloignement des distances résultant de ce Phénomène.

##### **3.1.2- Les couts liés à l'étalement urbain.**

Les types de constructions observés dans les zones excentrés en France notamment sont de types pavillonnaires. Ces constructions empiètent très souvent sur les zones destinées à

l'agriculture ou à l'élevage, ce qui peut représenter un manque à gagner souvent dans des communes.

L'étalement urbain rime très souvent avec l'allongement des distances, donc des réseaux sanitaires, téléphoniques et voies de circulations. Hormis ceux cités plus haut, ces impacts qui sont de nombreux ordres peuvent être synthétisés dans le tableau ci-dessous.

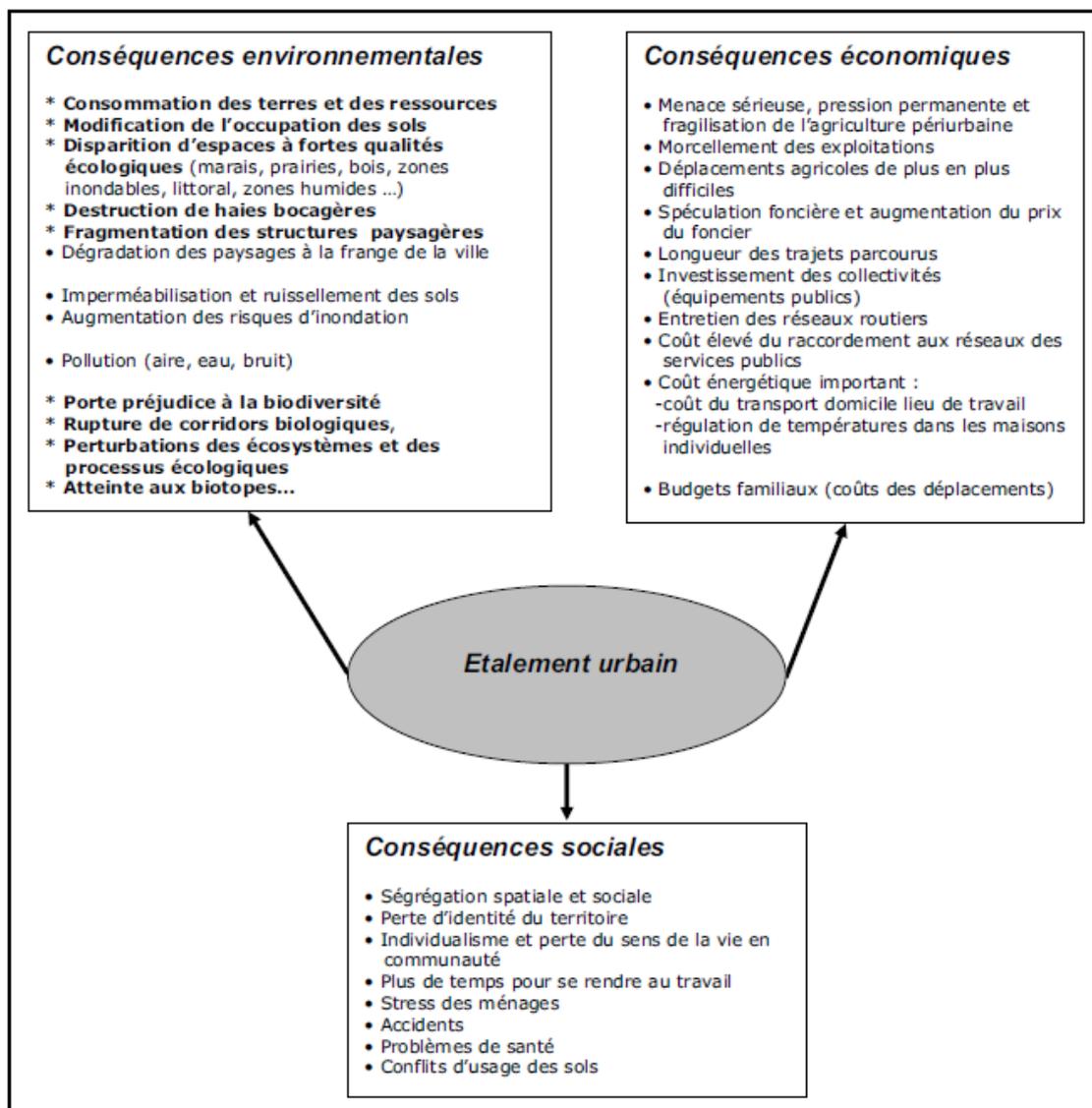


Figure 8: Conséquences de l'étalement urbain (Source : Agence Européenne de l'Environnement, 2006)

## **CONCLUSION GÉNÉRALE.**

Lors de ce stage, la mission consistait à mesurer l'étalement urbain par la technique de télédétection à partir d'images satellitaires. Afin d'atteindre cet objectif, il a été nécessaire d'utiliser plusieurs images satellites sur différentes dates et des indices permettant d'extraire le bâti de ces images. Le choix du satellite, ainsi que du capteur s'avère très déterminant dans l'obtention de résultats pertinents, surtout dans les études urbaines. Les capteurs HR et THR, sont vivement recommandés.

S'agissant de l'évolution urbaine dans la Grande Région, région en perpétuelle mutation, les données offertes par les offices statistiques de chaque région (STAEC, INSEE, DESTATIS, STATBEL) démontrent une croissance. Cette croissance démographique corrélée aux données issues des images satellitaires, démontrent l'évolution urbaine.

D'un point de vue personnel, cette expérience au sein du laboratoire a permis de renforcer mes compétences et de me perfectionner en matière de système d'information géographique (SIG). Il serait intéressant dans de futures recherches de transposer ces recherches effectuées sur ce thème au territoire Ivoirien. Ce territoire souffre actuellement d'une forte croissance démographique due à une forte vague de migrants venant des pays frontaliers (Dabié Désiré, 2012). Cette poussée démographique a pour impact une urbanisation mal contrôlée dont les effets se répercutent non seulement sur la population, mais aussi sur l'environnement.

## BIBLIOGRAPHIE

### Téledétection :

Aguejdad, Rahim, et Laurence Hubert-Moy. « Suivi de l'artificialisation du territoire en milieu urbain par télédétection et à l'aide de métriques paysagères. Application à une agglomération de taille moyenne, Rennes Métropole ». *Cybergeo*, 21 janvier 2016. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.27465>.

Canada, Ressources naturelles. « La télédétection pour améliorer la compréhension de l'urbanisation du Canada », 24 novembre 2010. <https://www.rncan.gc.ca/sciences-terre/geomatique/imagerie-satellitaire-photos-aeriennes/capteurs-methodes/visible-infrarouge/outil-developpement-technique/9722>

Demaze, Moise Tsayem. « Un panorama de la télédétection de l'étalement urbain », s. d., 26.

Dureau, Françoise, et ed. « Dossier sur la télédétection urbaine à l'ORSTOM », s. d., 141.

Dureau, Françoise, ed., C Weber, et ed. « Télédétection et systèmes d'information urbains », s. d., 408.

Donnay Collet, C. Weber « La télédétection à l'aube de la très haute résolution spatiale ». Consulté le 1 juin 2019. [https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/142436/1/Donnay\\_Collet\\_Weber.pdf](https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/142436/1/Donnay_Collet_Weber.pdf).

« Extraction of High-Precision Urban Impervious Surfaces from Sentinel-2 Multispectral Imagery via Modified Linear Spectral Mixture Analysis ». Consulté le 14 juin 2019. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6165222/>.

Lhomme, Stéphane. « Identification du bâti à partir d'images satellitaires à très hautes résolutions spatiales ». Thesis, Strasbourg 1, 2005. <http://www.theses.fr/2005STR1GE10>.

« L'utilisation de drone à usage professionnel. Par Franck Delamer, Katia Pouilly-Riou CPI et Aleksandra Thélot, Juriste. » Village de la Justice. Consulté le 19 juin 2019. <https://www.village-justice.com/articles/utilisation-drone-usage-professionnel.29571.html>.

Marc Robin. *La Télédétection*. Nathan. FAC, géographie. France, 1998.

Puissant, Anne, et Christiane Weber. « Les images à très haute résolution, une source d'information géographique en milieu urbain » *LEspace géographique* tome 32, n° 4 (2003): 345-56.

« Télédétection - Hypergéométrie ». Consulté le 4 juin 2019. <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article346>.

Weber Christiane. *Images satellitaires et milieu urbain*. HERMES. Géomatique. Paris, 1995.

## **Grande région et étalement urbain :**

Centre de Prospective et de Veille Scientifique « Aménagement du territoire en Allemagne », s. d., Mai 1994. [http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0073/Temis-0073518/2001Plus\\_30.pdf](http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0073/Temis-0073518/2001Plus_30.pdf)

Bernard REITEL, Patricia ZANDER, et Jean-Luc PIERMAY. *Villes et frontières*. Collection Villes. Anthropos, 2002.

Bertrand, Nathalie. *Chapitre 23 - L'étalement urbain : enjeux environnementaux et aménagement/planification durable*. Armand Colin, 2009. <https://www.cairn.info/l-europe-amenager-les-territoires--9782200244194-page-363.htm>.

Caesar, Beate, et Karina Pallagst. « Cross-Border Territorial Development – Challenges and Opportunities », s. d., 94. [http://www.uni-gr.eu/sites/tst-uni-gr.univ-lorraine.fr/files/users/borders\\_in\\_perspective\\_unigr-cbs-thematic\\_issue\\_vol.1\\_21.12.18\\_2.pdf](http://www.uni-gr.eu/sites/tst-uni-gr.univ-lorraine.fr/files/users/borders_in_perspective_unigr-cbs-thematic_issue_vol.1_21.12.18_2.pdf)

Capron, Catherine, Thierry Eggerickx, et Jean-Pierre Hermia. « Les nouvelles dynamiques de peuplement dans les zones frontalières en Wallonie ». *Espace, populations, sociétés* 20, n° 1 (2002) : 83-98. <https://doi.org/10.3406/espos.2002.2021>.

« CPDT - Programme de travail, 1999- Thème 7.6- Rapport Final », s. d.

Deshayes, Jean-Luc, Gaëlle Crenn, et Sonja Kmec. *La construction des territoires en Europe : Luxembourg et Grande Région : avis de recherches : [actes des séminaires organisés par la Maison des sciences de l'homme Lorraine en 2008 et 2009]*. Presses universitaires de Nancy, 2010.

Nassa, Dabié Désiré Axel. « Frontières ivoiriennes à l'épreuve des migrations internationales Ouest-africaines », *Migrations Société*, vol. 144, no. 6, 2012, pp. 61-84.

Adly, Hossam, Thomas, Marie-Paule, « Extraurbanisation et pluralisation des modes de vie. La périurbanisation dans les espaces transfrontaliers », 2013 [https://www.researchgate.net/publication/283581219\\_Extraurbanisation\\_et\\_pluralisation\\_des\\_modes\\_de\\_vie\\_La\\_periurbanisation\\_dans\\_les\\_espaces\\_transfrontaliers](https://www.researchgate.net/publication/283581219_Extraurbanisation_et_pluralisation_des_modes_de_vie_La_periurbanisation_dans_les_espaces_transfrontaliers)

Fenet, Raphaëlle. « Politiques urbaines dans l'union européenne : redéfinition des rôles dans un système de gouvernance complexifié », s. d., 130. 5 septembre 2007

Florentin, Daniel, Sylvie Fol, et Hélène Roth. « La “Stadtschrumpfung” ou “rétrécissement urbain” en Allemagne : un champ de recherche émergent ». *Cybergeo : European Journal of Geography*, 26 mars 2009. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.22123>.

Halleux, Jean-Marie, Laurent Brück, et Nicolas Mairy. « La périurbanisation résidentielle en Belgique à la lumière des contextes Suisse et Danois : enracinement, dynamiques centrifuges et régulations collectives ». *Belgeo*, n° 4 (30 décembre 2002) : 333-54. <https://doi.org/10.4000/belgeo.16086>.

MOT (Mission Opérationnelle Transfrontalière) « L'émergence des agglomérations transfrontalières : une dynamique forte », s. d., 39 Septembre 2000

Jean, Yves, Guy Baudelle, Dominique Andrieu, et Ambroise Guellec. *L'Europe : aménager les territoires*. Paris : Armand Colin, 2010.

« L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE EN ALLEMAGNE, Centre de Prospective et de Veille Scientifique, 2001 ». Consulté le 7 juin 2019. [http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0073/Temis-0073518/2001Plus\\_30.pdf](http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0073/Temis-0073518/2001Plus_30.pdf).

*L'Europe - Aménager les territoires*. Consulté le 7 mai 2019. <https://www.cairn.info/l-europe-amenager-les-territoires--9782200244194.htm>.

Lionel, Rougé. « Notion en débat : périurbanisation — Géoconfluences ». Document, 30 mars 2018. <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/a-la-une/notion-a-la-une/notion-a-la-une-periurbanisation>.

Patrick Rérat, « Mobilités et développement transfrontalier » *Géo regards*, n°4 2011 [https://www.academia.edu/1862912/Mobilit%C3%A9s\\_et\\_d%C3%A9veloppement\\_transfrontalier](https://www.academia.edu/1862912/Mobilit%C3%A9s_et_d%C3%A9veloppement_transfrontalier)

Pereira Carneiro Filho, Camilo. « La Grande Région, région transfrontalière européenne ». *Confins*, n° 16 (20 novembre 2012). <https://doi.org/10.4000/confins.7908>.

« Périurbanisation et planification territoriale en Allemagne, Antoine DANET 2010 », s. d.

Tobias Chilla et Christian Schulz, « L'aménagement du territoire au Luxembourg : défis, objectifs et instruments d'une politique émergente », *Revue Géographique de l'Est* [En ligne], vol. 52 / 3-4 | 2012, mis en ligne le 01 juillet 2013, consulté le 16 décembre 2019. URL : <http://journals.openedition.org/rge/3753>

Pouyanne, Guillaume. « Étalement urbain et Ségrégation socio-spatiale. Une revue de la littérature. », 1 février 2006.

Rousseaux, Frédéric. « Une méthode d'analyse pour mesurer l'impact des documents d'urbanisme sur la maîtrise de l'étalement urbain : l'exemple de La Rochelle, France ». *Vertigo*, n° Volume 9 Numéro 2 (23 septembre 2009). <https://doi.org/10.4000/vertigo.8682>.

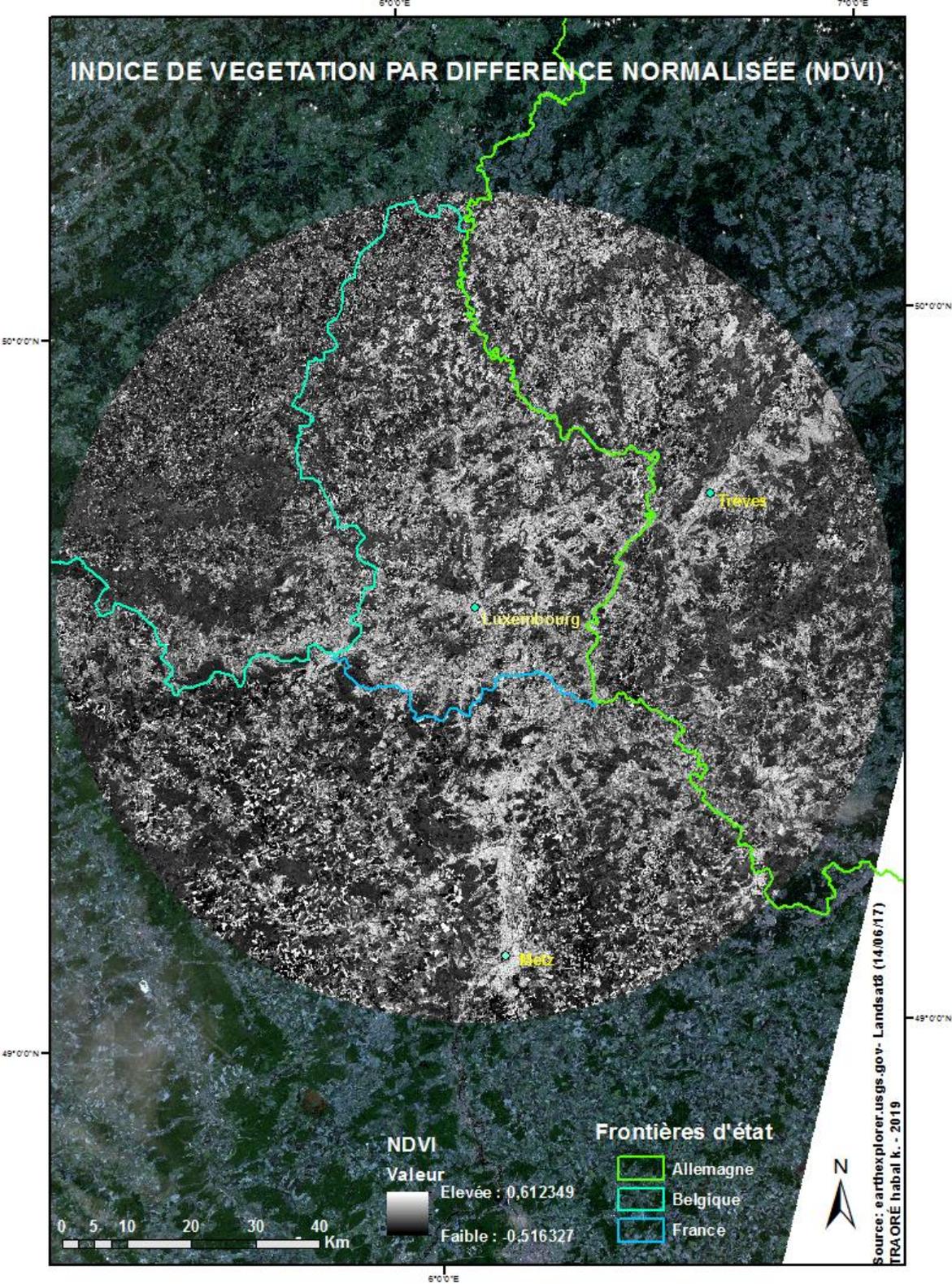
Ruegg, Jean, Joëlle Salomon Cavin, et Richard Quincerot. « L'émiettement urbain, Ville compacte et ville diffuse sont dans le même bateau ». *Cahiers de géographie du Québec* 58, n° 165 (2014): 353. <https://doi.org/10.7202/1033009ar>.

Sebari, Imane, et Denis Morin. « Développement et défis de la télédétection urbaine ». *Cahiers de géographie du Québec* 54, n° 151 (2010) : 117-32. <https://doi.org/10.7202/044369ar>.

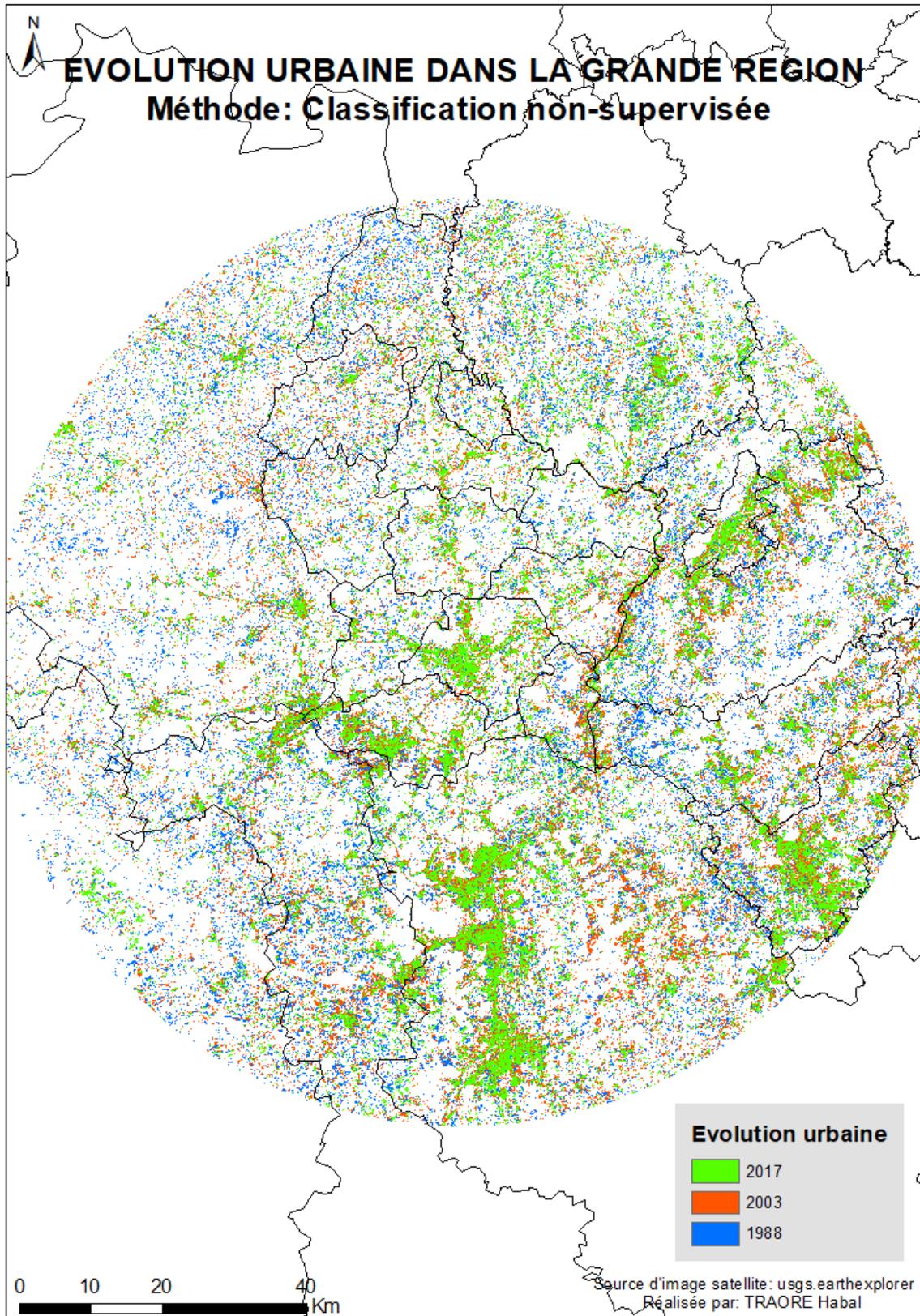
Simard, Martin. « Étalement urbain, empreinte écologique et ville durable. Y a-t-il une solution de rechange à la densification? » *Cahiers de géographie du Québec* 58, n° 165 (2014) : 331. <https://doi.org/10.7202/1033008ar>.

Wießner, Reinhard. « Revue Géographique de l'Est, vol. 41 / 3 | 2010 ». *Revue Géographique de l'Est* 41 (2010) : 17.

ANNEXES



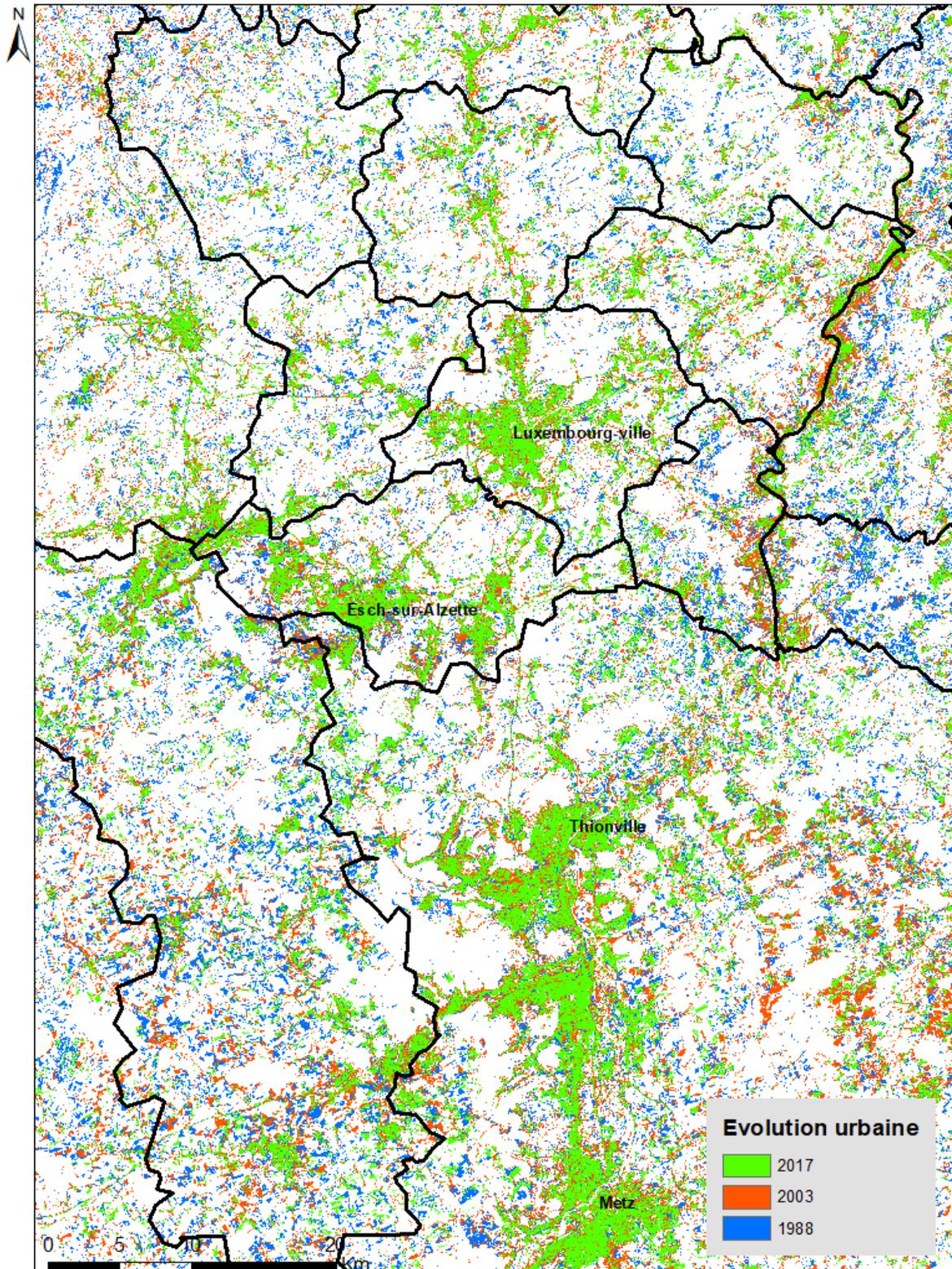
Annexe 1 : Application de l'indice Normalisée de Végétation (NDVI) sur l'image Landsat



Annexe 2: Utilisation de la méthode de classification supervisée sur les images Landsat

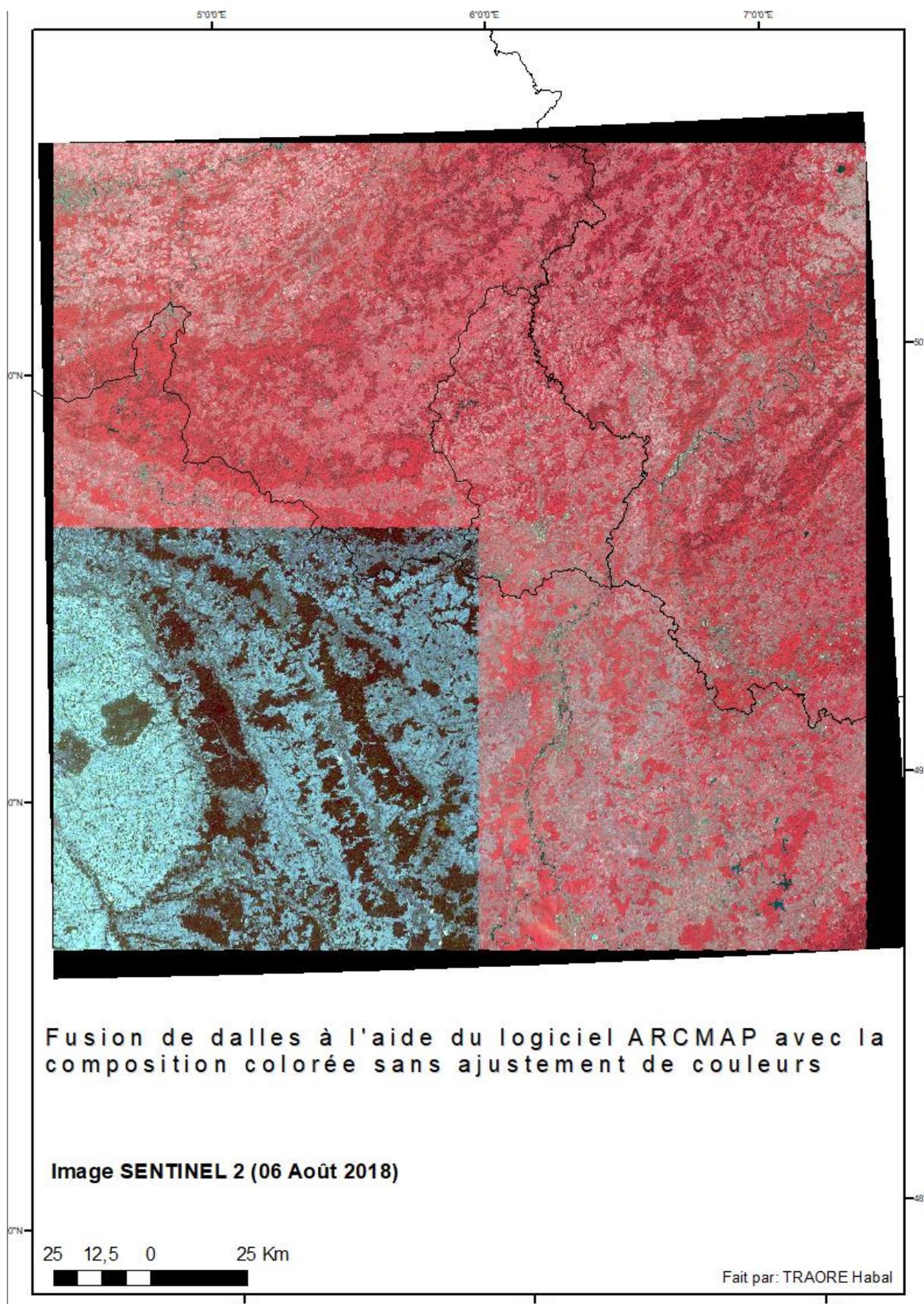
# EVOLUTION URBAINE DANS LA GRANDE REGION

Méthode: Classification non-supervisée



Source d'image satellite: usgs.earthexplorer  
Réalisée par: TRAORE Habal

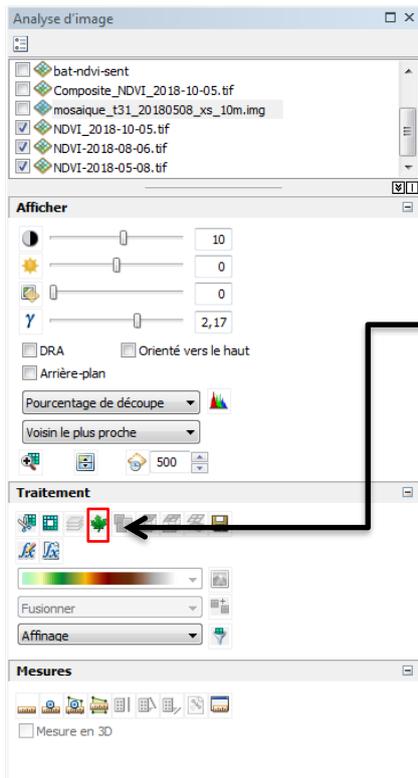
Annexe 3 : Zoom sur la zone d'étude : Utilisation de la méthode de classification supervisée sur les images Landsat



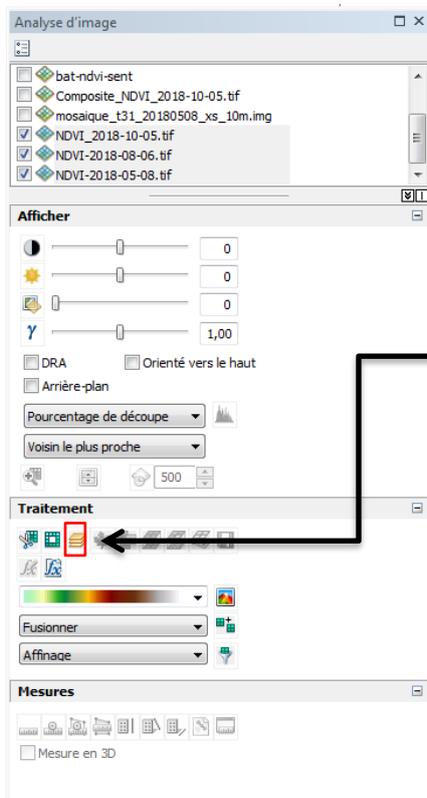
Annexe 4: Illustration de l'utilisation du logiciel ARCMAP, pour l'analyse de la carte



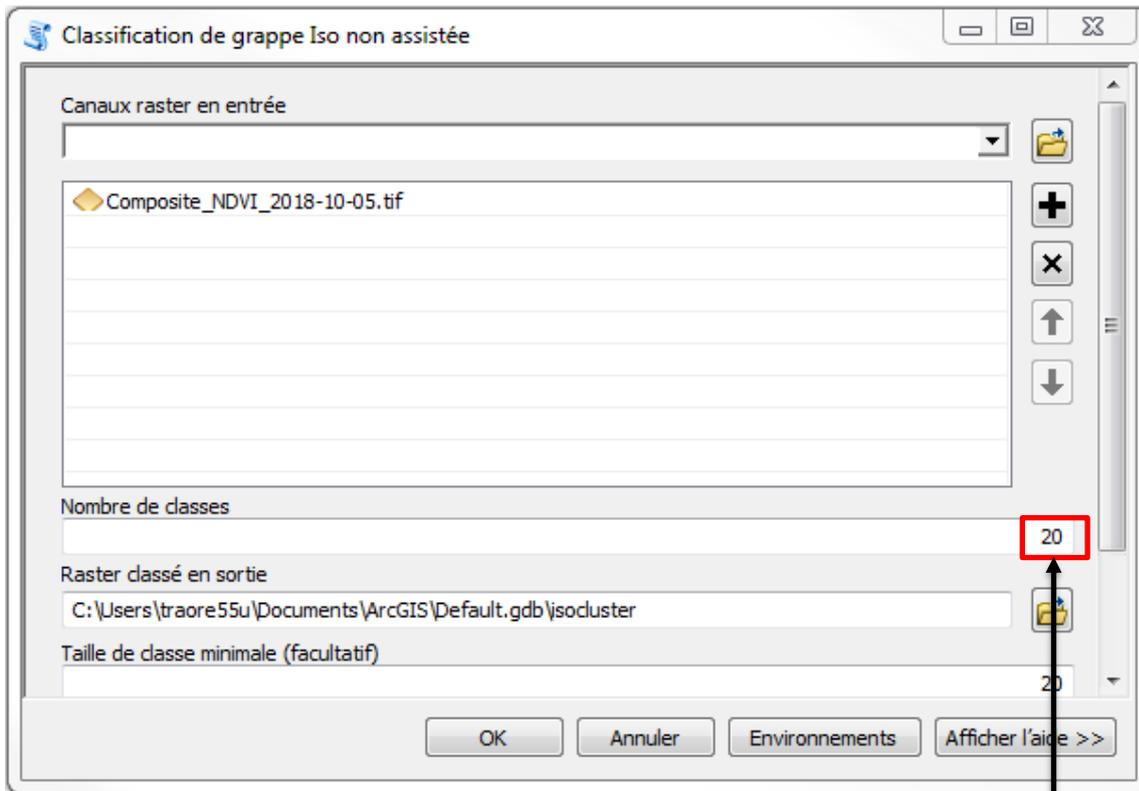
Annexe 5: Illustration du logiciel ERDAS pour l'analyse de la carte



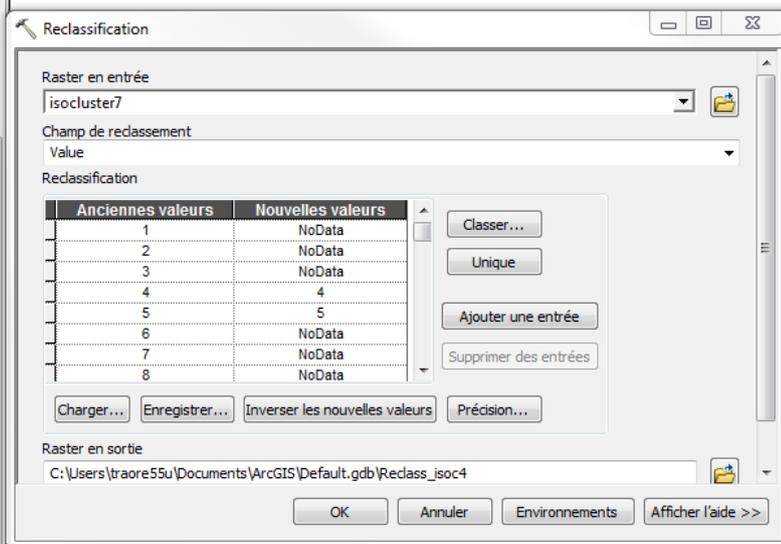
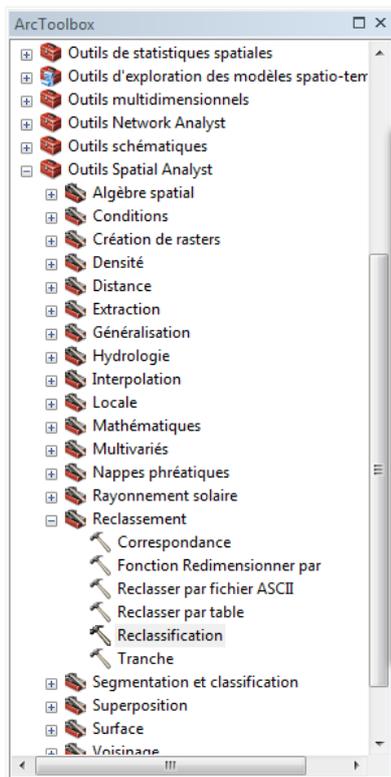
Outil intégré dans le logiciel Arcmap permettant le calcul du NDVI



Outil intégré dans le logiciel Arcmap permettant la fusion des canaux du NDVI

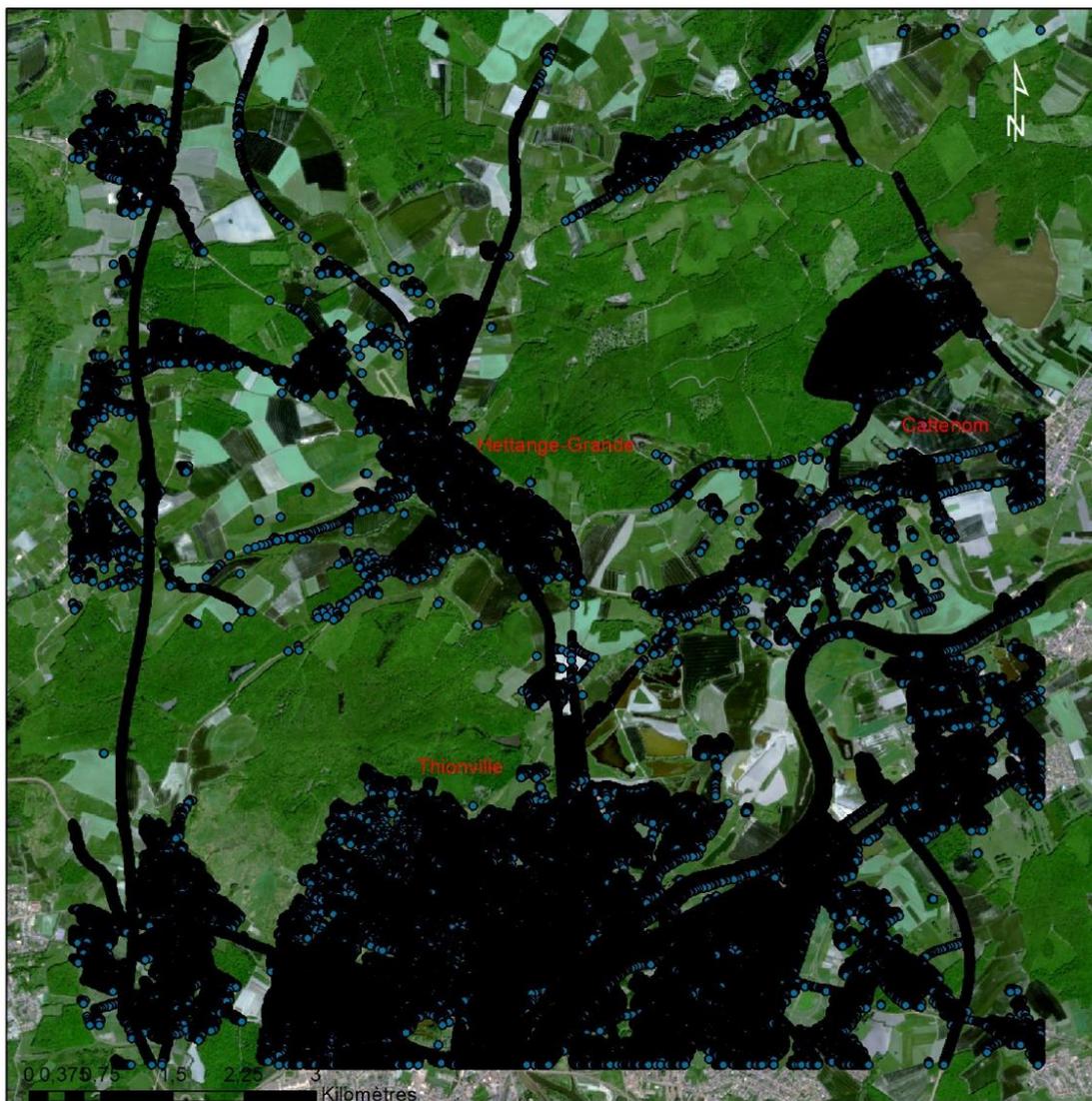


Nombre de classes assignées pour l'extraction des zones urbaine, à l'issu de nombreux essai.

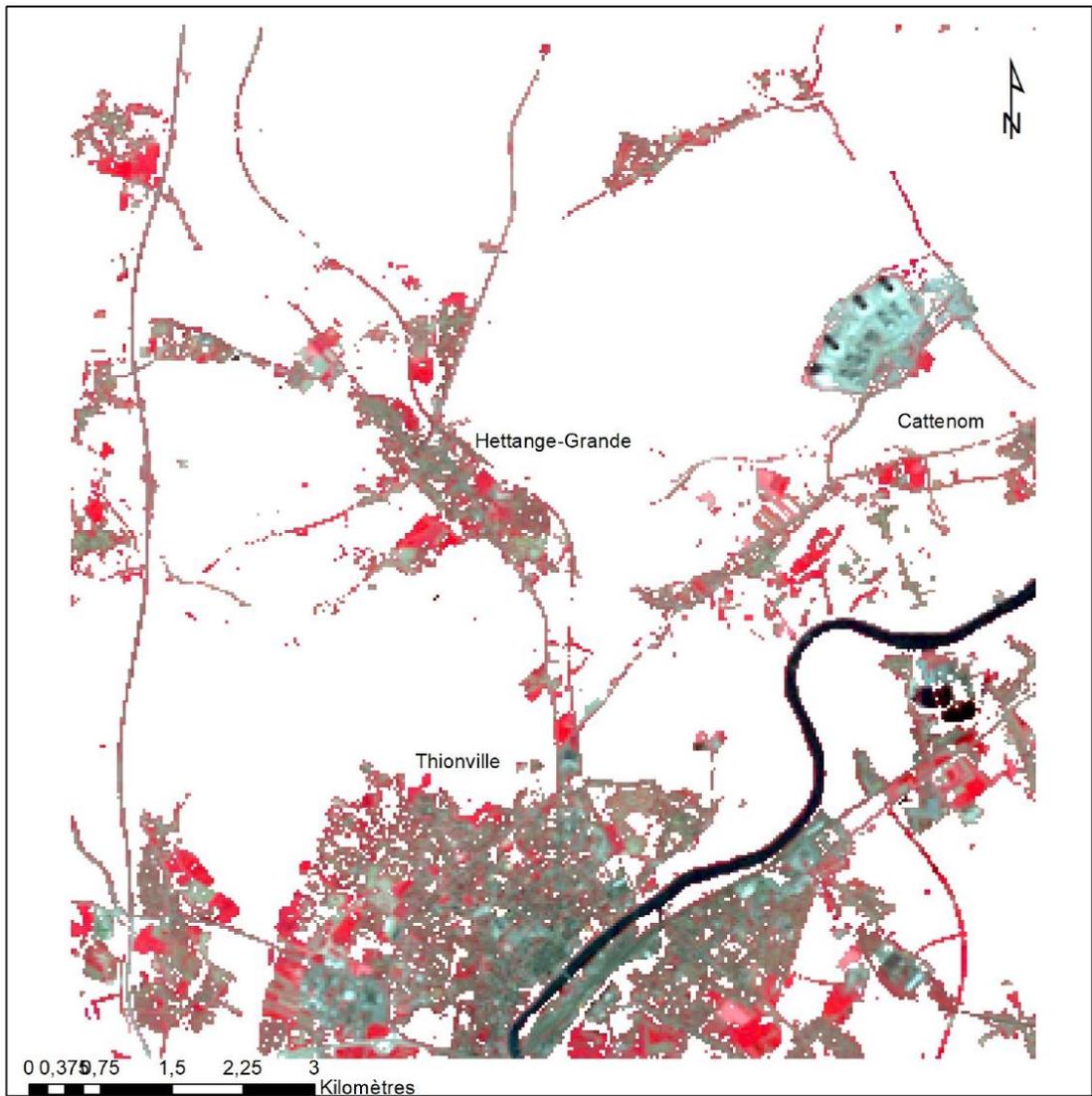


Reclassification des éléments obtenus après la classification non assistée.

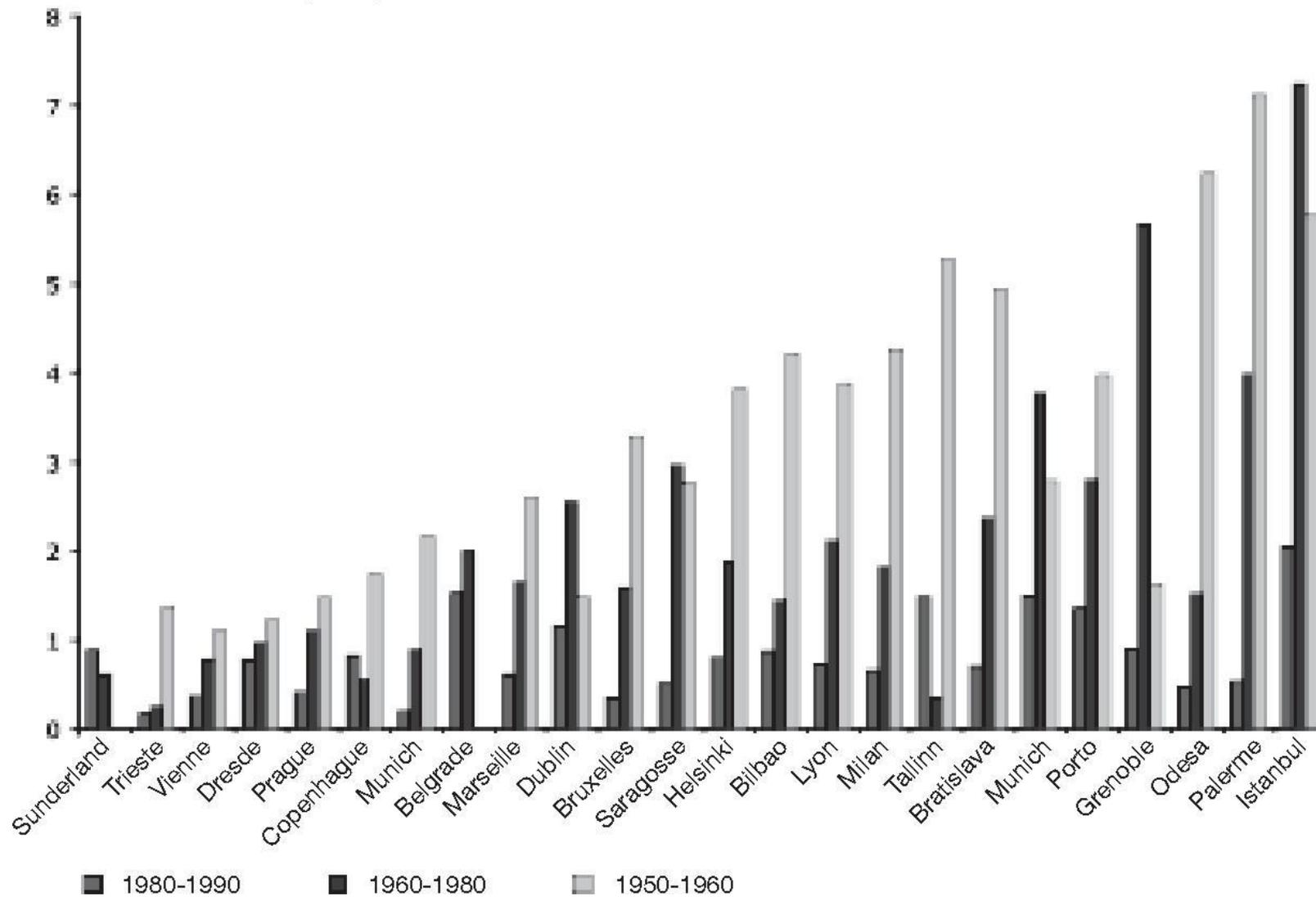
**\*NoData** : Pour les éléments non urbains



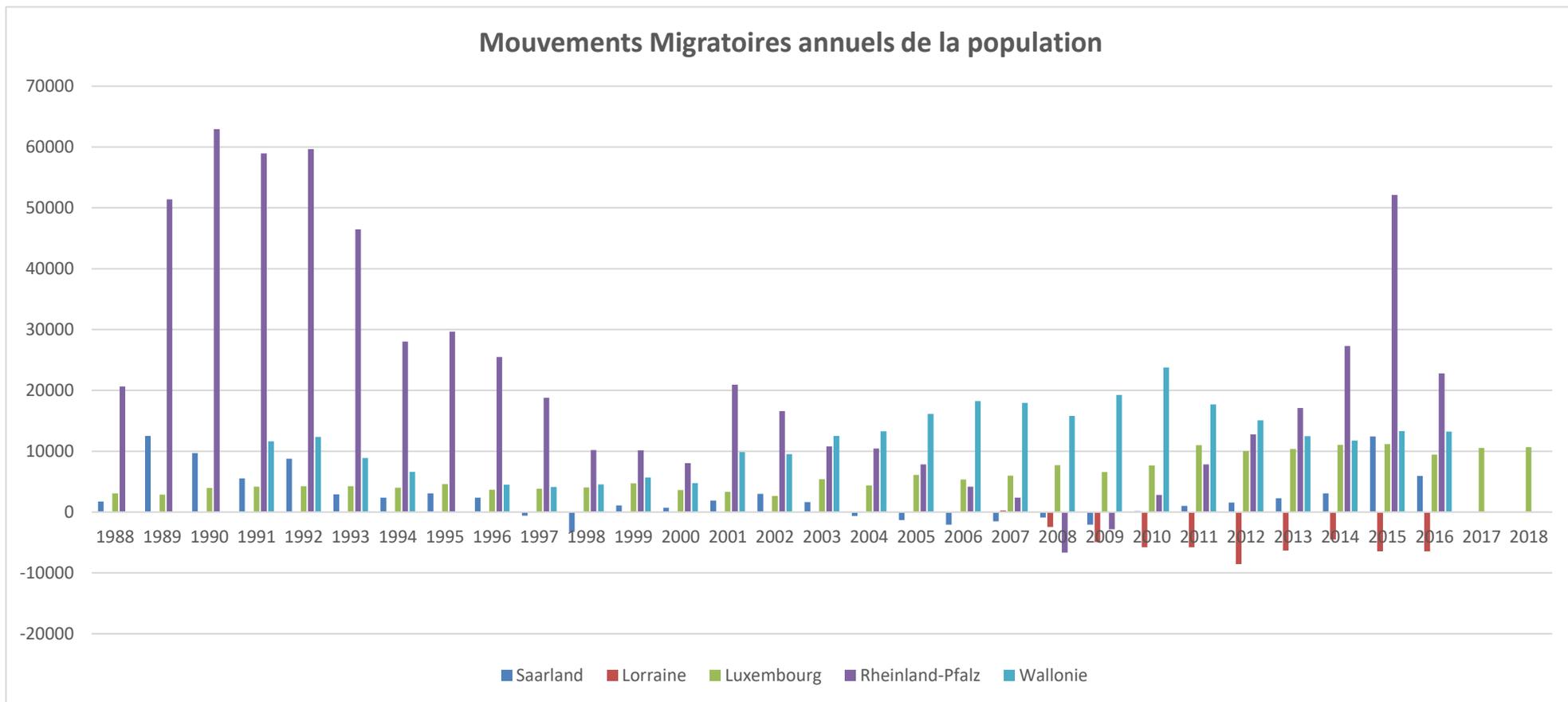
Les points bleus correspondent aux pixels détectés comme urbanisés en 2018 sur la base de l'image Sentinel 2.  
L'image en fond est celle de Sentinel 2 de mai 2018.



Croissance annuelle (en %)



Annexe 6: Croissance annuelle des espaces bâtis entre 1950 et 1990 (sélection de villes européennes)



Annexe 7: Mouvements migratoires annuels de la population dans la Grande-Région

Réalisation personnelle

**Sources:** Saarland: Statistik der natürlichen und der räumlichen Bevölkerungsbewegung.  
 Lorraine : INSEE, État civil.  
 Luxembourg : STATEC, Etat civil.  
 Rheinland-Pfalz: Statistik der natürlichen und der räumlichen Bevölkerungsbewegung.  
 Wallonie : SPF Économie - Direction générale Statistique - Statbel - Statistiques démographiques.

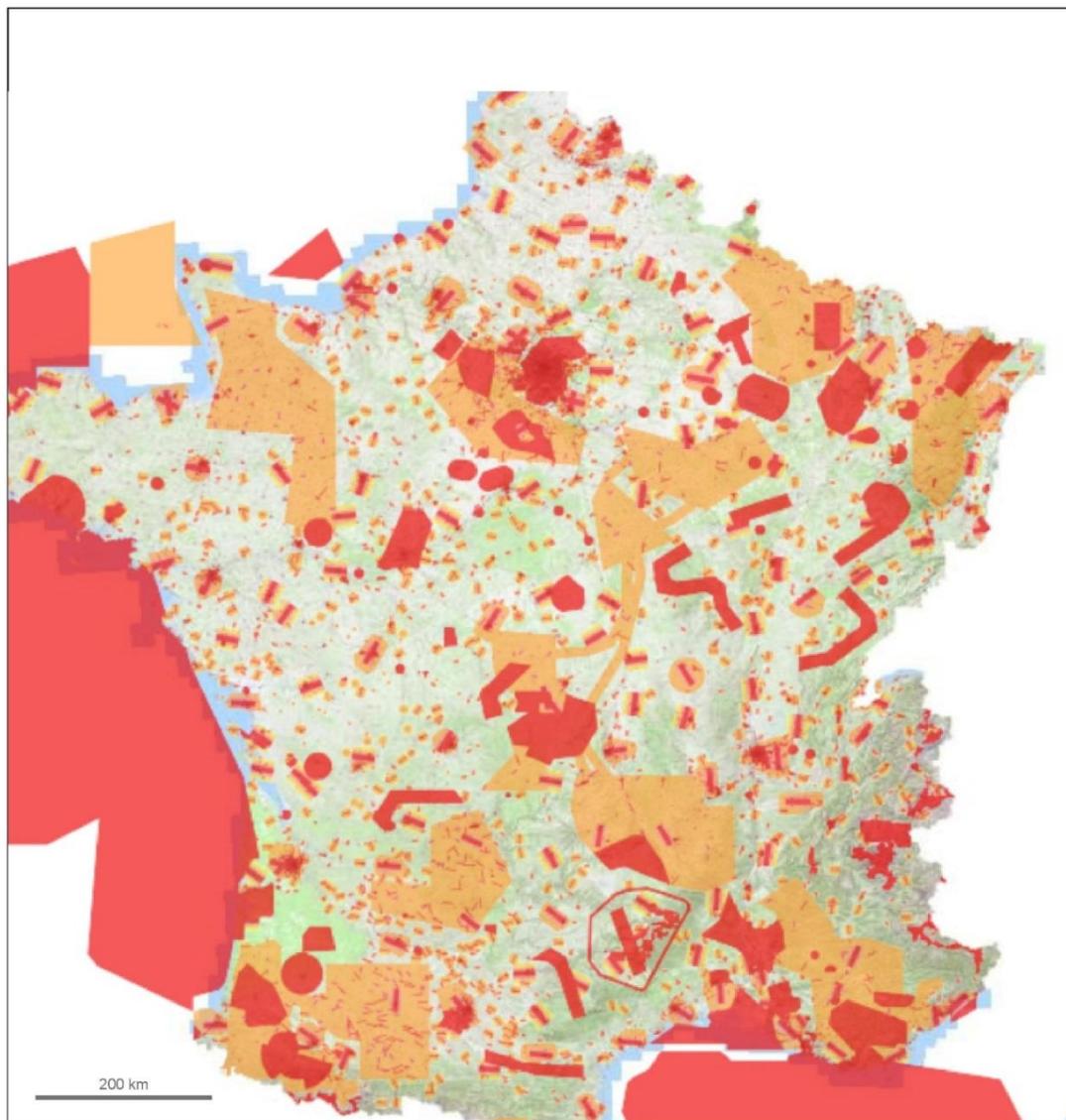
## LA GRANDE RÉGION DANS SES PÉRIMÈTRES



Annexe 8: les limites territoriales de la Grande Région

Source : Mission Opérationnelle Transfrontalière (MOT), 2015

## Zones restreinte vol de drones



© IGN 2019 - [www.geoportail.gouv.fr/mentions-legales](http://www.geoportail.gouv.fr/mentions-legales)

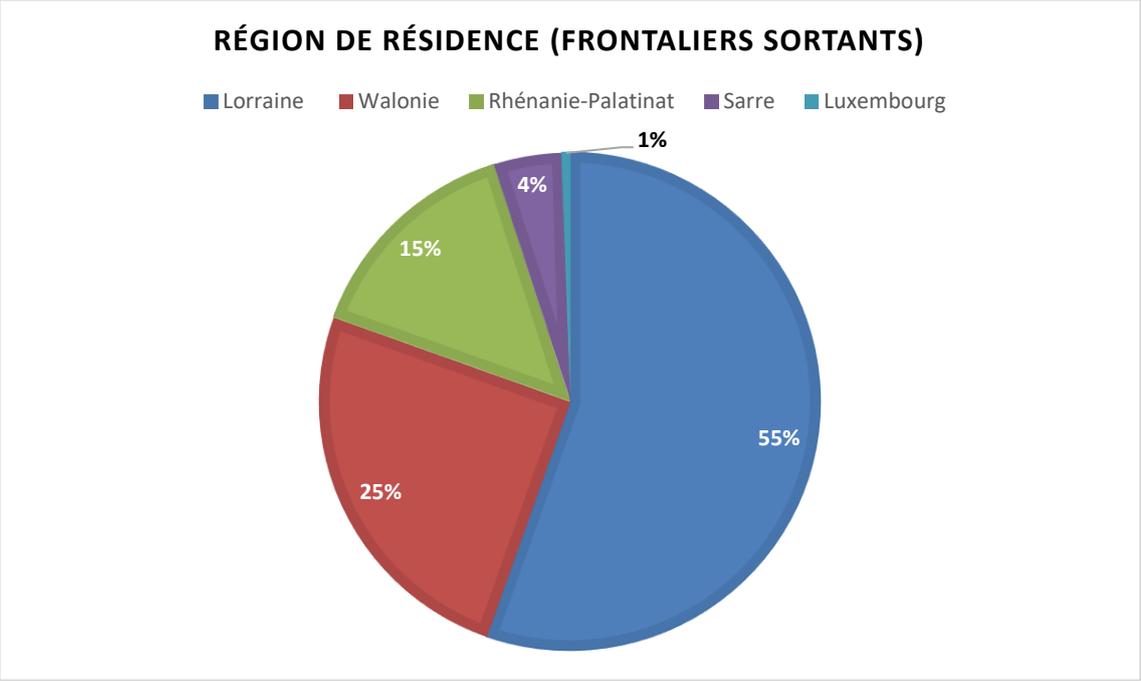
Longitude : 5° 42' 27" E  
Latitude : 46° 19' 04" N

Les zones marquées sur la cartes en rouge, nécessitent une autorisation administrative et juridique concernant l'utilisation de drones.

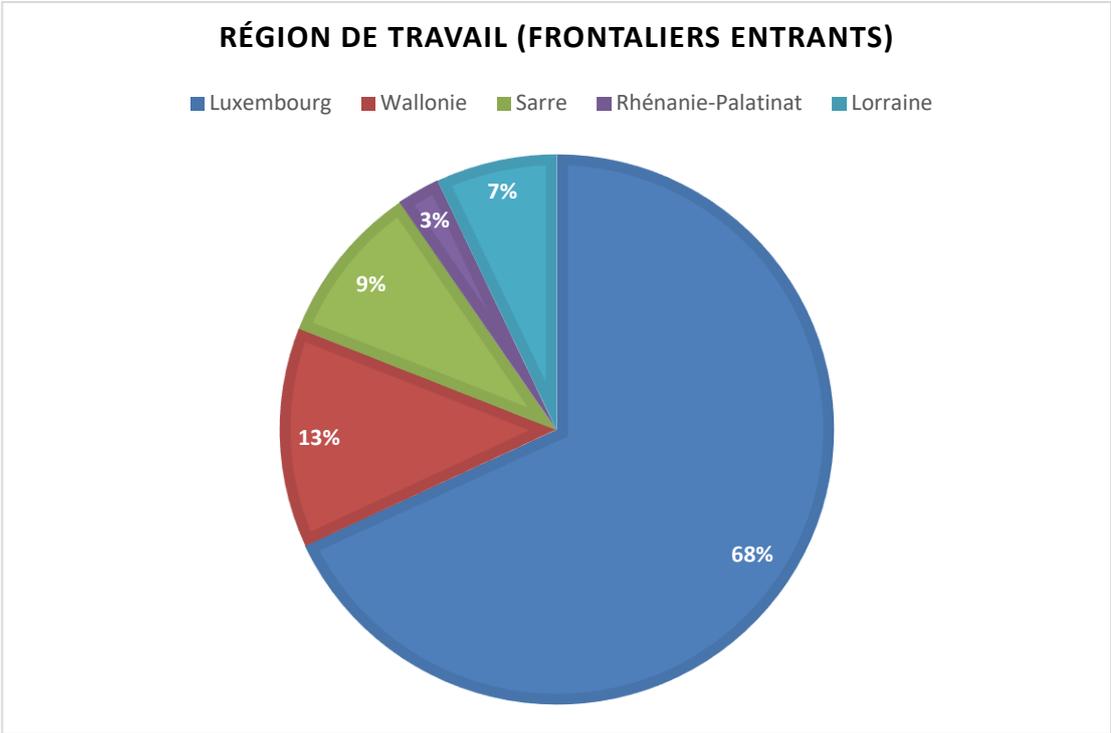
<https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/restrictions-pour-drones-de-loisir>

1/1

### Annexe 9: Zones demandant une autorisation particulière pour l'utilisation de drones.



Annexe 10: Région de résidence des frontaliers dans la Grande Région, IBA 2009, 68



Annexe 11 : Part des frontaliers entrants dans la Grande Région, IBA 2009, 68

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

**Figure 9:** Source : Site internet du Loterr

**Figure 10:** Superficie des régions formant la Grande Région

**Figure 11:** Périmètre d'étude

**Figure 12 :** Population des régions formant la Grande Région

**Tableau 4:** Récapitulatif des informations des images utilisées pour l'étude

**Figure 13:** Procédure de recherche de données effectuée durant le stage (de l'acquisition des images à l'interprétation)

**Figure 14:** Procédure de traitement de l'image Landsat (de l'acquisition au traitement)

**Tableau 5 :** Capteurs optiques à haute résolution

**Figure 15:** Conséquences de l'étalement urbain (*Source : Agence Européenne de l'Environnement, 2006*)

**PÉRIURBANISATION EN ZONES TRANSFRONTALIÈRES (Grande Région) :**

	FRANCE	LUXEMBOURG	ALLEMAGNE	BELGIQUE
<b>PERIODES</b>	Fin des <b>années 1970</b>	Dès le début de l'industrialisation	Dès le début de l'industrialisation	Depuis les <b>années 60-70</b>
<b>Remarque 1</b>	Caractéristiques communes : la périurbanisation semble s'être déroulée à l'ère de l'industrialisation.			
<b>FACTEURS</b>	La réorientation des politiques publiques du logement en direction d'une offre marchande orientée vers l'accession à la <b>propriété d'une maison individuelle</b> , la démocratisation et la banalisation de la <b>voiture individuelle</b>	La périurbanisation est en lien avec la forte métropolisation	La phase de développement urbain postérieure à la Deuxième Guerre mondiale a été marquée (sous sa forme socialiste) essentiellement <b>par la construction de nouveaux grands ensembles</b> qui, la plupart du temps, ont été <b>construits sur de vastes surfaces libres situées en bordure des limites administratives</b> de la ville.  <a href="https://journals.openedition.org/rge/3804">https://journals.openedition.org/rge/3804</a>	Par rapport à ses voisins européens, la Belgique apparaît marquée par une périurbanisation à la fois plus importante et plus éclatée. Cette périurbanisation pourrait s'expliquer par : « Scrupules religieux de la classe agraire qui, lors de la vente des biens nationaux, lui auraient <b>empêché de s'approprier le gigantesque capital foncier</b> alors mis en vente, cela <b>au profit d'une pragmatique bourgeoisie d'affaire</b> . Il en aurait ainsi résulté une énorme puissance pour la grande propriété foncière au moment où, vers le début du XIX <sup>e</sup> siècle, le pays commence son essor industriel » (Pirenne, 1975, p. 186).  <a href="https://journals.openedition.org/belgeo/16086">https://journals.openedition.org/belgeo/16086</a>

<b>FORMES</b>	Prédominance d'habitat de type pavillonnaire	Maisons unifamiliales	Construction presque exclusivement des <b>appartements dans des immeubles collectifs à plan standardisé</b> <a href="https://journals.openedition.org/rge/3804">https://journals.openedition.org/rge/3804</a>	
<b>CARACTÉRISTIQUES</b>	Les pôles urbains <b>perdent des habitants, notamment les intercommunalités</b> de Metz Métropole et du bassin houiller. Cette baisse de la population urbaine <b>se fait au profit des espaces périurbains.</b>		Il y a actuellement un politique de réurbanisation, la périurbanisation a connu un <b>fort ralentissement dans les années 90.</b> Nivellement des croissances démographiques entre les centres urbains et leurs périphéries depuis le début des années 2000. Cette tendance manifeste fait envisager, en Allemagne, <b>un achèvement du processus périurbain.</b>  Planification urbaine de rattrapage, erreurs produites par l'étalement urbain dans les années 1960-1950	Par rapport à ses voisins européens, la Belgique <b>apparaît marquée par une périurbanisation à la fois plus importante et plus éclatée.</b>  Vaste <b>processus ininterrompu de redistribution de la population</b> au détriment des centres urbains <b>et au profit des communes vertes situées à la périphérie</b> des grandes agglomérations.

Réalisation personnelle  
Traore Habal Kassoum

## **TABLE DES ANNEXES**

**Annexe 12 :** Application de l'indice Normalisée de Végétation (NDVI) sur l'image Landsat

**Annexe 13:** Utilisation de la méthode de classification supervisée sur les images Landsat

**Annexe 14 :** Zoom sur la zone d'étude : Utilisation de la méthode de classification supervisée sur les images Landsat

**Annexe 15:** Illustration de l'utilisation du logiciel ARCMAP, pour l'analyse de la carte

**Annexe 16:** Illustration du logiciel ERDAS pour l'analyse de la carte

**Annexe 17:** Croissance annuelle des espaces bâtis entre 1950 et 1990 (sélection de villes européennes)

**Annexe 18:** Mouvement migratoire annuel de la population dans la Grande Région

**Annexe 19:** les limites territoriales de la Grande Région

**Annexe 20:** Calendrier de l'état d'avancement du stage

**Annexe 21:** Zones demandant une autorisation particulière pour l'utilisation de drones

**Annexe 22:** Région de résidence des frontaliers dans la Grande Région, IBA 2009, 68

**Annexe 23 :** Part des Frontaliers entrant dans la Grande Région, IBA 2009, 68

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS .....	3
SOMMAIRE .....	4
INTRODUCTION.....	5
I- STRUCTURE D’ACCUEIL DU STAGE.....	7
1- L’université de la Grande Région.....	8
II- CONTEXTE ET OBJECTIF DU STAGE .....	8
2.1- L’objectif général du stage .....	8
2.2- Les tâches réalisées .....	9
2.3- L’organisation du stage .....	9
III- PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE.....	11
3.1- Problématique.....	11
3.2- Revue de la littérature.....	11
3.3- Méthode de collecte des données .....	12
PREMIÈRE PARTIE .....	12
I- PRÉSENTATION DU CADRE D’ÉTUDE.....	12
1.1- La Grande Région : Création, Mission et objectifs .....	12
1.1-1- La création .....	12
1.1-2- Les objectifs.....	13
1.2- La Grande Région : indissociable de son histoire sidérurgique.....	15
1.3- Caractéristiques de l’agglomération transfrontalière de la GR.....	15
1.3-1- Région de mobilité.....	15
1.3-2- Région à forte employabilité .....	17
II- L’URBANISATION EN MILIEU TRANSFRONTALIER .....	18
2.1- Politiques urbaines : entre étalement urbain et concentration .....	18
2.1-1. Les politiques de concentration urbaines Allemandes .....	18
2.1-2. Les politiques urbaines en France .....	19
DEUXIÈME PARTIE .....	19
I- LA TÉLÉDÉTECTION.....	19
1.1- Matériels utilisés .....	20
1.1-1- Matériels et logiciels.....	21
1.1-2- Méthode mise en place pour l’extraction des zones et pour l’étude diachronique .....	21
1.2- Résultats attendus.....	21
1.2-1- L’environnement Système d’Information Géographique (SIG).....	23
1.2-1-1. L’utilisation du logiciel Arcmap (version 10.5.1) .....	25
1.2-1-2. L’utilisation du logiciel Erdas imagine version 2015 (version 11.0.2) .....	25
1.3- Méthodes utilisées .....	25
1.3-1- L’utilisation du satellite Landsat .....	26
1.3-2- L’utilisation du satellite Sentinel .....	27

1.3-3-	L'indice de brillance (NDBI) et l'indice de végétation normalisé (NDVI).....	27
1.3-3-1.	L'indice de Brillance (NDBI) .....	28
1.3-3-2.	L'indice Normalisé de végétation (NDVI) .....	28
1.4-	L'utilisation de l'image raster sous formes de points .....	29
1.5-	Les méthodes de classifications .....	30
1.5-1-	La classification supervisée .....	30
1.5-2-	La classification non supervisée .....	31
II-	ÉVOLUTION DIACHRONIQUE .....	33
2.1-	Le suivi de l'évolution urbaine par la méthode de télédétection .....	33
2.1-1.	De l'utilisation des relevés sur terrain aux satellites .....	33
2.2-	Le choix du capteur .....	33
2.3-	D'autres méthodes de suivi de l'étalement urbain.....	34
2.3-1.	Cas de la sortie d'étude dans la commune de Piblangue.....	34
III-	L'ÉVOLUTION URBAINE DANS LA GRANDE RÉGION.....	35
3.1-	Les effets induits de l'étalement urbain.....	35
3.1.1-	Sur le développement durable.....	35
3.1.2-	Les couts liés à l'étalement urbain.....	35
	CONCLUSION GÉNÉRALE.....	37
	BIBLIOGRAPHIE .....	38
	ANNEXES .....	41
	TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	55
	TABLE DES ANNEXES.....	58
	GLOSSAIRE .....	61
	TABLE DES SIGLES .....	62
	RÉSUMÉ.....	63

## GLOSSAIRE

**Espace transfrontalier :** « Un ensemble d'espace situé de part et d'autre d'une frontière » (Frédérique Morel Doridat, 2016)

**Skriking cities (Ville en décroissance) :** Portions d'espace marquées par une « érosion économique » [Wichman, 2009], un déclin démographique, l'augmentation des problèmes sociaux ainsi que des transformations de leurs espaces aménagés. (Frédérique Morel Doridat, 2016)

**Lander :** Terme Allemand désignant une division administrative, l'équivalent en Français est la région.

**Fauchée :** Partie observée par le satellite, durant son orbite autour de la terre.

**Pixel :** Éléments sous forme carrée qui constituent une image de format numérique.

## **TABLE DES SIGLES**

**CPDT** : Conférence permanente du Développement Territorial

**CIPU** : Cellule Nationale d'Information Pour la politique Urbaine

**ETM +:** Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)

**ETM:** Enhanced Thematic Mapper Plus

**GR:** Grande Region

**HD** : Haute Définition

**HR** : Haute Résolution

**INSEE** : Institut National de la Statistique et des Etudes Economique

**NASA** : National Aeronautics and Space Administration

**NDBI** : Indice Normalisée de Brillance (NDBI - Normalized Difference Built up)

**NDVI** : Indice de végétation par différence normalisée

**MOT** : Mission opérationnelle transfrontalière

**SIG** : Système d'information géographique

**STATEC** : Institut national de la statistique et des études économiques

**SPOT** : Système probatoire d'observation de la Terre ou Satellite pour l'observation de la Terre

**OLI** : Opérationnel Land Image

**THR** : Très Haute Résolution

**TCAM** : Taux de Croissance Annuel Moyen

**USGS:** United States Geological Survey

## RÉSUMÉ

La télédétection, par l'intermédiaire des satellites et les méthodes de prise d'images en continu se révèle être est l'un des outils permettant de déterminer l'évolution urbaine. Cet outil s'avère idéal dans la caractérisation de l'emprise du bâti. En tant qu'urbaniste cette méthode de caractérisation du bâti est de surcroît très intéressante et importante dans la mesure où il y a très souvent un manque d'information cruciale dans des zones ayant un rythme d'évolution rapide.

L'objectif de ce stage visait à mesurer la périurbanisation dans la grande région à travers la technique d'analyse d'imagerie satellitaire. La zone d'étude précise de l'étude se situe dans un rayon de 65 km partant de Luxembourg-ville, tout en ayant une focale sur les villes de Trèves en Allemagne et Metz en France. L'étude sera une étude diachronique sur au moins 30 ans, sur les années 1988, 2003 et 2018. Ces recherches ont été rendues possibles par l'utilisation de divers indices (Indice de végétation NDVI, indice de bâti NDBI), de logiciels SIG et de méthodes spécifiques de classifications.

**Mots clés :** L'extension des villes, l'étalement urbain, exurbanisation, rurbanisation, émiettement urbain.

## ABSTRACT

Remote sensing, through satellites and their continuous imaging methods, is proving to be one of the tools for determining urban evolution. This tool is ideal for characterizing the building's footprint. As an urban planner, this method of characterizing buildings is also very interesting and important because there is too much lack of crucial information in areas with a rapid rate of change.

The objective of this internship was to measure peri-urbanization in the greater region through the use of satellite imagery analysis technique. The precise study area of the study is located within a 65 km radius from Luxembourg City, with a focus on the cities of Trier in Germany and Metz in France. The study will be a diachronic study over at least 30 years over the years 1988, 2003 and 2018. This research was made possible by the use of various indices (NDVI Vegetation Index, NDBI Building Index), GIS software and specific classification methods.

**Keywords:** The extension of cities, urban sprawl, ex-urbanization, ruralization, urban crumbling