



THESE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE SORBONNE PARIS NORD

UFR : Lettres, Langues, Sciences Humaines et des Sociétés

Discipline : Géographie

Ecole doctorale et spécialité : ERASME / Géographie et Aménagement

Unité de recherche : Pléiade UR7338

La végétation dans les villes sénégalaises au regard des changements socio-environnementaux : le cas de l'agglomération dakaroise et des villes de Touba, Ziguinchor et Tambacounda

Présentée et soutenue le 06/07/2022 par :

MOCTAR DIOUF

Sous la direction de **Frédéric ALEXANDRE**

Professeur à l'université Sorbonne Paris Nord – Paris 13

MEMBRES DU JURY :

François MORICONI-EBRARD , Directeur de Recherche, CNRS	Président
Julien ANDRIEU , Maitre de conférences, HDR, Université Côte d'Azur	Rapporteur
Oumar SY , Professeur, Université Assane Seck Ziguinchor	Rapporteur
Frédéric ALEXANDRE , Professeur, Université Sorbonne Paris Nord	Directeur de thèse
Catherine MERING , Professeure Emérite, Université de Paris, LIED	Examinatrice
Marie REDON , Maitre de conférences, HDR, Université Sorbonne Paris Nord	Examinatrice
Ababacar FALL , Maitre de conférences, Ecole polytechnique Thiès	Examineur

**La végétation dans les villes sénégalaises au regard des changements socio-
environnementaux : le cas de l'agglomération dakaroise et des villes de Touba, Ziguinchor
et Tambacounda**



***Vegetation in Senegalese cities in view of social environmental changes: the case of the
agglomeration of Dakar and the cities of Touba, Ziguinchor and Tambacounda***

Remerciements

Je tiens à remercier tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé pour la réussite de ce travail de recherche.

Mes premiers remerciements vont à l'endroit de mon directeur de thèse M. Frédéric ALEXANDRE qui m'a enseigné depuis la licence, encadré et guidé depuis mes travaux de master à l'université Sorbonne Paris Nord, ancien Paris 13. Sa rigueur intellectuelle, sa disponibilité et ses conseils pertinents m'ont permis de mener à bien cette recherche.

Je remercie également mes deux rapporteurs, Julien ANDRIEU (Maitre de conférences, HDR à l'université Nice Sophia Antipolis, UMR Espace) et Oumar SY (Professeur à l'université Assane Seck de Ziguinchor-Sénégal) pour leurs critiques très constructives qui m'ont permis d'améliorer le manuscrit. Pour avoir accepté de faire partie de ce jury, je remercie François MORICONI-EBRARD, Directeur de Recherche du CNRS, Catherine MERING, Professeure Emérite - Université de Paris - LIED, Marie REDON, Maîtresse de conférences et HDR à l'université Sorbonne Paris Nord, Ababacar FALL, Maitre de conférences de l'Ecole Polytechnique Thiès-Sénégal. Merci beaucoup ! Un grand merci à Anaïs MARSHALL, Maîtresse de conférences UT2J LISST-Dynamiques Rurales, pour les appuis et les conseils qu'elle m'a apporté pour mener à bien cette recherche.

Je tiens également à remercier l'école doctorale ERASME et le laboratoire PLEIADE qui ont accepté de financer mes missions de terrain et l'impression du manuscrit de thèse.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de toutes les personnes interviewées dans les différentes villes qui ont bien voulu répondre à nos questions, les populations ainsi que les élus locaux et les agents des Eaux et Forêts, et tous ceux qui m'ont apporté une quelconque aide sur le terrain.

Je remercie également les enseignants du département de géographie de Paris 13, Céline BROGGIO, Francis HUGUET, Boris LEBEAU, Flaminia PADDEU, Nasser REBAI, Fabien ROUSSEL, Oumar MAREGA (Université d'Orléans), les docteurs Rodrigue HOUESSE, Ibrahima DIEDHIOU et les doctorants du laboratoire Pléiade notamment, Abidine KOUKPERE, Edmée DIOUF, Lila BENAZA, Xavier CORNET, Rebecca CADEAU, Noël Gléo GNENONSEGOUET. Bon courage à vous !

Je dédie ce travail à toute ma famille notamment à ma mère, Fatou SARR et à mon père Tahirou Diouf, à ma chère épouse Dialika SARR et à mes sœurs et frères. Cette thèse est également dédiée à mon frère Kekoye DIOUF, Jean Baptiste NDONG et Baba SARR que la terre vous soit légère.

Liste des abréviations et des acronymes

CYCLES	DEFINITIONS
ACP	Analyse en composante principale
AFC	Analyse factorielle des correspondances
ANACIM	Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie
ANA	Agence Nationale d'Aquaculture
ANAT	Agence nationale de l'aménagement du territoire
ANSD	Agence nationale de la statistique et de la démographie
ANSZD	Agence nationale de la démographie et de la statistique de la région de Ziguinchor
AOF	Afrique Occidentale française
APPANPC	Association pour la prévention de la pollution atmosphérique du Nord-Pas-Calais
APIX	Agence nationale pour la promotion des investissements et des grands travaux
CC	Composition colorée
CEDEAO	Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest
CEPED	Centre d'éducation pour la protection de l'environnement et développement durable
CERTU	Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme
CIRAD	Centre de coopération en recherche agronomique pour le développement
CITES	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction
CNDD	Commission nationale pour le développement durable
CSE	Centre de suivi écologique
DEFCCS	La Direction des Eaux, Forêts, Chasses et de la Conservation des Sols
DPNU	Division de la population des Nations Unies
DPS	Direction de la planification et de la statistique
DRDR	Direction régionale du développement rural
EPW	Energy Plus Weather
EPI	Effective Drought Index
ERI-ESI	Enquête régionale intégrée sur l'emploi et le secteur informel
ETM+	Enhanced thematic mapper plus
EVU	Espace végétal urbain
FAO	Food and agriculture organization- Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
GLCF	Global land cover facility
GOANA	Grande offensive agricole pour la nourriture et l'abondance
INED	Institut national d'études démographiques
IRD	Institut de recherche pour le développement
ISOCARP	International Society of City and Regional Planners
ISODATA	Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique
ISRA	Institut sénégalais de recherches agricoles
LPSE	Lettre de Politique sectorielle de l'environnement
MDRH	Ministère du développement rural et de l'hydraulique

MFDC	Mouvement des forces démocratiques de Casamance
MEA	Millennium Ecosystem Assessment
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MEPN	Ministère de l'environnement et de la protection de la nature
MSS	Multispectral scanner
NDVI	<i>Normalized difference vegetation index / Indice de végétation normalisé</i>
OMM	Organisation météorologique mondiale
OEF	Organisme Exploitation Forestière
PADERCA	Projet d'appui au développement rural en Casamance
PDSU	Palmer Drought Severity Index
PDU	Plan Directeur d'Urbanisme
PAFCM	Plan d'aménagement de la forêt classée de Mbao
PANACC	Plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques
PAS	Programmes d'ajustement structurel
PIB	Produit intérieur brut
PNUD/UNSO	Programme des Nations unies pour le développement/ Bureau de la lutte contre la désertification et la sécheresse de l'ONU
PNAT	Plan national d'aménagement du territoire
PRDI	Plan régional de développement intégré
PREDAS	Programme régional de promotion des énergies domestiques et alternatives Sahel
PSE	Plan Sénégal Emergent
RGPHAE	Recensement général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage
TM	Thematic mapper
ISRA	Institut sénégalais de recherches agricoles
UEMOA	Union économique et monétaire ouest-africaine
USGS	United States geological survey
UTCI	Universal Thermal Climate Index
SAPCO	Société d'aménagement de la Petite Côte
SICAP	Société immobilière du Cap Vert
SNHLM	Société nationale des habitations à loyer modéré
SOM	Self-Organizing Map
SPI	<i>Standardized Precipitation Index</i>
SRSDT	Service régional de la statistique et de la démographie de Tambacounda
VAR	Volet axes routiers
VDN	voie de dégagement rapide

Résumé :

Cette thèse étudie la place de la végétation urbaine et périurbaine et son évolution au regard des changements démographiques, sociaux, économiques et environnementaux dans l'agglomération dakaroise et dans trois des principaux centres régionaux sénégalais : Touba, Ziguinchor et Tambacounda. L'évolution est envisagée depuis l'indépendance (1960) et le début de la période de fort déficit pluviométrique connu par l'Afrique de l'Ouest sahélienne et soudanienne (1968-1995). La démarche méthodologique s'articule autour d'une étude de télédétection, s'appuyant principalement sur des données Landsat, pour la cartographie de l'occupation du sol et sur un travail de terrain combinant inventaire de la végétation ligneuse dans quelques îlots ciblés dans des quartiers socialement contrastés et enquêtes auprès des habitants et des acteurs. La cartographie par télédétection multi-dates (1973, 1990/92 et 2017) met principalement en évidence d'importantes modifications de la place de la végétation en fonction des villes et des quartiers, par-delà le recul des surfaces végétalisées liée à la forte extension spatiale des villes d'étude nourrie par l'exode rural causé par la dégradation des systèmes ruraux bousculés par la grande crise climatique des années 1970-1990. L'emprise croissante du bâti, du réseau viaire ou des équipements a engendré un fort recul des superficies en végétation affectant aussi les zones traditionnelles d'agriculture urbaine dans l'agglomération dakaroise, à Ziguinchor et, dans une moindre mesure, à Tambacounda où la croissance urbaine est plus modérée. Pourtant, notamment dans la période plus récente, la place de la végétation augmente dans certains quartiers et au sein et aux abords de l'aire urbaine de Touba-Mbacké où l'urbanisation a pour conséquence la présence accrue de la végétation (îlot vert). Dans le détail, lorsque l'on change d'échelle, les études de terrain révèlent une dissémination de la végétation au sein du tissu urbain qui prend des formes diverses où prédomine la végétation domestique (arbres de cour et de devanture, clôtures arborées ...), sur l'action publique (plantations d'alignement, jardins publics, parcs urbains, forêts urbaines/périurbaines). Bousculée par l'urbanisation, l'agriculture urbaine tente, sous l'impulsion des habitants, de se maintenir. L'inventaire floristique des ligneux révèle une moindre diversité dans les quartiers populaires (sauf à Ziguinchor) où, en dehors de la végétation domestique, la végétation publique se réduit souvent au neem (*Azadirachta indica*). Dans les quartiers résidentiels aisés, la flore ligneuse est plus diversifiée avec des ligneux fruitiers, mais aussi des arbres plantés pour leur qualité esthétique. S'appuyant sur les enquêtes, l'analyse des discours montre le maintien voire l'extension des usages alimentaires, médicaux, ou répondant à la demande en bois-énergie. L'analyse des perceptions des habitants montre leur préoccupation face à la pression accrue sur la ressource liée à ces usages, mais aussi la dégradation des services écosystémiques entraînés par le recul et l'artificialisation des surfaces végétalisées et par la faiblesse des politiques publiques urbaines environnementales. Pourtant, en contexte sahélien, le rôle positif de la présence de la végétation sur le climat urbain atténuant la température et évitant la constitution d'un îlot de chaleur urbain est net.

Mot clés : Végétation urbaine et périurbaine ; Changements socio-environnementaux ; Villes sénégalaises ; Télédétection ; Pratiques et usages de la végétation ; Aménagement environnemental.

Abstract :

This thesis studies the place of urban and peri-urban vegetation and its evolution in the light of demographic, social, economic and environmental changes in the Dakar agglomeration and in three of the main Senegalese regional centres : Touba, Ziguinchor and Tambacounda. The evolution is envisaged since independence (1960) and the beginning of the period of strong rainfall deficit experienced by Sahelian and Sudanese West Africa (1968-1995). The methodological approach is based on a remote sensing study, based mainly on Landsat data, for the mapping of land use and field work combining inventory of woody vegetation in some targeted islets in socially contrasted neighbourhoods and surveys of inhabitants and actors. Mapping by multi-date remote sensing (1973, 1990/92 and 2017) mainly highlights important changes in the position of vegetation according to cities and neighbourhoods, Beyond the decline of vegetated areas linked to the strong spatial expansion of study cities fed by the rural exodus caused by the degradation of rural systems shaken by the great climate crisis of the years 1970-1990. The growing influence of buildings, viaries and equipment has led to a sharp decline in the area of vegetation, which also affects the traditional areas of urban agriculture in the agglomeration of Dakar, Ziguinchor and, to a lesser extent, in Tambacounda where urban growth is more moderate. However, especially in the more recent period, the place of vegetation increases in certain neighbourhoods and within and around the urban area of Touba-Mbacké where urbanization results in the increased presence of vegetation (green island). In detail, when we change the scale, field studies reveal a spread of vegetation within the urban fabric that takes various forms where domestic vegetation predominates (courtyard and storefront trees, tree fences, etc.), on public action (range plantations, public gardens, urban parks, urban/peri-urban forests). Pushed by urbanization, urban agriculture tries, under the impetus of the inhabitants, to maintain itself. The floristic inventory of woody trees reveals a lesser diversity in working-class districts (except in Ziguinchor) where, apart from domestic vegetation, public vegetation is often reduced to neem (*Azadirachta indica*). In affluent residential areas, the woody flora is more diverse with woody fruit trees, but also trees planted for their aesthetic quality. Based on the surveys, the analysis of discourses shows the maintenance or even the extension of food, medicinal, or wood-energy uses. The analysis of the perceptions of the inhabitants shows their concern about the increased pressure on the resource associated with these uses, but also the degradation of ecosystem services caused by the decline and artificialization of vegetated areas and by the weakness of urban environmental policies. However, in the Sahelian context, the positive role of the presence of vegetation on the urban climate mitigating the temperature and avoiding the creation of an urban heat island is clear.

Keywords :

urban and peri-urban vegetation, socio-environmental changes, Senegalese cities, remote sensing, practices and uses of vegetation, environmental planning.

Sommaire :

Liste des abréviations et des acronymes	6
Résumé.....	8
Abstract :	9
Sommaire :	10
Introduction Générale	14
1. Contexte de l'étude	19
2. Objectifs de la thèse	23
3. Plan de la thèse.....	25
4. Le choix des villes d'étude	26
Première Partie : Croissance et extension spatiale des villes sénégalaises : quel effet sur la distribution de la végétation au sein des espaces urbains et péri-urbains ?	28
Chapitre 1 : Inventaire et typologie des formes de végétation dans les villes sénégalaises 30	
1. Notions utiles pour l'étude de la végétation dans les villes d'Afrique de l'Ouest	31
2. Essai de typologie des formes de végétation dans les villes sénégalaises : méthode ...	37
3. Les formes de végétation identifiées dans une capitale ouest-africaine : l'agglomération dakaroise.....	43
4. Principales formes de végétation rencontrées dans les centres régionaux de Touba, de Tambacounda et de Ziguinchor	57
Chapitre 2 : La question de la végétation dans le contexte de la forte croissance de la population urbaine et de l'extension spatiale des agglomérations au Sénégal	68
1. La croissance démographique d'un pays sahélo-soudanien, le Sénégal	69
2. Retour sur l'histoire urbaine de l'Afrique de l'Ouest et du Sénégal.....	78
3. Quantification de l'extension urbaine et estimation de la part du non bâti dans l'agglomération dakaroise et dans trois centres régionaux sénégalais (Touba, Ziguinchor et Tambacounda).....	85
Chapitre 3 : Méthodologie et choix du cadre temporel (1973-2017) dicté par la variabilité pluviométrique récente	112
1. La démarche méthodologique : cartographie par télédétection, enquête auprès des habitants et relevé ethnobotanique de la végétation urbaine	113
2. Un choix du cadre temporel (1973-2017) dicté par la variabilité pluviométrique récente	120

Deuxième partie : Analyse d'images multispectrales à haute résolution pour la détection des changements intervenus sur les paysages végétaux urbains sénégalais au regard des évolutions socio-environnementales.....142

Chapitre 4 : Télédétection de l'occupation du sol et de ses changements dans les espaces urbains sénégalais à partir d'images multispectrales : aspects méthodologiques144

1. Processus de cartographie de l'occupation du sol et choix d'un type de classification 145
2. Choix des données satellitaires pour la cartographie de l'occupation du sol et de ses changements 149
3. Identification et nomenclature des centres urbains..... 156
4. Prétraitements, affichages et traitements des données satellitaires pour la cartographie l'occupation du sol..... 160
5. Procédure de cartographie pour les changements de l'occupation du sol 166

Chapitre 5 : Télédétection de l'occupation du sol et de ses changements : traitement des images multispectrales et analyse des résultats cartographiques pour l'agglomération dakaroise (1973, 1990 et 2017)170

1. Cartographie de l'occupation du sol : application à l'image de 1990..... 170
2. L'occupation du sol dans l'agglomération dakaroise de 1973 à 2017 : des changements dans l'utilisation de l'espace urbain 182
3. Cartographie des changements dans l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise..... 192

Chapitre 6 : Télédétection de l'occupation du sol et de ses changements dans trois centres régionaux sénégalais de 1973 à 2017 : Touba, Ziguinchor et Tambacounda.....208

1. L'occupation du sol et ses changements à Touba de 1973 à 2017 209
2. L'occupation du sol et ses changements à Ziguinchor de 1973 à 2017 230
3. L'occupation du sol et ses changements à Tambacounda de 1973 à 2017 255

Troisième partie : La végétation dans les villes sénégalaises : flore et paysage végétal, perception et représentations des habitants, perspectives pour l'aménagement urbain .278

Chapitre 7 : Flore et paysage végétal : composition et distribution spatiale de la végétation dans deux types de quartiers résidentiels (centraux/aisés et périphériques/populaires) des villes étudiées.....280

1. Composition floristique et répartition des végétaux dans les quartiers centraux et résidentiels 282
2. Composition floristique et répartition des ligneux dans les quartiers populaires/périphériques des villes d'étude..... 294

Chapitre 8 : Le couvert végétal urbain face aux changements socio-environnementaux : Perception et représentations des habitants	316
1. Technique d'enquête et méthode de traitement des données d'enquête recueillies auprès des habitants	317
2. Préparation des entretiens	330
3. Les analyses textométriques	333
Chapitre 9 : La végétation en ville sénégalaise : différenciation socio-spatiale des pratiques et des usages	344
1. La demande urbaine en bois-énergie : approvisionnement local et approvisionnement lointain.....	345
2. L'utilisation de la flore à des fins médicinales.....	353
3. Usages alimentaires des végétaux dispersés dans l'espace urbain et maintien difficile de l'agriculture urbaine	367
4. Autres usages de la végétation par les sociétés urbaines sénégalaises	394
Chapitre 10 : Fonctions écosystémiques des végétaux en milieu urbain sahélo-soudanien : atténuation de la température (îlot de chaleur urbain) et gestion des eaux de ruissellement pluviales	400
1. La (ré)végétalisation, solution pour atténuer la température (îlot de chaleur urbain) dans les villes sahélo-soudaniennes.....	400
2. Le végétal en ville : un moyen efficace de gestion des eaux de ruissellement pluviales.....	429
Conclusion générale.....	438
Bibliographie :	444
Liste des Figures :	463
Liste des tableaux.....	470
Annexes :.....	479

Introduction Générale

Dans le cadre de mes études, après l'obtention du baccalauréat, j'ai rallié l'université Cheikh Anta Diop de Dakar comme des milliers d'autres jeunes sénégalais pour entamer mes études supérieures en géographie. Mon point de chute dans la capitale a été un ancien petit village Lébou, Yoff, où j'ai habité dans le centre ancien, le quartier Tonghor, qui me rappelait, par la présence de la végétation dans ce secteur urbain encore marqué par des pratiques du Sénégal rural, mon village natal de Toubacouta dans le Sine-Saloum. Je suis d'abord allé au lycée à Sokone, une petite ville où la végétation, moins abondante qu'à Toubacouta à cause de l'emprise de la ville, est plus structurée et occupe principalement les axes de communication (arbres de devanture) et les cours des maisons (les arbres de cour). Au fil de mon séjour à Dakar et passée l'euphorie d'y vivre, j'ai ressenti de plus en plus le contraste entre le paysage fortement végétalisé dans lequel je vivais, constitué de la forêt de mangrove, de la forêt de Sangako, de vergers, de concessions végétalisées et d'une végétation spontanée très abondante et le paysage dakarois marqué par une forte artificialisation des sols et par une faible présence de la végétation. Ma sensibilité et l'intérêt que je porte à la végétation en milieu urbain et périurbain est peut-être inconsciemment un moyen de combler ce manque ou cette nostalgie. J'ai été depuis sensible à la problématique de la végétation en général, en particulier dans les villes. Ma rencontre depuis 2011 avec les villes françaises fortement artificialisées, mais verdoyantes du fait du climat, mais aussi de politiques urbaines où la place du végétal est toujours plus importante. J'étais là également pour poursuivre mes études de géographie à partie de la licence 3 sur le campus de Villetaneuse à l'Université Paris 13 (aujourd'hui Université Sorbonne Paris Nord), campus très particulier puisque, installé sur d'anciens vergers et d'anciennes parcelles maraichères, il est encore très verdoyant. Ceci a renforcé ma conviction de mener une recherche autour de cette cohabitation entre la ville et la végétation. C'est en ce sens que mon mémoire de master recherche (Diouf, 2015) a été consacré à la question de la gestion de la végétation, à l'évolution de sa place dans le tissu urbain et à ses usages dans les villes sénégalaises. Cette thèse de doctorat approfondit et élargit ce point de vue.

La question traitée dans cette thèse a souvent été associée à l'héritage colonial et donc au modèle d'insertion de la végétation dans l'espace urbain et périurbain tel qu'il s'est imposé à partir des villes européennes (Goerg, 1996), surtout au Sénégal où la vie urbaine était assez faible avant la colonisation. La place de la végétation dans les villes d'Afrique de l'Ouest a aussi été envisagée dans les usages qu'en font les habitants et les ressources qu'ils en attendent. L'urbanisation accélérée et les changements socio-environnementaux que connaissent depuis les indépendances les pays d'Afrique subsaharienne ajoutent un double contexte qui amène à réinterroger la place qu'occupe cette végétation. La forme prise par l'urbanisation au Sénégal qui, derrière la croissance urbaine du Grand Dakar, touche, ces dernières décennies, tous les types d'agglomération nous a amené à faire le choix de ne pas cantonner cette thèse

à la métropole dakaroise, mais d'étudier également la question dans trois autres des villes principales du Sénégal : Touba, Tambacounda et Ziguinchor.

Plusieurs facteurs sociaux ou environnementaux ont fait évoluer la place de la végétation au sein du tissu urbain de sorte que les formes de végétation dans les villes sénégalaises se sont multipliées tout en se diversifiant dans leurs objectifs comme dans les usages. Classiquement, en dehors des parcs et jardins publics « à l'européenne » que l'on retrouve dans les quartiers coloniaux et résidentiels, la végétation est présente autour et à l'intérieur des maisons et des concessions (végétation domestique). La végétation domestique, issue de l'initiative individuelle, parfois associative, prend diverses formes : arbres de cour isolés ou groupés, clôtures arborées et arbres de « devanture », plantés à deux ou trois mètres de la façade de la maison ou en rebord de la route. Le long des artères, on retrouve les plantations d'alignement, celles-ci sont le résultat de projets municipaux ou associatifs souvent appuyés par les services des Eaux et Forêts. L'urbanisation plus ou moins désordonnée laisse par ailleurs de nombreux délaissés urbains qui sont colonisés par une végétation spontanée par opposition à la végétation entretenue. Plus classiquement, des espaces sont aménagés (parcs, jardins et forêts) pour accueillir du public ou, nouvelle fonction recherchée, pour préserver la biodiversité végétale. L'originalité de la place de la végétation dans les villes d'Afrique de l'Ouest tient historiquement également à la place qu'occupe l'agriculture urbaine largement dominée par les cultures maraichères et fruitières de contre-saison comme dans les *Niayes* de l'agglomération dakaroise, dans les bas-fonds de la ville de Ziguinchor et au niveau de la vallée sèche du Mamacounda à Tambacounda. Ces formes anciennes sont particulièrement affectées par l'accélération de l'urbanisation et par les fluctuations de la pluviosité, principal moteur des changements environnementaux. L'expansion de l'agglomération se traduit en revanche par la dissémination dans les quartiers notamment populaires, de nombreux arbres qui rendent de multiples services aux populations urbaines.

Une fois la diversité des formes de végétation rencontrées dans les villes sénégalaises rapidement présentée, doit être évoquée dans cette introduction en effet la question des services fournis ou attendus des végétaux, et des usages que les habitants en font. Par-delà les fonctions esthétiques, sociétales (aménités urbaines) et écologiques qu'on lui accorde généralement (Alexandre & Génin, 2011), la végétation fournit une longue liste de services aux sociétés urbaines africaines. Elle permet tout d'abord de satisfaire une partie des besoins alimentaires et a classiquement aussi des usages médicaux. Cependant, on assiste à une forme de déclin des utilisations traditionnelles, comme l'ont montré les observateurs de l'utilisation de la flore locale dans la pharmacopée traditionnelle (Kerharo, 1975 ; Le Grand & Wondergem, 1987 ; Gueye, 2019 ; Diop, Mbaye, Diop, Basséne *et al.*, 2019). La phytothérapie reste une pratique très répandue en Afrique, dans le milieu rural où 80 % de la population y a encore recours (Jiofack *et al.*, 2009, 2010), mais a connu, ces dernières années, un recul important dans les villes en raison d'une couverture sanitaire plus satisfaisante et d'un changement dans les mentalités plus favorables à la médecine moderne. Par ailleurs, les

techniques traditionnelles de préparation des médicaments à base de plantes sont de moins en moins maîtrisées et l'exploitation intensive des espèces médicinales a pu empêcher leur régénération (Mehdioui & Kahouadji, 2007).

La végétation ligneuse en ville et dans les zones périurbaines répond également aux besoins énergétiques (charbon de bois et bois de feu) et aux besoins en bois d'œuvre. Cependant, les productions contrôlées de bois-énergie (ANSD, 2019) ont baissé en 2016 de -11 % pour le charbon de bois et de -12 % pour le bois de feu par rapport en 2011, ce qui témoigne d'une baisse des consommations urbaines. Celles du bois d'œuvre ont en revanche augmenté de l'ordre de +159 %, mais cette augmentation de la consommation de bois d'œuvre est moins liée aux consommations urbaines locales qu'aux exportations. Comme on le verra notamment à Ziguinchor, pour certaines essences comme le Palissandre du Sénégal (*Pterocarpus erinaceus*) ou *Cordyla pinnata* sont aujourd'hui très menacées en raison de la bonne qualité du bois qu'elles fournissent malgré la protection de la CITES¹.

Les statistiques officielles ne prennent pas en compte les productions clandestines et les consommations familiales de bois-énergie et de bois d'œuvre qui sont souvent supérieures à celles qui sont contrôlées, ce qui pose un véritable problème lié à la fiabilité des données sur lesquelles on se base pour assurer la gestion durable et le suivi des bois et forêts urbains et périurbains.

Par-delà un inventaire des formes de la végétation dans les villes sénégalaises, de l'étude de l'évolution de sa distribution spatio-temporelle depuis une cinquantaine d'années et de l'évolution des usages et des attentes de la société urbaine vis-à-vis de cette végétation, cette thèse aura pour problématique générale la vulnérabilité des paysages végétaux urbains et l'intérêt que pourrait avoir leur prise en compte plus complète par l'aménagement. Des changements socio-environnementaux ont influé sur cette végétation. On pense, en premier lieu, à la variation de la pluviosité qui a lourdement pesé sur les sociétés sahéliennes et soudaniennes depuis les indépendances. Ses conséquences sont directes s'agissant de la végétation, mais elle a aussi alimenté l'exode rural et participé à l'accélération d'une urbanisation faiblement contrôlée par les politiques publiques. Cette urbanisation accélérée est l'autre grand facteur de changement. L'étalement urbain et la croissance de la population urbaine ont-ils engendré une intensification des prélèvements et des usages végétaux ?

Longtemps délaissée, la végétation fait par ailleurs maintenant l'objet de nouvelles attentions dans les politiques urbaines et dans l'aménagement des villes sénégalaises. L'intérêt d'une telle réflexion est ainsi d'envisager la place actuelle mais aussi future des espaces végétalisés dans les villes sénégalaises sur la base du diagnostic de leur état actuel en restituant la trajectoire qui les a mis en place au regard des changements socio-environnementaux. Ainsi, l'une des tâches principales sera de cartographier et d'analyser les principaux changements enregistrés dans le couvert végétal et, plus globalement, dans

¹ CITES : Convention sur le commerce international des espèces de la faune et de la flore sauvages menacées d'extinction ou convention de Washington, qui lutte contre le commerce des espèces en voie de disparition.

l'occupation du sol des villes sénégalaises, notamment pour la période 1973-2017 au cours de laquelle le réseau urbain sénégalais a beaucoup évolué (Fig. 1). Il existe une compétition dans l'occupation de l'espace urbain (ECO CITE, 2004), ce qui guide notre préoccupation liée à la maîtrise de la planification urbaine, afin de prendre pleinement et durablement en compte toutes les composantes du paysage, ici la composante végétale.

S'il est impossible de mener une telle étude sur les villes sénégalaises sans l'agglomération dakaroise, on ne peut non plus la limiter à celle-ci, la diversification de l'urbanisation étant importante au Sénégal depuis plusieurs décennies. J'ai ainsi envisagé cette étude à deux échelles (Fig. : 1) :

- ✓ d'une part, à l'échelle de l'ensemble du Sénégal en envisageant le rôle de la végétation dans l'agglomération dakaroise, capitale économique et administrative du pays, mais aussi une des principales métropoles de l'Afrique de l'Ouest, dans la ville de Touba dont la trajectoire est originale, puisqu'elle est devenue en quelques décennies la deuxième ville la plus peuplée du pays, en relation avec le dynamisme économique de la communauté mouride et dans deux centres régionaux plus excentrés, Ziguinchor en Casamance et Tambacounda dans le Sénégal oriental. Le choix de ces villes d'étude obéit à trois critères : environnemental (bioclimatique selon le gradient du sahélien au soudanien), démographique (croissance plus ou moins rapide de la population urbaine) et urbanistique (étalement et densification urbain) ;
- ✓ d'autre part, à l'échelle de chacune de ces aires urbaines, constituées par les agglomérations urbaines et leurs auréoles péri-urbaines au caractère rural bien marqué en Afrique de l'Ouest.

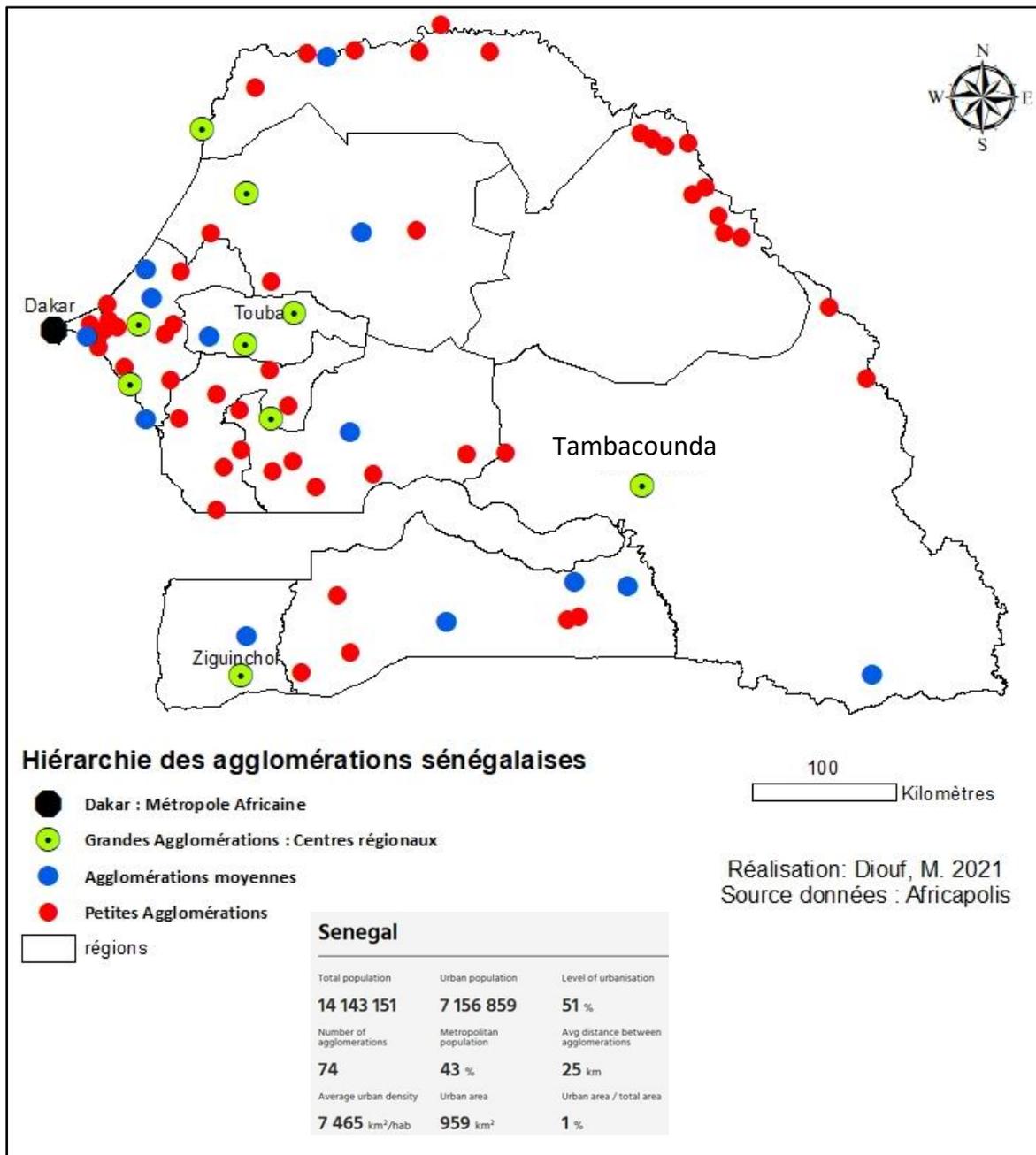


Figure 1: places des villes d'étude dans l'armature urbaine du Sénégal

Revenons maintenant sur les éléments de contexte qui ont modifié les rapports entre la ville sénégalaise et la végétation au cours des dernières décennies.

1. Contexte de l'étude

Le contexte est marqué, depuis l'indépendance et les mutations politiques, sociales et économiques qui l'ont accompagnées par la croissance et l'extension urbaine qui engendre de profondes mutations fonctionnelles des espaces urbains et périurbains en même temps qu'un profond changement dans la composition de la population urbaine. La variabilité des précipitations parfois ponctuée par des épisodes décennaux de sécheresse a en effet accéléré l'exode rural. Il en a résulté une modification des rapports que les habitants entretiennent avec la végétation urbaine, sur les prélèvements et les usages qu'ils en font.

1.1 Croissance urbaine et couvert végétal, un rapport complexe entre recul et nouveaux usages

Les spécificités de la forte croissance urbaine connue par l'Afrique de l'Ouest, et au Sénégal en particulier, depuis une cinquantaine d'années sont déterminantes pour comprendre le rapport des urbains avec la végétation et doivent d'abord être rappelées dans cette introduction, avant d'être détaillées dans la première partie de cette thèse.

D'après le programme Africapolis (Denis *et al.*, 2008), l'urbanisation actuelle en Afrique de l'Ouest est forte et présente trois grandes caractéristiques : l'afflux de populations dans les grandes agglomérations qui a entraîné leur densification, la dissémination jusqu'à la formation d'une couronne périurbaine et la démultiplication des villes petites et moyennes. Ces dernières sont créées soit à partir de noyaux villageois existants (urbanisation *in situ*), soit sous la forme de villes nouvelles (urbanisation *ex nihilo*), comme c'est le cas actuellement pour la ville nouvelle de Diamniadio dans le Grand Dakar. Toutefois, il faut signaler que, le plus souvent, les différentes formes de croissance et d'extension urbaines se sont faites sous forme de rassemblements ou de concentrations non planifiées donnant naissance à de nouveaux quartiers ou de nouvelles agglomérations. Dans tous les cas de figure, l'urbanisation est à l'origine de changements majeurs qui affectent l'occupation et l'organisation de l'espace, avec une extension spatiale considérable des zones urbaines et périurbaines, qui se traduit, comme partout, par une augmentation des surfaces imperméabilisées et du sol nu, par extension du bâti et du réseau viaire, aux dépens notamment des surfaces cultivées et des écosystèmes naturels et semi-naturels. Une forme de végétation tend ainsi à disparaître, au profit d'autres formes beaucoup plus intégrées au tissu urbain.

Par ailleurs, l'augmentation de la part des urbains dans la population totale (Alexandre, 2017) s'est accompagnée ici de changements sociaux considérables avec l'arrivée de nouveaux urbains souvent pauvres et peu intégrés à l'économie non informelle.

L'urbanisation a gagné en périphérie, au détriment d'espaces qui, naguère, étaient plus ou moins naturels ou à vocation agricole (Merlin, 2000). Dès 2004, Niang soulignait la forte tendance à l'artificialisation des milieux naturels inclus dans l'agglomération dakaroise. Cette tendance aboutit « à la conversion des zones de végétation naturelle en zone de cultures ou la conversion des zones de cultures en zone d'habitation ». Ces changements d'utilisation du sol sont tels que depuis 1999, il n'y a pratiquement plus d'espaces couverts par une

végétation naturelle dans l'agglomération dakaroise, excepté la forêt classée de Mbao (Niang, 2004).

Pour les auteurs qui ont travaillé sur ce thème, la combinaison des facteurs naturels de dégradation du couvert végétal comme les épisodes de sécheresse sévère de 1973 et de 1984 et la variation interannuelle de la pluviométrie (Dacosta *et al.* 2002) et des facteurs de dégradation anthropique comme l'augmentation de la demande en produits végétaux et la pression foncière urbaine, ont conduit à des prélèvements incontrôlés (Boye, 2000) et à une certaine perte de la ressource et à un appauvrissement de la biodiversité végétale en ville sénégalaise.

Il faut également souligner dès cette introduction, le faible intérêt accordé à la gestion et à l'avenir des espaces végétaux dans les politiques d'aménagement et d'urbanisme actuellement menées au Sénégal. Du côté de la population urbaine, les habitants sont parfois peu ou mal renseignés sur les services et les fonctions (Selmi, 2014) qu'apportent la végétation dans un environnement urbain fréquemment pollué et dont les caractéristiques engendrent des îlots de chaleur. « La réorganisation de l'espace urbain a ainsi des conséquences souvent dommageables sur la couverture végétale et donc sur les services que la population peut en attendre » (Oura, 2012).

Pour autant, l'urbanisation n'est pas toujours synonyme de dégradation du couvert végétal. On en verra un contre-exemple dans la deuxième partie avec la ville de Touba, dont l'extension s'est accompagnée d'un développement de celui-ci. Des formes et des utilisations novatrices de végétation peuvent également naître de cette recomposition de l'espace urbain.

1.2 Les variations climatiques (fluctuation des précipitations, hausse des températures) et leur impact socio-environnemental dans les villes sahélo-soudaniennes

L'histoire climatique des 50 dernières années de l'Afrique de l'Ouest sahélo-soudanienne et donc du Sénégal a été marquée par une série d'années plutôt sèches durant la période 1968-1995, comparativement à la période précédente au cours du vingtième siècle, nettement plus humide (voir figure ci-dessous), oscillant entre des périodes de faible pluviosité, culminant pendant les grandes sécheresses des années 1972/1973 et 1983/1984, et des périodes de reprise de la pluviosité de façon presque cyclique sur des intervalles de 10 ans (Ndong, 1995). Bien que modeste et inégale suivant les années, on note depuis la deuxième moitié des années 1990 une certaine reprise de la pluviosité. La figure ci-dessous rappelle aussi que, en dehors de cette période climatique récente, en l'occurrence le Sahel, a déjà connu une période de sécheresse très sévère de 1910 à 1918 (Freudenberger *et al.*, 1989).

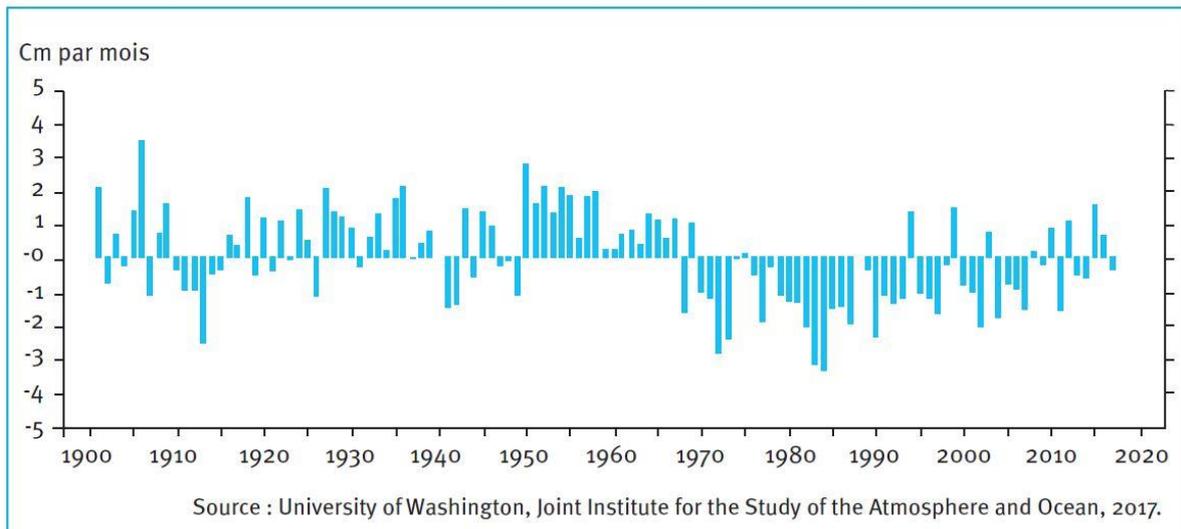


Figure 2 : Evolution 1900-2017 des écarts à la moyenne des précipitations d'hivernage (juin à octobre) dans la bande sahélienne (Source : Alexandre & Mering, 2019)

Un des points que devra éclaircir cette thèse sera de préciser le lien entre l'état du couvert végétal urbain et cette variation climatique récente. Cette dernière se manifeste en Afrique de l'Ouest, au Sahel en particulier, par une forte irrégularité intra et interannuelle des volumes précipités (Fall, 2014), mais aussi par une récurrence des inondations et des températures élevées accentuées par la constitution d'îlots de chaleur urbains. Le lien est d'autant plus complexe à établir que la variation climatique se combine et est amplifiée par des effets anthropiques, comme l'artificialisation des sols ou les fortes densités, la concentration humaine s'opérant le plus souvent de façon spontanée.

La fluctuation des précipitations conduit donc à des évolutions de la couverture végétale. En effet, la dynamique de la végétation est fortement dépendante de la variation de la pluviosité (Alexandre *et al.*, 2008) en Afrique de l'Ouest comme ailleurs. Le chapitre 5 reviendra sur ce sujet. Dans quelle mesure cela se traduit-il dans la végétation urbaine ? Quelles sont les conséquences de la variabilité pluviométrique sur la dynamique du couvert végétal des villes d'étude depuis la grande sécheresse de 1973 jusqu'à nos jours ? La présence de la végétation contribue-t-elle à atténuer les fortes températures de l'environnement urbain ?

Dans les villes d'étude, la variation des précipitations est aussi caractérisée par des épisodes de pluies diluviennes à l'origine d'inondations qui ont causé d'énormes dégâts matériels, voire en pertes de vies humaines, elles se produisent fréquemment depuis 2000 notamment à Dakar et Touba. Les eaux de ruissellement ont aussi un impact sur le couvert végétal en ville par exemple en dessouchant surtout les arbres d'alignement.

Le réchauffement climatique (phénomène global) se manifeste par ailleurs dans les villes par des épisodes plus fréquents de canicule et des températures élevées tout au long de l'année. La constitution d'îlots de chaleur urbains (phénomène local) accentue le phénomène.

Dans le contexte sahélien habituellement marqué par de fortes chaleurs, ces îlots se constituent en lien avec la régression de la végétation, la baisse de la ventilation en ville, l'utilisation de matériaux de construction de faible albédo, la hausse des émissions de gaz à effet de serre liées à la concentration des activités industrielles, à la vétusté du parc automobile, aux dépôts sauvages et à l'incinération des déchets dans des zones fortement habitées à l'exemple de la décharge de Mbeubeuss à Malika (agglomération dakaroise). Tout ceci a localement accentué le réchauffement du microclimat urbain, avec des impacts sur le confort thermique et les conditions de vie des citoyens. La pollution atmosphérique entraîne aussi un « problème de santé publique dans les villes où les maladies pulmonaires chroniques et cardiovasculaires constituent la principale cause de mortalité chez les enfants en ville » comme l'écrit Faye (2019), dans un article destiné à sensibiliser le grand public. Cela est vrai notamment dans l'agglomération dakaroise. Une récente étude de l'Organisation mondiale de la santé (OMS², 2019) classe l'agglomération dakaroise à « la deuxième place des villes les plus polluées au monde ».

On le voit, la question écologique aux multiples enjeux n'échappe pas aux villes sénégalaises et ce sera un des autres objectifs de cette thèse que d'examiner l'insertion de la végétation dans l'espace urbain et péri-urbain en rapport avec cette question, en interrogeant les politiques publiques d'aménagement des villes sénégalaises.

De même, il faudra examiner les projets de (ré)végétalisation des villes pour créer un environnement plus sain et viable (ATMO, 2015 ; Pommier, Gutleben *et al.*, 2014 ; Laille *et al.*, 2014) à travers des reboisements participatifs portés par des acteurs locaux (les habitants, les associations de quartiers, les groupements de femmes, etc.) et la maîtrise de l'urbanisation informelle.

1.3 La nouvelle société urbaine et la question des usages de la végétation (alimentation, bois-énergie, pharmacopée traditionnelle)

La question de la végétation dans les villes sénégalaises doit enfin tenir compte des mutations entraînées par la croissance du nombre d'urbains qui a profondément transformé la sociologie des villes et les attentes des habitants. La croissance de la population urbaine est alimentée, d'une part, par l'exode rural dont l'agglomération dakaroise continue d'absorber l'essentiel, et, d'autre part, par l'accroissement naturel marqué dans l'ensemble par un fort indice de fécondité quoique celui-ci soit récemment en baisse. L'apport de l'exode rural (spécifié pour chacune des villes d'étude dans le chapitre 2) dans le gonflement de la population urbaine est plus fort que celui de l'accroissement naturel. Par ailleurs, l'exode vers les villes capitales s'est dernièrement diffusé depuis les années 1960 (indépendance) et 1970 (épisode de crise climatiques) en raison de la réorientation des flux migratoires au profit des centres régionaux secondaires y compris petits ou vers des migrations internationales. En Afrique de l'Ouest, l'effet combiné du bilan migratoire et du bilan naturel alimenté par un taux

² Site officiel de l'Organisation mondiale de la santé

de fécondité encore élevé a entraîné une augmentation fulgurante des urbains entre 1950 et 2000 qui a été multipliée par 16 (Denis *et al.*, 2008). Le mouvement s'est poursuivi au XXI^e siècle.

Cette croissance de la population urbaine a entraîné une augmentation de la demande en produits végétaux. La flore locale est principalement sollicitée pour satisfaire cette demande qui est plus forte dans les centres régionaux notamment à Ziguinchor. Ces prélèvements, généralement effectués pour satisfaire les besoins repris précédemment, ne sont pas *a priori* considérés comme des facteurs dégradants de la végétation en milieu urbain. Pourtant, l'intensité des prélèvements et des usages de la végétation en zone urbaine ne sont pas sans conséquence sur l'évolution du couvert végétal, même s'il est difficile de l'évaluer. L'urbanisation a cependant participé à la déperdition de ces pratiques.

2. Objectifs de la thèse

Prises séparément, l'urbanisation et la végétation ont été largement étudiées ces dernières décennies. Pourtant, peu d'études sont consacrées à la place de la végétation dans les villes sénégalaises. Le premier objectif de cette thèse sera donc de combler ce manque en combinant biogéographie, analyse d'images et géographie urbaine, sur un sujet dont on vient de voir qu'il est primordial pour définir ce que pourrait être une ville africaine durable et viable, où la végétation offrirait des services comme l'atténuation des îlots de chaleur, la réduction de la pollution atmosphérique ou dans la lutte contre les inondations ainsi que de nouvelles ressources à travers sa contribution dans la sécurité alimentaire et en revalorisant l'agriculture urbaine.

La végétation du Sénégal est bien documentée depuis l'étude classique de Trochain (1942) ou la flore de l'abbé Berhaut, (1967) mais les études de la végétation urbaine ne font l'objet que d'approches sectorielles dans le domaine de l'ethnobotanique par exemple ou bien d'études locales notamment sur les questions d'agriculture et de foresterie urbaines par exemple sur les niayes de Dakar ou sur la végétation à Ziguinchor.

Le constat est encore plus vrai sur les études urbaines au Sénégal, dont le nombre est très grand, mais qui mettent peu l'accent sur ces aspects. Une partie de ces études traite de façon approfondie des questions liées à la quantification de la croissance spatiale des villes ainsi qu'à l'augmentation et à la diffusion des villes moyennes et petites (Denis *et al.*, 2008) et à la mutation fonctionnelle des espaces urbains et une grande partie de la production scientifique en études urbaines se place cependant sur la question du mal-développement de la ville africaine et sur la géographie sociale. En revanche, l'évolution spatio-temporelle du modèle de dissémination de la végétation dans le tissu urbain sénégalais est très peu abordée.

Cette thèse propose en s'appuyant sur une approche méthodologique utilisant la télédétection et les études de terrain, combinant analyse du paysage végétal, relevés de la flore (en particulier ligneuse) et enquêtes auprès de la population et des acteurs pour réaliser une série d'objectifs pratiques qui constituent l'apport original de cette thèse :

- ✓ Cartographier par télédétection l'occupation du sol et les changements intervenus sur celle-ci dans les villes d'étude et leurs auréoles périurbaines entre 1973 et 2017, avec un regard particulier porté sur l'évolution de la couverture végétale. Il s'agit de mener une analyse rétrospective de l'ensemble des unités de la couverture du sol pour identifier et localiser les principaux changements enregistrés sur les paysages au regard des phénomènes identifiés ci-dessus dans la contextualisation ;
- ✓ Cartographier et quantifier l'extension urbaine de l'agglomération dakaroise et des villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda du début des années 1990 à 2017 en rapport avec la place qu'occupe la végétation au sein du tissu urbain ;
- ✓ Évaluer les conséquences de la variation de la pluviosité et autres changements environnementaux sur l'évolution du couvert végétal urbain. Pour cela, je croiserai les périodes de ruptures et de changements climatiques avec les cartes des changements de l'occupation du sol ;
- ✓ Cerner la perception et les représentations des habitants et des acteurs-décideurs sur les changements socio-environnementaux, sur les types et l'évolution des usages de la végétation en ville ;
- ✓ Déterminer le rôle de la végétation dans le microclimat urbain, par exemple, en contribuant à l'atténuation des températures locales et la dispersion des eaux de ruissellements. On examinera particulièrement le phénomène de « l'îlot de chaleur urbain » et sa spécificité dans des villes aux caractéristiques bioclimatiques et physiques diverses du domaine sahélo-soudanien ;
- ✓ Recenser les espèces ligneuses dans les villes d'étude en prenant en compte leur place différente suivant le type de quartiers auquel on a affaire : quartiers populaires/périphériques ou quartiers résidentiels/centraux. Pour cela, deux îlots serviront d'échantillon pour chacune des villes d'étude, placées dans un contexte phytoclimatique diversifié.

La démarche adoptée pour atteindre ces objectifs se déclinera en trois grandes parties, les deux premières sont composées chacune de trois chapitres et la dernière de quatre chapitres.

3. Plan de la thèse

Cette thèse s'organise de la manière suivante :

La **première partie** est consacrée à la place réservée à la végétation lors du processus d'urbanisation, peu après l'indépendance, de l'agglomération dakaroise et des centres régionaux de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda. Pour y parvenir, cette partie combine une étude bibliographique de l'évolution urbaine et démographique du Sénégal en général et des sites d'étude en particulier et des observations préliminaires de terrain. Ainsi le **chapitre 1** présente-t-il les formes de végétation répertoriées au sein du tissu urbain et périurbain des zones d'étude. Le **chapitre 2** est consacré à la cartographie et à la quantification de l'extension urbaine qui engendre de nombreux changements socio-environnementaux dont ceux affectant les paysages végétaux des villes étudiées. Il permet également de retracer l'histoire et la trajectoire de l'urbanisation en reprenant les caractéristiques de la démographie urbaine au Sénégal. Le **chapitre 3** expose la méthode utilisée dans cette thèse qui s'appuie sur plusieurs techniques sur lesquelles on se base pour effectuer les analyses. Après la présentation de la méthode, une étude climatique est effectuée dans la dernière sous-partie du chapitre. Cette étude doit à la fois nous guider dans le choix des dates de prises de vue des images multi-spectrales et permettre d'établir une éventuelle conséquence de la récente variation pluviométrique sur la dynamique des paysages végétaux urbains.

La **deuxième partie** a pour objectif de montrer la dynamique et les changements affectant les unités paysagères notamment végétale des sites étudiés de 1973 à 2017. Le **chapitre 4** présente les choix méthodologiques adoptés pour cartographier à distance l'occupation du sol et ses changements des villes d'étude à partir d'images de haute résolution. Le **chapitre 5** est consacré à l'application et au test de la méthode sur la scène de 1990 de l'agglomération dakaroise mais aussi à la présentation des résultats cartographiques de 1973 et de 2017. Et enfin le **chapitre 6** présente les résultats cartographiques de l'occupation du sol et de ses changements des villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda pour la période de 1973 à 2017.

La dernière et **troisième partie** de cette thèse aborde les perceptions des habitants sur les changements socio-environnementaux et les nombreux services et biens fournis par la végétation en zone urbaine (écologiques, alimentaires, énergétiques et pharmaceutiques). Le **chapitre 7** reprend l'étude floristique et la répartition des arbres dans les quartiers périphériques/populaires et les quartiers centraux/résidentiels des villes d'étude. Le **chapitre 8** est consacré à l'exploitation des données d'enquêtes recueillies sur le terrain pour mieux cerner les représentations et les perceptions des sociétés urbaines face aux changements socio-environnementaux dont ceux enregistrés sur le couvert végétal et aux usages de la végétation. Pour finir ce mémoire, les **chapitres 9 et 10** montrent les multiples fonctions, services et usages de la végétation en ville par les habitants.

4. Le choix des villes d'étude

La croissance urbaine se fait, en Afrique subsaharienne, dans les capitales nationales et dans les grandes agglomérations, ce qui est bien connu, mais aussi dans les villes petites et moyennes, ce qui n'a été souligné que plus récemment (Lombard *et al.*, 2019). Ceci nous a guidé dans notre volonté d'examiner la dynamique des paysages végétaux à la fois dans l'agglomération dakaroise et dans trois des centres régionaux sénégalais : Touba, Tambacounda et Ziguinchor (Fig. : 4) et le choix s'est porté pour des raisons qui sont listées ci-dessous. L'urbanisation sénégalaise est marquée par le poids écrasant de la région capitale Dakar. L'indice de primatie, calculée dans le chapitre 3, montre qu'on passe sans transition de l'agglomération dakaroise à des villes que l'on peut qualifier de moyennes, même si leurs populations ont connu un essor considérable ces dernières décennies. Cette croissance récente plus ou moins vive s'accompagne d'une prise en compte de la place du végétal sans qu'il y ait le même héritage qu'à Dakar.

La thèse devait aussi porter sur une cinquième ville, Kédougou qu'il avait semblé intéressant d'ajouter en raison du mouvement récent d'urbanisation récente des régions restées jusqu'ici à l'écart (Lombard *et al.*, 2019). Finalement, l'éloignement a rendu trop difficile le maintien du site de Kédougou, difficilement compatible avec des missions limitées dans le temps, au cours desquelles il fallait visiter au moins deux sites pour réaliser des enquêtes, des inventaires floristiques, des observations et des prises d'images. La décision d'écarter Kédougou a de plus été prise pendant ma deuxième mission, ayant été malade un jour après mon arrivée sur place, ce qui m'a obligé à retourner à Tambacounda pour bénéficier de soins. J'ai décidé de ne pas retourner à Kédougou durant ma dernière mission, le temps étant trop court et parce qu'il a semblé préférable de compléter les données des autres sites et faire les entretiens fixés précédemment. De plus, l'obligation d'effectuer ces missions durant les vacances scolaires françaises, donc pendant la saison pluvieuse, s'est révélée inadaptée pour faire des inventaires sur la végétation permanente en raison de l'abondance des espèces annuelles.

Les critères de choix des terrains ont été d'ordre démographique (le rythme de croissance de la population urbaine, répartition de celle-ci au sein de la ville...), urbanistique (la croissance urbaine, l'extension urbaine et le mode d'urbanisation) et environnemental (état et composition du couvert végétal et son rôle en ville). Le critère climatique a également influencé nos choix pour exprimer la variété des domaines bioclimatiques du sahélien au soudanien. Nous avons donc retenu :

- a) - L'agglomération dakaroise, seule parmi les villes sénégalaises à entrer dans la catégorie des grandes métropoles africaines ;
- b) – Trois des principaux centres régionaux du Sénégal
 - Touba, ville sahélienne et ville sainte du mouridisme en très forte expansion démographique ;

- Ziguinchor, centre politique et pôle démographique de la Casamance au sortir d'un long conflit ;
- Tambacounda, principal centre régional du Sénégal oriental, urbanisé plus tardivement.

Première Partie : Croissance et extension spatiale des villes sénégalaises : quel effet sur la distribution de la végétation au sein des espaces urbains et péri-urbains ?

SOMMAIRE PREMIERE PARTIE :

Chapitre 1 : Inventaire et typologie des formes de végétation dans les villes sénégalaises

Chapitre 2 : La question de la végétation dans le contexte de la forte croissance de la population urbaine et de l'extension spatiale des agglomérations au Sénégal

Chapitre 3 : Méthodologie et choix du cadre temporel (1973-2017) dicté par la variabilité pluviométrique récente

Le processus d'urbanisation au Sénégal se traduit par l'extension spatiale de quartiers dont la majorité échappe encore aux règles d'aménagement rationnel. Ces quartiers dits informels, fleurissent autour d'autres quartiers dits réguliers. Pour les deux types de quartiers, il existe une forte pression sur l'occupation du sol souvent de façon anarchique avec des conséquences parfois dommageables sur le couvert végétal urbain et sur l'organisation de l'espace. Les politiques de planification urbaine restent donc limitées. En plus de ces caractéristiques propres au phénomène d'urbanisation au Sénégal, d'autres facteurs tels que les usages et les pratiques culturelles autour de la végétation, ou les variations climatiques notamment pluviométriques ont façonné différentes formes de végétation au sein des villes étudiées (chapitre 1). Dès le début du chapitre 1, les notions ou concepts en lien avec la végétation en ville seront repris et re-contextualisés dans le cadre des villes sahéliennes et des pays du sud pour diminuer le décalage qui existe parfois entre la définition d'un paysage et la réalité du terrain. Le chapitre 2 reviendra sur la trajectoire démographique et urbaine des villes d'étude. On fera l'état des lieux des connaissances sur les questions de l'urbanisation récente et rapide et sur ses effets sur le couvert végétal. La forte croissance de la population urbaine, notamment à Dakar et à Touba, a aussi un impact sur l'intensification des prélèvements et sur l'évolution des usages de la végétation. Cette urbanisation sera cartographiée et quantifiée pour les quatre villes toujours dans le chapitre 2 afin de visualiser l'extension spatiale de celles-ci et de déterminer le mode d'urbanisation. Cela nous aidera à déceler le modèle de distribution de la végétation dans chaque site d'étude. Le chapitre 3 sera consacré à la présentation des choix méthodologiques et à la réalisation d'une étude climatique pour nous guider dans le choix des dates des images multispectrales afin de cartographier par télédétection l'occupation du sol et ses changements.

Chapitre 1 : Inventaire et typologie des formes de végétation dans les villes sénégalaises

Ce chapitre est entièrement consacré à répertorier les formes de végétation des villes d'étude de façon à tenter un essai de typologie de la végétation urbaine au Sénégal. Il n'y a pas à proprement parler de définition de ce que l'on peut appeler une « forme de végétation », employé aussi bien pour les formes de vie (par exemple dans la classification de Raunkjaer) que pour des types paysagers, ce qui sera plutôt le cas ici. L'hétérogénéité des objets étudiés - d'un côté, des formations végétales, de l'autre des arbres isolés - implique que l'on ait recours à cette expression. Les formes de végétation rencontrées dans les villes sénégalaises diffèrent selon les usages, les fonctions écosystémiques, les législations des espaces qui les accueillent et leur emplacement dans le tissu urbain. Sur cette base, on peut en faire une typologie.

En effet, en milieu urbain et périurbain, la végétation pousse dans des espaces aux vocations diverses et couvre un ensemble de formations arborées et arbustives avec une large gamme d'espèces (Bellefontaine *et al*, 2001). Par ailleurs, l'originalité des formes de végétation dans les villes d'Afrique de l'Ouest en général et du Sénégal en particulier tient à la dissémination d'arbres souvent isolés, y compris dans les quartiers populaires et périphériques. Ces ligneux sont essentiellement constitués d'espèces plantées dans les rues, exogènes comme le neem (*Azadirachta indica*), mais aussi indigènes comme le caïlcédrat (*Khaya senegalensis*).

Avant de commencer l'essai de typologie des formes de végétation présentes au niveau des sites d'étude, certains concepts et notions comme annoncé doivent être rappelés et réadaptés au contexte socio-climatique des villes ouest africaines, ici sahéliennes et soudaniennes.

1. Notions utiles pour l'étude de la végétation dans les villes d'Afrique de l'Ouest

Cette étude qui se place dans le domaine de la géographie de l'environnement croise celui de la géographie urbaine, et prend en compte la géographie sociale par le biais des questions environnementales liées à l'utilisation des ressources, ici végétales. La question de la végétation dans les villes africaines peut se diviser en trois temps de mise en place. Le premier temps est l'héritage datant d'avant la colonisation, d'une utilisation traditionnelle de la végétation autour de l'agriculture urbaine, de l'agroforesterie urbaine et de la foresterie urbaine. Cet héritage intéresse à nouveau beaucoup ces dernières années à la faveur de la question environnementale et de la question des ressources pour les populations.

Le deuxième temps interroge les modifications apportées par la colonisation qui a introduit la végétation dans l'espace public avec la création dans les quartiers coloniaux d'un certain nombre d'espaces verts, de parcs et de jardins. Depuis l'indépendance, cet urbanisme importé est plus ou moins repris par les pouvoirs en place. Dans le même temps, la colonisation a aussi été marquée dans les quartiers européens et résidentiels par l'installation des jardins privés avec des espèces ornementales et des allées végétalisées.

Dans un troisième temps, la période contemporaine caractérisée par un contexte de changements climatiques – avec la période de péjoration de la pluviosité des dernières décennies du XX^e siècle - qui a fortement amplifié l'exode rural, la question de la végétation se pose en termes socio-environnementaux (ce qui est repris dans le titre de cette thèse). Dans ce contexte, on attend de la végétation qu'elle soit une ressource pour les populations ce qui engendre une pression sur la ressource elle-même, des tensions entre les populations surtout lors des périodes de sécheresse, mais aussi une forte concurrence foncière compte tenu de l'urbanisation très rapide. Des notions nouvelles, forgées dans un tout autre contexte, telles que les services écosystémiques, l'espace végétal urbain et les connecteurs écologiques ont surgi pour l'amélioration du bien-être humain (Chiesura, 2004).

Nous allons donc faire une rapide revue de ces notions

- **Espace vert**

On peut s'appuyer sur la définition proposée par le CERTU³ (2009) qui semble la plus adaptée aux espaces verts des pays en voie de développement parce que prenant en compte l'aspect institutionnel souvent occulté dans les définitions, « sous le terme d'espace vert sont regroupés tous les espaces végétalisés, arborés ou non, qui prennent place dans le tissu urbain. Qu'ils soient publics ou privés, ouverts ou fermés aux habitants, les espaces verts ménagent une discontinuité végétale entre les zones bâties et les annexes minéralisées. Ils composent un

³ Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme

maillage interstitiel de verdure et ils se définissent par opposition aux espaces construits » (CERTU, 2009).

Dans le contexte sénégalais, nous pouvons ajouter deux éléments essentiels à la définition du CERTU, les espaces verts sont des lieux publics aménagés et les organismes aménageurs sont aujourd'hui les municipalités qui depuis la loi de décentralisation (communalisation exhaustive) sont chargées de la gestion, mais elles peuvent sous-traiter cette fonction à des entreprises privées.

Le terme permet une large utilisation et son contenu peut varier en fonction des acteurs. Que recouvre alors le terme espace vert dans les villes sénégalaises ? Dans le Code de l'urbanisme titre III-article 16 sont classés comme espaces verts urbains : les jardins publics, les places publiques, les places de jeux, les pelouses et aires de jeux des stades appartenant à l'État, les jardins des équipements publics, les parcs urbains, les coupures vertes, zones de dépressions humides, les abords de plans et cours d'eau urbain, les plantations d'accompagnement des boulevards, avenues et rues classées en grande voirie urbaine, les jardins des palais nationaux, des hôtels de fonction des gouvernances et préfectures. Il est mentionné dans l'article 17 que les plans d'urbanisme peuvent classer comme espaces verts à conserver ou à créer, les bois, forêts et sites naturels situés dans les agglomérations ou leur environnement, après avis du Ministre chargé des Eaux et Forêts (code de l'urbanisme du Sénégal, 2008)⁴.

- **Jardin public**

Caroline Mollie-Stefulesco (2009) définit le jardin public comme un « espace aménagé comportant un choix de végétaux dont la disposition, la culture et l'entretien obéissent à des intentions de raffinement ».

Cette définition de Mollie-Stefulesco met en avant les fonctions esthétiques et d'embellissement des jardins publics, mais ces derniers remplissent également des fonctions sociales (lieu de rencontre, d'échange et de détente des habitants) et écologiques.

Au Sénégal, l'entretien de ces jardins pose souvent problème aux municipalités qui manquent cruellement de moyens financiers. Dans les quartiers résidentiels, ils sont très bien entretenus avec des modèles de jardins à l'européen, cependant, dans les quartiers résidentiels populaires, ils sont juste clôturés avec quelques bancs installés très souvent sans aménagement végétal.

La composition floristique est parfois monospécifique dans quelques jardins, à l'exemple de Tambacounda où le jardin public est peuplé par une seule espèce végétale arborée.

⁴ Mise en ligne en 2010 : http://www.jo.gouv.sn/imprimer.php3?id_article=7177

Cependant, les choix végétaux de certains jardins (de la place de l'Indépendance et de la place de la Nation) de l'agglomération dakaroise et du jardin de la Gouvernance de Ziguinchor sont plus ou moins diversifiés.

- **Parc urbain**

Emmanuel Boutefeu a défini le parc urbain comme « un espace public, clos ou non, allant de 5 à 3 000 hectares, aménagé à des fins récréatives, composé de pelouses d'agrément, d'arbres d'ornement et de massifs floraux, généralement doté d'un plan d'eau, et dont l'emprise est souvent mitoyenne d'une propriété privée ou attenante à une propriété publique » (Boutefeu, 2005).

En dépit du faible nombre de parc urbain au Sénégal, le seul existant « officiellement » possède tous les critères repris par Boutefeu. Il s'agit du parc urbain de Hann, situé dans l'agglomération dakaroise, qui abrite également un carré botanique servant de laboratoire d'étude et un carré zoologique.

- **Espace végétal urbain (EVU)**

L'appellation « espace végétal urbain » englobe l'ensemble des formations végétales aménagées ou non (arbres, arbustes et herbes isolés ou groupés, plantations d'alignements, zones de cultures légumières ou fruitières, parcs, jardins, forêt ...), prenant exclusivement place dans le tissu urbain.

Cette expression prend cependant peu en compte les aspects fonctionnels et institutionnels des espaces abritant les végétaux, en mettant le focus sur la localisation, critère primordial, de ces derniers dans le tissu urbain. Face au décalage entre les termes employés pour qualifier ces espaces et la réalité, l'EVU semble le plus adapté. Il correspond également le mieux au modèle de dissémination de la végétation dans les villes sénégalaises.

- **Foresterie urbaine**

La définition de la foresterie adaptée à partir de celle de Carter (1995), correspond au mieux au cas sénégalais : « La foresterie urbaine est l'aménagement des arbres réalisée de telle manière qu'ils contribuent au bien-être physiologique, sociologique et économique de la société urbaine. Elle concerne les terres boisées et les arbres groupés ou isolés des lieux habités ; elle revêt de multiples aspects car les zones urbaines contiennent une grande variété d'habitats (rues, parcs, coins négligés, etc.) auxquels les arbres apportent leurs nombreux avantages et problèmes. » (Ngarmari *et al.*, 2012)

Il faut souligner d'emblée, l'importance des apports nutritionnels des arbres urbains dans la diversification des régimes alimentaires surtout dans les villes de la Casamance. En effet, les contributions économique et alimentaire des arbres urbains sont plus intégrées, dans le choix et l'aménagement des essences, par les habitants de la ville de Ziguinchor que par ceux des autres villes d'étude comme Touba et Tambacounda.

Dans ces dernières, les habitants soulignent moins l'apport alimentaire et l'importance économique des arbres en ville, ce qui se reflète sur le choix des essences qui sont essentiellement des espèces non comestibles. La foresterie urbaine est plus pratiquée dans la ville de Ziguinchor où les arbres apportent de l'argent à travers le petit commerce des fruits et de la nourriture (fruits et des feuilles) aux foyers très souvent démunis. La foresterie urbaine est à distinguer de la forêt urbaine ou périurbaine qui découle d'une volonté de maintenir ou de créer dans les villes et leurs périphéries un écosystème forestier. On peut citer l'exemple de la forêt urbaine de Mbao et de la forêt périurbaine au Sud de la ville de Ziguinchor qui sont toutes sous la pression de l'urbanisation.

- **Connecteur écologique**

La « trame verte urbaine », la « ceinture verte » et la structure verte qui prônent la mise en réseau des espaces à caractère naturel et semi-naturel (Warnia, 2007), ne semblent pas être une préoccupation des politiques au Sénégal. Par-ailleurs, pour sauvegarder la biodiversité animale et végétale dans certaines grandes villes, il faut absolument créer des connecteurs écologiques qui mettront en lien les micros zones naturelles et semi-naturelles au sein des villes « très utiles pour les micromammifères » (Clergeau, 2007). Certes, la mise en place de tel connecteur écologique dans des villes parfois construites de façon spontanée (quartiers populaires et bidonvilles) et dont les plans directeurs prennent rarement en compte les aspects environnementaux peut être compliquée.

Pourtant, l'agglomération dakaroise et la ville de Ziguinchor possèdent déjà des milieux naturels pouvant former un réseau écologique mais la volonté politique nécessaire pour la réalisation de ces connecteurs fait défaut. En effet, la trame des Niayes est un excellent connecteur écologique de base pour créer une trame verte et conserver la biodiversité animale et végétale dans l'agglomération dakaroise. Malheureusement, les Niayes de Dakar sont aujourd'hui fortement grignotées par les habitations.

Les bas-fonds de la ville de Ziguinchor peuvent constituer une excellente trame ou ceinture verte dans laquelle activité maraîchère, conservation de la biodiversité notamment végétale et une volonté politique peuvent sauver ces bas-fonds de la forte urbanisation. Cependant, l'augmentation continue et rapide de la population et la saturation de la ville ont

engendré une course vers le foncier urbain poussant ainsi les politiques à procéder à des lotissements y compris sur des zones non *ædificandi* comme les bas-fonds et les rizières.

- **Services écosystémiques**

En 2005, le « Millennium Ecosystem Assessment » (MEA)⁵ a élaboré son propre cadre conceptuel définissant les services écosystémiques comme l'ensemble des bénéfices rendus par les écosystèmes (Fig. : 3), il s'agira dans le cadre de ce travail des écosystèmes végétaux. Le MEA propose une typologie en quatre grandes classes de services écosystémiques (MEA, 2005) :

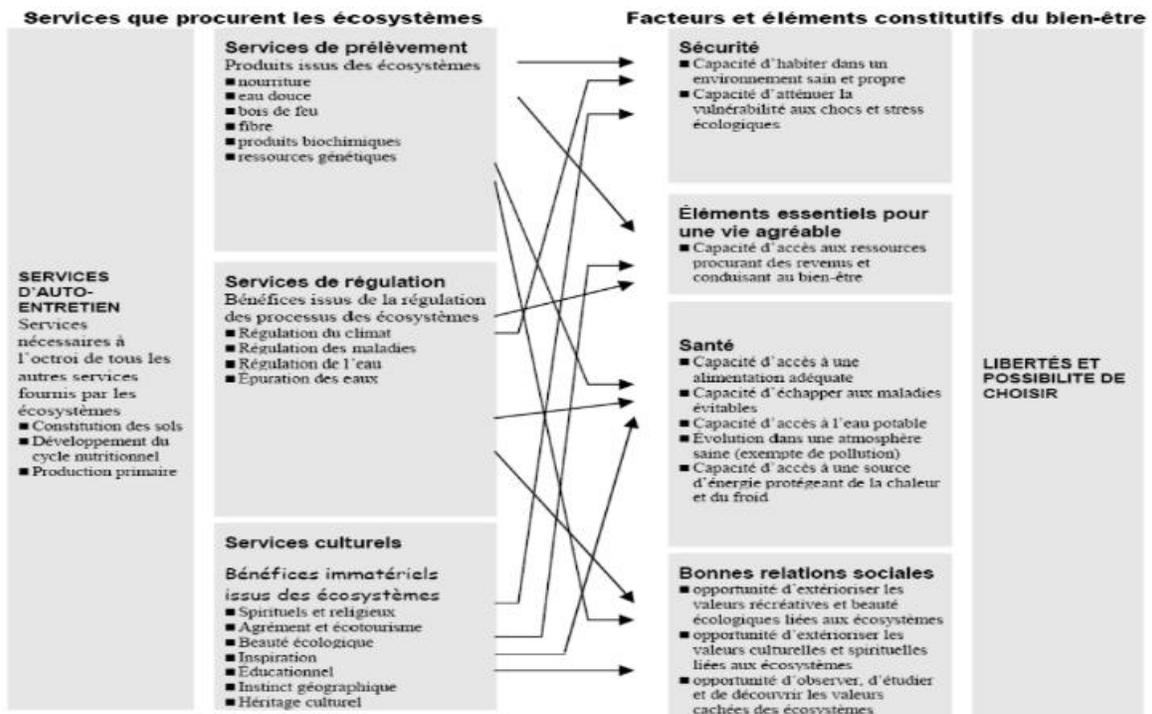
- les services d'approvisionnement qui sont les biens et les produits procurés à partir des écosystèmes dont végétaux (nourriture, bois-énergie, bois de service, phyto médicament, économique, etc.). En effet, les végétaux en ville comme en campagne au Sénégal assurent des services alimentaires à travers les prélèvements de feuilles et de fruits sur des espèces comestibles, énergétiques comme le bois-énergie (charbon et bois de chauffe) qui est la principale source d'énergie au Sénégal, économique avec l'agriculture urbaine et périurbaine basée essentiellement sur l'arboriculture et l'horticulture et enfin médicaux. Ces services rendus par la végétation sont inégalement exploités et accessibles par les sociétés des villes d'étude, exemple, à Ziguinchor, les habitants profitent plus des services contrairement aux dakarois et aux Toubiens en raison de la proximité et de la diversité des végétaux. Ces services seront détaillés pour chaque site d'étude dans la troisième partie de cette thèse ;
- les services de régulation issus de la régulation des processus écosystémiques (séquestration du carbone, régulation thermique du microclimat urbain, protection des sols, écoulement des eaux pluviales, amélioration de la qualité de l'air, etc.). L'une des fonctions les plus importantes que procurer les végétaux à l'environnement est certainement celui de la purification de l'air, en produisant de l'oxygène grâce aux mécanismes de la photosynthèse. Ils réduisent les gaz polluants qui constituent le smog des grandes villes et captent également en partie des fines particules en suspension dans l'air (Lessard & Boulfroy, 2008 ; Nowak, Greenfield *et al.*, 2013). Les végétaux participent également à la diminution de la température ambiante en modifiant le degré d'humidité locale grâce à la production de vapeur d'eau dans l'atmosphère par évapotranspiration (Lessard & Boulfroy, 2008). L'imperméabilisation des sols en ville limite fortement l'infiltration des précipitations ce qui peut provoquer des inondations et des dégâts

⁵ L'évaluation des écosystèmes pour le millénaire (MEA) 2001-2005 :

- Lancé par l'ONU en 2001 afin de répondre aux besoins des décideurs en matière d'information scientifique sur les liens entre changements au niveau des écosystèmes et bien-être de l'homme (objectif du SMDD de Johannesburg 2002)
- 2003 : Les écosystèmes et le bien-être de l'homme : un cadre d'évaluation (cadre conceptuel et objectifs)

(ravinement) notamment dans les villes de Ziguinchor et de Tambacounda et des eaux chargées de polluants. Les végétaux urbains jouent un rôle important dans la gestion des eaux pluviales c'est-à-dire qu'ils permettent l'infiltration de l'eau, la dispersion et dans le retardement du ruissellement pour éviter les ravins (Laille *et al.* 2013). Les végétaux peuvent également améliorer et protéger la structure des sols. Ils améliorent la qualité du sol en participant, entre autres, à un enrichissement de la matière organique du sol grâce à la litière de feuilles, fruits et fleurs fournis par les arbres. Ils stabilisent également le sol grâce à l'enracinement profond des arbres, limitant ainsi l'érosion ;

- les services culturels non matériels (éducation, détente, loisir, lien sociale, etc.). Les espaces végétaux offrent localement des opportunités d'interaction et de cohésion sociale, ce sont des lieux de rencontre, de détente et de récréation. Ils peuvent renforcer le sentiment d'appartenance communautaire, à travers des luttes de conservation menées par les communautés. Certains parcs comme celui de Hann et boisés urbains sont des milieux privilégiés de rencontre avec le milieu naturel pour l'interprétation de la nature, la sensibilisation à la conservation des espaces verts et la vulnérabilité scientifique des phénomènes écologiques mais aussi de pratiques religieuses comme les bois et les arbres sacrés à Ziguinchor ;
- les services de soutien qui maintiennent la production des trois premiers services (production de la biomasse, cycle de l'eau, cycle des éléments nutritifs, etc.).



Source : Millennium Ecosystem Assessment, 2005

Figure 3 : Les services écosystémiques selon Millennium Ecosystem Assessment

2. Essai de typologie des formes de végétation dans les villes sénégalaises : méthode

Un premier travail de repérage des formes de végétation a été effectué à l'aide d'images aériennes obtenues grâce à Google Earth avant de se rendre sur le terrain. Ce travail de repérage avait pour but de faciliter l'identification et la disposition des espaces en végétation dans les villes et d'aider aux choix des îlots à visiter lors des visites de terrain. Les formes de végétation identifiées dans ces îlots seront illustrées par des panoramas photographiques composés avec les clichés pris lors des enquêtes de terrain.

Sous l'influence de nombreux facteurs, notamment urbains (étalement urbain, densité de population, densification du bâti), mais aussi culturels, environnementaux (particularité du climat urbain) et politiques, la végétation se différencie au sein de l'espace urbain sénégalais. Pour identifier ces formes, deux critères ont guidé la typologie :

- les statuts de propriétés des espaces végétalisés (Fig. : 5) distinguant notamment espaces publics et espaces privés ;
- les fonctions ou services (Tableau 1) selon l'emplacement des végétaux dans le tissu urbain (APPA⁶, 2014).

D'autres critères ont également influencé : végétation au sol / végétation hors sol ; taille des végétaux ; niveau d'aménagement des espaces végétaux ; législation organisant les espaces végétaux urbains.

La figure 4 ci-dessous permet de visualiser la répartition des espaces où la végétation entre pour une part prépondérante dans le tissu urbain des sites étudiés et leurs environs. La méthode suivie pour obtenir ces cartes sera explicitée et discutée dans la deuxième partie de cette thèse.

⁶ APPA : Association pour la prévention de la pollution atmosphérique de Nord-Pas de Calais.

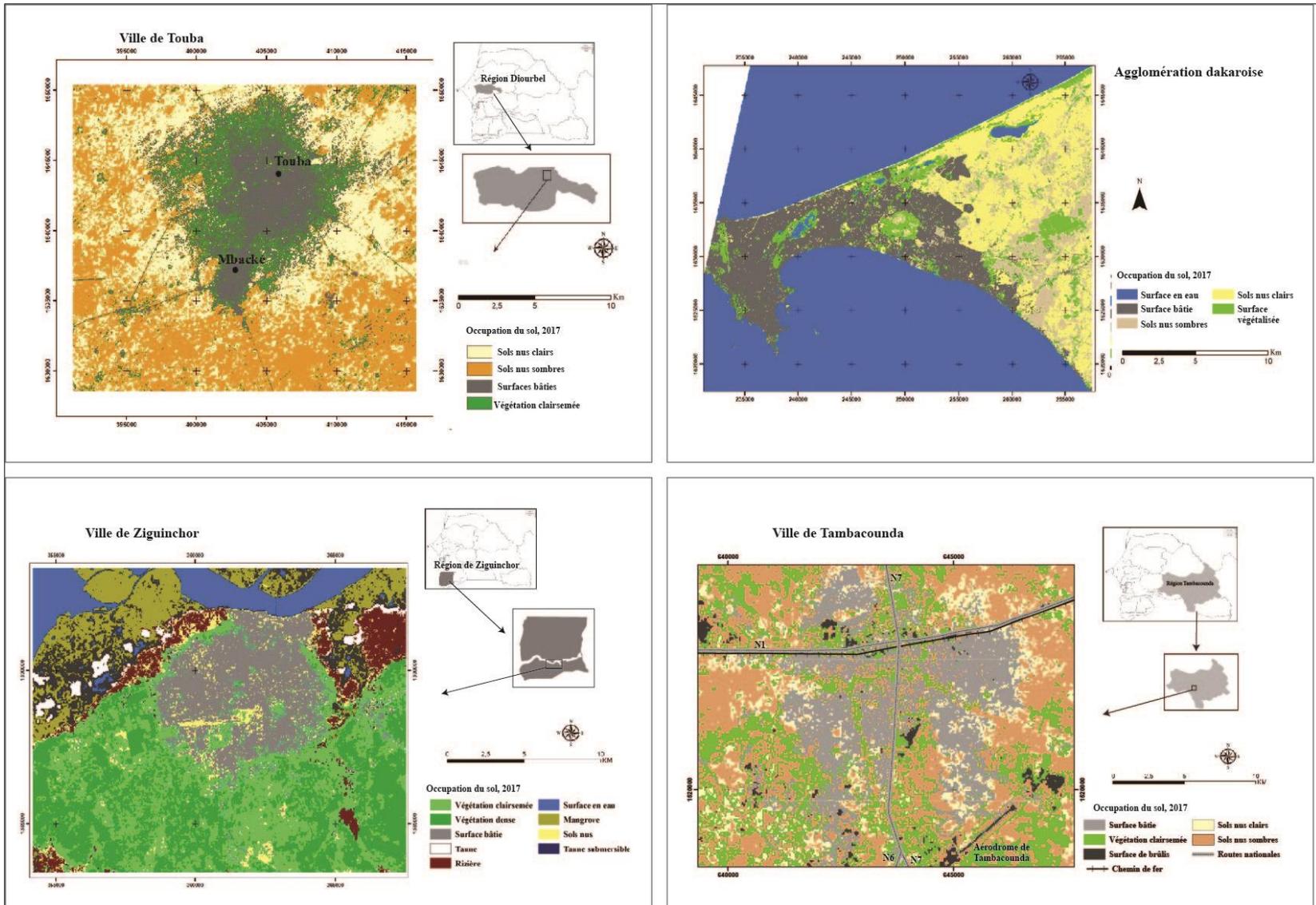


Figure 4 : Distribution de la végétation dans les villes d'étude

Mettre en place une méthode commune d'identification des formes de végétation en ville dans un pays en voie développement comme le Sénégal est un exercice complexe à faire car il faut parvenir à un compromis pluridisciplinaire (urbanistes, paysagistes, architectes, aménageurs...) afin de définir les contours de cette typologie. Un essai est ici tenté sans aucune prétention de le généraliser au-delà de l'identification des formes prises par la végétation dans l'agglomération dakaroise et dans les centres régionaux de Touba, de Tambacounda et de Ziguinchor. Cet essai de typologie est fondé sur les critères suivants :

- Le critère principal s'appuie sur **l'emplacement des végétaux** (localisation) dans le tissu urbain qui permet de distinguer en première instance :

La végétation domestique : il s'agit de la végétation occupant les concessions et les maisons, essentiellement localisée au niveau des devantures, des clôtures et dans les cours. Elle est principalement constituée d'arbres ou d'arbustes isolés.

La végétation aménagée des espaces collectifs : parcs urbains, plantations d'alignement et jardins publics. Cette végétation est issue de projets associatifs, municipaux ou gouvernementaux.

La végétation spontanée ou sauvage : végétation naturelle colonisant les espaces non encore artificialisés de la ville correspondant à des terrains non construits entre les maisons et les bordures de routes. En général, elle occupe les lieux pendant la saison des pluies et disparaît peu après. La végétation spontanée est essentiellement constituée d'espèces herbacées annuelles et arbustives. Toutefois, quelques ligneux spontanés sont parfois observés au sein de la ville.

La végétation cultivée occupant les zones maraichères, les champs et les vergers, ces espaces sont dédiés aux espaces consacrés à l'agriculture urbaine et aux espèces végétales alimentaires.

Les forêts plus ou moins naturelles qui relèvent du domaine national, surtout localisées dans les zones périphériques des agglomérations et dans le péri-urbain ;

- **La composition floristique** des espaces végétalisés a également été un élément déterminant pour affiner la typologie. Elle est différente d'une ville à l'autre, plus riche, par exemple, à Ziguinchor qu'à Touba. La végétation urbaine est composée d'espèces comestibles ou non, spontanées ou domestiquées. De nombreux usages (cueillette, propriétés médicinales, bois-énergie...) sont aussi liés aux espèces spontanées.
- **Les fonctions écosystémiques** (Tableau : 1) : les fonctions ou les services rendus par les écosystèmes végétaux aux citoyens ont été aussi pris en compte dans la typologie. Par exemple, les jardins et parcs urbains assurant des fonctions récréatives et de détente ont été regroupés. Les arbres isolés des cours et des devantures de maisons procurent de l'ombrage pendant la journée et sont des lieux de rencontre quotidien. Les plantations

d'alignement remplissent également trois fonctions : protection, ombrage et embellissement. Ces différents espaces végétalisés assurent l'embellissement des maisons, des axes de communications et de la ville en générale. Certaines espèces végétales contribuent à l'alimentation qualitative et quantitative des citoyens ce qui justifie leur regroupement ;

- **Le statut de propriété** (Fig. : 5) : il s'agit de voir si l'espace végétalisé en question se trouve dans un espace public (établissements publics comme les écoles, les cimetières, zones de rassemblement des habitants, les axes de communications, les parcs ou jardins etc.) ou au contraire privé (maisons ou entreprises...). Les statuts des zones maraichères et ceux des vergers en milieu urbain sont souvent difficiles à déterminer. Il s'agit d'activités privées qui sont pratiquées sur des terres appartenant au domaine national ou communal le plus souvent. Par ailleurs, le jardinage destiné à l'autoconsommation familiale et le maraichage avec vente des produits ne sont pas considérés comme une forme de mise en valeur de la terre en ville ; ils ne peuvent donc permettre l'acquisition d'un titre de propriété sur la terre cultivée. Cependant, la plantation d'arbres fruitiers (vergers) peut aboutir à ce titre de propriété privée sur le terrain planté après de multiples démarches administratives, mais l'acquisition ou non est fortement dépendante de la pression foncière. Plus celle-ci est grande, moins on a de chance de devenir propriétaire. La démarche peut cependant aboutir, même si, au départ, il n'y a pas eu d'autorisation préalable d'exploiter ces terres.
- **Le niveau d'aménagement** (bancs publics, aire de jeu, pistes de promenades, alignements des végétaux des parcs et des jardins) : le niveau d'aménagement nous a permis de différencier certaines formes de végétation dans les villes sénégalaises. il nous a, par exemple, permis de différencier les jardins publics de quartiers de ceux de dimension communale voire régionale. Cela vaut aussi pour les végétaux d'accompagnement de la voirie et de ceux des espaces délaissés de la ville.

D'autres classifications de la végétation en ville existent mais elles ne permettent pas une identification systémique des formes de végétation dans les villes des pays en voie de développement. Elles sont plutôt adaptées aux formes de végétation urbaine (UNIL, 2010)⁷ des pays développés comme les jardins, jardins familiaux, parcs, façades végétales, toitures végétales, balcons/terrasses végétalisés, végétation du domaine collectif et accompagnant les routes... Face à la forte extension urbaine et à la croissance démographique accélérée de certaines villes africaines, à l'absence de réglementation et de législation adaptées à la gestion de la végétation en milieu urbain, la place de la végétation dans le tissu urbain n'a cessé d'évoluer. Cette évolution laisse apparaître de nouvelles formes de végétation qui sont difficilement classables au regard des formes de végétation urbaine des pays développés.

⁷ [Book of abstracts 2010 texte MH_2 \(unil.ch\)](#)

La typologie proposée ici repose également sur une catégorisation des formes de végétation **en fonction de l'échelle spatiale**, ce qui a une grande importance, notamment pour l'étude de télédétection, toutes ces formes ne renvoyant pas au même « grain » de la végétation (Godron, 1982) :

- À l'échelle d'une concession ou d'un pâté de maisons : végétation domestique (arbres groupés ou isolés, espaces fleuris ou jardins familiaux) ; ces formes ont le plus souvent une taille inférieure à un pixel et c'est leur densité qui décidera si tel ou tel pixel apparaît comme végétalisé ou non ;
- À l'échelle du quartier : arbres d'alignement, jardins publics et végétation spontanée des espaces non construits ;
- À l'échelle de la ville : parcs urbains, forêt périurbaine, champs parsemés d'arbres isolés, vergers et jardins maraichers ; ces formes de végétation forment sur les images de télédétection des tâches occupant plusieurs pixels.

Finalement, nous aboutissons sur une typologie à cinq types contenant l'ensemble des formes épousées par la végétation au sein des villes d'étude :

- **Type 1** : parcs urbains, espaces verts et plantations d'alignement aménagés sur des espaces publics ;
- **Type 2** : végétation spontanée des délaissés urbains ;
- **Type 3** : végétation cultivée (agriculture urbaine et périurbaine, vergers) ;
- **Type 4** : végétation domestique : arbres isolés des cours de maisons ou de concessions, des plantations de devanture, clôtures végétalisées et jardins familiaux ;
- **Type 5** : forêts aménagées artificielles ou naturelles.

Fondée sur les fonctions, les services écosystémiques et les emplacements des végétaux, la typologie est détaillée dans le tableau 1. Elle peut être croisée avec une autre typologie où le statut de propriété (privés/publics) est le critère déterminant (Fig. : 5). Nous nous fonderons donc sur la synthèse des deux typologies pour la classification finale identifiant les formes de végétation des villes d'étude.

Végétation des espaces bâtis

(fonctions : protection, ornement, services alimentaires et médicinaux)

Plantations d'alignement d'un ou des deux côtés de la chaussée (projets collectifs).

Arbres et arbustes isolés ou groupés des cours, clôtures et devantures de maison et concessions (projets individuels).

Parc urbain (exemple Parc Hann)

Jardins publics et privés

Végétation spontanée sur les espaces libres de la ville (espèces sauvages, souvent annuelles).

Végétation des espaces cultivés urbains et périurbains

(fonctions : économique, alimentaire)

Vergers ou plantations d'arbres fruitiers permanents (essentiellement manguiers et anacardiés)

Cultures annuelles et pluviales pratiquées dans l'espace périurbain grâce à la disponibilité des terres arables, les espèces les plus cultivées sont le maïs, le mil et l'arachide

Cultures maraîchères pratiquée en zone urbaine ou à la proximité immédiate des consommateurs et dans des zones humides : Niaye de Dakar et les bas-fonds de Ziguinchor

Forêts naturelles, Plantations forestières

(fonctions : écologiques, économiques, fourniture bois-énergie et bois d'œuvre)

Plantations ou forêts artificielles
Couvert < 10 % ; faible diversité spécifique (ex. forêt de Mbaos dans la périphérie de Dakar)

Forêt artificielle à fonction écologique (exemple : bande de Filaos (rideau brise-vent contrant l'avancée des dunes)

Forêt naturelle : couvert > 10 %
Diversité spécifique (exemple : forêt sud de Ziguinchor et forêt de mangrove)

Tableau 1 : Essai de typologie de la végétation urbaine et périurbaine sénégalaise selon les fonctions (villes d'étude) (Diouf, 2021)

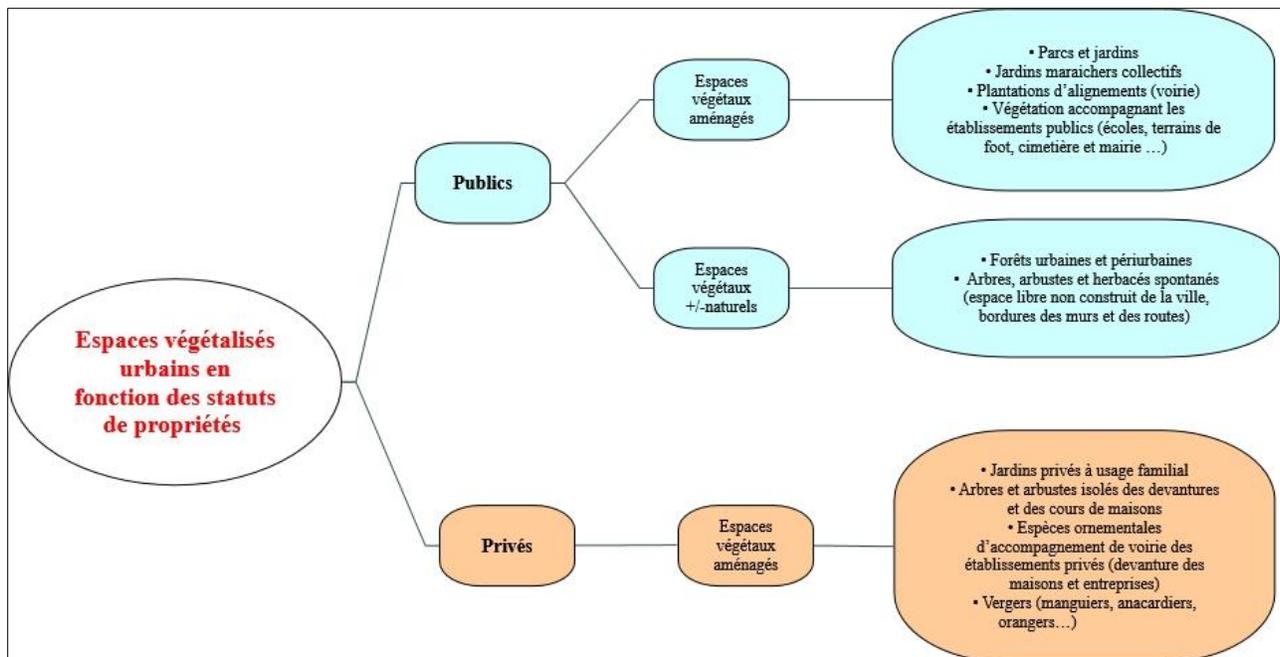


Figure 5 : Typologie des espaces végétaux urbains sénégalais selon le statut de propriété, Diouf, 2021

3. Les formes de végétation identifiées dans une capitale ouest-africaine : l'agglomération dakaroise

L'agglomération dakaroise dispose de toutes les formes de végétation que nous venons d'exposer. Celles-ci vont être présentées dans l'ordre suivant, nous commencerons d'abord par les formes traditionnelles et disséminées (végétation domestique et les plantations d'alignement) dans les zones bâties centrales puis les aménagements classiques (jardins publics). Avant d'aborder le parc Hann, les Niayes et les formes périurbaines (la forêt de Mbao et les bandes de filaos) (Fig : 11).

Les premières formes de végétation de l'agglomération dakaroise auxquelles nous nous intéressons sont la **végétation domestique** et les **plantations d'alignement**. Il s'agit ici de végétation disséminée dans l'espace urbain dense, susceptible, en fonction de sa densité, de faire basculer un pixel d'une surface bâtie à une surface végétalisée. Ceci dit, la végétation domestique occupe les devantures et/ou les intérieurs des concessions et des maisons et est constituée d'espèces domestiquées « dont le processus d'évolution a été influencé par l'homme pour

répondre à ses besoins », Thiaw⁸ livrant des ressources, mais aussi d'espèces plantées pour l'agrément ou l'embellissement.

La végétation domestique se présente sous deux types, il s'agit, d'une part, de la végétation colonisant les cours intérieures des maisons et des concessions et, d'autre part, de la végétation occupant les devantures de celles-ci. Elle découle principalement d'initiatives individuelles de plantations et est essentiellement constituée d'arbres isolés parfois groupés de très faible densité et/ou de petits jardins familiaux.

Dans les quartiers populaires comme Pikine, la forme de végétation la plus fréquente est la plantation de devanture constituée d'arbres isolés (Fig. : 6 ; *photo 6*). On peut aussi y retrouver quelques arbres de cours. Dans les quartiers résidentiels, les arbres de cours sont dominants, les plantations de devanture sont très bien entretenues (Fig. : 6 ; *photo 1*), des parterres fleuris sont créés (Fig. : 6 ; *photo 2*), de petits jardins de quartier sont aménagés et, dans les endroits exigus, des plantes ornementales en pot, hors sol sont mises en place (Fig. : 6 ; *photo 4*).

Le long des axes de communication, on trouve les plantations d'alignement qui sont issues des actions politiques ou associatives (Fig. : 6 ; *photo 3*) par exemple réalisées pendant la journée mondiale de l'arbre avec l'appui considérable des services des Eaux et Forêts. Les arbres sont équidistants avec un plan linéaire bien régulier les différencie des plantations de devanture. L'entretien et le suivi de ces plantations d'alignement posent beaucoup de problèmes aux communes d'arrondissement de l'agglomération, qui depuis la mise en place de l'acte III de la décentralisation détiennent cette compétence, mais qui manquent de moyens financiers et matériels. En conséquence, cette forme de végétation est presque inexistante dans les quartiers populaires (Fig. : 6 ; *photo 5*) où elle est remplacée par de rares arbres de devanture en fonction des initiatives individuelles. Dans les quartiers anciens, elles datent de l'époque coloniale ce qui explique l'âge avancé et le mauvais état des arbres et pose la problématique du renouvellement des arbres et des essences.

⁸ Diatou Thiaw : maitresse de conférences à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, cours sur la gestion des ressources naturelles



Figure 6 : Plantations d'alignement et végétation domestique dans l'agglomération dakaroise

Légende : Photo 1 : Plantation de devanture (quartier résidentiel de Fann) bien entretenue ; Photo 2 : Parterres fleuris bien entretenus ; Photo 3 : Plantation d'alignement élaguée pour les préparatifs de la fête de l'indépendance sur l'Avenue du Centenaire ; Photo 4 : Végétation hors sol sur une devanture étroite ; Photo 5 : Absence de plantation d'alignement dans les quartiers populaires ; Photo 6 : Plantation de devanture dans le quartier populaire de Pikine Ouest sans entretien. Clichés : Diouf, 2017 et 2018.

Les **jardins publics** sont, en revanche, peu nombreux dans le paysage dakarois du moins ceux qui possèdent les caractéristiques (aménagement végétal, espace clôturé, entretenu et consacré à la promenade ou à la détente) communément partagées et plus ou moins admises par les acteurs publics (Fig. : 7).

Deux types de jardins publics peuvent être distingués en rapport avec leur superficie, leur portée (appropriation par le voisinage voire au-delà), leur degré d'aménagement : d'une part, les jardins de quartier, d'autre part, les jardins qui s'inscrivent à l'échelle du Grand Dakar.

Les jardins de quartier sont aménagés sur de petites superficies et sont souvent placés à côté de carrefours très fréquentés ou le long des artères principales. Ils sont gérés par les services municipaux mais l'état d'insalubrité et la dégradation de la qualité des aménagements montrent que l'entretien est mal assuré par certaines mairies ou mairies d'arrondissement. L'appropriation des jardins par les habitants dépend fortement des quartiers. Dans les quartiers résidentiels aisés, ils sont généralement bien entretenus par la mairie qui sous-traite à des entreprises. De plus, les habitants sont très volontaires pour participer à l'entretien, contrairement à ce que l'on observe dans les quartiers populaires où les habitants orientent leurs priorités vers d'autres secteurs, ce qui guide les actions politiques locales qui veulent garder leur électorat.

Les jardins qui s'inscrivent dans le plan d'aménagement régional (Grand Dakar), voire national ont été érigés sur des places vastes de plusieurs centaines de m², et sont souvent symboliques de l'histoire politique du Sénégal, comme la Place de la Nation, dite aussi place de l'Obélisque (Fig. : 7 ; *photos 1, 2 et 3*) ou celle de l'Indépendance (Fig. : 7 ; *photos 4, 5 et 6*) qui sont devenues aujourd'hui des places fortes de la contestation sociale. Ces places étaient gérées par l'intercommunalité du Grand Dakar sous l'autorité du ministère de l'urbanisme, mais avec la **Loi n° 2013-10 du 28 décembre 2013**⁹ cette compétence a été transférée aux communes. Il est inscrit dans l'Article 169 que la ville s'occupe du plan général d'occupation des sols et des projets d'aménagement. Depuis lors, ces jardins publics souffrent du chevauchement de compétences entre les mairies et le ministère. Le jardin de la Place de l'Indépendance, aménagé de longue date, avec des espèces ornementales, en paye tout particulièrement les frais. Le problème est politique, en 2016, le maire de Dakar Khalifa Sall, opposant au pouvoir en place, a vu son projet de rénovation bloqué par le ministère, il entendait régler deux problèmes du centre de Dakar, d'une part, l'augmentation des places de parking, d'autre part, un jardin aux normes internationales pour attirer les cadres qui travaillent à côté. Le projet est toujours bloqué. Le manque d'entretien a fait que le jardin de la Place de l'Indépendance est occupé par les sans-abris et des personnes souffrant de troubles mentaux. Par-delà ces querelles politiques entre la mairie et le ministère. Le Jardin de la Place de la Nation, récemment réaménagé, est dans un état plus enviable et dispose d'aménagements végétaux bien entretenus. Néanmoins, ces deux jardins participent à l'embellissement de la ville de Dakar. Il faut aussi noter la forme de **végétation spontanée** qui

⁹ <http://www.jo.gouv.sn/spip.php?article10120>

colonise essentiellement les espaces délaissés et s'oppose à la végétation aménagée. Si elle est principalement localisée dans les Niayes (par exemple, la zone constituée d'arbustes et de graminées à côté de la technopole, dans les Niayes de Pikine), elle occupe de nombreux interstices dans les zones de forte urbanisation, que ce soit dans le centre-ville ou dans les banlieues dakaroises.



Figure 7 : Les deux principaux jardins publics : Place de la Nation (dite aussi de l'Obélisque) et Place de l'indépendance

Légende : Photo 1 : Place de la Nation : jardin de l'Obélisque réaménagé ; Photo 2 : Place de la Nation : aire de jeu du jardin de l'obélisque pour les familles ; Photo 3 : Place de la Nation : terrain de football entièrement gazonné ; Photo 4 : Place de l'Indépendance : manque d'entretien du jardin ; Photo 5 : Place de l'Indépendance : aire de repos ; Photo 6 : Place de l'Indépendance (alors place Protet) à l'époque coloniale. Clichés : M. Diouf, 2017 et 2018 et Edmond Fortier.

Cette forme de végétation peut être mise un peu à part car elle est un aménagement végétal unique dans le paysage urbain sénégalais : il s'agit d'un parc urbain, celui de Hann (Fig. : 8). Depuis sa création, il s'est vu attribuer plusieurs fonctions et statuts. En effet, à ces premières heures, en 1900, c'était un terrain où il s'agissait de forer des puits pour répondre au besoin en eau douce de Dakar et de l'île de Gorée. C'est en 1903 que le gouverneur Merlin va décider d'y créer un jardin public et une pépinière constituant un « jardin d'essai » pour toute l'Afrique occidentale française.

Ce n'est qu'en 1934, par arrêté que la station de cultures maraichères, fruitières et forestières deviendra le jardin des parcs de Hann, un carré botanique y est tracé et des allées de tulipiers et des flamboyants sont également créées. En 1941, le parc prend le nom de parc forestier et zoologique de Hann (www.parcdehann.com)¹⁰. Le parc Hann est aujourd'hui considéré comme l'un des « poumons verts », mais également comme l'un des derniers bastions de la faune et de la flore de l'agglomération dakaroise. Il est le seul parc urbain du pays ce qui lui confère une aura nationale (lieu incontournable des sorties pédagogiques de l'ensemble des établissements scolaires), voire internationale (lieu très visité de Dakar par les touristes). Pour toutes ces raisons, il fait actuellement l'objet de toutes les convoitises de la part d'abord des politiques pour la manne financière qu'il génère, de l'attention des scientifiques pour son intérêt écologique et enfin de l'engouement des citoyens pour ses espaces de détente et ses qualités environnementales. L'intérêt porté au parc – il est vrai installé dans une zone humide et inondable très hostile à l'implantation humaine - a facilité sa protection contre la pression urbaine (Fig. : 8 ; *photo 5*).

La transition vers une multifonctionnalité des parcs urbains implique une approche multidisciplinaire afin d'appréhender la complexité de l'écosystème de ces parcs. Les gestionnaires du parc Hann se sont alignés sur cette approche multifonctionnelle en proposant divers services pilotés par des experts de disciplines différentes (zoologues, paysagistes, personnels des services des eaux et forêts). Le parc assure plusieurs fonctions fondamentales : fonction de conservation de la biodiversité, fonction de récréation, fonction d'éducation et fonction écologique. La végétation du parc a été entièrement aménagée et de nouvelles essences y ont été récemment introduites. Depuis sa création, le parc a connu de nombreux aménagements tels que la création des chemins de randonnées, des plans d'eau (Fig. : 8 ; *photo 1*), des aires de repos (Fig. : 8 ; *photo 3*) et de jeux (Fig. : 8 ; *photo 4*), un parc animalier (Fig. : 8 ; *photo 2*) et un jardin ethnobotanique (Fig. : 8 ; *photo 6*) dans le double objectif d'améliorer l'accueil des promeneurs et de répondre aux critères internationaux qualifiant les parcs urbains.

¹⁰ Site officiel du parc forestier et zoologique de Hann : www.parcdehann.com



Figure 8 : Le parc Hann : un aménagement végétal unique dans le paysage urbain sénégalais

Légende : *photo 1* : plan d'eau aménagé ; *photo 2* : parc animalier lors d'une visite scolaire ; *photo 3* : espace de détente et de pique-nique sous les arbres ; *photo 4* : aire de jeu (moto et vélo cross) ; *photo 5* : zone humide en pleine saison sèche (constamment inondée) avec une végétation assez luxuriante ; *photo 6* : Jardin Ethnobotanique : préservation des espèces végétales rares et lieu d'expérimentation et de découverte floristique pour les étudiants et les élèves. Clichés : M. Diouf, 2017 et 2018.

On a également rencontré dans l'agglomération dakaroise une autre forme de végétation, il s'agit de **l'agriculture urbaine et périurbaine**. Elle est principalement pratiquée dans la zone des Niayes¹¹ (Fig. : 9) et est définie par M'Baye et Moustier (1999) comme étant une « agriculture localisée dans la ville et à sa périphérie, dont les produits sont destinés à la ville et pour laquelle il existe une alternative entre usage agricole et urbain non agricole des ressources [...] ». En raison de cette concurrence entre les usages, l'agriculture urbaine est aujourd'hui très menacée, l'ambiguïté du droit foncier en ville entraînant la précarité des activités agricoles et la conversion facile des espaces qui les abritent. D'après Van Den Berg (1984), la conversion de la terre agricole en terre urbaine en périphérie des villes africaines est irrémédiable et procède par étapes : à l'agriculture rurale succèdent différents types de maraichages ; le maraichage est suivi de la « jachère sociale »¹² et cette dernière conduit à la construction (Fig. : 9 ; *photo 1*). Cette réflexion de Van Den Berg résume parfaitement la situation actuelle de la zone des Niayes. En effet, plusieurs projets de remblaiement à des fins de construction de logements ont considérablement réduit la taille des zones maraichères (Fig. : 9 ; *photo 4*). Ainsi, Ndao (2012) avait montré que la Niaye des Pattes d'Oie avait reculé de 200 à 300 mètres ces dernières années aux profits de projets communaux.

La construction de l'arène nationale pour la lutte traditionnelle (devenue pour les jeunes un ascenseur social et économique), inaugurée en 2018, dans les Niayes de Pikine dont l'écosystème est très fragile, soulève plusieurs questions (Fig. : 9 ; *photo 2*). Son impact sur l'équilibre écosystémique des Niayes sachant que l'arène de 30 000 places est un endroit régulièrement fréquenté par des milliers de personnes, ensuite sur le devenir de l'agriculture urbaine et des personnes dépendantes de cette activité ? Les réponses à ces questions seront abordées dans la troisième partie de cette thèse (Chapitre 9). Plusieurs associations se battent pour le maintien des activités maraichères dans l'agglomération, malgré de multiples pressions. Pourtant, le manque d'intérêt accordé à cette activité qui fait vivre des centaines de familles est criant comme le montre le passage d'un canal d'évacuation des eaux usées et pluviales (Fig. : 9 ; *photo 5*) au milieu d'une parcelle produisant des salades.

L'agriculture urbaine et périurbaine à Dakar, concentrée notamment dans les Niayes, est principalement dominée par les cultures maraichères (légumes) de contre-saison (Fig. : 9 ; *photo 3*). Sur ces parcelles, les cultures maraichères sont souvent associées à des arbres fruitiers (Fig. : 9 ; *photo 3*). Des activités maraichères sont aussi pratiquées dans la forêt de Mbao, dans les bandes de filaos (Fig. : 9 ; *photo 6*). Les productions sont destinées aux marchés de l'agglomération dakaroise.

¹¹ **Les Niayes** sont une zone géographique côtière allant de Dakar à Saint-Louis (180 km de long), constituée de cordons dunaire alternant avec des dépressions favorables aux cultures maraichères.

¹² Situation dans laquelle une utilisation du foncier disparaît bien avant que la suivante ne la remplace.



Légende : *Photo 1* : Fleuristes déguerpis (jachère sociale) avant l'étape de remblaiement et de construction ; *Photo 2* : Arène nationale construite en zone inondable et écologiquement fragile ; *Photo 3* : forte activité maraîchère dans les Niayes de Pikine, principal fournisseur du marché dakarois ; *Photo 4* : Préparation de remblaiement par le nouveau propriétaire des lieux ; *Photo 5* : Jardin de salades dans les Niayes de Pikine coupé en deux par un canal d'évacuation d'eau usée en construction ; *photo 6* : jardin du centre de formation installé dans la forêt périurbaine de Mbao.
 Clichés : M. Diouf, 2017 et 2018.

L'agglomération dakaroise possède également une forme de végétation classée comme **forestière** (Fig. : 10). Celle-ci comprend les forêts côtières de filaos et la forêt de Mbao.

Pour endiguer le recul du cordon dunaire, depuis 1913, l'état colonial puis l'état sénégalais, a mis en place plusieurs projets de fixation de la dune à travers des plantations de Filaos¹³ (*Casuarina equisetifolia*). Cette bande végétale de filaos (Fig. : 10 ; *photo 2*) bordait la côte nord de la presqu'île du Cap Vert, de Dakar jusqu'à Saint-Louis sur une largeur de 200 mètres (Ndao, 2012).

Avec l'aide du PNUD/UNSO¹⁴ et des coopérations canadienne et américaine, l'état du Sénégal a réussi entre 1974 et 1990 le reboisement de 12 000 ha (PRL, 2001)¹⁵. Cependant, entre 1986 et 2010, très peu de reboisements ont été effectués dans l'agglomération dakaroise (Ndao, 2012) et, au même moment, la forêt de filaos est massivement déboisée à cause de la pression foncière, des coupes anarchiques, de la construction d'infrastructures routières sur le littoral (la voie de dégagement rapide - VDN -, notamment) et de projets communaux. Ainsi le maire de Guédiawaye, commune traversée par la bande végétale de filaos, a-t-il voulu remplacer les filaos par un institut islamique et par une salle de spectacle (Benévent, 2008), le projet n'est toujours pas mis en exécution. La partie dakaroise de la bande de Filaos est donc aujourd'hui doublement menacée par l'avancée des dunes de sable qu'elle était censée fixer et par la croissance urbaine. Elle abrite aussi des activités maraichères (Fig. : 10 ; *photo 1*).

La forêt de Mbao, dans le département de Pikine a été classée patrimoine naturel en tant que périmètre de reboisement depuis 1940. D'une situation de forêt péri-urbaine dans un passé récent, elle est progressivement devenue une forêt urbaine (Fig. : 10 ; *photo 6*) aujourd'hui considérée comme l'un des « poumons verts » de l'agglomération.

En 2011, un protocole d'accord avait été signé entre la DEFCCS¹⁶ et le Conseil régional de Dakar pour l'aménagement de la forêt classée. Le protocole d'accord visait « la protection de la ressource, mais souhaitait également valoriser son potentiel récréatif, ses services écosystémiques et limiter les impacts potentiels des installations déjà présentes sur le territoire ». Ce protocole n'a malheureusement pas permis de protéger la forêt qui, par sa position géographique, est traversée par plusieurs réseaux de transport et subit la pression foncière des communes limitrophes et la surexploitation agricole et forestière (Fig. : 10 ; *photo 3*). Elle offre souvent l'aspect d'un dépotoir d'ordures et manque cruellement de surveillance. D'une superficie de 815 ha en 1908 (Gueye *et al.*, 2008), elle est passée actuellement à 732 ha

¹³ Filao : un arbre de la famille des Fabacées originaire du Pacifique, fixateur d'azote qui peut servir de brise-vent, de bois de chauffe et est très efficace pour retenir les sols même sableux et dégradés (Cissé, 1993)

¹⁴ PNUD/UNSO : Programme des Nations unies pour le développement/ Bureau de la lutte contre la désertification et la sécheresse de l'ONU.

¹⁵ Site officiel : (foret-classee-mbao.sn)

¹⁶ DEFCCS : la Direction des Eaux, Forêts, Chasses et de la Conservation des Sols.

(Google Earth, 2021) soit une régression d'environ 83 ha. Les plantations existantes n'ont fait l'objet d'aucune gestion sylvicole pendant environ cinquante ans (Gueye *et al.*, 2008), expliquant en partie la faible couverture sur certaines zones. Étudié dans le cadre de cette recherche, le peuplement naturel a presque disparu dans la forêt de Mbao. Il ne reste plus que des individus isolés : *Faidherbia albida* (Kad), *Parinari macrophylla* (Pommier de Cayor), *Adansonia digitata* (Baobab), *Maytenus senegalensis*, ainsi que *Ximenia americana*, *Eleais guineensis* (Palmier à huile) en bordure des Niayes. Les essences introduites grâce aux plantations effectuées depuis 1918 (Ministère de l'environnement, 2008) ont pris la relève qui concernent essentiellement les essences suivantes : *Anacardium occidentale* (Anacardier) (Fig. : 10 ; photo 5), *Prosopis juliflora*, *Borassus aethiopicum* (Rônier), *Eucalyptus camaldulensis* (Fig. : 10 ; photo 4) et *Casuarina equisetifolia* (Filao).



Figure 10 : La forêt classée de Mbao et la forêt de Filaos de la Grande Côte (côte nord dakaraise) : des forêts sous forte pression urbaine

Légende : Photo 1 : Maraichage dans la bande des filaos ; photo 2 : Bande des filaos ; Photo 3 : Forêt de Mbao : la strate herbacée disparaît complètement en certains endroits ; Photo 4 : Forêt de Mbao : parcelle monospécifique d'*Eucalyptus* ; Photo 5 : Forêt de Mbao : parcelle monospécifique d'*Anacardium occidentale* ; Photo 6 : Vue aérienne (Google Earth) de la forêt de Mbao : forte pression urbaine des communes limitrophes. Clichés : M. Diouf, 2015 et 2018 ; Google Earth, 2021 ; www.enqueteplus.com.

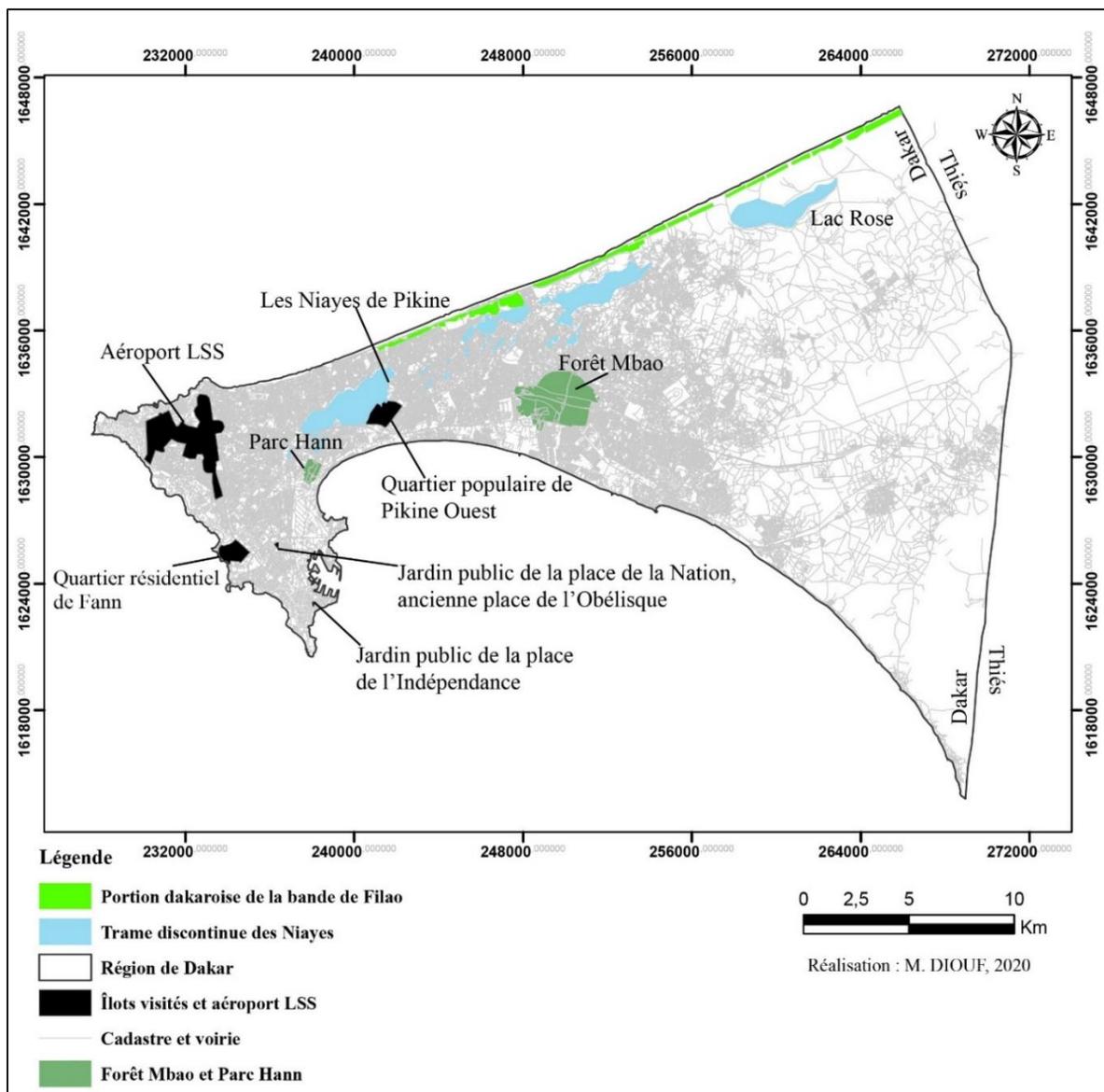


Figure 11 : Localisation des îlots d'étude de l'agglomération dakaroise

En résumé, la croissance et la configuration du grand Dakar ont façonné différentes formes de végétation disséminées à l'intérieure de la tâche bâtie continue. On y rencontre principalement de la végétation domestique, arbres de cours et plantations de devanture, constituée majoritairement de ligneux isolés. La présence et la densité de ces formes de végétation sont cependant plus fortes dans les quartiers résidentiels aisés que dans les quartiers populaires. Ainsi que les plantations d'alignement et les jardins publics végétalisés qui sont également plus fréquents dans les quartiers résidentiels. Ces précédentes formes de végétation sont dominantes dans le paysage du Grand Dakar mais on distingue quelques formes rares comme la parc Hann, les filaos, les niayes et la forêt de Mbao qui sont actuellement ses poumons verts.

4. Principales formes de végétation rencontrées dans les centres régionaux de Touba, de Tambacounda et de Ziguinchor

4.1 Une ville sahélienne en croissance rapide : Touba

Dans ce centre régional, devenue la ville la plus dynamique économiquement du Sénégal après Dakar et qui a grandi très vite à la fois en superficie et en termes de population, la végétation occupe une place relativement forte, en contraste avec les campagnes environnantes, quoique limitée par le climat rigoureux. Touba apparaît ainsi aujourd'hui sur les images comme une « tâche verte » dans cette partie très sèche du Sénégal. Cependant, les conditions climatiques récentes (séquelles des années de sécheresses sévères des dernières décennies du XX^e siècle) n'ont pas été favorables au développement de la couverture végétale dans cette partie du Sénégal en général, ce qui se traduit par une faible diversité des formes de végétation au sein de la ville de Touba. Parmi les formes identifiées dans la typologie, quatre se rencontrent à Touba : la végétation domestique (arbres de cours et plantations de devantures), la végétation spontanée, les plantations d'alignement, et l'agriculture périurbaine pluviale.

La **végétation domestique** (Fig. : 12 ; *photo 2*) est la plus fréquente dans le tissu urbain et se présente qu'il s'agisse des arbres et des arbustes isolés ou groupés dans les cours des concessions ou des plantations de devanture (Fig. : 12 ; *photo 5*) qui donnent une impression de plantations d'alignement le long des artères secondaires de la ville (Fig. : 12 ; *photo 3*). Une espèce occupe une place particulièrement forte : *Azadirachta indica* (Neem). Cette forte fréquence de la végétation domestique est le résultat de l'augmentation des plantations par les habitants pour pallier les fortes températures journalières dans une des localités les plus chaudes du Sénégal.

L'étude de ce site montre aussi le maintien d'une **végétation spontanée**, surtout herbacée ou buissonnante, dans cette agglomération qui a grandi très vite. Celle-ci est cependant moins fréquente en raison du bilan hydrique très négatif et des prélèvements intensifs par les troupeaux et les bêtes isolées. Cette végétation spontanée est en effet la principale ressource fourragère pour le bétail lorsque les plantes annuelles disparaissent après la saison des pluies. Une espèce arbustive courante dans le Sahel où elle est employée pour matérialiser les limites des parcelles abonde y compris dans le tissu urbain de Touba ; il s'agit du pafan (nom wolof) ou pommier de Sodome : *Calotropis procera* (Fig. : 12 ; *photo 1*). Cette espèce très fréquente dans le Sahel occupe souvent les bordures des clôtures et les espaces délaissés. C'est une espèce toxique quoiqu'elle ait quelques usages médicaux, ce qui explique sans doute son abondance, voire sa prolifération puisqu'elle est refusée par le bétail.

Les **plantations d'alignement** dont certaines sont issues de projets municipaux se retrouvent le long des principaux axes de communication notamment le long de la route nationale 3 reliant Mbacké à la grande mosquée de Touba (Fig. : 12 ; *photo 6*). D'après le chargé de l'environnement de la commune de Touba-Mosquée « ces plantations sont les

rescapées d'un vaste programme de plantation de la grande artère de Mbacké à la grande mosquée de Touba ». Les autorités municipales souhaitent par ailleurs renforcer cette place de l'arbre par des plantations dans l'espace urbain public pour faire, avec l'aide du gouvernement des Pays-Bas, de Touba une « ville verte » (Alexandre, 2017).

En périphérie de Touba, l'**agriculture pluviale** (Fig. : 12 ; *photo 4*) se maintient malgré l'urbanisation et malgré les conditions climatiques difficiles ces dernières décennies. Elle est caractérisée par des cultures saisonnières de mil et d'arachide, pendant la saison des pluies.



Figure 12 : Les diverses formes de végétation à Touba

Légende : Photo 1 : Végétation spontanée (*Calotropis procera*) ; Photo 2 : Végétation domestique : arbre de cour ; Photo 3 : Plantations de devanture donnant l'impression de plantations d'alignement ; Photo 4 : Agriculture périurbaine : champs d'arachide ; Photo 5 : Végétation domestique : plantation de devanture ; Photo 6 : Plantation d'alignement faiblement entretenue. Clichés : M. Diouf, 2018.

4.2 Dans le domaine sud soudanien, Ziguinchor

À l'inverse des autres villes d'étude, situées dans les domaines sahélien et soudanien, la végétation a toujours été un des éléments prégnants du paysage urbain de Ziguinchor. Cela tient à sa situation plus méridionale, dans le domaine guinéen où la végétation est beaucoup plus luxuriante.

Dans l'espace urbain dense, la **végétation domestique**, avec arbres de cour et plantations de devanture est marquée par une diversité floristique beaucoup plus grande que dans les autres villes, marquée par une prédominance des espèces utiles, notamment lorsqu'elles donnent des fruits. On observe néanmoins une différence dans cette végétation domestique entre les maisons du centre-ville et les concessions des quartiers périphériques. Dans les premières, l'objectif esthétique l'emporte : elle est bien entretenue (taillée) dans le but d'embellir. Dans les deuxièmes, elle prend plus l'aspect d'une végétation spontanée, peu entretenue, couvrant par endroits les habitations, surtout dans les nouvelles extensions (Fig. : 14 ; *photo 1*). Dans les quartiers périphériques, les plantations de devanture sont peu nombreuses, les arbres de cour dominent à cause de l'habitat très ouvert, parfois sans délimitation précise des concessions.

La **végétation spontanée** trouve aussi sa place dans le tissu urbain de Ziguinchor, mais elle n'a pas la même fonction de ressource fourragère qu'à Touba. La bonne pluviosité de la zone et une pression foncière encore modérée favorisent la constitution d'une végétation assez luxuriante et diversifiée dans les délaissés urbains.

Dans la capitale de la Casamance, quelques rues centrales sont marquées par des **plantations d'alignement** comme le long de la Rue du Commerce longeant le fleuve (Fig. : 14 ; *photo 6*). Cependant, ces plantations d'alignement sont peu fréquentes en dehors du centre à Ziguinchor et quasi-absentes des quartiers périphériques. D'une manière générale, la végétation aménagée est peu présente. On note ainsi un seul **jardin public** (Fig. : 14 ; *photo 4*) en plein centre-ville à côté de la Gouvernance (d'où le nom du Jardin de la Gouvernance) et géré par les agents de la municipalité. Quelques aménagements sont réalisés sur une partie du jardin, allées bétonnées, de la lumière, des bancs et des parterres fleuris. L'autre partie, sans être vraiment aménagée, est entretenue chaque année. Toutefois, les plantes ornementales meurent par manque d'entretien, contrairement aux espèces permanentes, arbres, mais aussi arbustes comme les bougainvillées (Fig. : 14 ; *Photo 4*).

La végétation naturelle est représentée notamment par des **formations forestières** (Fig. : 14 ; *photo 2*). Sur les vasières de l'estuaire, il y a une forêt de mangrove (Fig. : 14 ; *photo 5*) qui colonise l'écosystème fluvio-marin de la ville de Ziguinchor. Cette mangrove présente deux types de palétuviers : *Rhizophora spp.* et *Avicennia germinans* (Fig. : 13). Les surfaces couvertes par la mangrove se sont réduites avec des causes multiples (exploitation des ressources par les populations, aménagements inadaptés, et surtout sécheresse, qui s'est notamment marquée par la remontée de la langue d'eau salée). Cependant, plusieurs projets internationaux ou/et locaux essaient de reboiser les territoires perdus (Bassene, 2016).

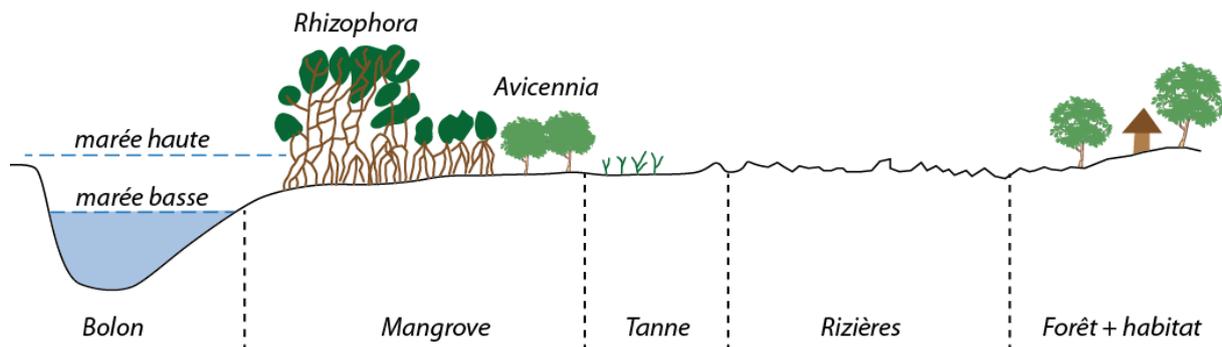


Figure 13 : Profil de la mangrove en Basse Casamance (Bassene et al., 2013)

Sur la terre ferme, on trouve également une formation forestière dès la périphérie de Ziguinchor. Elle recule face aux forts défrichements, par endroits, afin de répondre à la demande foncière d'une ville en forte croissance ou à l'augmentation des surfaces agricoles. Elle est aussi très exploitée pour ses ressources énergétiques, alimentaires et pharmaceutiques. Cependant, elle reste la forêt périurbaine la plus dense du pays.

L'**agriculture urbaine et périurbaine** est aussi bien présente à Ziguinchor où elle occupe une place très importante au regard des autres villes d'étude. Les productions sont d'abord destinées à l'autoconsommation, le surplus étant ensuite commercialisé. Plusieurs types de cultures sont pratiqués dans la ville et à sa périphérie :

- Maraichage : des micro-jardins se développent dans les concessions, sur les rebords des routes et dans les bas-fonds ; c'est une activité pratiquée par les femmes ;
- Riziculture dans les bas-fonds : après la récolte du riz, les rizières deviennent des jardins maraichers ;
- La culture pluviale : les champs d'arachide, de mil et de sorgho occupent les zones défrichées de la forêt de terre ferme ;
- Il y a également des vergers de manguiers et d'anacardiens très nombreux dans la périphérie de la ville.



Figure 14 : Les formes de végétation à Ziguinchor

Légende : Photo 1 : Végétation domestique (arbres de cour) avec essences fruitières ; Photo 2 : Forêt périurbaine assez luxuriante avec des espèces comestibles ; Photo 3 : Maraichage sur parcelle rizicole après récolte ; Photo 4 : Jardin public de la Gouvernance mal entretenu ; Photo 5 : Forêt de mangrove ; Photo 6 : Plantation d'alignement en centre-ville (des cocotiers). Clichés : M. Diouf, 2015 et 2017.

4.3 Une ville soudanienne, Tambacounda

Tambacounda présente la même diversité des formes de végétation : jardin public monospécifique, végétation spontanée, plantations d'alignement, végétation domestique (arbre de cour, plantation de devanture et clôture végétalisée) et agriculture urbaine (maraichage) et péri-urbaine (culture pluviale).

La végétation aménagée est représentée par un jardin public situé, comme à Ziguinchor, en plein centre-ville et géré par la municipalité de Tambacounda. Il est équipé de quelques bancs et présente un monument aux morts. Un seul arbre constitue ce jardin (le neem, *Azadirachta indica* (Fig. : 15 ; *photo 4*). Des plantations d'alignement (Fig. : 15 ; *photo 5*) issues de projets communaux, épaulés par les services des eaux et forêts, colonisent les grandes artères surtout la route nationale 1 qui traverse la ville, ces plantations d'alignement disparaissent du paysage à mesure qu'on s'éloigne du centre. Effectivement, elles sont absentes des quartiers périphériques et populaires. La végétation spontanée se développe sur les délaissés urbains et le long de la vallée sèche. Elle est principalement constituée d'arbustes mesurant environ 2 à 3 mètres de hauteur (Fig. : 15 ; *photo 3*) sur les délaissés urbains et d'arbres de grande taille au niveau de la vallée, montrant que, s'il n'y a pas d'écoulement, il y a de l'eau dans les alluvions. Cette végétation spontanée joue un rôle majeur pour les habitants en fournissant des ressources en bois-énergie et appréciée pour les utilisations médicinales. Trois types de végétation domestique sont identifiés : l'arbre de cour (Fig. : 15 ; *photo 6*), la plantation de devanture et la clôture végétalisée. Elle est principalement constituée d'arbres isolés surtout dans les quartiers populaires. Les clôtures végétalisées sont constituées d'espèces majoritairement ligneuses. Elles sont plus fréquentes dans les quartiers résidentiels. Des mini-vergers de manguiers et d'anacardiens (Fig. : 15 ; *photo 2*) ont été observés au niveau de la vallée sèche. Les espaces périphériques de la ville sont occupés par une couverture végétale arbustive (forêt arbustive) assez dense avec une faible diversité floristique, progressivement remplacée par les nouvelles constructions.

L'agriculture urbaine est pratiquée par des maraichers qu'on retrouve en grand nombre dans la vallée. Ces maraichers, des hommes essentiellement, sont autonomes (fonds propres) et travaillent toute l'année. Malheureusement, pendant la saison des pluies, quelques parcelles sont emportées par les eaux pluviales. Un périmètre maraicher biologique (le « jardin bio ») (Fig. : 15 ; *photo 1*) a été créé en plein centre-ville par la mairie et ses partenaires pour aider les femmes de la commune. Quelques-unes disposent de parcelles dans ce périmètre maraicher où elles peuvent cultiver des légumes toute l'année. Les femmes qui n'ont pas bénéficié de parcelles, créent avec les moyens du bord (des matériaux de récupération pour fabriquer des clôtures) de petits jardins éparpillés dans la ville. Ces micro-jardins ne sont cultivés que durant l'hivernage. L'approvisionnement du marché local en produits frais est assuré en général par les maraichers de la vallée morte. Les productions des femmes sont plus utilisées pour l'autoconsommation. L'agriculture périurbaine de la ville de Tambacounda concerne des cultures de rente (arachide) et des cultures vivrières de subsistance (mil, maïs et sorgho) qui dépendent exclusivement des précipitations concentrées

dans la période d'hivernage. Á la fin de la saison pluvieuse, aucune autre forme de culture n'est pratiquée à la périphérie de la ville.



Figure 15 : Les formes prises par la végétation dans la ville de Tambacounda. Clichés : M. Diouf, 2017 et 2018

Légende : Photo 1 : Jardin des femmes (« jardin bio ») ; Photo 2 : Vergers de manguiers avec champs en périphérie de la ville ; Photo 3 : végétation spontanée arbustive ; Photo 4 : Jardin public (une seule espèce végétale arborée : *Azadirachta Indica*) ; Photo 5 : Plantation d'alignement (*Azadirachta indica*) sur l'artère principale ; Photo 6 : végétation domestique : arbre de cour (*Mangifera Indica*).

L'inventaire révèle des formes de végétation principalement façonnées par l'urbanisation croissante, les choix des habitants ainsi que les politiques d'aménagement de la végétation en ville. On y distingue des formes présentes dans toutes les villes d'étude telles que la végétation domestique (les arbres de cour, les plantations de devanture...) et les plantations d'alignement dans des proportions moins importantes.

Effectivement, la végétation domestique est très fréquente dans les villes sénégalaises mais elle diffère, en terme de composition et de densité, selon qu'on se trouve dans un quartier populaire ou résidentiel. En effet, elle est plus abondante, plus diversifiée car constituée aussi d'arbres fruitiers et plus entretenue dans les quartiers résidentiels contrairement aux quartiers populaires. Ce constat, qui s'observe dans l'agglomération dakaroise et dans la ville de Tambacounda, est à nuancer pour les villes de Ziguinchor et de Touba car dans la première c'est plutôt l'inverse qui se produit en ce qui concerne la densité, par exemple est plus abondante dans le quartier populaire de Colobane qu'à Escale. Et dans la seconde (Touba), la végétation domestique est presque identique dans les deux types de quartier. Quant aux plantations d'alignement issues de projets collectifs, elles sont principalement observées sur les artères principales des quartiers centraux, c'est une forme de végétation souvent absente des routes secondaires et des quartiers populaires. Ces quartiers centraux/résidentiels abritent également des jardins publics avec des aménagements végétaux correspondant pour beaucoup aux anciens quartiers coloniaux - Dakar (jardin de la place de l'indépendance), Escale à Ziguinchor (Jardin de la gouvernance), Liberté à Tambacounda (Jardin des morts).

Ce chapitre a également permis d'apercevoir la forte pression urbaine exercée sur les espaces de maraichage et de jardinage en ville surtout dans les Niayes de Dakar et au niveau des vasières périphériques de la ville de Ziguinchor. L'agriculture urbaine et périurbaine est aujourd'hui très menacée au même titre que la forêt urbaine de Mbao et celle périphérique située au Sud de Ziguinchor à cause de l'étalement spatial comme c'est déjà souligné dès le début de cette conclusion. Il s'y ajoute d'autres facteurs comme les prélèvements sur la végétation urbaine liés cette fois-ci à l'augmentation de la population qui booste la demande en bois-énergie, en produits alimentaires (fruit, feuilles...) et en plantes médicinales. On peut retenir les variations climatiques marquées par l'évolution des précipitations. Ces différentes pressions sur le couvert végétal en milieu urbain et périurbain méritent qu'on se questionne sur l'évolution de celui-ci dans le double contexte de la forte augmentation de la population urbaine et de l'extension spatiale qu'elle induit.

Ainsi, nous aborderons dans le chapitre 2 les trajectoires démographique et urbaine de l'agglomération dakaroise et des villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda tout en essayant de quantifier et de cartographier l'étalement et/ou la densification de chacune d'elles dans la dernière sous partie. Ceci, dans le but de déceler le mode d'urbanisation pour déterminer la répartition de la végétation au sein du tissu urbain et périurbain dans la deuxième partie.

Chapitre 2 : La question de la végétation dans le contexte de la forte croissance de la population urbaine et de l'extension spatiale des agglomérations au Sénégal

La question de la végétation dans la ville demande à ce que l'on replace le processus d'urbanisation dans ces deux composantes : l'augmentation de la population qui s'est nourrie ces dernières décennies d'un afflux de populations rurales, et l'extension spatiale considérable de la ville consécutive à cette croissance. Au Sénégal, elle a plus spécifiquement touché l'aire urbaine capitale, le grand Dakar, mais aussi, bien que ce soit moins connu, les agglomérations d'importance régionale, voire un tissu d'agglomérations plus petites, non étudiées dans cette thèse.

Plusieurs études récentes (Dorier-Apprill & Domingo, 2004 ; Denis *et al.*, 2008 ; Africapolis, 2009, 2015 ; Moriconi-Ebrard *et al.*, 2020) ont montré l'importance et la rapidité de l'urbanisation en Afrique de l'Ouest caractérisée par une nette croissance démographique et un fort étalement des grandes agglomérations plus marqué, jusqu'à ces toutes dernières années, par la spontanéité des installations que par des plans d'urbanisme et la démultiplication des villes petites et moyennes. À l'échelle de la sous-région ouest-africaine, les surfaces urbanisées ne représentent pourtant encore que 0,24% de sa superficie (Denis *et al.*, 2008), la plaçant ainsi parmi les zones où l'emprise spatiale des villes est la plus faible.

Dans le cas du Sénégal, depuis l'indépendance, la population sénégalaise a été multipliée par cinq, passant de 2,8 millions d'habitants dans les années 1960 (Lericollais *et al.*, 1999) à 15,3 millions d'habitants en 2017 puis à 17,2 millions suivant les projections de 2020 (ANSD¹⁷, 2021). Cette croissance démographique spectaculaire a été, dans un premier temps, progressivement absorbée par les grands centres urbains, notamment la région de la capitale, Dakar, et, dans un second temps, par les centres urbains plus secondaires parmi lesquels figurent Touba, Ziguinchor et Tambacounda qui seront aussi la cible de cette étude. Comme l'a montré le programme Africapolis, le ralentissement relatif de la croissance démographique dans les grandes villes et l'émergence des villes moyennes et petites ne sont pas propres au Sénégal et s'observent dans les autres pays de l'Afrique subsaharienne (Denis *et al.*, 2008).

L'urbanisation est un phénomène relativement récent au Sénégal contrairement à certains des pays d'Afrique de l'Ouest qui ont connu l'époque des grands empires et du commerce transsaharien. C'est au milieu du XVII^e siècle, essentiellement en rapport avec la colonisation que les premières villes sénégalaises émergent (Frérot, 1999). Depuis 1960, le pays semble rattraper son « retard urbain » avec un puissant exode rural et un accroissement naturel qui reste élevé dans un pays au plein cœur de sa transition démographique. Cela a transformé aujourd'hui le Sénégal en l'un des pays les plus urbanisés de la sous-région, même si un peu plus de la moitié de la population totale sont encore des ruraux. Les effets de cette

¹⁷ ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie du Sénégal. Site internet : <http://www.ansd.sn/>

croissance urbaine forte et récente sur la distribution et sur la dynamique des espaces végétalisés dans les villes seront au cœur de cette étude.

1. La croissance démographique d'un pays sahélo-soudanien, le Sénégal

1.1 Une croissance démographique régulière depuis l'indépendance

Le Sénégal, situé dans la partie la plus occidentale de l'Afrique, entre 12°8 et 16°41 de latitude Nord et 11°21 et 17°32 de longitude Ouest, s'étend sur une superficie de 196 722 km² pour une population totale de 13 508 715 habitants au dernier recensement général, en 2013, (RGPHAE¹⁸, 2013), chiffre qui devrait atteindre suivant les projections données par l'ANSD pour 2035 (ANSD, 2020) 25,7 millions habitants.

Le Sénégal est également caractérisé par l'extrême jeunesse de sa population, avec 42% de sa population âgée de moins de 15 ans avec un rapport de masculinité assez équilibré de 99 hommes pour 100 femmes (ANSD, 2020). Cette jeunesse de la population pourrait expliquer l'extrême mobilité de celle-ci à l'intérieur du territoire national en quête de travail et de stabilité socio-économique.

Le taux d'accroissement annuel moyen intercensitaire est de 2,5 % entre les recensements de 2002 (9 858 482 habitants) et de 2013 (RGPHAE, 2013 ; ANSD, 2020). Depuis 1976, ce taux est presque resté constant à l'échelle nationale tout en renfermant de fortes disparités entre les zones urbaines qui enregistrent un taux de 3,5 % et les zones rurales où le taux est respectivement passé de 2,2 % à 1,7 % durant les décennies 1976-1988 et 2002-2003 (Tableau 2). Cette forte augmentation de la population pose de nombreux défis pour l'avenir : ceux qui nous intéressent dans cette étude concernent notamment la pression sur les ressources végétales dans la ville et la recherche d'un meilleur cadre de vie. Pourtant, le Sénégal étant parvenu à la deuxième phase de la transition démographique, cela amènera ce taux d'accroissement à amorcer une baisse.

Tableau 2 : Évolution de la population et du taux d'accroissement annuel moyen

	Année de recensement			Population 2013		Taux d'accroissement annuel moyen		
	1976	1988	2002	Provisoires	Définitifs	1976-88	1988-02	2002-13
Sexe								
Homme	2 472 622	3 353 599	4 852 764	6 428 189	6 735 421	2,6%	2,7%	2,6%
Femme	2 525 263	3 543 209	5 005 718	6 445 412	6 773 294	2,9%	2,5%	2,3%
Résidence								
Urbaine	1 713 295	2 653 943	4 008 965	5 824 977	6 102 800	3,7%	3,0%	3,5%
Rurale	3 284 590	4 242 865	5 849 517	7 048 624	7 405 915	2,2%	2,3%	1,7%
Sénégal	4 997 885	6 896 808	9 858 482	12 873 601	13 508 715	2,7%	2,5%	2,5%

Source : RGPHAE, 2013 ; ANSD, 2020

¹⁸ RGPHAE : Recensement général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage.

Pour rappel, la transition démographique renvoie à un processus de baisse de la mortalité suivie, dans un deuxième temps de la natalité, lié à l'évolution des conditions sanitaires et socio-économiques, amenant à une évolution des « comportements reproductifs » (Thiam, 2007). L'histoire des populations à mesure qu'elle entre dans la « modernité » est classiquement modélisée en trois phases (Fig. : 16) :

- une première phase dans les sociétés dites « traditionnelles » où la natalité et la mortalité sont élevées,
- une seconde phase – la transition démographique proprement dite - pendant laquelle la mortalité est en baisse mais où la natalité reste élevée avant de s'abaisser à son tour
- une troisième phase où natalité et mortalité sont basses.

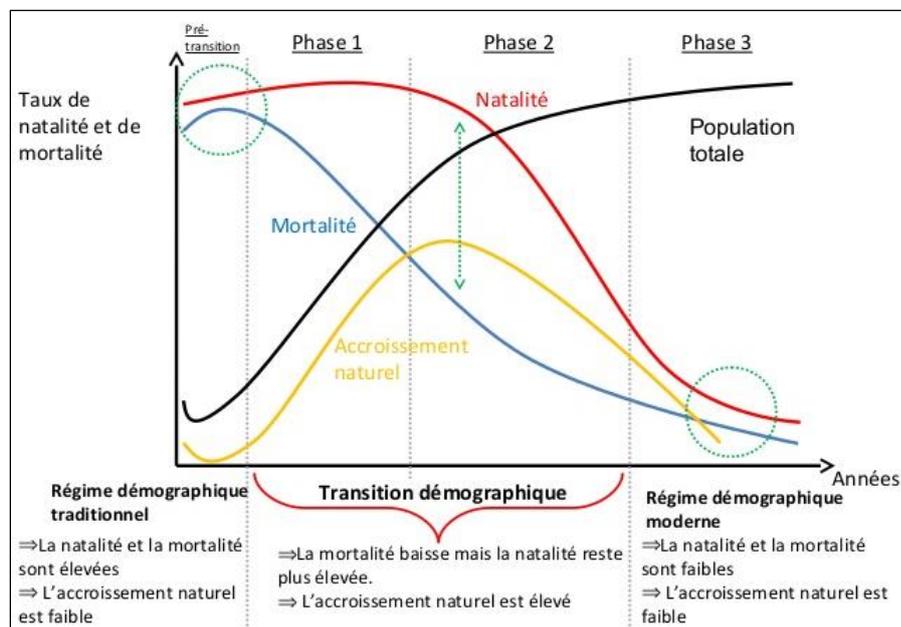


Figure 16 : La transition démographique. Source : cours (slideshare.net), page 32.

Dans le cas du Sénégal, bien que dans une moindre mesure que dans les autres pays d'Afrique de l'Ouest, le maintien d'un taux d'accroissement naturel à des niveaux élevés témoigne d'un processus plus long qui devrait à terme permettre au Sénégal d'atteindre la troisième phase avec des taux de mortalité et de natalité relativement bas. La transition démographique observée dans les pays développés ne s'est pas reproduite à l'identique dans les pays d'Afrique de l'Ouest.

En effet, dans un contexte où le taux de mortalité a partout beaucoup reculé notamment en raison de la baisse spectaculaire de la mortalité infantile et infanto-juvénile, dans les pays sahéliens, la transition démographique est marquée par le maintien d'indices de fécondité élevés (Fig. : 17) qui ne s'observe pas dans tous les pays en développement, Niger avec 6,8 ; Mali avec 5,8 ; Tchad avec 5,6. Cet indice de fécondité est cependant plus bas au Burkina Faso avec 4,8 et au Sénégal avec 4,6 (INED¹⁹, 2019).

¹⁹ INED : Institut national d'études démographiques. Site internet : www.ined.fr.

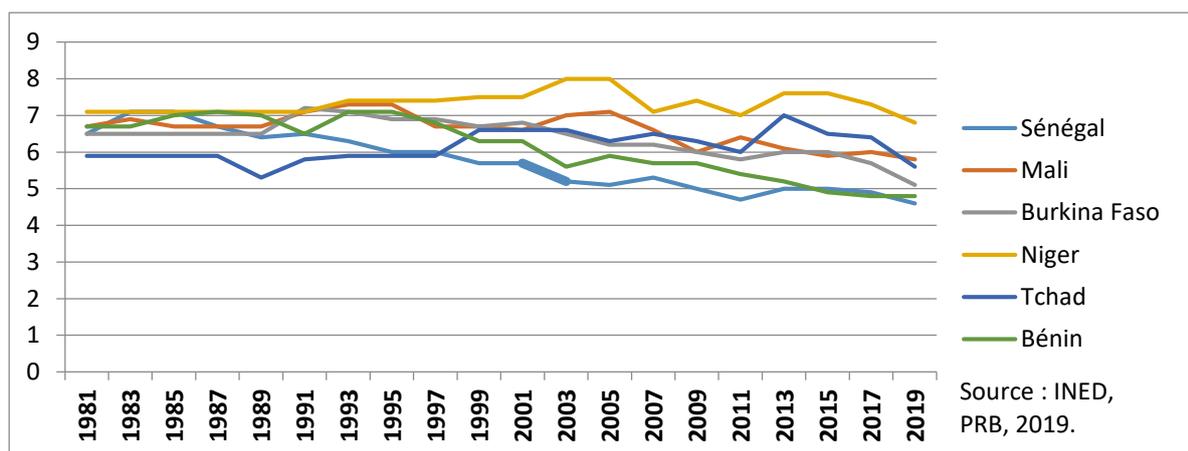


Figure 17 : Indice de fécondité des pays sahéliens

Cette seconde phase a tendance à perdurer dans ces pays sahéliens, renvoyant ainsi à ce que Hervé Le Bras (2012 ; 2013) appelle « l'exception démographique sahélienne ». Pour Le Bras, les pays sahéliens, ne vont pas atteindre prochainement la fin de la transition démographique. Qu'en est-il exactement si l'on s'en réfère aux chiffres de ces dernières décennies ? L'évolution du Sénégal est-elle identique à celle des autres pays du Sahel ?

La figure 17 révèle qu'entre 1981 et 1991 les indices de fécondité étaient assez élevés et leurs évolutions constantes. Durant cette période, seul le Tchad avait un indice inférieur à 6, les autres pays notamment le Niger (7) avaient des indices supérieurs à 6. La décennie suivante est marquée par des évolutions en dent de scie des indices de fécondité avec, d'une part, des pays comme le Tchad et le Niger où ils sont restés constants, et d'autre part, des pays (Bénin, Mali et Burkina Faso) où ils entament une baisse vers 1995. À partir de 2001, cette baisse bien que lente se généralise dans les pays sahéliens sauf au Niger et au Tchad. Elle est plus accentuée au Bénin suivi du Burkina Faso puis du Mali. Le Niger et le Tchad ont paradoxalement maintenu les indices de fécondité les plus élevés en dépit des conflits armés et des épisodes de sécheresse.

La particularité du Sénégal au sein des pays sahéliens par rapport à l'indice de fécondité est que celui-ci décroît de façon lente mais continue de 1985 à 2021 en passant de 7,1 à 4,93 (INED 2019 ; ANSD, 2021). Les projections des Nations Unies prévoient des indices compris entre 3,1 et 3,6 enfants en 2050 pour le Sénégal (United Nations, 2019). Cependant, la baisse de l'indice de fécondité y est plus soutenue comparé aux autres pays. Actuellement, le Sénégal a un indice de fécondité proche de ceux du Bénin et du Burkina Faso où la baisse est plus tardive vers la fin des années 90 et irrégulière témoignant ainsi d'un ralentissement durant ces deux dernières décennies. D'où le retard constaté dans la transition démographique des pays sahéliens malgré la baisse de la mortalité, spectaculaire notamment pour la mortalité infantile et juvénile.

En effet, les taux de mortalité ont chuté dans les pays sahéliens (Fig. : 18). On peut observer sur la figure ci-après que depuis 2000 le taux le plus bas est enregistré au Sénégal

avec un taux de 6,8 ‰ en 2019 ; pour la même année, au Tchad, la baisse est beaucoup plus lente avec un taux de 12 ‰. Plusieurs facteurs expliquent cette baisse, chez les bébés et les jeunes enfants, on peut citer l'usage des moustiquaires imprégnées d'insecticides engendrant le déclin de la prévalence du paludisme, une meilleure couverture vaccinale, l'accès à l'eau potable et aux sanitaires (Banque Mondiale, 2012)²⁰. On peut aussi rajouter d'autres facteurs tels que l'amélioration de l'offre de santé, le renforcement de l'éducation en particulier chez les filles et l'autonomisation des femmes (Houdebine, 2019)²¹. Ces derniers facteurs produisent à leur tour la baisse de l'indice de fécondité et du taux de natalité (2^e étape de la transition démographique).

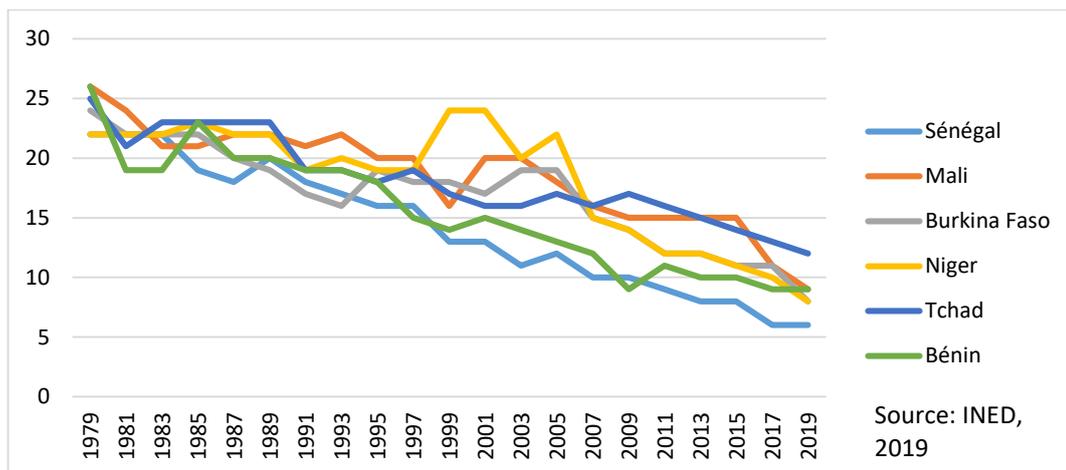


Figure 18 : Taux de mortalité des pays sahéliens

En somme, les indices de fécondité élevés correspondent à un comportement démographique traditionnel habituellement attribué aux populations rurales que l'urbanisation tend à changer. Les réalités en ville - difficultés financières, manque d'espace, changement de mentalité, scolarisation... - constituent un réel frein pour avoir de nombreux enfants, mais cela ne semble pas décourager toutes les personnes venues récemment des espaces ruraux. Il est intéressant de noter que d'autres comportements perdurent après l'arrivée des ruraux en milieu urbain dont le rapport vis-à-vis de la végétation qui se retrouve dans l'attention portée au maraichage, au jardinage ou à l'herboristerie.

²⁰ Article publié sur RFI, rapport de la Banque Mondiale sur la mortalité en baisse en Afrique subsaharienne. Site internet : [La mortalité infantile en baisse en Afrique subsaharienne \(rfi.fr\)](http://rfi.fr).

²¹ HOUDEBINE M., 2019 - La transition démographique en Afrique subsaharienne. Trésor-éco, N° 242, Août 2019, p 12. [Trésor-Éco n° 242 \(Août 2019\), " La transition démographique en Afrique subsaharienne " \(economie.gouv.fr\)](http://economie.gouv.fr).

1.2 Une fécondité toujours élevée mais en baisse dans les populations urbaines

La population sénégalaise est marquée par une natalité encore élevée avec un taux de 36,5 ‰, une mortalité en constante baisse avec un taux de 6,8 ‰ et une fécondité encore élevée de 4,93 enfants par femme en âge de procréer (ANSD, 2019 ; INED, 2019), correspondant ainsi à la seconde étape de la transition démographique et qui a plus que perdurer au Sénégal.

L'analyse des disparités géographiques du taux de natalité et de l'indice de fécondité révèle, d'une part, des différences entre les campagnes et les villes, et, d'autre part, entre les régions, ce qui sera analysé un peu plus loin. Le tableau 3 illustre bien la disparité dans l'indice de fécondité entre les zones urbaines et les zones rurales, avec respectivement 4,1 et 6,2 enfants par femme (RGPHAE, 2013), soit une différence d'environ deux enfants par femme montrant qu'au Sénégal la natalité reste plus portée par le milieu rural malgré les changements de comportement démographique ces dernières années (Adjamagbo & Antoine, 2002).

Au Sénégal, la baisse de l'indice de fécondité a d'abord été enclenchée en milieu urbain et elle a été plus rapide et importante dans les capitales nationales comme Dakar que dans les villes moyennes où l'exode rural, plus récent, s'accompagne d'un maintien des comportements démographiques traditionnels, mais, elle s'est ensuite étendue au milieu rural (Adjamagbo & Antoine, 2002). Effectivement, le nombre moyen d'enfants par femme en ville est passé de 6,5 en 1978 à 4,3 en 1997 et à 4,1 en 2013. Au même moment, il a baissé, mais moins sensiblement, en milieu rural en passant de 7,5 (1975) à 6,7 (1997) et à 6,2 en 2013 (Tableau 3).

En revanche, la décroissance de l'indice de fécondité et du taux de natalité semblent, dans les chiffres des recensements, ralentir dans les zones urbaines et dans les zones rurales (Tableau 3). Dans les chiffres donnés, en effet, de 2002 au dernier recensement de 2013, l'indice de fécondité en ville est passé 4,2 à 4,1 soit une baisse de 0,1 (RGPHAE, 2013 ; ANSD, 2019). Dans les villes, durant la période récente, même si elle ralentit, cette baisse (modeste) de la fécondité est généralement expliquée, en dehors des facteurs déjà soulignés, par une conjoncture économique difficile, notamment pour les familles nombreuses lorsque l'enfant devient une charge (scolarité, habillement, alimentation etc.) et par la démocratisation de l'usage des moyens contraceptifs.

En milieu rural, l'indice de fécondité est également resté stable car passant de 6,1 à 6,2 (Tableau 3), malgré les efforts pour la massification de la planification familiale, le développement de l'alphabétisation des femmes et malgré un exode important de la tranche d'âge des 15-30 ans, en pleine vie féconde, cela n'a pas encore d'impact sur le niveau de la fécondité qui reste élevée (RGPHAE, 2013).

Tableau 3 : Évolution de la fécondité depuis 1978

	ESF	EDSI	EDSII	EDSIII	RGPH03	EDSIV	EDS_MICS	EDS Continue	RGPHAE
Age	1978	1986	1992	1997	2002	2005	2010/11	2012	2013
15-19	189	154	127	103	116	101	93	80	78
20-24	304	270	250	219	216	212	201	210	181
25-29	332	271	266	240	245	250	241	246	227
30-34	265	261	244	245	216	228	219	223	216
35-39	197	196	185	186	158	169	156	184	176
40-44	108	89	99	99	76	74	73	97	98
45-49	34	36	34	41	28	22	13	19	53
ISF	7,1	6,4	6	5,7	5,3	5,3	5	5,3	5,1
Urban	6,5	5,4	5,1	4,3	4,2	4,1	3,9	4,1	4,1
Rural	7,5	7,1	6,7	6,7	6,1	6,4	6	6,3	6,2

Source : ANSD. RGPHAE 2013.

Il reste cependant au sein du Sénégal des différences importantes dans les indices de fécondité entre les régions. Les différences de fécondité entre les zones rurales et les zones urbaines et entre les villes elles-mêmes, varient selon la région de résidence.

En effet, certaines régions sont traditionnellement des foyers de forte natalité et leur indice de fécondité reste élevé malgré l'urbanisation croissante, y compris en direction des petites villes et des centres régionaux. Aujourd'hui, celles qui se distinguent le plus sont les régions de Sédhiou (7,2), de Matam (6,8) et de Tambacounda (6,7) (ANSD & RGPHAE, 2013). Dans la région de Tambacounda où, en ville, l'indice de fécondité est de 5,5, ce nombre moyen d'enfants par femme en âge de procréer passe en moyenne à 7,1 en milieu rural, toujours d'après les résultats du recensement de 2013. La baisse de la fécondité et la natalité enregistrée dans les chiffres généraux du Sénégal au cours de la décennie 2010 (cf. chiffres publiés par l'INED) pourrait cependant traduire une évolution récente non encore visible dans ce recensement, mais sur laquelle il faut rester prudents, car il s'agit d'estimations.

Dans la région de Ziguinchor et dans celle de Diourbel où se situe Touba, les femmes vivant en ville ont respectivement en moyenne 4,8 et 4,3 enfants, contre 6,2 et 5,7 pour celles vivant en milieu rural (ANSD & RGPHAE, 2013). Dans les régions de Diourbel, de Tambacounda et de Ziguinchor, les indices de fécondité urbains sont en moyenne de 5 ce qui est encore élevé et a été traditionnellement expliqué par le recours à une descendance nombreuse pour satisfaire la main-d'œuvre agricole (Thiam, 2007), par le maintien en ville de ces comportements démographiques ruraux et par des raisons socio-culturelles et religieuses.

Le maintien des comportements démographiques « traditionnels » dans ces villes où l'arrivée des nouveaux urbains est plus récente explique sans doute aussi la différence avec la région de Dakar, où le nombre moyen d'enfants par femme en âge de procréer est tombé à 3,6 lors du recensement de 2013 (RGPHAE, 2013 ; ANSD, 2019). Il est constaté que l'urbanisation des sociétés engendre une baisse de l'indice de fécondité qui selon les contextes urbains (niveau d'éducation, religieux, facilité d'accès à l'emploi et au logement...) s'étale plus ou moins dans le temps comme souligné précédemment. Par ailleurs, ce comportement démographique n'est pas le seul qui perdure après l'arrivée des ruraux en milieu urbain. Une fois en ville, ils ont des comportements vis-à-vis du végétal qui se

prolongent pendant un certain temps, il s'agit des prélèvements sur les arbres pour se soigner, se procurer du bois-énergie et du bois d'œuvre pour un habitat qui reste souvent précaire et du maintien de la possibilité de pratiquer des activités maraichères. Ces pratiques sont plus répandues dans les quartiers populaires et périphériques de la ville. La forte pression urbaine n'est cependant pas sans conséquence sur cet héritage venu du monde rural et donc sur l'évolution du couvert végétal ; plus de détails seront donnés dans la troisième partie de cette thèse. Ces comportements ruraux changent après l'insertion professionnelle et l'adaptation au mode de vie urbain.

1.3 Inégale répartition spatiale de la population et des villes en faveur de la bande littorale

La population sénégalaise est très inégalement répartie sur un territoire national qui compte une densité moyenne de 82 habitants par km² (ANSD, 2019). Cette densité moyenne masque les fortes disparités de peuplement avec un intérieur où les densités rurales sont faibles et où l'urbanisation a longtemps été presque inexistante et un littoral où les densités sont beaucoup plus fortes et où l'urbanisation est marquée malgré des disparités. La prédominance d'une bande littorale, étroite au nord mais qui s'élargit un peu, lorsque l'on aborde les Rivières du Sud a été accentuée par l'organisation territoriale héritée de la colonisation. Les politiques de décentralisation successives après l'indépendance n'ont pas vraiment réussi à corriger ce déséquilibre. Il s'est même plutôt accentué dans la période récente.

En effet, l'urbanisation a essentiellement touché la bande littorale où la colonisation a permis le développement de Saint-Louis, de Dakar, et, plus au sud, de Ziguinchor, en lien, historiquement, avec l'installation de ports maritimes pour l'acheminement des marchandises vers la métropole. L'ouverture vers l'intérieur du pays, avec le développement du chemin de fer et de la culture de l'arachide a permis l'ouverture d'une partie des régions centrales et orientales autour de quelques villes comme Tambacounda, mais le déclin du chemin de fer et la crise arachidière ont entraîné une longue stagnation de ces villes intérieures.

Ce schéma de répartition spatiale de la population s'est poursuivi et tous les départements compris dans une bande littorale de 700 km concentrent aujourd'hui nettement plus de 50 % de la population globale avec des densités très élevées (ANSD, 2019). Ainsi en 2021 (POPTOT-SN-RGPHAE²², 2013), les départements de Pikine (1 469 782 habitants), de Dakar (1 438 725 habitants), de Rufisque (616 006 habitants) et de Mbacké (1 191 556 habitants) où se situent les deux plus grands centres urbains sénégalais, l'agglomération de Dakar et celle de Touba se distinguent tout particulièrement.

La région dakaroise avec 6 452 habitants/km² forme aujourd'hui une agglomération continue (Fig. : 19) et illustre bien ce déséquilibre de la distribution de la population dans le pays. L'agglomération dakaroise est un exemple très caractéristique de l'urbanisation et de la

²² www.ansd.sn/ressources/publications/indicateurs/Projections-demographiques-2013-2025+.htm

métropolisation en Afrique subsaharienne, capitale nationale où sont fortement concentrées les activités économiques et surtout industrielles attirant ainsi des travailleurs plus ou moins qualifiés. Le maintien d'une agriculture urbaine avec notamment la zone humide des *Niayes* très favorable au développement des activités maraichères et fruitières et la proximité du marché dakarois, a également attiré des travailleurs ruraux qui se sont fixés, en se reconvertissant dans des emplois ne nécessitant pas de qualifications notamment dans le petit commerce informel.

Avec 351 habitants/km² (Fig. : 19), la région de Diourbel, qui repose sur le poids démographique de Touba, a la plus forte densité de population loin derrière la région de Dakar, l'urbanisation y étant bien plus lâche. Cette concentration de population urbaine autour de Touba-Mbacké dans la région de Diourbel résulte d'un processus original lié à l'influence des mourides dans la religion, la politique et l'économie sénégalaise, relayée par les appels au peuplement de la ville sainte de Touba lancés par le troisième Khalife général des mourides en 1988 (Thiam, 2007).

Dans le sud du Sénégal, les densités sont souvent beaucoup moins élevées et n'atteignent qu'à peine 90 habitants/km² dans la région de Ziguinchor, celle où elle est la plus forte (87 habitants/km², sixième place des régions les plus denses au niveau national ; Fig. : 19).

Les densités de population sont encore beaucoup plus faibles dans l'intérieur du pays, plus ou moins bien desservi. Dans la région de Tambacounda, elle est de 19 habitants/km². Signe d'une population essentiellement rurale, la fécondité reste élevée dans cette région. Cette faiblesse relative du peuplement est liée à la longue tradition migratoire de ces régions orientales. Elles alimentent principalement les effectifs des candidats à l'exode vers les pôles économiques du Sénégal et à l'émigration internationale. Ces migrations sont cependant pour l'essentiel des mouvements internes au continent, notamment à la sous-région ouest-africaine où les pays pour des raisons diverses (économique, croissance démographique, jeunesse de la population, mais aussi les guerres, voire les disettes et les catastrophes naturelles liées aux fluctuations de la pluviosité) peuvent accueillir et/ou fournir des migrants.

Le Sénégal fait partie de ces pays, car il est à la fois un pays d'immigration et d'émigration. À la fin des années 1970, il était même la principale destination des ressortissants d'Afrique de l'Ouest (Zachariah & Condé, 1980). Dans les années 2000, les flux migratoires se sont principalement orientés vers la Côte d'Ivoire qui a l'économie la plus dynamique de la région. Elle a le pourcentage d'immigrés le plus élevé avec environ 11,2 % soit plus de 2 millions de personnes. Elle est suivie de loin par le Ghana avec un pourcentage de 7,6 % (Tanguy, 2019). L'émergence économique du Nigeria ces dernières années, portée notamment par le secteur pétrolier très demandeur en main d'œuvre, laisse penser qu'il pourrait dans un avenir assez proche être la principale destination des immigrés de la sous-région ouest-africaine (DPNU²³, 2009 ; Konan *et al.*, 2011).

²³ DPNU : Division de la population des Nations Unies

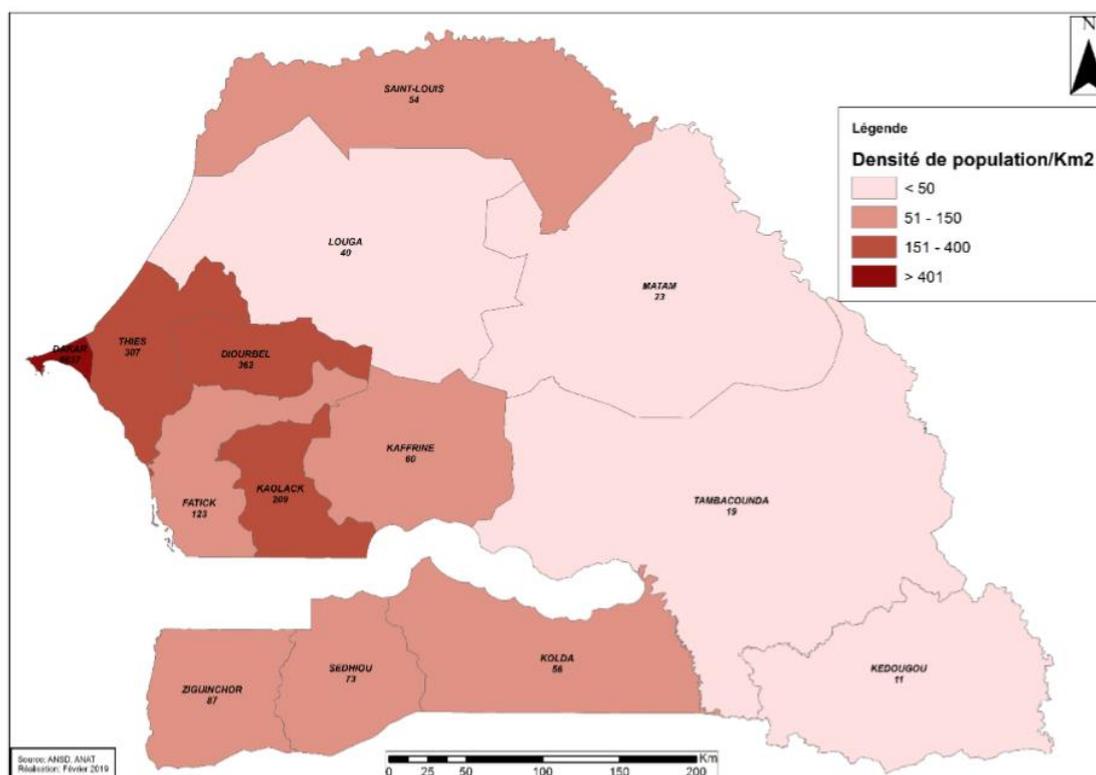


Figure 19 : Densité de la population par région au Sénégal, 2019
 Source : ANSD, ANAT, 2019

Le Sénégal pourrait cependant attirer à nouveau des immigrants venant de l’Afrique de l’Ouest grâce à la découverte récente de pétrole et de gaz et à une stabilité politique et sécuritaire par rapport aux pays voisins.

Quoi qu’il en soit, au dernier RGPHAE (2013), les migrants internationaux ne représentaient que 1 % de la population résidente, soit 114 512 personnes. La plupart des migrants internationaux viennent des pays limitrophes - le Mali, la Mauritanie, les deux Guinées. Ils sont installés en priorité dans les centres urbains où ils sont souvent actifs dans le commerce.

Par ailleurs, les migrations internes sont marquées par un solde migratoire très nettement positif pour les zones urbaines, montrant un exode rural toujours très actif au Sénégal bien qu’il y soit plus ancien que dans les autres pays sahéliens. Le solde migratoire de la région de Dakar est par exemple positif de 678 006 individus en 2017. La région accueille 43,2 % des migrations internes au Sénégal. Elle est suivie par la région de Diourbel dont le solde migratoire positif est de 71 899 individus, accueillant ainsi 15,2 % des migrants interrégionaux et ceci en raison du poids démographique, économique et de l’attraction de la ville religieuse de Touba, mais aussi en raison de l’activité économique soutenue de la confrérie mouride. En revanche, malgré la croissance démographique de leurs capitales, les régions de Ziguinchor et de Tambacounda ont des soldes migratoires négatifs, respectivement

de - 11,1% (moins 205 520 individus) et de -1,4% soit moins 23 692 individus (ERI-ESI²⁴, 2017, ANSD, 2020).

2. Retour sur l'histoire urbaine de l'Afrique de l'Ouest et du Sénégal

Pour rappel, l'Afrique est actuellement le continent qui enregistre le taux de croissance urbaine le plus élevé au monde, mais il reste le continent le moins urbanisé en raison d'une transition urbaine tardive. Cette croissance est soutenue en Afrique de l'Ouest, et le Sénégal, on l'a vu, n'y fait pas exception, par un fort taux d'accroissement naturel et par un important flux migratoire des zones rurales vers les zones urbaines. Cette sous partie du chapitre, nous permettra de revenir plus complètement sur l'histoire urbaine de l'Afrique occidentale, sur les différentes formes de l'urbanisation qui ont accompagné ces différentes étapes et enfin voir la situation de la transition urbaine dans la sous-région et plus particulièrement au Sénégal. Ceci permettra de mieux comprendre la place qu'occupe la végétation dans les différents moments de cette histoire urbaine et la relation qui existe entre ces néo-urbains/urbains et la végétation.

2.1 L'histoire urbaine de l'Afrique de l'Ouest : dans les régions littorales, un modèle urbain importé par la colonisation

En Afrique, certes, « les villes ne sont pas nées, à compter du XIX^e siècle, avec la colonisation européenne » (Goerg, 2006). Cependant, « le modèle urbain colonial a servi de référence et de ligne de conduite dans la création de bien des villes, des armatures urbaines et dans le développement actuel des villes » (Massiah & Tribillon, 1988). C'est particulièrement vrai dans les régions et les pays littoraux.

En effet, les premières civilisations urbaines réellement connues en Afrique occidentale remontent à la période des grands empires depuis le III^e siècle jusqu'au XVI^e siècle. C'est dans l'aire d'expansion des empires du Ghana, celui du Mali et l'empire Songhaï jusqu'aux franges en contact avec le monde arabe (Pourtier, 2003) et le développement du commerce transsaharien que les premières villes ouest-africaines ont vu le jour.

Cependant, il faut rappeler que l'histoire urbaine de l'Afrique révèle des disparités entre, d'une part, l'Afrique méditerranéenne où le fait urbain est une réalité prégnante, héritage de l'antiquité (Egypte pharaonique, Grecs et Romains) et renforcé par les apports de la civilisation musulmane comme en témoignent les capitales impériales du Maroc (Fès et Marrakech), la Casbah d'Alger, les dynamiques cités d'Alexandrie et du Caire et, d'autre part, l'Afrique subsaharienne (Frérot, 1999). L'urbanisation n'est pas si récente que cela puis que des marchands arabes du Moyen Âge ont décrit les splendeurs de certaines villes royales du Sahel (Coquery-Vidrovitch, 1993).

²⁴ ERI-ESI : enquête régionale intégrée sur l'emploi et le secteur informel.
https://www.ansd.sn/ressources/publications/Senegal_ERI-ESI_Rapport_final

Cette civilisation urbaine qui fleurissait en Afrique subsaharienne était surtout interne au continent. Elle a donc peu touché le Sénégal et sa frange côtière. Les choses vont radicalement changer avec l'événement majeur qu'a constitué la découverte du Nouveau Monde et l'ouverture de routes maritimes qui ruinent peu à peu le commerce transsaharien (Diop-Maes, 1996). Les expéditions arabes et le développement de la traite esclavagiste qui ont ensuite profondément affaibli cette civilisation urbaine et entraîné une bascule de l'urbanisation vers les sites côtiers.

Les nouvelles données de l'économie mondiale favorisèrent en effet alors les sites côtiers (Frérot, 1999). D'après Thiam (2007), l'œuvre de construction urbaine s'est poursuivie, après le déclin des empires à partir du XVII^e siècle avec la création des villes-comptoirs dans le cadre du commerce atlantique. Pour Sinou (1993), cependant, les comptoirs côtiers n'étaient pas des villes et ne prétendaient pas l'être. Il signale qu'ils étaient des entrepôts et des lieux de commerce dont la durée de vie est liée au négoce. Si celui déperit, le comptoir disparaît et l'établissement se dépeuple, ce fut le cas du comptoir esclavagiste de Gorée dont l'importance a décliné avec la fondation de Dakar en 1857 et l'inauguration de son port en 1866. Se pose alors la question des réalisations urbaines incluant la végétation qui seront dans cette thèse analysées à travers les anciens quartiers coloniaux de l'agglomération dakaroise, de Tambacounda et de Ziguinchor.

Ces comptoirs vont devenir des villes portuaires dans le cadre du développement de l'économie coloniale au XIX^e siècle (Thiam, 2007). L'arrivée de Faidherbe en 1854 marquera le début de la période de colonisation effective et se traduira par la transformation de certains comptoirs en villes coloniales (Sinou, 1993). D'ailleurs, c'est durant cette période coloniale que la ville à l'europpéenne a vu le jour en Afrique occidentale. Ce modèle urbain colonial s'est imposé en éliminant les formes urbaines antérieures à travers les nouveaux matériaux « en dur » qui ont déclassé les formes antérieures d'habitat. « Les angles droits et les diagonales triomphantes ont pris le dessus sur le tissu ancien » (Massiah & Tribillon, 1988). Il en résultera des villes où la place de la végétation différera selon les quartiers entre les quartiers à l'europpéenne et les quartiers précoloniaux où elle est beaucoup moins présente.

Jusqu'aux indépendances, les villes ont servi de siège pour l'administration coloniale et de points de fixation de l'économie de traite. Après les indépendances, les nouveaux gouvernants se sont contentés de reproduire les institutions, les doctrines et les pratiques de l'ancienne métropole en matière d'urbanisme et d'aménagement du territoire, polarisation par les centres régionaux, hiérarchisation par les fonctions tertiaires (Salem & Mainet, 1993), dualité, d'un côté, entre les quartiers centraux dotés en infrastructures et hébergeant des populations riches et les quartiers périphériques constitués d'un habitat populaire et de bidonvilles, où la spontanéité de l'urbanisation et l'auto-organisation priment sur l'ordre urbain, abritant des populations pauvres. D'un côté, la végétation a une fonction plutôt esthétique, de l'autre une fonction plus utilitaire avec des usages importés des campagnes.

Le poids du monde rural dans l'urbanisation récente doit être souligné car il pèse dans la façon dont la végétation est perçue dans les villes africaines. L'urbanisation rapide des pays

africains est au centre des débats, cependant, il faut noter que l’Afrique compte 700 millions ruraux pour une population totale de 1,2 milliard d’habitants en 2015, à l’heure où le seuil de la moitié d’urbains est dépassé dans tous les autres continents (Gastineau & Golaz, 2016). En Afrique de l’Ouest, malgré, l’urbanisation accélérée de certains pays notamment côtiers ces trois dernières décennies, le niveau d’urbanisation demeure faible par rapport au reste du monde et très hétérogène selon les pays. Ce taux d’urbanisation, qui s’élevait à 7,5 % en 1950, est passé à 32 % en 2000 et à 35 % en 2020 pour atteindre 60 % d’ici 2050 (Denis *et al.*, 2008 ; ONU-HABITAT, 2014 ; BAFD/PNUD/CEA, 2017). Certes, depuis les indépendances, la sous-région ouest-africaine a enregistré le plus fort taux de croissance de la population urbaine au monde, plus de 5 % par an (Calas, 1998), mais cela s’explique peut-être par son urbanisation tardive. Si le fort gonflement de la population urbaine se maintient, elle devrait atteindre la moitié d’urbains dans la population dans les très proches années à venir.

Le bas taux de l’urbanisation de l’Afrique de l’Ouest renferme des disparités selon les pays. Sur la figure 20, on peut voir le contraste urbain qui existe entre les pays côtiers et les pays continentaux. Par exemple, en 2005, les villes de la bande littorale concentraient 38 % de la population urbaine contre 28 % en 1950 (Denis *et al.*, 2008).

Parmi les pays les moins urbanisés de l’Afrique de l’Ouest figurait alors des zones qui allaient devenir le Mali, le Niger, le Tchad ou la Mauritanie, ces pays dont la plupart sont situés à l’intérieur du continent (il y avait cependant alors aussi la Côte d’Ivoire, le Togo ou le Libéria) avaient des taux d’urbanisation inférieurs à 10 % en 1950 (Fig. : 20). La même année, les zones les plus urbanisées se trouvaient sur le littoral atlantique, à l’exemple du Sénégal, du Ghana et du Nigéria qui avaient des taux d’urbanisation compris entre 10 et 25 % (Fig. : 20). Ces chiffres témoignent de la très forte ruralité des sociétés ouest-africaines dix ans avant la vague de décolonisation et le faible impact des villes créées par les Européens.

Aujourd’hui, l’Afrique de l’Ouest connaît globalement l’une des croissances urbaines les plus rapides au monde mais aucun pays n’a encore atteint le stade de stabilisation des hiérarchies urbaines, et ce pour deux raisons : beaucoup de villes sont récentes et les équilibres démographiques ne sont pas maîtrisés (Denis *et al.*, 2008) tant sur le plan du bilan naturel que sur celui du bilan migratoire. Le rythme de croissance de la population urbaine diffère cependant grandement d’un pays à l’autre. Certains pays comme le Nigéria, la Côte d’Ivoire, le Ghana etc. ont connu une croissance explosive de leurs populations urbaines avec des taux d’urbanisation respectifs en 2018 de 50 %, 50,78% et 56 % (Atlas sociologique mondial, 2018)²⁵, renversant ainsi la structure de la population qui a été longtemps dominée par les populations rurales.

D’autres pays se dirigent inévitablement vers ce changement démographique, passage d’une population à dominante rurale à une population à dominante urbaine. C’est dans cette

²⁵ atlassocio.com/cartes/demographie/urbanisation/carte-monte-taux-urbanisation-par-etat-2018_atlassocio.png

catégorie que l'on peut ranger le Sénégal (46,3 %), mais aussi le Mali (42,36 %) où la population urbaine a fortement progressé ces dernières décennies.

Enfin, on peut observer des pays ayant des taux d'urbanisation inférieurs à 40 %, à l'exemple du Tchad (23,06), du Niger (16,43%) et du Burkina Faso (29,36), tous sont des pays continentaux qui tardent à profiter pleinement du boom urbain dans le monde en général et en Afrique de l'Ouest en particulier (Atlas sociologique mondial, 2018).

La figure 20 montre également une démultiplication des petites et moyennes agglomérations dans les réseaux urbains nationaux et l'émergence de nouvelles agglomérations par urbanisation *in situ* dans les pays de l'Afrique de l'Ouest entre 1950 et 2010 (Denis *et al.*, 2008).

Au Sénégal, le nombre d'agglomérations de plus de 10 000 habitants est ainsi passé de 8 agglomérations en 1950 à 120 agglomérations en 2020. Parmi ces 120 agglomérations, seule Dakar a atteint et dépassé un million d'habitants. Cela n'est pas propre au Sénégal, la prédominance de la ville capitale (éventuellement capitale économique) reste très fréquente dans de nombreux pays africains. Dans l'intervalle de 500 000 à 999 999 habitants, il n'existe également qu'une seule agglomération, Touba-Mbacké, dont la population est aujourd'hui estimée à 716 930 habitants (projections Africapolis). Le plus frappant est la croissance exponentielle des petites agglomérations de 10 000 à 20 000 habitants qui sont passées de 4 en 1950, à 34 en 1990 et à 60 en 2020 (Denis *et al.*, 2008).

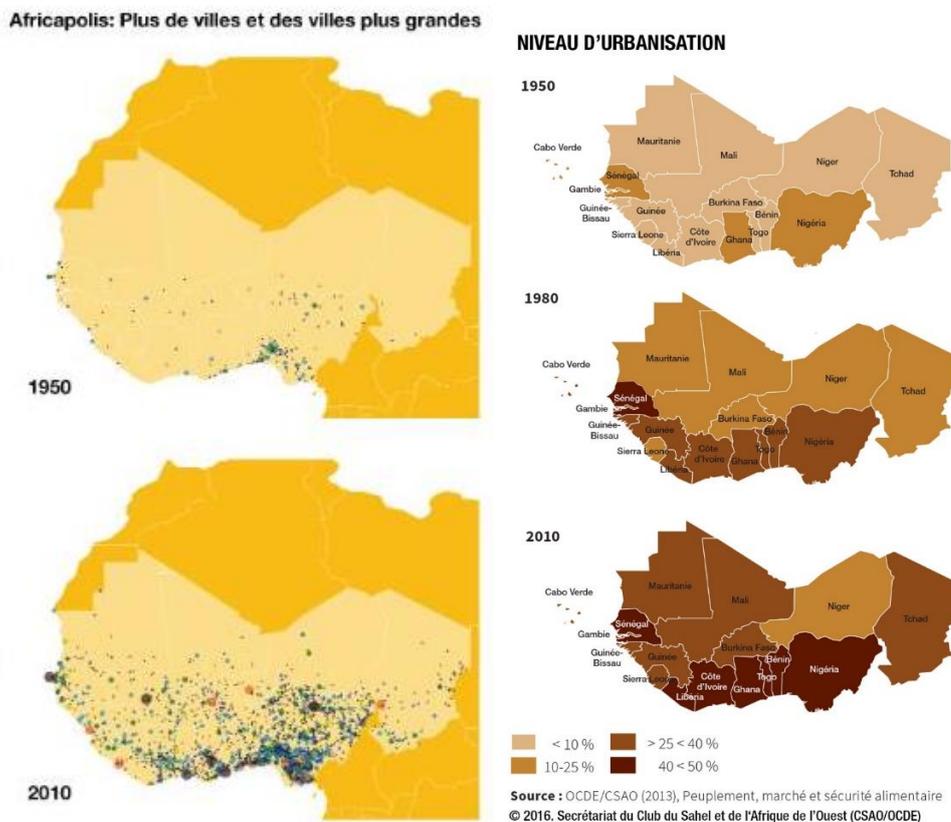


Figure 20 : Augmentation des villes et niveau d'urbanisation en Afrique de l'Ouest (OCDE/CSAO, 2013)

2.2 L'urbanisation récente et rapide du Sénégal

L'urbanisation « désigne le phénomène historique de transformation de la société qui se manifeste par une concentration croissante de la population dans des agglomérations urbaines. Elle se mesure par le nombre d'habitants dans les villes par rapport à l'ensemble de la population, la densité de population, extension territoriale des villes et ses conséquences sur le mode de vie et sur l'environnement » (Wiel, 2000).

En Afrique de l'Ouest, les définitions des entités dites urbaines sont différentes selon les pays. Tandis que le statut urbain repose sur un simple seuil quantitatif de population de la « localité » au Nigéria et au Ghana (Denis & Moriconi-Ebrard, 2009), au Sénégal, elles sont définies sur une base purement administrative, la commune (souvent très vaste) est considérée comme l'unité urbaine de base. À partir de là, certaines communes sont reconnues comme rurales et d'autres comme urbaines.

Sur cette base, le Sénégal, à l'image des 16 pays de l'Afrique de l'Ouest, qui était très rural à la veille de l'indépendance avec un taux de ruralité élevé (75 %), amorce très rapidement des évolutions spectaculaires de sa population urbaine avec un taux d'urbanisation qui passe de 30 % en 1976 à 45 % en 2000, soit une progression urbaine de 15 % en quinze ans (ISOCARP, 2003)²⁶. C'est donc un peu moins de la moitié de la population sénégalaise (Fig. : 21) qui réside aujourd'hui en milieu urbain soit près de 7 569 661 d'urbains (ANSD, 2020).

Cette nouvelle redistribution de la population à l'intérieur du territoire national s'est faite en faveur des villes y compris moyennes et petites. Malgré, l'exode des populations vers les villes, engendré par les difficultés du secteur agricole causées par les crises climatiques, de la forte concentration des activités économiques et administratives dans les centres urbains comme on l'a déjà souligné et l'émergence de nouvelles centralités, 53,3 % de la population totale réside encore en milieu rural contre 46,7 % en milieu urbain (ANSD, 2018). La population sénégalaise comme partout dans le monde s'urbanise de plus en plus.

²⁶ ISOCARP: International Society of City and Regional Planners.

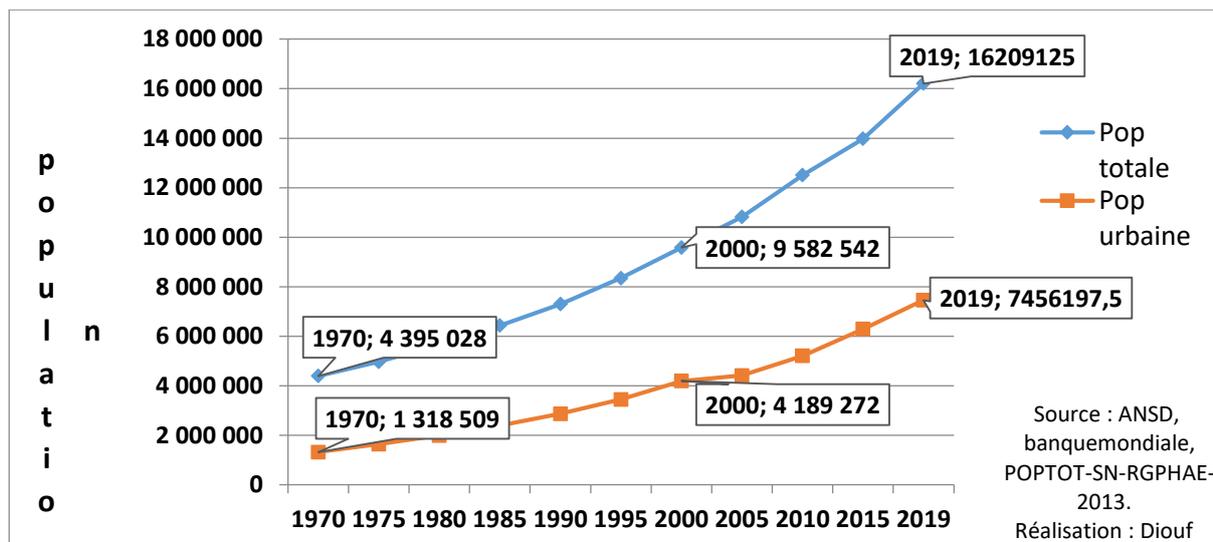


Figure 21 : Evolution de la population totale et de la population urbaine du Sénégal entre 1970 et 2019

D'après le programme Africapolis (Denis *et al.*, 2008), cette urbanisation se présente en Afrique de l'Ouest sous trois formes. La première forme de l'urbanisation et la plus connue est l'afflux des populations dans les grandes agglomérations comme Dakar dont la population est passée de 400 000 à 3 732 284 habitants (ANSD, 2020) de 1960 à 2019. En effet, Dakar a toujours été attractive à l'échelle du Sénégal et de l'Afrique de l'Ouest, la politique coloniale en ayant fait la capitale de l'AOF (Afrique occidentale française) et un comptoir incontournable pour le commerce ouest-africain (Bailly, 1975).

Ceci a permis, entre autres facteurs, à la métropole et capitale nationale (Dakar) d'affirmer sa primatie²⁷ sur l'ensemble des systèmes urbains qu'elle contrôle sans pour autant accroître son poids dans la population urbaine totale du pays (Denis *et al.*, 2008). Cette primatie²⁸ de l'agglomération dakaroise sur la seconde agglomération (Touba) est aujourd'hui estimée à 4,51. Celle-ci reste assez élevée, mais a cependant décru ces dernières années, puisque elle était de 9,58 en 1990.

Cette baisse traduit surtout la croissance fulgurante de Touba et, dans une moindre mesure, des autres grands centres régionaux comme Thiès, Kaolack ou Ziguinchor. On note cependant le recul relatif des grandes agglomérations qui devaient leur essor à la vitalité du réseau ferroviaire comme Thiès (deuxième agglomération jusqu'au début des années 1980). Cela fait un contraste avec l'émergence déjà citée de Touba qui a rejoint la ville de Mbacké devenant depuis 1990 la deuxième entité démographique dans la hiérarchie urbaine sénégalaise. Ainsi, le réseau urbain traditionnel qui était largement dominé par la région capitale (Dakar) tend à se rééquilibrer, même si cela reste à la marge.

²⁷ Cet indicateur se calcule en divisant l'effectif de la population de l'agglomération de rang 1 par celui de l'agglomération de rang 2.

²⁸ Primatie = 3 236 889 habitants (agglomération dakaroise) divisé par 716 930 (agglomération de Touba) = 4,51

Malgré tout, en effet, plus de 50 % des personnes qui quittent les campagnes et les villes petites et moyennes sont encore absorbés par l'agglomération dakaroise (RGPHAE, 2013). Pour orienter ces flux migratoires et désengorger une métropole du Grand Dakar à l'étroit dans la péninsule du Cap Vert, Macky Sall dans sa première présidence a lancé un programme appelé PSE (Plan Sénégal Emergent) dont les axes majeurs sont la création d'une ville nouvelle à Diamniadio et la construction du nouvel aéroport Blaise Diagne. La création de la ville nouvelle de Diamniadio a fait que la croissance urbaine du Grand Dakar a changé d'échelle en débordant de la presqu'île du Cap Vert et en direction de Rufisque, Thiès et Mbour.

Malgré de telles opérations d'aménagement, l'urbanisation garde un caractère largement spontané qui accentue par ailleurs la transformation accrue des surfaces cultivées surtout périurbaines, la forte pression sur le foncier et sur l'environnement urbain, dont les espaces végétalisés dans l'environnement urbain.

Une deuxième forme de l'urbanisation est la dissémination périurbaine, particulièrement marquée sur le littoral où se concentre la population. Ainsi, sur la Petite Côte sénégalaise, elle est continue, s'appuyant sur les noyaux urbains préexistants de Mbour et Joal-Fadiouth et sur les grands complexes touristiques (Saly-Portugal) (Alexandre, 2017). À une autre échelle, à Touba, des villages satellites comme Sam, Ndindy Abdou et Ngonane situés à un rayon de 5 km de la ville sainte ont vu leur taux d'accroissement moyen annuel passer respectivement de -3,09 à 40,74 %, de 2,32 à 16,79 % et enfin de 2,22 à 17,10 % de 1988 à 2002 (Thiam, 2008). Ces villages et bien d'autres bénéficient du trop-plein de population de la ville de Touba et assurent par conséquent une certaine continuité du tissu urbain et périurbain. À l'inverse, les villes de Ziguinchor et de Tambacounda sont encore dans une phase d'absorption des populations des localités environnantes, limitant ainsi la dissémination périurbaine.

Une troisième forme qu'on souligne moins mais qui prend de plus en plus d'ampleur, est la démultiplication des villes petites et moyennes (Alexandre, 2017) dans l'espace rural. Ainsi, dans les 16 états d'Afrique de l'Ouest, le nombre des agglomérations urbaines de plus de 10 000 habitants est passé de 125 en 1950 (avec 4 600 000 hab.) à 1 281 en 2010 (regroupant près de 124 000 000 d'habitants) (Denis *et al.*, 2008) et, au Sénégal, les agglomérations situées à moins de 5 km du réseau routier principal a quasiment décuplé entre 1950 et 2000 (Denis *et al.*, 2008).

3. Quantification de l'extension urbaine et estimation de la part du non bâti dans l'agglomération dakaroise et dans trois centres régionaux sénégalais (Touba, Ziguinchor et Tambacounda)

Dans leur site initial, les quatre villes d'étude correspondent au départ à trois formes d'urbanisation fréquentes en Afrique de l'Ouest :

- ✓ Concentrique, lorsque de gros bourgs construits autour de la place centrale qui abrite un lieu de culte, le marché et un arbre (un baobab, un fromager etc.) qui fait office de lieu de rassemblement deviennent des villes. Selon leur vitesse de croissance démographique et spatiale, ces villes peuvent se diffuser assez rapidement vers les villages environnants. Dans ces villes, l'habitat est ouvert voire diffus par endroits. Un exemple spectaculaire de la forme d'urbanisation qu'on vient de décrire, est la ville de Touba qui a été construite autour de la grande mosquée des mourides avant de se redéployer spatialement et démographiquement (transfert de population) vers les villages satellites ;
- ✓ Semi-concentrique, à l'image des grandes villes littorales. Cette forme d'urbanisation concerne les villes qui ont été toutes aménagées sur des sites stratégiques et peu ouverts. L'agglomération dakaroise et la ville de Ziguinchor en sont les exemples, illustrant une certaine stratégie d'installation défensive des villes coloniales. Le manque d'espace dans une des directions oblige à développer des stratégies d'occupation du sol alliant à la fois la densification et le déploiement horizontal (Thiam, 2008) ;
- ✓ Linéaire, lorsque que les villes sont construites le long des axes de communication ou des espaces naturels (rivière, zone humide etc.) dont elles ont hérité la forme linéaire. Ce fut le cas à Tambacounda qui a connu un premier développement spatial le long du chemin de fer reliant Dakar à Bamako. Avec le déclin de cet axe ferroviaire, la ville s'est redéployée le long de la route nationale 1, mais aussi de la vallée sèche du Mamacounda qui a entraîné sa diffusion rapide vers le Sud.

À partir de ces formes originelles (concentriques, semi-concentriques, linéaires), les villes d'étude se sont beaucoup étendues spatialement. Un des traits géographiques les plus remarquables de cette extension urbaine réside dans les changements de fonctions des nouveaux espaces urbains pour accueillir les nouvelles zones bâties, l'agriculture urbaine et les nouveaux équipements de transports. Il faut estimer dans quelle mesure cela se fait, d'une part, au détriment des espaces autrefois végétalisés, d'autre part, en provoquant des mutations dans les fonctions de ces espaces ruraux, mais aussi parfois d'espaces naturels et semi-naturels, ce qui peut entraîner la perturbation des services et des ressources écosystémiques ou paysagers que peuvent rendre ces espaces végétalisés.

L'objectif de cette sous-partie du chapitre 2 est d'essayer de cartographier et de quantifier l'extension urbaine et de discerner la part du bâti et du non bâti dans cette extension.

Pour atteindre cet objectif, un travail de télédétection des zones urbanisées à l'aide d'images de moyenne résolution a été réalisé pour chaque ville d'étude sur deux dates, l'une au début des années 1990, l'autre en 2017. La qualité des images Landsat de 1973 (MSS) sur lesquelles nous travaillerons par la suite ne sont pas utilisées à ce stade car de trop basse résolution. Ainsi l'évolution des tâches urbaines ont-elles été suivies sur une durée de 27 ans. Partant de centres anciens très denses, la tâche urbaine se diffuse ensuite avec de moindres densités, la part du non bâti et donc de surfaces potentiellement gardées en végétation augmentant.

3.1 Croissance de la population et étalement spatial de l'agglomération dakaraise

3.1.1 Croissance démographique de l'agglomération dakaraise

En 2020, la population de la région de Dakar est estimée à 3 835 019 habitants, la plus densément peuplée du Sénégal avec une densité de 6 973 habitants par km² (ANSD, 2020), projection²⁹ qui marquerait une hausse nette par rapport au recensement de 2013 qui donnait 5 735 hab./km². Cette hausse s'explique par le bilan migratoire très positif pour la région de Dakar, et par une population jeune comme ailleurs dans le pays, mais sans doute plus qu'ailleurs. En effet, 6 personnes sur 10 vivants dans la région de Dakar ont moins de 35 ans (ANSD, 2019).

Les statistiques officielles montrent que la quasi-totalité de la population est urbaine. Les ruraux de la région de Dakar sont essentiellement concentrés dans le département de Rufisque où ils représentaient 3,6 % de la population totale régionale en 2016 (projection de la population du Sénégal 2013-2025). Cela ne doit cependant pas occulter la forte proportion d'anciens ruraux dans cette population qui ont plus ou moins adopté le mode de vie urbain ou plus ou moins gardé des pratiques rurales.

La figure 22 révèle une augmentation rapide de la population de l'agglomération dakaraise depuis l'indépendance passant de 315 703 habitants en 1960 à 966 051 habitants en 1980 puis à 1 817 627 habitants en 2000. Cela correspond presque à un doublement de la population chaque vingt ans depuis 1960. Ce dynamisme démographique est entretenu dans la durée par les avantages et les potentialités qu'offre la capitale sénégalaise en termes d'opportunités d'emplois ou même seulement de moyens de subsistance à travers des activités informelles dont certaines sont fondées sur l'utilisation de la végétation (fleuristes, phytothérapeutes, maraichers...), ainsi que l'accès aux services administratifs, de santé, scolaires, universitaires, et de formation, ce qui a longtemps favorisé l'exode rural accentué durant les années de sécheresse (des années 1970 aux années 1990).

La macrocéphalie dakaraise, dont les facteurs sont explicitement exposés, a provoqué, d'un côté, un déséquilibre du système urbain sénégalais démographiquement et économiquement et, d'un autre côté, elle provoque localement la saturation de l'espace

²⁹ Une projection démographique est une estimation chiffrée de données futures qui se fonde sur des scénarios et des tendances. Lorsque les recensements ont lieu, cela permet de vérifier la pertinence de ces scénarios.

urbain, l'étalement et le débordement en dehors de la presqu'île du Cap Vert de l'agglomération dakaroise (Fig. : 25). D'un côté, les grands projets de réorganisation urbaine du Grand Dakar autour de la ville nouvelle de Diamniadio et du nouvel aéroport de Diass, de l'autre, les occupations irrégulières et l'évolution constante de l'utilisation du sol. On présente la complexité de la question de la végétation et de l'évolution de sa place pour la population dans une telle agglomération.

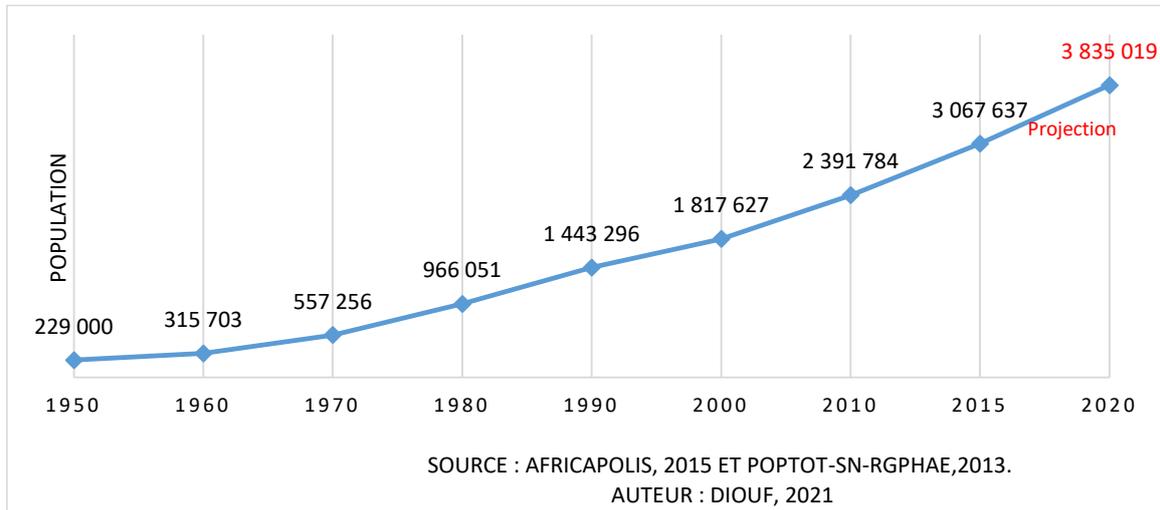


Figure 22 : Évolution démographique de l'agglomération dakaroise : 1950-2020

L'une des principales conséquences de cette forte concentration humaine à Dakar est, en effet, l'encombrement urbain qui a conduit à une réorganisation de l'espace urbain dans laquelle la place de la végétation est à évaluer et sera à prendre en compte dans les politiques urbaines à l'avenir. La gestion du foncier urbain a toujours été un défi pour les agglomérations des pays en développement ; il l'est particulièrement pour l'agglomération dakaroise. Les problèmes liés à la gestion foncière à Dakar remontent à l'époque coloniale. À cette époque, « l'ignorance des droits coutumiers lébous³⁰ (Diouf, 1985) sur le foncier par les colons a entraîné la création d'un circuit de gestion parallèle participant fortement au développement des premiers quartiers spontanés et des villages lébous comme Thiaroye Gare, Thiaroye Kao et Yeumbel » (Sy, 1991). La ségrégation spatiale est instaurée en 1914 par le colonisateur pour assoir son autorité conduisant à la création d'une « ville indigène ». La majorité des autochtones sont alors déplacés vers Tiléne vaste plaine marécageuse située au nord du Plateau, quartier habité par les européens. Occupé par les champs, le site est d'abord asséché puis loti selon un plan en damier (Sakho, 1985 ; Ndiaye, 2009). Une première extension a alors lieu avec la création de la Médina (Ndiaye, 2009). Elle s'est poursuivie avec l'aide des promoteurs immobiliers comme la société immobilière du Cap-Vert (SICAP) et avec la société nationale des habitations à loyer modéré (SNHLM), à travers la création de nouveaux lotissements comme Pikine, Guédiawaye et les Parcelles Assainies.

³⁰ Les Lébus sont des pêcheurs depuis des générations et des agriculteurs. Ils se sont retranchés dans la région du Cap-Vert après la sécession avec le roi. À l'arrivée du colonisateur, ils occupaient déjà la presqu'île du Cap-Vert.

Aujourd'hui, le développement urbain de l'agglomération dakaroise est porté par un programme gouvernemental appelé PSE (Programme Sénégal Émergent)³¹ et supporté par le département de Rufisque où les communes disposent encore de réserves foncières pouvant accueillir les nouveaux pôles urbains du Lac Rose et de Diamniadio (Fig. : 25) et les nouvelles infrastructures dont celles des transports.

3.1.2 Extension spatiale de l'agglomération dakaroise de 1990 à 2017

La très forte croissance démographique de la capitale sénégalaise a engendré une nette extension spatiale de l'agglomération dakaroise. La cartographie et la quantification de cette extension entre 1990 et 2017 se fera à travers l'exploitation par télédétection d'images multispectrales Landsat. Il s'agit, dans un premier temps, de déterminer le mode et le rythme de l'urbanisation en tentant de mesurer de quelle façon elle affecte les espaces végétalisés.

La visualisation de l'extension spatiale est possible grâce à la comparaison de la tâche urbaine et des limites de l'agglomération dakaroise entre 1990 et 2017. Pour ce faire, des masques couvrant uniquement les surfaces bâties et non les interstices et les autres unités paysagères de l'occupation du sol, ont été superposés sous le logiciel Arcmap afin de mettre en évidence la progression du bâti dans l'agglomération à partir de 1990 et la forme prise par celle-ci. Pour quantifier cette extension spatiale et, en même temps, estimer la densité de population qui l'accompagne, je me suis fondé sur une méthode de calcul (Fig. : 23) proposée par **Eléonore Wolff et Virginie Delbart** pour la ville de Kinshasa (Woff & Delbart, 2002). Le calcul repose sur un certain nombre d'hypothèses. On considère d'abord la croissance urbaine comme si elle s'était faite par étalement et sans densification, comme si l'extension de la ville se faisait sur un mode et des densités strictement identiques à l'agglomération déjà existante en 1990. L'hypothèse complémentaire est que l'étalement urbain est le principal moteur de recul de la végétation ou de changement d'utilisation du sol dans la ville. On peut alors, en suivant ces hypothèses, calculer une population théorique à confronter à la réalité des chiffres issus des recensements de population. Si l'évolution de la population issue du calcul théorique est supérieure à celle du recensement, on peut déduire que la ville s'est plus étalée que densifiée. Si l'évolution de la population du recensement est supérieure à celle du calcul théorique, on peut déduire que la ville s'est plus densifiée qu'étalée.

³¹ Le plan Sénégal émergent (PSE) est adopté en 2012 par le gouvernement et ses partenaires, il constitue le référentiel de la politique économique et sociale sur le moyen et le long terme (horizon 2035) de l'État du Sénégal (<https://www.sec.gouv.sn/dossiers/plan-sénégal-emergent-pse>).

Deux hypothèses pour le calcul théorique de la population :

- La croissance urbaine s'est faite par extension et non par densification
- L'étalement urbain est le principal moteur du recul de la végétation et du changement d'utilisation du sol

Étape 1 : Calcul de l'extension spatiale de la ville entre 1990 et 2017

- Calcul de la superficie bâtie de la ville pour chaque année (outil de calcul des surfaces)
- Extension spatiale de la ville = superficie bâtie de 2017 – superficie bâtie de 1990

Étape 2 : Estimation de la population de 2017 selon le calcul théorique

- Calcul de la densité de 1990
- Estimation de la population de 2017 = densité de 1990 multipliée par extension spatiale de la ville de 1990 à 2017 ou par la superficie de la ville de 2017

On dispose ainsi de deux estimations de la population pour 2017

- Estimation de la population de 2017 d'après le calcul théorique
- Estimation de la population de 2017 d'après le recensement de 2013 (projection ANSD)

Étape 3 : évolution de la population entre 1990 et 2017 à partir de chaque estimation

- Evolution pop de 1990 à 2017 : population de 2017 (calcul théorique) - population de 1990
- Evolution pop de 1990 à 2017 : population de 2017 (recensement) - population de 1990

Interprétation

- Si l'évolution de la population issue du calcul théorique est supérieure à celle du recensement, on peut déduire que la ville s'est plus étalée que densifiée
- Si l'évolution de la population du recensement est supérieure à celle du calcul théorique, on peut déduire que la ville s'est plus densifiée qu'étalée

Figure 23 : Méthode de calcul théorique de l'extension spatiale urbaine, inspirée de E. Wolff et V. Delbart (2002)

Entre 1990 et 2017, la superficie bâtie de l'agglomération dakaroise est passée de 68,55 km² à 132,55 km² (Fig. : 24). Ces superficies sont obtenues grâce à l'outil de calcul des surfaces du logiciel de télédétection *Idrissi Taiga*. Signalons que sur la scène de 2017, une petite partie de la pointe Ouest de Dakar est coupée. Cette zone s'est urbanisée, aspect pris en compte dans nos analyses. L'extension spatiale de Dakar est alors obtenue en retranchant la superficie du masque de 1990 (68,55 km²) dans celui de 2017 (132,55 km²). Ainsi, l'extension³² est-elle estimée à 64 km², soit un rythme moyen de croissance de 2,68 km² par an pendant ces 25 dernières années.

En 1990, la population de l'agglomération dakaroise était estimée à 1 443 296 habitants (RGPHAE, 1993). En considérant l'hypothèse selon laquelle l'agglomération dakaroise s'est agrandie sans densification, nous pouvons donc estimer la population de 2017 en mettant en relation l'extension spatiale de l'agglomération de 1990 à 2017 ou sa superficie en 2017 et la densité de la population en 1990. Cette densité³³ en 1990 serait de 21 055 habitants par km².

Nous avons appliqué cette densité à l'extension de l'agglomération de 1990 à 2017 qui est de 67 km² ou par sa superficie en 2017 (132,55 km²). D'après le calcul théorique, la population dakaroise serait estimée à 2 790 840 habitants³⁴ en 2017. Or l'agence nationale de la statistique et de la démographie projetait cette population à 3 529 300 habitants en 2017. Entre 1990 et 2017, la population de l'agglomération dakaroise augmente ainsi de 1 347 544 habitants³⁵ d'après notre calcul théorique et de 2 086 004 habitants³⁶ selon la réalité dont rend compte le RGPHAE (2013), ce qui correspond à une différence de **738 460** habitants entre les deux estimations.

En partant de ce constat et en tenant compte des erreurs et simplifications liées aux hypothèses retenues (le calcul suppose par exemple que l'étalement urbain se fait sur un mode uniforme, correspondant à la multiplication des lotissements suivant un bâti bas et dense), on peut en déduire que l'extension spatiale de l'agglomération dakaroise (Fig. : 24) ne correspondrait qu'à 65 % de la croissance démographique. Si l'on poursuit le raisonnement, on peut considérer que l'agglomération s'est densifiée en absorbant près de 35 % de la croissance démographique soit 738 460 habitants.

Cette densification du tissu urbain ancien qui s'accompagne notamment d'un certain mouvement de verticalisation touche plus particulièrement les départements de Dakar, de Pikine et de Guédiawaye qui constituent une trame urbaine continue (Fig. : 24). En effet, la ville horizontale cède progressivement la place à une ville admettant une part de vertical

³² Extension spatiale : 132,55 - 68,55 = 64 km²

³³ Densité de l'agglomération dakaroise en 1990 : la population de 1990 a été divisée par la superficie de l'agglomération en 1990. Densité = 1 443 296 hbts / 68,55 km² = 21 055 habitants/km².

³⁴ Estimation de la population en 2017 : 21 055 X 132,55 = 2 790 840 habitants

³⁵ Croissance de la population entre 1990 et 2017 (**Estimation du calcul**) = 2 790 840 – 1 443 296 = **1 347 544** habitants.

³⁶ Croissance de la population entre 1990 et 2017 (**RGPHAE**) = 3 529 300 – 1 443 296 = **2 086 004** habitants.

notamment dans le département de Dakar. Ce mouvement de densification a nécessairement des conséquences qu'il faudra préciser par la suite sur la distribution de la végétation au sein de l'agglomération dakaroise.

En effet, la densification du bâti a engendré une forte pression foncière de sorte que la taille des maisons et la part occupée par le non-bâti sont de plus en plus réduites. Par conséquent, de moins en moins d'espaces sont dédiés à la végétation domestique notamment dans les quartiers populaires. D'autre part, les interstices sont maintenant presque inexistantes dans plusieurs quartiers de la capitale conduisant à la disparition de la végétation spontanée à l'intérieur du tissu urbain. Ces interstices correspondent à des espaces délaissés où les espèces ligneuses ou herbacées spontanées « sauvages » trouvent refuge dans les grands centres urbains.

Aujourd'hui, le défi est de contrôler l'étalement urbain de Dakar qui a déjà débordé en dehors de la presqu'île du Cap Vert en direction de Thiès et de Mbour (Fig. : 25) et repenser l'urbanisation en considérant davantage le végétal comme une composante à part entière de la ville. Les autorités publiques tentent de le réaliser avec l'installation de l'aéroport international Blaise Diagne à Diass dans le département de Mbour et les nouveaux pôles urbains cités plus haut, nouveaux moteurs d'un étalement spatial qui s'éloigne, dans sa forme, de celui pris en compte dans le calcul théorique auquel nous nous sommes livrés.

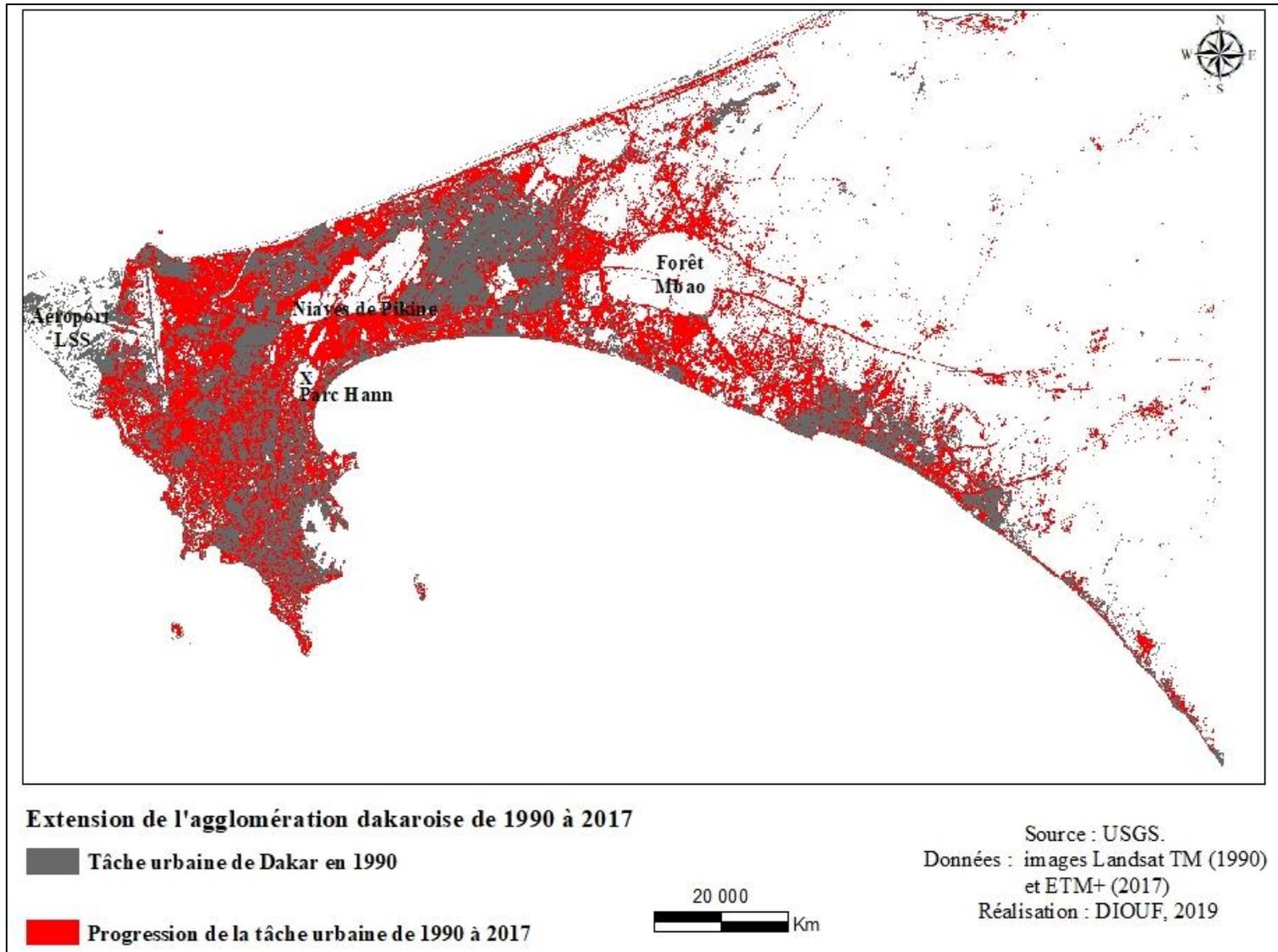


Figure 24 : Dynamique de la tâche urbaine de l'agglomération dakaroise de 1990 à 2017

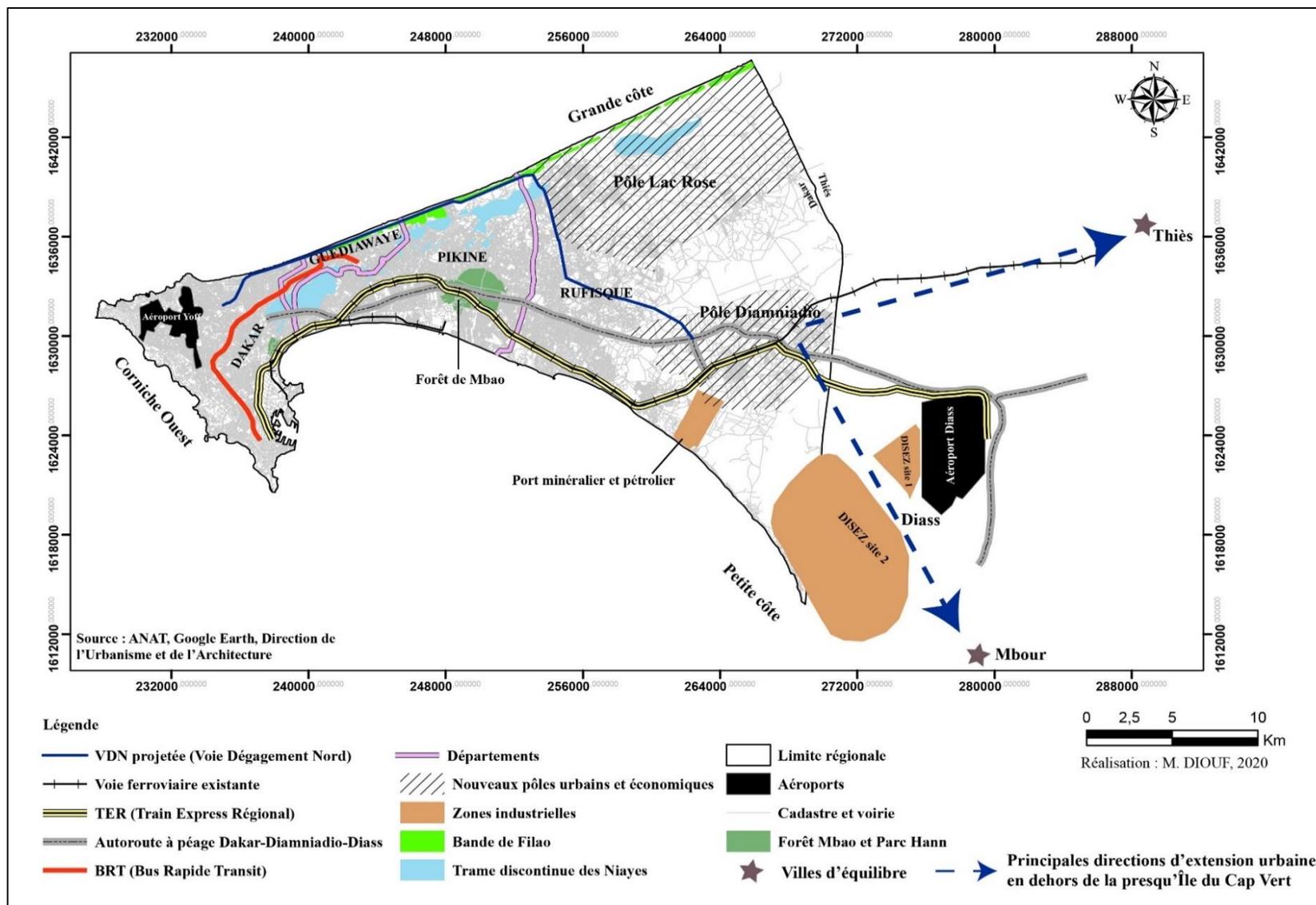


Figure 25 : Débordement de l'agglomération dakaroise en dehors de la presqu'île du Cap Vert

3.2. Croissance démographique et étalement spatial des trois centres régionaux étudiés : Touba, Ziguinchor et Tambacounda

Signalons d'emblée que les centres régionaux sénégalais sur lesquels porte l'étude ont connu des rythmes de croissance démographique bien différenciés. Le cas de Touba, devenue la seconde ville du pays, se distingue nettement de ceux de Ziguinchor et de Tambacounda. Dans cette sous-partie, de la même façon que l'on a procédé pour Dakar, il s'agira de suivre l'évolution de la population des années 1950 à nos jours et de cartographier et quantifier la dynamique de la tâche urbaine de chacune des trois villes.

3.2.1 Croissance démographique et étalement spatiale de la ville sahélienne de Touba

3.2.1.1 Croissance démographique de la ville de Touba

En forte expansion depuis la construction de la grande mosquée des Mourides inaugurée en 1963, Touba, fondée par Cheikh Ahmadou Bamba en 1887, polarise aujourd'hui plus de 30 % de la population de la région de Diourbel (ANSD, 2013). Entre 1958 et 1988, la capitale du *mouridisme* a eu un taux de croissance de 15 % par an. Ce taux est même passé à 19 % dans la décennie qui a suivi (Guèye, 2000). Cette forte croissance engendre le fait que la ville de Touba soit l'un des rares secteurs du vieux bassin arachidier où le solde migratoire est resté positif. En contraste, la région de Diourbel est l'une des rares régions sénégalaises dans lesquelles la population rurale est restée nettement supérieure à la population urbaine. Comme l'ensemble du Sénégal mais plus encore en raison du caractère neuf de son expansion, la population de Touba est extrêmement jeune.

En effet, en 2010, la population urbaine de la région de Diourbel était estimée à 209 717 habitants et la population rurale à environ 1 147 079 habitants faisant un total régional de 1 356 796 habitants (Denis *et al.*, 2008). La proportion de ruraux était supérieure dans cette région parce que dans les chiffres officiels, jusqu'à l'arrivée en 2013 de la communalisation intégrale qu'a connu le pays avec l'acte III de la décentralisation, Touba a même été considérée comme une communauté rurale³⁷. Il est inscrit dans cet acte que les communautés rurales et les communes d'arrondissements seront érigées en commune qui sera le premier ordre de collectivité locale³⁸, sans distinction de leur caractère urbain ou rural.

Avec cette réorganisation administrative, la population urbaine de la région de Diourbel va sensiblement exploser, le poids démographique de Touba étant soudainement révélé. En 2015 (Afripolis.org)³⁹, la population urbaine de la région de Diourbel était de 1 012 716 habitants, dont 872 732 habitants vivaient à Touba (Fig. : 26), soit plus de 70 % de la population urbaine régionale.

³⁷ Touba, deuxième poids démographique du pays, est administrativement considéré comme un village tout en bénéficiant d'un statut d'exterritorialité (Guèye, 2000).

³⁸ Loi n° 2013-10 du 28 décembre 2013 portant Code général des Collectivités locales, république du Sénégal, 44 pages, consulté le 05/03/2019 : https://www.ausenegal.com/IMG/pdf/code_general6119.pdf

³⁹ <http://www.africapolis.org/explore>, consulté le 26/01/2019

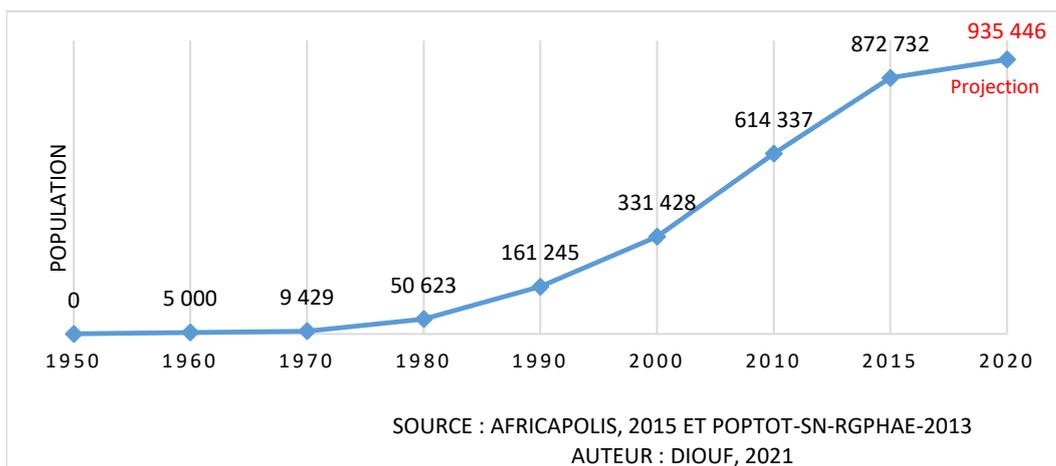


Figure 26 : Evolution démographique de Touba : 1950-2020

La population rurale a connu une croissance assez modérée entre 1970 et 2000, période pendant laquelle, l'essentiel de la croissance démographique était encore absorbé par la capitale régionale (Diourbel) et le chef-lieu de département (Mbacké). En raison des épisodes de sécheresses successives et de la baisse du prix de l'arachide sur le marché mondial, les zones rurales de même que les petites villes du bassin arachidier ont alimenté les flux migratoires vers la capitale nationale. Ce déséquilibre dans la répartition de la population a été combattu par les gouvernements successifs qui ont voulu ralentir l'exode rural et favoriser la décentralisation, mais très peu d'actions concrètes sont allées dans ce sens. Cependant, à partir de 2000, Touba va complètement renverser le schéma urbain classique connu jusqu'ici, en s'affirmant, bien qu'encore communauté rurale, en deuxième position des villes les plus peuplées du pays juste derrière la capitale Dakar.

Par ailleurs, l'afflux de nouveaux habitants vers Touba n'est pas sans conséquence sur l'organisation de la ville et sur l'occupation du sol. Il a engendré une extension spatiale considérable de la ville puisque la superficie urbanisée de celle-ci qui était de 575 ha en 1970 est passée à 3 900 ha en 1990 (Gueye, 2000), puis elle est passée à 16 643 ha en 2015 (Denis *et al.*, 2008)⁴⁰. Aujourd'hui, Touba reste l'une des villes sénégalaises qui enregistrent la croissance urbaine la plus élevée. Cette croissance urbaine a atteint son niveau le plus élevé entre 1980 à 2010. Pendant cette période, la population double chaque dix ans, par exemple, elle est passée de 50 623 habitants en 1980 à 161 245 habitants en 1990 pour atteindre 331 428 habitants en 2000 et 614 337 habitants en 2010 (Fig. : 26).

Plusieurs facteurs expliquent cette forte croissance urbaine. D'abord, la facilité dans l'attribution des terres basée sur le don et l'attribution gratuite a également favorisé cette rapide croissance foncière (Guèye, 2000). La propriété foncière est très complexe à Touba, elle est encore basée sur un système de légitimité foncière rurale, c'est-à-dire que les fondateurs possèdent un droit inaliénable sur le sol, en d'autres termes, la terre ancestrale établit un lien fort entre le fondateur, sa descendance et la terre. Ce lien leur permet de

⁴⁰ <http://www.africapolis.org/explore>, consulté le 26/01/2019

revendiquer le contrôle, l'usage et la cession de la terre ici (Verdier & Rohegude, 1995). Selon Verdier et Rohegude (1995), ce mode d'appropriation « fait du premier occupant l'ancêtre fondateur et de sa terre le bien de sa lignée, sur laquelle ses descendants exercent une maîtrise imprescriptible et inaliénable ». De nos jours, c'est donc le khalife général de la confrérie mouride qui incarne l'esprit du fondateur de la ville et qui possède la légitimité d'octroyer des terres. D'après Guèye (2000), cela a conduit à un grand plan d'attribution de 105 000 parcelles, aux caractéristiques plus rurales qu'urbaines par leur taille. Par ailleurs, la position géographique de la ville avec un relief plat est très favorable à son développement spatial.

3.2.1.2 Extension spatiale de la ville de Touba de 1992 à 2017

L'extension urbaine de Touba, engendrée par l'accroissement rapide de sa population et par ce mode de lotissement du sol, a entraîné des changements majeurs dans l'organisation du tissu urbain et périurbain. Ces changements s'opèrent principalement sur des endroits anciennement dédiés à d'autres activités, essentiellement rurales qu'elles soient pastorales ou agricoles.

Comme pour Dakar, j'ai cherché à mettre en évidence l'extension spatiale de la ville de Touba et de sa périphérie, en croisant les données démographiques avec des scènes satellitaires montrant l'évolution spatiale de la ville entre 1992 et 2017. L'objectif recherché est toujours de cartographier puis de quantifier l'évolution de la tâche urbaine de Touba afin de déceler le mode d'urbanisation (horizontal ou vertical, fermé ou ouvert).

L'accroissement démographique de Touba de ces dernières années est à l'origine d'une forte pression foncière sur l'espace communal. Cette pression foncière s'est traduite principalement par la densification des quartiers centraux à l'image du centre autour de la grande mosquée et des quartiers à l'intérieur de la rocade et par une prolifération de nouvelles extensions à la périphérie de la ville (Fig. : 28). L'extension urbaine de Touba est alimentée par un bilan naturel nettement positif et par l'effet de migrations extérieures, résultats de l'influence religieuse et économique de la ville sainte. On assiste aussi, aux prémices d'une certaine verticalisation de la ville, notamment le long de la Nationale 3 en direction de Mbacké, chef-lieu du département qui a été rattrapé par Touba. Entre le centre et la périphérie proche de la ville se trouve une sorte de première couronne ceinturant le noyau ancien, délimitée par la rocade.

Pour visualiser l'extension de la tâche urbaine de Touba et de sa périphérie, nous avons donc comparé les limites de la ville en 1992 et en 2017 (Fig. : 27). Et, pour quantifier l'extension spatiale⁴¹ de l'aire urbaine de Touba qui n'en fait plus qu'une avec le chef-lieu du département (Mbacké), on s'est basé sur la même hypothèse que celle de l'agglomération

⁴¹ Wolff et Delbart / Bibliographie

dakaroise, hypothèse selon laquelle la croissance urbaine de Touba s'est essentiellement réalisée par extension et non par densification.

À l'aide du logiciel de télédétection Idrissi Taïga, la tâche de l'aire urbaine de Touba-Mbacké avait une superficie estimée à 37,97 km² en 1992 ; celle-ci est passée à 188 km² en 2017 correspondant ainsi à un rythme moyen d'extension d'environ 6 km² par an pour ces 25 dernières années. Ces statistiques sont obtenues grâce à des calculs de superficie effectués sur les classes d'occupation du sol. La tâche de l'aire urbaine cartographiée prend non seulement en compte les espaces bâtis et les routes mais non les espaces interstitiels, les espaces végétalisés et autres unités paysagères de la ville. En faisant la différence entre la tâche urbaine de 1992 et celle de 2017, l'extension de l'aire urbaine de Touba-Mbacké (Fig. : 27) est donc égale à 150 km² entre 1992 et 2017.

En 1992, la population de la ville de Touba était estimée à 300 000 habitants et celle de Mbacké⁴² à près de 40 401 habitants (Afripolis.org) soit un total de 340 401 habitants pour Touba-Mbacké. Compte tenu d'une densité⁴³ de la population en 1992 égale à 8 965 hab/km², si l'aire urbaine de Touba-Mbacké s'est étalée sans densification, cela conduit, à une population théorique en 2017 d'**1 685 151 habitants** pour la population de l'aire urbaine de Touba-Mbacké. Or, d'après les projections du RGPHAE (2013), l'aire urbaine de Touba-Mbacké comptait en 2017 près de **939 011 habitants** soit 851 668 habitants pour la ville de Touba et 87 343 habitants pour la ville de Mbacké.

Les chiffres du RGPHAE montrent donc une augmentation de la population de l'aire urbaine de **598 610 habitants**⁴⁴ entre 1992 et 2017. Or, la méthode utilisée « tablait » sur une croissance démographique théorique de **1 344 750 habitants**⁴⁵ pour la même période. Cela montre bien l'explosion de la tâche bâtie (extension) de l'aire urbaine de Touba-Mbacké fortement influencée par la ville de Touba, ce qui s'explique par la façon dont ont été distribuées des parcelles de relativement grande taille, ce qui ne manquera pas d'avoir une répercussion sur la place de la végétation dans la ville. L'étalement spatial de Touba-Mbacké s'est aussi accompagné d'une densification des quartiers situés principalement à l'intérieur de la rocade et à proximité de la grande mosquée.

⁴² Mbacké : chef-lieu du département

⁴³ Densité de l'aire urbaine de Touba-Mbacké : population de l'aire urbaine en 1992 a été divisée par la superficie de l'aire urbaine de 1992. Densité = 340401 habs/ 37,97 km² = 8 965 habs/km².

⁴⁴ Croissance de la population entre 1992 et 2017 (**projection RGPHAE**) = 939 011-340 401 = **598 610 hab.** ;

⁴⁵ Croissance de la population entre 1992 et 2017 (**estimation selon la méthode**) = 1 685 151 – 340 401 = **1 344 750 hab.**

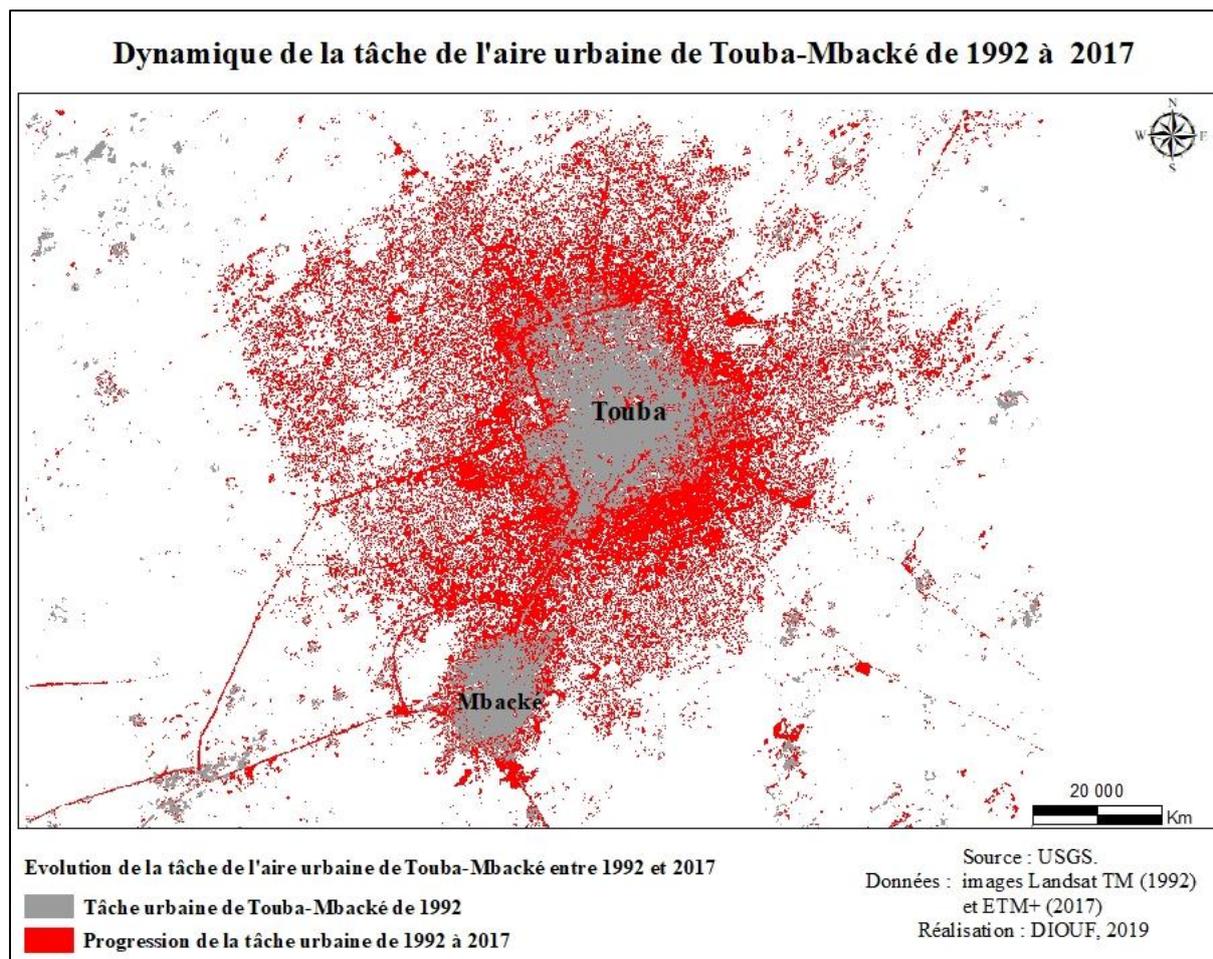


Figure 27 : Evolution de la tâche de l'aire urbaine de Touba-Mbacké entre 1992 et 2017

Dans le détail, l'urbanisation s'est faite à la fois de manière diffuse et concentrique autour de la grande mosquée. C'est autour de celle-ci que s'est construite le centre (Fig. : 28), aujourd'hui très dense et où se déroule l'essentiel des activités sociales, culturelles et religieuses, dont le *Grand Magal*. La grande mosquée est également le catalyseur de la densification, la proximité de celle-ci fait des quartiers limitrophes des zones très attractives par rapport aux quartiers périphériques.

En dehors de cette organisation concentrique, la présence de la route nationale bitumée reliant Touba à Mbacké favorise la croissance linéaire et la densification de la ville le long de cet axe routier. Cette croissance linéaire s'est ensuite diffusée, laissant ainsi apparaître la forme concentrique d'origine de la ville et un allongement de Touba vers Mbacké.

Le noyau ancien est ceinturé par une couronne assez dense qui est plus maîtrisée que les nouvelles extensions, même si le plan de la ville est régulier du centre ancien aux nouvelles extensions. Nous remarquons également qu'il y a très peu d'occupation spontanée dans la ville.

L'urbanisation à Touba est horizontale et très ouverte avec de grandes concessions. Ce qui va être décisif pour le type d'espace végétalisé que l'on va retrouver dans cette ville.

Malgré, l'extension rapide de la ville, cette dernière apparaît nettement planifiée en comparaison des autres villes sénégalaise et notamment de ce qui a été vu pour les quartiers populaires de Dakar.

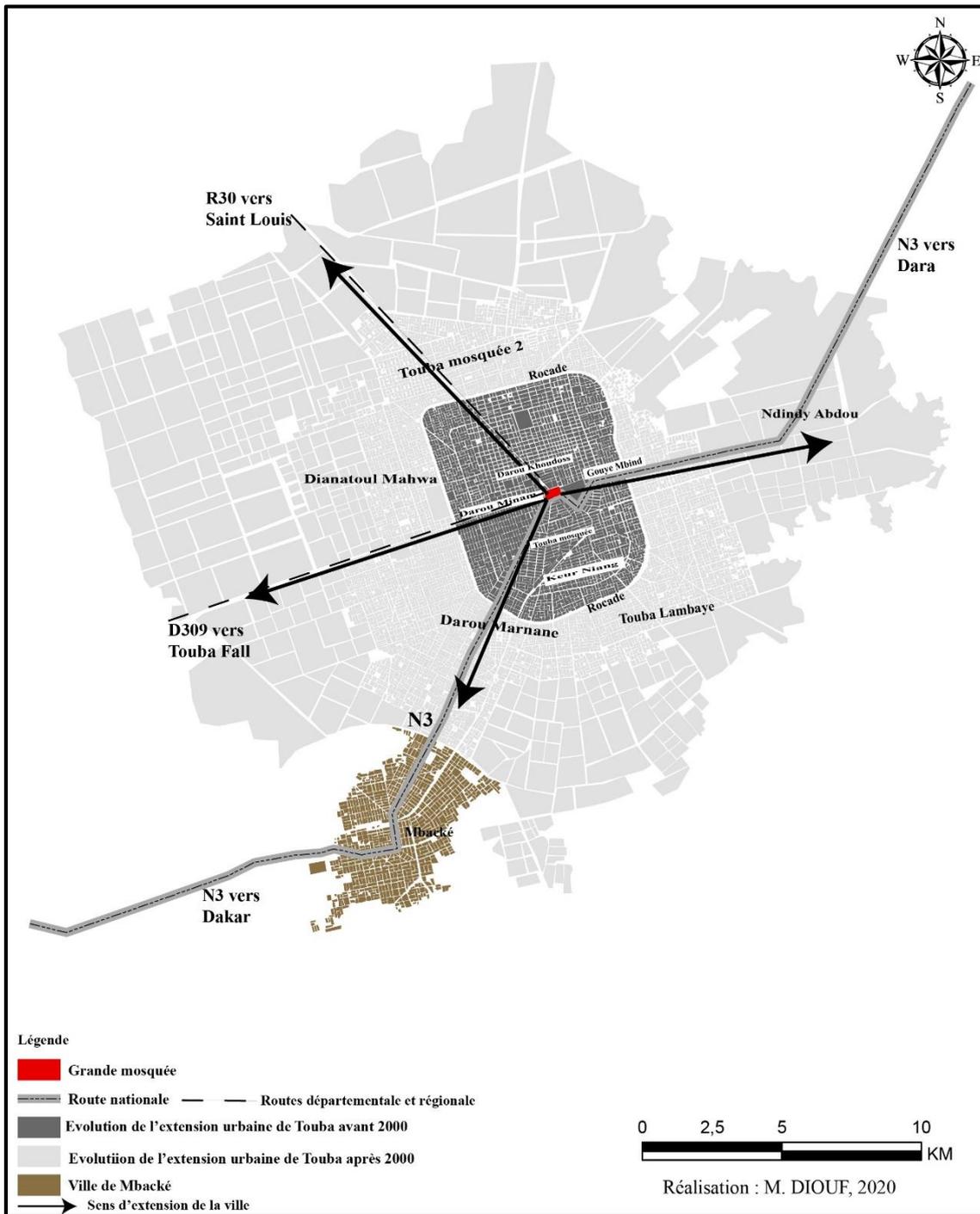


Figure 28 : Extension radioconcentrique de la ville de Touba autour de la grande mosquée

3.2.2 Croissance démographique et extension spatiale de Ziguinchor

3. 2.2.1 Croissance de la population de la ville de Ziguinchor

La croissance démographique de la ville de Ziguinchor comme souligné dans l'introduction est une conséquence directe de l'afflux migratoire causé par la dégradation des systèmes ruraux bousculés par la grande crise climatique des années 1970-1990, combinée à la crise politique qui sévit simultanément en Casamance et par l'accroissement naturel de la population avec un taux de 4,9 % en moyenne par an (Sy *et al.*, 2011). La part de l'accroissement naturel est donc notable, mais c'est le bilan migratoire qui explique la croissance de la population. Cette croissance démographique est indissociable de la situation d'insécurité qui sévit dans cette partie du pays avec des épisodes de guerre qui se sont produits dans les années 1990 notamment.

Nelly Robin et Babacar Ndione (2006, *in* Sy & Sakho, 2013) estimaient que, au cours des trois dernières décennies de conflit armé et sur l'ensemble des zones stratégiques, la violence des affrontements avait entraîné un exode de 60 000 à 80 000 personnes, avec l'abandon de près de 231 villages. Arnaud Desmarchelier (2001, *in* Sy & Sakho, 2013) ajoute à ce tableau le déplacement de 4 000 élèves et leur hébergement dans des abris provisoires. Le conflit casamançais a également engendré la paupérisation d'une grande partie de la population d'origine rurale qui vivait de la riziculture et de l'exploitation des produits forestiers, certaines de ces forêts se sont retrouvées entre les mains des rebelles qui assuraient leur exploitation pour s'autofinancer. L'insécurité a poussé les populations vers les villes, notamment les deux plus importantes Ziguinchor et Bignona, plus sécurisées (Diop, 2011). D'autres villes comme Oussouye, plus proches des zones de conflit, ont moins vu croître leur population. Ce climat de tension a régné principalement jusqu'en 2002, date de la signature du traité de paix entre l'État du Sénégal et le MFDC⁴⁶, bien que, depuis lors, quelques attaques soient encore perpétrées.

Le conflit casamançais a accéléré un afflux migratoire vers les villes, mais celui-ci existait déjà, alimenté par la crise climatique des années 1970-1980 qui est à l'origine d'une première vague de baisse de la population dans les campagnes. Capitale administrative et économique du Sud du Sénégal et de la Casamance, Ziguinchor est la principale destination des personnes venant des zones en conflit, la Casamance, mais aussi celle des pays limitrophes notamment les deux Guinées. En 2015, la ville de Ziguinchor comptait 214 936 habitants pour une superficie de 25,81 km² soit une densité de 8 328 hab./km² (projection RGPHE, 2013 ; Africapolis, 2015). Même si les raisons en sont très différentes de celles notées à Touba et si le rythme de croissance reste assez faible comparé à Touba, à Dakar, la population de la ville de Ziguinchor a plus que quadruplé entre 1970 et 2015 passant respectivement de 45 633 habitants à 214 936 habitants. Elle atteint 255 688 habitants en 2020 suivant les projections

⁴⁶ MFDC : le mouvement des forces démocratiques de Casamance, créé en 1947 est le mouvement indépendantiste de la Casamance.

de l'ANSD (Fig. : 29). Cela entraîne une extension de la ville et une réorganisation de l'occupation du sol qui se place par ailleurs dans un tout autre contexte climatique que les villes déjà étudiées.

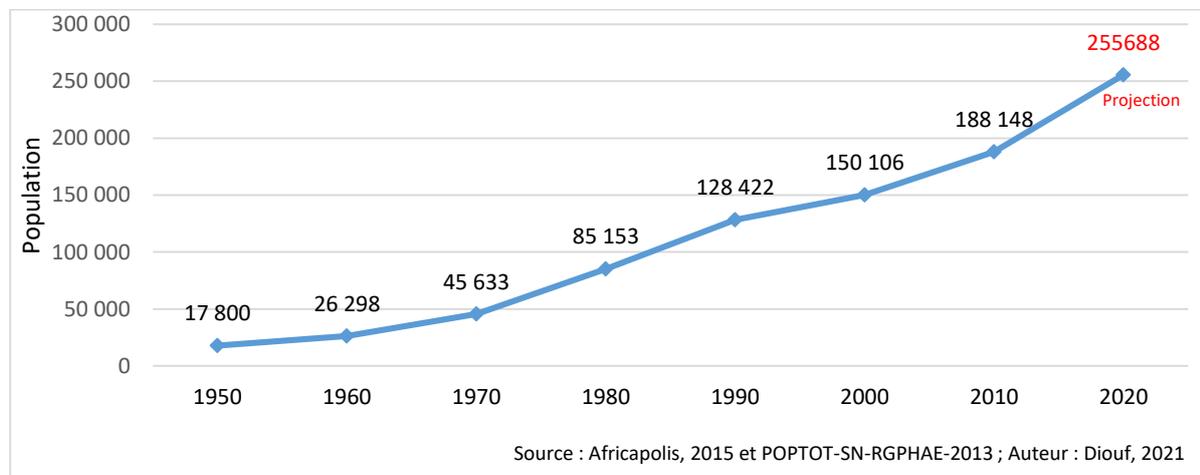


Figure 29 : Evolution de la population de la ville de Ziguinchor : 1950-2020

3.2.2.2 Extension spatiale de la ville de Ziguinchor

En effet, la croissance démographique de la ville de Ziguinchor a parallèlement engendré une rapide extension urbaine de celle-ci. Cette extension urbaine est marquée par la progression des quartiers situés à la périphérie sud de la ville (Fig. : 30). Le tissu urbain de ces nouveaux quartiers de Ziguinchor est à analyser au regard de l'arrivée massive de population d'origine rurale et par la présence de classes urbaines pauvres, en mal d'intégration. L'espace périurbain devient alors pour ces nouveaux urbains, un lieu ressemblant plus ou moins à leurs terroirs d'origines où ils peuvent pratiquer des activités agricoles notamment le maraichage qui est la principale source de revenus pour ces familles (Diedhiou, Sy, Margetic, 2018).

La méthode appliquée (Fig. : 23, page) précédemment est réutilisée pour visualiser et quantifier l'évolution de la tâche urbaine de la ville de Ziguinchor entre 1990 et en 2017 et à la mise en relation de celles-ci avec l'évolution de la population. Ces limites urbaines englobent les surfaces bâties.

La superficie de l'agglomération de Ziguinchor qui était de 13 km² en 1990 est passée à 26,60 km² en 2017 (Fig. : 30). La différence de superficie entre 1990 et 2017 est considérée comme l'extension urbaine de Ziguinchor, soit 13,60 km² avec un rythme moyen d'extension de 0,544 km² par an pendant ces 25 dernières années.

En 1990, la population de la ville de Ziguinchor était de **128 422 habitants** (Africapolis, 2015). En suivant toujours l'hypothèse théorique selon laquelle la ville de Ziguinchor s'est

étalée avec une très faible densification considérant par ailleurs que la densité⁴⁷ de la population de 1990 est égale à 9 878 hab./km². Suivant le calcul théorique, la population de la ville de Ziguinchor en 2017 devrait être augmentée de **134 441 habitants** faisant une population totale **de 262 763 habitants** si l'urbanisation s'est produite sur le même mode. Or, d'après les projections du dernier recensement de la population du Sénégal (2013), la ville de Ziguinchor en 2017 compte près de **232 217 habitants**. En suivant la croissance démographique de Ziguinchor de 1990 à 2017, on obtient une augmentation de 134 441 habitants selon l'estimation de la méthode⁴⁸ et de 104 000 habitants d'après les projections du RGPHAE⁴⁹ (2013).

Il ressort de notre raisonnement que l'extension⁵⁰ urbaine de Ziguinchor de 1990 à 2017 a entièrement absorbé les 104 000 nouveaux habitants que devrait accueillir la ville en 2017 selon le RGPHAE (2013).

Même en tenant compte d'éventuelles erreurs dans la méthode utilisée, on peut conclure que durant cette période, la ville de Ziguinchor s'est plutôt étalée vers le Sud et l'Est, et ce en raison de l'afflux de population et de sa situation géographique. Par ailleurs, la densification bien que plus faible a peut-être absorbé près de 30 546 habitants correspondant à la différence de population entre la méthode et les projections du RGPHAE (2013).

En effet, à Ziguinchor, l'urbanisation s'est dessinée de manière semi-concentrique à partir du port dans le quartier ancien dénommé Escale. La ville étant située sur la rive gauche du fleuve Casamance, le fleuve et la vasière qui le borde entravent évidemment son développement vers le nord. Par ailleurs, sa progression vers l'ouest et l'est se trouve également limitée par la présence des bas-fonds et des rizières, constamment inondés pendant l'hivernage (Fig. : 31). Le tiers de la superficie de la ville est constitué de bas-fonds (Bruneau, 1979). Ces caractéristiques physico-géographiques constituent des contraintes pour l'extension spatiale de la ville vers l'Ouest, l'Est et le Nord.

La seule possibilité de progression spatiale de la ville sans contrainte naturelle majeure et pouvant accueillir les futures extensions de la ville de Ziguinchor est sa périphérie Sud au niveau des quartiers de Kénia et de Diabir (Fig. 30 et 31). Seuls problèmes à cette progression, la commune n'a plus de réserves foncières et doit négocier avec les communes environnantes pour élargir sa superficie sur celles-ci. Mais aussi, nous y trouvons l'essentiel des champs et la forêt urbaine, l'extension de la ville vers cette direction suppose la conversion rapide des espaces agricoles et de la forêt en zone d'habitation.

⁴⁷ Densité de la ville de Ziguinchor en 1990 : population de 1990 a été divisée par la superficie bâtie de la commune en 1990. Densité = $128\,422\text{habts}/13\text{km}^2 = 9\,878\text{habitants}/\text{km}^2$

⁴⁸ Croissance de la population entre 1990 et 2017 (**estimation de la méthode**) = $262\,763 - 128\,422 = 134\,341\text{ hab.}$

⁴⁹ Croissance de la population entre 1990 et 2017 (**projection RGPHAE**) = $232\,217 - 128\,422 = 104\,000\text{ hab.}$

⁵⁰ **Estimation de l'absorption de la croissance de la population par extension ou par densification de la ville de Ziguinchor :**

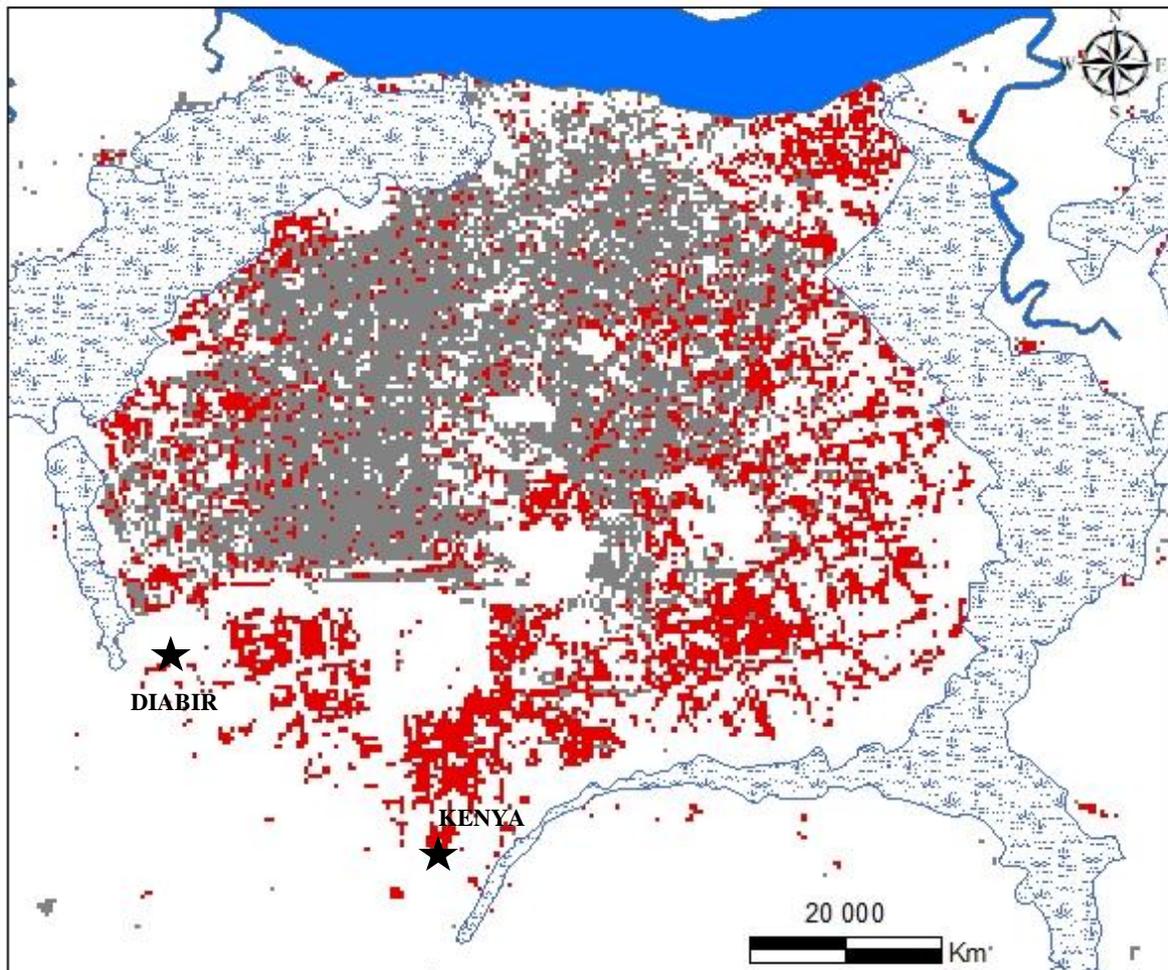
Population estimée en 2017 à l'aide de la méthode = **262 763 hab.**

Population de 2017 selon les projections du RGPHAE (2013) = **232 217 hab.**

Depuis 1990, l'augmentation de la population a été absorbée comme c'est déjà souligné par les extensions de la ville de manière plus importante que la densification. D'après le plan directeur d'urbanisation (PDU) de 1983, ces nouvelles extensions se sont souvent établies sur des zones *non aedificandi* car elles se sont faites au détriment d'anciennes rizières comme le quartier Goumel ou des bas-fonds inondables donc non propice à l'installation du bâti.

C'est ainsi que la ville est passée de 26 à 38 quartiers de 1992 à aujourd'hui. Ces 12 nouveaux quartiers sont potentiellement ceux qui ont accueilli les nouvelles extensions de la ville depuis 1990. Le type d'urbanisation est identique à celui de l'ensemble des villes du pays, c'est-à-dire horizontal mais la particularité de la ville de Ziguinchor est qu'elle a un rythme de densification supérieur à celui de son étalement contrairement à la ville de Touba que nous venons de voir. Cette étude essayera de déterminer l'évolution de la place de la végétation à l'intérieur de ce tissu urbain et périurbain en double mouvements.

Dynamique de la tâche urbaine de la ville de Ziguinchor de 1990 à 2017



Evolution de la tâche urbaine de Ziguinchor de 1990 à 2017

- Fleuve Casamance
- Vallée agricole
- Tâche urbaine de la ville de Ziguinchor en 1990
- Progression de la tâche urbaine de 1990 à 2017

Source : USGS.
Données : images Landsat TM
(1990) et ETM+ (2017)
Réalisation : DIOUF, 2019

Figure 30 : Evolution de la tâche urbaine de la ville de Ziguinchor de 1990 à 2017

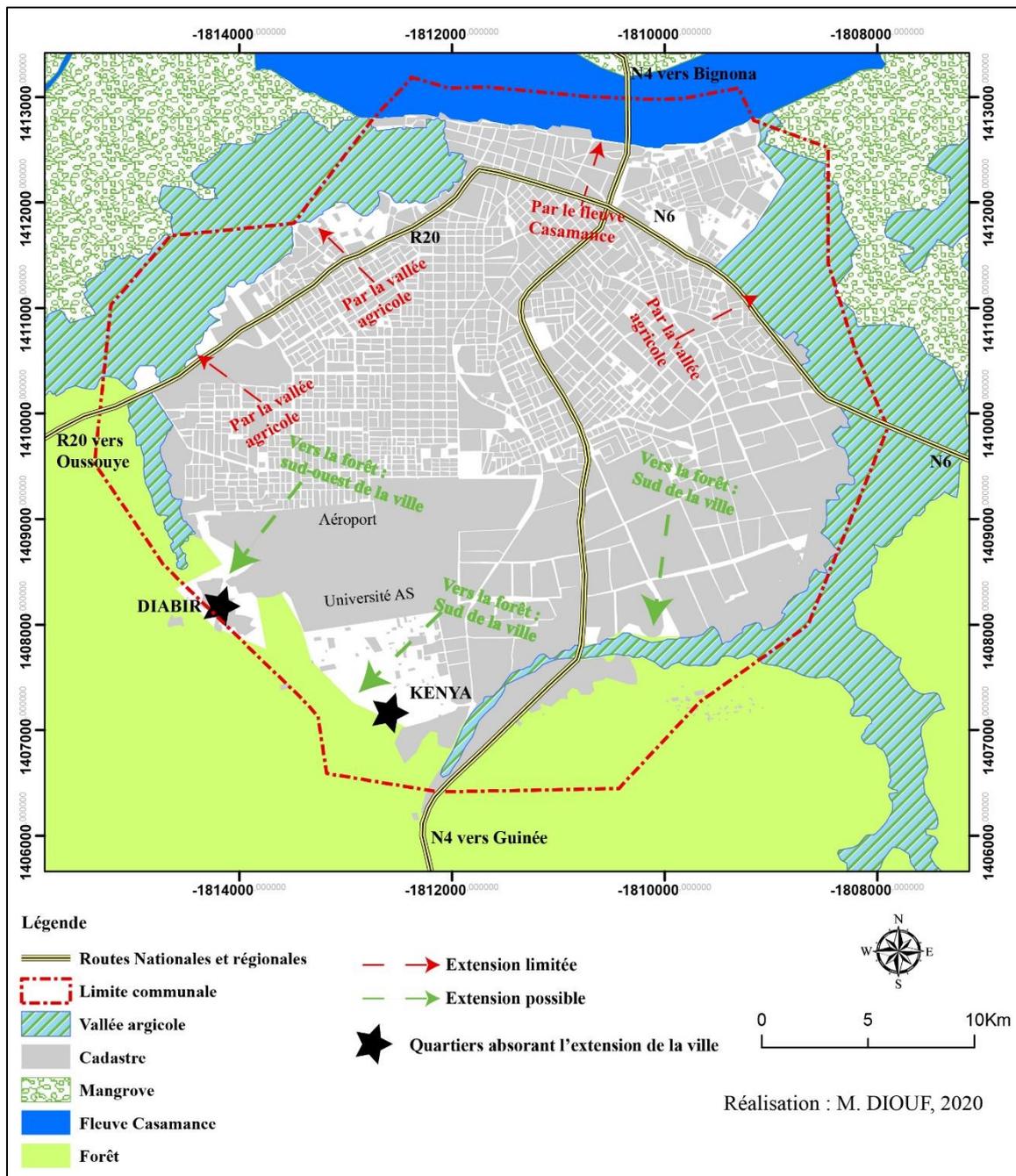


Figure 31 : Les contraintes d'extension de la ville de Ziguinchor

3.2.3 Croissance démographique et étalement spatial de la ville de Tambacounda

3.2.3.1 Croissance démographique de la ville de Tambacounda

Tambacounda est le chef-lieu d'une région qui couvre un tiers du territoire national (42 706 km²), caractérisée par une faible densité de population d'environ 16 habitants /km² (SRSDT⁵¹, 2015). Par ailleurs, la densité a été multipliée par 3,66 entre 1961 et 2003, ce qui dénote d'un certain dynamisme démographique de la région (Prestige, 2009). En effet, depuis la fin des années 1970, la population régionale a connu une évolution continue car passant de 385 982 habitants en 1988 à 688 973 habitants en 2012. La population régionale a presque doublé en 23 ans, avec un taux d'accroissement intercensitaire de 2,9 % (SRSDT, 2015). La croissance de la ville de Tambacounda est-elle à la mesure de cette dynamique régionale ?

La ville de Tambacounda est assez récente, sa naissance résulte de la création de la voie ferrée reliant Dakar à Bamako. Cet axe ferroviaire matérialise la séparation de la ville entre, d'un côté, le quartier « Escale » administratif et commercial des Européens, situé au Nord. Et de l'autre côté, les quartiers habités par les africains (village) qui occupent la partie Sud de la voie ferrée (Fig. : 34). Cette disposition primitive de la ville de Tambacounda est conservée jusqu'à présent. Le premier développement économique et démographique de la ville durant l'époque coloniale a profité essentiellement au quartier Escale. Il a été possible grâce à la création du chemin de fer, du camp des cheminots et de la gare. Ces trois éléments ont pu révéler les atouts de la position stratégique et de carrefour de la ville qui était considérée dans un rapport du gouvernement général de l'Afrique occidentale française (1931) comme « le nœud de routes très important où devait obligatoirement passer toute voie ferrée reliant Thiès-Kayes-Niger » (Dupon, 1964).

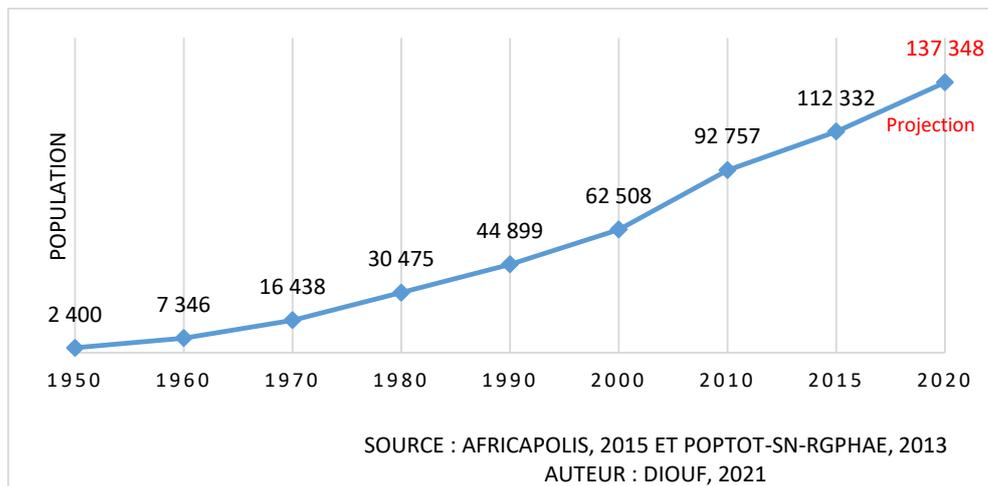


Figure 32 : Evolution démographique de la ville de Tambacounda : 1950-2020

Il ressort cependant du graphique ci-dessus (Fig. : 32), une croissance de la population de la ville de Tambacounda moins importante que dans les deux autres centres régionaux. En 70 ans, la population de la ville de Tambacounda est passée de 2 400 habitants en 1950 à

⁵¹ Service régional de la statistique et de la démographie de Tambacounda

137 348 habitants en 2020. On peut également voir que la croissance démographique a été plus soutenue entre 1950 et 1980, période pendant laquelle la population double chaque 10 ans. Ce gonflement de la population est alimenté par l'exode rural et les flux venant des pays voisins grâce à la position de carrefour de la ville et à la situation frontalière de la région avec la Gambie, le Mali et la Mauritanie (SRSST, 2015). Il résulte également d'une fécondité assez élevée (Prestige, 2009), l'indice de fécondité de la région dépasse en effet 6 contre 4,9 au niveau national. Cet indice régional renferme cependant une différence entre la ville et les zones rurales parce que l'indice de fécondité pour les femmes vivant en milieu rural à Tambacounda est de 7,1 contre 5,5 pour celles vivant en milieu urbain. La région de Tambacounda a un taux de ruralité avoisinant les 79%, seulement 21% de la population régionale vit en ville et 61% de ces urbains sont concentrés dans la seule commune de Tambacounda (ANSD, 2013). De plus, des centres urbains comme Tambacounda sont souvent considérés comme des lieux de transit pour atteindre d'autres destinations. Ces diverses destinations sont souvent d'autres grandes villes du pays en l'occurrence Dakar, d'autres grandes villes de la sous-région comme Bamako et Conakry ou vers des pays européens.

Sous l'effet combiné de l'accroissement naturel et des flux migratoires, la population de la ville de Tambacounda a connu une croissance modérée ces dernières décennies entraînant par conséquent des changements dans l'occupation du sol.

3.2.3.2 Extension spatiale de la ville de Tambacounda

La cartographie et la quantification de l'étalement urbain de la ville de Tambacounda, conséquence de la croissance démographique, se fera à travers le calcul appliqué précédemment aux autres villes (Fig. : 23).

En 1990, la taille de la ville de Tambacounda est estimée à 6,97 km² et elle est passée à 22,22 km² en 2017. Cette différence de taille entre 1990 et 2017 sera alors considérée comme l'extension urbaine de la ville de Tambacounda durant cette période. L'extension de la ville de Tambacounda est égale à **15,25 km²** correspondant à un rythme moyen d'extension spatiale de 0,61 km² par an durant ces 25 dernières années (Fig. : 33).

En 1990, la population de la ville de Tambacounda était de **44 899 habitants** (Africapolis, 2015). En poursuivant notre raisonnement comme si Tambacounda s'était étendue sans densification, la population de 2017 compte tenu d'une densité⁵² de la population en 1990 de 6 441 habts/km², serait de **143 119 habitants**. Or, d'après les projections du dernier recensement de la population de 2013, la ville de Tambacounda en 2017 a près de **123 430 habitants**.

En somme, la croissance démographique de la ville de Tambacounda entre 1990 et 2017 est d'environ **78 531 habitants** selon les projections du RGPHAE⁵³ (2013), plus faible que

⁵² Densité de la ville de Tambacounda : population de 1990 a été divisée par la superficie de la commune de 1990. Densité = 44 899habts/6,97km² = 6 441habts/km².

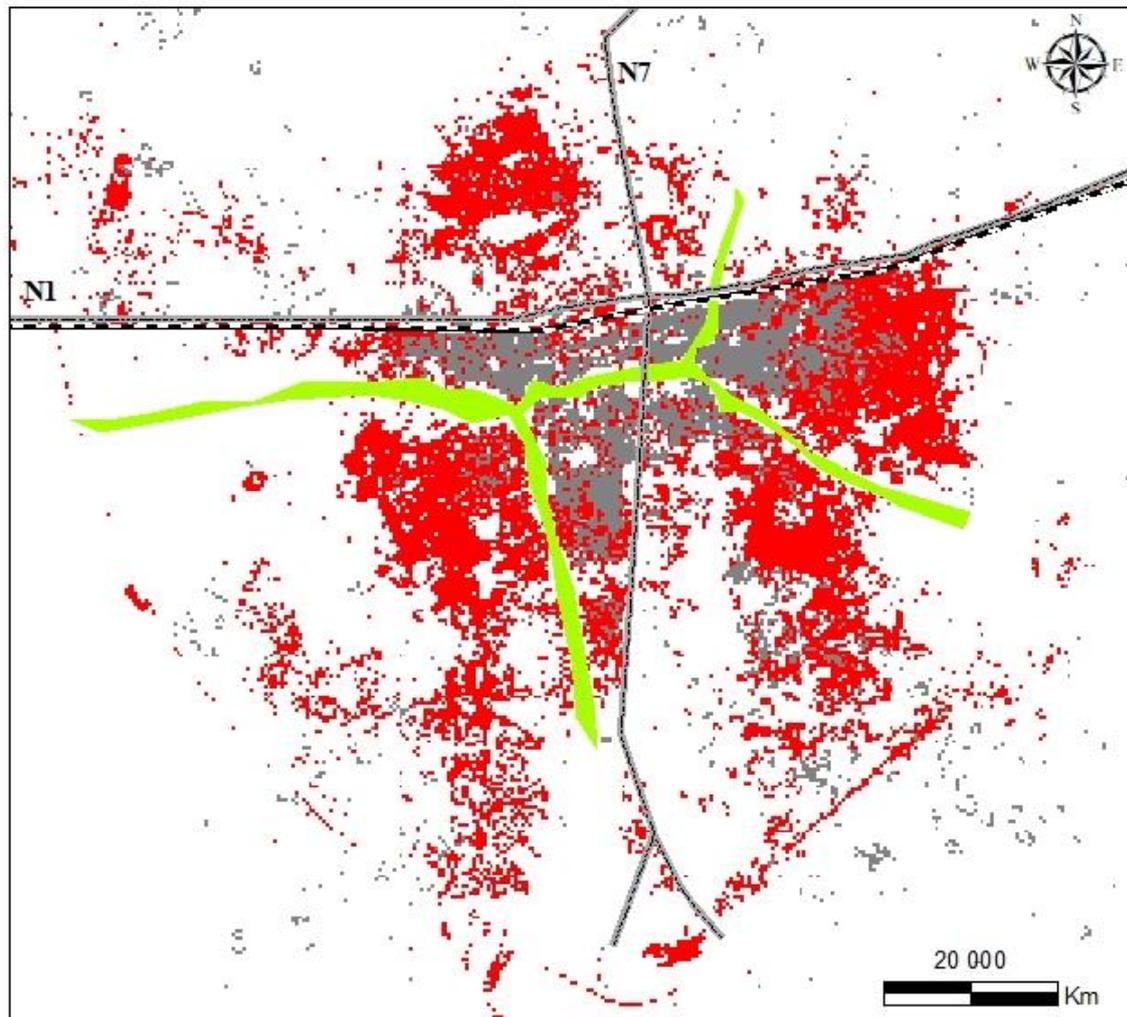
⁵³ Croissance de la population entre 1990 et 2017 (**projection RGPHAE**) = 123 430 – 44 899 = **78 531 hab**

les **98 225 habitants** supplémentaires estimés par la méthode⁵⁴ de calcul. L'extension⁵⁵ urbaine de Tambacounda aurait ainsi absorbé la totalité de la croissance de la population alors que la densification des quartiers reste très faible.

L'essor démographique de la ville de Tambacounda s'est poursuivi, malgré le déclin du chemin de fer engendrant de nouvelles extensions de la ville (Fig. : 34). En effet, l'extension spatiale de la ville de Tambacounda est beaucoup plus importante vers le Sud de l'ancienne voie ferrée correspondant au centre historique avec la gare. Cette progression est facilitée par la présence de la route nationale (N7) mais surtout par la présence du marigot de Mamacounda le long duquel beaucoup de familles se sont installées. Le marigot a été longtemps un obstacle à l'extension de la ville et continue de l'être. Cependant les travaux publics d'aménagement de 1960 ont permis de creuser, de rectifier son cours et de réaliser des ouvrages solides pour s'affranchir de ses crues pendant l'hivernage, mettant ainsi de nombreux riverains à l'abri (Dupon, 1964). Les autorités locales vont multiplier les nouveaux lotissements le long du marigot. Le marigot attire également beaucoup de personnes notamment des primo-arrivants, essentiellement issus des zones rurales grâce à la pratique des activités maraichères qui s'y développent. L'extension spatiale de Tambacounda est cependant faible dans le quartier Escale et vers le Nord de la voie ferrée où l'on retrouve toujours tous les bâtiments administratifs, le marché, le grand jardin public et le stade de football (Fig. : 34).

⁵⁴ Croissance de la population entre 1990 et 2017 (**estimation de la méthode**) = 143 119 – 44 899 = **98 225** hab.

Dynamique de la tâche urbaine de la ville de Tambacounda de 1990 à 2017



Evolution de la tâche urbaine de Tambacounda

- Voie ferrée Dakar-Bamako
- Routes nationales
- Mamacounda (Vallée sèche)
- Tâche urbaine de la ville de Tambacounda en 1990
- Progression de la tâche urbaine de 1990 à 2017

Source : USGS.
Données : images Landsat TM
(1990) et ETM+ (2017)
Réalisation : DIOUF, 2019

Figure 33 : Dynamique de la tâche urbaine de la ville de Tambacounda entre 1990 et 2017

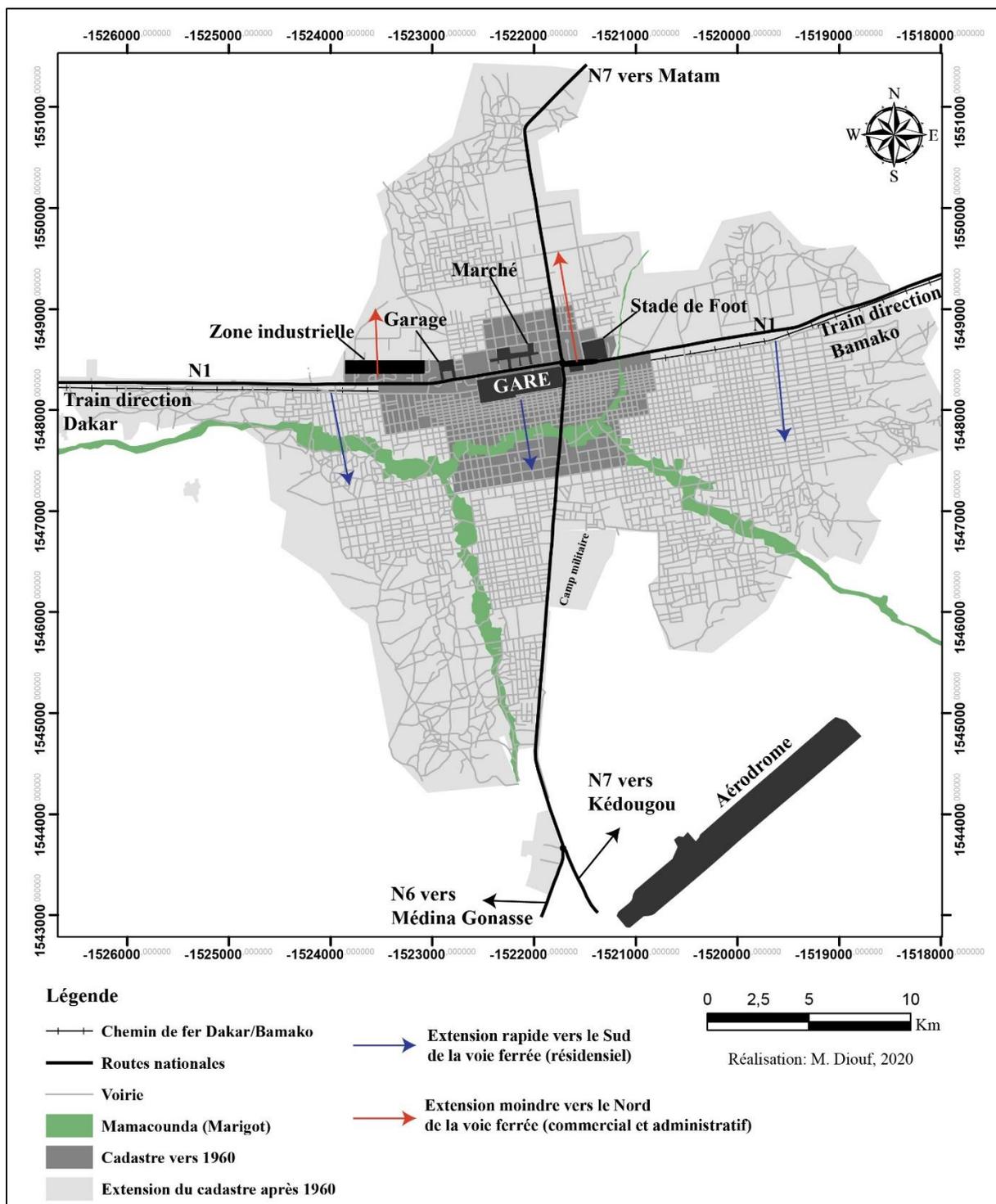


Figure 34 : Extension linéaire de la ville de Tambaounda le long des axes de communication et de la vallée sèche

Les objectifs de ce chapitre étaient, d'une part, de comprendre le processus d'urbanisation en Afrique de l'Ouest en général et au Sénégal en particulier, alimenté par l'exode massif des ruraux vers les agglomérations et dans une moindre mesure par l'accroissement naturel. Actuellement, le processus d'urbanisation se caractérise par l'émergence de nouvelles centralités en raison de la redistribution des flux migratoires au profit de villes moyennes et petites telles que Touba, Ziguinchor et Tambacounda malgré la primatie de Dakar sur le système urbain national sans d'ailleurs augmenter son poids dans la population urbaine totale du Sénégal. S'y ajoute l'augmentation rapide de la population urbaine, y compris dans des villes à dimension régionale et locale, engendrant des changements notables sur le couvert végétal induits par l'étalement urbain, les usages et pratiques que les habitants font de la végétation urbaine et périurbaine. Et, d'autre part, il s'agissait de cartographier par télédétection et de quantifier l'étalement spatial des sites d'étude de 1990 à 2017 dans le but de mesurer ses effets sur les espaces autrefois végétalisés (deuxième Partie) et d'évaluer les services et les ressources que les habitants peuvent tirer de la ressource végétale (Troisième partie).

Les résultats obtenus montrent l'extension rapide du bâti dont les plus remarquables sont celles de l'agglomération dakaroise et de la ville de Touba. En effet, l'agglomération dakaroise se déploie actuellement en dehors de la presqu'île du Cap Vert en quête d'espace avec comme catalyseur la ville nouvelle de Diamniadio et le nouvel aéroport Blaise Diagne. Elle s'est par ailleurs très fortement densifiée à l'intérieur de la tâche urbaine continue actuelle. Quant à la ville de Touba, elle connaît l'étalement spatial le plus spectaculaire du pays depuis 1990. On y observe également une densification des quartiers situés à l'intérieure de la rocade et autour de la grande mosquée avec de grandes concessions. Les villes de Ziguinchor et de Tambacounda se sont également étalées. La ville de Ziguinchor a épuisé sa réserve foncière et sa situation géographique ne facilite pas sa progression, seul le Sud de la ville s'y apprête sauf s'ils continuent à construire sur des zones *non aedificandi* comme c'est déjà le cas avec les anciennes rizières transformées en zone d'habitation, par exemple à Goumel.

Ce double mouvement de l'urbanisation (extension/densification du bâti et l'augmentation de la population urbaine) a entraîné des changements de l'occupation du sol et une intensification des usages de la végétation par les habitants. Pour détecter ces changements et évaluer leurs conséquences sur les sociétés urbaines, on a eu recours à une approche méthodologie (chapitre 3) qui s'articule autour de la cartographie par télédétection, des enquêtes de terrain et des relevés ethnobotaniques. Une étude climatique sera d'abord réalisée pour guider le choix des années de prises de vue des images multispectrales avant le travail de cartographie des changements d'occupation du sol, en particulier ceux affectant le couvert végétal urbain.

Chapitre 3 : Méthodologie et choix du cadre temporel (1973-2017) dicté par la variabilité pluviométrique récente

Travailler sur un objet peu exploré et dynamique comme la végétation en ville sénégalaise est un exercice complexe à faire, du moment où il faut d'abord produire de la donnée sur cet objet qui est disséminé à l'intérieur de la ville et parfois non accessible. En effet, le faible nombre d'études consacrées à la végétation dans les villes sénégalaises justifie, par ailleurs, la recherche.

Ceci dit, je me suis tout de même efforcé à rassembler localement différentes informations et données sur la végétation au niveau de l'agglomération dakaroise et des villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda. Par exemple, on a procédé à des inventaires de la végétation ligneuse et à des enquêtes de terrain. Ces dernières complétées par des recherches bibliographiques ont permis de mettre en exergue les caractéristiques des espèces répertoriées, les différents usages de celles-ci par les habitants. Le travail cartographique par télédétection à lui permis de suivre l'évolution du couvert végétal dans un cadre temporel dont le choix a été dicté par la variabilité pluviométrique récente.

L'hypothèse dont nous sommes partis pour déterminer ce cadre temporel à cette étude est qu'il existe un lien entre la variabilité climatique de ces dernières décennies et l'évolution du couvert végétal, ce qui sous-entend que la végétation est sensible à l'évolution de la pluviosité aussi bien en zone urbaine qu'en zone rurale. Ce rôle premier accordé au climat peut être discuté en ville où d'autres facteurs sont particulièrement importants comme la réduction des espaces végétalisés par l'extension urbaine et des changements dans les usages et les pratiques des citoyens vis-à-vis de la végétation. S'ils sont déterminants pour la dynamique du couvert végétal et seront évidemment pris en compte, il est intéressant de voir comment la variabilité climatique se combine avec ces facteurs anthropiques. Ainsi, l'intérêt de cette étude climatique est de nous guider pour le choix des dates des images multispectrales à retenir pour la cartographie par télédétection de l'occupation du sol et de ses changements notamment du couvert végétal.

1. La démarche méthodologique : cartographie par télédétection, enquête auprès des habitants et inventaire floristique de la végétation urbaine

La méthode choisie dans cette thèse articule la télédétection, les relevés de terrain et les enquêtes. Cette façon de voir les choses permet de répondre à la problématique de la thèse. En effet, la cartographie par télédétection a permis de déterminer les différents changements (régression ou progression) survenus sur l'occupation du sol en général, et en particulier sur le couvert végétal de l'agglomération dakaroise et des villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda de 1973 à 2017. Les enquêtes auprès des habitants ont permis de cerner les perceptions et les représentations des citoyens face aux changements socio-environnementaux et de recueillir des informations sur les usages de la végétation en ville. Et, les inventaires floristiques ont permis de répertorier les principales espèces végétales, notamment ligneuses, présentes dans les îlots ciblés des villes d'étude. En résumé, le but est d'évaluer l'impact des changements sur le microclimat urbain local et la vulnérabilité des habitants face aux changements socio-environnementaux.

1.1 Quelle relation peut-on établir entre la variation climatique récente et l'évolution de la végétation en ville au Sénégal ?

La variation climatique récente depuis l'indépendance a servi pour fixer le cadre temporel à cette étude, ainsi que nous allons le détailler dans la deuxième partie de ce chapitre. Cependant, il faut préciser dans cette présentation de la démarche méthodologique comment et dans quelle mesure les fluctuations du climat interviennent dans la question de la végétation dans les villes sénégalaises. Les effets indirects (accentuation de l'exode rural) sont sans doute aussi voire plus importants que les effets directs.

Le Sénégal, à l'instar des autres pays ouest-africains notamment sahéliens, a récemment connu des épisodes de sécheresses dont les plus culminantes sont enregistrées en 1972/1973 et en 1983/1984, des irrégularités interannuelles des précipitations, des variabilités dans la répartition spatiale des précipitations (Ndong, 1995 ; Bodian, 2014 ; Fall, 2014 et Faye *et al.*, 2015). Il n'est pas épargné par le rehaussement des températures constaté dans la plupart des centres urbains du monde entier.

L'un des objectifs majeurs de cette étude climatique est d'évaluer les conséquences éventuelles de cette variabilité pluviométrique voire des crises climatiques passées sur les paysages végétaux urbains sénégalais. Alexandre *et al.* (2008), ont démontré que la dynamique de la végétation est très sensible à la variation de la pluviosité au Sahel. L'état de la végétation en ville sahélienne et soudanienne est-il tributaire de l'évolution de la pluviosité ? Pour répondre à cette question, nous avons effectué une analyse rétrospective des données de précipitation afin de retracer la trajectoire climatique des villes d'étude. L'objectif est de pouvoir les croiser avec les résultats cartographiques de suivi des changements de l'occupation du sol afin d'en tirer des conclusions.

1.1.1 Les variations pluviométriques en domaine sahélien et soudanien : un indicateur de l'état du couvert végétal

L'analyse de la trajectoire climatique des villes d'étude de 1950 à 2015, nous permet de suivre l'évolution et la répartition spatio-temporelle des précipitations selon les domaines bioclimatiques. Cette analyse est réalisée sur des données climatiques obtenues grâce aux relevés des institutions météorologiques nationales (ANACIM⁵⁶) mais également à partir de données reconstituées des organismes internationaux comme OMM⁵⁷.

Les données relevées au niveau des stations météorologiques qui correspondent aux stations des villes d'étude ont été corrigées et comparées avec d'autres données météorologiques d'organisations internationales comme afin de limiter au maximum les erreurs d'interprétation.

Des traitements statistiques sont appliqués sur les données de précipitations collectées, dans le but de suivre l'évolution des cumuls annuels des précipitations, de faire une étude de l'irrégularité des pluies et de la sécheresse par l'indice standardisé des précipitations (SPI), de voir l'homogénéité ou l'hétérogénéités des séries chronologiques et enfin de détecter les années de rupture dans les séries pluviométriques des stations d'étude.

L'intérêt de cette étude pluviométrique est, d'une part, de détecter ces périodes de rupture dans les séries pluviométriques qui nous ont guidé, entre autres facteurs, dans le choix comme on l'a vu des années et des mois de prises de vue des images satellites. Afin de réaliser par télédétection, les cartes d'occupation du sol et des changements affectant en particulier le couvert végétal dans les villes d'étude. D'autre part, de se lancer dans un exercice plus ou moins complexe dans lequel, il faut mettre en corrélation les variations pluviométriques de ces dernières décennies et les dynamiques du couvert végétal dans les villes sénégalaises sur la même périodicité.

1.1.2 Les fortes températures des villes sahéliennes et soudaniennes sénégalaises : le rôle de la végétation dans leur atténuation

La végétalisation des villes est aujourd'hui proposée comme principale solution pour lutter ou s'adapter face aux changements climatiques dont l'une des conséquences dans les villes sahélo-soudaniennes comme partout d'ailleurs est l'augmentation de la température.

L'ambition de cette étude des températures est d'évaluer le rôle de la végétation dans l'atténuation des « îlots de chaleur urbain ». Pour ce faire, une analyse statistique des données de température est effectuée à travers l'étude de l'évolution des moyennes annuelles de températures pour chaque ville d'étude et l'estimation du confort thermique extérieur de l'agglomération dakaroise. L'estimation du confort extérieur est réalisée que pour

⁵⁶ Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie : <http://www.anacim.sn>.

⁵⁷ Organisation météorologique mondiale : <https://public.wmo.int/fr>.

l'agglomération dakaroise parce qu'elle est la seule ville du Sénégal dont on a pu se procurer des données permettant de déterminer ce confort extérieur.

Des cartes de température sont également confectionnées en se basant sur l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) afin de comparer les températures sur les emplacements végétalisés, artificialisés ou de sols nus de la ville. Ces cartes doivent nous permettre d'établir la relation entre l'état de la végétation et la température de surface des entités de la couverture du sol. Elles nous ont aussi permis de comparer la température à l'intérieur de la ville avec celle des espaces environnants afin de voir si le phénomène d'îlot de chaleur urbain est une réalité au niveau des villes d'étude.

Nous utiliserons les indices synthétiques d'activité de la végétation, celle choisie est le NDVI. Il permet de modéliser les rythmes de l'activité photosynthétique de la végétation en rapport avec la distribution spatiotemporelle de la pluviosité. L'intérêt de l'étude du NDVI sur une zone urbaine ou à l'échelle d'un quartier reste encore à déterminer, il est utilisé dans ce travail de thèse pour réaliser les cartes de température.

1.2 Méthode de détection à distance des changements d'occupation du sol

Pour cartographier l'occupation du sol et détecter les changements qui affectent les unités paysagères en particulier végétales de l'agglomération dakaroise et des villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda au regard de la forte croissance urbaine, de l'augmentation des usages de la végétation et de la variabilité climatique, deux choix méthodologiques se sont offerts à nous : la télédétection et la photo-interprétation.

La photo-interprétation a été écartée à cause de l'achat très coûteux des images analogiques et de la relation étroite qui existe entre le terrain et la photo-interprétation. En effet, une bonne interprétation des images aériennes n'est possible que si auparavant l'opérateur a parcouru le terrain d'étude afin d'observer les éléments « en vrai » pour mieux appréhender l'image vue d'avion (Mas, 2000). Face à l'immensité des terrains d'étude et le temps qui nous a été imparti, parcourir l'ensemble des zones qui sont couvertes par les villes d'étude était une mission non réalisable. Il nous reste alors l'option méthodologique de cartographie et de détection des changements à distance, la télédétection sur laquelle s'est portée notre choix.

La télédétection est aujourd'hui l'une des meilleures méthodes pour effectuer un suivi spatiotemporel de l'évolution des entités paysagères de l'espace urbain, en particulier du couvert végétal, elle permet également de déterminer l'état de celles-ci sur une ou plusieurs années et en temps réel. Exemple, on peut cartographier la superficie du couvert végétal et suivre son rythme d'évolution, même si, ce suivi est plus difficile en milieu urbain sénégalais en raison de la forte dissémination de la végétation.

Des cartes d'occupation du sol sont réalisées pour montrer l'état des entités paysagères de la couverture du sol de l'agglomération dakaroise et des villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda aux dates suivantes 1973, 1990 et 2017, dates qui seront discutées dans la suite de ce chapitre. Ces cartes d'occupation du sol sont ensuite croisées pour créer deux cartes pour chaque ville permettant de détecter les principaux changements intervenus sur le paysage des villes d'étude de 1973 à 2017. Entre 1973 et 1990, deux cartes sont créées, l'une montre les changements et les stabilisations paysagers et l'autre, les évolutions de la végétation. Deux autres cartes montrent la même chose mais pour la période de 1990 à 2017. La méthode doit permettre de définir les types changements observés et les facteurs physiques ou anthropiques pouvant les expliquer, d'où l'importance des entretiens effectués auprès des habitants qui sont les premiers concernés par les changements socio-environnementaux des centres urbains densément peuplés. Ce qui accentue la vulnérabilité des citoyens qui tentent difficilement d'apporter des réponses aux changements impactant négativement à leur cadre et condition de vie.

1.3 Les essences végétales des villes sénégalaises : un relevé d'inspiration ethnobotanique

Des relevés s'inspirant des méthodes de l'ethnobotanique ont également été effectués afin de répertorier les principales espèces végétales notamment ligneuses (composition floristique) des îlots ciblés dans chaque site d'étude en ayant en ligne de mire l'intérêt alimentaire, médicinal ou simplement esthétique de ces espèces pour les habitants. L'objectif du relevé est double, il a permis, d'une part, de dresser une liste non exhaustive mais représentative de la composition floristique des villes d'étude. D'autre part, il a permis d'identifier les pratiques et les usages portant sur chaque espèce végétale répertoriée à l'aide des entretiens effectués auprès des habitants.

Ce relevé floristique permet également d'inventorier pour chaque site, les principales espèces qu'on retrouve dans les différents types de la végétation (plantation d'alignement, arbres domestiques, parcs, jardins...) présentées dans le chapitre 1.

Le terme de relevé doit être ici précisé car, en fonction de l'hétérogénéité des formes de végétation, ils n'ont pas été conçus suivant la technique classique des placettes avec un idéal de garder la surface de relevé constante. Cette technique classique est adaptée aux zones non ou très faiblement habitées (zone rurale, forêts, savanes etc.) mais non aux centres urbains. En effet, en milieu urbain, les contraintes liées à la forte densité humaine et immobilière, aux problèmes d'accessibilité de certaines zones, notamment aux parcelles privées seulement observables à distance et à la dissémination de la végétation, nous ont plutôt poussé vers un inventaire floristique dans lequel la forme et la surface de relevé sont variables. Nous avons alors effectué des relevés linéaires de 100 voire 200 mètres pour les plantations d'alignements et des relevés surfaciques en procédant par ensemble de concessions/maisons (ce qu'on a appelé ici des « îlots ») ou appliqués à d'autres zones plus spécifiques (jardins maraichers et jardins publics).

1.4 Perception et représentations des citoyens sur les changements socio-environnementaux : Enquête de terrain

Pour vérifier nos hypothèses de travail, nous mettons à jour certains indicateurs à l'aide des données recueillies lors des enquêtes de terrain auprès de différents acteurs mobilisés dans cette recherche : décideurs politiques, scientifiques, techniciens et habitants (agriculteurs, fabricants de charbon de bois, jardiniers, commerçants etc.).

L'enquête de terrain devrait à terme nous renseigner sur les perceptions et les représentations des habitants sur les différents changements enregistrés sur l'occupation du sol et en particulier sur le paysage végétal durant ces quatre dernières décennies. C'est aussi l'occasion de suivre l'évolution de l'ensemble des usages végétaux afin de voir si certains types d'utilisations ont disparu ou au contraire si de nouveaux types sont apparus au cours de ces dernières décennies.

La méthode d'enquête choisie dans ce travail géographique est l'entretien semi-directif, ce dernier est le plus adapté pour un corpus disposant d'acteurs aussi variés comme celui-ci parce qu'il offre une liberté de parole assez grande pour la personne enquêtée. La diversité des acteurs de notre corpus et des thèmes débattus avec chaque enquêté ne permet pas de mettre en place un questionnaire collectif afin d'effectuer des traitements quantitatifs. Ceci étant et dans un souci d'exploitation exhaustive des données d'entretien recueillies, nous privilégions dans cette thèse la méthode qualitative parce qu'elle semble être la plus appropriée pour traiter la diversité des entretiens.

1.5 La pratique du terrain en géographie : source fiable pour valider les résultats cartographiques par télédétection et vérifier les recherches bibliographiques et les hypothèses

Le terrain est une ressource à part entière pour les sciences humaines et sociales notamment pour la géographie. Complémentaire des recherches bibliographiques et du travail qui peut être effectué sur les images, le terrain est un excellent moyen « d'étudier sa pratique individuelle selon la taille de la région étudiée, ses projets de recherches et le genre d'écrit visé. [C'est] la condition *sine qua non* d'une recherche géographique valide » (Wolff, 2013).

Le terrain, dans le cadre de ce travail de thèse s'est révélé d'autant plus incontournable que la bibliographie sur la végétation urbaine au Sénégal est limitée. L'étude d'un objet de recherche aussi évolutif que le couvert végétal, dépendant de facteurs très mouvants comme l'étalement urbain, la densification et la planification urbaines et les variations climatiques l'impose également. Ces facteurs et ces phénomènes sont interactifs et exigent une certaine fréquentation du terrain et des personnes qui l'habitent pour bien comprendre les causes et les conséquences qui en découlent, afin d'apporter d'éventuelles solutions.

1.5.1 Étude préalable avant la délimitation des terrains d'étude

Face à la taille des terrains d'étude qui englobent l'agglomération dakaroise et les villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda, une délimitation plus ou moins précise de terrains ciblant des zones permettant d'approfondir ce qui était étudié de façon globale par la télédétection s'est imposée avant de nous y rendre. De ce fait, nous nous sommes appuyés pour cela sur les images Google Earth en essayant de confronter des images à plusieurs dates pour suivre l'évolution des entités paysagères urbaines en général et en particulier de la couverture végétale pour trouver des zones cibles que l'on appellera dans ce travail des « îlots ».

Ces îlots sont ici des petits quartiers, des axes de communication, des parcs, des jardins publics, des périmètres cultivés et des paquets de maisons qui semblent très intéressants pour mener les travaux et où j'allais me rendre pour enquêter, observer et faire mes inventaires floristiques.

Le travail effectué en amont de la mission de terrain a beaucoup guidé le choix des îlots et a permis de cibler deux îlots par ville avec une perspective d'interviewer les habitants et les acteurs locaux. Brachet (2012) écrit cependant que « la détermination précise du terrain de recherche ne se fait que progressivement, par la pratique et non pas à partir d'une bibliothèque ou d'un bureau universitaire ».

1.5.2 Choix préalable et aléas de la pratique du terrain

Le choix des lieux s'est fait de manière progressive et a été adapté en fonction de la réalité rencontrée sur le terrain.

✓ *Se rendre dans les îlots choisis en amont ... Et adapter*

J'avais prédéfini des îlots, mais, une fois sur place, j'ai été contraint de les délimiter plus précisément, les contours étant encore flous. La complexité et les limites de cette manière de procéder résulte du fait que nous nous trouvons sur le « terrain » des sciences humaines et sociales plus précisément de la géographie où les éléments du paysage sont interactifs. Cette interaction ne respecte pas forcément voire pas du tout la délimitation physique que nous nous étions fixé au départ.

✓ *Se rendre là où les discussions et observations conduisent*

De façon positive, au fil des observations et des discussions, j'ai aussi choisi à travers quelques propositions qui m'avaient été faites par mes interlocuteurs des îlots ou des lieux qui se sont ajoutés à la liste.

Les aléas du terrain :

Une fois sur le terrain, la première difficulté à laquelle on est confronté est la gestion du temps imparti pour réaliser les travaux de recherche notamment des enquêtes. Toutefois,

une bonne connaissance des codes sociaux, des pratiques culturelles et des comportements permet de mieux gérer le temps. Ceci m'a également permis de décrocher parfois des entretiens à chaud c'est-à-dire à la première rencontre avec la personne sans qu'il y ait la peur de parler à un inconnu comme c'est souvent le cas dans les grandes villes cosmopolites. Je tirais profit de ces rencontres aléatoires et il m'est même arrivé après entretien que la personne me propose ou me mette en relation avec une tierce personne pouvant répondre à mes questions.

Le terrain ce sont aussi des imprévus, des attentes incessantes avant de rencontrer la personne qui vous a fixé le rendez-vous et des rendez-vous non respectés qu'il faut gérer. L'éloignement entre les villes d'étude a fait perdre énormément de temps. Mes séjours étaient très contraints car j'ai exercé, durant toute la durée de ma thèse, comme enseignant à plein temps dans l'enseignement secondaire français ainsi que comme vacataire à l'Université Paris 13. Le temps passé dans les transports pour me rendre d'un terrain à l'autre m'aurait sans nul doute permis de produire un volume de travail plus conséquent. Part exemple, il m'a fallu une journée entière pour relier Dakar à Ziguinchor et Dakar à Tambacounda.

1.5.3 Photographier face à la taille des terrains d'étude

La photographie est également un excellent moyen pour observer les changements enregistrés sur le paysage urbain comme le couvert végétal et l'extension urbaine. La photo prise sur le terrain à une date précise constitue une preuve et permet d'illustrer un propos théorique en zoomant, par exemple, sur un détail du paysage (Marshall, 2009).

Mieux encore, elle nous a beaucoup aidé dans le processus d'identification des essences végétales lors des relevés ou inventaires floristiques, mais également sur l'état de celles-ci. Les photographies ont ainsi été utiles pour répertorier les essences qui m'étaient familières, mais aussi celles que je découvrais, permettant de bien les distinguer, même après la visite, et de ne pas les confondre avec d'autres espèces végétales qui leur ressemblent. Il faut signaler qu'en ville la composition floristique est limitée et la superposition des strates est très rare. En dehors de la ville, l'intérêt de la démarche photographique est plus limité et il serait peut-être peu judicieux de procéder ainsi.

En revanche, la demande d'autorisation avant toute prise d'image est primordiale au risque de se faire confisquer son appareil comme cela a été le cas à Ziguinchor après avoir photographié un groupe d'arbres qui s'avèrait être un bois sacré où la prise d'image est strictement interdite. Là, il a fallu me comporter comme l'étranger à la Casamance que je suis, ignorant des réalités de la zone pour m'en sortir. Une utilisation intensive de son appareil photo peut ainsi changer les rapports avec les personnes rencontrées soit positivement parce qu'il peut faciliter la prise de contact avec ceux qui sont curieux et veulent savoir plus sur votre travail, soit négativement parce qu'il suscite la méfiance.

2. Un choix du cadre temporel (1973-2017) dicté par la variabilité pluviométrique récente

Pour cartographier l'évolution de la végétation au sein des villes d'étude, nous avons choisi avec précaution les années de prises de vue d'images satellitaires de sorte qu'elles soient assez représentatives de leur trajectoire climatique.

Le climat sahélien et soudanien a été marqué ces dernières décennies par la variabilité spatio-temporelle des précipitations, avec des épisodes de sécheresse sévères dans les années 1970 et 1980, donc pendant la première partie de notre cadre d'étude. S'interroger sur les potentielles conséquences d'une période de pluviosité déficitaire ou, à l'inverse, d'une période favorable sur les formations végétales urbaines dans les sites d'étude est un enjeu environnemental majeur pour une gestion durable des villes africaines. Pour ce faire, l'objectif est, dans ce chapitre, d'actualiser la chronologie du climat dans l'environnement des villes étudiées en faisant ressortir les périodes de rupture ou de changement climatique afin de les croiser ensuite avec les changements d'occupation du sol, notamment ceux affectant la couverture végétale, tels qu'ils apparaissent lors des traitements de télédétection. Car des travaux similaires ont déjà été faits sur des bases chronologiques un peu différentes, dans les thèses récentes d'Ibrahima Diedhiou (2019), de Tidiane Sané (2017), d'Ababacar Fall (2014) ...

L'histoire climatique récente de chacune des villes d'étude se concentrera donc sur la variation de la pluviosité, en suivant l'évolution des cumuls annuels de précipitations de 1950 à 2015, en étudiant l'irrégularité des pluies et de la sécheresse à travers un indice classique, le SPI (*Standardized Precipitation Index*) et en détectant les périodes de rupture climatique depuis 1950. Complémentairement, une étude, à la fin de ce chapitre, suivra l'évolution des températures moyennes annuelles des villes d'étude de 1950 à nos jours.

2.1 Choix et limites des données météorologiques

Au Sénégal, les données météorologiques disponibles sont de deux natures (Diop *et al*, 2013) :

- les données *in situ* obtenues à partir de mesures locales (sous la direction de l'ANACIM⁵⁸) ;
- les données issues de mesures indirectes, obtenues après traitement ou collectées par différentes institutions internationales et nationales.

Les données utilisées dans cette étude couvrent la période allant de 1951 à 2015, soit des séries de données recueillies sur 64 ans, celles-ci sont deux fois plus longue que la période nécessaire pour établir les normales climatiques (qui n'était pas notre objectif). L'avantage d'une analyse sur une soixantaine d'années est de permettre de dégager des tendances et des ruptures climatiques sur une période plus longue, couvrant à la fois la forte période de

⁵⁸ ANACIM : l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie du Sénégal. Site officiel : www.anacim.sn

pluviosité que l’Afrique de l’Ouest a connu dans les années 1950 et 1960 et la période beaucoup plus sèche des années 1970 aux années 1990. Cela permettra aussi de préciser, sur les années récentes, la reprise relative d’une pluviométrie plus abondante, les pluies pouvant avoir, dans un contexte urbain peu végétalisé, un effet dévastateur lorsqu’elles sont de fortes intensités, comme cela a été le cas à Dakar en 2012 (Descroix et al., 2015 ; Diouf et al., 2019).

Par ailleurs, l’acquisition de données sur des séries temporelles aussi longues pose un problème de fiabilité. Selon l’OMM⁵⁹, les données issues des pays sahéliens présentent d’importantes erreurs liées aux problèmes techniques (défaillance des instruments et des systèmes, insuffisance de la maintenance et de l’étalonnage, faiblesse des infrastructures de communication) et économiques (coût élevé de l’exploitation). Il s’y ajoute également une faible couverture territoriale des paramètres météorologiques. En effet, la couverture assurée par le réseau d’observation météorologique en Afrique est huit fois inférieure au minimum recommandé par l’OMM, moins de 200 stations météorologiques automatiques répondent aux exigences de l’organisation en matière d’observation (OMM)⁶⁰ sur un total de plus 15 000 à travers le monde. Cela conduit à accorder notre confiance surtout aux données les plus simples et demandant un outillage minimum, *a priori* plus fiables. On en trouve cependant heureusement à proximité des agglomérations urbaines étudiées.

2.1.1 Les stations d’observations météorologiques et climatologiques du Sénégal

Au Sénégal, les premières mesures pluviométriques remontent à 1854 à Saint Louis, les instruments de mesure furent installés par les colons français (Fall, 2014). Aujourd’hui, deux institutions sont chargées de gérer le réseau d’observation sénégalais (Diop *et al*, 2013) :

1. L’Agence nationale de l’aviation civile et de la météorologie (ANACIM) qui collecte et traite les informations météorologiques au Sénégal ;
2. Le Ministère de l’Agriculture (réseau d’observation des postes pluviométriques).

La composition actuelle du réseau météorologique sénégalais selon l’ANACIM s’établit comme suit (Fig. : 35) :

- **13 stations climatologiques,**
- **4 stations synoptiques** principales et 8 secondaires.

Le réseau synoptique sénégalais est intégré aux structures d’observations de l’OMM et est composé de douze stations parmi lesquelles Dakar, Ziguinchor et Tambacounda qui fournissent des mesures sur les conditions de surface (pression, température, humidité, vent, insolation et précipitations) et sur les phénomènes météorologiques.

- **6 stations agro-climatologiques :**

⁵⁹ Organisation météorologique mondiale

⁶⁰ <http://www.astrosurf.com/luxorion/meteo-messages.htm>

Le réseau agro-climatologique a vu le jour dans les années 1990 et est géré et exploité par l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). Les observations effectuées sont de caractères physiques (pression, température, humidité, vent, insolation et précipitations) et biologiques (phénologie des cultures pluviales), une démarche qui permet de suivre en temps réel l'évolution des cultures et par-delà faire des prévisions sur les récoltes à venir (Fall, 2014).

- **300 postes pluviométriques :**

Les observations recueillies se limitent à la hauteur des précipitations journalières, dont on déduit les hauteurs de pluie mensuelles et du nombre de jours de pluie. C'est le dispositif le plus ancien du réseau car les premières mesures datent de la période coloniale, ce qui a permis d'avoir des séries de données qui remontent jusqu'aux années 1920 dans certaines stations (Diourbel, Fatick).

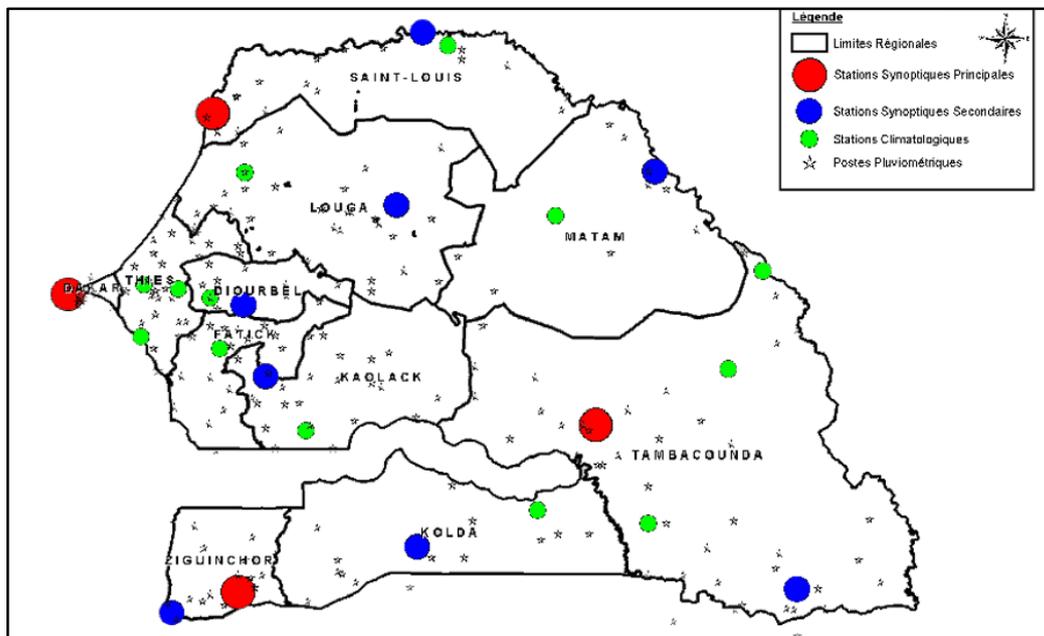


Figure 35 : Réseau des stations d'observations synoptiques principales et secondaires, climatologiques et postes pluviométriques (ANACIM)

2.1.2 Les stations météorologiques retenues pour cette étude

Les stations d'étude ont été choisies selon les critères suivants :

- des stations localisées près des sites d'étude (Dakar, Touba, Ziguinchor et Tambacounda), le cas échéant, d'autres stations ayant des conditions climatiques similaires que les villes d'étude peuvent être choisies ;
- la disponibilité des séries de données sur la période allant de 1951 à aujourd'hui pour l'ensemble des stations retenues ;

- des stations disposant de données plus ou moins fiables c'est-à-dire des données qui ne sont pas trop entassées par des erreurs pouvant entraîner de faux résultats ;
- des stations ayant des données qui peuvent être complétées, en cas de manquement, par des données reconstituées des institutions internationales.

Le choix des stations météorologiques a été évidemment fondé sur celui des villes d'étude, en même temps que sur la qualité et la disponibilité des données météorologiques, ce qui ne posait des problèmes que pour Touba où la station située à Diourbel, distante d'une quarantaine de kilomètres a été choisie. Les traitements statistiques porteront sur des données de pluviométrie et de température pour l'ensemble des stations retenues.

Les quatre stations météorologiques retenues sont réparties selon un gradient pluviométrique nord/sud, en partant de la zone sahéenne (station de Diourbel pour Touba), de la zone sahélo-soudanienne (station de Dakar-Yoff), de la zone soudanienne (station Tambacounda) jusqu'à la zone sub-guinéenne (station de Ziguinchor). Au total, 4 postes pluviométriques, 3 stations synoptiques principales et 1 station synoptique secondaire sont couvertes (Tableau 4).

Tableau 4 : Les stations retenues

Stations	Latitude	Longitude	Type d'observation	Domaine bioclimatique	Données	Période
Dakar-Yoff	14°44'00.07"N	17°30'00.13"W	Synoptique principale et pluviométrique	Sahélo-soudanien	Pluviométrie	1950-2015
Diourbel (repr. Touba)	14°39'4.22"N	16°13'58.30"W	Synoptique secondaire et pluviométrique	Sahélien	Pluviométrie	1950-2015
Ziguinchor	12°32'59.84"N	16°16'00.06"W	Synoptique principale et pluviométrique	Sub-guinéen	Pluviométrie	1950-2015
Tambacounda	13°46'7.85"N	13°40'2.06"W	Synoptique principale et pluviométrique	Soudanien	Pluviométrie	1950-2015

2.2 La variabilité interannuelle des précipitations à Dakar, Touba, Ziguinchor et Tambacounda

Cette sous-partie, consacrée à l'analyse des cumuls annuels de précipitations pour l'agglomération dakaroise et les villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda entre 1950 et 2015 (Tableau 5), a pour but de déterminer d'abord les périodes de pluviosité favorable ou déficitaire, pour, dans les prochains chapitres de la deuxième partie, évaluer l'état de la végétation des villes d'étude en choisissant les dates des scènes sur les ruptures d'une période à une autre.

Tableau 5 : Récapitulatif des données pluviométriques des stations d'étude (ANACIM Sénégal, OMM)

Stations	Mesures	Minimum (mm)	Année	Maximum (mm)	Année	Moyenne(mm) : 1950-2015
Dakar-Yoff	60	116,7	1972	901	1951	442,8
Diourbel (Touba)	60	275	1983	1012,5	1955	555
Ziguinchor	60	698,5	1980	2006,6	1967	1334,3
Tambacounda	60	433	1993	1246	1964	777

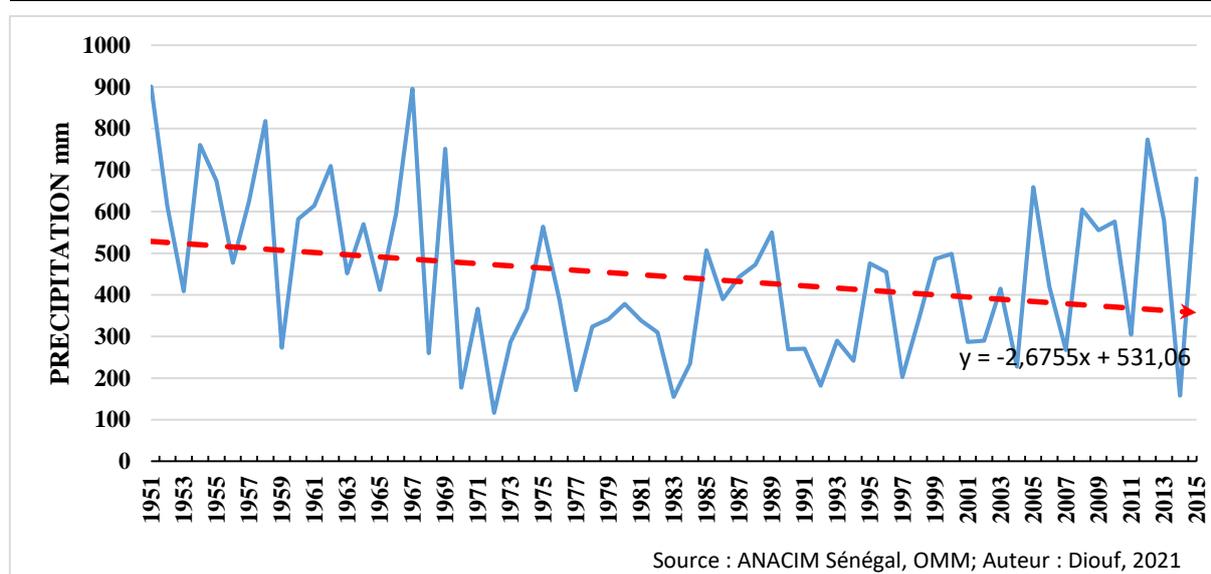


Figure 36 : Évolution des cumuls annuels de précipitations de l'agglomération dakaroise entre 1951 et 2015

L'évolution des totaux annuels de précipitations telle qu'enregistrée à la station de l'aéroport de Yoff, dans l'agglomération dakaroise montre une tendance générale (droite de tendance en rouge sur la figure) à la baisse des totaux annuels des précipitations qui sont en moyenne sur la période de 444 mm (Fig. : 36). Trois phases accompagnant cette baisse :

- Une première phase, située dans la période 1951-1969, qui montre une pluviosité variable mais où les cumuls annuels sont supérieurs à la moyenne générale de la série ;

- La deuxième phase durant laquelle les totaux annuels de précipitations sont généralement en dessous de la moyenne générale : elle concerne la période allant de 1970 à 2004, durant laquelle, par exemple le cumul annuel de 1972 (116 mm) est quatre fois inférieur à la moyenne de la série ;
- La troisième tendance est marquée par une reprise légère des précipitations, mais également par une importante variabilité interannuelle des précipitations bien visible à partir de 1994-1995. L'allure décroissante de la courbe de tendance de la série montre que, malgré la légère reprise de la pluviosité, les totaux annuels de la première tendance (1951 à 1969) restent supérieurs à ceux de la période de reprise (à partir de 2004).

Avec des nuances, nous allons retrouver la même tendance et les mêmes périodes dans les trois autres villes étudiées.

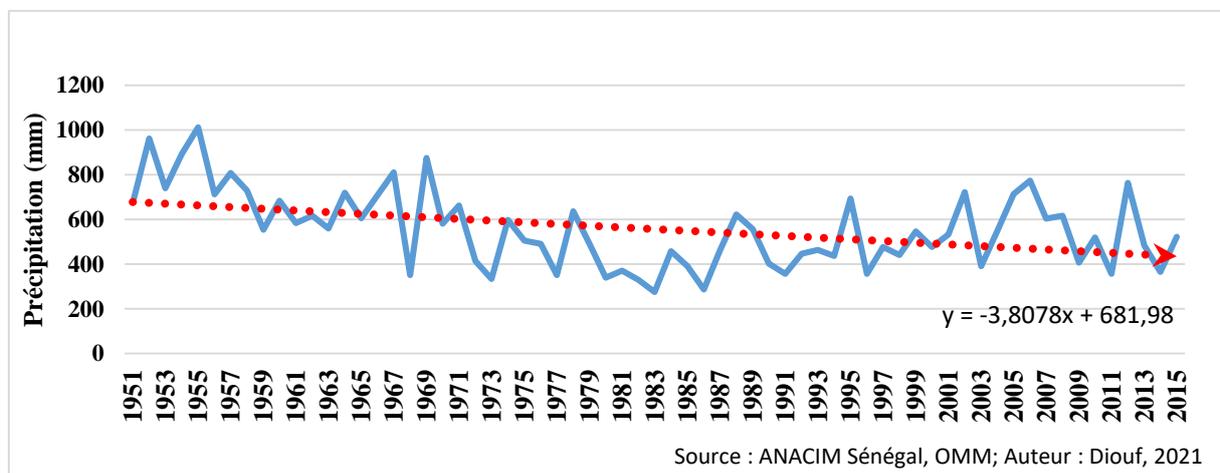


Figure 37 : Évolution des cumuls annuels de précipitation à Diourbel (représentative pour Touba) entre 1951 et 2015

Dans le Sahel sénégalais à Diourbel, station représentative pour Touba, la moyenne de la série temporelle est de 555 mm, un peu plus humide qu'à Dakar (Fig. : 37). On retrouve, au début, la même période plus humide, 1951-1969, les années allant de 1951 à 1958 enregistrent des totaux supérieurs au reste de la période, ils dépassent parfois 800 mm pour une année. De même que dans les autres stations, à partir des années 1970, la situation pluviométrique se dégrade et est caractérisée par une forte baisse de la quantité de pluie annuelle. Les cumuls annuels enregistrés de 1970 jusqu'en 2000 sont inférieurs à la moyenne de la série. En dehors de l'année 1995, les précipitations annuelles restent faibles et c'est à partir de l'an 2000 que l'on observe une certaine amélioration avec une forte variabilité interannuelle comme le montrent les années 2011 et 2014 dont le cumul annuel n'atteint pas 400 mm.

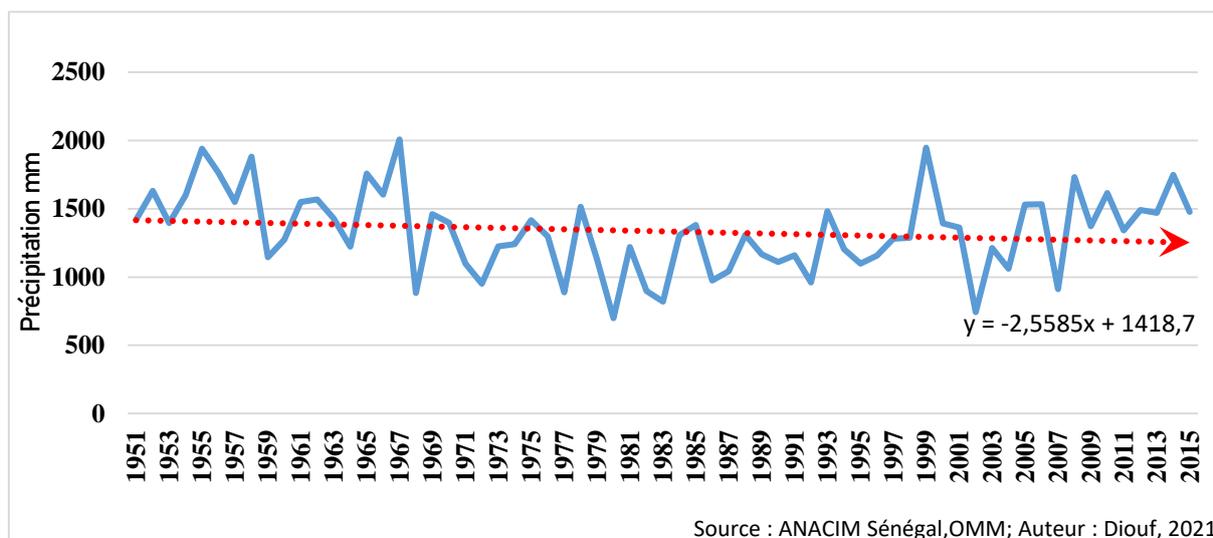


Figure 38 : Évolution des cumuls annuels de précipitation de la ville de Ziguinchor, entre 1951 et 2015

La différence des cumuls annuels de précipitations qui existe entre la station de Ziguinchor (PMA = 1334 mm) et la station de Diourbel (PMA = 554 mm) montre bien l'amélioration progressive des quantités de pluie reçues suivant le gradient nord-sud du sahélien au soudanien (Fig. : 38). La station de Ziguinchor montre des cumuls annuels de précipitations supérieurs à 1 500 mm, atteignant parfois 2000 mm, entre 1951 et 1967 à l'exception de quelques années : 1959 (1 144 mm) et 1964 (1224 mm).

Sur la période 1968-1998, Ziguinchor connaît une baisse de la pluviométrie, les totaux annuels atteignent rarement les 1500 mm, ils vont même descendre jusqu'à 700 mm par année (exemple : 1980). Cette période nettement moins humide révèle toutefois des conditions hydriques encore bien plus favorables pour la végétation que dans le domaine sahélien. À partir de 1999, les années avec des cumuls pluviométriques annuels supérieurs à 1500 mm vont redevenir plus fréquentes notamment entre 2005 et 2015 (à l'exception de l'année 2007).

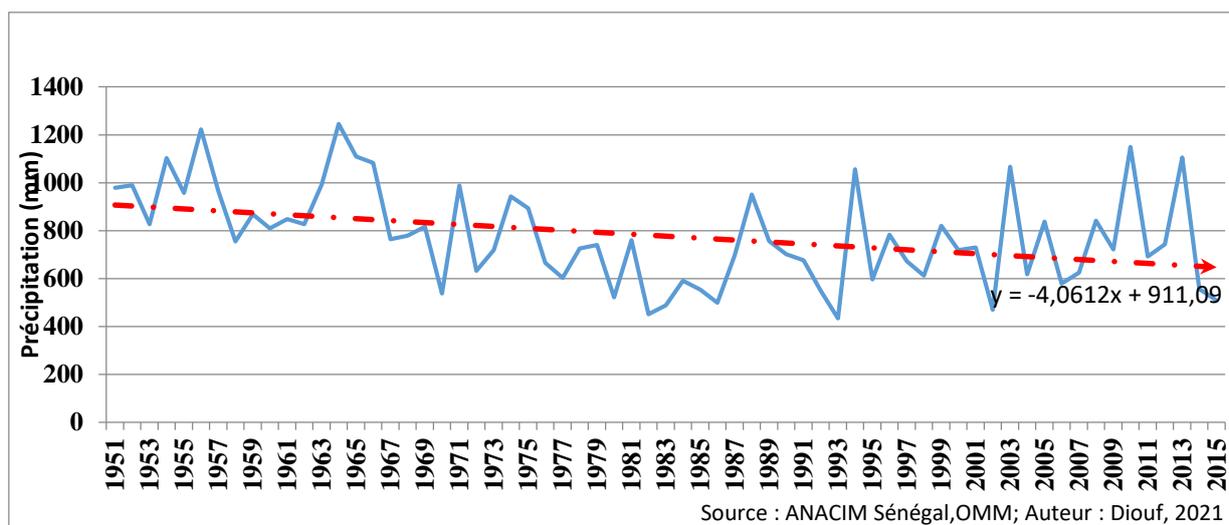


Figure 39 : Évolution des cumuls annuels de précipitations de la ville de Tambacounda, entre 1951 et 2015

En passant dans le domaine soudanien intérieur, à Tambacounda, c'est encore une fois la même chronologie qui s'impose, entre 1951 à 1966, les cumuls annuels de précipitations étaient au-dessus de la moyenne de la série (777 mm) mise à part l'année 1958 (755 mm) (Fig. : 39). Cependant, à partir de 1967, les totaux annuels sont en-dessous de la moyenne malgré une forte variation interannuelle. Les années plus arrosées sont très peu nombreuses entre la fin des années 1960 et les années 1990 (1971, 1974, 1988). Elles deviennent un peu plus fréquentes ensuite : 1994, 2003, 2010 et 2013 notamment ont enregistré des quantités de pluie nettement supérieures à la moyenne mais la rupture entre la période des années sèches et de la reprise des précipitations n'est pas extrêmement nette ici.

En résumé, les quatre stations d'étude ont toutes connu trois phases dans l'évolution de leur cumul annuel de précipitations. D'abord, une phase assez pluvieuse allant de 1951 au début des années 1970, ensuite, arrive une deuxième phase marquée par une pluviosité déficitaire qui dure des années 1970 au début des années 2000. Cette seconde phase a enregistré une longue période de faible pluviosité et des épisodes de sécheresse sévères. Dans les stations des villes étudiées (ou proches des villes étudiées), on retrouve les années habituellement citées (1973, 1983, 1984, ...) dans l'ensemble de la bande soudano-sahélienne. La troisième phase, enfin, se caractérise par une reprise des précipitations avec des années vraiment pluvieuses mais qui s'accompagnent d'une grande irrégularité interannuelle. Une fois cette chronologie confirmée, il faut essayer de mieux cerner la sécheresse, phénomène ayant un impact direct sur la végétation dans les villes. Les périodes de baisse de la pluviosité n'auront pas le même impact si l'on est dans un climat tropical à longue saison sèche (climat sahélien) ou dans un climat soudanien.

2.3 Étude de l'irrégularité des pluies et de la sécheresse par l'Indice Standardisé des Précipitations : quel impact des sécheresses sur la végétation urbaine ?

La complexité de mettre en place une définition universelle et la difficulté de cerner le phénomène de sécheresse ont poussé à la création de plusieurs indicateurs : le *Palmer Drought Severity Index* (**PDSI** ; Palmer, 1965) ; l'*Effective Drought Index* **EDI** (Byun & Wilhite, 1999) et le *Standardized Precipitation Index* **SPI** (McKee *et al.*, 1993). La sécheresse, définie par l'OMM⁶¹ (2012) comme « un fléau insidieux qui découle d'une baisse des précipitations par rapport à des niveaux considérés comme normaux », mais l'OMM considère aussi qu'elle « doit être considérée comme un état plus relatif qu'absolu » (2012). Ainsi les climatologues sont-ils de plus en plus nombreux à considérer que le milieu du vingtième siècle était exceptionnellement pluvieux et non pas la référence, l'état « normal » du climat sahélien.

Le SPI est ici choisi parce qu'il est souple d'utilisation et facile à calculer. En plus, l'indice SPI se révèle tout aussi efficace pour analyser les périodes ou cycles humides que les périodes ou cycles secs (OMM, 2012). Le calcul du SPI se base sur des relevés mensuels s'étalant de préférence sur 50 à 60 ans (voire plus), ce qui constitue la durée optimale d'observation (Guttman, 1994). Les données de précipitations dont nous disposons ont de fait été relevées sur une période supérieure à 60 ans.

L'indice s'écrit selon la formule suivante (Bergaoui *et al.*, 2001) :

$$SPI = \frac{X_i - X_m}{S_i}$$

Où X_i est le cumul de la pluie pour une année i ,

X_m , la moyenne de la série temporelle,

S_i , l'écart-type des pluies annuelles observées pour la même série temporelle.

Les principaux avantages du SPI sont les suivants (Lloyd-Hughes & Saunders, 2002 ; Layelmam, 2008) :

- Il requiert seulement les précipitations mensuelles et annuelles et est simple à calculer ;
- Il peut être comparé pour des régions aux climats différents et être calculé pour des segments différents ;
- La normalisation de l'indice permet de déterminer la rareté d'une sécheresse et de montrer la fréquence d'occurrence des événements extrêmes ;
- Il permet de définir l'intensité des sécheresses avec des modalités bien précises.

⁶¹ OMM : Organisation Météorologique Mondiale

Tableau 6: Valeurs et signification du SPI

Valeurs du SPI	Signification
SPI > 2.0	Humidité extrême
1,50 to 1,99	Humidité forte
1,00 to 1,49	Humidité modérée
-0.99 < SPI < +0.99	Situation normale
-1,00 to -1,49	Sécheresse modérée
-1,50 to -1,99	Sécheresse forte
SPI < - 2.0	Sécheresse extrême

Source : McKee *et al.* (1993).

La sévérité de la sécheresse correspond aux différentes classes de l'indice (Bergaoui & Alouini, 2001 ; Ardoin-Bardin *et al.*, 2003 et Lebel & Ali, 2009). Les valeurs annuelles négatives indiquent une sécheresse par rapport à la période de référence choisie et les positives une situation humide (Tableau 6) (Faye, Sow et Ndong, 2015).

Cependant, la méthode a des limites dont les principales sont :

- Il ne permet de quantifier que des déficits de précipitations ;
- Des valeurs élevées trompeuses peuvent apparaître en appliquant le SPI sur des petits segments de temps sur des régions avec des saisons sèches, d'où l'intérêt dans notre cas d'avoir pris en compte une soixantaine d'années ;
- Les valeurs fondées sur des données préliminaires sont susceptibles de changer (Fall, 2014).

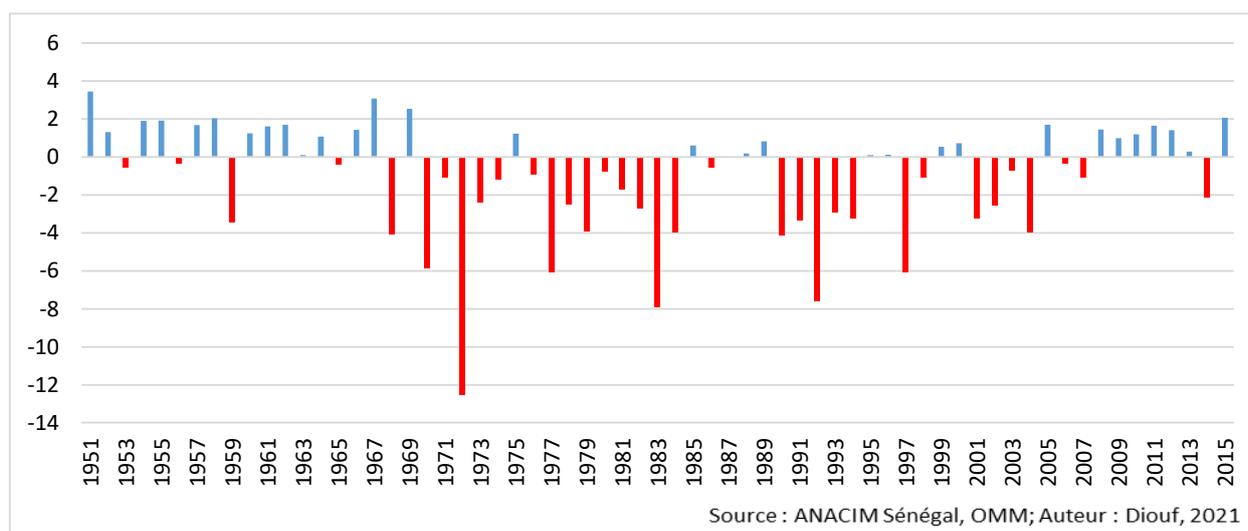


Figure 40 : Évolution de l'indice standardisé des précipitations entre 1951 et 2015 à Dakar-Yoff

L'évolution du SPI dans la station de Dakar-Yoff est représentative des stations des villes présentées ci-dessous. Elle montre en premier lieu (de 1951 à 1969) une phase humide où le $SPI > 2$ avec des années extrêmement humides (1951, 1967 et 1969) et compris entre 2 et 1,5 (années fortement humides : 1954, 1955, 1960, 1961, 1962). Suivie d'une longue phase sèche (1970 – 2005) marquée par de nombreuses années d'extrême sécheresse : 1972 (-12), 1983 (-8), 1992 (-7) ... La reprise progressive de la pluviosité est tardive (2005) à Dakar-Yoff par rapport à d'autres stations et les années sèches remportent sur les années humides (Fig. : 40).

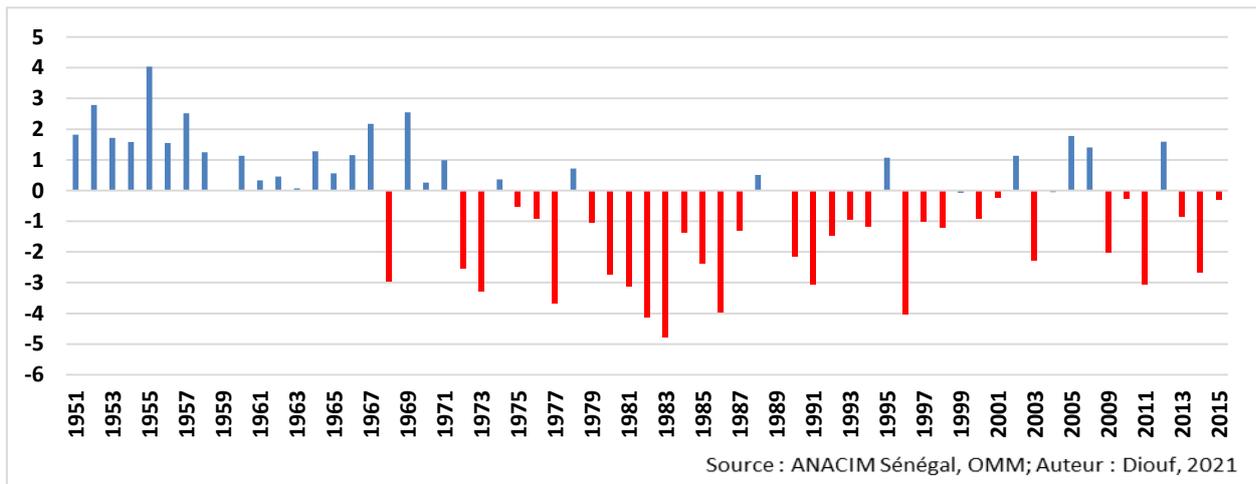


Figure 41 : Évolution de l'indice standardisé des précipitations entre 1951 et 2015 à Diourbel (Touba)

La variation dans le temps du SPI dans la station de Diourbel permet de faire ressortir que la période humide (de 1951 à 1969) a connu des années extrêmement humides ($SPI > 2$) (1952, 1955, 1957, 1967 et 1969) ou fortement humides ($2 > SPI > 1,5$) (1951, 1953, 1954...). Durant la longue période sèche (1972 - début des années 2000), les années d'extrême sécheresse ($SPI < -2$) sont très fréquentes. Le SPI atteint des valeurs particulièrement basses en 1973, en 1977 et, surtout, en 1983 où il a atteint - 5. Après l'an 2000, les années sèches sont encore nombreuses mais les années humides sont plus nombreuses (Fig. : 41).

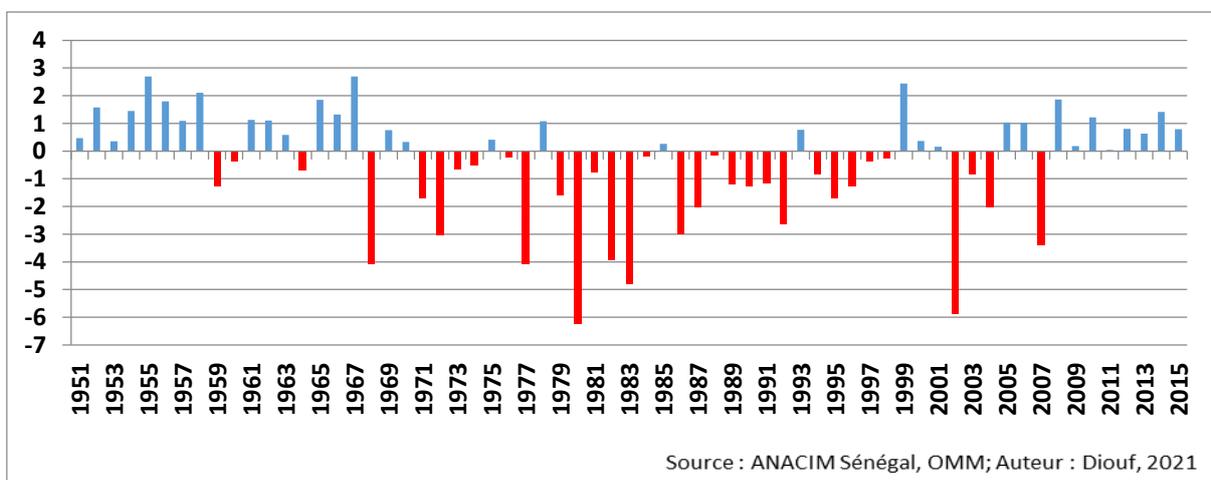


Figure 42 : Évolution de l'indice standardisé des précipitations entre 1951 et 2015 à Ziguinchor

À Ziguinchor, le diagramme du SPI, sous un climat plus humide, a une allure quasi-identique aux autres stations, mais les contrastes y sont plus marqués, notamment du côté des années sèches. La période s'étalant de 1951 à 1967 et majoritairement marquée par une dominance des années d'humidités modérées, de fortes humidités (1952, 1954 et 1965) et quelques années extrêmement humides (1955, 1958 et 1967). Durant la longue phase de sécheresse allant de 1968 à 1998. La baisse de la pluviosité est beaucoup plus gravée ici que dans les autres stations avec des indices atteignant parfois - 6. Cependant, la reprise progressive de la pluviosité est ici plus marquée et débute un peu avant les autres stations en 1999 avec toutefois une variabilité interannuelle forte (Fig. : 42).

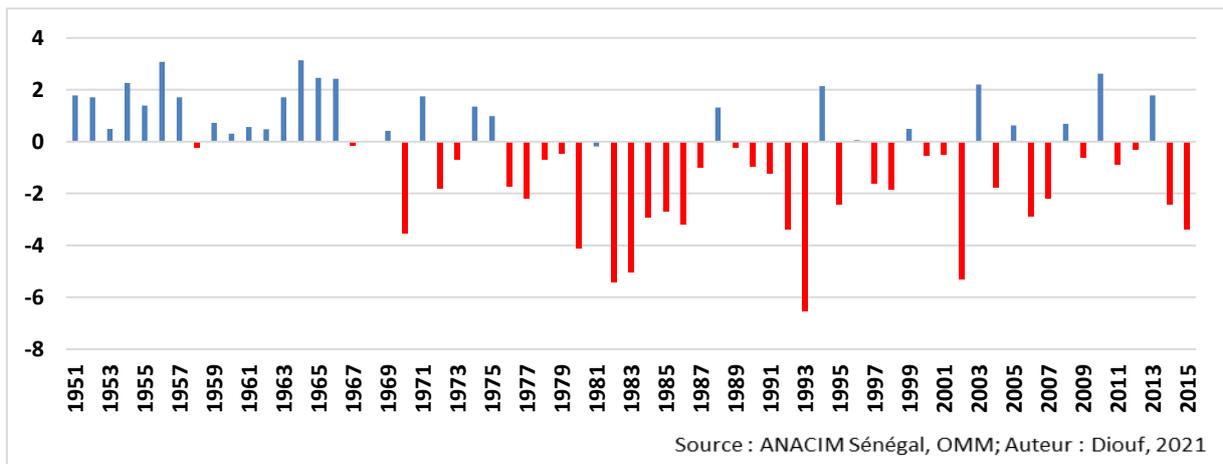


Figure 43 : Évolution de l'indice standardisé des précipitations entre 1951 et 2015 à Tambacounda

La spécificité des résultats du SPI pour la station de Tambacounda se situent moins dans l'habituel contraste entre la période 1951-1969, presque exclusivement humide (années de forte humidité : 1951, 1952, 1957 et 1963 et d'extrême humidité : 1954, 1956, 1964, 1965 et 1966), et la période sèche caractérisée par de nombreuses années d'extrêmes sécheresses dont les plus accentuées sont les années 1982, 1983, 1993 et 2002 avec des indices de SPI inférieures à - 4, que dans le fait que, sur la période récente, il n'y a eu qu'un faible nombre d'années humides : 1994, 2003, 2010 et 2013 (Fig. : 43).

2.4 Détection des moments de rupture climatique dans les séries pluviométriques des stations d'étude.

L'analyse par les tests d'homogénéité des séries pluviométriques permet de détecter un changement brutal de la moyenne appelé rupture. Selon Lubès *et al.* (1994), « une « rupture » peut être définie de façon générale par un changement dans la loi de probabilité d'une série chronologique à un moment donné, le plus souvent inconnu ». Cette détection des périodes de rupture est très importante puisque cela va guider le choix des années lorsque nous allons choisir les images de haute résolution pour les besoins du traitement cartographique par télédétection, l'objectif de la cartographie de l'occupation du sol étant d'évaluer l'état de la végétation après les longues périodes humides ou sèches afin de déterminer les conséquences sur la dynamique du couvert végétal de l'agglomération dakaroise et des villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda.

Cette détection des moments de rupture se fera à l'aide de Chronostat qui est un logiciel qui regroupe des tests de vérification du caractère aléatoire de l'échantillon (test d'autocorrélation et de corrélation) et de détection de rupture (Bodian *et al.*, 2016). Les procédures concernées sont le test de Pettitt, le test de Buishand, l'approche bayésienne de Lee et Heghinian, la segmentation d'Hubert et le test de corrélation sur le rang.

2.4.1 Présentation des tests d'homogénéités utilisés

Les méthodes retenues permettent de détecter le changement dans la série chronologique ou l'année de rupture des stations d'étude (Tableau 7)

Tableau 7 : Liste des stations retenues pour les tests d'homogénéité

Stations	Période	Domaines climatiques
Dakar	1951/2015	Sahélien côtier
Diourbel (Touba)	1951/2015	Sahélien continental
Ziguinchor	1951/2015	Sub-guinéen
Tambacounda	1951/2015	Soudanien continental

Test de Pettitt

Le test de Pettitt (Pettitt, 1979) est un test non paramétrique ne nécessitant aucune hypothèse quant à la distribution des données et dérive du test de Mann-Whitney. Ce test est plus particulièrement sensible à un changement de moyenne et, si l'hypothèse nulle d'homogénéité de la série est rejetée, il propose une estimation de la date de rupture (Bodian *et al.*, 2016) et s'obtient grâce à la formule suivante (Fig. : 44) :

<p>Statistique du test :</p> $U(t) = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^n \text{signe}(x_i - x_j)$ $T = \max \{ U(t) , t=1 \dots n \}$ <p>Variante :</p> $K = \max \left\{ \left \frac{U(t)}{\sqrt{nt - t^2}} \right , t=1 \dots n \right\}$ <p>Calcul de la probabilité p, probabilité de dépassement de la valeur k prise par la statistique T du test sur la série observée.</p> $p = P(T \geq k) = 2 \exp\left(\frac{-6k^2}{T^3 + T^2}\right) \quad \text{si } p < \alpha \quad \text{alors l'hypothèse nulle est rejetée}$ <p>En ce qui concerne la statistique K, « p » peut être calculée à l'aide de la méthode du bootstrap</p>	<p>Notations :</p> <p>La fonction signe est définie comme suit</p> $\text{signe} : \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{R}$ $\forall x \in \mathfrak{R}, x \rightarrow \text{signe}(x)$ <p>telle que</p> $\begin{cases} \forall x > 0, \text{signe}(x) = 1 \\ x = 0, \text{signe}(x) = 0 \\ \forall x < 0, \text{signe}(x) = -1 \end{cases}$
---	---

Figure 44 : Formule du test non paramétrique de Pettitt

Méthode Bayésienne de Lee et Heghinian

La méthode Bayésienne de Lee et Heghinian est une approche paramétrique qui nécessite une distribution normale des valeurs de la série étudiée (Lee et Heghinian, 1977). Elle fait l'hypothèse d'une rupture en moyenne à un instant inconnu. La distribution *a priori* de l'instant de la rupture est uniforme, et compte tenu de cette information et des données, la méthode produit la distribution de probabilité *a posteriori* de l'instant de la rupture.

Test de Buishand

La statistique de Buishand (Buishand, 1982, 1984) est dérivée d'une formulation originale donnée par Gardner (1969) pour établir un test bilatéral de rupture en moyenne à un instant inconnu. Le test de Buishand est paramétrique, supposant normalité de la série, non autocorrélation et constance de la variance de part et d'autre du point de rupture éventuel. Ce test est performant pour détecter une rupture en milieu de série, mais il ne fournit pas d'estimation du point de rupture.

Segmentation de Hubert

La procédure de segmentation non paramétrique de séries hydrométéorologiques (Hubert & Carbonnel, 1987 ; Hubert et al., 1989) est adaptée à la recherche de multiples changements de moyenne dans la série. Son principe est de "découper" la série en plusieurs segments de telle sorte que la moyenne calculée sur tout segment soit significativement différente de la moyenne du (ou des) segment(s) voisin(s) par application du test de Scheffé (Kendall & Stuart, 1943) qui repose sur le concept de contraste (Dagnélie, 1970).

2.4.2 Présentation des résultats issus des différents tests d'homogénéités

Les différentes méthodes brièvement présentées précédemment seront successivement appliquées aux séries pluviométriques des différentes stations d'étude. Il ressort des tests d'homogénéités que les séries étudiées présentent toutes des ruptures.

Comment interpréter les résultats obtenus grâce aux différents tests pour mettre en évidence l'existence ou l'absence d'une rupture dans la série. Pour ces tests, l'hypothèse nulle H_0 correspond à l'absence de rupture au seuil de 1% et le RHO au seuil de confiance du rejet

de l'hypothèse nulle en pourcentage. En cas de rejet de l'hypothèse nulle d'homogénéité de la série, nous retenons l'hypothèse alternative H_a qui signifie l'existence d'une rupture ou d'un changement climatique dans la série chronologique étudiée (Bodian *et al.*, 2011).

Tableau 8 : Détection des ruptures climatiques des stations d'étude selon les tests de Pettitt et de Lee et Heghinian

STATIONS	Ruptures selon les tests			
	PETTITT		LEE et HEGHINIAN	
	Année de rupture	RHO	Année de rupture	Point de rupture
Dakar	1969	99 %	1969	0.4168
Diourbel (Touba)	1971	99 %	1971	0.3588
Ziguinchor	1967	99 %	1967	0.5328
Tambacounda	1975	99 %	1966	0.3828

Les tests d'homogénéités de Pettitt et de Lee et Hegninian ont permis de détecter la principale rupture climatique lorsque l'on passe de la période humide à la séquence beaucoup plus sèche qui a suivi dans les différentes séries chronologiques des villes d'étude. Les tests de Pettitt et de Lee et Heghinian ont été concordants sur l'année pour les stations suivantes qu'ils placent (Tableau 8) :

- en **1969** pour Dakar Yoff avec un seuil de rejet de l'hypothèse nulle (RHO) de 99% pour le test de Pettitt et un point de rupture de 0,4 pour le test de Lee et Hegninian ;
- en **1971** pour la station de Diourbel (représentative de Touba) avec un RHO de 99% et un point de rupture de 0,35 ;
- en **1967** pour la station de Ziguinchor avec un RHO de 99% et un point de rupture de 0,53.

Pour Tambacounda, le test de Pettitt a placé la rupture en **1975** et le test de Lee et Heghinian un peu plus tôt, en **1966**.

Tableau 9 : Présentation des résultats de la segmentation du test d'Hubert

Stations	Début	Fin	Moyenne	Ecart-type
Dakar	1951	1969	599	186
	1970	2004	337	118
	2005	2015	507	193
Touba	1951	1958	816	125
	1959	1972	623	138
	1973	2015	486	129
Ziguinchor	1951	1967	1572	245
	1968	2007	1193	252
	2008	2015	1530	153
Tambacounda	1951	1966	973	148
	1967	2015	712	174

La segmentation de Hubert a aussi été appliquée aux cumuls annuels de précipitations de chacune des stations (Tableau 9 et Fig. : 45). Elle permet de déceler plusieurs moments de rupture :

Pour la station de Dakar, le test d'Hubert détecte deux années de rupture. Outre celle de 1969 déjà montrée par les tests précédents, ressort l'année 2004, au-delà de laquelle la reprise des précipitations se manifeste vraiment. La série est ainsi divisée en trois périodes, d'abord une période de 1951-1969 avec une moyenne de 599,6 mm, ensuite une période allant de 1970 à 2004 marquée par une baisse de 262,2 mm de la moyenne et, enfin, une période allant de 2004 à 2015 où la moyenne reprend plus ou moins les valeurs de la période 1951-1969 qui est une reprise de la pluviométrie.

Pour la station de Diourbel (Touba), les années 1958 et 1972 ont été détectées comme des moments de changements. Une première période 1951-1958, très pluvieuse avec une moyenne de 816,4 mm, est suivie par une autre allant de 1959 à 1972 marquée par une baisse de la pluviosité moyenne de 193,2 mm. Cette baisse se confirme sur notre dernière période 1973-2015 puisque la moyenne de la série passera de 623,1 mm pour la période précédente à 486,1 mm pour celle-ci. La reprise pluviométrique constatée en Afrique de l'Ouest est plutôt marquée par une tendance lente à la remontée des précipitations dans la région de Touba.

Pour la station de Ziguinchor, la série est divisée en trois segments par deux années de changements, 1967 et 2007. Le segment 1951-1967 possède une moyenne de série de 1572,4 mm, c'est une période très pluvieuse. Elle est suivie par celle de 1968-2007 qui malgré les importantes quantités de pluie comparée aux autres stations connaît une baisse significative de 378,6 mm. À partir de 2008, la situation pluviométrique s'est améliorée.

Pour la station de Tambacounda, le test d'Hubert a détecté une seule année de rupture placée en 1966 divisant ainsi la série en deux périodes, la première allant de 1951 à 1966 et la seconde de 1967 à 2015. Nous notons une baisse de la moyenne pluviométrique de la série de 260,7 mm. Il est à noter que, si les tests d'Hubert et de Lee et Heghinian l'ont placé en 1966, celui de Pettit la place en 1975.

Les tests de Pettit et de Lee et Heghinian ont détecté des périodes identiques de rupture pour les stations de l'agglomération dakaroise (1969), de Touba (1971) et de Ziguinchor (1967).

Dans un contexte global de changement climatique qui n'affecte pas que les précipitations, les villes sahélo-soudaniennes sont également confrontées à l'augmentation de la température, d'autant plus forte que cela renforce les « îlots de chaleur » généralement observés sur les villes, ce qui engendre une dégradation des conditions et du confort de vie des populations urbaines. Le couvert végétal urbain peut jouer un rôle important pour lutter contre ce phénomène, nous essayerons dans la troisième partie de cette thèse de déterminer son influence sur la régularisation de la température en ville.

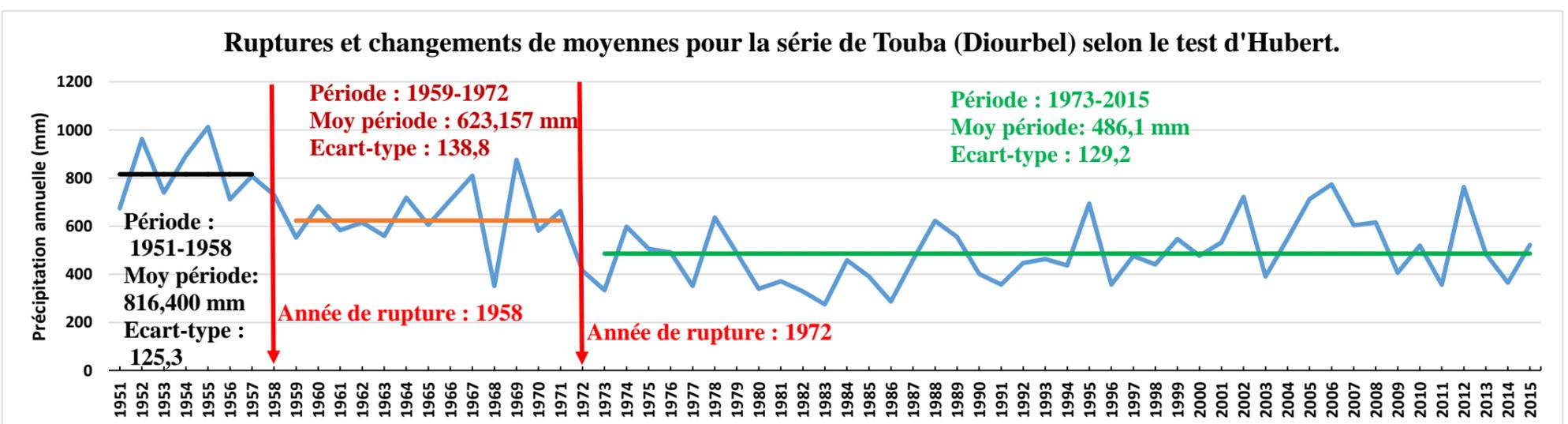
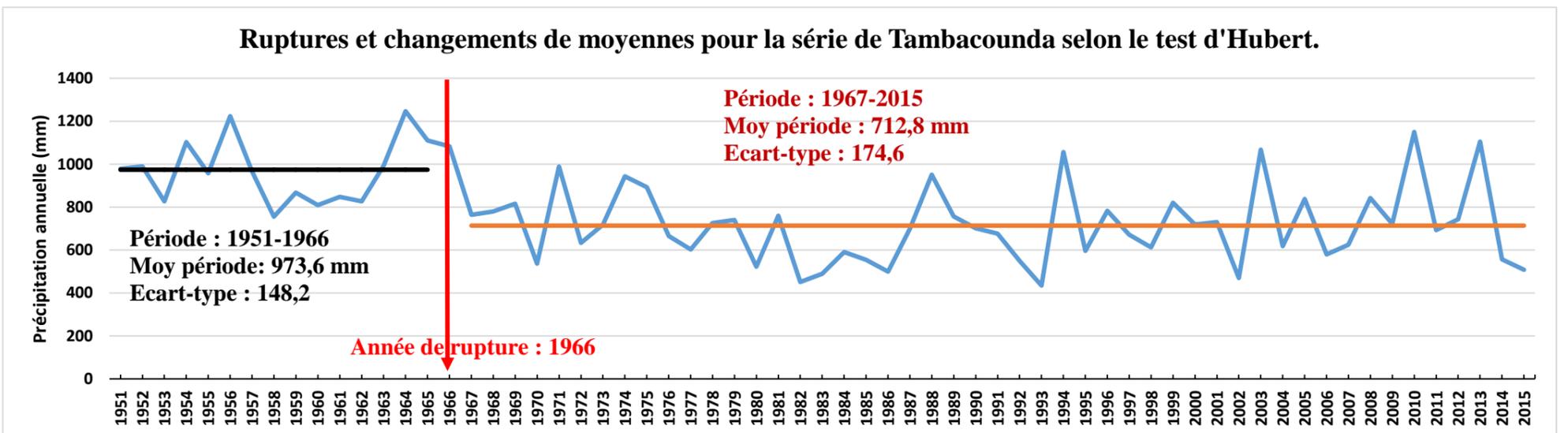
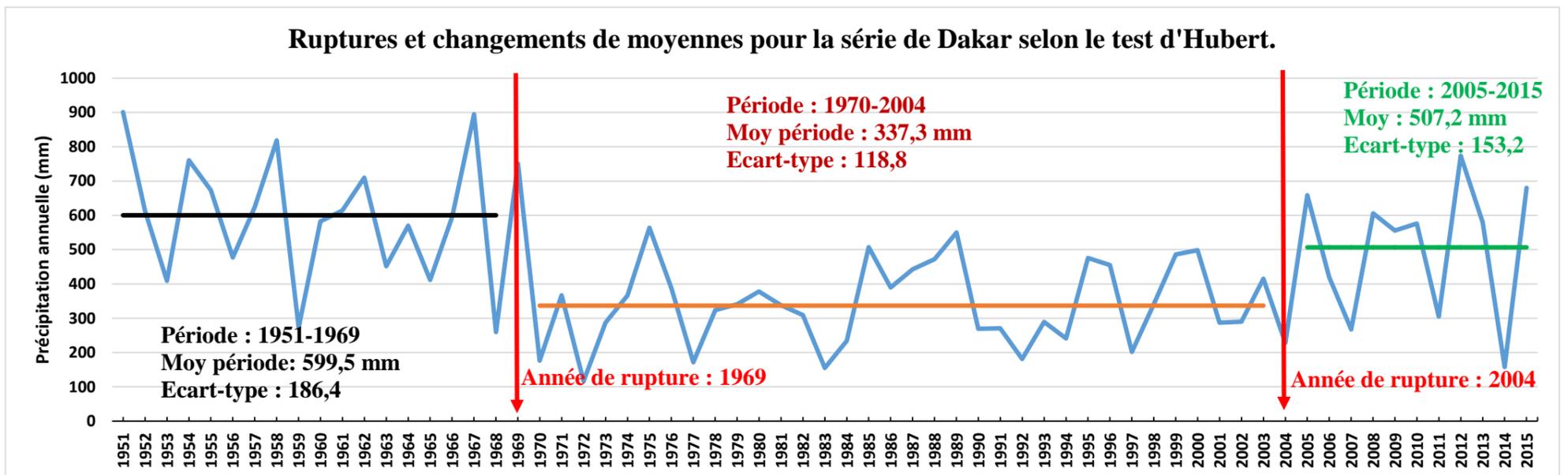
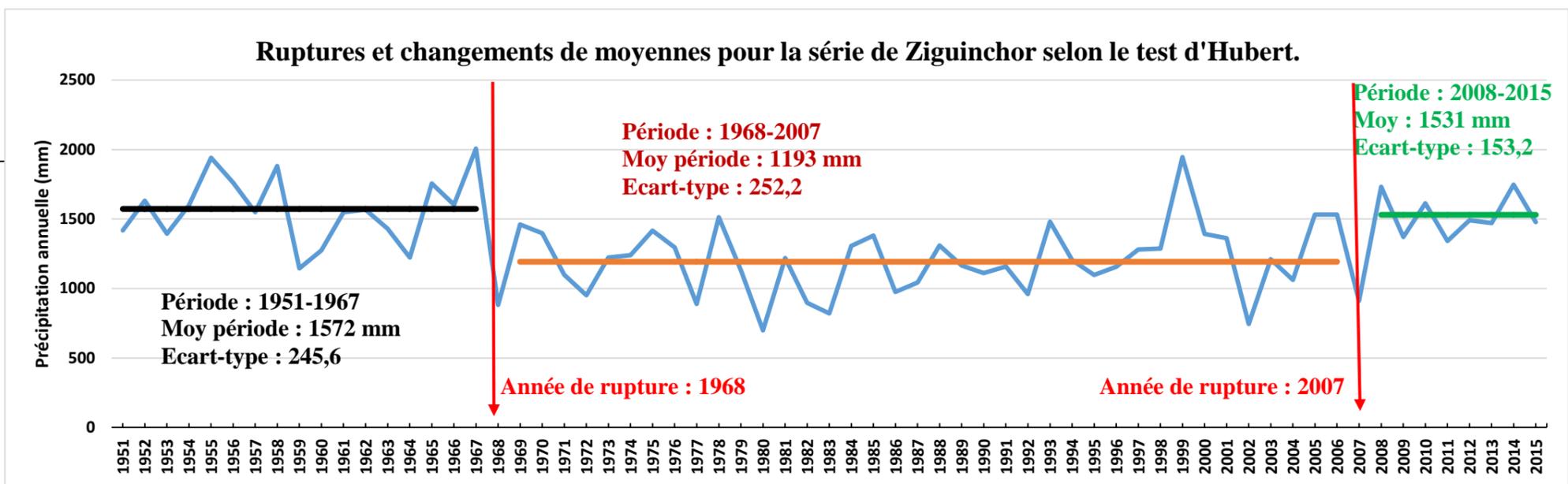


Figure 45 : Ruptures et changements de moyennes pour les séries des villes d'étude selon le test de Hubert

2.5 Hausse de la température urbaine : le défi climatique des villes sahélo-soudaniennes

Depuis le début de la période industrielle, les villes sont fortement touchées par l'élévation de la température moyenne à l'origine des îlots de chaleur observés pour toutes les villes quelle que soit la latitude. Il s'ajoute à la hausse constatée des températures, le changement climatique récent associé au réchauffement climatique dans les villes comme dans les campagnes. Nous allons, dans ce qui suit, étudier l'évolution de la température dans les villes d'étude de 1950 jusqu'au début des années 2000 afin d'affirmer ou infirmer ce constat. La hausse des températures des centres urbains au Sénégal suit un gradient de sévérité décroissante du nord vers le sud, en fonction des domaines bioclimatiques.

2.5.1 Etude de la variabilité spatio-temporelle des températures

Il s'agit, dans cette sous-partie, dans un premier temps, de suivre l'évolution des températures moyennes annuelles sur la période de 1950 à 2015 pour dégager les principales tendances et comparer les températures des villes d'étude. Dans les quatre cas, la hausse est nette sur la période considérée quoique ne s'effectuant pas sur le même rythme comme le montre la pente des droites de tendance. Dans un second temps, nous essayerons de déterminer l'influence de la végétation sur les températures en milieu urbain dans la 3^e partie de la thèse.

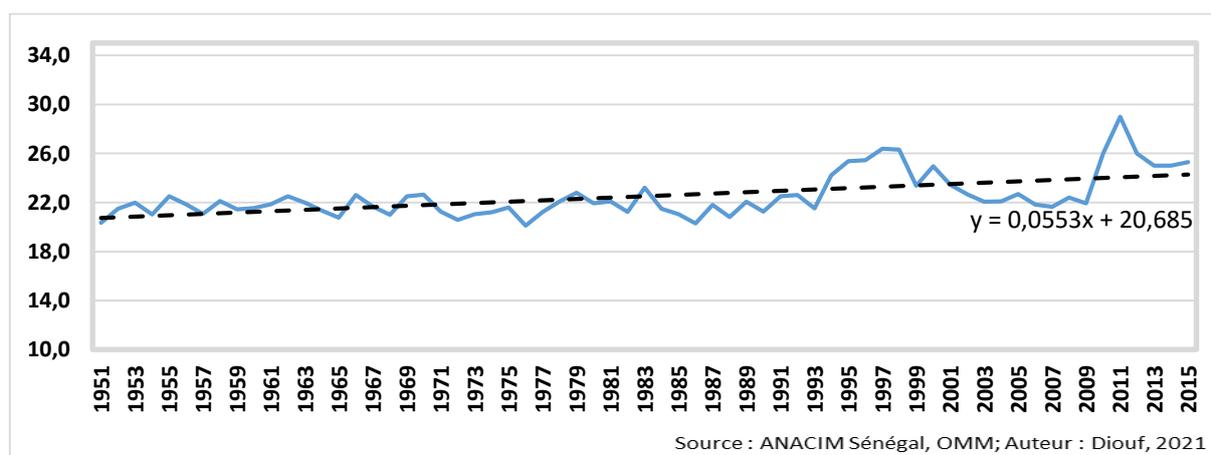


Figure 46 : Evolution des moyennes annuelles de températures de Dakar de 1951 à 2015

De 1951 à 2015, l'allure générale de la courbe dans la région de Dakar est donc, comme ailleurs, croissante et les températures annuelles sont logiquement en majorité supérieures à la moyenne générale de la période qui est de 22,5 °C. Depuis 1994, les moyennes annuelles atteignent parfois 26,4 °C (exemple de l'année 1997) voire 29 °C pour l'année 2011. Nous notons aussi une augmentation d'environ 3°C de la température moyenne annuelle entre 1953 (22°C) et 2000 (25°C) (Fig. : 46).

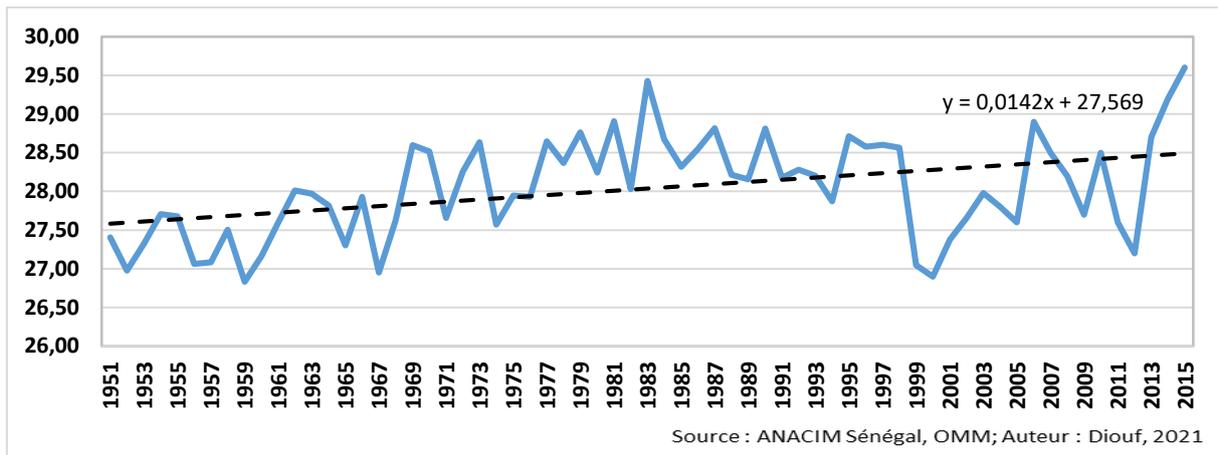


Figure 47 : Evolution des moyennes annuelles de températures de Diourbel de 1951 à 2015

La tendance générale est également croissante à Diourbel, station représentative pour Touba avec des températures qui sont particulièrement élevées, nettement supérieures par exemple à celles enregistrées à Ziguinchor (voir ci-dessous). De 1951 jusqu'en 1968, les moyennes annuelles de températures sont en dessous de la moyenne générale (28°C) et à partir de 1969, celles-ci sont supérieures à la moyenne générale jusqu'à atteindre 30°C en 1983, 2014 et 2015 (Fig. : 47).

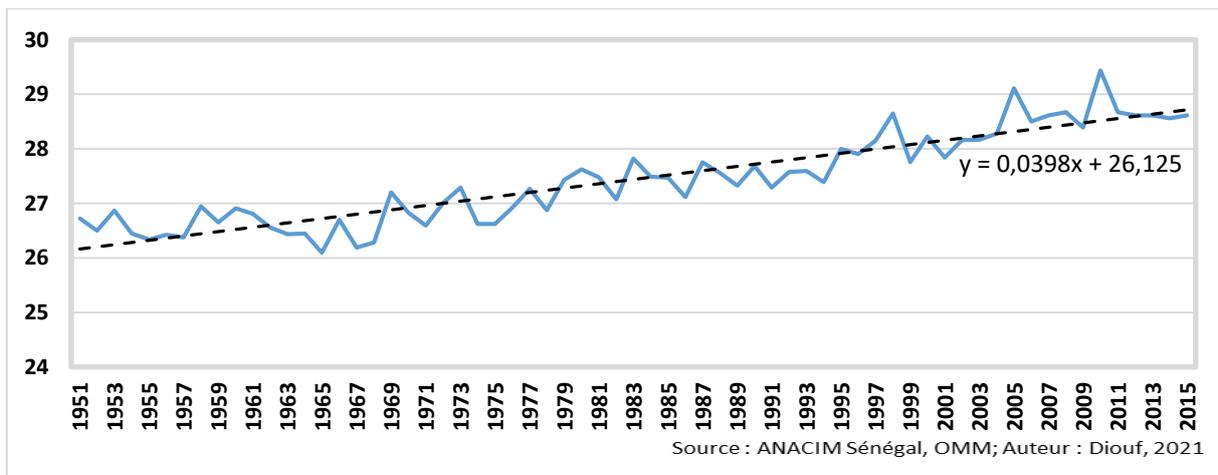


Figure 48 : Evolution des moyennes annuelles de températures de Ziguinchor entre 1951 et 2015

Avec des moyennes annuelles de températures légèrement supérieures à celles de la région de Dakar, la ville de Ziguinchor connaît également une tendance croissante des moyennes annuelles de températures sur la période 1951-2002, mais le rythme de celle-ci est nettement plus fort que pour Touba et même que pour Dakar puisque l'équation de la droite de tendance atteint ici $y=0,039x$, contre $y=0,055x$ à Dakar et $y=0,014x$ à Diourbel (Fig. : 48).

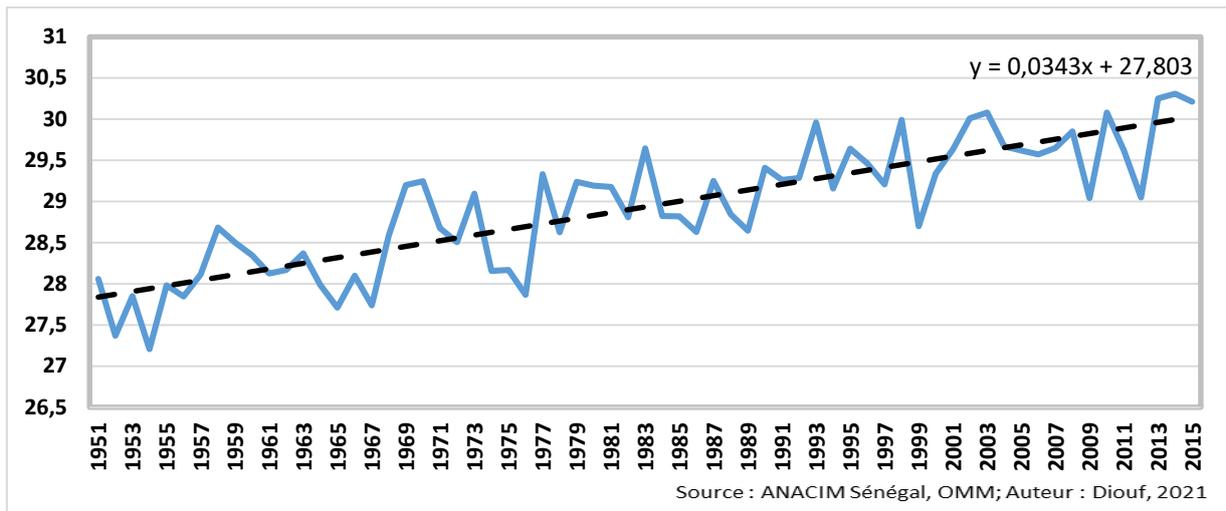


Figure 49 : Evolution des moyennes annuelles de températures de Tambacounda entre 1951 et 2015

La pente de la droite de tendance est encore plus forte à Tambacounda avec $y=0,034x$. Tambacounda se rapproche par ses températures particulièrement chaudes de celles de Diourbel, notamment à partir de 1968, où les moyennes annuelles sont supérieures à la moyenne générale après 1968 (28,5 °C). Notons également qu'il existe une forte variabilité interannuelle dans toutes les stations étudiées, ici, elle peut atteindre 2 à 3°C sur les moyennes de deux années proches (Fig. : 49).

À l'issue de cette étude climatique, trois dates de prises de vue d'images multispectrales ont été retenues pour les besoins de la cartographie par télédétection de l'occupation du sol et de ses changements. Elle a également permis de voir que les années de rupture climatique sont différentes selon les tests d'homogénéité et en fonction des villes. Il a donc fallu harmoniser l'ensemble des années de rupture détectées pour en ressortir trois dates clés en tenant compte des épisodes de sécheresse qui ont frappé le Sahel, et le Sénégal en particulier et de la localisation des villes dans les domaines climatiques allant du sahélien au soudanien. Il s'agit d'abord de l'année 1973 qui marque la sortie de la phase humide (des années 1950 au tout début des années 1970) et l'entrée dans une phase sèche qui dure jusque dans les années 1990, année intermédiaire, où l'on commence à sortir progressivement de cette phase sèche et enfin le début des années 2000 caractérisé par une relative reprise et une variabilité interannuelle des précipitations. Les années 1973, 1990 et 2017 (début de la thèse), correspondant à des moments forts de la trajectoire climatique des sites, seront les repères temporels utilisés pour télécharger les images multispectrales devant servir à cartographier l'état du couvert végétal et ses évolutions dans chaque site.

L'un des principaux objectifs de cette première partie était de dresser une liste des formes de végétation présentes dans l'agglomération dakaroise et dans les villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda, celles-ci possèdent des types de paysages végétaux assez semblables à ce que l'on peut retrouver dans les autres villes d'Afrique de l'Ouest et en particulier du Sénégal.

Pour rappel, les principales formes de végétation observées sont la végétation domestique (arbres isolés ou groupés de cour et les plantations de devanture) et les plantations d'alignement issues de projets collectifs réservées aux grandes artères des quartiers centraux – suivent :

- les jardins publics avec aménagement végétal, il en existe plusieurs dans l'agglomération dakaroise et un dans les villes de Ziguinchor et de Tambacounda ;
- le parc urbain, le seul du Sénégal se trouve dans l'agglomération dakaroise, il s'agit du parc Hann ;
- l'agriculture urbaine et périurbaine très fortement menacée par l'urbanisation croissante...

Ces formes de végétation sont principalement façonnées, entre autres, par le caractère parfois spontané de l'urbanisation marquée par l'extension et la densification du bâti et des politiques d'aménagement urbain limitées. Cette partie a également permis de constater la forte extension spatiale qui prend des proportions différentes en fonction des villes d'étude de 1990/92 à 2017, considérable à Dakar et à Touba, moins importante à Ziguinchor que dans les premières et modérée à Tambacounda. Cette extension spatiale a cependant engendré partout une réorganisation de l'occupation de l'espace urbain et périurbain dans laquelle la place de la végétation ne cesse d'évoluer depuis 1973.

Dans la partie suivante (2), la cartographie par télédétection nous permettra de mettre en évidence et de spatialiser ces différentes évolutions de la végétation en milieu urbain et périurbain. Ainsi, les aspects méthodologiques de prétraitements et de traitements des scènes multispectrales (chapitre 4) et le processus technique (chapitre 5) qui a permis de produire les cartes de l'occupation du sol et celles des changements seront détaillés. Ensuite toutes les cartes produites seront interprétées, analysées et commentées en essayant de mettre en lumière les causes et les conséquences des changements intervenus sur le couvert végétal urbain.

Deuxième partie : Analyse d'images multispectrales à haute résolution pour la détection des changements intervenus sur les paysages végétaux urbains sénégalais au regard des évolutions socio-environnementales

SOMMAIRE DEUXIEME PARTIE :

Chapitre 4 : Télédétection de l'occupation du sol et de ses changements dans les espaces urbains sénégalais à partir d'images multispectrales : aspects méthodologiques

Chapitre 5 : Télédétection de l'occupation du sol et de ses changements : traitement des images multispectrales et analyse des résultats cartographiques pour l'agglomération dakaroise (1973, 1990 et 2017)

Chapitre 6 : Télédétection de l'occupation du sol et de ses changements dans trois centres régionaux sénégalais de 1973 à 2017 : Touba, Ziguinchor et Tambacounda

L'objectif principal de cette deuxième partie est de faire une analyse diachronique et un l'état des lieux de la dynamique du paysage végétal dans les villes sénégalaises prises en exemple face à la forte extension des surfaces couvertes par l'espace urbain, aux variations climatiques, et à l'augmentation de la population urbaine qui peut exercer de plus forts prélèvements sur la ressource végétale. La cartographie des changements de l'occupation du sol sera donc un des principaux apports originaux de cette recherche. Elle doit nous permettre de spatialiser et de quantifier les changements survenus dans l'occupation du sol en général, et en particulier sur les espaces en végétation dans l'agglomération dakaroise et dans les aires urbaines de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda. L'intervalle de temps choisi, pour les raisons qui ont été exposées dans le chapitre 3 se situe entre 1973 et 2017.

Pour atteindre cet objectif, la méthode de détection à distance de l'occupation du sol et de ses changements, la télédétection, sera employée. L'analyse d'images multispectrales Landsat permettra l'identification de l'ensemble des entités paysagères de la couverture du sol, ce à plusieurs dates. Cette cartographie multi-dates de la couverture du sol des sites d'étude permettra de dresser un bilan objectif des changements, de leurs causes et de leurs conséquences socio-environnementales.

Chapitre 4 : Télédétection de l'occupation du sol et de ses changements dans les espaces urbains sénégalais à partir d'images multispectrales : aspects méthodologiques

La réalisation de cartes de l'occupation du sol – « couverture » du sol d'après la traduction littérale de l'anglais *landcover* - et de ses changements repose sur deux principales méthodes de classification (1) d'images de haute résolution. L'analyse de ces images multispectrales dans le cadre de cette thèse permettra de suivre plus particulièrement l'évolution des paysages végétaux au sein des villes d'étude, et en général la dynamique de tous les paysages composant l'occupation du sol. Comme cela a été vu dans le chapitre 3, les dates qui jalonnent cette analyse ont été choisies en fonction des évolutions de la pluviosité, variable clé des changements climatiques dans la bande sahélo-soudanienne. Toutefois, on s'attend, dans l'interprétation, à ce que les facteurs humains (démographiques, sociaux, économiques) jouent un rôle essentiel en lien avec la croissance urbaine très forte et en interaction avec les changements environnementaux.

Outre le choix de la période d'étude, pour cartographier et quantifier les évolutions spatio-temporelles, la sélection des prises de vue doit respecter certaines conditions et être basée sur un certain nombre de critères de façon à ce que les résultats soient comparables d'une date à une autre (2). La particularité de l'environnement urbain (3) demande plusieurs étapes de prétraitements et de traitements des images Landsat utilisées pour cartographier les unités paysagères de l'occupation du sol, cartographie qui sera affinée grâce à l'appui complémentaire des images de très haute résolution du type de celles que l'on trouve en libre accès sur *Google Earth* (4) à des moments précis et les changements intervenus au sein de celles-ci (5) durant une période donnée, ici du début des années 1970 à nos jours.

1. Processus de cartographie de l'occupation du sol et choix d'un type de classification

Je commencerai par détailler les objectifs recherchés à travers l'analyse d'images Landsat (1.1), avant de passer à la présentation des méthodes de classification supervisées (1.2.1) et non supervisées (1.2.2) et à leurs mérites respectifs. La question de la résolution des images déjà évoquée dans le chapitre 3, méthodologique et sur laquelle je reviendrai ci-dessous, doit ici être rappelée ; le choix des images Landsat dont la résolution est moyenne à relativement haute peut être discutée pour mettre en évidence les détails de la végétation dans l'espace urbain. Ce choix a été fait en raison de la capacité de ces images à saisir l'hétérogénéité des formes de végétation dans les villes sénégalaises (cf. chapitre 1) qu'il s'agisse de tâches de végétation ou d'une végétation disséminée mais suffisamment dense.

1.1 Les objectifs de l'analyse d'images multispectrales Landsat

L'objectif général est de dresser des cartes de l'occupation du sol permettant de mesurer les changements intervenus et de reconstituer la trajectoire des paysages urbains des villes d'étude depuis l'état passé (1973 après la période humide ; 1990 après la période beaucoup plus sèche) et jusqu'à l'actuel qui suit une période de reprise relative des précipitations (2017).

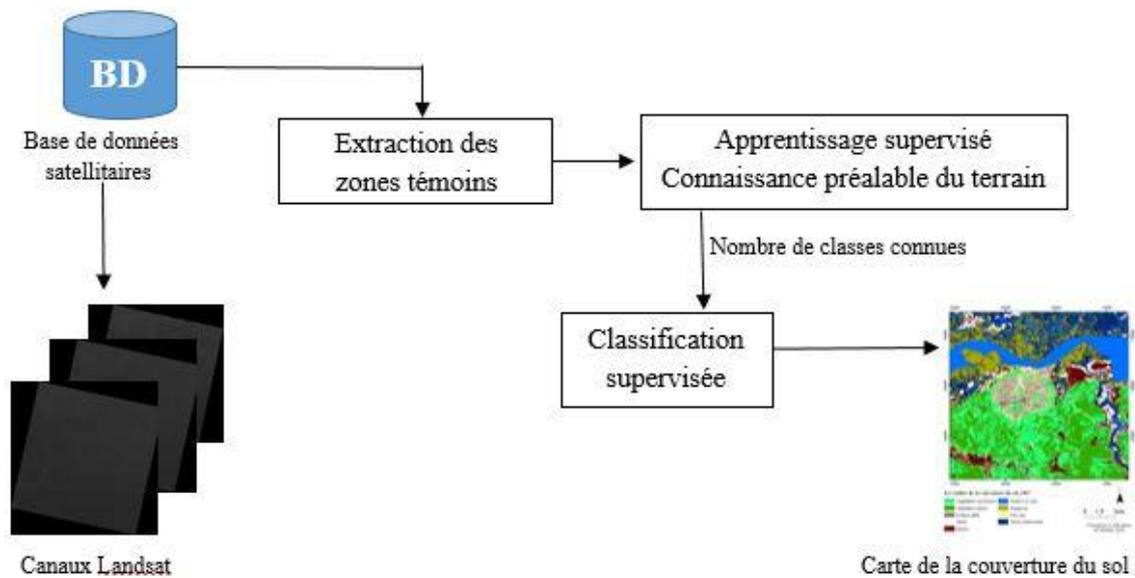
Outre cet objectif général, des objectifs plus spécifiques sont visés, il s'agit, d'une part, d'identifier les principaux espaces végétalisés en ville. Cependant, l'exercice est rendu très difficile par la diversité des formes de végétation en milieu urbain et de leur emplacement dans le tissu urbain (cf. chapitre 1), correspondant souvent à une grande dissémination ponctuelle des végétaux. La résolution spatiale et spectrale des images Landsat ne nous permet pas de distinguer dans le détail des individus et des types de végétaux (ligneux ou herbacées, espèce spontanée ou domestique), mais permet d'avoir une idée de leur densité. Dès lors, il devient possible d'identifier les principales formes de végétation en confrontant l'analyse de l'occupation du sol avec d'autres cartes d'utilisation du sol éditée à la même date par d'autres auteurs et après vérification et validation par le terrain. Cette dernière étape peut s'effectuer pendant le travail d'enquête ou de collecte des données floristiques sur le terrain ou en ayant recours aux sites étudiés *via* des logiciels de visualisation de la terre à distance comme *Google Earth* qui compile de nombreuses images de haute résolution fournies par des satellites variés.

D'autre part, la cartographie rétrospective de l'occupation du sol à différentes dates répondra à l'une des préoccupations majeures de cette thèse qui est de spatialiser et de quantifier les espaces où la végétation est stable, là où elle régresse et là où elle progresse dans les villes d'étude. Ces objectifs seront atteints à travers une série de traitements et d'analyses des images MSS, TM et ETM+ des satellites Landsat.

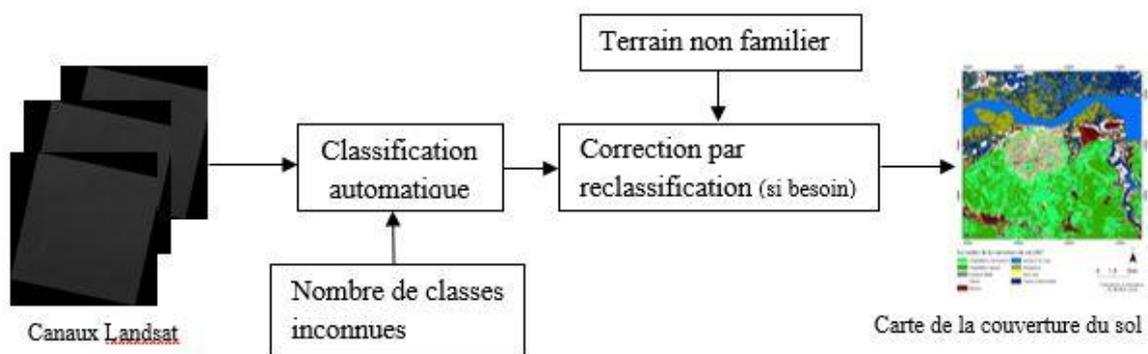
1.2 Dirigée ou non dirigée ? Choix de la méthode de classification

La classification sur une image de télédétection est un traitement qui vise à partitionner tout ou partie des pixels⁶² en un nombre réduit de classes les plus homogènes possibles, suffisamment séparées les unes des autres dans l'espace des canaux ou, après itération, des nouveaux canaux (Aubry & Egretaud, 1994). La détection de changement quant à elle est un processus identifiant des différences dans l'état d'un objet et d'une surface en l'observant en des temps différents (Abuelgasim *et al.*, 1999) et cela à l'issue de plusieurs opérations de classifications et de reclassifications. La production de cartes d'occupation des sols et des changements dans l'occupation des sols à partir d'images satellitaires est étroitement dépendante des méthodes de classification (Pellitier, 2017). Ces méthodes et techniques de détection et de classification automatique (algorithmes mathématiques) ont été développées depuis des décennies (Mas, 2000 ; Walter, 2004, Desclée *et al.*, 2006), mais le choix principal est à faire entre deux catégories de classification : la classification supervisée et la classification non supervisée (Fig. : 50).

⁶² Le pixel (*picture element*) est le plus petit élément d'une image. Il est normalement carré et représente une partie de l'image (www.rncan.gc.ca, 2015).



Procédure de classification supervisée (A)



Procédure de classification non supervisée (B)

Figure 50 : Comparaison des procédures de classification supervisée et non supervisée

1.2.1 La classification supervisée ou dirigée

La méthode dite de classification dirigée (Fig. : 50 (A)) implique l'utilisation de zones témoins fondées sur la localisation précise d'un grand nombre de « réalités-terrain » (Masoud & Koike, 2006 ; Nagendra *et al.*, 2006). Pour ce faire, il faut classer l'ensemble de l'image par comparaison de tous les pixels de l'image à ceux des zones témoins dont ils se rapprochent le plus sur le plan radiométrique (Pahari et Murai, 1999 ; Moreau, 2004 ; Latifovic *et al.*, 2004 ; Fraser *et al.*, 2005 ; Siddiqui *et al.*, 2005 ; Chowdhury, 2006 ; Andrieu, 2008). Cela nécessite des connaissances précises sur la zone étudiée et une familiarité avec le terrain ainsi que la connaissance préalable des catégories à cartographier (typologie des surfaces présentes sur l'image) (Fall, 2014).

La transformation accélérée des paysages urbains, l'étendue des sites d'étude et une base de données de terrain insuffisante ou partielle, l'avancée du travail de terrain s'étant déroulée simultanément avec l'étude de terrain, ont poussé vers un autre choix que celui de la classification supervisée pour cartographier l'occupation du sol.

1.2.2 La classification non supervisée ou non dirigée

La classification non dirigée ne s'appuie ni sur un échantillonnage d'apprentissage (zones témoins), ni sur une base préexistante de données de terrain (Fig. : 50 (B)). Cette méthode est fondée sur une « division en classes à partir des paramètres statistiques plutôt que sur un échantillon d'entraînement, des espaces qui couvrent habituellement de grandes étendues géographiques. » (Alfoldi, 1996), ce d'autant plus que « la représentativité de l'échantillon peut, s'avérer douteuse » (Fall, 2014). Cette méthode convient donc lorsqu'on a peu de connaissances préalables sur le terrain puisque les classes ne sont pas établies en aval. Ceci est bien justifié ici car le travail de télédétection a été effectué en grande partie avant les visites de terrain. De surcroit, ces dernières n'ont pas permis de parcourir l'intégralité des villes d'étude.

Nous avons opté pour la détection par classification non dirigée en indiquant à l'occasion de la première classification, exploratoire d'un terrain encore mal connu, un grand nombre de classes, de manière à ne manquer aucun contraste sur les sites d'étude. Le processus de classification automatique fondé sur des algorithmes mathématiques regroupe les pixels pour définir des classes disposant de caractéristiques spectrales semblables de sorte à obtenir la typologie désirée (Thampany *et al.*, 2006 ; Ackermann *et al.*, 2007 ; Andrieu, 2008 ; Fall, 2014). Les *clusterings* ou approches non dirigées, *K-Means*, *Self-Organizing Map (SOM)* ou *Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique (ISODATA)*, cherchent à regrouper les pixels identiques dans la même classe (Pelletier, 2017).

Cette méthode de classification est bien adaptée en raison de sa souplesse car elle permet d'ajuster pas à pas les résultats de la classification à la nomenclature thématique prédéfinie (Andrieu & Mering, 2008). Elle peut s'avérer particulièrement utile pour identifier certaines entités de faible contraste spectral, de faible superficie ou de petite taille parfois isolées à l'intérieur d'un type d'occupation du sol ne correspondant pas à sa classe d'affectation. La question se pose ici notamment à propos de la végétation ligneuse disséminée avec une densité plus ou moins forte au sein des espaces bâtis. La méthode permet alors de reclasser un pixel mal affecté, de regrouper ou de séparer des pixels qui ont des valeurs radiométriques proches ou divergentes.

Même si on choisit en amont un grand nombre de classes, il faut être vigilant car les pixels relatifs à des états de surface différents, mais présentant une certaine similarité du point de vue physique risquent d'être affectés à la même classe. Pour obtenir des résultats cartographiques fiables et conformes à la réalité, nous procéderons autant que cela est

nécessaire à des classifications emboîtées successives, des vérifications et des corrections afin d'affiner la définition de chaque classe.

La classification emboîtée consiste à réaliser une nouvelle classification des pixels au sein de chaque classe obtenue à l'étape de classification précédente, ce qui permet de vérifier et de corriger les résultats de la classification non supervisée précédente et des regroupements réalisés (Andrieu, 2008). À la fin de chaque étape de classification, les courbes radiométriques des classes sont analysées, de façon à les interpréter en termes d'unité de l'occupation du sol. L'intérêt de ces classifications est également de mettre en évidence la présence ou l'absence d'un groupe de pixels ne correspondant pas au type d'occupation du sol que l'on a attribué à la classe à l'étape précédente. Si une classe est bien définie, la classification emboîtée présente des sous-classes typiques du type de couverture du sol. Si la classe est moins bien définie, certaines sous-classes présenteront des courbes radiométriques proches voire typiques d'autres types de couverture du sol (Andrieu, 2008).

2. Choix des données satellitaires pour la cartographie de l'occupation du sol et de ses changements

Le choix des images à haute résolution peut s'avérer délicat, surtout, quand l'objet à cartographier repose, pour partie, sur la reconnaissance de catégories où le mélange en quantité plus ou moins forte entre plusieurs états de l'occupation du sol, comme entre le bâti et la végétation disséminée.

2.1 Les critères de choix des images satellitaires exploitées

Pour répondre à cette difficulté, les images multispectrales retenues pour la confection des cartes l'ont été selon les critères suivants : une couverture spatiale suffisante (2.1.1), une bonne résolution spatiale (2.1.2), une bonne résolution spectrale (2.1.3), durant des années placées aux moments de rupture identifiés dans l'analyse climatique (cf. chapitre 3) dont on verra qu'elles coïncident avec les temporalités démographiques (2.1.4), pendant la saison sèche, où les contrastes sont amplifiés (2.1.5) et en tenant compte de l'histoire politique de chaque ville (2.1.6).

2.1.1 Couverture spatiale

L'espace couvert par la scène doit être suffisamment grand pour couvrir l'intégralité de la zone d'étude ; si ce n'est pas le cas, une mosaïque composée de plusieurs scènes peut être créée, mais cela reste une opération délicate. Heureusement, pour cette thèse, même pour l'agglomération de Dakar, nous n'avons pas eu besoin d'assembler des scènes pour couvrir une ville d'étude. En effet, la taille d'une seule scène Landsat mesurant 170km x 185km, permet de couvrir à la fois l'agglomération dakaroise et celle de Touba. Deux scènes prises séparément ont largement suffi pour couvrir la ville de Tambacounda et celle de

Ziguinchor. La réduction du nombre de scènes à traiter permet d'augmenter l'homogénéité des résultats cartographiques (Andrieu & Mering, 2008). Il est en effet difficile de se procurer des images de même date, ce qui peut provoquer des différences dans le développement de la végétation (Andrieu, 2008).

2.1.2 Résolution spatiale

De la même façon, « l'idéal est de travailler avec des scènes ayant de bonnes et mêmes résolutions spatiales » (Girard *et al.*, 1999), car, en fonction de la taille et la densité des types de paysagers à analyser, la résolution spatiale des capteurs est le facteur primordial à considérer (Fig. : 51). Lorsqu'il s'agit de classifier et de distinguer les différents éléments de l'occupation des sols (Friedman & Angelici, 1979 ; Jensen & Toll, 1982 ; Beaudoin *et al.*, 1986), elle devrait être inférieure ou égale à 10 m pour effectuer ce type d'analyse avec succès et finesse sur des objets de petite taille selon Everett et Simonett (1976). La résolution spatiale des images Landsat - 30 m pour les capteurs TM et ETM+ et 60 m pour le capteur MSS - semble, donc, à première vue peu appropriée pour une analyse fine et dans le détail de la végétation urbaine. Il est difficile, par exemple, d'identifier l'organisation et la forme des bâtiments ou certains types de végétation (arbres isolés ou disséminés, par exemple) (Fig. : 51). Ceci a poussé Ballut et Nguyen (1984) à considérer le milieu urbain comme un environnement particulier pour la télédétection spatiale où les objets sont très hétérogènes, voire hétéroclites, de petite dimension et que majoritairement il n'y a pas de relation directe entre l'aspect physique de l'objet et sa fonction urbaine. En revanche, Charbonneau *et al.* (1986) soutiennent que la finesse relative de la résolution spatiale des images TM et plus tard des images ETM+ permettent malgré tout de distinguer sinon des fonctions urbaines du moins des types paysagers au sein desquels les formes de végétation décrites dans le chapitre 1 et leur arrangement. Les résultats très exploitables de mes propres traitements l'ont confirmé.

Dans cette thèse, les images Landsat ont en effet permis d'identifier et de dégager les grandes lignes de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise et des autres villes (Touba, Ziguinchor et Tambacounda). En effet, la concordance entre les classes thématiques de l'occupation du sol, ainsi que les interprétations que l'on peut faire en termes d'utilisation des sols après plusieurs étapes de vérification sur les images *Google Earth* et sur le terrain est satisfaisante, du moins si l'on en reste aux catégories simples et générales : espaces où la végétation domine où est exclusive, surfaces où le bâti est dominant et la végétation très disséminée, sols nus, surfaces en eau, etc. (Fig. : 51). Lorsque nous cherchons plus de détails, la concordance et le degré de précision sont plus faibles et moins satisfaisants, mais les études de terrain menées dans quelques lieux ou quartiers dans les agglomérations étudiées permettront d'être beaucoup plus précis (troisième partie).

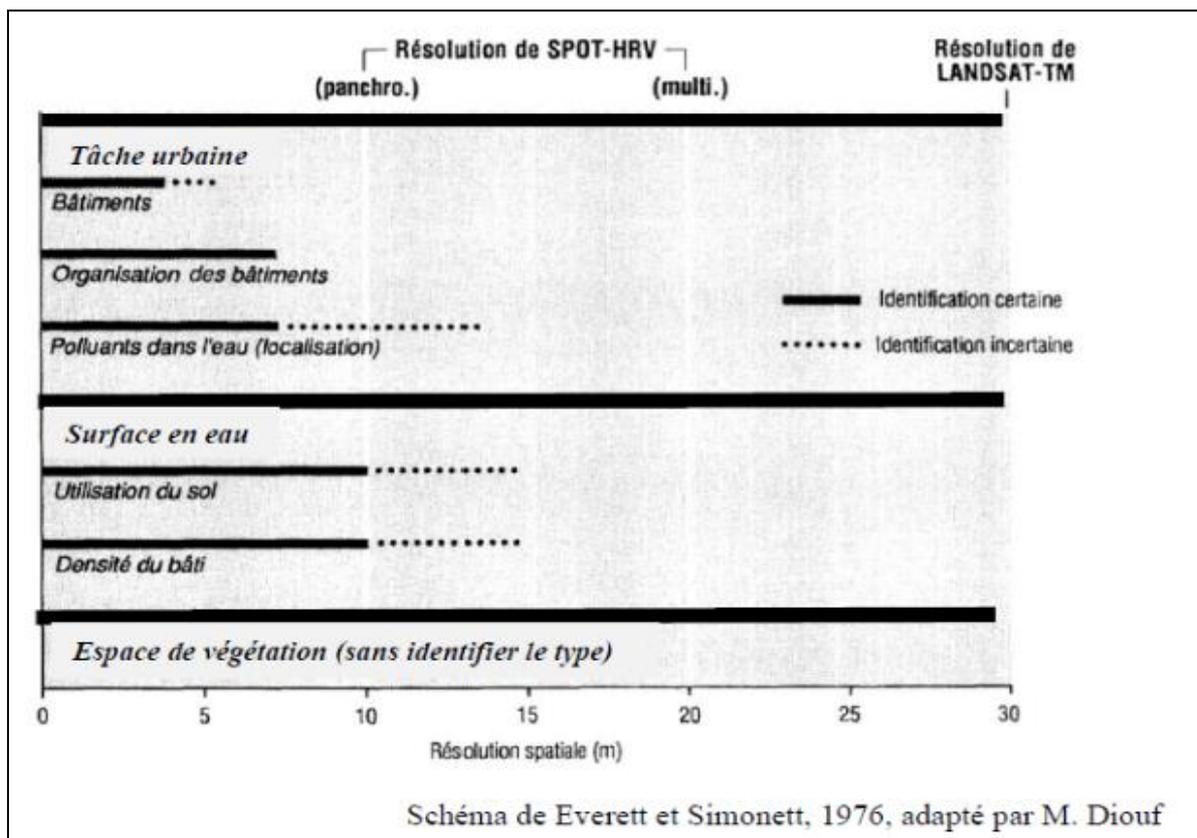


Figure 51 : Résolution spatiale suggérée selon différentes catégories d'objets à reconnaître sur les images (Everett et Simonett, 1976)

Il faut cependant revenir sur le fait que la première génération d'images Landsat, MSS, n'est pas très adaptée pour cartographier un environnement aussi hétérogène comme la ville qui contient des objets de petite dimension (Desjardins & Cavayas, 1991), les images du capteur MSS ayant une résolution spatiale plus faible que celles des capteurs TM et ETM+ plus récents. Malgré leur faible résolution, nous nous trouvons dans l'obligation de les utiliser puisqu'il s'agissait des seules images disponibles et gratuites pendant les années 1970. C'est un autre argument pour ne pas appliquer une typologie trop complexe inadaptée pour les scènes MSS (Andrieu, 2008).

2.1.3 La résolution spectrale

Elle décrit la capacité d'un capteur à utiliser des fenêtres de longueur d'onde. Plus la résolution spectrale est fine, plus les fenêtres des différents canaux du capteur sont étroites, et plus la détection et la différenciation des éléments du tissu urbain sont précises (Eurostat, 2000). De ce point de vue, on notera que les images Landsat ont une meilleure résolution spectrale que les images Spot parce que dans les scènes Spot, les canaux tels que les TM1⁶³ dans le visible (bleu) et TM7 dans l'infrarouge moyen y sont absents. Ces canaux peuvent se révéler d'une grande importance pour la distinction de certains types d'états de surfaces.

⁶³ Landsat TM : *Thematic Mapper*

Exemple, la bande 1 permet de cartographier les eaux côtières et de différencier le sol nu de la végétation (Tableau 10). L'objectif de l'utilisation des images Landsat dans cette étude est de permettre d'identifier la végétation des espaces urbains étudiés. Le Tableau ci-dessous montre l'apport de chaque bande pour réaliser cette identification, par ailleurs, ces images Landsat permettent également après plusieurs étapes de traitements de cartographier avec succès les surfaces urbanisées.

Tableau 10 : Spectrale électromagnétique

Bande	Longueur d'onde (µm)	Rayonnement Electromagnétique	Intérêts et applications
1	0.45 - 0.52	Visible (Bleu)	Cartographie des eaux côtières, différenciation du sol et de la végétation
2	0.52 - 0.60	Visible (Vert)	Estimation de la vigueur de la végétation
3	0.63 - 0.69	Visible (Rouge)	Zone d'absorption de la chlorophylle donnant l'état de différenciation de la végétation
4	0.76 - 0.90	Infrarouge proche	Surveillance de la Biomasse et délimitation de zones immergés
5	1.55 - 1.75	Infrarouge moyen	Mesures de l'humidité du sol et de la végétation; différenciation entre la neige et les nuages
6	10.40- 12.50	Infrarouge Thermique	Cartographie thermique, études de l'humidité du sol et mesures des contraintes engendrés par la chaleur sur les plantes
7	2.08 - 2.35	Infrarouge moyen	Cartographie hydrothermale
8	0.52 - 0.90 (panchromatique)	Visible (Vert et Rouge), Infrarouge proche	Cartographie de larges zones, évolution de l'urbanisation

Source : Gadal, 2008, cours université Paris 1

2.1.4 Les années de prises de vue des images

Le Sénégal a connu des cycles climatiques d'années sèches et d'années humides (chapitre 3) et le choix des images est calé sur des années représentatives de l'histoire climatique du pays (Sircoulon, 1976 ; Dacosta *et al.*, 2002 ; Liéno, 2007 ; Bodian, 2011). Ces années marquent également des moments de forte croissance démographique des centres urbains alimentée par les crises climatiques successives dont les plus importantes ont été celles de 1973 et 1984. Ces crises climatiques ont accéléré l'exode rural vers les villes.

Ainsi, pour les années de prises de vue, nous avons sélectionné des ensembles d'images à trois dates différentes. La plus ancienne prise de vue a été effectuée en 1973 grâce aux capteurs MSS, malgré l'imperfection de l'outil signalée plus haut. Cette année-là, la sécheresse très sévère succédait à plusieurs décennies de pluviosité plus abondante et les villes, Dakar mise à part, n'étaient pas encore en croissance démographique (et extension spatiale) puisque seuls 32,2 % de la population totale sénégalaise vivaient à l'époque en milieu urbain (ANSD, 1976). Cette période marquera le début d'un déplacement massif des populations rurales vers les principaux centres urbains. Il est cependant à noter que l'exode

rural se produisait déjà avant la période de sécheresse des années 1970 aux années 1990, celle-ci n'a fait que l'accélérer.

La date intermédiaire est prise au début des années 1990 qui marque en quelque sorte la sortie de la série des sécheresses les plus sévères, avec une reprise modeste et avec une forte irrégularité interannuelle. Cela correspond aussi au moment où, du point de vue démographique, la presqu'île du Cap Vert commence à être saturée et l'agglomération dakaroise déborde au-delà de celle-ci, tandis que les centres régionaux connaissent une croissance très forte. La croissance d'une ville comme Touba a été, on l'a vu dans les premiers chapitres, particulièrement spectaculaire. On peut aussi noter qu'elle marque également le début de la réglementation sur l'exploitation économique des ligneux par le code forestier, par exemple, la réglementation sur l'exploitation du charbon de bois et des produits forestiers avec un impact, souvent indirect, mais important sur la végétation en ville.

Pour la plus récente des prises de vue, la date choisie a été 2017, la plus récente au moment où je débutais ce travail de télédétection. Cette période est caractérisée par une croissance démographique et spatiale spectaculaire des villes sénégalaises avec un taux d'urbanisation qui avoisine les 46,7 % (ANSD, 2013⁶⁴). Cette forte urbanisation a engendré des changements d'occupation du sol que nous essayerons de détecter sur les scènes de 2017.

2.1.5 La saison de prises de vue des images

Avec un climat à saisons contrastées et à pluviosité très irrégulière, le climat sénégalais est organisé en deux saisons alternées, une saison sèche qui dure environ 10 mois dans la partie sahélienne et une saison humide qui peut ne pas excéder 2 mois dans le nord du pays. L'état de la végétation est sensible (Fig. : 52) aux conditions climatiques saisonnières d'où l'importance de la saison de prise de vue.

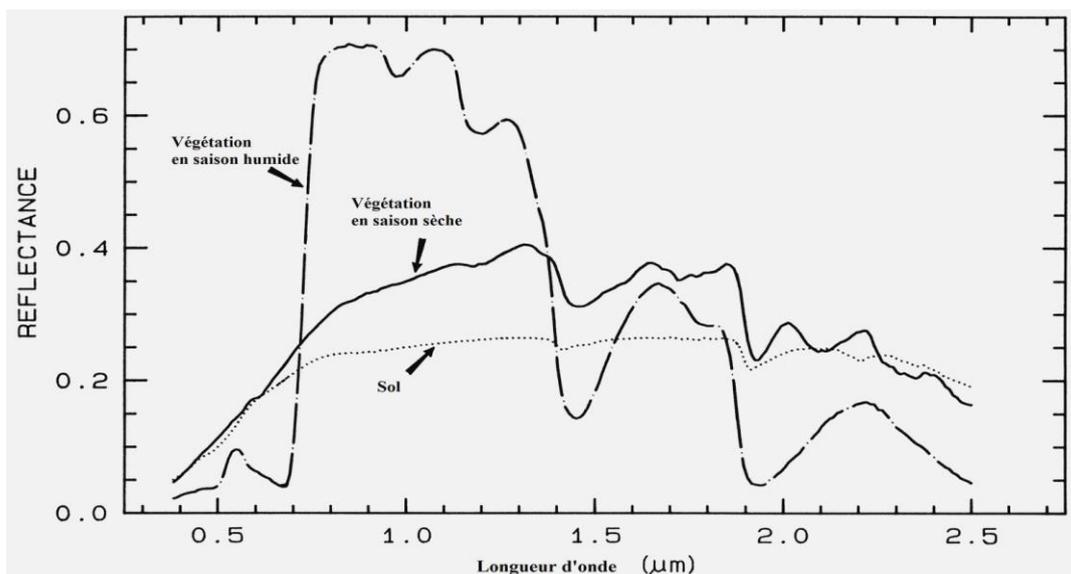


Figure 52 : Courbes de réflectance de la végétation et du sol. Source : Clark, in Rencz ed. 1999

⁶⁴ <http://www.ansd.sn/ressources/publications/indicateurs/Projections-demographiques-2013-2025.htm>

Toutes les prises de vue ont été sélectionnées durant la saison sèche, entre les mois de novembre et de mai. Les images prises pendant cette saison permettent de distinguer sans grande difficulté la végétation (arborée, arbustive et herbacée) permanente et les autres éléments de l'occupation du sol. L'avantage de cette saison est que la couverture nuageuse est moins présente dans le ciel, de même que les particules dans l'atmosphère, permettant ainsi l'acquisition d'images de bonne qualité. Nous avons évité de sélectionner des prises de vue pendant la saison pluvieuse parce que, d'une part, les nuages sont fortement présents sur les images ce qui engendrait une baisse de la qualité des images et des prétraitements supplémentaires. D'autre part, en saison humide, certains espaces sont couverts par des espèces annuelles et sont mal dissociés des espaces de végétation permanente. Il existe également une différence entre les mois de prises de vue, novembre et mai correspondent respectivement au début et à la fin de la saison sèche.

2.2 Les données satellitaires utilisées

Pour parvenir à cartographier l'évolution du couvert végétal au sein du tissu urbain des sites d'étude, nous avons donc utilisé des images multispectrales (tableaux ci-dessous) ayant une résolution spatiale de 60 m qui proviennent des capteurs *Multi Spectrale Scanner* (MSS) et d'autres images de 30 m de résolution spatiale provenant des capteurs *Thematic Mapper* (TM) et *Enhanced Thematic Mapper* (ETM+) du satellite Landsat de la NASA (National Aeronautics and Space Administration). Comme évoqué ci-dessus, les résolutions spatiales de 60 m et de 30 m sont largement adaptées pour montrer les changements étudiés.

Les canaux utilisés pour la cartographie de l'occupation du sol et de ses changements sont, pour le capteur MSS (Tableau 11), les bandes les bandes MSS4, MSS5, MSS6 et MSS7 et les bandes TM1, TM2, TM3, TM4, TM5 et TM7 pour les capteurs TM et ETM+ (Tableau 12) et nous avons utilisé (Landsat.gsfc.nasa.gov)⁶⁵ :

Tableau 11 : Fenêtres spectrales des capteurs Landsat MSS

Bandes spectrales	Domaine	Longueur d'onde (µm)
MSS4	Vert	525-605
MSS5	Rouge	630-690
MSS6	Proche Infrarouge	750-900
MSS7	Proche Infrarouge	750-900

⁶⁵ <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/>.

Tableau 12 : Fenêtres spectrales des capteurs Landsat TM et ETM+

Bandes spectrales	Domaine	Longueur d'onde (µm)
TM1	Bleu	450-515
TM2	Vert	525-605
TM3	Rouge	630-690
TM4	Proche Infrarouge	750-900
TM5	Moyen Infrarouge	900-1750
TM6	Infrarouge thermique	10,400-12,500
TM7	Moyen Infrarouge	2090-2350

En somme, nous avons mobilisé au total 12 scènes couvrant entièrement les quatre villes d'étude aux dates suivantes : 1973 (capteur MSS), 1990 et 1992 (capteur TM) et 2017 (capteur ETM+) :

- 4 scènes de 1973 ;
- 3 scènes de 1990 et 1 scène de 1992 ;
- 4 scènes de 2017

La première étape concrète de ce travail de télédétection a ensuite été consacrée à la collecte des images multispectrales (Tableau 13). Cette collecte des images de haute résolution est facilitée par le site USGS⁶⁶ (*United States Geology Survey*) qui fournit gratuitement des données aux chercheurs du monde entier à travers leurs portail et bases de données en ligne GLCF⁶⁷ (*Global Landcover Facility*) et Glovis (*Global Visualization Viewer*). Une importante palette de scènes est ainsi à la disposition des chercheurs.

Tableau 13 : Caractéristiques des images satellites utilisées pour cette étude

Satellite	Format	Sites d'étude	Capteur : MSS Résolution : 60 m	Capteur : TM Résolution : 30 m	Capteur : ETM+ Résolution : 30 m
Landsat 5 et 7	Geotiff	Dakar	mai 1973	novembre 1990	avril 2017
Landsat 5 et 7	Geotiff	Touba	février 1973	mai 1992	avril 2017
Landsat 5 et 7	Geotiff	Ziguinchor	février 1973	décembre 1990	mars 2017
Landsat 5 et 7	Geotiff	Tambacounda	janvier 1973	novembre 1990	avril 2017

⁶⁶ USGS : *United States Geological Survey*, site qui permet d'obtenir des images satellites dans le temps et dans l'espace (partout sur la terre).

⁶⁷ GLCF : *Global Land Cover Facility*, site qui permet d'avoir des images satellites.

3. Identification et nomenclature des centres urbains

3.1 Reconnaissance des centres urbains sur des images à haute résolution

Le niveau de détection ou la reconnaissance des espaces urbains sur des images multispectrales à haute résolution est variable selon le domaine bioclimatique où les villes sont localisées (désert, savane ou forêt ...). Dans cette étude, sont concernés les domaines bioclimatiques sahélien, sahélo-soudanien (l'agglomération dakaroise et de Touba), soudanien (Tambacounda) et sud soudanien (Ziguinchor) (cf. chapitre 3). Outre le domaine bioclimatique, le niveau de détection des surfaces bâties et de la végétation qui s'y trouve dépend également de la qualité et de la résolution spectrale des bandes et de l'environnement géographique urbain ou rural (e-cours de l'UVED – Université virtuelle de l'Environnement et du Développement Durable, ici cours provenant de l'Institut de Géographie de l'université Paris 1)⁶⁸.

Les domaines bioclimatiques sahélien et sahélo-soudanien sont généralement marqués par l'uniformité et la relative monotonie des paysages qui se traduit par l'absence de réels contrastes dans l'utilisation du sol, rendant ainsi les niveaux de détection et de discrimination radiométriques plus ou moins faibles.

En effet, l'extension urbaine considérable et spontanée de certaines villes moyennes et la dissémination de la végétation dans les villes sénégalaises rendent difficile à discriminer certains types paysagers dans lesquelles la végétation se trouve disséminée ou répondant à certains types évoqués dans le chapitre 1, comme les arbres d'alignement ou la végétation domestique à partir d'images Landsat. Seule la densité de cette végétation disséminée peut faire basculer un pixel du côté végétation (dominante) ou bâti (dominant), mais à partir de quel seuil ? Dès lors, quels paysages doit-on retenir pour la nomenclature ?

3.2 Le choix d'une nomenclature simplifiée de la carte d'occupation du sol

Pour établir la nomenclature de l'occupation des sols permettant de décrire les paysages des villes d'étude, plusieurs travaux montrent que quatre ou cinq classes générales suffisent (Olivia & Husson, 1982 ; Fosset, 1982). La multiplication des classes serait illusoire tant que la distinction entre ces classes deviendrait incertaine. Même si la nomenclature en zone urbaine limitée à cinq classes est largement utilisée, elle peut s'avérer parfois insuffisante pour couvrir l'ensemble des types d'occupation du sol dans certains sites, comme on le verra dans le cas de Ziguinchor. Le nombre de classe dépend donc de la variété paysagère de chaque site.

L'identification précise de chaque classe d'occupation du sol et la bonne définition des paysages ont été réalisées après plusieurs étapes de reclassification et d'interprétations des courbes radiométriques et après une exploitation de toutes les données de terrain

⁶⁸<https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/milieux-anthropises/3-1-identification-espaces-urbanises-msg/3-1-variabilite-environnementale-saisonniere.html>.

disponibles. La recherche de concordance entre la nomenclature et les résultats issus de la classification non supervisée est un exercice difficile (Ju *et al.* 2005). Cette difficulté est accentuée dans le contexte des villes sahéniennes et sahélo-soudaniennes par les faibles contrastes paysagers à l'intérieur de celles-ci.

Dans la mise en place de cette nomenclature, l'agglomération dakaroise a servi de test de la méthode. Viendront ensuite les autres sites qui ont servi pour la validation et éventuellement les ajustements de la méthode à savoir les villes de Touba de Ziguinchor, et de Tambacounda. La nomenclature s'accompagne d'une image *Google Earth* pour avoir une visualisation de l'organisation spatiale de chaque ville d'étude. Pour mieux mesurer la place de la végétation dans l'espace urbain, sont rassemblés dans la classe « végétation » des tâches de végétation comme les parcs, les forêts, les zones d'agriculture urbaine et les espaces bâtis où la végétation domine.

Cinq classes sont choisies pour la nomenclature des éléments de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise (Fig. : 53) :

- Végétation (espace végétalisé ou végétation dominante en zone bâtie) ;
- Sols nus clairs ;
- Sols nus sombres ;
- Surface bâtie ou avec végétation très disséminée ;
- Surface en eau.



Figure 53 : Vue générale de l'agglomération dakaroise (Google Earth, 2017)

Placée à l'intérieur du continent (pas de surface en eau), seules les quatre autres classes apparaissent pour la nomenclature de classification de la ville de Touba (Fig. : 54).

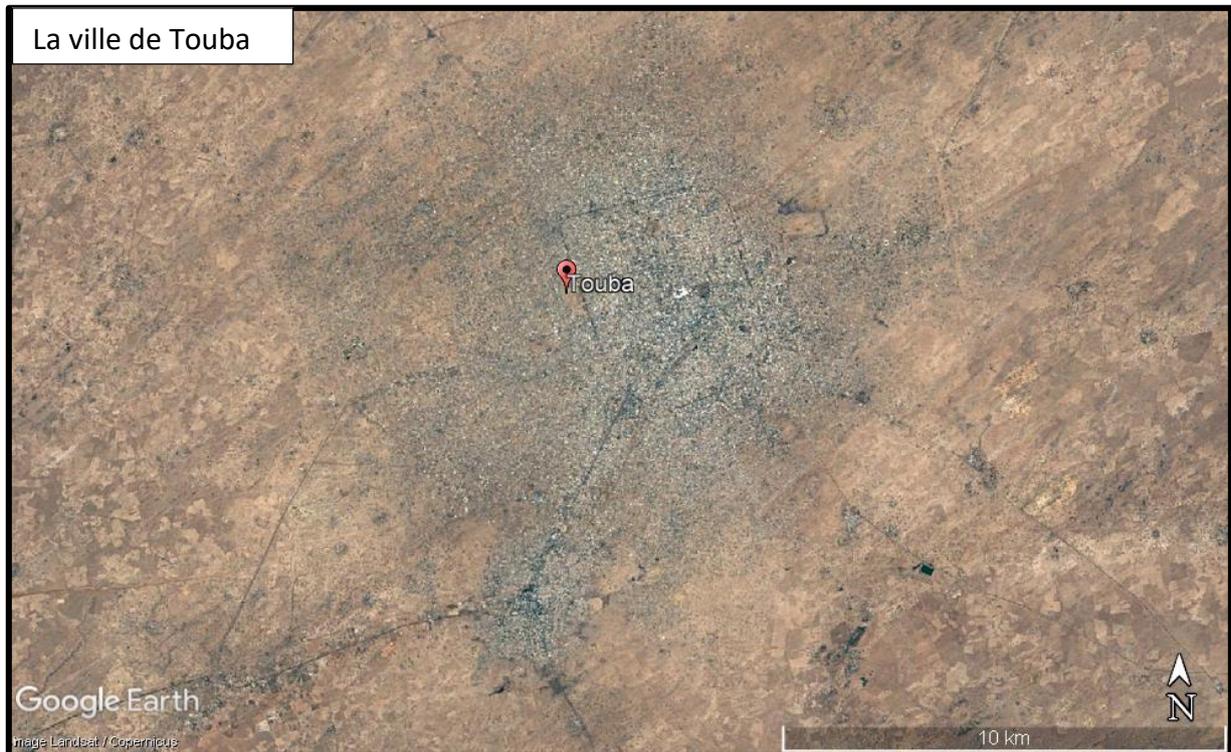


Figure 54 : Vue générale de l'occupation du sol de la ville de Touba (Google Earth, 2017)

En revanche, la ville de Ziguinchor en position estuarienne sous un climat soudano-guinéen nettement plus humide est le seul terrain d'étude où le nombre de classes couvrant l'ensemble des contrastes de l'occupation du sol dépasse cinq classes thématiques. 9 classes sont retenues pour la nomenclature de la ville de Ziguinchor en raison de la grande diversité de son milieu biophysique et de la mise en valeur humaine (Fig. : 55) :

- Surface bâtie ;
- Végétation (espace végétalisé ou végétation dominante en zone bâtie) ;
- Végétation dense, fermée ;
- Vasière végétalisée : mangrove ;
- Sols nus ;
- Rizière de bas-fonds ;
- Vasière nue : tanne ;
- Tanne submersible ;
- Surface en eau.



Figure 55 : Vue générale de la ville de Ziguinchor (Google Earth, 2017)

Pour Tambacounda (Fig. : 56), capitale administrative du Sénégal oriental, on a simplement ajouté aux catégories reconnues pour Touba, les surfaces en brûlis à la date des images.



Figure 56 : Vue générale de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda (Google Earth, 2017)

4. Prétraitements, affichages et traitements des données satellitaires pour la cartographie de l'occupation du sol

Les prétraitements (4.1), les affichages (4.2) et les traitements (4.3) ont été entièrement effectués sous le logiciel *Idrissi Selva*.

4.1 Les prétraitements : ré-échantillonnage et découpage des sous scènes

Plusieurs phases de préparation des images Landsat sont présentées dans cette sous partie : découpage des images (4.1.1), ré-échantillonnage de 60 m (MSS) à 30m (TM et ETM+) (4.1.2), correction radiométrique (4.1.3) et la correction géométrique (4.1.4). Ces différents prétraitements ont pour but d'homogénéiser la base de données satellitaires.

4.1.1 Découpage

La première étape de prétraitement sous *Idrissi Selva* commence par une opération de découpage des images multispectrales Landsat pour extraire uniquement les zones géographiques étudiées à savoir les quatre villes d'étude et leur environnement péri-urbain immédiat. Ces découpages permettent d'alléger les traitements qui seront appliqués sur ces images pour cartographier l'occupation du sol puisqu'ils ne seront effectués que sur une petite portion et non sur l'ensemble de la scène. Cette portion de scène doit avoir la même dimension sur les prises de vue de 1973, de 1990 et de 2017 pour chaque ville.

Pour ce faire, nous avons défini une portion à extraire de la scène de 2017, cette dernière est la plus récente prise de vue qui montre les derniers changements dans l'occupation du sol. Pour l'agglomération dakaroise, toutefois, la première portion extraite vient de la prise de vue de 1990 parce qu'elle a servi de test de la méthode. On a renseigné dans la fenêtre de découpage (*Reformat* puis *Window* sous *Idrissi Selva*) les mesures des lignes et des colonnes prises en haut vers la gauche de l'image et en bas vers la droite de l'image. De sorte à bien cadrer et cartographier l'ensemble des unités paysagères de la couverture du sol. Les deux plus anciennes prises de vue (1973 et 1990) de chacune des villes seront découpées à partir de la taille d'une image déjà existante. C'est-à-dire à partir de la portion extraite de la prise de vue de 2017.

4.1.2 Rééchantillonnage

Les images additionnées pour la réalisation des cartes de changements de l'occupation des sols doivent impérativement avoir la même résolution spatiale. Ce qui n'est pas le cas entre d'un côté les images MSS et de l'autre les images TM, ETM+. En effet, comme rappelé dans les lignes précédentes les images MSS ont une résolution spatiale de 60 m alors que celles des capteurs TM et ETM+ ont une résolution spatiale de 30 m. Pour éviter ce problème pendant la confection des cartes montrant les changements de l'occupation du sol pour la période de 1973 à 1990, nous avons décidé de ré-échantillonner les images MSS en leur donnant la résolution spatiale des images TM et ETM+. Cette étape de préparation des images permet d'homogénéiser la résolution spatiale de la base de données satellitaires. En effet, elle (ré-échantillonnage) consiste en un calcul de valeurs de pixels d'une taille donnée à partir des valeurs des pixels d'une image d'origine (Claire, 2007 ; Andrieu, 2008).

Des étapes supplémentaires de préparation des images sont parfois nécessaires comme les corrections radiométrique et géométrique.

4.1.3 Correction radiométrique

Le but de cette étape de correction radiométrique est d'homogénéiser les conditions atmosphériques de l'ensemble des images multispectrales traitées prises à des dates différentes. Les différences doivent en effet être associées à de réels changements d'état de l'occupation du sol et non à des artefacts liés aux variations des conditions de prises de vue (Lounis & Belhadji, 2005)⁶⁹. Cette correction a des limites puisque les conditions atmosphériques au moment de l'acquisition des images satellitaires multispectrales affectent forcément la valeur numérique des pixels (Eckhardt *et al.*, 1990). Les images Landsat sélectionnées durant la saison sèche ne montrent pas de grandes différences radiométriques d'une date à l'autre, ce qui a permis de se passer de cette étape de correction radiométrique.

4.1.4 Correction géométrique

Les images satellites brutes présentent également des déformations dues à plusieurs facteurs dont la position de l'instrument de prise de vue, au relief de la surface etc. L'intérêt des corrections géométriques est de corriger ces déformations afin de rendre l'image superposable à d'autres images ou cartes déjà géoréférencées (Azzi, 2015)⁷⁰ ou ayant des coordonnées communes. Cela n'a pas été nécessaire ici, puisque la base de données Landsat exploitée dans le cadre de cette thèse a été ortho-rectifiée, c'est-à-dire que le distributeur a réalisé des corrections complètes sur les images satellitaires avant de les mettre à disposition des utilisateurs.

⁶⁹ http://www.setit.rnu.tn/last_edition/setit2005/image-video/73.pdf.

⁷⁰ <https://sites.google.com/site/remotesensingportal/test2/tp3-corrections-geometriques>.

4.2 Affichage : composition colorée en fausses et vraies couleurs

Nous avons créé des compositions colorées en fausses couleurs et joué aussi sur les contrastes afin de tirer le maximum d'information, de faire ressortir les divers types de paysage sur les images multi-spectrales pour faciliter l'analyse et l'interprétation de celles-ci. L'usage de la composition colorée en fausses couleurs (Fig. : 57) permet principalement de mettre en évidence certains objets dont la végétation qui est notre objet de recherche. Pour la réalisation de la composition colorée en fausses couleurs (CC 432), nous avons sélectionné les canaux TM2, TM3 dans le visible et TM4 qui est dans le proche infrarouge. La couleur rouge obtenue grâce aux fortes valeurs issues de la bande rouge (TM4) marque la présence de la végétation. La couleur verte est obtenue grâce aux fortes valeurs sur la bande verte (TM3) ce qui caractérise un sol nu, la couleur bleue grâce aux fortes valeurs dans la bande bleue (TM2) correspondant à de l'eau ou un milieu irrigué (Girard *et al*, 1999).

Nous avons également procédé à une visualisation des paysages calée sur les années de prises de vue des images Landsat grâce au portail *Google Earth*. Cette visualisation offre un double avantage, tout d'abord, elle permet de prendre connaissance de l'état des paysages étudiés dans le temps. Et enfin, de vérifier la concordance entre les résultats de la classification ou de la nouvelle classification non supervisée et le type d'occupation du sol, en plus de l'analyse des courbes radiométriques.

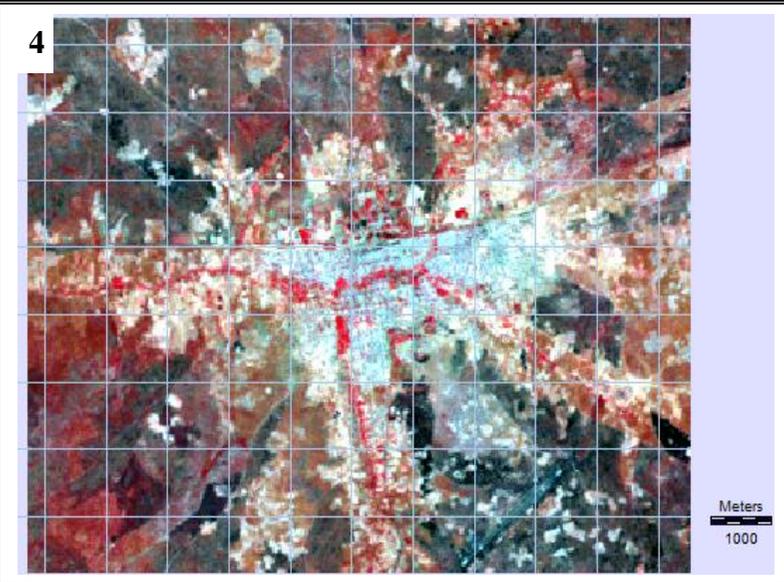
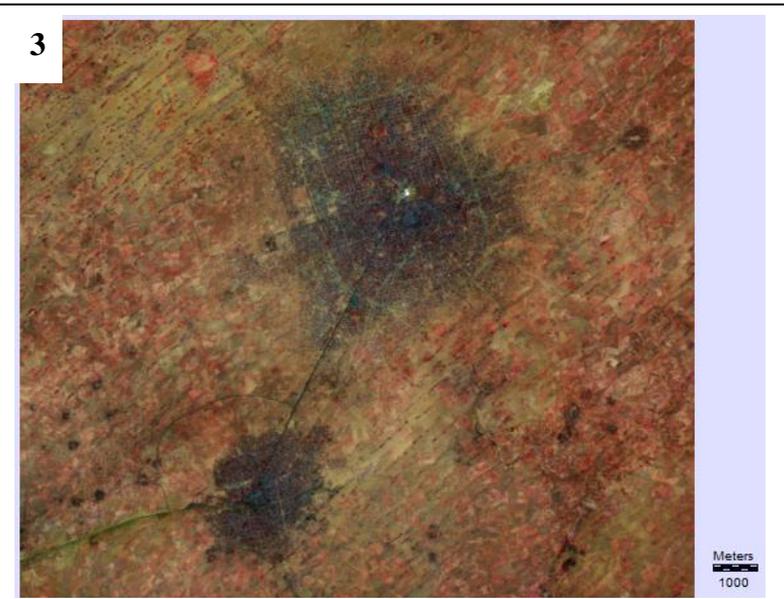
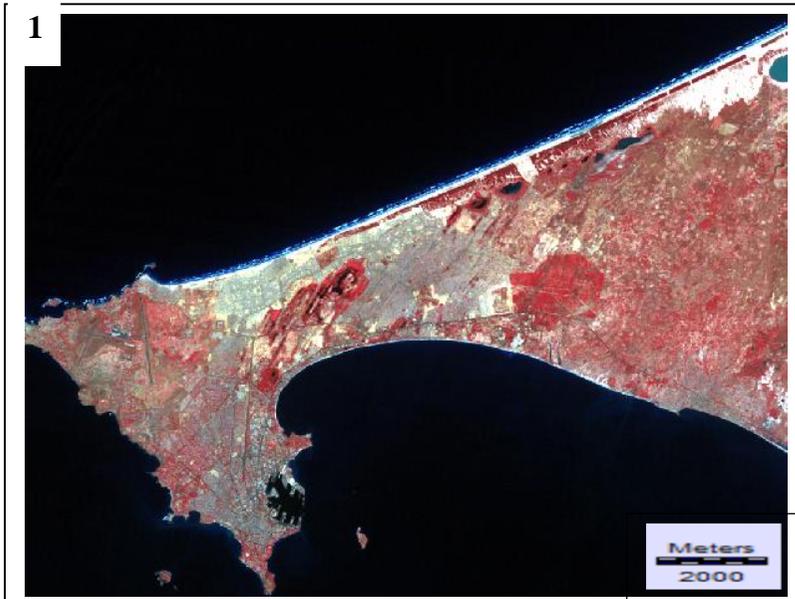
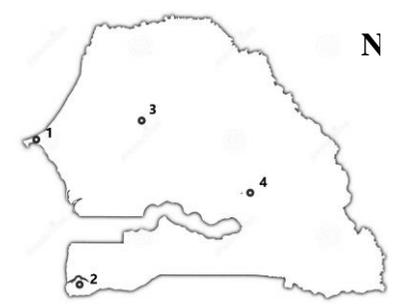


Figure 57 : Panorama des compositions colorées en fausses couleurs

Scènes utilisées pour la composition colorée :
 1 : Dakar, 1990 - **CC4B3V2R** ou **432**
 2 : Ziguinchor, 1990 – **CC7B5V4R** ou **754**
 3 : Touba, 1990 – **CC1B3V4R** ou **134**
 4 : Tambacounda, 1990- **CC2B3V4R** ou **234**



4.3 Traitement des données satellitaires pour la cartographie de l'occupation du sol

À la suite des prétraitements de découpage et de ré-échantillonnage des images (Tableau 14), une première classification non supervisée avec l'algorithme des nuées dynamiques ou *kmeans*⁷¹ a été réalisée en choisissant un grand nombre de classes. En effet, le nombre de classes doit être suffisant pour ne manquer aucune nuance dans la couverture du sol. Nous obtenons ainsi un résultat après un certain nombre d'itérations, chaque classe est caractéristique d'un type d'occupation au sol, appelé classe ou thème, et des courbes radiométriques. Ces courbes radiométriques sont les synthèses des classes et l'analyse de ces courbes permet d'identifier l'état de chacune des classes qu'on essaie ensuite de faire correspondre avec les classes de la nomenclature prédéfinie précédemment.

Pour atteindre cet objectif, une vérification de l'homogénéité des classes obtenues par regroupement est effectuée après chaque étape de classification. Pour ce qui est des classes présentant une certaine hétérogénéité, c'est-à-dire, celles composées de plusieurs états de surface proches mais différents (ce qui est le cas pour les catégories « végétation (dominante) » et « bâti (dominant) »), on a eu recours à la classification emboîtée qui consiste à réaliser une nouvelle classification au sein de chaque masque pour améliorer l'homogénéité des classes.

Ces opérations (analyse et réinterprétation des courbes radiométriques) seront répétées sur les nouveaux canaux autant de fois que nécessaire jusqu'à obtenir des classes au sein desquelles les caractéristiques radiométriques sont homogènes et correspondantes à la nomenclature prédéfinie. L'assemblage de ces différentes classes ou masques donnera la carte finale d'occupation du sol.

⁷¹ Kmeans : méthode de classification non supervisée

Tableau 14: Procédure de cartographie de l'occupation du sol

Prétraitements	
Objectifs : uniformiser toutes les données d'images de base pour permettre leur comparaison malgré le fait qu'elles aient été acquises par des capteurs différents	1. Découpage des images pour couvrir les zones d'étude
	2. Ré-échantillonnage de l'image MSS : passage de la résolution spatiale de 60 à 30m
Affichage	
Objectifs : permet de jouer sur l'affichage des canaux afin de simplifier l'étude et l'interprétation visuelle des objets	1. Contrastes des canaux
	2. Composition colorée 432 car mettant prioritairement en évidence la végétation
Traitements	
Objectifs : classifier les images pour obtenir des cartes d'occupation du sol à 3 dates, puis classification pour réaliser des cartes de changements entre 2 années	1. Classification non supervisée KMeans – 15 classes
	2. Regroupement des classes en fonction de la nomenclature
	3. Classes homogènes : conservées et regroupées dans leurs classes thématiques respectives
	4. Classes hétérogènes : traitements supplémentaires par A.C.P. pour redistribuer les pixels mal affectés dans les classes correspondantes.
	5. Assemblage des classes/masques obtenus
	6. Carte d'occupation du sol
Post-traitement	
Objectifs : nettoyer le signal en éliminant le plus de parasite possible tout en préservant le maximum d'informations et rendre l'image plus nette.	1. Filtrage

5. Procédure de cartographie pour les changements de l'occupation du sol

La carte des changements comme son nom l'indique est une carte qui montre les évolutions (ou la stabilité) enregistrées au sein de chaque unité paysagère de l'occupation du sol sur plusieurs périodes. On considère qu'un paysage est stable pendant une période donnée lorsqu'il ne change pas d'état ce qui ne signifie absolument pas que celui-ci n'a pas connu intérieurement des évolutions ou des modifications, exemple, un espace bâti peut rester stable tout en se densifiant. En d'autres termes et selon Andrieu (2008), « *un changement de la luminance d'état de surface n'est pas un changement de son paysage, dans ce sens, la cartographie des changements montrent ceux qui sont les plus flagrants* ».

Quant aux évolutions, elles correspondent soit à une progression ou à une régression, dans les deux cas de figure, elles illustrent le passage d'un état de paysage à un autre : passage d'un espace végétal à un espace bâti. Cependant, ce changement d'état se fait très souvent de façon progressive dans le temps et dans l'espace, même s'il est accéléré en milieu urbain à cause de la forte artificialisation des sols. Ce qui s'est produit à la périphérie sud de Ziguinchor en est un exemple particulièrement intéressant, la forêt ayant été défrichée en certains endroits pour créer des champs. On obtient un nouveau paysage où arbres et arbustes sont éparpillés à l'intérieur de ces champs. On passe de ce paysage de « savane cultivée » à un autre paysage périurbain où les habitations grignotent progressivement les espaces agricoles à une vitesse plus ou moins proportionnelle à celle de la croissance démographique.

Plusieurs techniques développées ces dernières décennies permettent d'obtenir cette carte des changements de l'occupation du sol (Jensen, 1981 ; Coppin & Bauer, 1995 ; Lunetta & Elvidge, 1998 ; Mas, 2000 ; Coppin *et al.*, 2004 ; Desclée *et al.*, 2004 ; Lu *et al.*, 2004 & Walter, 2004). On distingue, d'une part, des techniques de détection à distance des changements de l'occupation du sol basées sur la comparaison d'un ou de plusieurs indices (Muchoney & Haack, 1994 ; Le Hegarat-Masclé *et al.* 2006 ; Hubert-Moy, 2004 ; Andrieu, 2008) ou des canaux multispectraux corrigés (Teng *et al.*, 2007). Et, d'autre part, celles basées sur des techniques de construction de cartes d'occupation du sol aux différentes dates (Rabarimanana *et al.*, 2003 ; Nagendra *et al.*, 2006 ; Andrieu, 2008).

Pour cartographier les changements de l'occupation du sol, nous avons choisi la technique de comparaison dite « post-classification » de cartes d'occupation du sol aux dates différentes, (Andrieu, 2008). Cette comparaison de cartes permet de mettre en évidence la relation entre la même classe à deux dates, ce qui a permis d'extraire les zones stables, de progression et de régression de ladite classe mais aussi de montrer et de quantifier les changements les plus visibles de l'occupation du sol. Pour ces raisons, on doit s'assurer que la nomenclature retenue pour chaque ville d'étude est la même pour les cartes d'occupation des sols de 1973, de 1990 et de 2017 avant d'établir les cartes des changements.

Cette méthode dite « post-classification » consiste ainsi à croiser des cartes de l'occupation du sol à différentes dates par simple addition des images correspondantes pour produire les cartes des changements de l'occupation du sol (Pahari & Murai, 1999 ; Moreau,

2004 ; Fraser *et al.*, 2005 ; Chowdhury, 2006 ; Masoud & Koike, 2006 ; Nagendra *et al.*, 2006 ; Ackermann *et al.* 2007 ; Andrieu, 2008 ; Fall, 2014). Quatre cartes des changements seront ainsi dressées pour chaque zone d'étude : deux pour la période 1973-1990 (1973-1992 pour Touba) – une carte des changements de l'occupation du sol et une carte des évolutions de la végétation – et, deux pour la période 1990-2017 (1992-2017 pour Touba). Les cartes des changements de la couverture du sol obtenues seront confrontées avec la réalité du terrain, analysées et commentées.

L'objectif de ce chapitre a été de mettre en lumière la méthodologie élaborée pour traiter les images multispectrales et cartographier par télédétection l'occupation du sol et ses changements, plus particulièrement l'évolution du couvert végétal entre 1973 et 2017 dans l'agglomération dakaroise et dans les centres régionaux de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda. Pour ce faire, il a d'abord fallu établir une nomenclature représentative et propre à chaque ville d'étude, qui reprend l'intégralité des unités paysagères du site cartographié. Le recours à des images de très haute résolution obtenues *via* des logiciels de visualisation de la terre à distance comme *Google Earth* a facilité la création de cette nomenclature qui a été plus axée sur les états (cartes d'occupation du sol de 1973, 1990/92 et 2017) et l'évolution (cartes des changements de 1973-1990/92 et de 1990/92-2017) de la végétation dans les milieux urbains et périurbains. Ensuite, nous avons choisi la détection par classification non dirigée parce que le travail de télédétection vient en partie avant les visites de terrain, donc avant la connaissance physique des sites cartographiés, qui n'ont d'ailleurs pas permis de parcourir l'intégralité des villes d'étude.

Cette méthode de classification bien que souple n'a pas permis d'obtenir dès la première classification, en ayant pourtant mis le plus grand nombre de classes possible, des résultats fiables et conformes aux classes thématiques prédéfinies et à la réalité (Andrieu & Mering, 2008). De plus, le discernement de la végétation ligneuse disséminée au sein du tissu bâti et l'hétérogénéité du milieu urbain avec des objets de petites tailles et parfois radiométriquement proches ont rendu difficile cette opération. De ce fait, nous avons procédé autant que cela était nécessaire à des classifications emboîtées successives, des vérifications et des corrections afin d'affiner la définition de chaque classe en ayant recours à l'interprétation des compositions colorées et des images de haute résolution.

Pour répondre à la question centrale de cette thèse qui est de spatialiser et de quantifier les espaces où la végétation est stable, là où elle régresse et là où elle progresse dans les villes d'étude. La technique de comparaison dite « post classification » consistant à croiser deux cartes d'occupation des sols à différentes dates par simple addition pour produire une carte des changements à partir de trois dates 1973, 1990/92 et 2017 a été employé. Les cartes des changements obtenues mettent globalement en évidence la régression de la végétation dans trois des villes d'étude (Dakar, Ziguinchor et Tambacounda) et la progression de celle-ci à Touba aux regards depuis 1973 de l'étalement urbain, de la croissance

démographique urbaine et du contexte climatique marqué par la variabilité de la pluviométrie.

Dans le chapitre suivant, il s'agira d'exposer le processus technique ayant permis la réalisation des cartes d'occupation du sol et celles des changements, la démarche sera illustrée à partir de la sous-scène de l'agglomération dakaroise en 1990. Cette sous-scène de 1990 servira de « test de la méthode » avant une première généralisation sur les autres sous-scènes de l'agglomération dakaroise (1973 et 2017) puis sur les sous-scènes des centres régionaux de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda (chapitre 6) à partir des dates (1973-1990/92-2017).

Chapitre 5 : Télédétection de l'occupation du sol et de ses changements : traitement des images multispectrales et analyse des résultats cartographiques pour l'agglomération dakaroise (1973, 1990 et 2017)

Dans un premier temps, ce chapitre revient dans le détail sur la procédure (dont les principes ont été exposés au chapitre précédent) partant des images multispectrales pour parvenir à la cartographie de l'occupation du sol. La sous-scène de 1990 servira de test pour exposer la technique de production de ces cartes (1).

Nous présenterons, interpréterons et analyserons ensuite les cartes d'occupation des sols obtenues sur les scènes de 1973, de 1990 et de 2017 de l'agglomération dakaroise (2). Nous construirons et présenterons ensuite les cartes révélant les changements survenus entre 1973 et 1990, puis entre 1990 et 2017, en cherchant à en déceler les causes et à envisager les conséquences de ces changements (3).

1. Cartographie de l'occupation du sol : application à l'image de 1990

1.1 Choix et préparation de l'image de 1990

L'image de 1990 a été choisie comme image de référence pour tester la méthode (Fig. : 59), d'abord parce qu'elle est l'image intermédiaire, marquant la période transitoire de sortie de crise climatique caractérisée par des années de très faible pluviométrie (début des années 1970 et 1980), avant l'entrée dans une période de pluviosité plus favorable ou, du moins, marquée par une légère reprise. Les années 1980 coïncident également, comme on l'a déjà souligné, avec la période où les centres urbains enregistrent leurs plus forts taux de croissance démographique en raison de l'exode rural qui s'est accentué avec les épisodes de sécheresse, et de la concentration des activités économiques en ville, mais aussi en raison du bilan naturel positif lié à la baisse du taux de mortalité et en particulier du taux de mortalité infantile et au maintien d'un taux de natalité assez élevé (cf. chapitre 2).

Des traitements préliminaires ont été effectués sur l'image de 1990, ils avaient pour vocation d'améliorer l'affichage et la pertinence des traitements ultérieurs. Nous avons commencé par découper l'image de 1990 de façon à prendre en compte l'ensemble des unités paysagères retenues dans la nomenclature de l'occupation du sol, mais aussi à mieux cadrer la zone d'étude, celle-ci devant être suffisamment grande pour contenir la tâche urbaine de 2017, sans s'étendre à l'ensemble de la scène. Les prises de vue de 1973 et de 2017 seront découpées à partir de la portion d'image de 1990 retenue afin d'éviter les soucis de superposition et de cadrage lors de la fusion et de l'addition des images de différentes dates.

Une composition colorée (CC) en fausses couleurs 234⁷² (Fig. : 58) a ensuite été créée pour mieux révéler le couvert végétal. Elle s'est aussi avérée d'une grande utilité lors de la vérification des autres états de surfaces.

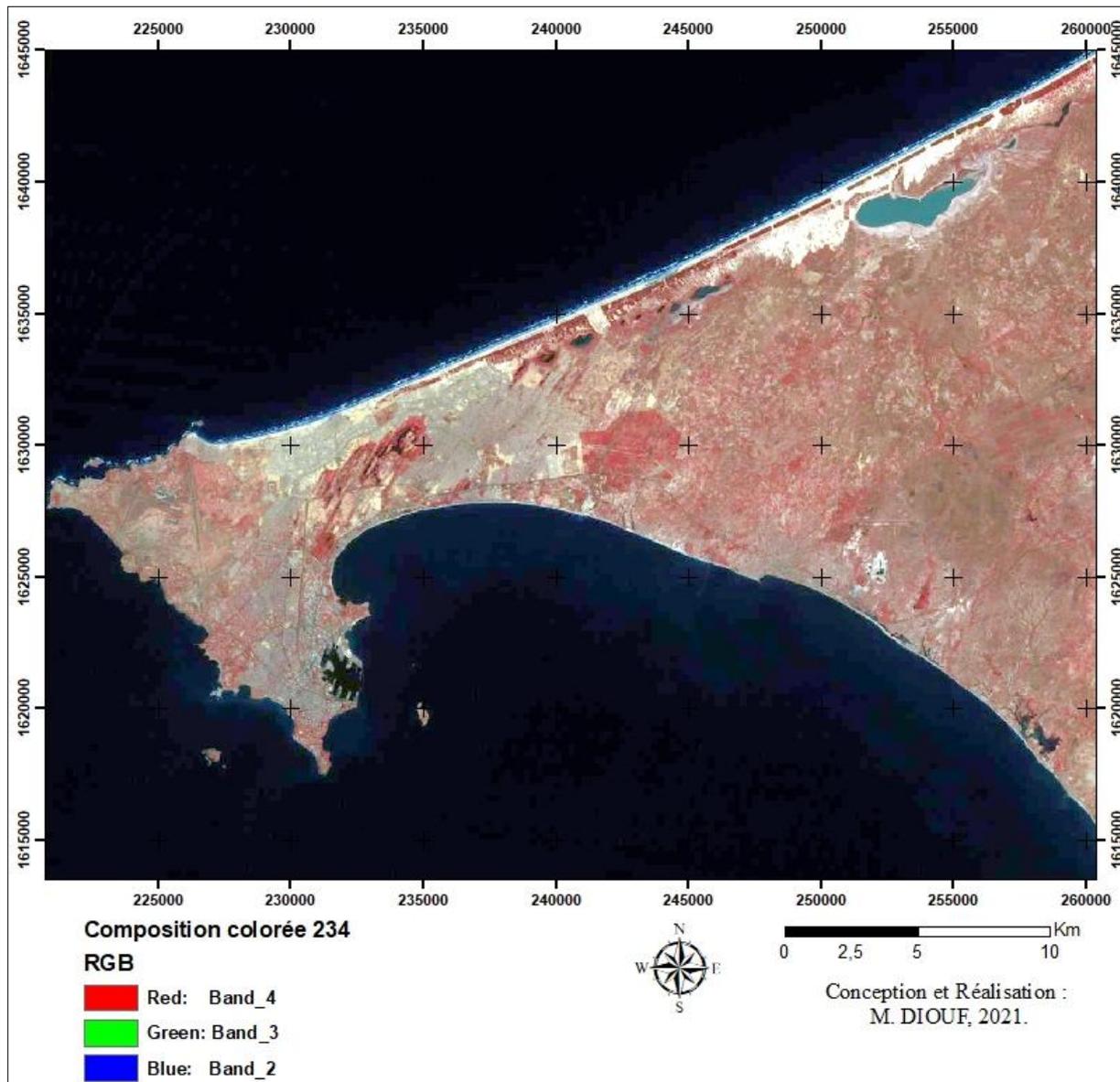


Figure 58 : Composition colorée en fausses couleurs (CC234) de l'agglomération dakaroise pour la scène de 1990

⁷² CC 234 est une affectation aux trois couleurs primaires (rouge, vert et bleu) aux bandes 234. La bande 2 est affectée à la couleur bleue, la bande 3 à la couleur verte et la bande 4 (couleur rouge) au proche infrarouge. Cette combinaison est particulièrement adaptée à l'étude de la végétation (Girard *et al*, 1999). Sur l'image obtenue en fausses couleurs, la végétation apparaît en rouge.

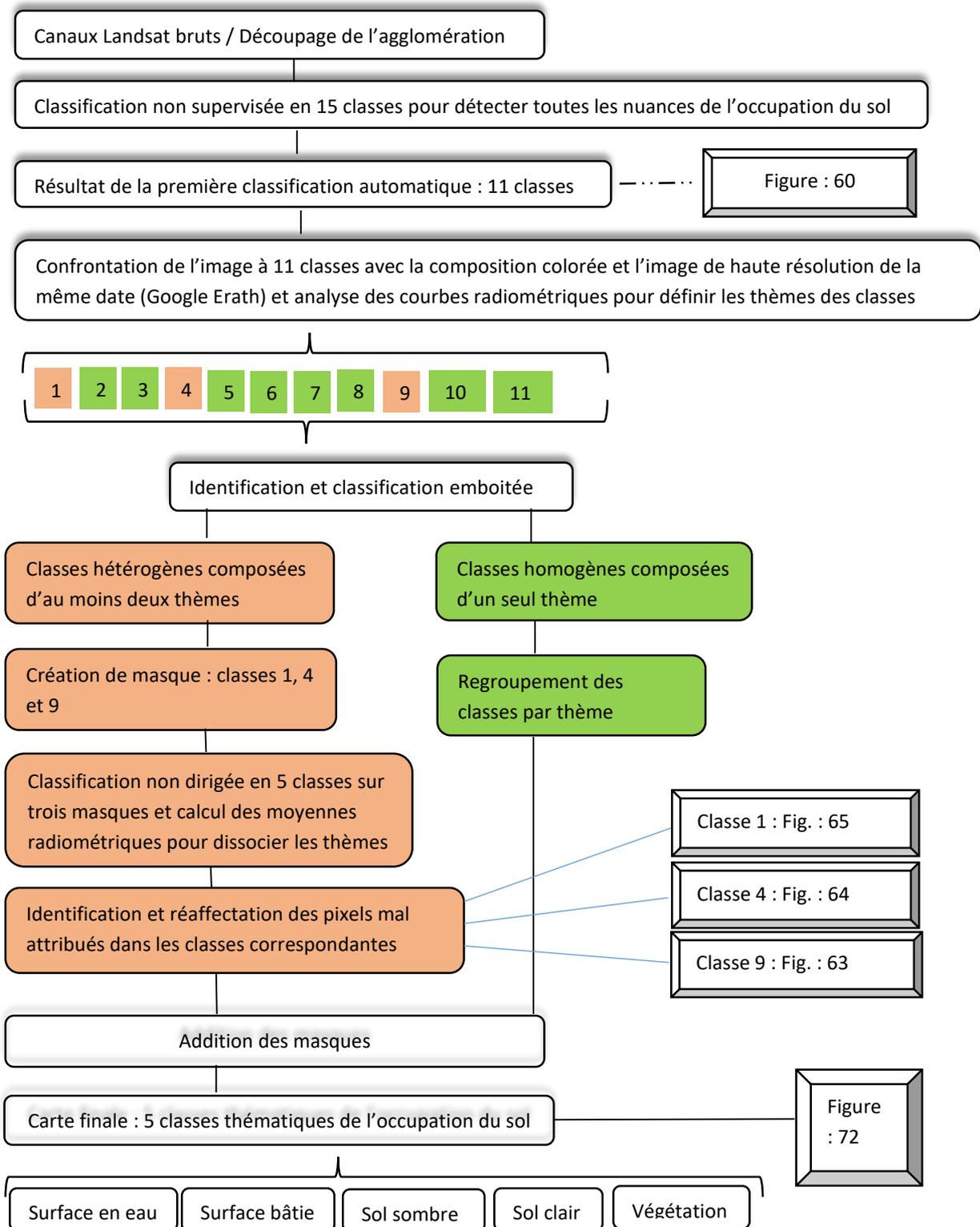


Figure 59 : Méthodologie de cartographie de l'occupation du sol

1.2 Traitements effectués sur l'image de 1990 pour cartographier l'occupation du sol

Une première classification non supervisée (Chapitre : 4 ; sous-partie : 1.2.2) a été effectuée avec l'algorithme des nuées dynamiques : un résultat en 15 classes a été demandé. Les classes dont il est question à ce stade correspondent à la classification automatique des pixels suivant leur réflectance dans les différents canaux. Après plusieurs itérations visant à les regrouper, elles seront identifiées aux classes thématiques correspondant à un type d'utilisation du sol (chapitre 4).

La classification par la méthode des nuées dynamiques ou *K-means* (McQueen,1967), permet qu'un pixel affecté à une classe au cours d'une itération puisse changer de classe à l'itération suivante, l'intérêt étant de l'intégrer dans la classe la plus proche de ses caractéristiques. Nous avons choisi 15 classes pour nous assurer qu'aucune nuance notable dans l'occupation du sol ne puisse être laissée de côté. Ce nombre est ensuite ramené à 11 classes après plusieurs itérations, fusionnant les classes aux caractéristiques semblables.

Nous obtenons donc, après cette première classification *K-means*, d'une part, une image en 11 classes correspondant au meilleur résultat statistiques des itérations, d'autre part, les statistiques des paramètres de réflectance pour chacune des 11 classes. Ces 11 classes couvrent l'ensemble des thèmes de l'occupation du sol discernables à ce degré de résolution pour l'agglomération dakaroise en 1990.

La création de la carte de l'occupation du sol s'effectue à partir des 11 classes provenant de la classification par nuées dynamiques, qui après interprétation, sont identifiées et regroupées dans les classes thématiques prédéfinies. Pour rappel (chapitre 4), cinq classes thématiques ont été retenues couvrant les types paysagers de l'agglomération dakaroise. Après plusieurs classifications et reclassifications des pixels, nous aboutissons à cinq classes assez homogènes identifiables aux cinq thèmes de la nomenclature (Fig. : 53) :

- **classe 1 : surface en eau ;**
- **classe 2 : surface bâtie ou avec végétation très disséminée ;**
- **classe 3 : sol nu sombre ;**
- **classe 4 : sol nu clair ;**
- **classe 5 : végétation (espace végétalisé ou végétation dominante en zone bâtie).**

Un premier repérage visuel des états de surfaces a été effectué en confrontant l'image en 11 classes et la composition colorée en fausses couleurs obtenue en additionnant les canaux⁷³ du visible (TM2 et TM3) et du proche infrarouge (TM4). Cette phase de repérage a été particulièrement importante pour préciser ce qui est cartographié comme « végétation ».

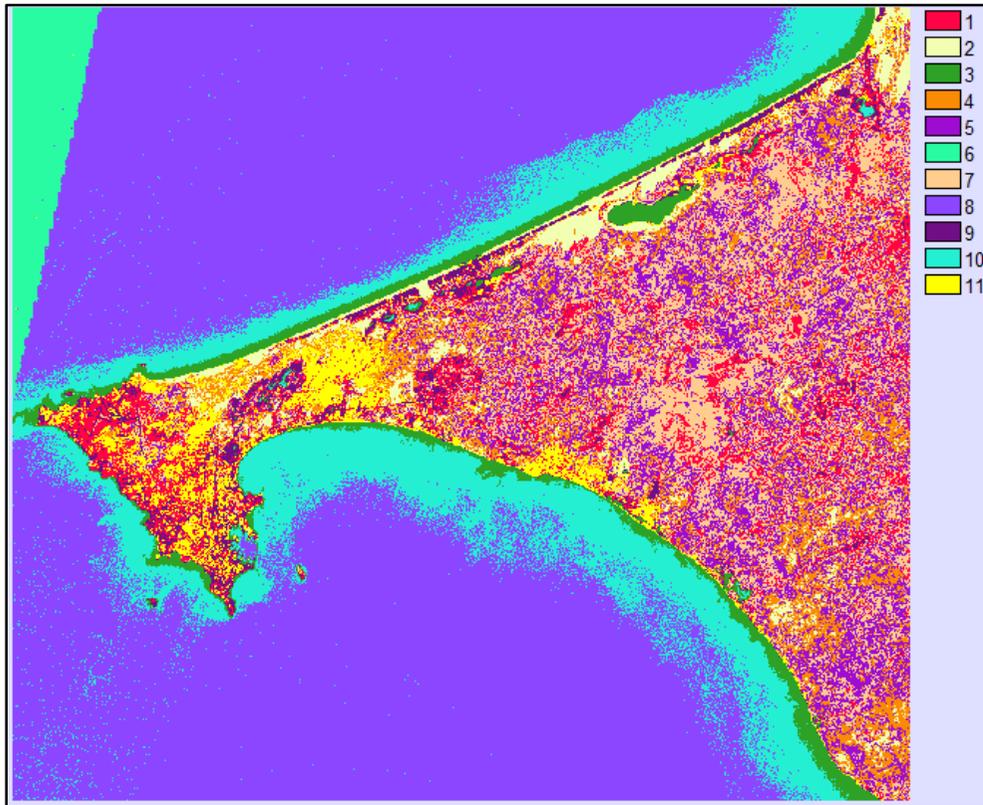
⁷³ **Canal** : correspond à une bande de fréquences à une date donnée pour un capteur donné. Il peut également s'agir d'un canal de « synthèse » ou canal dérivé ou néo-canal.

Elle a principalement permis de détecter les espaces où la végétation est presque exclusive comme dans les Niayes, dans la forêt de Mbao, dans la bande de Filao sur la Grande Côte dakaroise ou dans les boisements du parc de Hann. Cependant, la composition colorée n'est pas toujours suffisante pour discerner les espaces végétalisés où la végétation est dense, mais en mixité avec le bâti ou les sols nus. Un second repérage a alors été réalisé en s'aidant cette fois-ci d'images à haute résolution *Google Earth* prises à une date proche de celle de la scène multispectrale de 1990 traitée.

Ces repérages visuels (ou photo-interprétation) ont permis de mettre en évidence rapidement et sans difficulté les surfaces en eau qui ont des caractéristiques assez particulières (faible réflectance sur l'ensemble des canaux). Il en va de même, pour les surfaces où la végétation est clairement dominante (voir ci-dessus), c'est-à-dire celles ayant une activité chlorophyllienne suffisante pour être décelable sur l'image et pour les surfaces bâties qui ont de fortes valeurs radiométriques, supérieures à celles de l'espace rural environnant, et où l'activité chlorophyllienne est très faible. Cependant, pour reprendre (ou concernant) ces deux derniers états de surface, comment décider dans des cas moins tranchés ? Ces états de surfaces plus hétérogènes ont nécessité des traitements supplémentaires afin de réaffecter certains pixels.

1.3 Analyse des caractéristiques spectrales des classes issues de la classification non supervisée

L'analyse des caractéristiques spectrales des 11 classes permet d'effectuer la correspondance entre les valeurs radiométriques des pixels et les cinq classes thématiques précédemment rappelées. L'étude des courbes radiométriques est à la base de la reconnaissance de chaque classe et la validation de l'interprétation. Un regroupement des classes homogènes (Fig. : 60) est d'abord réalisé après la première classification, ce regroupement a permis de mettre de côté dans un premier temps les classes hétérogènes sur lesquelles seront effectués des traitements supplémentaires.



Légende commune pour la carte issue de la classification K15 et le diagramme des signatures spectrales

Classe 1 : Végétation + sol sombre

Classe 2 : Sol clair

Classe 3 : Eau

Classe 4 : Surface bâtie + Sol clair

Classe 5 : Sol sombre

Classe 6 : Cadre

Classe 7 : Sol sombre

Classe 8 : Eau

Classe 9 : Surface bâtie + Végétation

Classe 10 : Eau

Classe 11 : Surface bâtie

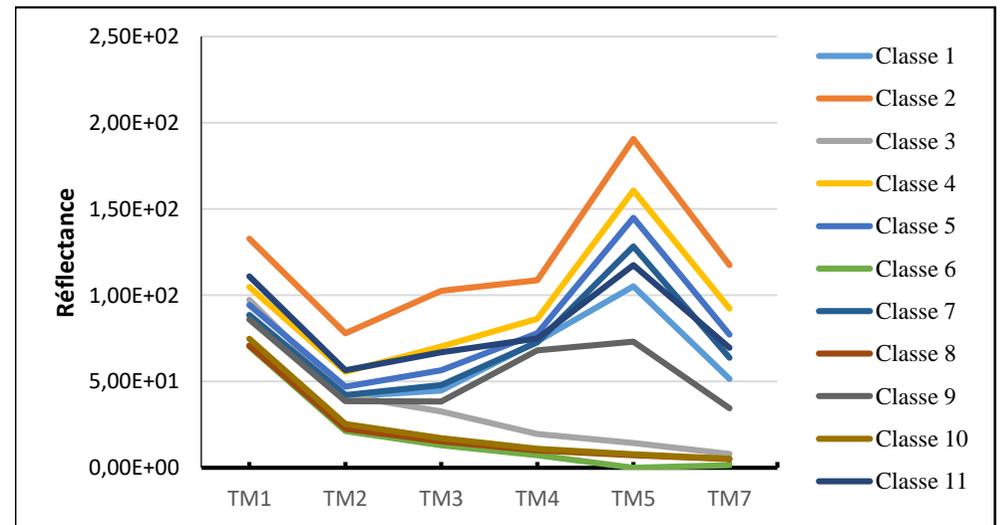


Figure 60 : Première classification en nuées dynamiques (K 15) et leurs réponses radiométriques

Ainsi les classes 3, 8 et 10 (Fig. : 61) ont été identifiées et regroupées pour former les surfaces en eau profonde (classe 8) ou superficielle (classe 3), elles ont en commun des valeurs de réflectance faibles sur tous les canaux. Les faibles valeurs sont dues à l'absorption par l'eau du signal lumineux. L'intensité de la réflectance est d'autant plus faible que l'eau est profonde (Robin *et al*, 2005 ; Lyzenga, 1978).

La classe 11 peut être identifiée au thème du bâti avec une très faible proportion de végétaux et des valeurs moyennes de réflectance. La classe 2, avec ses fortes valeurs de réflectance sur l'ensemble des bandes, absence de pic dans le proche infrarouge (TM4) et un pic élevé dans le moyen infrarouge (TM5), correspond aux sols nus clairs. Les classes 5 et 7 sont regroupées et correspondent aux sols nus sombres ayant des valeurs de réflectance plus faibles que les sols clairs. La classe 6 correspond au cadre de l'image et sera éliminée.

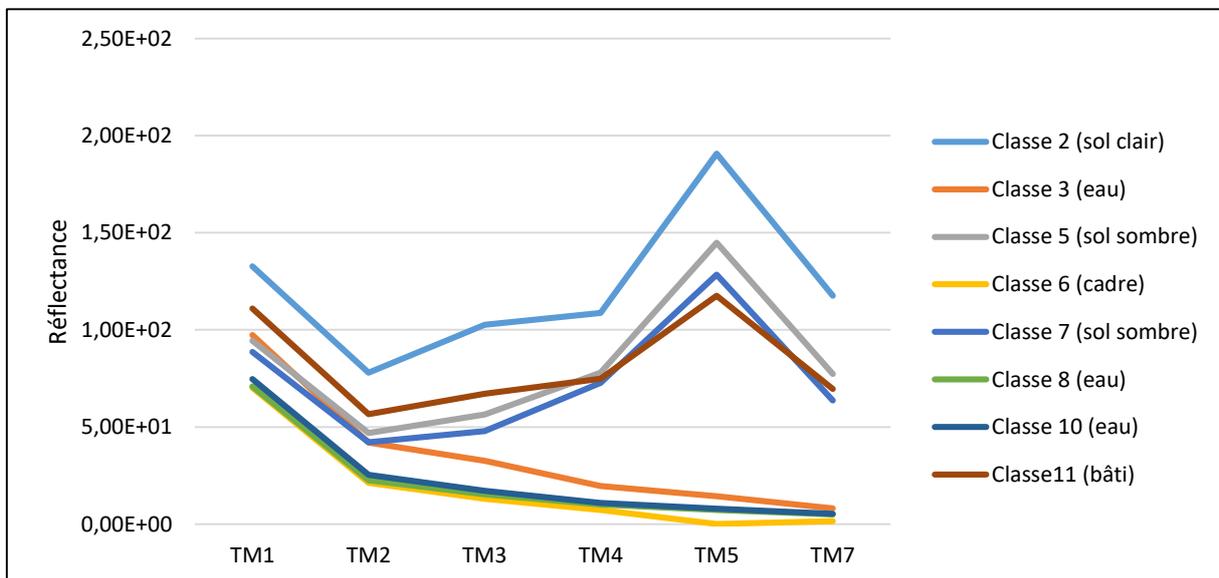


Figure 61 : Courbes radiométriques de la première classification (sans les classes hétérogènes)

Une première reclassification est alors entreprise pour regrouper les pixels qui ont des profils radiométriques proches dans une même classe en codant par 0 ceux qui sont hétérogènes. De cette opération résulte une première carte d'occupation du sol à 4 classes, nommée « **image 1** » (Fig. : 67, page 174) où l'interprétation des courbes radiométriques (Fig. : 62) permet d'identifier les thèmes suivants : eau, bâti, sols nus sombres et sols nus clairs. Elle ne comprend pas le thème, essentiel pour nous, de la végétation puisque celle-ci apparaît parfois dans des proportions variées avec le bâti, les sols nus clairs et les sols nus sombres.

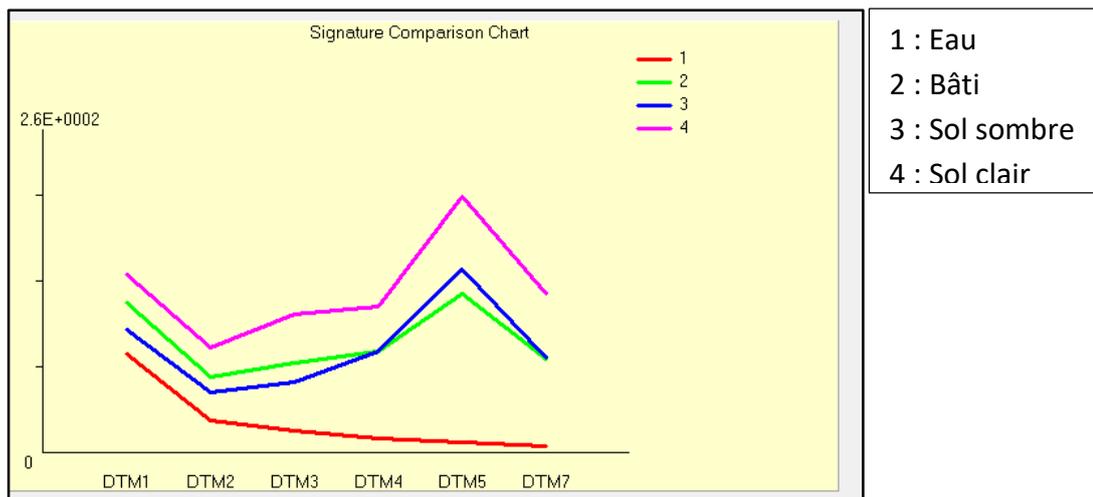


Figure 62 : Courbes radiométriques des quatre classes obtenues après regroupement des classes homogènes

1.4 Analyse des classes hétérogènes

Les classes 1, 4 et 9 (codées par 0 lors de la première classification) ont été écartées dans cette première carte d'occupation du sol parce qu'elles présentaient des caractéristiques radiométriques témoignant d'une certaine hétérogénéité des surfaces. En effet, ces classes contiennent des pixels relevant d'au moins deux états de surfaces différents. La classe 9, par exemple, comprend du bâti et de la végétation en proportions variées. Il s'agit de déterminer les pixels qui seront réattribués aux espaces végétalisés de ceux où le bâti est dominant et où la végétation est très disséminée.

Une étude plus approfondie des classes 1, 4 et 9 s'impose donc pour mieux identifier et réattribuer ? les pixels mal affectés avant de les réintégrer dans la suite du traitement. Pour ce faire, des masques sont créés pour chaque classe hétérogène sur lesquels, en procédant par emboîtement, une reclassification est appliquée.

Ainsi, nous avons créé un masque isolant la classe 9 (Fig. : 66), afin de dissocier les surfaces en végétation de celles où le bâti est majoritaire spatialement. Une classification en nuées dynamiques (*K-means*) de 5 classes est appliquée. L'analyse des courbes radiométriques (Fig. : 63) montre que les courbes des « néo⁷⁴-classes » 1, 2, 3 et 4 ont en commun un pic de réflectance dans le proche infrarouge, ce qui correspond aux surfaces où la végétation est dominante. La courbe de la classe 5 est nettement moins élevée en TM3 et TM4, avec un pic relatif sur le TM5, ce qui est caractéristique des surfaces bâties.

Après identification des différentes sous classes, nous procédons à une nouvelle reclassification en réaffectant les « néo-classes » 1, 2, 3 et 4 dans la classe 4 de l'analyse sur l'ensemble de l'image correspondant à la végétation dominante de la nomenclature. La « néo-classe » 5 a été réaffectée aux surfaces bâties. Le résultat de la reclassification est une carte à

⁷⁴ Néo = nouvelle

deux classes : une classe de végétation et une classe de surface bâtie, elle sera appelée **image 2** (Fig. : 67, page 174).

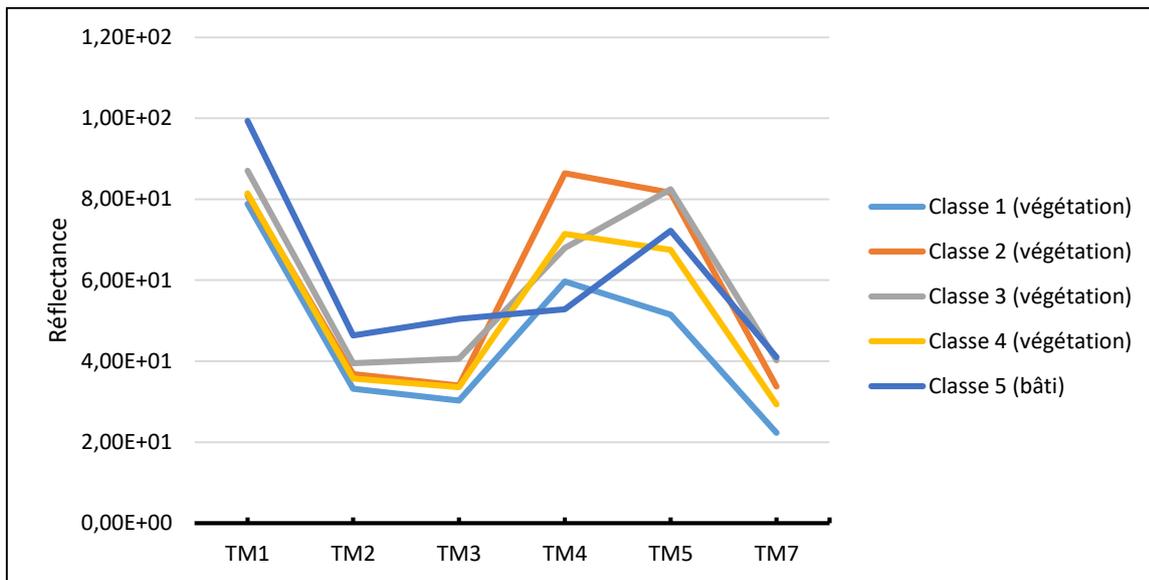


Figure 63 : Courbes radiométriques de la classification non dirigée du masque de la classe 9

Un traitement semblable a été appliqué à la classe 4 afin de séparer les surfaces bâties des sols nus clairs. L'étude des courbes radiométriques issus de la classification non dirigée en 5 classes du masque de la classe 4, a permis de regrouper les « néo-classes » 1, 3, 4 et 5 dans la classe thématique des sols nus clairs de la nomenclature, constituant ainsi l'**image 3** (Fig. : 67, page 174). Toutefois, la « néo-classe » 2 apparaissait encore hétérogène et un nouveau masque spécifique a été créé et une nouvelle classification non supervisée en 5 classes est appliquée sur ce masque. Après analyse des courbes radiométriques, les classes 1, 3, 4 et 5 de la « néo-classe » 2 (Fig. : 64) ont été affectées à la classe des sols clairs et la classe 2 de la « néo-classe » 2 à celle des surfaces bâties, formant ainsi l'**image 4** (Fig. : 67, page 174).

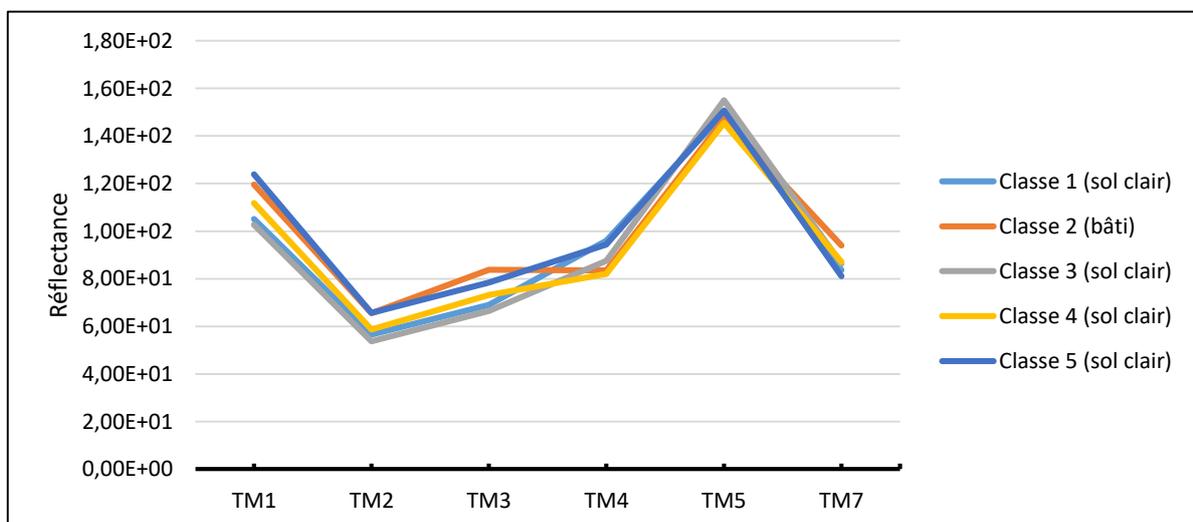


Figure 64 : Courbes radiométriques de la classification non dirigée de la sous-classe 2

Résultant de la classification emboîtée de la classe 4, une semblable opération a aussi été appliquée sur la classe 1 du traitement de l'image complète, car elle présente des caractéristiques à la fois de la végétation et des sols nus sombres. Un masque est donc créé pour isoler cette classe 1 et une classification en 5 sous-classes est également effectuée. Nous obtenons après étude des signatures spectrales (Fig. : 65) et confrontation avec la composition colorée, une identification de la végétation au regroupement des « néo-classes » 1, 2, 3 et 4. Le résultat de la combinaison de ces dernières est une carte nommée **image 5** (Fig. : 67, page 174).

La sous-classe 5 est toujours hétérogène d'où une nouvelle opération de reclassification emboîtée. Les sous-classes 1 et 2 de la nouvelle classification constitueront la classe des sols sombres et les sous-classes 3, 4 et 5 formeront la classe de la végétation, l'addition de toutes ces sous-classes constitue l'**image 6** (Fig. : 67, page 174).

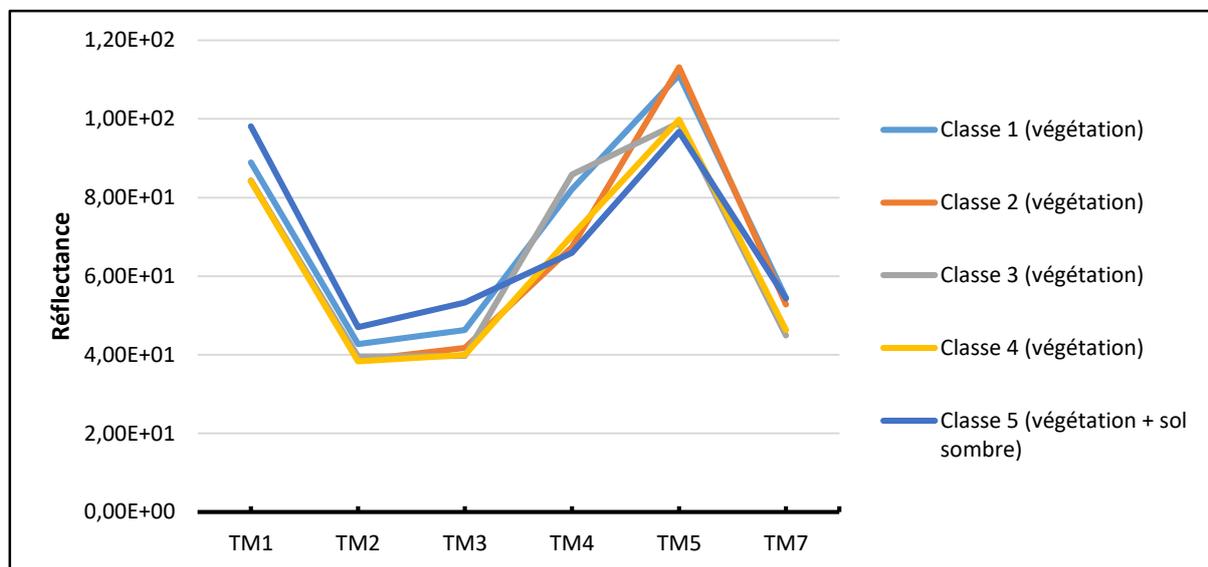


Figure 65 : Courbes radiométriques du masque de la classe 1

Après vérification et correction, nous avons obtenu 6 cartes – les « images » présentées ci-dessus - correspondant aux différents masques.

La carte finale d'occupation du sol de l'agglomération dakaroise est le résultat du regroupement de ces six « images » (Fig. : 67). Elle est présentée et analysée dans la sous-partie suivante. L'analyse des courbes radiométriques de la carte d'occupation du sol présente une bonne homogénéité radiométrique de chacune des classes et une bonne correspondance avec les classes thématiques identifiées au départ.

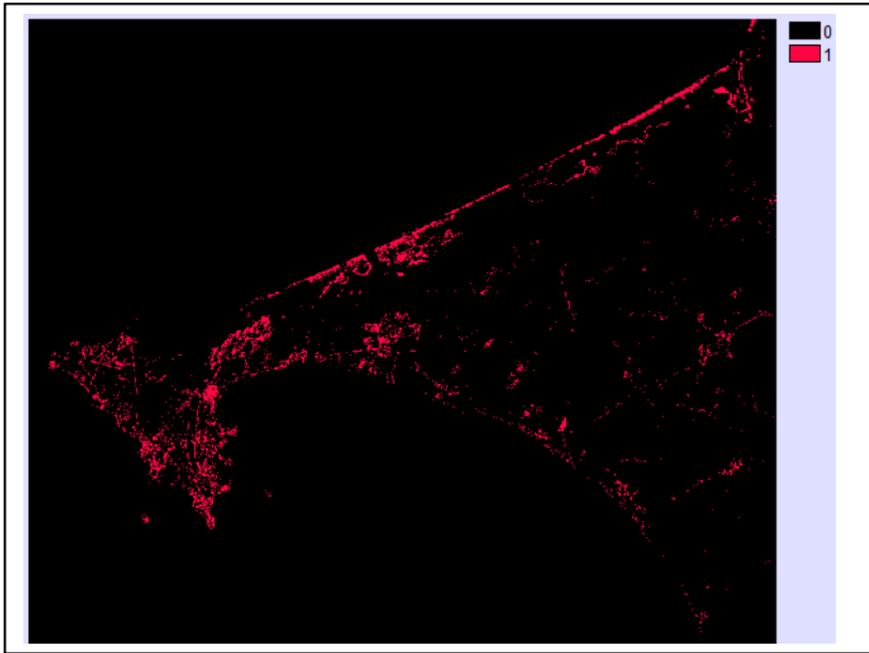


Figure 66 : Création d'un masque et réaffectation des pixels mal attribués pour obtenir des classes homogènes

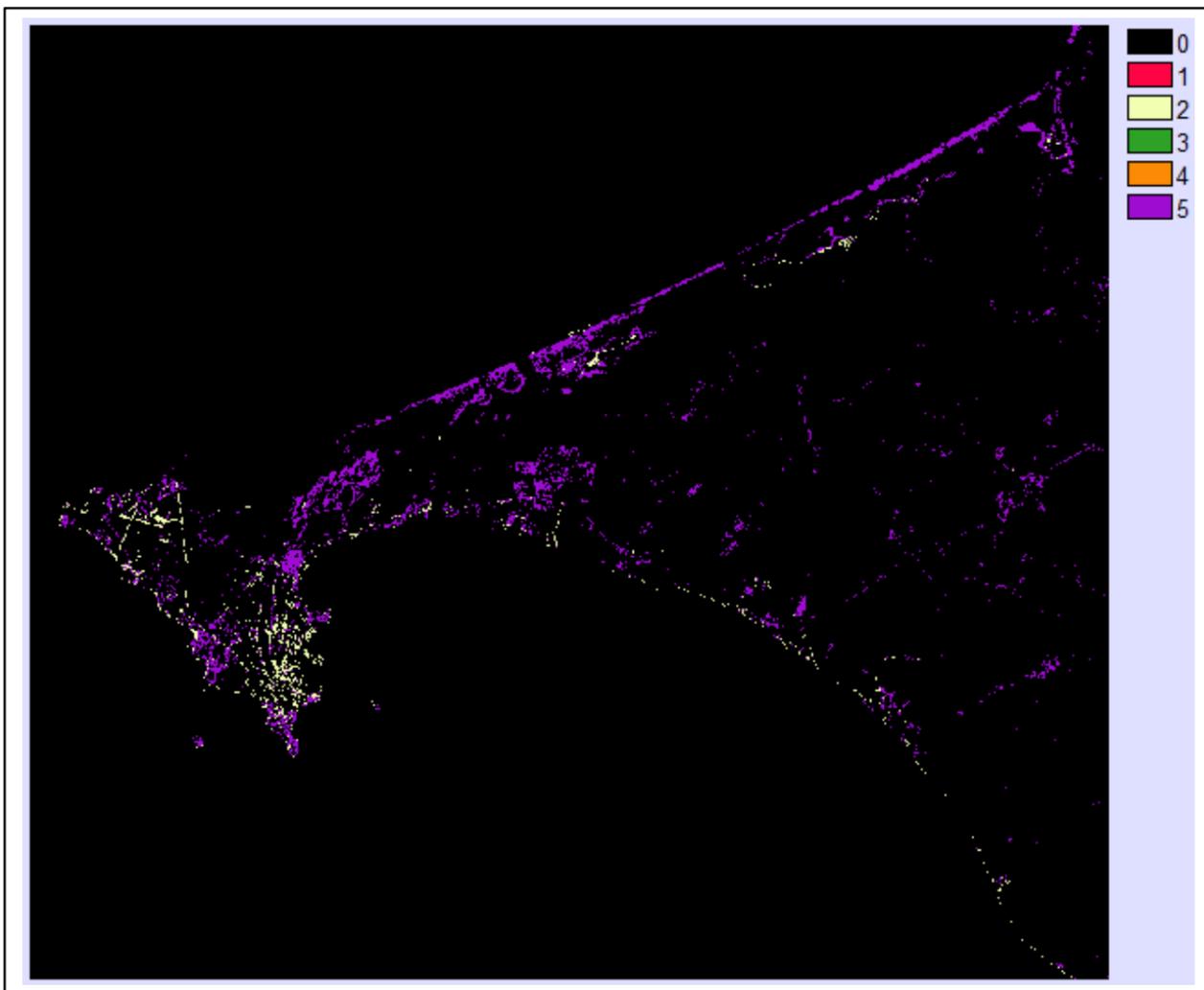
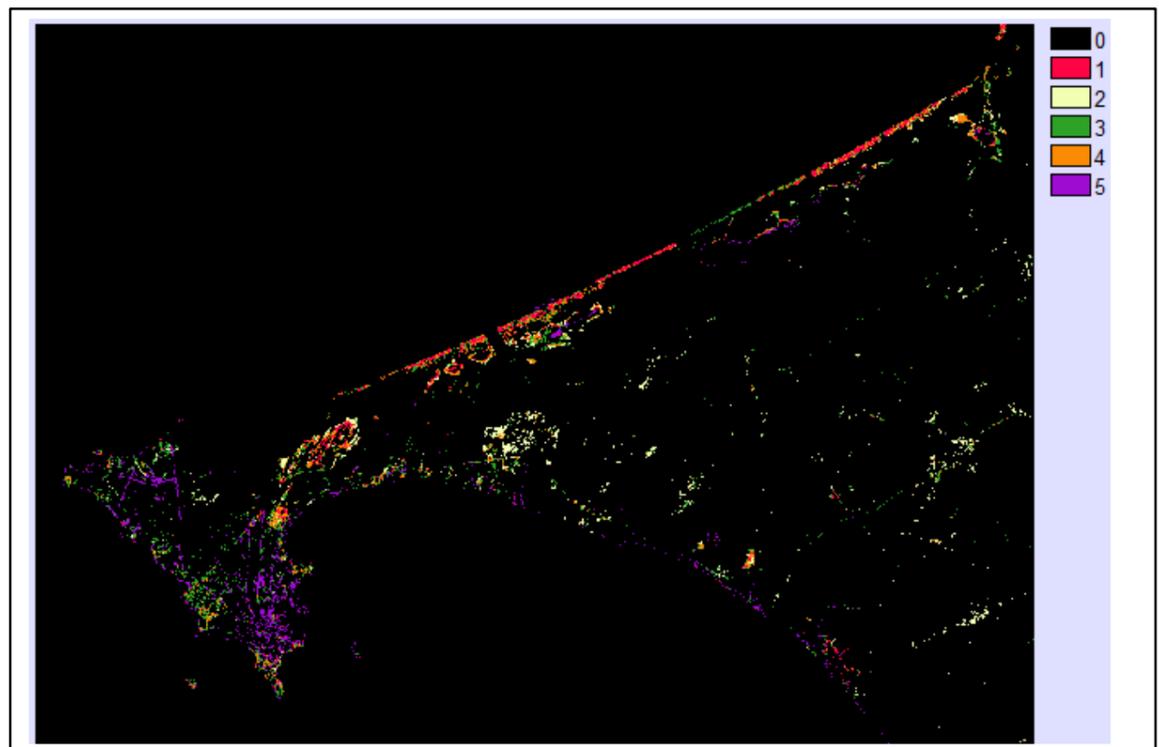
Masque classe 9 :
contient de la
végétation et du
bâti.

Classification non dirigée
par emboîtement
(Kmeans) en 5 sous-
classes.

Légende :

Végétation : 1, 2, 3 et 4

Surface bâtie : 5



Carte d'occupation à deux classes
issue du regroupement des sous-
classes aux radiométries identiques :

Végétation : 5

Surface bâtie : 2

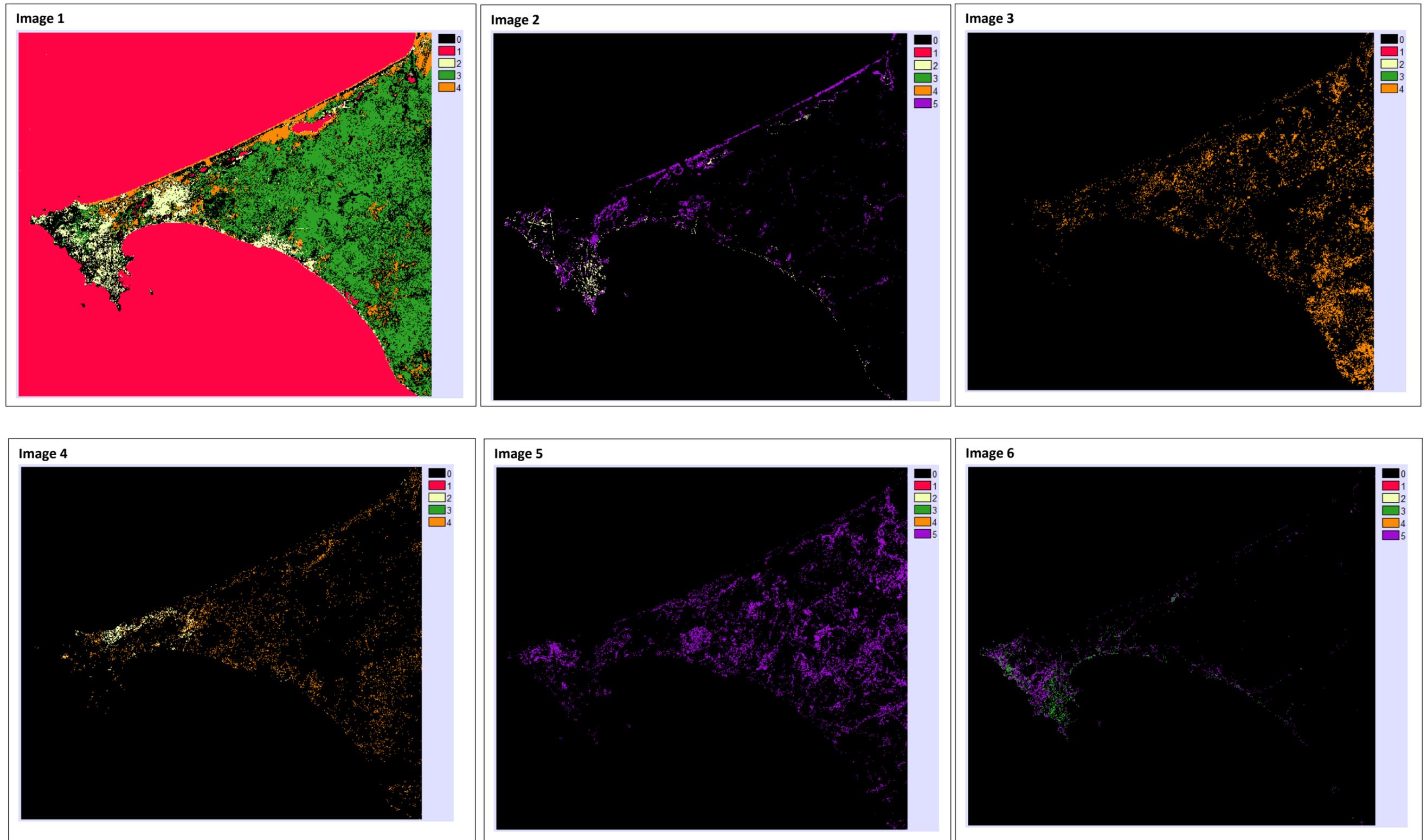


Figure 67 : Images traitées devant servir à la création de la carte finale d'occupation du sol de la scène de l'agglomération dakaroise de 1990

2. L'occupation du sol dans l'agglomération dakaroise de 1973 à 2017 : des changements dans l'utilisation de l'espace urbain

Cette sous-partie (2) présente les résultats cartographiques et statistiques pour prendre connaissance, à trois dates (1973, 1990 et 2017), de l'état de l'occupation du sol dans l'agglomération dakaroise (Fig. : 68). La connaissance du terrain permet de mettre en évidence les évolutions enregistrées sur les cartes en relation avec l'utilisation de l'espace urbain. Je procéderai chronologiquement, d'abord par la scène de 1973 (2.1) puis celle de 1990 (2.2) pour finir avec celle de 2017 (2.3). La carte de 2017 coïncide avec mon travail de terrain ce qui m'a permis d'établir en amont une liste de zones prioritaires à visiter et d'améliorer mon questionnaire sur les causes et les conséquences des changements de la végétation qui sont observés sur les cartes de 1973 et de 1990. Cette phase conduit à la cartographie des changements de l'occupation du sol (3).

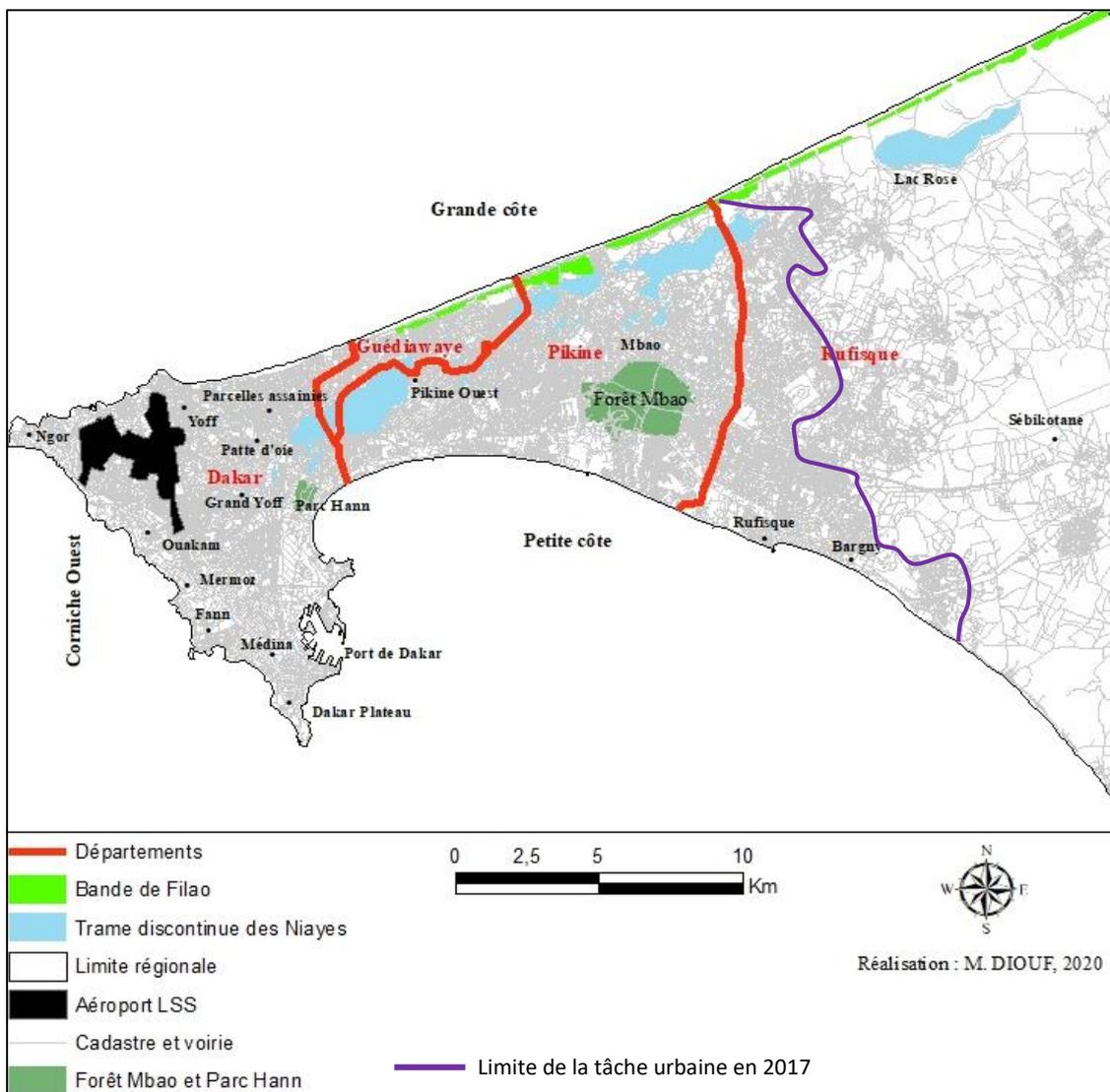


Figure 68 : L'organisation de l'agglomération dakaroise

2.1 L'occupation du sol dans l'agglomération dakaroise en 1973

Cette scène de 1973 a été traitée avec la méthode et les techniques exposées dans la figure 59 pour l'image de 1990. Après des prétraitements et des traitements identiques, nous obtenons les courbes radiométriques et la carte présentant l'occupation du sol de Dakar en 1973. Sur cette image plus ancienne et de moins bonne résolution, il n'y a que 4 canaux analysés.

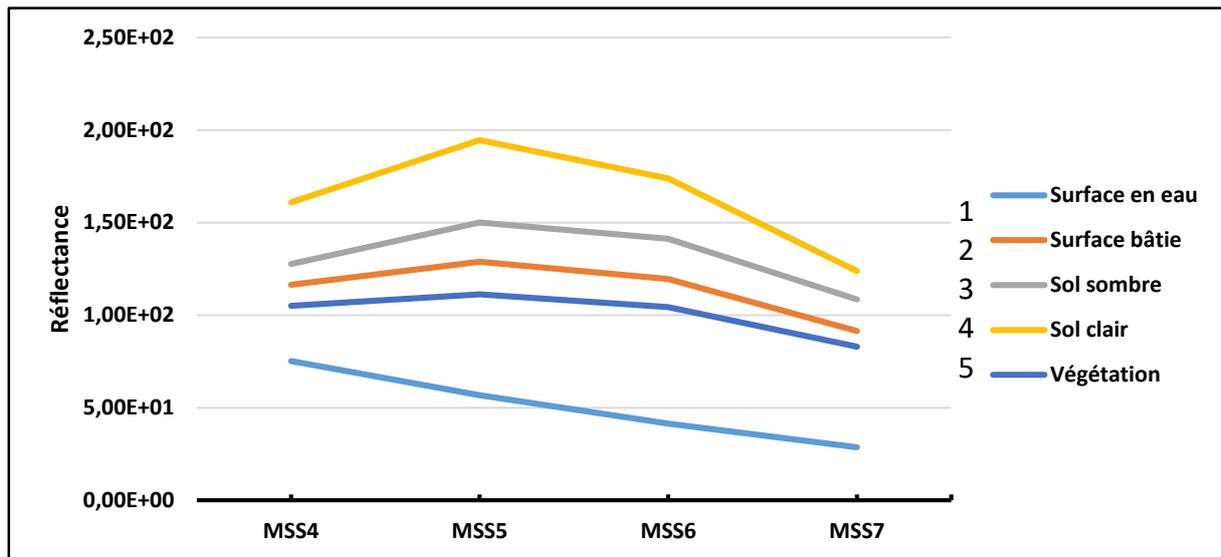
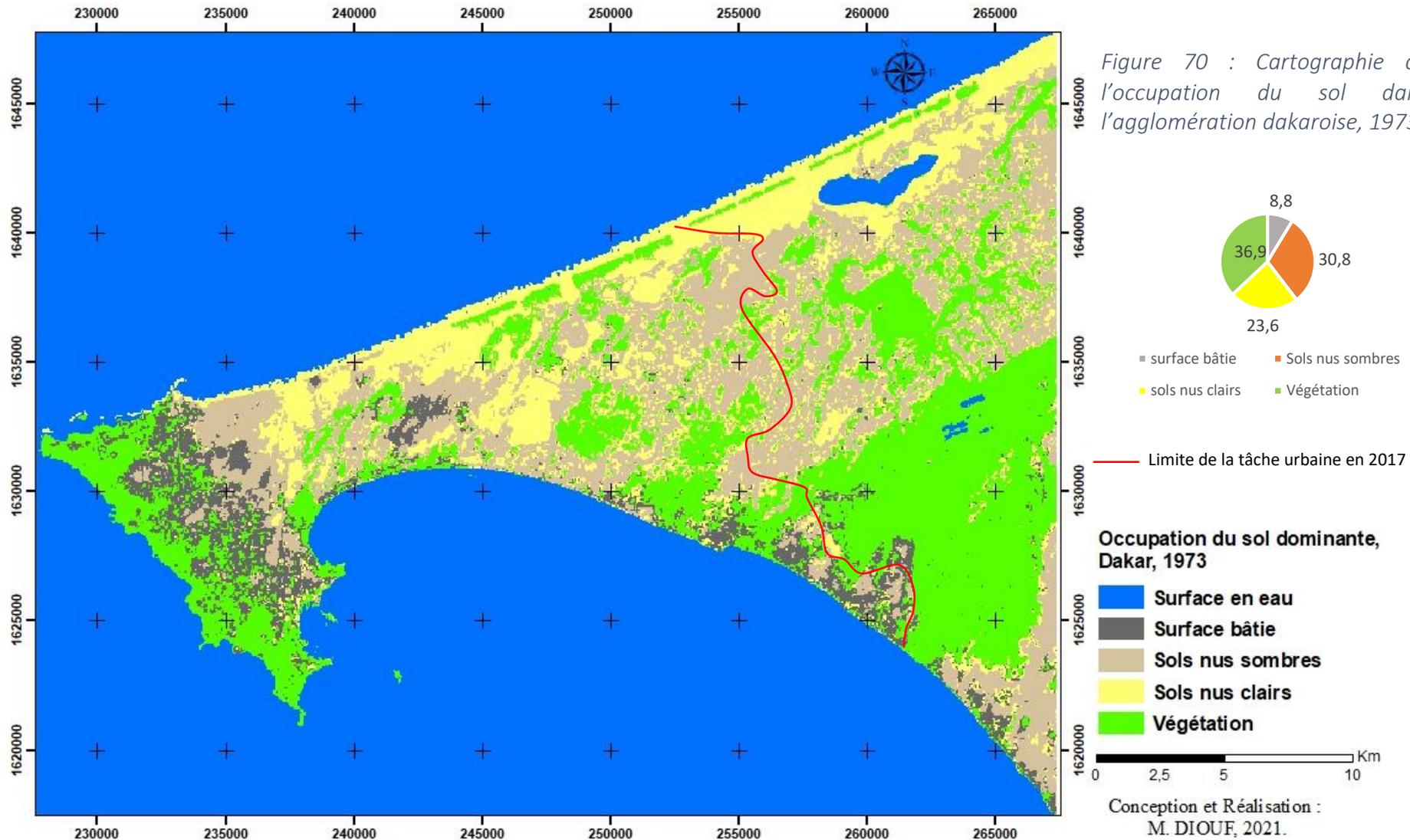


Figure 69 : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol de Dakar, 1973

L'interprétation des courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol de 1973 (Fig. : 69), permet d'identifier la courbe 5 à la classe où la végétation est exclusive ou dominante. Elle possède des valeurs de réflectance moyennes sur l'ensemble des canaux. Les courbes 3 et, dans une moindre mesure, 4 enregistrent de fortes valeurs de réflectance sur la totalité des canaux et elles semblent respectivement correspondre aux sols nus sombres et aux sols nus clairs. La courbe 2, avec des valeurs radiométriques moins élevées que la classe des sols nus sombres, correspond aux surfaces où le bâti prédomine nettement. La courbe 1 représente la classe en eau avec de très faibles valeurs radiométriques sur l'ensemble des canaux.



En 1973, dans une agglomération alors beaucoup moins étendue, l'occupation du sol est marquée par la forte emprise spatiale des surfaces majoritairement végétalisées, celles-ci représentaient près de 36,9 % des surfaces continentales (hors surfaces en eau), soit une superficie de près de 17 208 ha (Fig. : 77). Les principales zones où la végétation est, exclusive ou très dominante sont (Fig. : 70) :

- le long de la corniche ouest où cette végétation correspond soit à des zones pas encore urbanisées, soit à des quartiers où les jardins occupent une place prépondérante ;
- sur la Grande Côte (au nord) avec la bande végétale de Filao (*Casuarina equisetifolia*) plantée avant et après l'indépendance pour empêcher l'avancée des sables éolisés en haut de la plage et stabiliser ainsi le trait de côte ;
- dans les Niayes notamment celles de Pikine où l'agriculture est alors pleinement fonctionnelle ;
- au parc Hann, dans la forêt de Mbao ;
- la partie sud-est de l'agglomération ne s'étend pas encore jusqu'au département de Rufisque, où la végétation est encore bien présente comme au niveau du périmètre maraîcher de Sébikhotane.

Cette présence importante de la végétation dans l'agglomération dakaroise est moins liée à la période humide (1950-1969) marquée par une pluviosité conséquente (Sarr, 2009 ; Fall, 2014) qu'à la pression urbaine encore modérée à Dakar, dont le tissu urbain était loin d'avoir complètement gagné la presqu'île du Cap-Vert et de former une agglomération continue jusqu'à Pikine, à Guédiawaye et à Rufisque (Fig. : 70).

En effet, les surfaces bâties n'occupaient alors que moins de 9 % de la surface continentale, couvrant une superficie de 4 081 ha (Fig. : 77). Les espaces bâtis étaient essentiellement établis sur la partie ouest de l'agglomération où l'on retrouve d'anciens quartiers comme Médina ou Dakar Plateau où les jardins et donc la végétation recouvrent des superficies/surfaces importantes. Yoff et Ouakam n'étaient alors encore que des villages de pêcheurs Lébous, à l'époque séparés de la plage de la corniche ouest par un espace de végétation dominante et homogène tandis que, au sein de ces quartiers et ces villages, la végétation était disséminée. Vers l'intérieur, le quartier populaire de Pikine se dessine, alors que, sur la Petite Côte, Rufisque est déjà un noyau urbain important (ville coloniale plus ancienne que Dakar), de même que Bargny. Le Grand Dakar, tel que délimité après l'Indépendance en 1964, s'étend pourtant déjà jusque-là.

La carte de l'occupation du sol permet également d'observer des zones de sols nus clairs recouvrant environ 23 % des surfaces continentales (environ 10 985 ha ; Fig. : 77) incluses le plus souvent, maintenant, dans l'agglomération. Elles sont localisées notamment près de la Grande Côte ce qui peut correspondre aux bandes de sables éolisés et de dunes.

Les surfaces correspondant à des sols sombres occupaient, quant à elles, un peu plus de 30 % des surfaces continentales (14 348 ha). Les sols nus clairs majoritairement présents au sein du tissu bâti de l'agglomération et le long de la Grande Côte correspondent à du sable sans aucune utilisation avec parfois une couverture herbacée sèche alors que les sols sombres plus présents sur les marges rurales sont utilisés comme champs ou ont une couverture herbacée, sans activité chlorophyllienne, donc non détectable en saison sèche.

Par ailleurs, sur le continent, les surfaces en eau sont limitées. La principale est le Lac Rose, dont on observera l'évolution de la superficie sur les images de 1990 et 2017, en relation avec les périodes sèches. En revanche, les mares de la zone humide des Niayes ne sont pas discernables à cette échelle et avec ce degré de résolution.

2.2 L'occupation du sol dans l'agglomération dakaroise en 1990

L'étude des courbes radiométriques pour 1990 (Fig. : 71), effectuée dans la sous-partie précédente, permet d'identifier les surfaces en eau (courbe décroissante avec de faibles valeurs de réflectance à partir du TM2), les surfaces bâties dominantes (courbe globalement croissante, augmentant légèrement à partir du TM2), les sols nus clairs (courbe également croissante avec de fortes valeurs de réflectance sur la totalité des canaux, un pic sur le TM4, TM5 et le TM6, plus faibles sur le TM7), les sols nus sombres (même allure que celle des sols clairs, mais avec des valeurs de réflectance moins fortes), et, enfin, la courbe des surfaces végétalisées (végétation dominante sur le pixel), avec son pic moyen de valeurs de réflectance dans le proche infrarouge, caractéristique d'une couverture végétale plus ou moins dense.

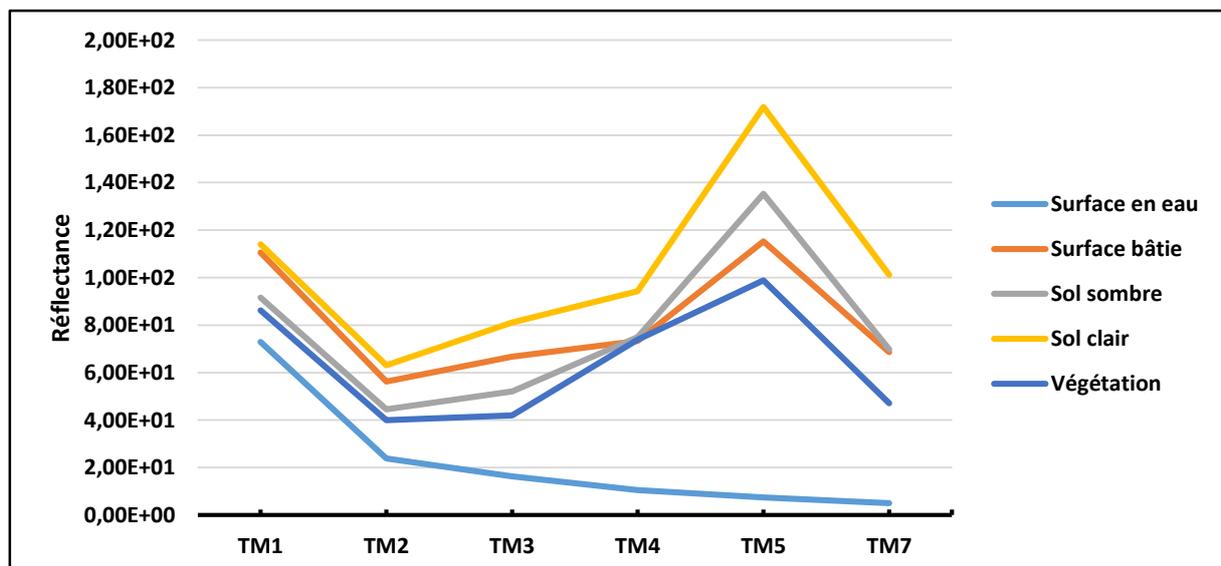


Figure 71 : Courbes radiométriques de la carte finale d'occupation du sol de Dakar, 1990

Sur la carte de l'occupation du sol de 1990 (Fig. : 72), la couverture végétale apparaît moins importante et plus disséminée par rapport à la carte d'occupation du sol de 1973, même si l'on y retrouve les grands secteurs homogènes en végétation. Il s'agit des quartiers situés à l'ouest de l'agglomération, près de la corniche, les Niayes, le parc de Hann, l'aéroport international Léopold Sedar Senghor à Yoff, la forêt de Mbao et la bande de Filao le long de la Grande Côte. Effectivement, les secteurs en végétation dominante voient leur superficie reculer à 9 292 ha ce qui ne représente plus que 20,4% de la zone cartographiée hors surface en eau en 1990 (Fig. : 77). La carte fait bien apparaître le basculement d'un grand nombre de pixels où la végétation dominait en 1973 comme des surfaces où domine, en 1990, le bâti dans la trame urbaine continue et les sols nus sur les marges rurales de l'agglomération.

Les zones bâties en 1973 se sont densifiées et étendues depuis la partie centrale de l'agglomération vers l'est de la presqu'île du Cap Vert. La densification est forte dans les quartiers déjà anciens de Grand Dakar, de la Médina, de Dakar Plateau, des quartiers de Ouakam et Yoff sur la côte ouest. Le bâti a également progressé (extension spatiale vers l'Est de la presqu'île du Cap Vert) dans les quartiers populaires et périphériques, à Guédiawaye (créé en 1967), à Parcelles Assainies et sur la commune de Pikine, entre les Niayes de Pikine et la forêt de Mbao (Fig. : 72). Les superficies en bâti dominant occupaient en 1990 près de 6 107 ha soit 13,4% des surfaces continentales de la zone cartographiée (Fig. : 77).

On notera que les surfaces en eau sur le continent sont plus apparentes notamment au niveau des Niayes, ce qui interroge sur les dates des images et leur place dans une saison sèche plus ou moins marquée. Cela relativise en tout cas la valeur des pourcentages – indicatifs – donnés. Les classes thématiques des sols nus sombres et des sols nus clairs couvrent respectivement 21 370 ha et 8 877 ha de la zone traitée (Fig. : 77).

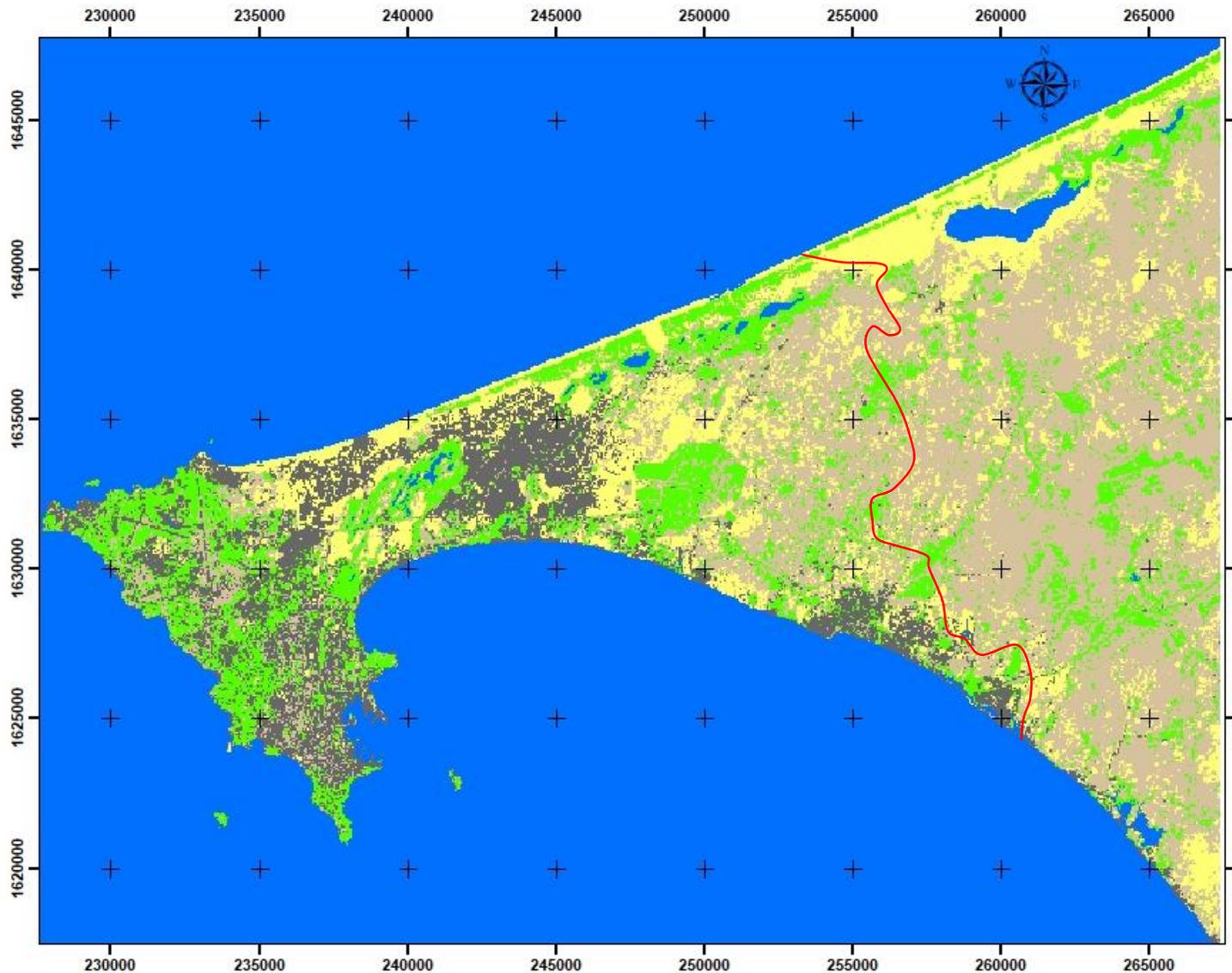
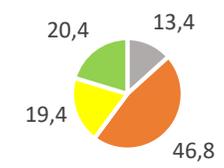


Figure 72 : Cartographie de l'occupation du sol de l'agglomération dakaraise, 1990

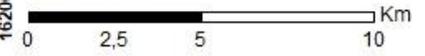


- surface bâtie
- sols nus sombres
- sols nus clairs
- Végétation

— Limite de la tâche urbaine en 2017

Occupation du sol dominante, Dakar, 1990

- Surface en eau
- Surface bâtie
- Sols nus sombres
- Sols nus clairs
- Végétation



Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.

2.3 L'état de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise en 2017

La figure 73 montre des courbes radiométriques conformes aux scènes de 1973 et 1990, bien que les contrastes entre les courbes soient moins prononcés notamment sur les premiers canaux. Cela assure d'une bonne comparabilité entre les trois cartes de l'occupation du sol produites.

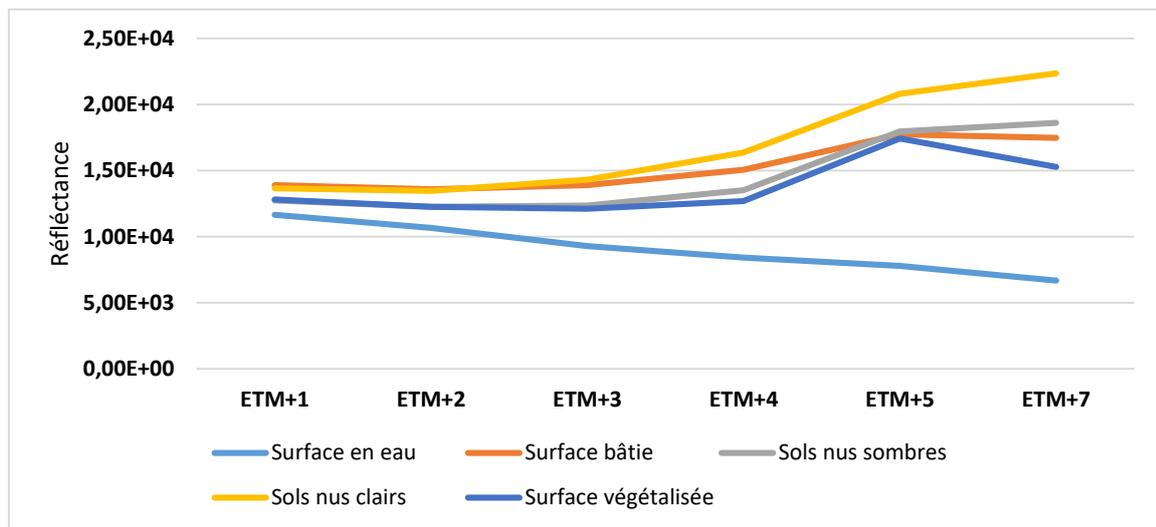


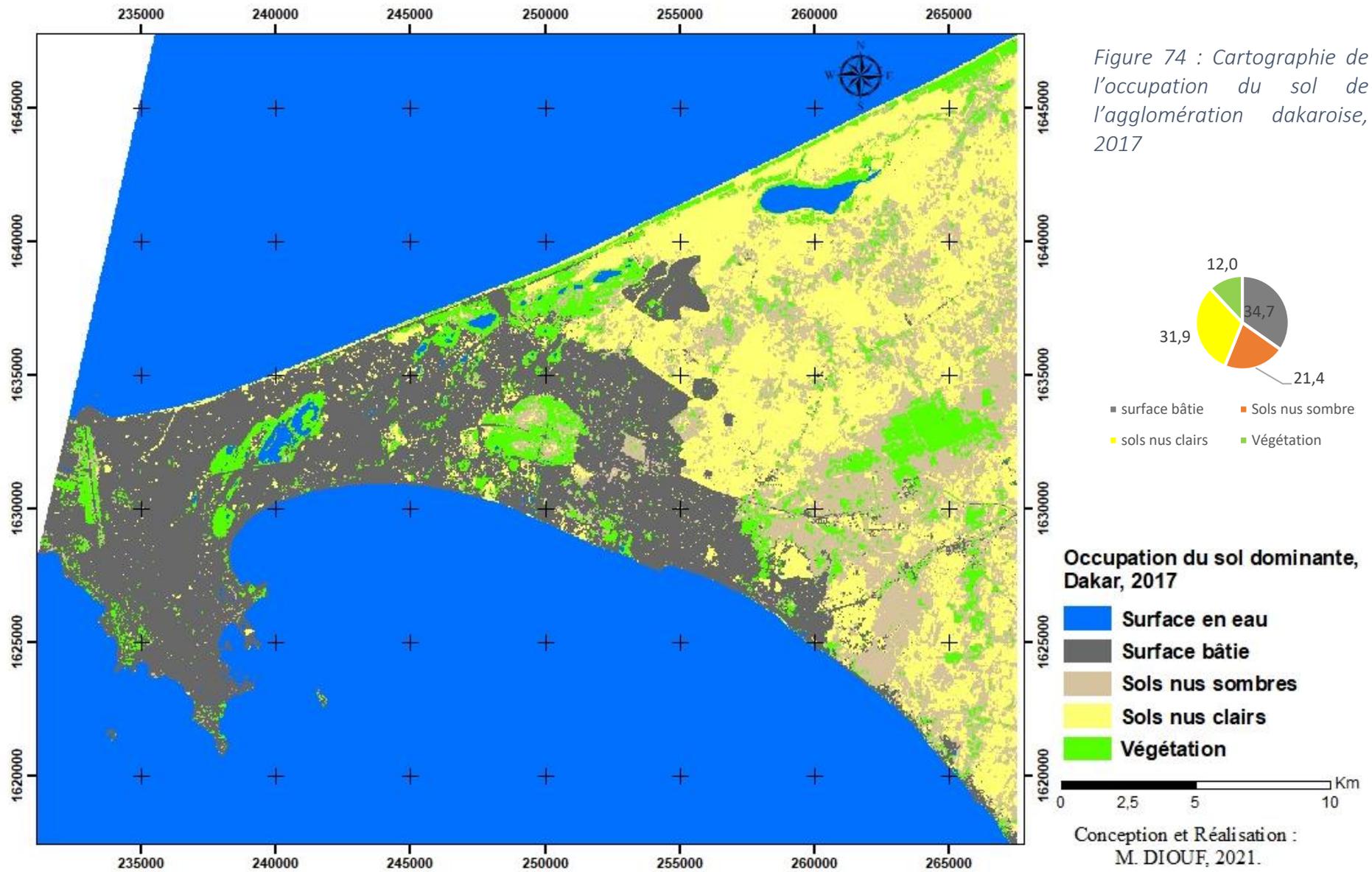
Figure 73 : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol de Dakar, 2017

La carte de l'occupation du sol de 2017 (Fig. : 74) révèle principalement à nouveau une nette progression des surfaces bâties. Cette progression des surfaces bâties connaît un double mouvement, d'extension et de densification. Les départements de Dakar, de Guédiawaye et de Pikine se sont fortement densifiés sur la carte de 2017. L'agglomération dakaroise s'étend maintenant nettement en dehors de la presqu'île du Cap Vert dans le département de Rufisque. Ces surfaces bâties s'étendent maintenant sur 35 % des surfaces continentales, soit une superficie de plus de 15 747 ha (Fig. : 77). Sur cette scène, la pointe de l'image est coupée, mais le travail de terrain a permis de confirmer que cet espace est densément bâti en 2017.

À l'intérieur de la trame urbaine à la fois continue et dense, les seuls espaces non bâtis de l'agglomération dakaroise sont maintenant les secteurs homogènes en végétation des Niayes notamment de Pikine, de l'ancien aéroport civil Léopold Sedar Senghor devenu aéroport militaire, du parc de Hann et de la forêt de Mbaou. On peut aussi citer le secteur du périmètre maraîcher de Sébikhotane, du secteur du campus de l'Université Cheikh Anta Diop et du centre hospitalo-universitaire de Fann. Les secteurs en végétation dominante représentent, en 2017, près de 5 407 ha (près de 12 % des surfaces continentales), traduisant un net recul. Cela souligne aussi le fait que l'urbanisation accélérée de la presqu'île du Cap Vert et du nord de la Petite Côte s'est très peu accompagnée d'opérations d'urbanisme incluant des parcs et espaces verts en contexte sénégalais. La légère reprise des précipitations

depuis le début des années 2000, a peu d'effet dans ce secteur, la pluviosité n'étant plus le facteur majeur sur l'évolution du couvert végétal en milieu urbain.

Les autres unités de l'occupation du sol en 2017 de l'agglomération se répartissent de la manière suivante (Fig. : 77) : les sols nus clairs 32 % (14 458 ha) et les sols nus sombres 21 % (9 754 ha). Ces superficies de sols nus n'existent plus dans les zones situées au sein de l'agglomération, mais se retrouvent exclusivement sur ses marges rurales, témoignant de l'accélération de l'urbanisation.



3. Cartographie des changements dans l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise

Cette sous-partie met principalement en exergue les principaux changements affectant l'occupation du sol en général, et en particulier la végétation de l'agglomération dakaroise.

Les cartes des changements nous permettent d'identifier et de localiser les évolutions enregistrées au sein de chaque type d'occupation du sol entre plusieurs dates, dans un premier temps entre 1973 et 1990 (3.1) et dans un second temps entre 1990 et 2017 (3.2). Le paysage mis en relation avec les évolutions de l'utilisation du sol devient alors le principal indicateur des changements.

3.1 Cartographie des changements enregistrés sur l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise de 1973 à 1990

Pour réaliser la carte des changements de l'occupation du sol de 1973 à 1990 (Fig. : 75), nous avons ré-échantillonné (Chapitre 4) la carte finale de l'occupation du sol de 1973 de l'agglomération dakaroise, en ramenant la résolution spatiale de la scène de 1973 qui est de 60 m à celle de la scène de 1990 à savoir 30 m. Le ré-échantillonnage a permis d'harmoniser la résolution spatiale des deux cartes de l'occupation des sols afin de les superposer sans difficulté. Cette opération est réalisée avant l'étape de traitement des images. Elle ne sera pas nécessaire pour créer la carte des changements de l'occupation du sol de 1990 à 2017 car les deux scènes ont la même résolution spatiale : 30 m.

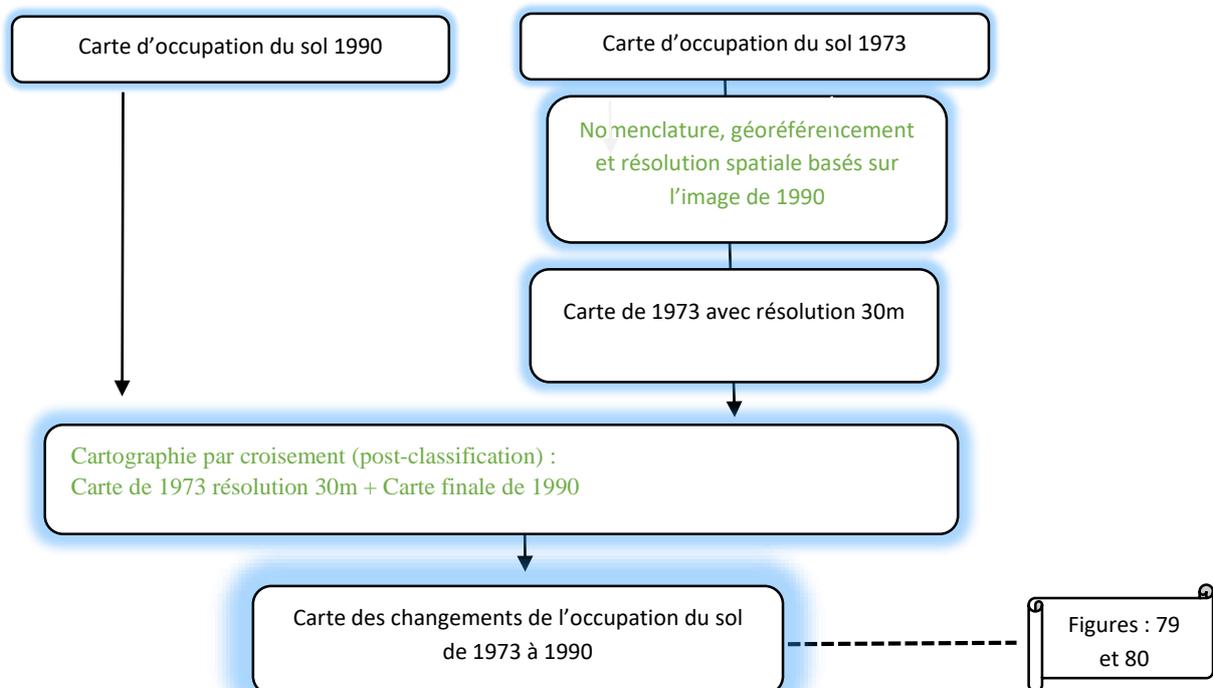


Figure 75 : Processus de cartographie des changements de l'occupation du sol

Pour dresser la carte des changements, les classes doivent être recodées afin d'additionner les différentes cartes d'occupation du sol (Andrieu, 2008). Les cinq premières valeurs (1, 2, 3, 4, 5) ont été respectivement attribuées aux classes surface en eau, surface bâtie, sols nus sombres, sols nus clairs et surface végétalisée à l'issue des traitements sur la prise de vue de 1973. Le codage des classes équivalentes obtenues à partir de la prise de vue de 1990 a été effectué en multipliant par 10 les codes précédents (10, 20, 30, 40, 50) (Fig. : 76). En effet, l'analyse spatio-temporelle de l'occupation du sol nécessite une nomenclature qui soit applicable à l'ensemble des cartes finales retenues pour la production des cartes des changements.

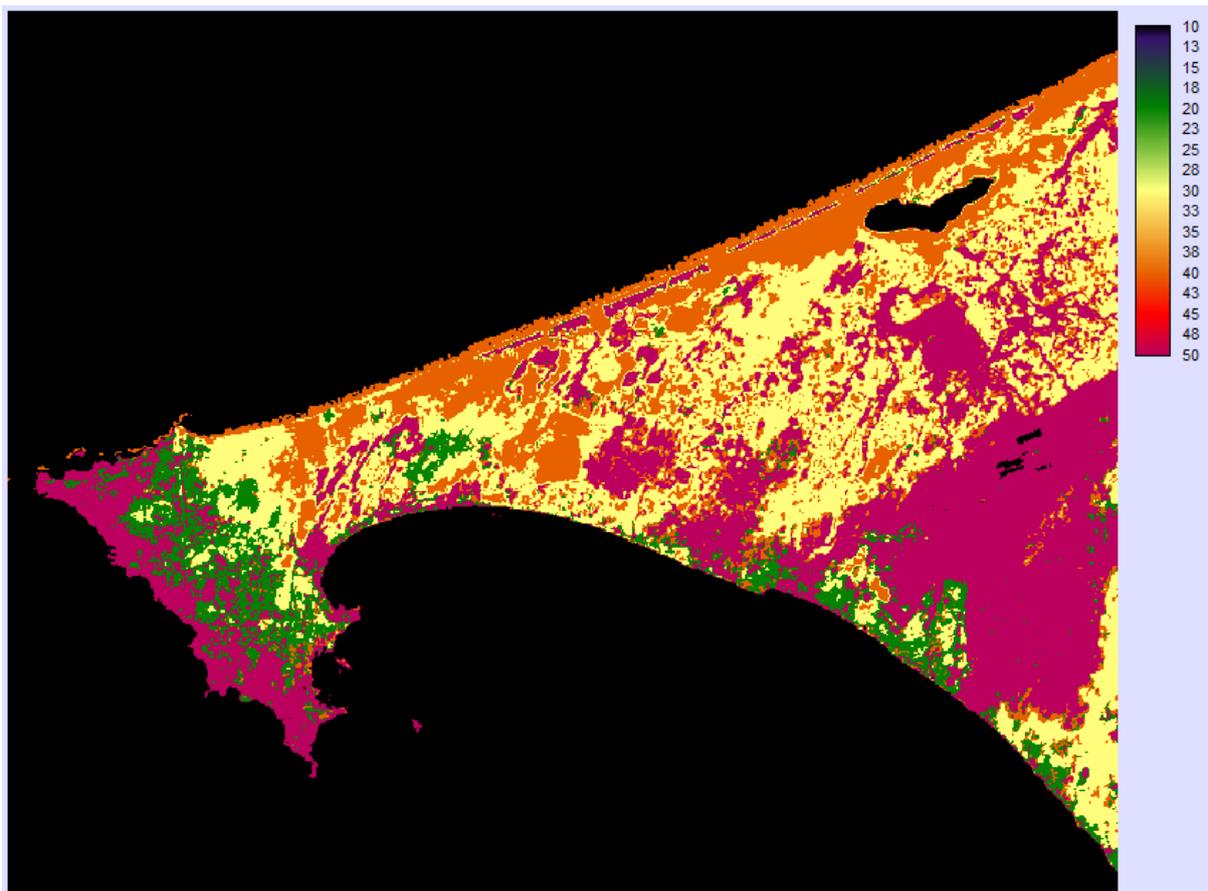


Figure 76 : la carte d'occupation du sol projetée de 1973 et multipliée par 10

Les différentes cartes présentent des changements, des modifications et de zones de stabilité pour les thèmes de l'occupation du sol. Les modifications correspondent à des évolutions internes à la classe sans pour autant qu'il y ait changement d'état pour le pixel concerné, elles ne sont mentionnées que pour rappel. Les changements correspondent à une réelle mutation d'état de surface comme par exemple passer d'une surface de sol nu à une surface de bâti dominant. Les zones de stabilité correspondent aux espaces où il n'y a pas changement de l'état de surface (voir des exemples dans le chapitre 4 et la sous partie 5). Le

bilan chiffré ne concerne que les surfaces continentales, les surfaces en eau ont été retirées pour plus de clarté dans le bilan mais aussi elles ne sont pas dans les thèmes de ce travail

Le bilan chiffré comporte des marges d'erreurs que les étapes de classification aussi rigoureuses soient elles ne permettent pas d'éliminer complètement. En effet, pendant l'affectation des pixels aux classes respectives, quelques-uns peuvent être mal affectés du fait de leur forte similarité radiométrique. De ce fait, nous avons utilisé des images de haute résolution de Google Earth en zoomant sur quelques zones pour montrer, d'une part, les principaux changements qui affectent le couvert végétal. Et d'autre part, les différentes formes de végétation qui découlent des évolutions de l'occupation du sol et de la redistribution de la végétation dans les villes d'étude.

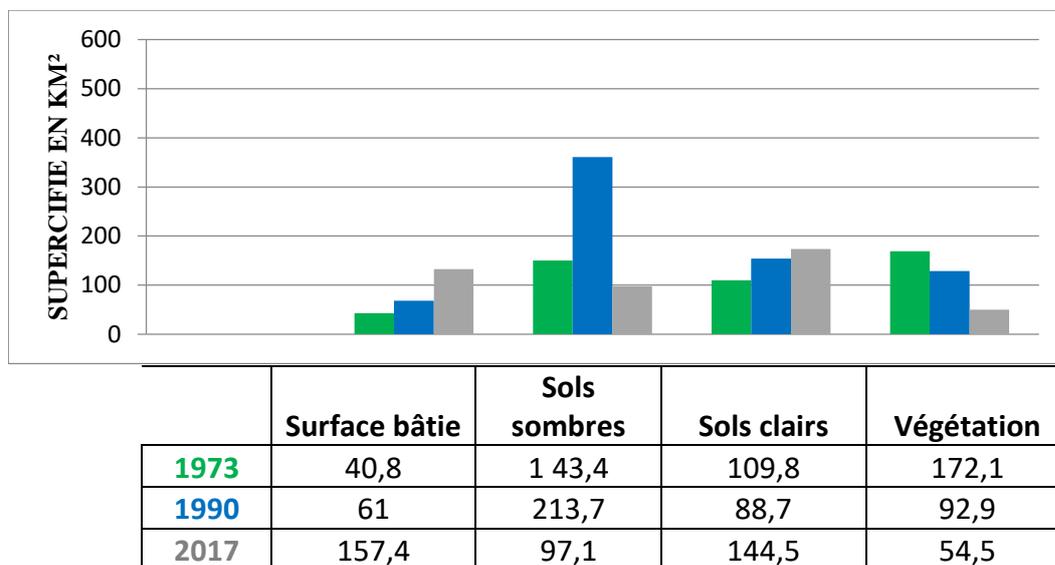


Figure 77 : Évolution de l'emprise spatiale des types d'occupation du sol dans l'agglomération dakaroise entre 1973 et 2017 (superficie en KM²)

Une liste de 9 classes (Tableau 15) indiquant les changements (c'est-à-dire conversion d'un pixel d'un thème de la nomenclature à un autre, marquant donc une progression) ou la stabilité des types paysagers a été retenue après fusion (voir chapitre 4, méthode pour la réalisation des cartes de changements) des cartes finales de 1973 et de 1990 afin de dresser la carte des changements de cette période. Une autre liste de 3 classes (Tableau 15) a été également retenue de façon à faire ressortir les changements affectant uniquement la végétation, objet de notre thèse. La nomenclature de ces deux listes de classes est la même pour la période 1990-2017.

Tableau 15: Liste des classes retenues pour la réalisation des cartes de changements de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise, 1973-1990 et 1990-2017

Evolution des classes de l'occupation du sol	
Classe 1	Progression surface bâtie
Classe 2	Progression végétation
Classe 3	Progression sols nus clairs
Classe 4	Progression sols nus sombres
Classe 5	Stabilité végétation
Classe 6	Stabilité surface bâtie
Classe 7	Stabilité surface en eau
Classe 8	Stabilité sols nus clairs
Classe 9	Stabilité sols nus sombres
Evolution du couvert végétal	
Classe 1	Régression de la végétation
Classe 2	Progression de la végétation
Classe 3	Stabilité de la végétation

Ceci étant clarifié, les cartes des changements de l'occupation du sol obtenues révèlent globalement une progression des surfaces bâties (Fig. : 79) et une régression des superficies en végétation (Fig. : 80) entre 1973 à 1990. Les effets de l'urbanisation sur le recul de la végétation étaient attendus, mais on notera également un recul plus inquiétant de la végétation sur les marges rurales de l'agglomération. Ces secteurs de régression de la végétation identifiés sur la carte sont principalement situés au sud-est et à l'est de l'agglomération plus précisément dans le département de Rufisque très faiblement bâti, vers Sébikhotane et Diamniadio. On y observe un changement des surfaces couvertes par une végétation cultivée en sols nus sombres dominants. C'est sûrement l'une des conséquences de la très faible pluviosité de cette période avec des années extrêmement déficitaires dont les plus aigües sont celles de 1973/74 et de 1983/84. En 1973, les activités de maraichage se retrouvent à l'intérieur des périmètres irrigués et également dans les périmètres non irrigués grâce notamment aux bassins de rétention utilisés comme ressource hydrique. Sur l'image, ces espaces irrigués présentent ainsi une forte activité chlorophyllienne grâce à l'irrigation des plantes. L'image de 1990 traduit le déficit hydrique par la présence de sols nus sombres dans les espaces non irrigués. En effet, les bassins de rétention (qui permettaient d'arroger les périmètres non irrigués) se sont vidés à cause de la baisse de la pluviosité et de l'intensification des activités. Ces sols nus sombres sont très souvent couverts par un tapis herbacé assez

ouvert qui n'a pas en saison sèche une activité chlorophyllienne suffisante pour être détectable sur les images (Fig. : 78).



Figure 78 : Couvert herbacé des sols nus sombres non détectable en saison sèche vers Mbao (Diouf, 2019)

Les secteurs de régression de la végétation à l'intérieur de la trame urbaine concernent des superficies plus petites et plus éclatées. C'est une conversion des surfaces végétalisées principalement vers du bâti dominant.

Le département de Dakar est durant cette période le plus concerné par cette régression à Yoff, à Ngor, à Sicap-Liberté et surtout à Médina et à Dakar-Plateau, quartiers situés vers la pointe Sud marqués par une nette densification du bâti. L'étalement spatial de l'agglomération engendré par la forte hausse démographique explique ce recul de la végétation. C'est, cette fois-ci, un effet indirect de la baisse des précipitations qui a modifié les systèmes socio-économiques, notamment agro-pastoraux (Liéno, 2007), ce qui a entraîné un exode rural massif vers la capitale économique, Dakar (Sarr, 2009). L'augmentation de la population intensifie parallèlement la pression urbaine qui se traduit spatialement par l'extension du bâti et l'artificialisation des sols au détriment des espaces naturels, ici végétaux (Alexandre, 2017). La pression se manifeste également à travers les nombreux prélèvements (feuilles, écorces et racines) sur les végétaux urbains surtout sur les arbres. Ainsi, le couvert végétal a reculé d'environ 12 151 ha de 1973 à 1990 soit 56,7% de la zone continentale cartographiée engendrant une nouvelle redistribution de la végétation à l'intérieur de l'agglomération (Tableau 16B). Celle-ci sera étudiée sur la carte des changements de 1990-2017.

De 1973 à 1990, le couvert végétal a cependant également progressé, sur de petites superficies dispersées dans l'agglomération (4 393 ha, Tableau 16B) localisées, principalement dans les Niayes (dont celles de Pikine), au nord de la forêt de Mbao ainsi que dans les quartiers de Yoff, Grand Yoff, Point E, Patte d'Oie où le bâti n'était pas encore dense. Dans ces quartiers, les surfaces de sols nus ont été converties en surfaces de végétation dominantes qui prennent

les types de végétation suivants : végétation domestique (arbres de cour et de devanture) et plantation d'alignement. Quant aux espaces interstitiels, ils abritent la végétation spontanée. Dans la forêt de Mbao et dans les Niayes de Pikine, la conversion s'est faite en faveur de la végétation cultivée dans les jardins maraichers au détriment d'une première couverture végétale plus dense et essentiellement arborée. Elle se présente sous forme d'agriculture urbaine (Niayes de Pikine) et périurbaine (forêt de Mbao) dans l'agglomération dakaroise qui est le plus grand marché de consommation du pays. La progression de la végétation, 20,5% des surfaces continentales cartographiées, est le résultat, d'une part, des initiatives de plantation d'arbres par les habitants, et d'autre part, du maintien des activités agricoles en ville et à sa périphérie qui sont aussi des sources de revenus non négligeables pour les acteurs qui s'y activent.

La carte (Fig. : 80) présente également des secteurs de végétation qui n'ont pas changé occupant près de 4 898 ha des surfaces continentales traitées. Ils sont principalement situés le long de la corniche Ouest, au sud de la forêt de Mbao, aux Niayes de Pikine, le long de la Grande côte avec ses filaos plantés en bandes et au parc Hann. Par ailleurs, des secteurs homogènes de végétation sont identifiés comme le parc de Hann et la forêt de Mbao grâce à une certaine surveillance par les agents des Eaux et Forêts et des associations de défense de l'environnement en raison de leurs statuts de zones classées et des services écosystémiques rendus.

Les superficies bâties ont aussi fortement progressé notamment dans les départements de Pikine et de Guédiawaye où se limitait en 1973 le tissu urbain continu. On observe une nette extension du bâti des Niayes de Pikine vers la forêt de Mbao (Yeumbeul Sud, Thiaroye, Pikine Sud) et vers la Grande côte (Cambéréne, Parcelles Assainies, Patte d'oie, Grand Yoff, Golf Sud, Sam...) (Fig. : 79). Ces secteurs étaient principalement des sols nus qui ont été transformés en bâti dominant. Par ailleurs, dans le département de Dakar, les superficies des quartiers du Plateau, du Grand Dakar, de la Médina, de Fass et de Gueule Tapée se sont également étendues durant cette période au détriment de la végétation comme déjà explicité.

Cette progression du bâti dans l'agglomération dakaroise est estimée à 4488 ha de 1973 à 1990 soit 9,8 % de la surface continentale traitée (Tableau 16A). Des superficies en bâti stable qui progressivement se densifient ont également été identifiées dans le département de Dakar. Elles ont engendré une dissémination dans le tissu urbain de la végétation dont nous verrons dans la 3^e partie si est-ce la végétation qui est conservée ou est-ce une autre végétation artificielle et replantée qui apparait ?

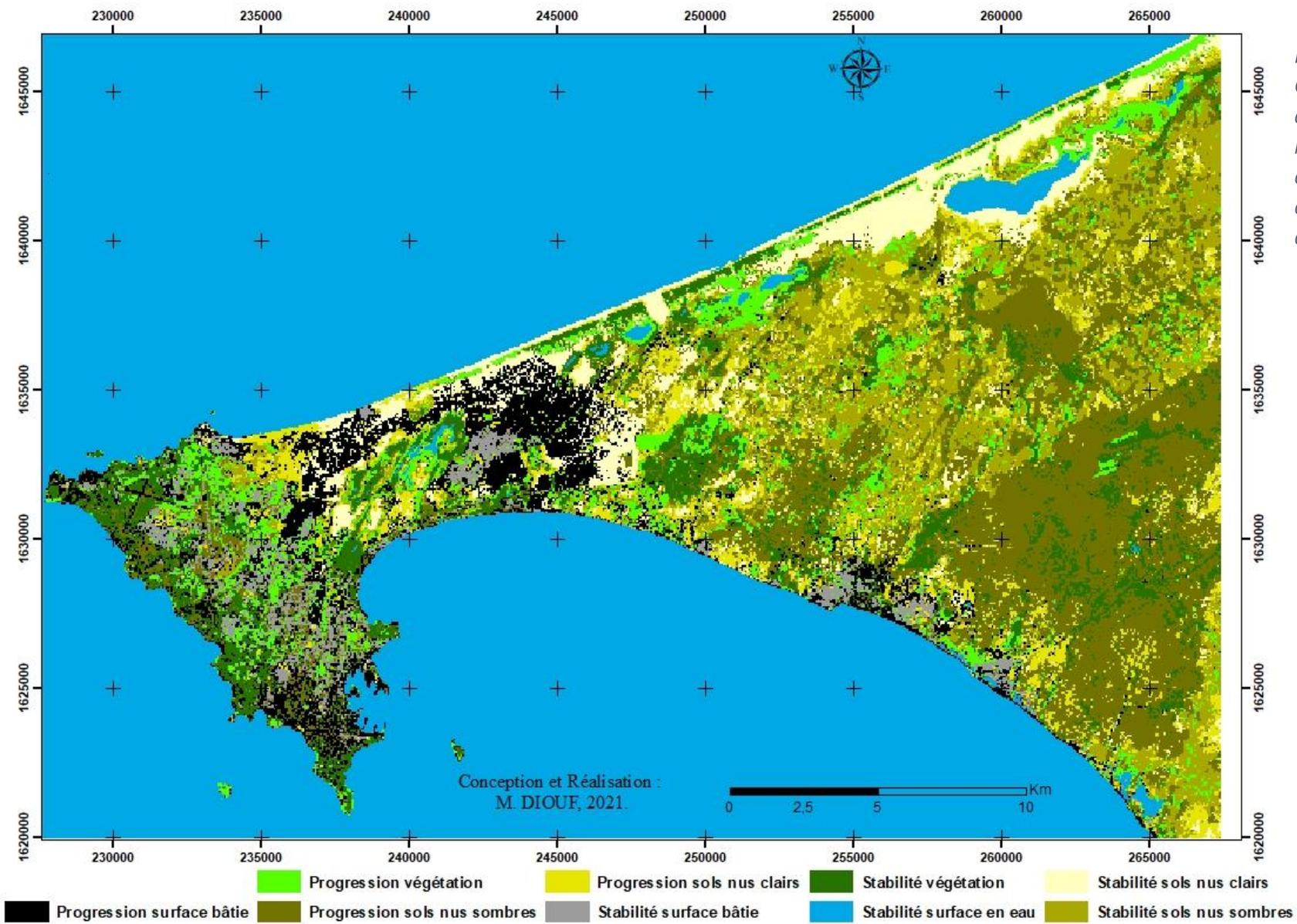
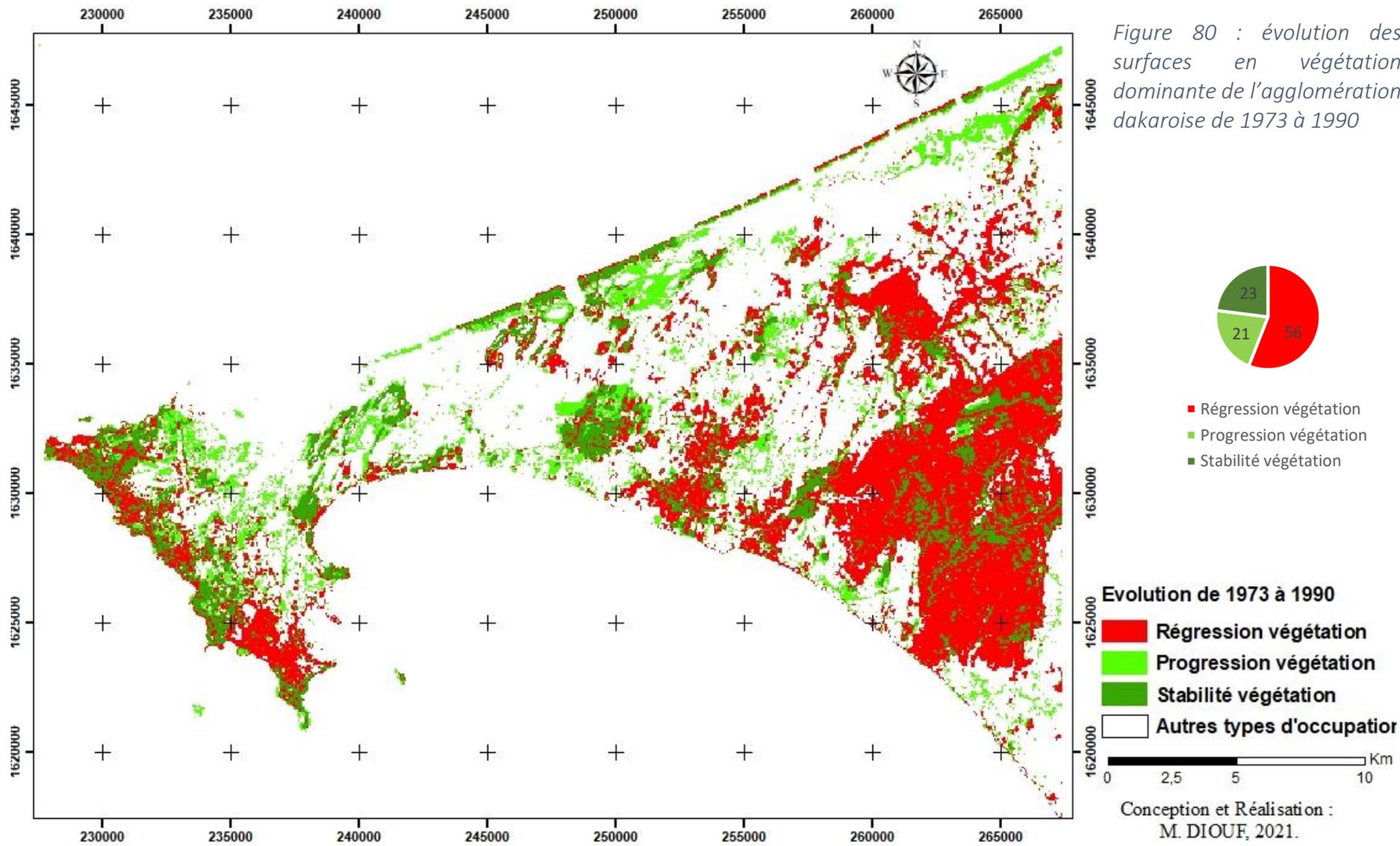


Figure 79 :
Cartographie des changements de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise de 1973 à 1990



3.2 Cartographie des changements intervenus dans l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise entre 1990 et 2017

La carte des changements de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise met en évidence deux principales tendances déjà observées sur la précédente période 1973-1990 qui se sont confirmées en s'accroissant davantage dans la période 1990-2017. Il s'agit de la tendance progressive des surfaces bâties (Fig. : 84) et de la tendance régressive de la végétation (Fig. : 85). Cela se fait-il seulement par simple substitution de l'une aux autres ?

La première tendance qui est plus visible sur le paysage montre un tissu continu et dense du bâti dans les départements de Dakar, de Pikine et de Guédiawaye. Ce tissu bâti s'est davantage densifié dans les quartiers de Yoff, entre les Niayes de Pikine et le Parc Hann. Il a progressé dans le département de Rufisque où le bâti est encore assez ouvert dans certaines communes. Actuellement, cette classe du bâti a connu une forte extension jusqu'à déborder hors de la presqu'île du Cap Vert avec des conséquences dommageables sur le couvert végétal de l'agglomération dakaroise. Elle couvre près de 10 654 ha de la zone continentale cartographiée (Tableau 16A).

Entre 1990 et 2017, 6 440 ha de surfaces végétalisées ont disparu (Tableau 16 et Fig. : 85). Cette régression de la végétation est principalement observée dans les anciens secteurs de végétation stable qui sont convertis en d'autres unités dominantes (bâti, sols nus, espaces de cultures). Les secteurs de régression sont hétérogènes (au sein du tissu bâti, sur des aires protégées, sur la marge rurale...) et sont observables dans toute l'agglomération. Ces secteurs sont cependant plus présents :

- les quartiers situés dans le département de Dakar (Dakar Plateau, Fann-Point E-amitié, Mermoz, Ouakam, Yoff et Ngor). La conversion s'est faite en faveur du bâti qui devient dominant traduisant ainsi une densification du tissu urbain (chapitre 2). On étudiera cette progression plus précisément pour déterminer si cela s'accompagne ou non d'une végétation disséminée ;
- sur la portion de la bande de Filao qui traverse notamment les départements de Pikine et de Guédiawaye (Grande Côte), la conversion se fait en trois étapes. D'abord, le passage de surfaces végétalisées aux espaces de cultures (jardins maraichers) dominants, ensuite aux sols nus dominants et enfin, une progression vers du bâti dominant (Fig. 81 : image gauche) ;
- la forêt de Mbao, les secteurs de régression sont devenus des espaces de cultures dominants (Fig. 81 : image droite) ;
- sur les marges rurales de l'agglomération (département de Rufisque), la conversion s'est faite en faveur des sols nus couverts cette fois-ci par un tapis herbacé sec sans activité chlorophyllienne.

Les principales causes du recul de la végétation dans l'agglomération dakaroise sont la densification et l'étalement du bâti. Actuellement, la pression urbaine est telle que, d'une

part, les « poumons verts » de la région de Dakar sont fortement menacés. Les bandes de filaos devant servir à stopper l'avancée des dunes de sable sont coupées, la zone humide des Niayes de Pikine est remblayée par les promoteurs immobiliers bien que ce soit une zone *non aedificandi* et la forêt de Mbao est grignotée par les communes limitrophes et subit d'intenses prélèvements. D'autre part, la pression urbaine engendre des modifications de la végétation disséminée dans le bâti que ce soit dans les quartiers résidentiels populaires où elle est majoritairement constituée de plantations ligneuses de devanture et a une faible densité (Fig. 82 : image de gauche) ou dans les quartiers résidentiels plus riches où elle se présente sous forme de végétation domestique (arbres de cours, parterre de fleurs et gazon), de plantation d'alignement et de plantation de devanture avec cette fois-ci une couverture plus importante (Fig. 82 : image de droite).

Ces modifications échappent à notre cartographie par télédétection car elles se situent à une échelle beaucoup plus fine, mais seront étudiées à cette échelle locale dans la troisième partie.



Figure 81 : Espaces de régression de la végétation dans l'agglomération dakaroise (Google earth, 2017)



Figure 82 : Emplacement de la végétation ligneuse dans l'agglomération dakaroise (Google earth, 2017)

La figure 85 révèle également peu de secteurs stables en végétation (superficie estimée : 2 206 ha (Tableau 16B). Ceux qui étaient stables pour la période 1973-1990 ont diminué de moitié. Les localisations restent cependant la même et les zones stables se concentrent sur quelques secteurs plus ou moins protégés. Il s'agit d'un côté, du parc de Hann et du centre de la forêt de Mbao (Fig. : 83), et de l'autre des secteurs où se sont maintenues

les activités agricoles à l’instar des périmètres maraichers (Fig. : 83) de celui de Sébikhotane (en agriculture périurbaine) et des Niayes de Pikine (agriculture urbaine). Le parc de Hann est le seul secteur en végétation stable n’ayant subi aucune perte de superficie entre les deux périodes parce qu’il est bien protégé en raison des services fournis (promenade, jardin botanique, zoo...) et de sa position stratégique (seul parc urbain du Sénégal). Ces secteurs de stabilité de la végétation sont protégés soit par des lois ou des degrés grâce aux services rendus (voir chapitres 9 et 10) soit par les activités pratiquées qui fournissent des emplois et des revenus à un grand nombre d’habitants. La nécessité de les reconsidérer dans les politiques d’aménagement comme moyen efficace pour conserver la diversité et la composition de la végétation dans l’agglomération ne s’est pas encore imposée.



Figure 83 : Espaces de stabilité de la végétation dans l’agglomération dakaroise (Google earth, 2017)

Nous observons également des secteurs de progression de la végétation même s’ils restent peu nombreux dans le paysage dakarois (Fig. : 85). Ils se localisent au niveau de l’ancien aéroport international Léopold Sedar Senghor mais aussi dans les Niayes, dans la forêt de Mbao et à Sébikhotane. Le premier secteur, celui de l’aéroport correspond à l’arrêt des vols commerciaux qui a entraîné une forte baisse des activités et, par conséquent une régénération de la végétation non ligneuse sur les espaces délaissés. Le second secteur correspond aux périmètres maraichers détectables grâce à l’activité chlorophyllienne des espèces cultivées. Ils occupent seulement 3 244 ha de l’ensemble de la zone continentale cartographiée, soit beaucoup moins que dans la période précédente (Tableau 16B). En dehors de l’aéroport et de la Niaye de Pikine, il n’existe presque pas de zone de progression de la

végétation dominante à l'intérieur de la trame urbaine continue ce qui montre bien que la végétation n'est que très peu présente dans les politiques publiques d'aménagement à Dakar.

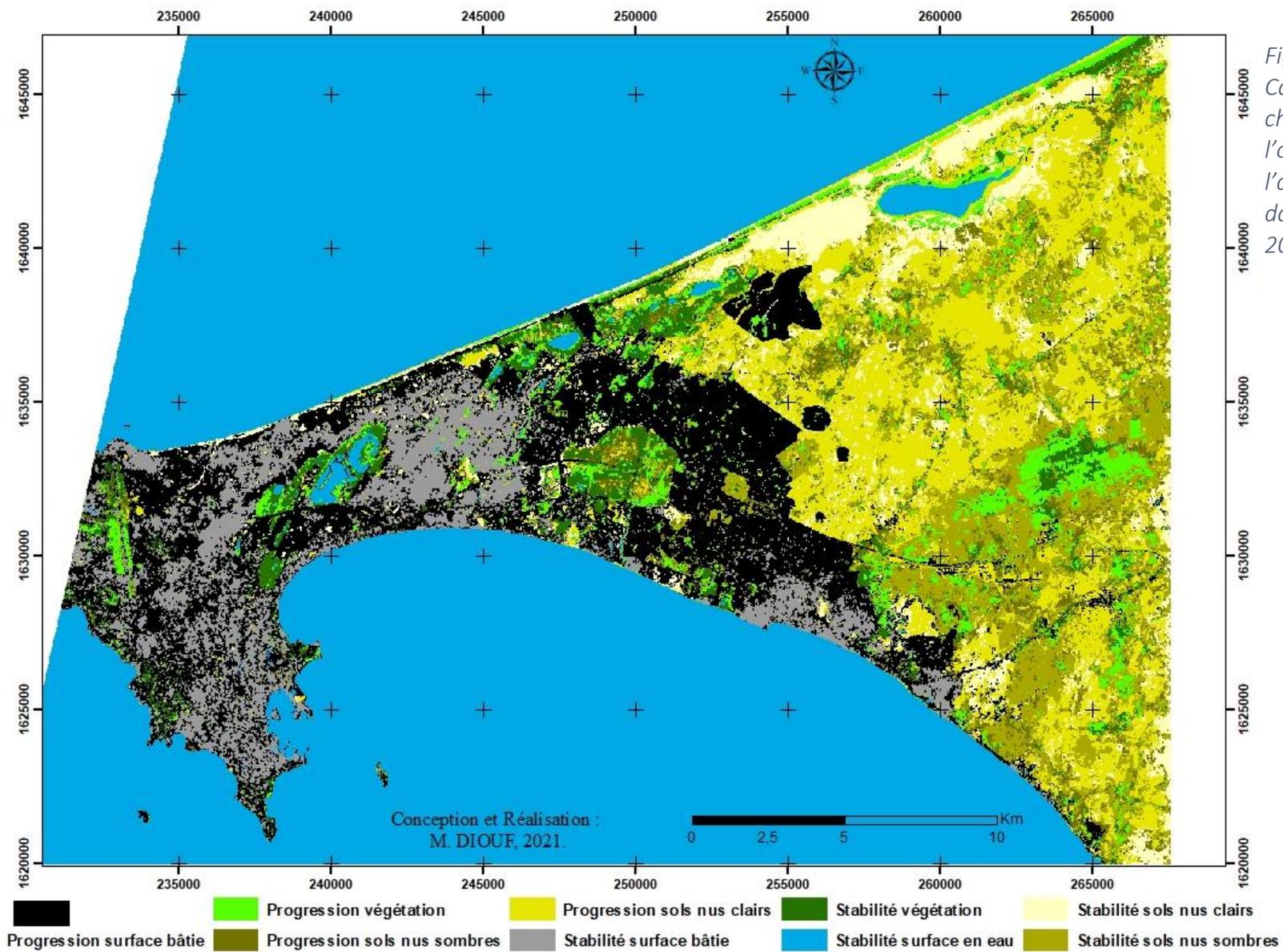


Figure 84 :
Cartographie des
changements de
l'occupation du sol de
l'agglomération
dakaroise de 1990 à
2017

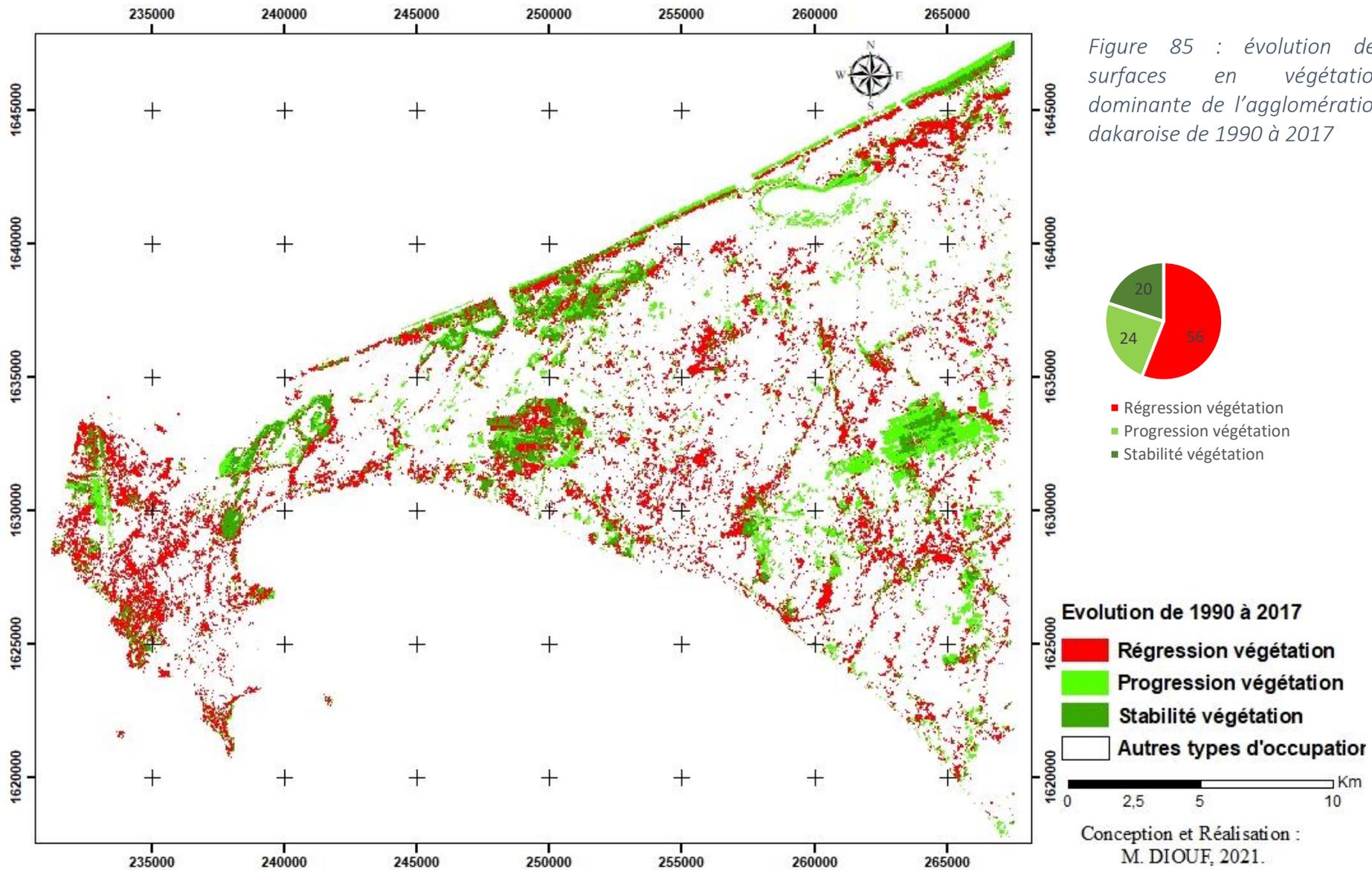


Figure 85 : évolution des surfaces en végétation dominante de l'agglomération dakaroise de 1990 à 2017

Tableau 16 : Bilan des changements opérés au sein des différentes classes de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise entre 1973 et 2017

A/ Progression et stabilité des classes de l'occupation du sol (Fig. 79 et 84)					
Classes	Code	Surfaces (hectares) 1973-1990	Proportion (%)	Surfaces (hectares) 1990-2017	Proportion (%)
83Progression surface bâtie		4488	9,8	10654	23,5
Progression végétation		4393	9,6	3244	7,2
Progression sol nu sombre		13830	30,3	2996	6,6
Progression sol nu clair		4779	10,5	10370	22,9
Stabilité surface bâtie		1618	3,5	5093	11,2
Stabilité végétation		4898	10,7	2206	4,9
Stabilité surface en eau		86934	Non pris	108071	Non pris
Stabilité sol nu clair		4098	9,0	4088	9,0
Stabilité sol nu sombre		7539	16,5	6714	14,8
Total		45643	100	45365	100
B/ Evolution de la végétation (Fig. : 80 et 85)					
Classes	Code	Surfaces (hectares) 1973-1990	Proportion (%)	Surfaces (hectares) 1990-2017	Proportion (%)
Régression végétation		12151	56,7	6440	54,2
Progression végétation		4393	20,5	3244	27,3
Stabilité végétation		4898	22,8	2206	18,6
Autres types d'occupation		111139	Non pris	141547	Non pris
Total		21442	100	11890	100

La cartographie par télédétection de la dynamique de l'occupation du sol dans l'agglomération dakaroise de 1973 à 2017 révèle une tendance générale de régression des superficies en végétation dominante surtout dans la tâche urbaine continue au profit de l'étalement spatial du bâti. En effet, la période 1973-1990 est principalement dominée par la progression des surfaces bâties et par la régression des superficies en végétation (12 151 ha) dont celles situées sur les marges rurales de l'agglomération (Sébikhotane et Diamniadio) pourtant très faiblement bâties. Cette forte régression de la végétation en dehors de la tâche urbaine continue, qui se limitait à l'époque aux départements de Pikine et de Guédiawaye, serait liée à la faible pluviosité de cette période. Par ailleurs, les secteurs de régression de la végétation identifiés à l'intérieur du tissu urbain, bien que moins importants en superficie et plus disséminés, ont été principalement convertis en bâti dominant notamment à Médina et à Dakar-Plateau. Cependant, quelques secteurs de progression de la végétation, de petites superficies d'environ 4 393 ha, sont observés au niveau des Niayes et des quartiers qui n'étaient pas encore densément bâtis (Yoff, Grand Yoff, Point E, Patte d'Oie). Les zones où la végétation est restée stable se retrouvent le long de la corniche Ouest, au sud de la forêt de Mbao, aux Niayes de Pikine, au niveau des bandes de filaos et au parc Hann. Les secteurs de progression et de stabilité de la végétation correspondent aux formes de végétation reprises dans le chapitre 1.

Ces changements se sont poursuivis en accentuant davantage durant la période 1990-2017, les surfaces bâties ont débordé de la presqu'île du Cap Vert et les superficies en végétation dominante ont très fortement régressé dans le tissu bâti, sur les aires protégées et sur la marge rurale de l'agglomération. Les principaux secteurs de recul de la végétation sont repérés dans le département de Dakar où les quartiers de Dakar Plateau, Fann-Point E-amitié, Mermoz, Ouakam, Yoff et Ngor se sont densifiés au détriment du couvert végétal – sur la portion de la bande de Filao traversant les départements de Pikine et de Guédiawaye qui sont d'abord convertis en jardins maraichers puis en bâti dominant – dans la forêt de Mbao et sur les marges rurales au profit des sols nus couverts de tapis herbacé sans activité chlorophyllienne. Les zones en végétation stable concernent les mêmes secteurs aux trois dates étudiées mais sur des superficies moins importantes.

La méthode de production des cartes de changements intervenus sur le couvert végétal de l'agglomération de 1973 à 2017 sera réappliquée sur les sous-scènes multispectrales des centres régionaux de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda. Dans le chapitre suivant, il s'agira ainsi d'interpréter, d'analyser et de commenter les cartes obtenues pour ces trois villes sur la période 1973-2017.

Chapitre 6 : Télédétection de l'occupation du sol et de ses changements dans trois centres régionaux sénégalais de 1973 à 2017 : Touba, Ziguinchor et Tambacounda

Bien qu'elles soient parfois un peu masquées par l'importance des dynamiques à l'œuvre dans la mégapole dakaroise (chapitre 5), les dynamiques de l'occupation du sol dans et autour des centres régionaux sénégalais sont également très importantes, engendrées par une forte croissance démographique entraînant une forte extension spatiale de l'espace urbain, aussi spectaculaire et parfois plus qu'à Dakar. Ceci est fonction du contexte bien particulier dans chacun des trois cas ... [compléter avec les éléments donnés dans le commentaire ci-après]. Ces dynamiques nouvelles ont eu des incidences directes ou indirectes sur les différentes unités paysagères au sein de ces espaces urbains et périurbains, notamment sur les surfaces en végétation.

Ce chapitre sera consacré à la présentation, à l'interprétation et à l'analyse des résultats cartographiques et statistiques dans les trois centres régionaux choisis (voir introduction générale et première partie), présentant par ailleurs des caractéristiques contrastées (cf. chapitre 2) : Touba (1), Ziguinchor (2) et Tambacounda (3). L'ordre de présentation se justifie par le contexte climatique différent qui joue globalement ainsi que des particularités (rôle de centre religieux et de second centre économique du pays pour Touba ; principal centre de la Casamance, région qui a connu une situation de guerre pour Ziguinchor ; position très excentrée dans le Sénégal oriental pour Tambacounda). Le contexte climatique marqué par la variabilité spatio-temporelle des précipitations avec des années déficitaires et excédentaires semble moyennement influencer sur l'état de la végétation dans les villes sénégalaises. Contrairement, à l'étalement urbain, induit par l'augmentation rapide de la population urbaine dans les villes secondaires, qui engendre de nombreuses évolutions au niveau de l'occupation du sol qui se fait en faveur des surfaces artificialisées principalement bâties et souvent au détriment de la végétation urbaine et périurbaine.

Les étapes de prétraitements et de traitements, identiques avec la méthode et les techniques déjà présentées dans le chapitre (5), ne seront pas à nouveau détaillées pour ces trois villes.

1. L'occupation du sol et ses changements à Touba de 1973 à 2017

Le premier centre régional étudié est Touba (Fig. : 86), exemple de ville sahélienne, mais présentant la forte singularité d'être la ville sainte de la confrérie mouride, très active dans l'économie du pays. La progression de l'urbanisation sur la période étudiée y est encore plus spectaculaire qu'à Dakar, rejoignant aujourd'hui le petit noyau urbain ancien de Mbacké. La même procédure d'étude qu'à Dakar a été appliquée, renseignant sur l'état de l'occupation des sols de Touba en 1973 (1.1), en 1992 (1.2) et en 2017 (1.3) ainsi que sur les changements intervenus dans l'occupation du sol (1.4) entre les périodes 1973-1992 et 1992-2017.

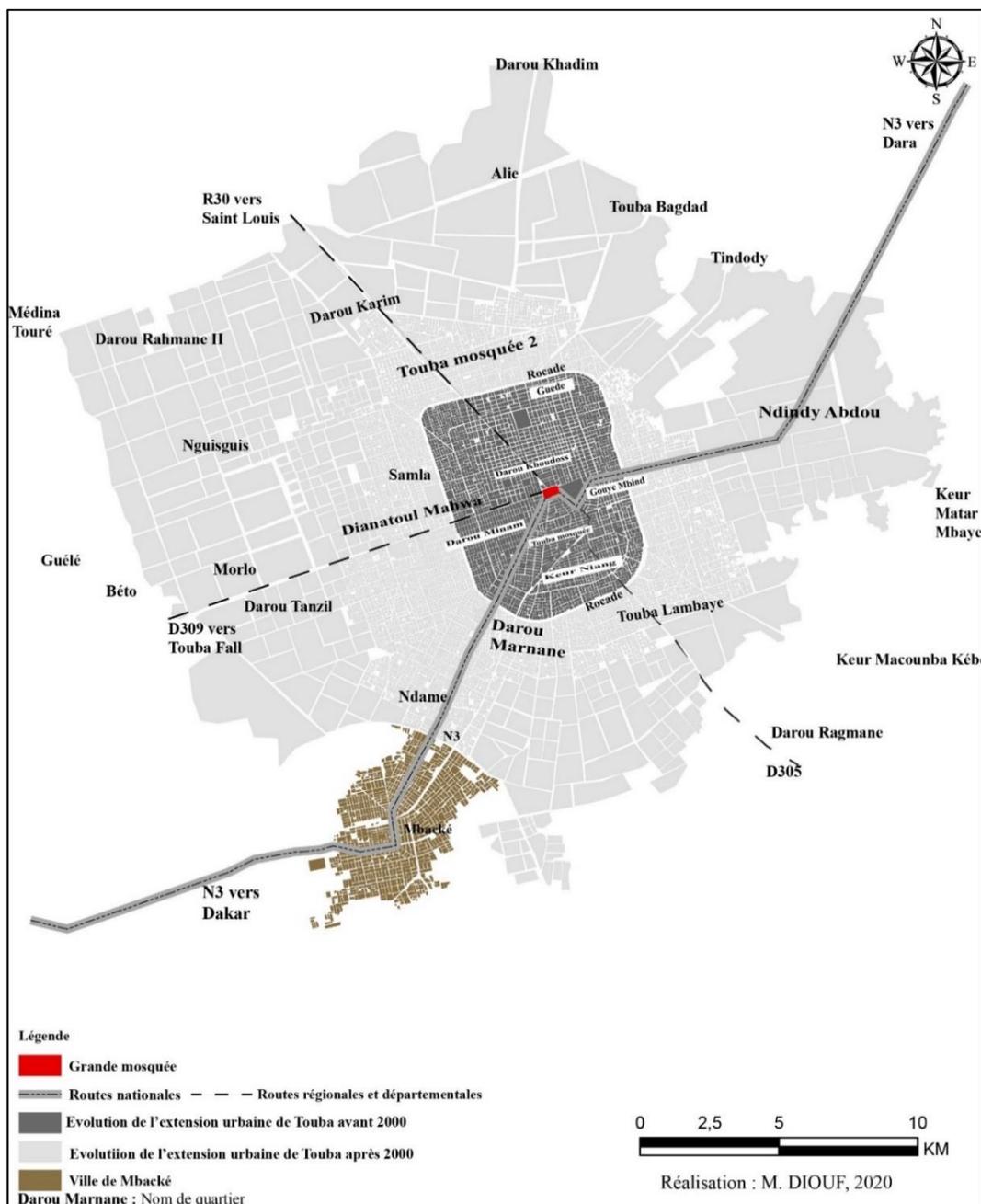


Figure 86 : Organisation de la ville de Touba

1.1 L'état de l'occupation du sol de la ville de Touba en 1973

L'analyse des courbes radiométriques de la carte de 1973 montrant les villes de Touba et de Mbacké (Fig. : 87), a permis d'identifier une classe de **sols nus clairs**, celle-ci a les plus fortes valeurs de réflectance sur l'ensemble des canaux. Ainsi qu'une classe de **sols nus sombres** qui a une allure similaire et des valeurs inférieures que celles des sols nus clairs. La classe de la **végétation ouverte** correspondant à la végétation sahélienne avec des ligneux très clairsemés dans l'espace péri-urbain ou disséminés dans l'espace urbain, a un pic de réflectance dans le proche infrarouge (TM4). Enfin, la classe des **surfaces bâties** possède des valeurs moyennes de réflectance.

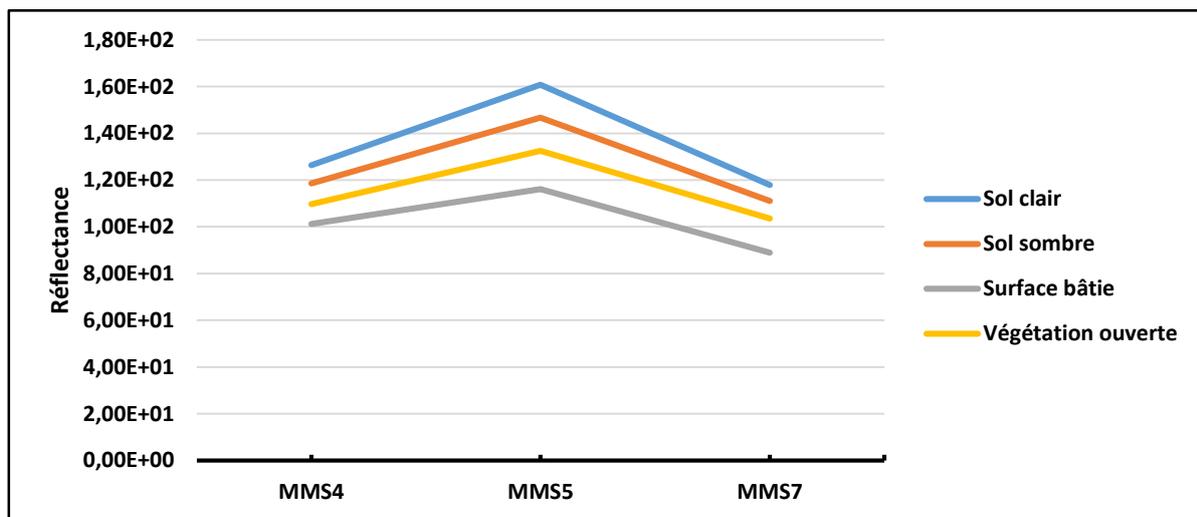
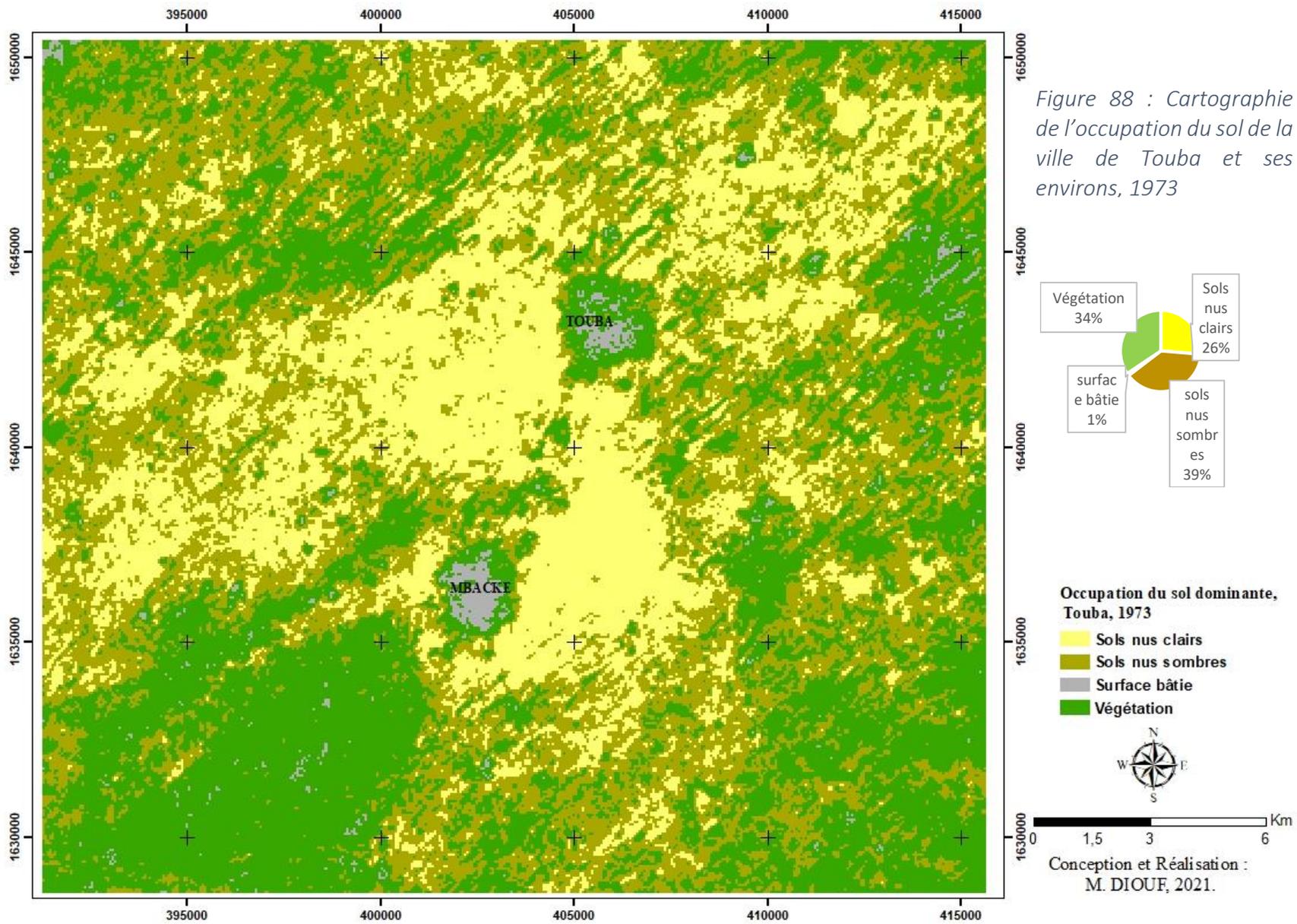


Figure 87 : Courbes radiométriques de la carte de la couverture du sol de Touba, 1973

L'étude de la carte de l'occupation du sol de Touba, ou plutôt de ses environs car, en 1973 (Fig. : 88), la ville, autour de la Grande Mosquée inaugurée en 1963, n'occupe que très peu d'espace sur la zone cartographiée, montre un paysage largement dominé par les sols nus (c'est-à-dire avec une couverture ligneuse très faible), dont les sols nus sombres qui représentent 39 % de la zone cartographiée soit une superficie de 20 509 ha. Ils sont répartis sur l'ensemble de la carte assez loin des deux localités de Touba et Mbacké et correspondent à des surfaces non cultivées qui sont essentiellement couvertes par un tapis herbacé sec, sans activité chlorophyllienne pendant la saison sèche, la figure 78 montre un exemple de ce type de paysage.

Les sols clairs sont eux plus concentrés au centre de la carte précisément aux abords et entre les localités de Touba et de Mbacké où se trouve l'essentiel des champs. Ils occupent 26 % (14 077 ha, Fig. : 97) de la superficie cartographiée. En somme, ces deux unités (sols clairs et sols sombres) de l'occupation du sol représentent près de 65 % du paysage caractéristique de ces régions sahéliennes.

Les surfaces bâties occupent seulement 1 % soit 529 ha, soit une infime partie de l'image cartographiée, il est vrai en fonction de la taille actuelle de la tâche urbaine. La classe du bâti couvre les localités de Touba (1) et de Mbacké (2), les campements dispersés étant très difficilement identifiables sur cette image de moyenne résolution. En 1973, les deux localités (Touba et Mbacké) étaient séparées sur une distance d'environ 5,5 km par un espace encore rural. Nous observons également sur la figure 88 la présence de végétation ligneuse clairsemée dans les zones rurales au sud et sud-est, ainsi qu'à proximité des zones bâties. Ces pixels où l'activité chlorophyllienne est suffisante pour qu'ils soient classés en végétation ouverte représente environ 34 % de l'image traitée pour une superficie 18 362 ha (Fig. : 97).



1.2 L'état de l'occupation du sol à Touba en 1992

L'image – de meilleure résolution – de 1992 (Fig. : 89) montre la même différenciation des classes thématiques que celle de 1973, avec des valeurs fortes en TM4, TM5, TM7 et un fort pic sur TM5 pour les **sols nus clairs**, les plus fortes valeurs de réflectance. La courbe des **sols nus sombres**, comme précédemment, a une allure similaire et des valeurs moins fortes, cette fois-ci, avec un pic moyen dans le proche infrarouge. La courbe de la **végétation**, ici très **ouverte** ou clairsemée, est peu distincte sur les premiers canaux, TM1 à TM4 de celle des **surfaces où le bâti domine**. Un pic plus important de la courbe de la végétation à partir de TM4 à cause de l'activité chlorophyllienne.

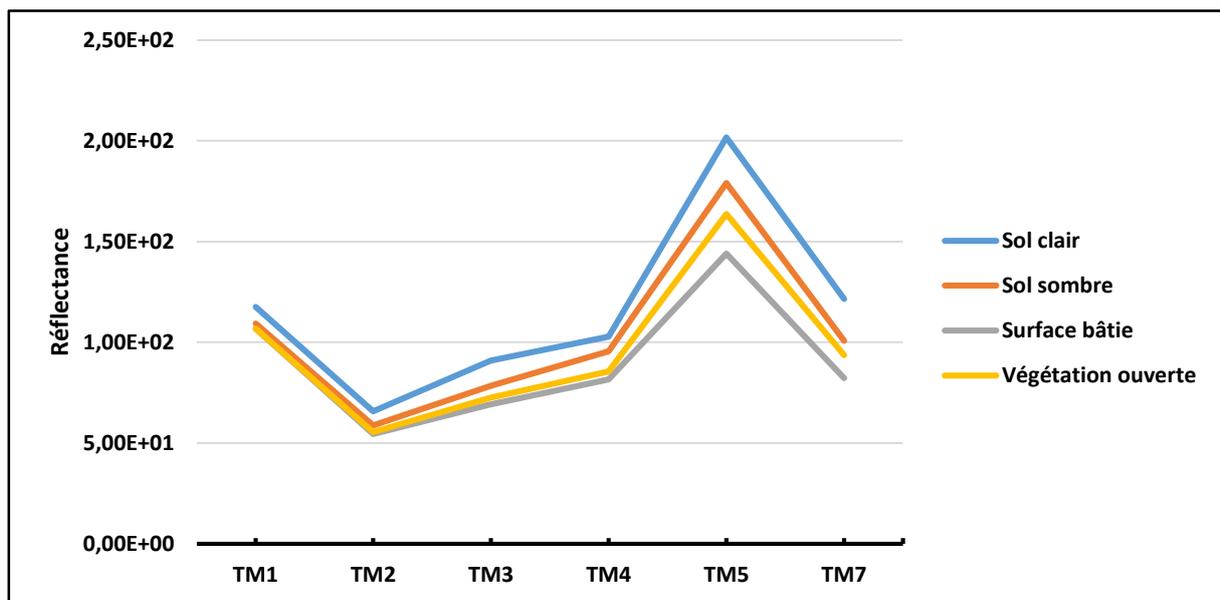


Figure 89 : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol de Touba, 1992

Il ressort de la figure 92 que les localités de Touba et de Mbacké se sont étendues spatialement passant à 2 942,91 ha soit 5 % de l'image traitée (Fig. : 97). Cette extension spatiale profite principalement à la ville de Touba qui a vu sa superficie passée à 29,4 km² entre 1973 et 1992. L'étalement du bâti s'accompagne d'une présence accrue de la végétation au sein et aux abords de la ville. Il ne s'agit pas ici de surfaces ou d'étendues végétalisées de grandes tailles mais plutôt de plantations d'arbres et d'arbres isolés ou groupés de façon suffisamment dense pour que le pixel soit classé en végétation (Fig. : 90).

Le paysage aux alentours de Touba en 1992 a nettement évolué comparé à celui de 1973. En effet, même si les surfaces en sols nus restent dominantes au niveau de l'occupation du sol. On peut observer que les sols sombres ont pris le dessus sur les sols clairs signe de changement dans l'utilisation du sol.

En 1992, les superficies couvertes par la végétation ouverte dominante occupent 3 % soit 1 586 ha de la zone cartographiée. Sur cette image de 1992, l'activité chlorophyllienne est faible, et la végétation semble avoir nettement régressé dans les parties rurales, tandis qu'elle est plus présente à la périphérie et à l'intérieur des espaces nouvellement et déjà urbanisés, notamment à Touba, plus encore qu'à Mbacké (Fig. : 91).



Figure 90 : Groupement d'arbres (image gauche) ; arbres isolés et plantation d'alignement (image droite) (source : Google Earth, 2017)



Figure 91 : Plus forte présence de la végétation en ville et sa périphérie qu'en zone rurale (source : Google Earth, 2017)

Ces premiers éléments d'analyse semblent mettre en exergue un lien assez étroit entre la croissance spatiale de Touba et de Mbacké et l'évolution de la végétation urbaine et périurbaine. En contexte sahélien, contrairement à ce que nous verrons à Ziguinchor, la ville est plus végétalisée que les espaces ruraux immédiats.

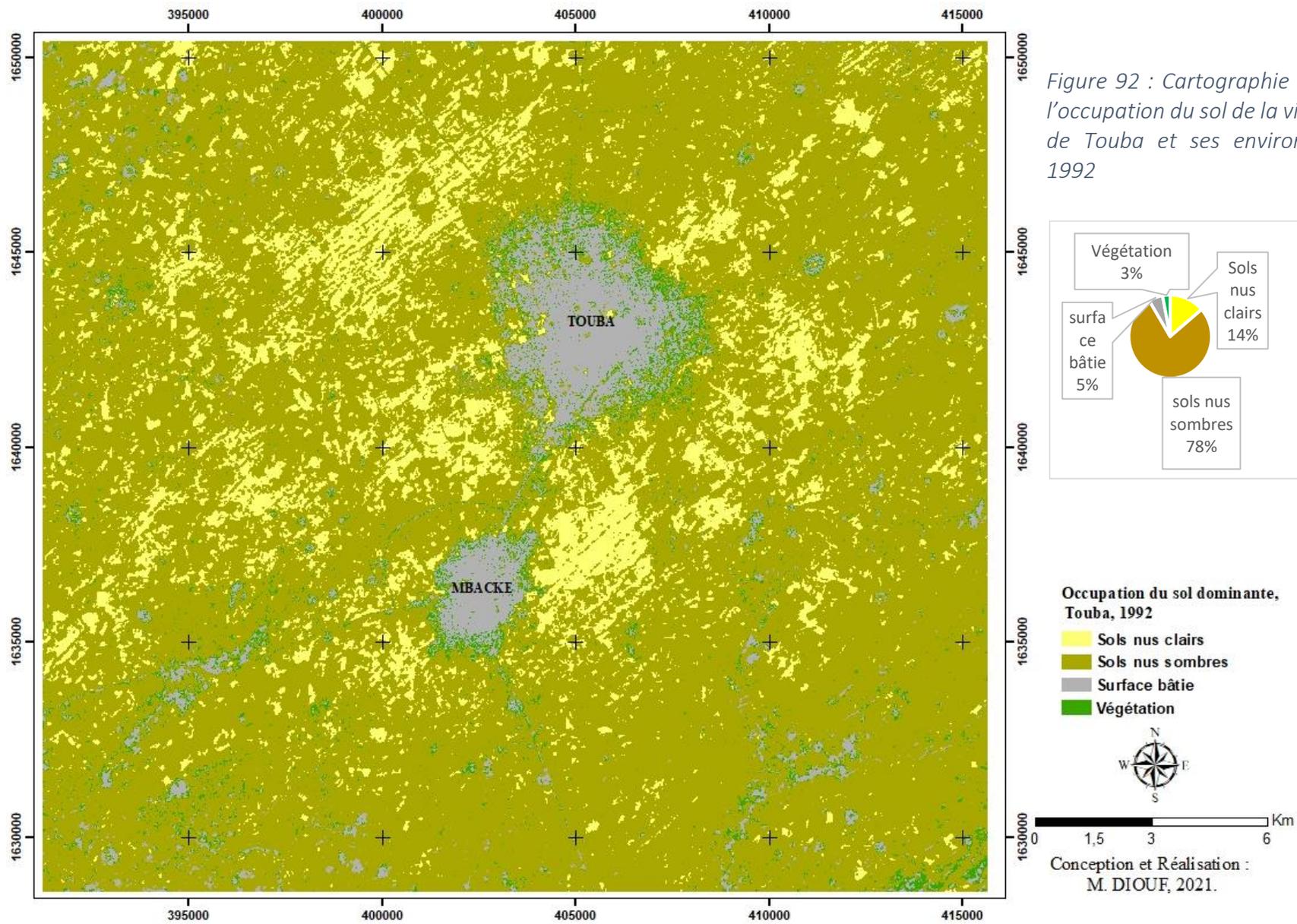


Figure 92 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Touba et ses environs, 1992

1.3 L'état de l'occupation du sol de la ville de Touba en 2017

Les courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol de 2017 (Fig. : 93) sont conformes à celles des cartes de 1973 et de 1992, mais les contrastes entre les courbes sont moins marqués.

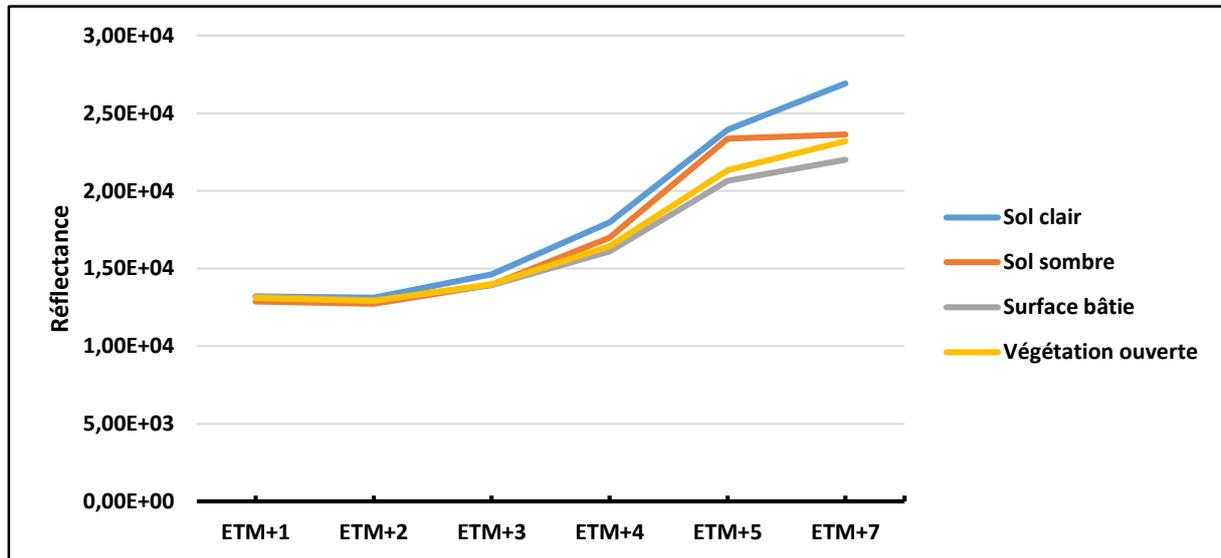


Figure 93 : Serpents radiométriques de la carte de l'occupation du sol de Touba, 2017

Sur la carte finale de Touba de 2017 (Fig. : 96), l'évolution la plus rapide et la plus perceptible sur le paysage de l'aire urbaine de Touba-Mbacké en 2017 est celle liée à l'étalement des surfaces bâties. En effet, l'aire urbaine de Touba-Mbacké a quasiment triplé sa superficie entre 1992 et 2017, passant de 29,42 km² à 95,40 km² (Fig. : 97). La ville de Touba a rattrapé dans son extension celle de Mbacké qui a peu évolué depuis 1992. Cette croissance spatiale spectaculaire de l'aire urbaine de Touba-Mbacké est le résultat de la forte influence religieuse et économique de la communauté *Mouride* au plan national et de son rôle moteur pour faire de Touba le deuxième centre économique du pays mais aussi de l'exode massif vers Touba des populations du bassin arachidier. Cet exode est déjà ancien car il était déjà évoqué par Péhaut, dès 1961 et accentué dans les années 1980 en raison de la chute déjà mentionnée du prix de l'arachide sur le marché mondial (Perez de Arce, 1986).

Les sols nus sont toujours majoritaires, comme sur les cartes de 1992 et de 1973 et dans l'ensemble du Sahel. Par ailleurs, nous observons que les sols clairs ont progressé à proximité des villes de Touba et de Mbacké et des campements ou groupes de maisons qui sont situés à leur périphérie. Ils représentent 33 % de la zone cartographiée contre 40 % pour les sols sombres en 2017 (Fig. : 97) et ils correspondent essentiellement à une emprise plus fortes de l'agriculture (Fig. : 94).



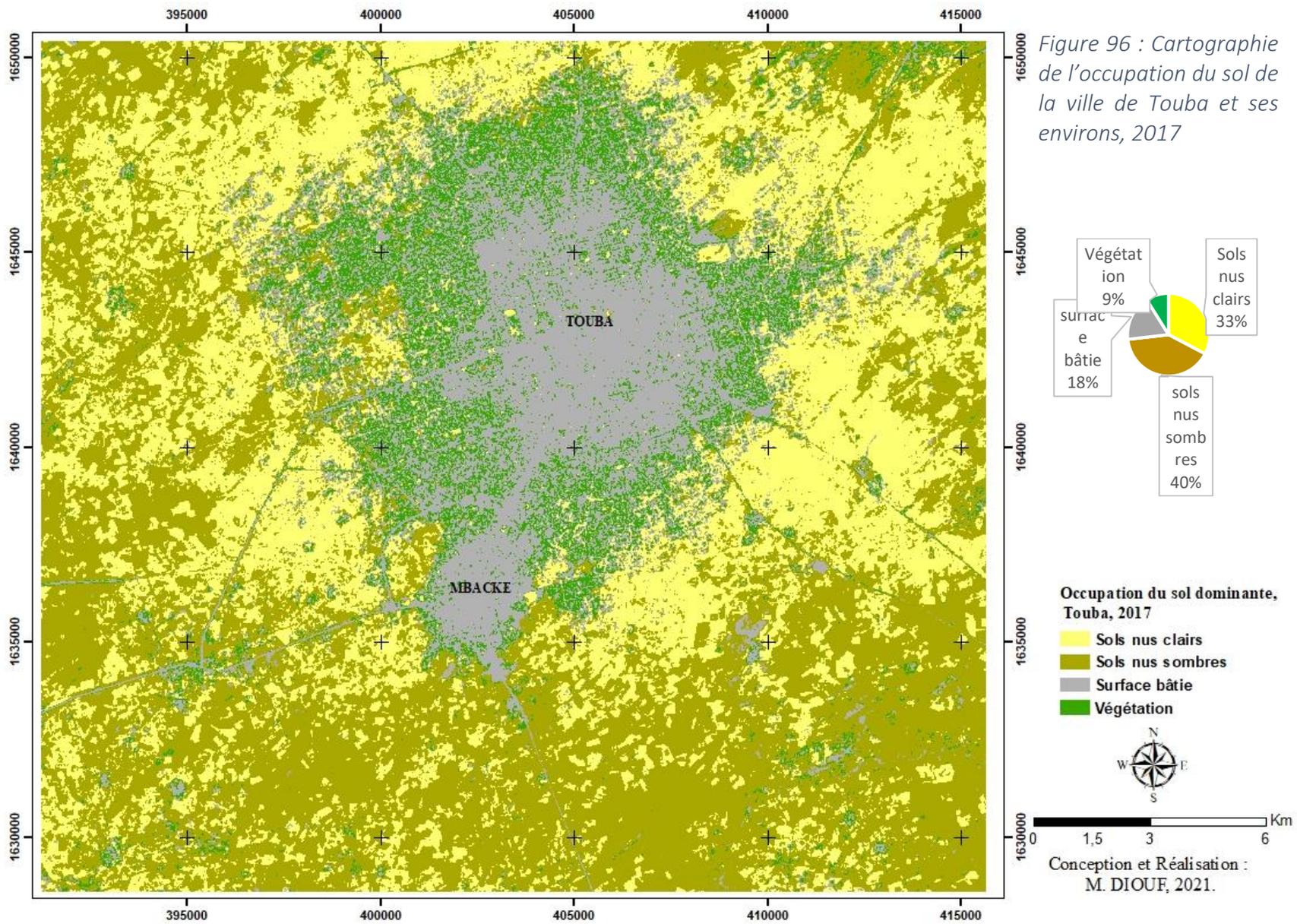
Figure 94 : Parcellaire établi (sols nus clairs) autour de la ville (source : Google Earth, 2017)

Cette carte met également en évidence une accentuation de la présence de la végétation sous la forme d'arbres disséminés dans l'espace urbain et périurbain, en quantité suffisamment importante pour que cela se distingue du bâti sur les courbes radiométriques, notamment dans ces périphéries en plus d'une présence relative de la végétation au niveau des campements et des principaux axes de communications. La classe de la végétation ouverte couvre 9 % de la zone cartographiée soit 4 792,5 ha (Fig. : 97).



Figure 95 : Vue en vraies couleurs de l'aire urbaine de Touba-Mbacké, 2017 (image Google Earth)

En suivant l'évolution de la classe de la végétation de 1973 à 2017 et celle de la classe des surfaces bâties de Touba à la même période, nous remarquons une évolution imbriquée, chaque pixel étant versé dans une classe ou l'autre en fonction de la densité relative des deux catégories d'occupation du sol (Fig. : 95). Cela fait en tout cas ressortir la plus forte présence de la végétation au sein des périmètres bâtis par rapport aux zones non bâties ou soumises aux activités agricoles et pastorales. Malgré l'amélioration relative de la pluviosité, la végétation a, en revanche peu progressé dans les zones rurales et le « reverdissement » du Sahel n'est pas très manifeste ici.



1.4 Cartographie des changements de l'occupation du sol survenus à Touba de 1973 à 2017

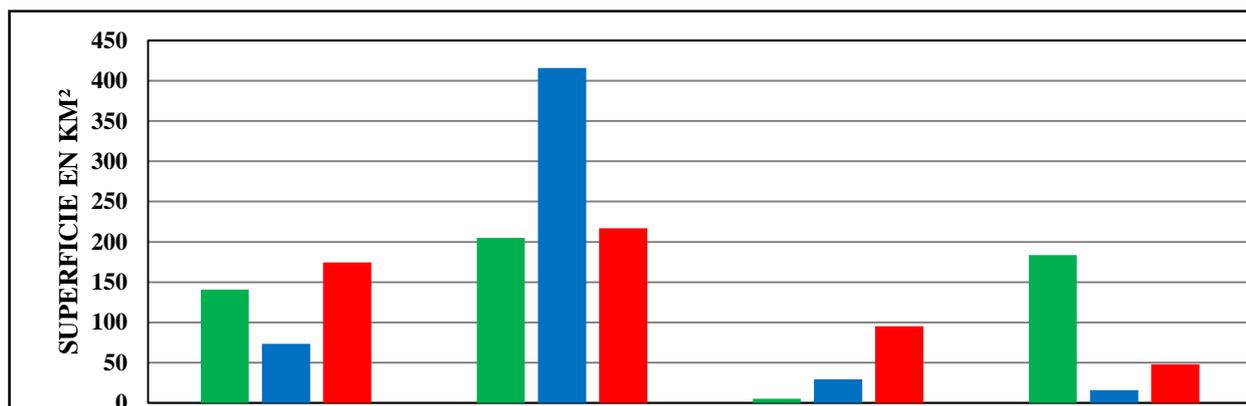
Cette sous-partie présente et analyse les évolutions spatio-temporelles des modes d'occupation du sol de la ville de Touba et ses environs à trois dates. Les cartes des changements ont été obtenues par le croisement des cartes de l'occupation du sol de 1973 et de 1992 (Fig. : 104) puis celle de 1992 avec celle de 2017 (Fig. : 106). La réalisation de ces cartes des changements est basée sur les mêmes techniques que pour l'agglomération dakaroise (chapitre 5). Une liste de 8 classes (Tableau 17) montrant les changements survenus a été retenue. Sont figurées les progressions, donc les conversions d'un état de surface à un autre, ou la stabilité dans l'occupation. Afin de mieux mettre l'accent sur la végétation, là où elle progresse et là où elle recule, une deuxième carte a été produite sur les classes thématiques la concernant (Tableau 18).

Tableau 17 : Liste des classes retenues pour réalisation des cartes des changements de l'occupation du sol à Touba, 1973-1992 et 1992-2017

Classe 1	Progression surface bâtie
Classe 2	Progression végétation
Classe 3	Progression sols nus clairs
Classe 4	Progression sols nus sombres
Classe 5	Stabilité sols nus clairs
Classe 6	Stabilité sols nus sombres
Classe 7	Stabilité surface bâtie
Classe 8	Stabilité végétation

Tableau 18 : Liste des classes retenues pour la réalisation des cartes de l'évolution de l'occupation végétale de la ville de Touba, périodes 1973-1992 et 1992-2017

Classe 1	Régression végétation
Classe 2	Progression végétation
Classe 3	Stabilité végétation
Classe 4	Autres types d'occupation



	Sols nus clairs	Sols nus sombres	Surface bâtie	Végétation
1973	140,7	205,1	5,3	183,6
1992	73,4	416	29,4	15,8
2017	174,6	216,7	95,4	47,9

Figure 97 : Evolution des catégories de l'occupation du sol de Touba de 1973 à 2017

1.4.1 Cartographie des changements de l'occupation du sol de 1973 à 1992

L'analyse de la carte des changements de l'occupation du sol de Touba et ses environs entre 1973 et 1992 montre une forte extension des zones bâties à Touba mais elle est plus modérée à Mbacké (Fig. : 100). L'espace urbain qui occupe une superficie de 2 586,96 ha (Tableau 19A) de la zone cartographiée s'est faite au détriment des sols clairs abritant les champs et en faveur de la ville de Touba qui a presque quintuplé sa superficie entre 1973 et 1992. Elle fait aussi ressortir deux principales tendances liées à l'évolution de la classe de la végétation dans un double contexte de croissance urbaine (démographique et spatiale) et de fluctuation climatique.

La première tendance, la plus visible sur le paysage, est la régression de la végétation en dehors des périmètres bâtis, sur les espaces ruraux (Fig. : 101). Les secteurs de régression de la végétation se localisent principalement dans des zones dédiées à des pratiques agricoles sur brûlis et aux activités pastorales. Ils couvrent une superficie de près de 11 381,8 ha (Tableau 19B) de la zone cartographiée. Par contraste, le centre de la carte aux environs immédiats de Touba et de Mbacké paraît épargné par la régression de la végétation. Les surfaces en végétation dominante sont principalement devenues des zones en sols dominants notamment sombres qui ont progressé durant cette période de 20 232,3 ha (Tableau 19B). Ces différents endroits de régression ont en commun une densité de population faible. En effet, ces secteurs abritent surtout des campements dont les *daaras* mourides, dispersés dans l'espace.

Les activités agricoles et pastorales sont pointées du doigt par la supposée pression qu'elles exercent sur la ressource végétale conduisant à la réduction des superficies végétalisées en-dehors des villes. Cette tendance régressive de la végétation semble cependant être surtout liée ici aux conséquences de la baisse des totaux annuels de précipitations qui a débuté dès la fin des années 1960 mais surtout aux conséquences des épisodes de sécheresse sévère de 1973, puis de 1984 (Durand, 1977 ; Ndong, 1995). L'ampleur de la perte de superficie végétalisée notée en 1992 témoigne donc sans doute aussi de la sévérité de la péjoration climatique dans cette partie du pays.

La seconde tendance montre une légère progression de plus de 1 200 ha de la végétation disséminée au sein et aux alentours des périmètres bâtis (Fig. : 101). Cette progression, timide mais suffisante pour que certains pixels soient classés en végétation est en général liée aux plantations d'arbres dans les concessions et sur les axes de communication par différents acteurs dont les habitants afin d'atténuer les fortes chaleurs journalières, nous y reviendrons plus en détail dans la 3^e partie de cette thèse. Les politiques publiques d'aménagement jouent aussi un rôle quoique modeste dans ce verdissement de l'espace urbain. Les surfaces en végétation stable couvrent de petites superficies, environ 372,6 ha, cependant, la dominance du bâti dans les pixels de l'intérieur de la ville empêche l'identification de la végétation dans le centre-ville et ses quartiers périphériques (Fig. : 98).

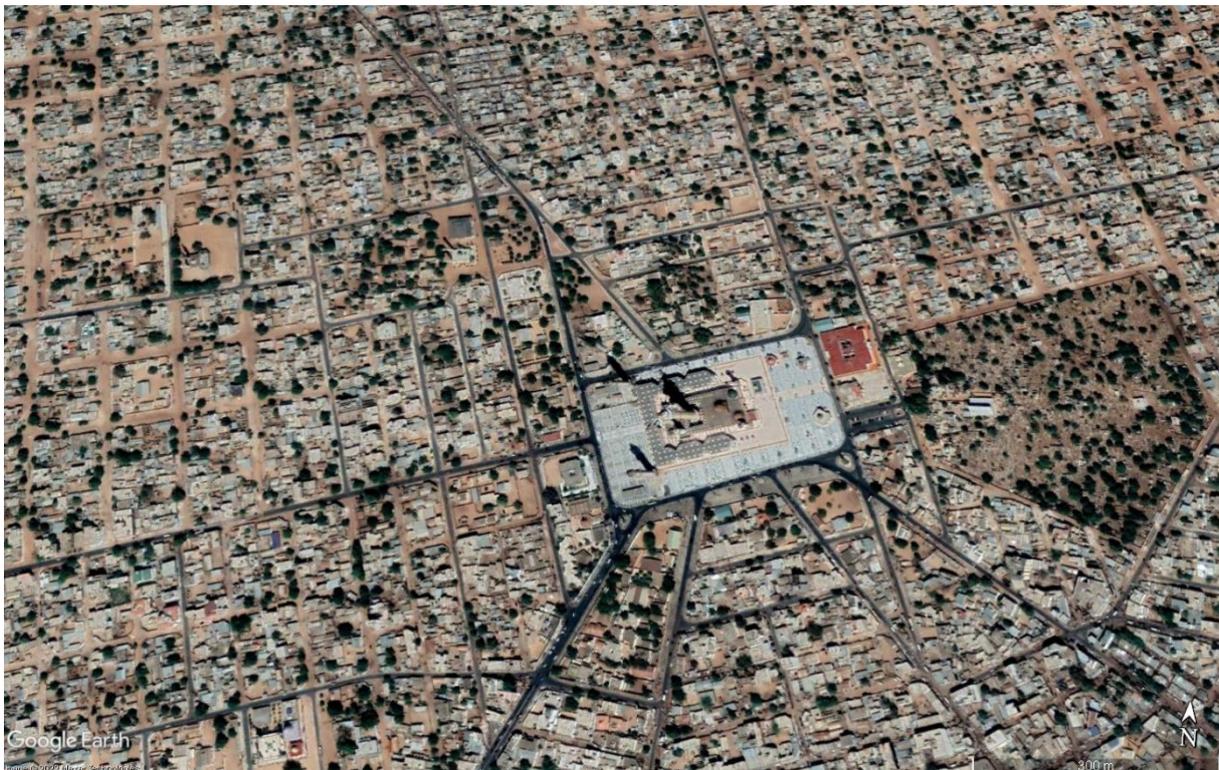


Figure 98 : Espace urbain « verdi » (source : Google Earth, 2017)



Figure 99 : Distribution des arbres dans le Sahel (source : Google Earth, 2017)

En somme, nous distinguons sur la carte des changements deux types de paysages, un paysage typique du domaine sahélien presque dépourvu de végétation (le couvert herbacé est presque absent en saison sèche, tandis que les arbres sont nettement distants les uns des autres (Fig. : 99). Et, un paysage urbain sahélien dans lequel la concentration des arbres est nettement supérieure, laissant ainsi apparaître un paysage au sein duquel la végétation ligneuse est imbriquée dans la ville (Fig. : 98).

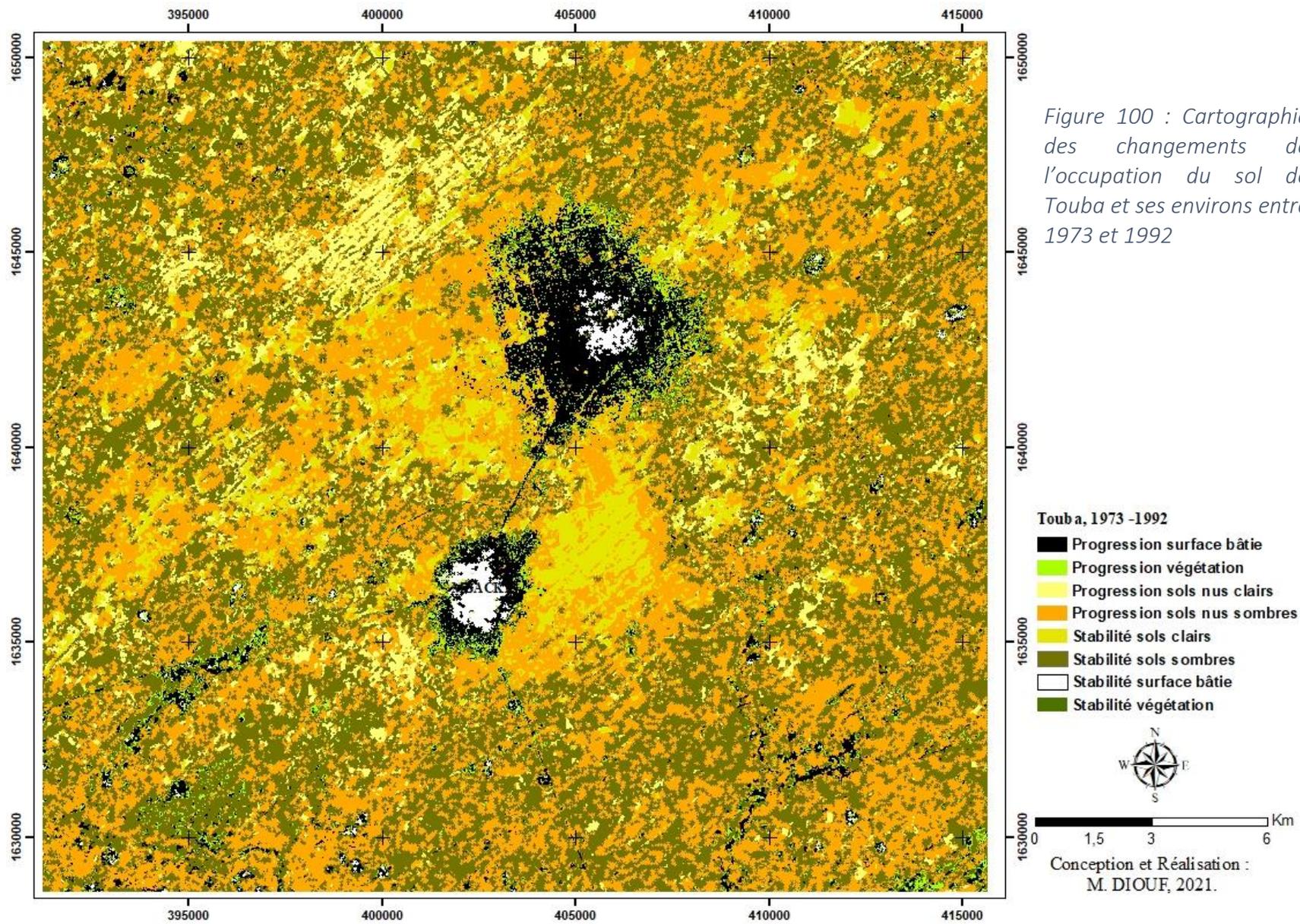


Figure 100 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de Touba et ses environs entre 1973 et 1992

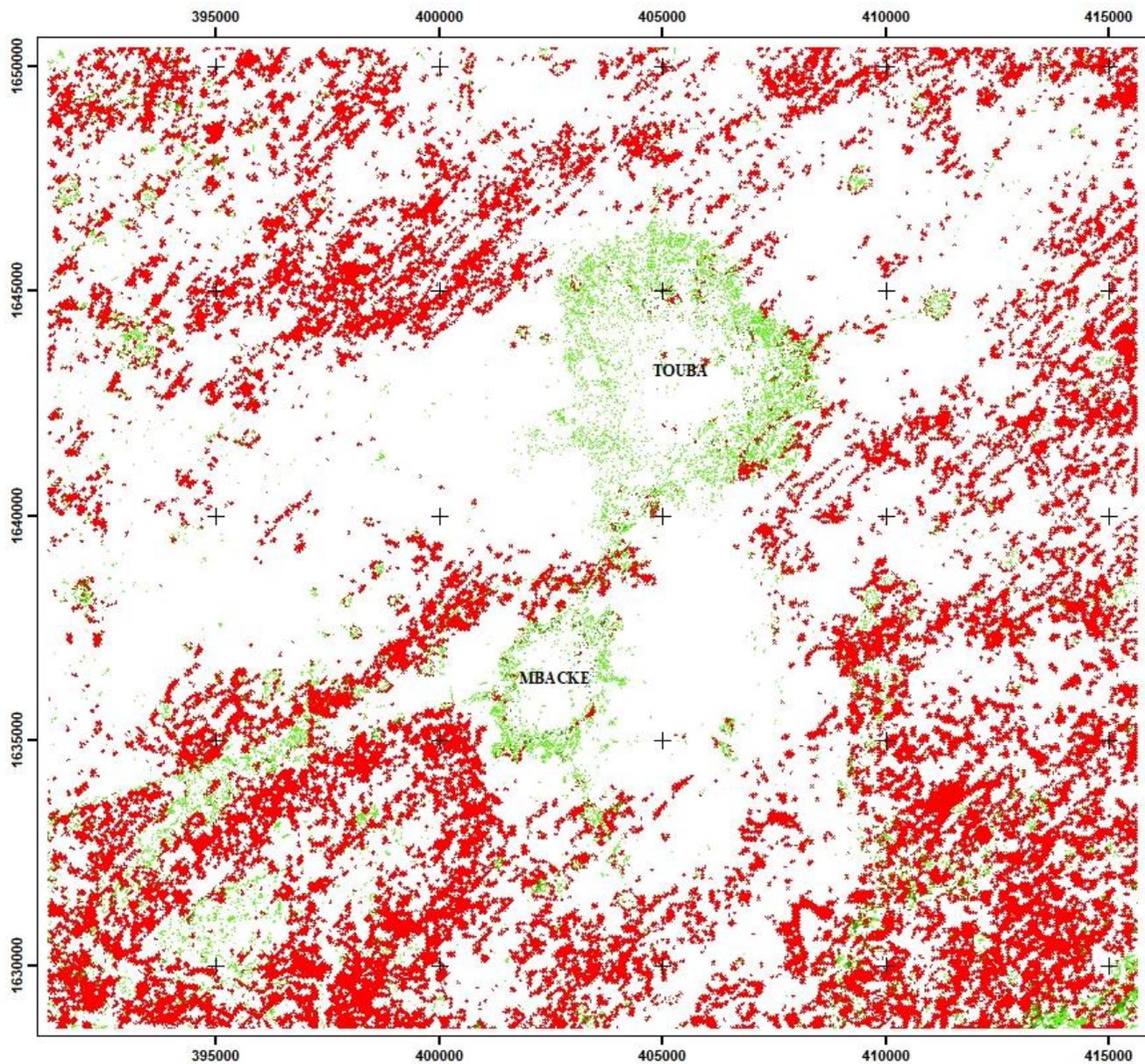
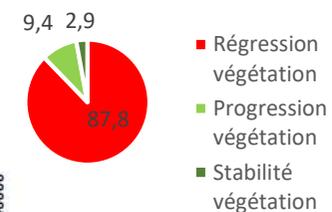


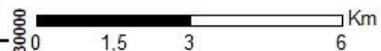
Figure 101 : évolution des surfaces en végétation dominante de la ville de Touba et ses environs, 1973-1992

Evolution des surfaces en végétation dominante



Touba, 1973-1992

- Régession végétation
- Progression végétation
- Stabilité végétation
- Autres types d'occupation



Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.

1.4.2 Cartographie des changements de l'occupation du sol de 1992 à 2017

De 1992 à 2017, les évolutions constatées au sein des classes d'occupation des sols à Touba sont conformes avec ce qui vient d'être vu, mais la différence entre le rural et l'urbain apparaît nettement accentuée (Fig. : 102). Les évolutions les plus remarquables affectent la classe des surfaces où le bâti domine et la classe de la végétation clairsemée, c'est-à-dire des espaces bâtis qui sont suffisamment dense pour que les pixels aient été classés de ce côté.

Cette période est principalement marquée par un net étalement du bâti dominant des villes de Touba et de Mbacké dont les superficies ont progressé de 7 378,74 ha entre 1992 et 2017 (Tableau 19A). L'aire occupée par l'agglomération de Touba englobe maintenant la ville antérieurement plus importante de Mbacké qui, d'ailleurs, est toujours le chef-lieu du département. Elle est passée de 2 941 ha à 9 539 ha entre les périodes 1973-1992 et 1992-2017 en défaveur des sols nus et à cause de l'explosion démographique liée ici au bilan migratoire.

Plus intéressant, il se confirme que l'étalement du bâti s'est, en apparence paradoxalement, accompagné du développement de la végétation ouverte au niveau de l'agglomération de Touba-Mbacké notamment dans ses quartiers périphériques (Fig. : 103). Cela confirme ainsi le constat fait sur la carte des changements 1973-1992 que l'urbanisation à Touba-Mbacké favorise la croissance du couvert végétal. En effet, les surfaces urbaines ainsi classées en végétation ouverte ont augmenté de près de 4 600 ha durant cette période (Tableau 19B). Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette progression de la végétation. Ici, le facteur anthropique, plantation d'arbres par les habitants, est largement responsable, puisque la végétation ne progresse presque pas en zone rurale. Le facteur climatique a été écarté, malgré la fragile reprise des précipitations à la fin des années 1990 et début des années 2000, en raison du faible nombre de secteurs de progression de la végétation en dehors de la ville. Le faible nombre de secteurs de régression de la végétation sur la carte montre par ailleurs un espace rural environnant stable, l'utilisation de l'espace par les activités agricoles et pastorales étant complète.

D'après les évaluations chiffrées et surtout d'après ces cartes, nous pouvons conclure que la période 1973-1992 est dans l'ensemble caractérisée par une régression de la végétation en dehors des zones urbanisées et par une progression de la végétation aux abords et au sein des surfaces bâties de Touba et de Mbacké. Ces dernières ont également spectaculairement progressé durant la période 1992-2017.

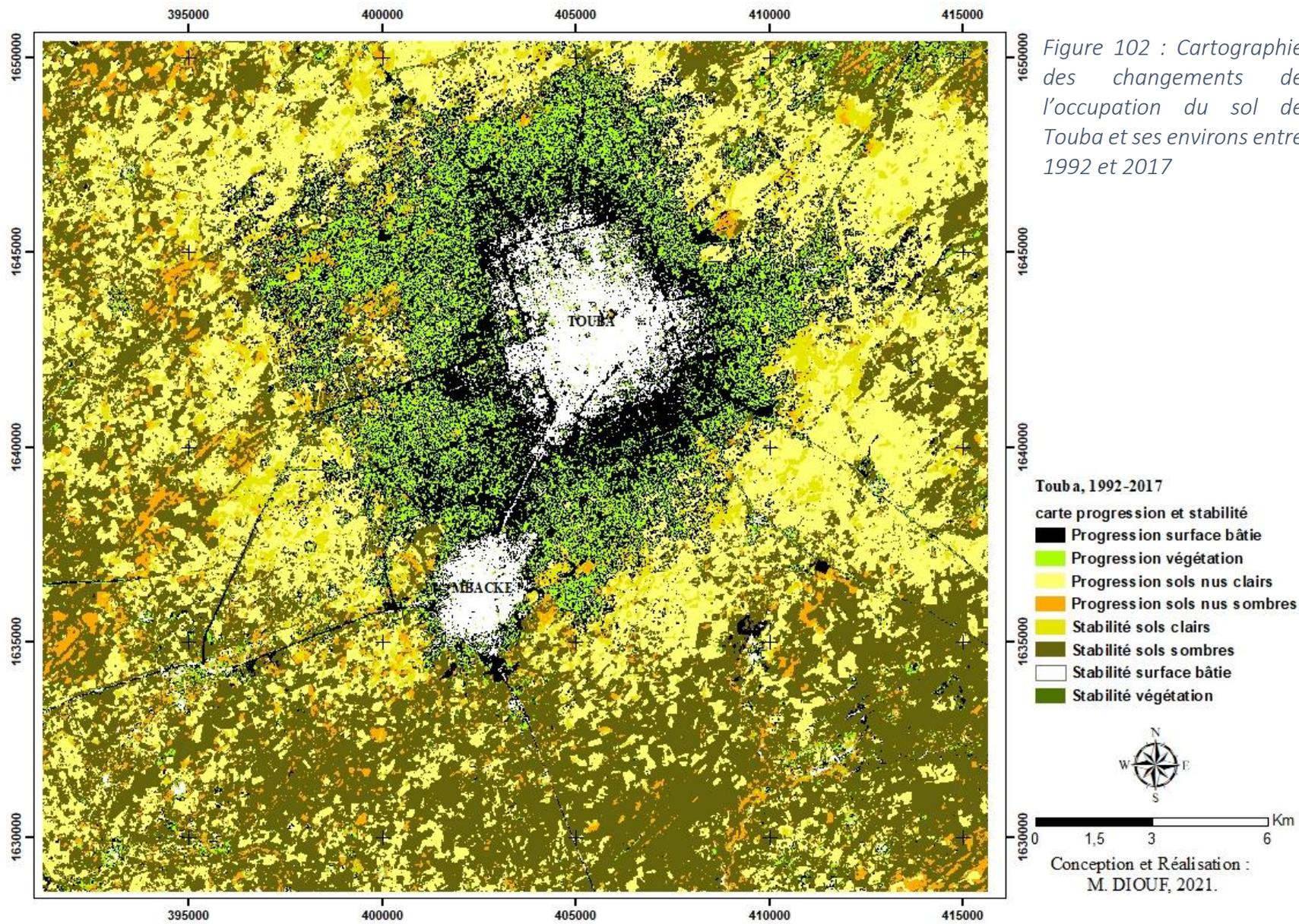


Figure 102 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de Touba et ses environs entre 1992 et 2017

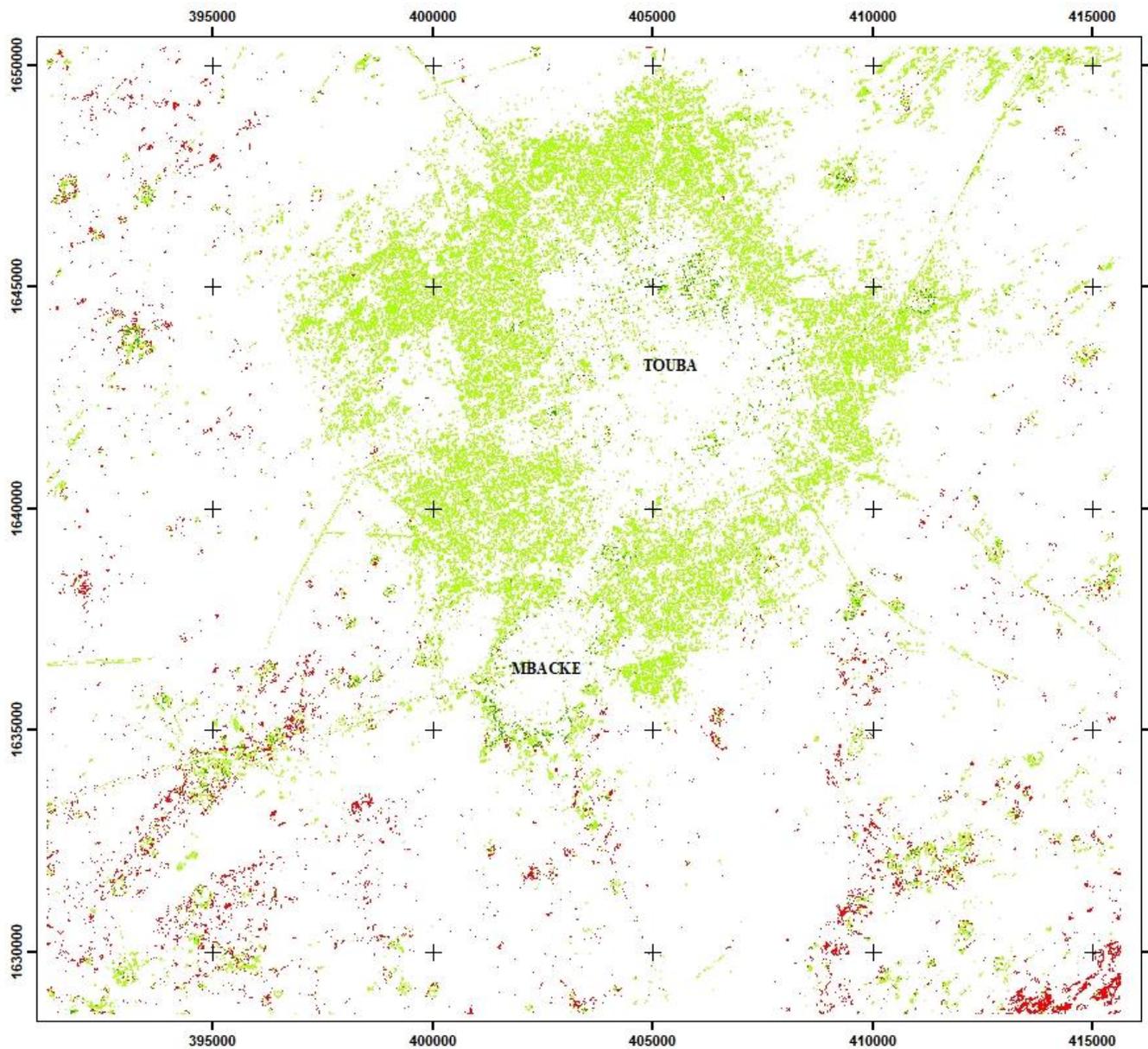
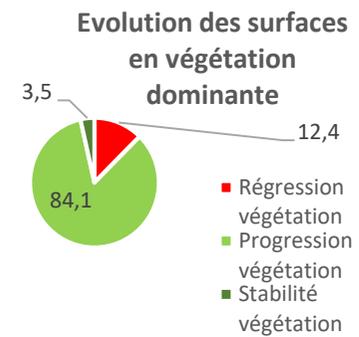
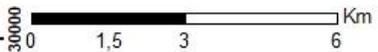


Figure 103 : évolution des surfaces en végétation dominante de la ville de Touba et ses environs, 1992-2017



Touba, 1992-2017

- Régression végétation
- Progression végétation
- Stabilité végétation
- Autres types d'occupation



Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.

Tableau 19 : Bilan des changements opérés au sein des différentes classes de l'occupation du sol de la ville de Touba entre 1973 et 2017

Classes	Code couleur	Surfaces (hectares) 1973-1992	Proportion (%)	Surfaces (hectares) 1992-2017	Proportion (%)
A / Evolution des catégories de l'occupation du sol (Fig. 100 et 102)					
Progression surface bâtie		2586,9	4,8	7378,7	13,8
Progression végétation		1214	2,3	4598,4	8,6
Progression sols nus clairs		3945,5	7,4	14753,4	27,6
Progression sols nus sombres		20232,3	37,8	2876,4	5,4
Stabilité sols nus clairs		3396,2	6,4	2707,8	5,1
Stabilité sols nus sombres		21368,5	40	18801,6	35,2
Stabilité surface bâtie		355,9	0,7	2161,6	4,0
Stabilité végétation		372,6	0,7	194	0,4
Total		53471,9	100%	53471,9	100%
B / Evolution de la végétation (Fig. 101 et 103)					
Régression végétation		11381,8	87,8	677	12,4
Progression végétation		1214	9,4	4598,4	84,1
Stabilité végétation		372,6	2,9	194	3,5
Autres types d'occupation		40503,6	Non pris	48002	Non pris
Total		12968,4	100%	5469,4	100%

2 L'occupation du sol et ses changements à Ziguinchor de 1973 à 2017

Rappelons tout d'abord que Ziguinchor (Fig. : 104), située dans le sud du Sénégal sur l'estuaire du fleuve Casamance, présente une plus grande diversité de paysages, et donc de catégories dans la nomenclature de l'occupation du sol, notamment dans les secteurs de vasière (mangroves, tannes, rizières, ...) et de bas-fonds. Les résultats radiométriques et cartographiques issus des traitements de télédétection des scènes couvrant la ville de Ziguinchor et ses environs immédiats de 1973 (2.1), de 1990 (2.2) et de 2017 (2.3) seront présentés. L'espace cartographié est plus large que l'agglomération elle-même, même dans son extension actuelle ce qui permet d'avoir une vision plus globale des changements y compris ceux intervenus dans le périurbain. Nous analyserons ensuite les évolutions spatio-temporelles des classes d'occupation du sol à l'aide des cartes des changements (2.4), tout en s'efforçant, comme pour l'agglomération dakaroise, de trouver les causes et les conséquences de ces changements.

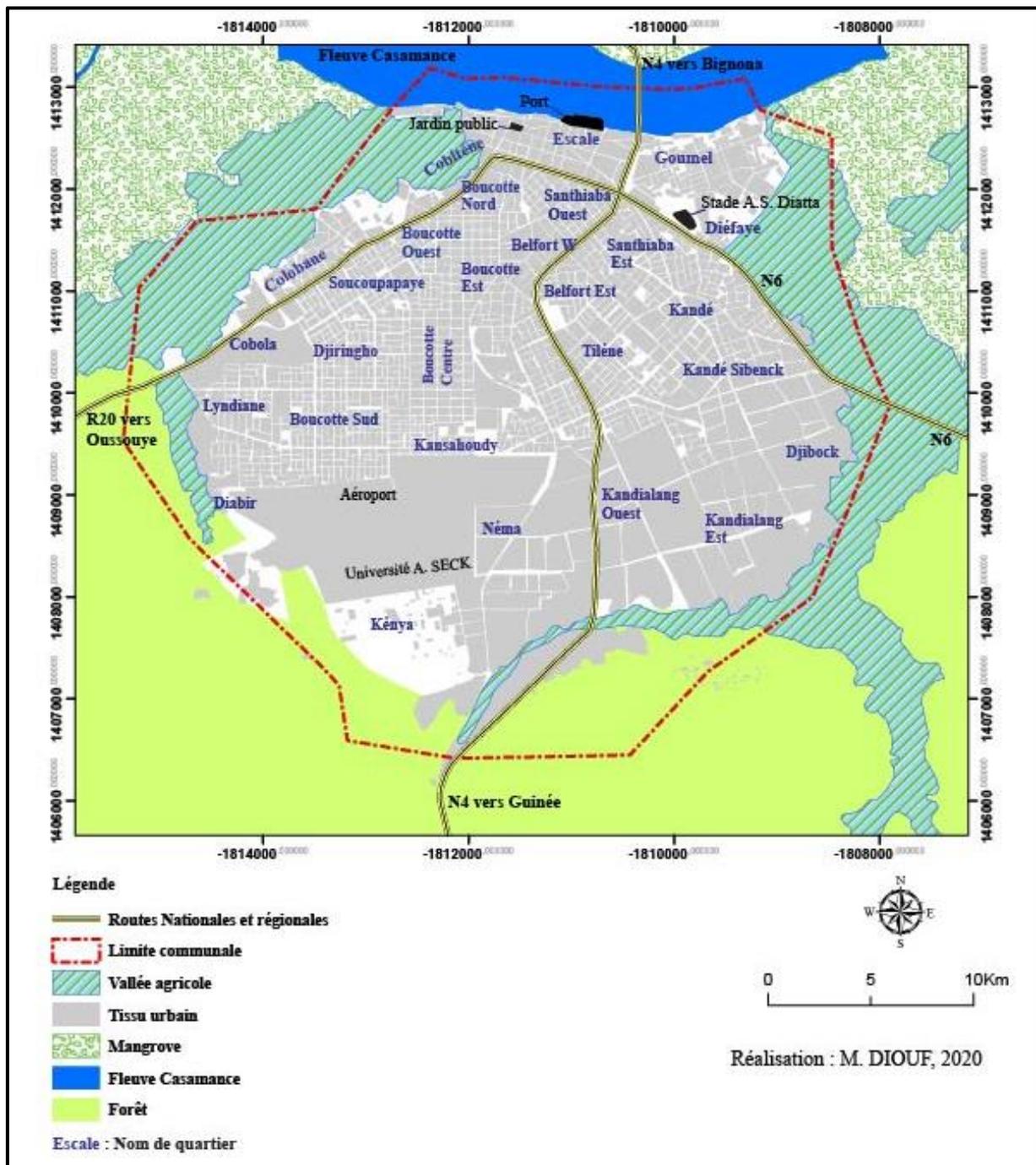


Figure 104 : L'organisation spatiale de la ville de Ziguinchor

2.1 L'état de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor, 1973

L'interprétation des courbes radiométriques de 1973 (Fig. : 105), permet d'identifier assez facilement les différentes classes thématiques, en commençant par la classe des tannes qui a les plus fortes valeurs de réflectance sur l'ensemble des canaux. La classe des rizières possède des valeurs de réflectance plus ou moins élevées qui décroissent à partir du canal MSS5. La courbe des vasières nues basses (tannes submersibles) a une allure décroissante avec des valeurs assez faibles. La classe de mangrove présente une courbe décroissante avec

un léger pic à partir du MSS5 et a des valeurs également basses. Les valeurs de réflectance les plus faibles sont attribuées à la classe des surfaces en eau. Ces différentes unités paysagères sont localisées dans les zones de vasière ce qui permet, en plus de l'analyse des valeurs radiométriques, de les distinguer des unités présentes sur la terre ferme. Ainsi, la localisation de la mangrove sur la zone de vasière est un élément de distinction supplémentaire pour la différencier de la forêt.

Sur la terre ferme, les classes 1 et 2 qui possèdent de fortes valeurs de réflectance avec un pic des valeurs dans le proche infrarouge, peuvent être interprétées comme de la végétation peu dense, voire clairsemée quoique dominante sur le pixel (pic léger à partir du MSS5) et de la végétation dense (fort pic à partir du MSS5). Les courbes des sols nus et des surfaces bâties ont de fortes valeurs de réflectance, celles des sols nus sont légèrement supérieures mais les allures des deux courbes sont assez identiques.

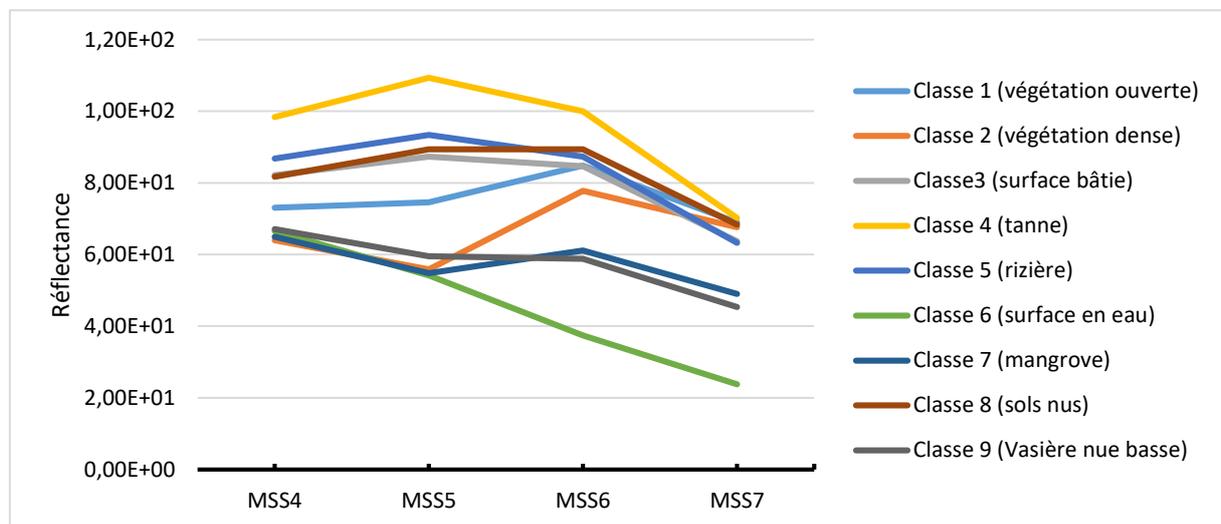


Figure 105 : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol de Ziguinchor, 1973

La carte de 1973 montre une prédominance des surfaces en végétation dominante, qu'elles soient continentales ou estuariennes : celles-ci occupent 61 % de la zone cartographiée (Fig. : 107). Au sein de ces 61 %, la végétation ouverte (clairsemée ou ne formant pas une couverture végétale dense et continue) sur la terre ferme est majoritaire car couvrant 46 % de la superficie continentale cartographiée environ 6 119 ha (Fig. : 114). Les secteurs dominants en végétation ouverte se retrouvent principalement sur le plateau, au sud de la ville où ils s'imbriquent et côtoient des champs établis sur des espaces défrichés, des vergers, des zones de végétation dense et surtout des espaces bâtis. D'ailleurs, cette classe de végétation ouverte peut par endroit masquer le bâti sous-jacent comme c'est parfois le cas actuellement dans certains quartiers périphériques comme Colobane.

La classe de végétation dense dominante représente 7,2 % de la zone continentale traitée soit sur près de 967 ha (Fig. : 114). Elle est constituée de petites surfaces de forêt éclatées restées plus ou moins intactes et de vergers notamment de manguiers. Les secteurs de forêt dense, en faible nombre, sont situés au sud de la ville loin des périmètres habités tandis que les vergers sont à la périphérie de la ville. Les formations de mangrove dominantes

quant à elles colonisent les vasières fluviomarines du nord de la ville et des abords du fleuve Casamance. Elles couvrent près de 7,9 % du site traité pour une superficie d'environ 1 050 ha.

Cette prédominance des surfaces en végétation à Ziguinchor et ses environs s'explique par une pluviosité favorable de la Casamance notamment durant les années 1950 et 1960 (Dacosta *et al.* 2002) pendant lesquelles les moyennes annuelles de précipitations étaient souvent supérieures à 1500 mm (chapitre 5). Cela a positivement influé sur le développement du couvert végétal. Il s'y ajoute qu'en 1973, Ziguinchor était encore une ville de taille modeste de 45 000 habitants⁷⁵. Tout ceci n'explique pas totalement le faible nombre de pixels où le bâti est dominant, moins de 2,6 % de l'image traitée (353 ha). À cette époque, le bâti était peut-être noyé dans la végétation (Fig. : 106), la qualité des scènes des années 1970 peut aussi être en cause dans cette sous-évaluation des surfaces bâties, ainsi que de possibles confusions entre des classes radiométriquement proches.

Les autres unités de l'occupation du sol se répartissent ainsi (Fig. : 114) : vasière nue basse 7,5 % (1 003 ha), surface en eau 5,3 % (720 ha), sols nus 21 % (2 825 ha), Tanne 1,5 % (204 ha) et rizières 0,8 % (81 ha). Les rizières sont principalement installées dans les zones de vasière proches de la ville notamment à l'ouest et à l'est. La faible extension des rizières sur cette image de 1973 peut étonner. Les sols nus se retrouvant à la périphérie sud de la ville correspondent aux champs dédiés aux cultures pluviales et vivrières tandis que ceux situés sur la vasière ou dans les bas-fonds sont réservés à la culture du riz.



Figure 106 : Classe thématique végétation : habitations noyées dans la végétation à Colobane (diouf, 2017)

⁷⁵ Cf site Africapolis :

<https://africapolis.org/fr/explore?agglomeration=Ziguinchor&country=Senegal&poprange=1,2,3,4,5,6&year=1970>

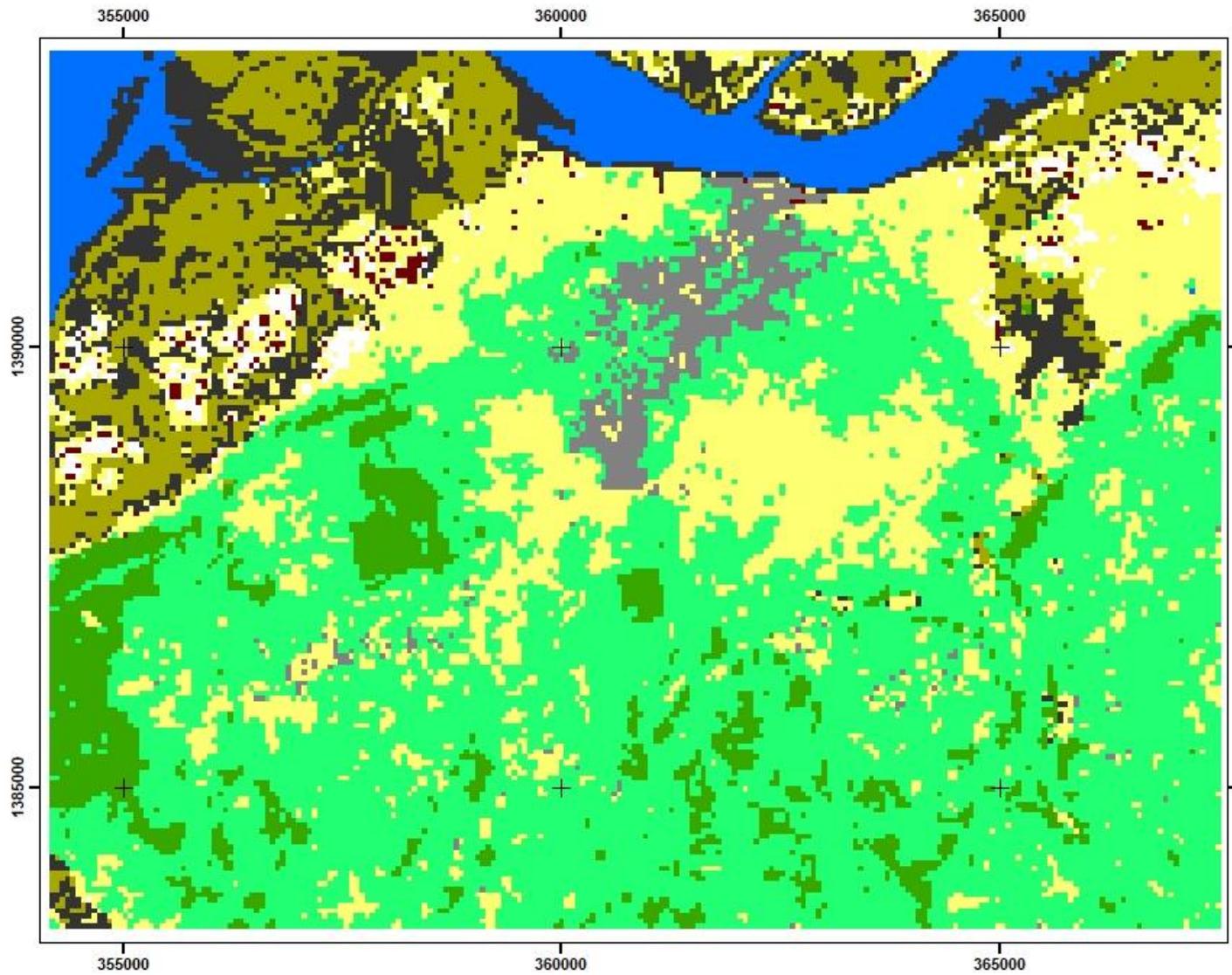
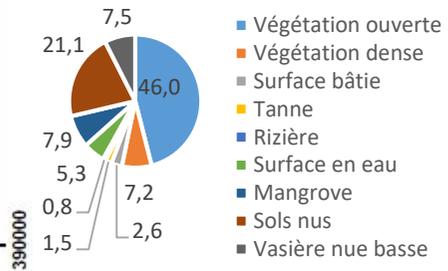
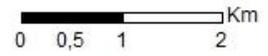


Figure 107 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor et ses environs, 1973



Occupation du sol dominante, Ziguinchor 1973

- Végétation ouverte
- Végétation dense
- Surface bâtie
- Tanne
- Rizière
- Surface en eau
- Mangrove
- Sols nus
- Vasière nue basse



Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.

2.2 L'état de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor en 1990

En 1990, après les années de péjoration pluviométrique qui ont affecté ce domaine estuarien de façon différente à ce que nous avons vu pour Touba, les conditions hydriques (1110 mm) ont été favorables au développement du couvert végétal.

L'image de 1990, de meilleure résolution, montre des courbes radiométriques mieux différenciées (Fig. : 108), en particulier sur les canaux TM4, TM5 et TM7 (proche infra-rouge, moyen infra-rouge et infra-rouge thermique) (voir chapitre 4). Les courbes des ensembles de pixels identifiés aux unités d'occupation du sol dans les zones de vasière (rizières, mangrove, surface en eau et vasière nue basse) ont des valeurs de réflectance toujours faibles. Seule la classe des tannes a de fortes valeurs de réflectance avec un pic à partir du TM4.

Les classes de la terre ferme ont des courbes plus différenciées sur les canaux cités dans le précédent paragraphe. Ainsi, la courbe de la végétation dense connaît un pic de réflectance assez léger dans le proche infrarouge (TM4) et celle de la végétation ouverte a un fort pic de réflectance dans le TM4. La courbe des sols nus, croissante dans l'ensemble des canaux, a les plus fortes valeurs à partir du TM4 laissant penser à la présence d'un couvert herbacé ou arboré non dominant dans le pixel. La courbe des surfaces bâties est proche de l'allure de la courbe des tannes à partir du TM4.

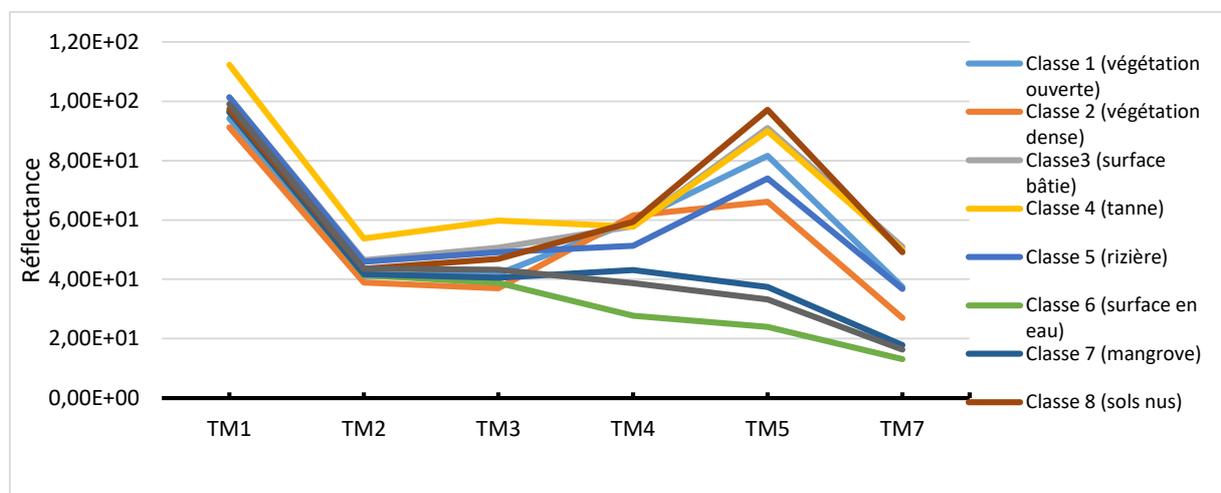


Figure 108 : Courbes radiométriques de la carte d'occupation du sol de Ziguinchor, 1990

Les surfaces bâties se sont étendues et sont donc plus aisément discernables sur l'image à partir du port de Ziguinchor, celles-ci progressent nettement vers le sud (Fig. : 110). Les nouvelles extensions comprennent une part moins notable de surface en végétation et la réponse radiométrique n'est donc plus la même. Elles occupent 749 ha (Fig. : 114), cette extension spatiale de la ville est l'une des conséquences de l'essor démographique de Ziguinchor dont les causes vont être explicitées dans les lignes consacrées à l'étude de la carte de 2017, le mouvement s'étant poursuivi bien au-delà de 1990.

La couverture du sol de la ville de Ziguinchor était encore dominée par des pixels où la végétation prévaut. Toutefois, du fait d'une croissance urbaine accrue à Ziguinchor, son emprise est moins forte. Dans quelle mesure l'effet de la baisse importante des totaux pluviométriques annuels enregistrée partout dans le pays depuis 1968 (Niel *et al.*, 2005 ; Da Costa *et al.*, 2002 ; Ndong, 1995) a-t-il pu jouer en fragilisant certains types de végétation ? La réponse est difficile à discerner à cette échelle, mais ce n'est sans doute pas décisif à Ziguinchor, la crise climatique ayant plutôt eu des effets indirects en accentuant l'exode rural.

Conséquence de l'extension de l'espace urbain et donc du bâti, les superficies de l'ensemble des classes de végétation passent de 61 % à 55 % entre 1973 et 1990. Cependant, les superficies où la végétation ouverte domine restent majoritaires avec une emprise de 39,3 % de la zone continentale cartographiée pour une superficie de 5 235 ha en 1990. Elle est suivie par la classe de la végétation dense dominante qui représente 9,8 % soit près de 1 316 ha (Fig. : 114). La perte de superficies concerne également les secteurs dans lesquels la mangrove est dominante qui couvrent 6 % de la zone de vasière en 1990. Cette régression de la mangrove entraîne parallèlement une augmentation des surfaces de vasière nue basse (1 194 ha) « parfois attribuée aux prélèvements (le tronc est utilisé pour les plafonds, les clôtures et pour la cuisson, les feuilles et les racines sont utilisées comme remède...) effectués par les habitants, de la dynamique urbaine engendrant l'abattage de la mangrove le long des berges du fleuve Casamance pour réaliser des habitations (Goumel) des infrastructures portuaires et touristiques mais surtout à la sécheresse qui a entraîné une extension des tannes par salinisation dans la basse vallée du fleuve Casamance. Ces tannes correspondent à des sols nus qui sont recouverts d'une couche de sel, on peut aussi les considérer comme des sols nus salés » (Bassene *et al.*, 2013).

Les zones rizicoles ont également progressé en passant à 5,2 % de l'image traitée (706 ha) en 1990 principalement au niveau des vasières du nord-ouest et du nord-est proches de la ville. Durant la saison sèche, les parcelles rizicoles à la lisière des quartiers périphériques deviennent des jardins maraichers (Fig. : 109) exploités essentiellement par les femmes.

Dans ces vasières, des terrains restés nus sont aussi observés de même que sur la terre ferme où ils correspondent globalement à des champs comme on l'a déjà souligné. Dans l'ensemble, les sols nus s'étendent sur une superficie de 2 072 ha.



Figure 109 : Parcelles rizicoles utilisées en jardins maraichers en saison sèche à la lisière de Colobane (Source : Google Earth, 2017 ; clichés, Diouf, 2017)



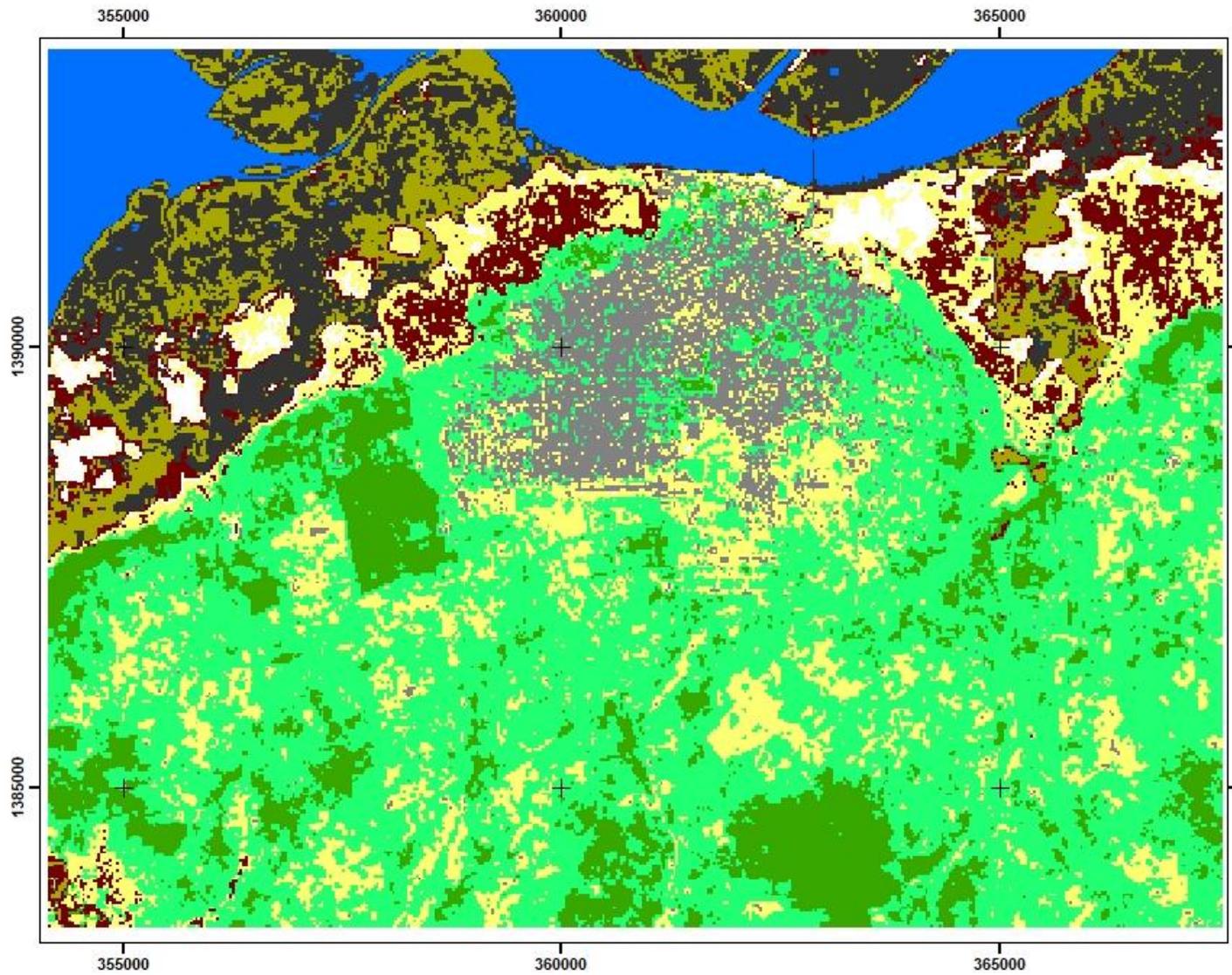
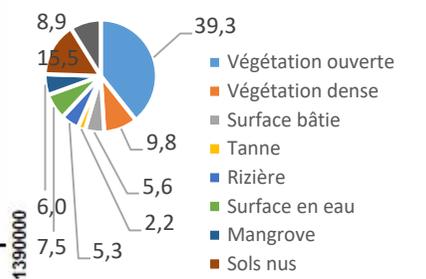
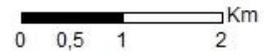


Figure 110 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor et ses environs, 1990



Occupation du sol dominante, Ziguinchor 1990

- Végétation ouverte
- Végétation dense
- Surface bâtie
- Tanne
- Rizière
- Surface en eau
- Mangrove
- Sols nus
- Vasière nue basse



Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.

2.3 L'état de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor en 2017

L'analyse des courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol de Ziguinchor de 2017 (Fig. : 111) révèle une conformité par rapport aux scènes de 1973 et 1990, bien que les contrastes entre les courbes soient moins prononcés notamment sur les premiers canaux. Cette conformité permet une bonne comparabilité entre les trois cartes de l'occupation du sol produites.

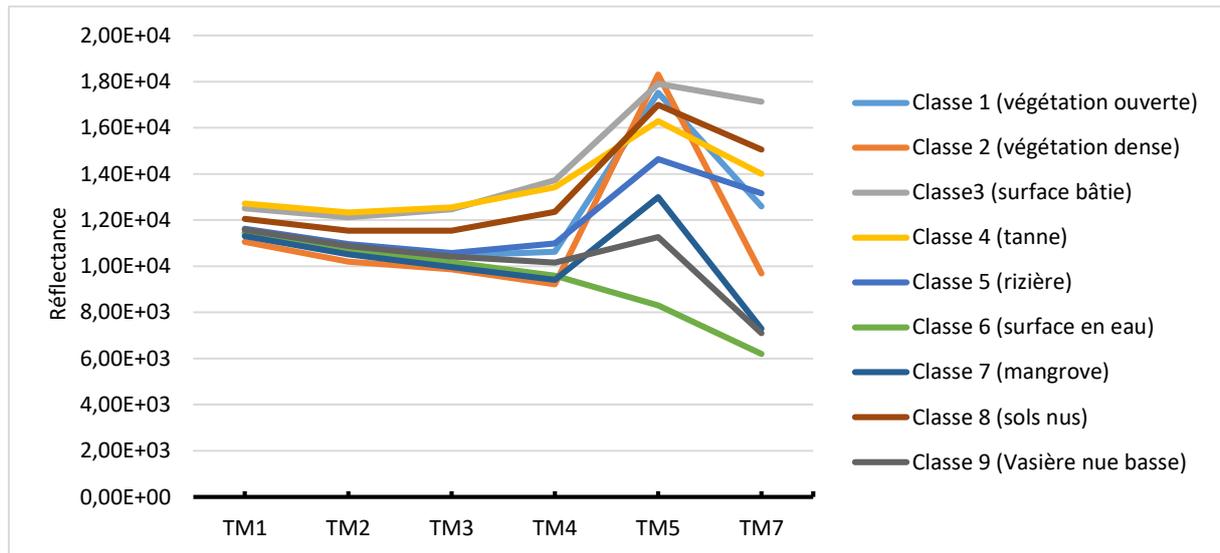


Figure 111 : Courbes radiométriques de la carte d'occupation du sol de Ziguinchor, 2017

La figure 113 montre une nette extension spatiale du bâti, dans le prolongement de ce qui avait été observé sur la carte de 1990. Celle-ci s'accompagne d'une densification des espaces bâtis et artificialisés. Ce double mouvement d'urbanisation est plus rapide vers le sud, particulièrement du côté de l'aéroport de Ziguinchor. En effet, les surfaces où le bâti domine représentent ainsi 15,5 % de la carte de l'occupation du sol de 2017 pour une superficie de 2 052 ha (Fig. : 114). Au sein de ce tissu urbain bâti subsistent encore quelques secteurs en végétation ouverte tels que les abords de l'hôtel Néma Kadior, le camp de la gendarmerie de Néma, la zone militaire N°5, l'université Assane Seck et le cimetière de Belfort. L'étalement spatial de Ziguinchor reste dû à la forte croissance démographique alimentée par un important exode rural. Ce dernier reste causé par les mauvaises conditions climatiques de la période 1970-2000, la péjoration de la pluviométrie touchant y compris cette partie du pays pourtant mieux arrosée (Robin et Ndione, 2006). Le déficit pluviométrique a en effet touché aussi bien la bande soudanienne que la bande sahélienne plus au nord, plus souvent citée. Cependant, la pluviosité a été meilleure depuis la fin des années 1990 et l'explication climatique n'est pas la seule. Des raisons géopolitiques entrent ici également en considération. Les migrations vers la ville de Ziguinchor sont, en effet, également l'une des conséquences du conflit casamançais (1982-2005) qui a entraîné le déplacement de nombreuses personnes. Ainsi, plusieurs centaines en quête de sécurité se sont-elles installées sur la base militaire de Niaguis (Pélissier, 1995).

Le paysage urbain de Ziguinchor et de ses environs immédiats (Fig. : 113) reste toujours à cette date de 2017 dominé par la présence de la végétation comme constaté sur les cartes de l'occupation du sol de 1973 et de 1990. Les pixels dominés par la végétation représentent 57,8 % de la surface cartographiée notamment dans les parties sud de l'espace cartographié (boisement de terre ferme) et au nord, dans les vasières le long de l'estuaire où se situe la mangrove. Les superficies en végétation ouverte dominantes représentent 25,4 % de l'image soit 3 372 ha de la zone cartographiée alors que les secteurs en végétation dense et en mangrove dominants progressent jusqu'à atteindre respectivement 2 939 ha et 757 ha en 2017 (Fig. : 114).

La croissance des surfaces de mangrove est liée à un retour progressif à des conditions pluviométriques plus favorables depuis les années 1990 (Sene & Ozer, 2002 ; Ali & Lebel, 2009 ; Bodian, 2014) ; elle est aussi en partie liée aux programmes de reboisement et aux politiques de conservation de la mangrove en Casamance pilotés par le Projet au Développement Rural de la Casamance (PADERCA), l'Agence Nationale d'Aquaculture (ANA), et plus récemment par l'ONG OCEANIUM dans le cadre de la gestion participative des ressources naturelles (Bassene *et al.*, 2013). L'amélioration de la pluviométrie peut-elle aussi expliquer le développement du couvert végétal notamment ouvert dominant sur le plateau et en dehors du tissu bâti engendrant une diminution des secteurs en sols nus (631,5 ha) ? Cela semble plutôt lié à des opérations de maintien de l'agriculture en périphérie de Ziguinchor. Les vergers qui sont considérés comme une étape de sécurisation de la terre avant d'obtenir un titre de propriété et une source financière pour plusieurs familles, représentent en effet une grande partie des superficies en végétation ouverte dominantes notamment à la périphérie proche de la ville, reconnaissables à leurs formes régulières (Fig. : 112, image de gauche). Les secteurs de végétation dense correspondent à la forêt dont quelques portions disséminées sur le plateau échappent aux défrichements et aux activités d'exploitation du bois (Fig. : 112, image de droite).



Figure 112 : Vergers à Ziguinchor (image à gauche), Forêt grignotée (Image à droite) (google earth, 2017)

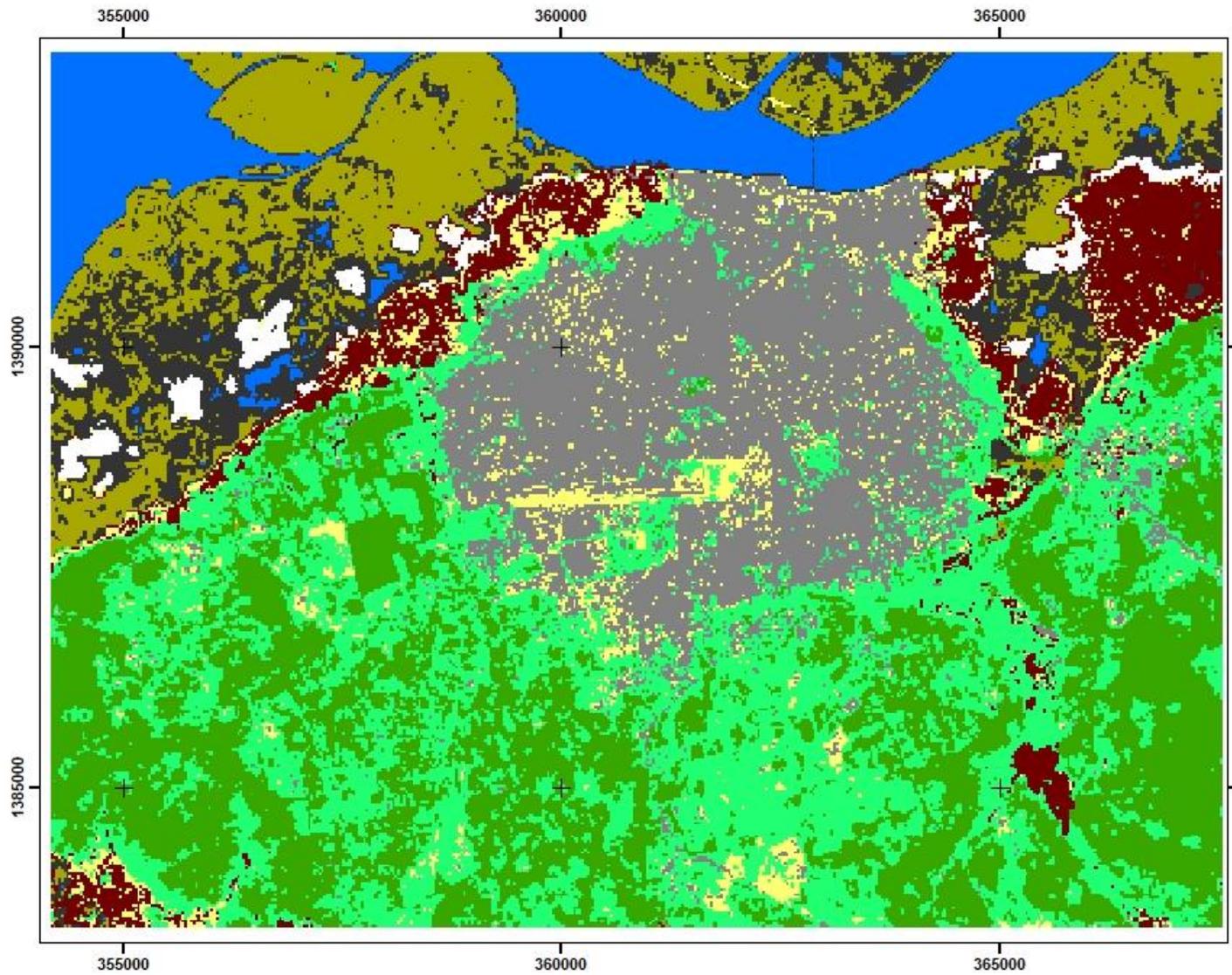
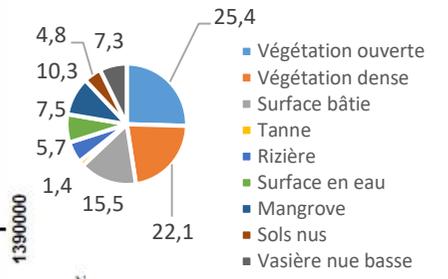


Figure 113 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor et de ses environs, 2017

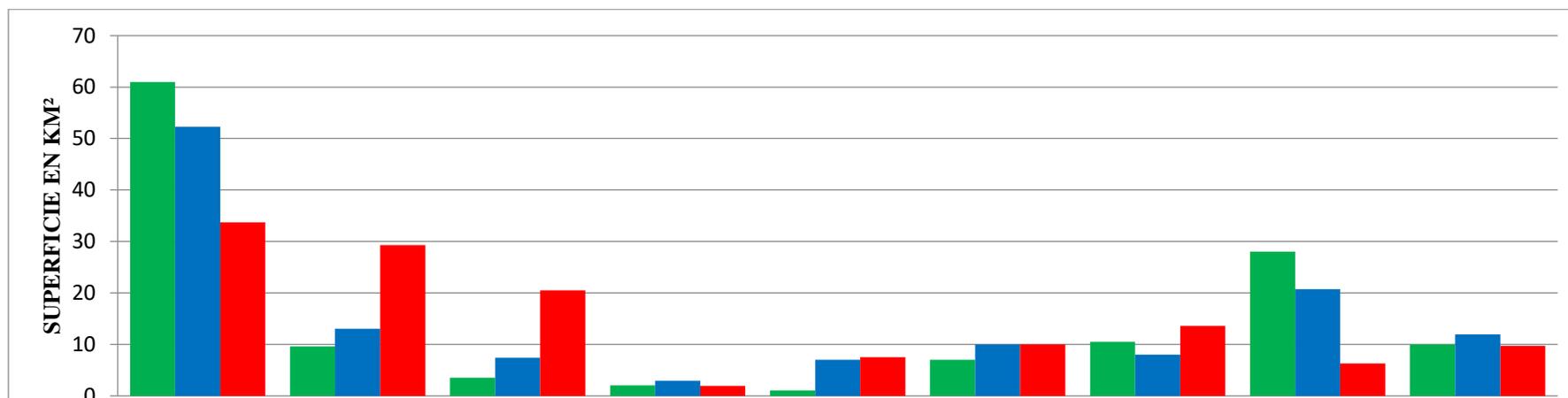


Occupation du sol dominante, Ziguinchor 2017

- Végétation ouverte
- Végétation dense
- Surface bâtie
- Tanne
- Rizière
- Surface en eau
- Mangrove
- Sols nus
- Vasière nue basse



Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.



	Végétation Ouverte	Végétation dense	Surface bâtie	Tanne	Rizière	Surface en eau	Mangrove	Sols nus	Vasière nue basse
1973	61	10	4	2	1	7	10	28	10
1990	52	13	7	3	7	10	8	21	12
2017	34	29	20	2	8	10	14	6	10

Figure 114 : Evolution des unités d'occupation du sol de la ville de Ziguinchor en 1973, 1990 et 2017

2.4 Cartographie des changements de l'occupation du sol intervenus à Ziguinchor entre 1973 et 2017

Cette sous-partie est consacrée à l'interprétation et à l'analyse des quatre cartes des changements obtenus après addition des cartes d'occupation de 1973 et de 1990 puis de 1990 et 2017. Les deux premières cartes montrent les changements de l'occupation du sol et les évolutions de la végétation de la ville de Ziguinchor entre 1973 et 1990 et les deux dernières ceux enregistrés sur l'occupation du sol à Ziguinchor entre 1990 et 2017. L'analyse diachronique de l'occupation du sol nécessite la mise en place d'une nomenclature commune à l'ensemble des cartes de l'occupation des sols choisies pour la confection des cartes des changements. Une liste de 15 classes plus les surfaces en eau (Tableau 20) mettant en exergue les changements représentés a été retenue. Sont figurées les progressions, donc les conversions d'un état de surface à un autre, ou la stabilité dans l'occupation. Afin de mieux mettre l'accent sur la végétation, là où elle progresse et là où elle recule, une deuxième carte a été produite sur les classes thématiques la concernant (Tableau 21).

Tableau 20 : Liste des classes retenues pour la réalisation des cartes des changements de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor, périodes 1973-1990 et 1990-2017

Classe 1	Progression végétation ouverte
Classe 2	Progression végétation dense
Classe 3	Progression surface bâtie
Classe 4	Progression mangrove
Classe 5	Progression sols nus
Classe 6	Tanne
Classe 7	Progression rizière
Classe 8	Progression vasière nue basse
Classe 9	Stabilité végétation ouverte
Classe 10	Stabilité végétation dense
Classe 11	Stabilité mangrove
Classe 12	Stabilité surface bâtie
Classe 13	Stabilité sols nus
Classe 14	Stabilité rizière
Classe 15	Stabilité vasière nue basse
Classe 16	Surface en eau

Tableau 21 : Liste des classes retenues pour la réalisation des cartes de l'évolution de la couverture végétale de la ville de Ziguinchor, périodes 1973-1990 et 1990-2017

Classe 1	Progression végétation ouverte
Classe 2	Progression végétation dense
Classe 3	Progression et stabilité mangrove
Classe 4	Régression végétation ouverte
Classe 5	Régression végétation dense
Classe 6	Régression mangrove
Classe 7	Stabilité végétation ouverte
Classe 8	Stabilité végétation dense
Classe 9	Autres types d'occupation du sol

2.4.1 Cartographie des changements de l'occupation du sol de Ziguinchor entre 1973 et 1990

Le changement de configuration et de taille de la ville de Ziguinchor a produit de nombreuses mutations visibles sur les unités paysagères notamment sur la végétation urbaine et périurbaine entre 1973 et 1990 (Fig. : 115 et 116). Dans ce contexte d'extension spatiale de la ville, les classes de végétation continentales ont enregistré les changements les plus importants. À ce contexte urbain s'ajoute celui du climat qui a été marqué par une pluviosité déficitaire et semble porter préjudice à la mangrove.

En effet, la classe de la mangrove (Fig. : 160) a vu sa superficie diminuer de 5 472,81 ha entre 1973 et 1990 (Tableau 23). Cette régression est le résultat, d'une part, des conséquences des mauvaises conditions climatiques aggravées par les épisodes de sécheresse de 1974 et 1984 rappelé précédemment. La question de la responsabilité des populations dans ce recul du fait de l'accentuation des prélèvements devenus récurrents de bois et de produits halieutiques (les huitres) a été posée (FAO, 2007), mais Andrieu (2008) a montré que le prélèvement de branches mortes sur les palétuviers n'impliquait pas la disparition des arbres, de même que le prélèvement des huitres. Les prélèvements de bois pour le séchage du poisson, menés par des pêcheurs venus d'autres secteurs de la sous-région ont aussi été incriminés. Cependant, à Ziguinchor, « l'une des principales causes du recul de la mangrove reste le commerce de son bois qui s'accroît avec l'augmentation de la population car ce commerce est devenu leur principale source de revenu. Il faut également l'associer à la coupe des racines de la mangrove faite par les femmes pour recueillir les huîtres » (Bassene *et al.*, 2013).

Par ailleurs, l'extension spatiale de l'urbanisation par progression du bâti a principalement entraîné la régression de la végétation ouverte (Fig. : 116) sur l'espace urbain et périurbain de l'époque et la redistribution de celle-ci au sein du tissu urbain à travers de nouvelles formes de végétation sur lesquelles nous reviendrons. D'autres secteurs de régression de la végétation ouverte, non liés à l'étalement de la ville, sont également présents sur le plateau, il s'agit des zones défrichées pour les cultures saisonnières (champs). Ainsi une superficie de 1 337,7 ha de végétation ouverte (Tableau 23) a-t-elle disparu durant cette période.

Ceci dit, en dehors de la ville et sur la terre ferme, on peut observer des zones de progression et de stabilité de la végétation ouverte. Celles-ci couvrent respectivement 13,2 % (1 235 ha) et 42,7 % (4 000 ha) du site cartographié (Tableau 23). Cette observation est également valable pour les zones de progression et de stabilité des surfaces en végétation dense dominante qui sont quasi absentes de la ville et qui occupent dans l'ordre 840 ha et 475 ha de l'image traitée. Ces zones de progression et surtout de stabilité de la végétation correspondent aux parties de la forêt n'ayant pas subi ou de façon légère les activités anthropiques (végétation dense) et à l'extension des espaces dédiés aux vergers de manguiers et autres arbres fruitiers (végétation ouverte).

L'évolution de la végétation urbaine et périurbaine est cependant essentiellement liée à l'étalement de la ville et sa reconfiguration. En effet, les surfaces bâties ont progressé de 529 ha (Tableau 22) entre 1973 et 1990 (Fig. : 115). Cette extension du bâti est liée à l'augmentation de la population dont les causes ont été explicitées plus haut et elle est plus accentuée vers le sud en direction de l'aéroport. En raison de sa situation géographique, l'étalement de Ziguinchor est limité dans les autres directions à cause de la présence au nord du fleuve Casamance, à l'est et à l'ouest des bas-fonds.

S'il y a régression des superficies de mangrove, les vasières nues basses (tannes submersibles) ont progressé jusqu'à couvrir 5,8 % de la zone cartographiée soit une superficie de 766 ha. Les rizières se trouvant principalement à proximité des sites habités comme au nord-ouest de Ziguinchor et vers les villages de Djifangor et de Kalinguene représentent 5,2% de l'image cartographiée soit environ 686 ha (Tableau 22). La croissance de la population urbaine et donc d'un marché de consommateurs explique le développement des rizières à la périphérie.

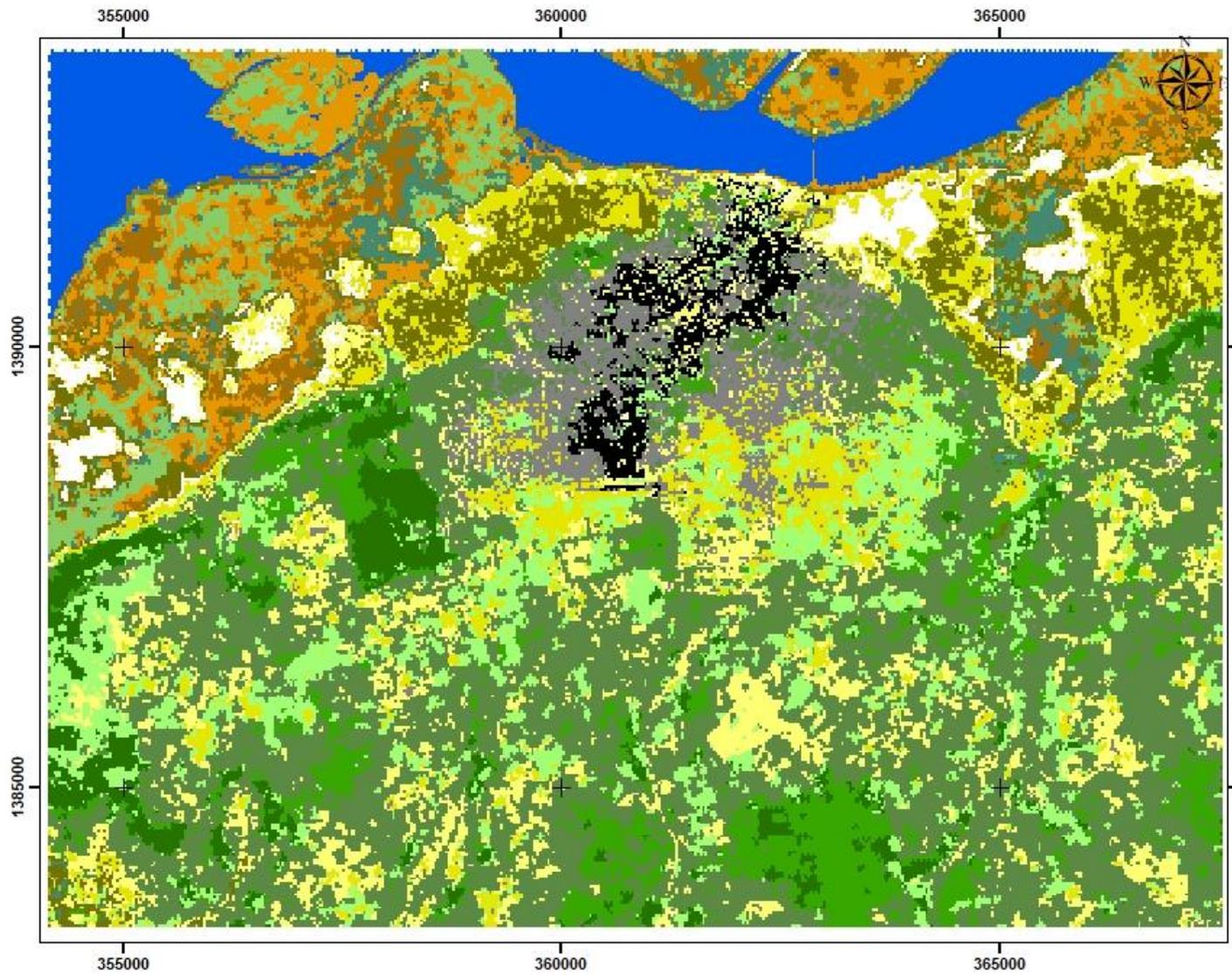


Figure 115 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor entre 1973 à 1990

- Ziguinchor, 1973-1990**
- Progression végétation ouverte
 - Progression végétation dense
 - Progression surface bâtie
 - Progression mangrove
 - Progression sols nus
 - Tanne
 - Progression rizière
 - Progression vasière nue basse
 - Stabilité végétation ouverte
 - Stabilité végétation dense
 - Stabilité mangrove
 - Stabilité surface bâtie
 - Stabilité sols nus
 - Stabilité rizière
 - Stabilité vasière nue basse
 - Surface en eau

0 0,5 1 2 Km

Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.

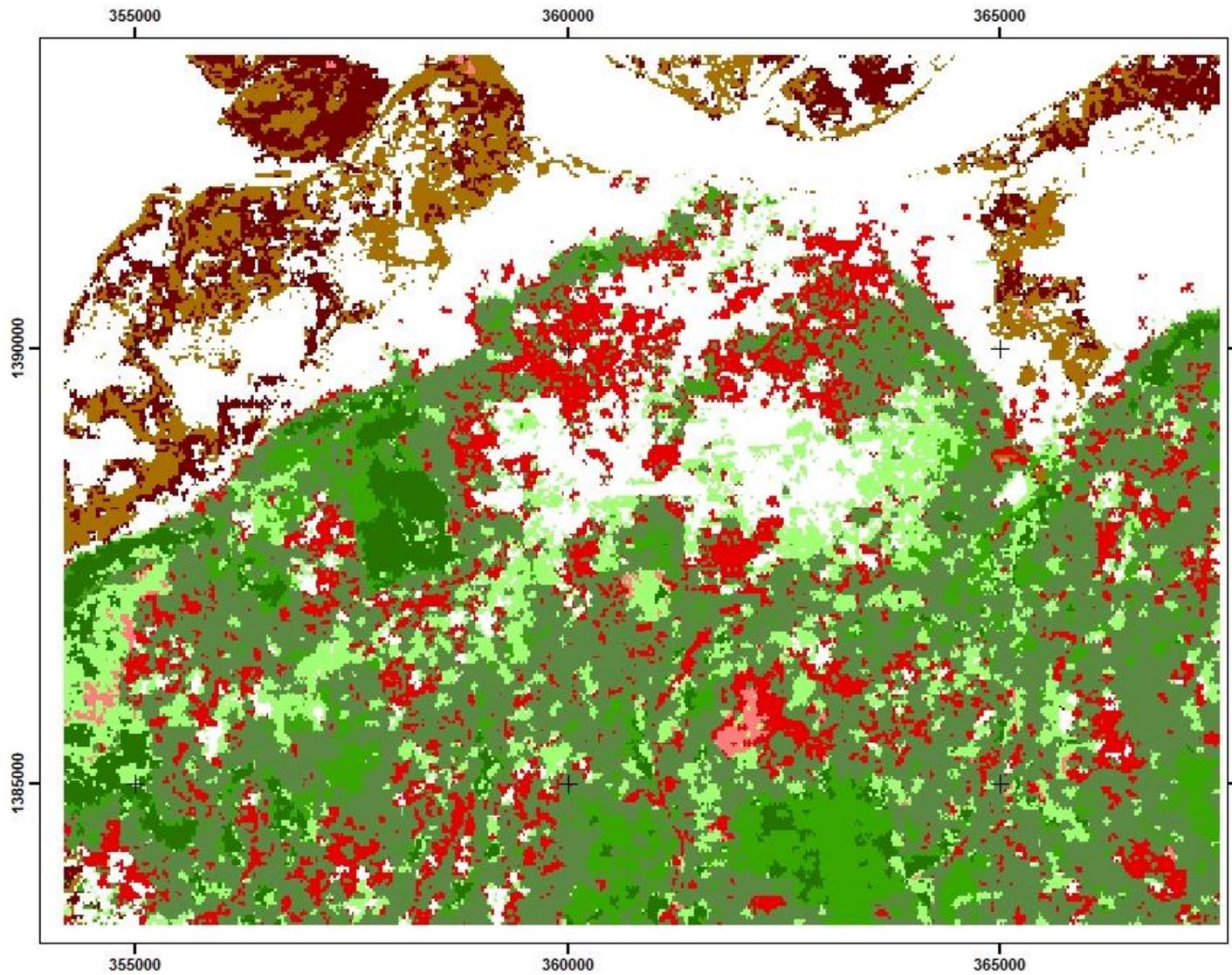
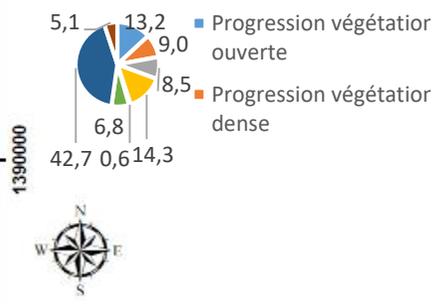


Figure 116 : Evolution des surfaces en végétation dominante de la ville de Ziguinchor et ses environs entre 1973 et 1990



- Ziguinchor, 1973-1990**
- Progression végétation ouverte
 - Progression végétation dense
 - Progression et stabilité mangrove
 - Régression végétation ouverte
 - Régression végétation dense
 - Régression mangrove
 - Stabilité végétation ouverte
 - Stabilité végétation dense
 - Autres types d'occupation

0 0,5 1 2 Km

Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.

2.4.2 Cartographie des changements de l'occupation du sol de 1990 à 2017

L'extension de la ville observée pour la période précédente s'est poursuivie jusqu'en 2017 et bien au-delà. Cette fois-ci, Ziguinchor s'est étalée de manière extraordinaire jusqu'à atteindre les limites de la commune, de façon plus importante qu'elle ne s'est densifiée (cf. chapitre 2). Le constat précédemment fait entre 1973 et 1990 s'est confirmé davantage pour la période 1990-2017 (Fig. : 120). Cette période est également marquée par une tendance progressive des superficies en végétation dominante situées en dehors de la ville et des surfaces de mangrove.

La figure 121 montre en effet des secteurs de régression de la végétation ouverte et dense se retrouvant principalement sur les périphéries de la ville. Sur ces espaces y compris ceux en dehors de la ville, la végétation qui est progressivement remplacée par le bâti entre autres unités d'occupation du sol (Fig. : 117 et 118) a reculé de 1 069 ha de 1990 à 2017 soit 12 % du site cartographié (Tableau 23).



Figure 117 : Conversion progressive des surfaces en végétation dominante vers du bâti dominant des espaces périphériques de Ziguinchor (Images Google Earth, à gauche : 2004 ; à droite : 2021)



Figure 118 : Conversion progressive des vergers vers du bâti dominant des espaces périphériques de Ziguinchor (Image gauche : vergers, 2004 ; image droite : devenu bâti, 2021)

Cette régression de la végétation est l'une des conséquences du double mouvement (extension et densification du bâti) de la ville de Ziguinchor. Au niveau des vasières, elle est plutôt liée à la salinisation qui a causé la perte de superficies de mangrove durant la période 1973-1990. Sur la terre ferme, la végétation a laissé la place aux champs devenus très nombreux dans l'auréole péri-urbaine de la ville. La configuration de la ville et la pression

urbaine ont engendré une redistribution de la végétation (chapitre 1) au sein de celle-ci faisant apparaître des types de végétation allant de la végétation domestique (arbres de cours, clôture arborée) aux plantations d'alignement, de la végétation spontanée aux jardins urbains et de la forêt périurbaine à l'agriculture urbaine et périurbaine.

Pourtant, la période 1990-2017 se caractérise également par la stabilité ou la progression des classes en végétation ouverte et dense, du moins celles qui sont en dehors de la ville. Au total, elles couvrent uniquement sur le plateau un peu plus de 70 % des surfaces en végétation soit 6 311 ha (Tableau 23). Cette progression de la végétation est sans doute liée à l'amélioration des conditions climatiques marquée par une reprise relative des précipitations (Faye *et al.*, 2018), mais, dans les entretiens, il nous a été souligné qu'une protection fondée sur le respect des règles d'exploitation forestières des boisements par les services des eaux et forêts et sur une gestion participative et durable des ressources végétales impliquant les populations autochtones (Entretiens, 2017). De nombreux secteurs de progression de la végétation correspondent à des vergers d'arbres fruitiers qui se sont multipliés ces dernières années. On distingue au sein du tissu urbain (Fig. : 119) un secteur de progression de la végétation au niveau de la zone militaire N°5 et deux secteurs de stabilité de la végétation (Université Assane Seck et hôtel Néma Kadior).



Figure 119 : Secteurs de végétation au sein de la ville (Google Earth, 2017)

De 1990 à 2017, la mangrove a recolonisé les zones fluviomarines situées au nord de la carte et le long des abords du fleuve Casamance (Fig. : 121). À partir des années 1990, Bassene *et al.* (2013) des acteurs publics et privés se sont mobilisés pour récupérer les superficies de mangrove perdues pendant la période 1973-1990 en menant des campagnes de sensibilisation auprès des populations et des actions de reboisements de la mangrove. De ce fait, les superficies occupées par les mangroves sont passées de 795 ha à 1 363 ha (Tableau 23) entre les périodes 1973-1990 et 1990-2017. La restauration de la mangrove a permis de préserver plusieurs hectares de rizières de la salinisation car la mangrove agit comme une barrière de rétention du sel (Entretien, 2017). On observe cependant sur plusieurs zones que la progression de la mangrove est encore faible. Les superficies de ces dernières ont augmenté de 480 ha. Il faut aussi signaler que la ville s'est étalée au détriment d'anciennes parcelles rizicoles dont celles de la périphérie nord-est.

Durant la période 1990-2017, la classe thématique du bâti a connu une extension de 1 390 ha en direction notamment du sud et de l'est de la ville au détriment de la végétation comme on l'a déjà souligné. La ville de Ziguinchor a également grignoté les bas-fonds (rizières) situés à la périphérie comme en témoigne la création du quartier Goumel et les nombreux remblaiements effectués dans les quartiers de Colobane et de Cobitene ces dernières années (Fig. : 120).

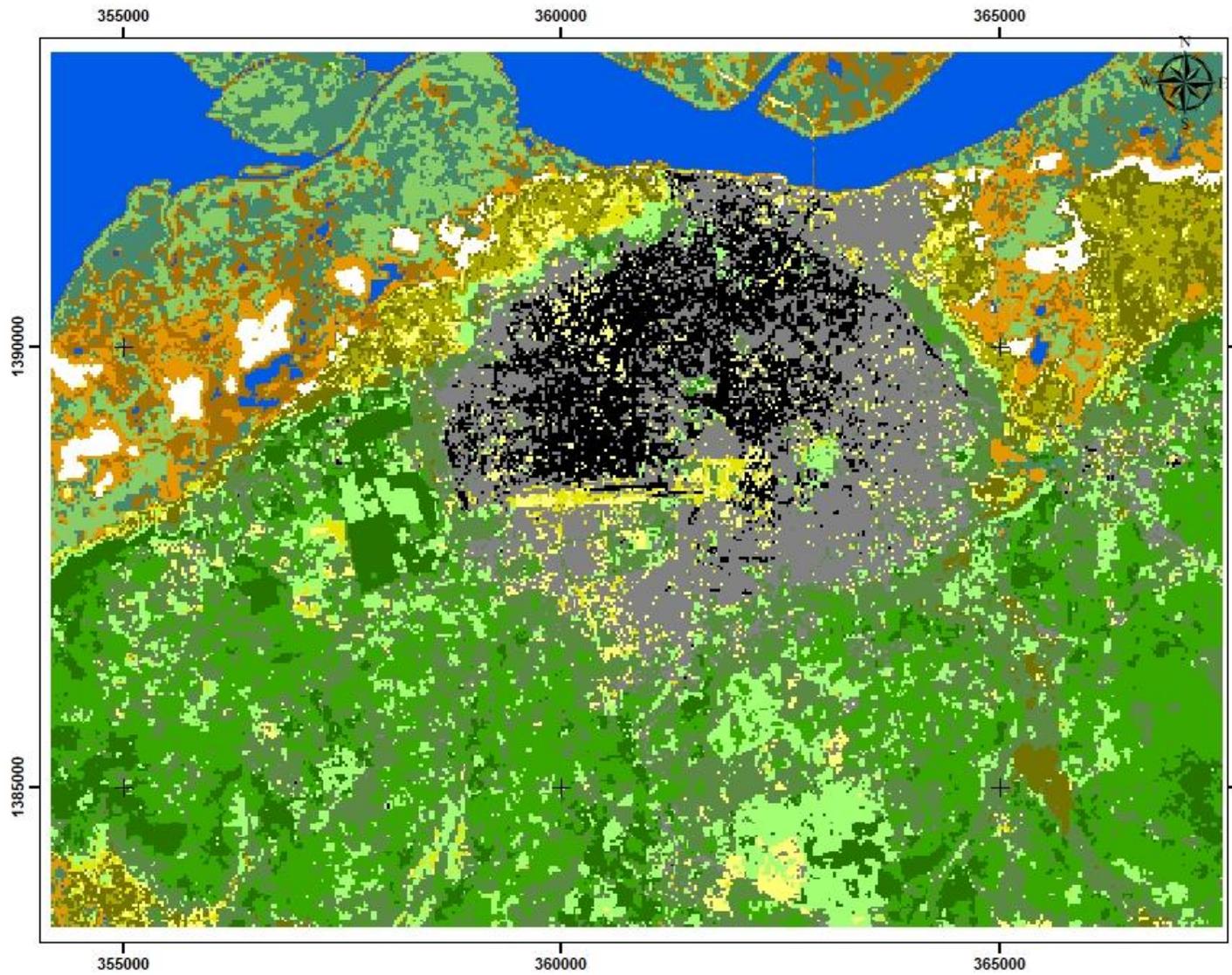


Figure 120 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor et ses environs, de 1990 à 2017

- Ziguinchor, 1990-2017**
- Progression végétation ouverte
 - Progression végétation dense
 - Progression surface bâtie
 - Progression mangrove
 - Progression sols nus
 - Tanne
 - Progression rizière
 - Progression vasière nue basse
 - Stabilité végétation ouverte
 - Stabilité végétation dense
 - Stabilité mangrove
 - Stabilité surface bâtie
 - Stabilité sols nus
 - Stabilité rizière
 - Stabilité vasière nue basse
 - Surface en eau

0 0,5 1 2 Km

Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.

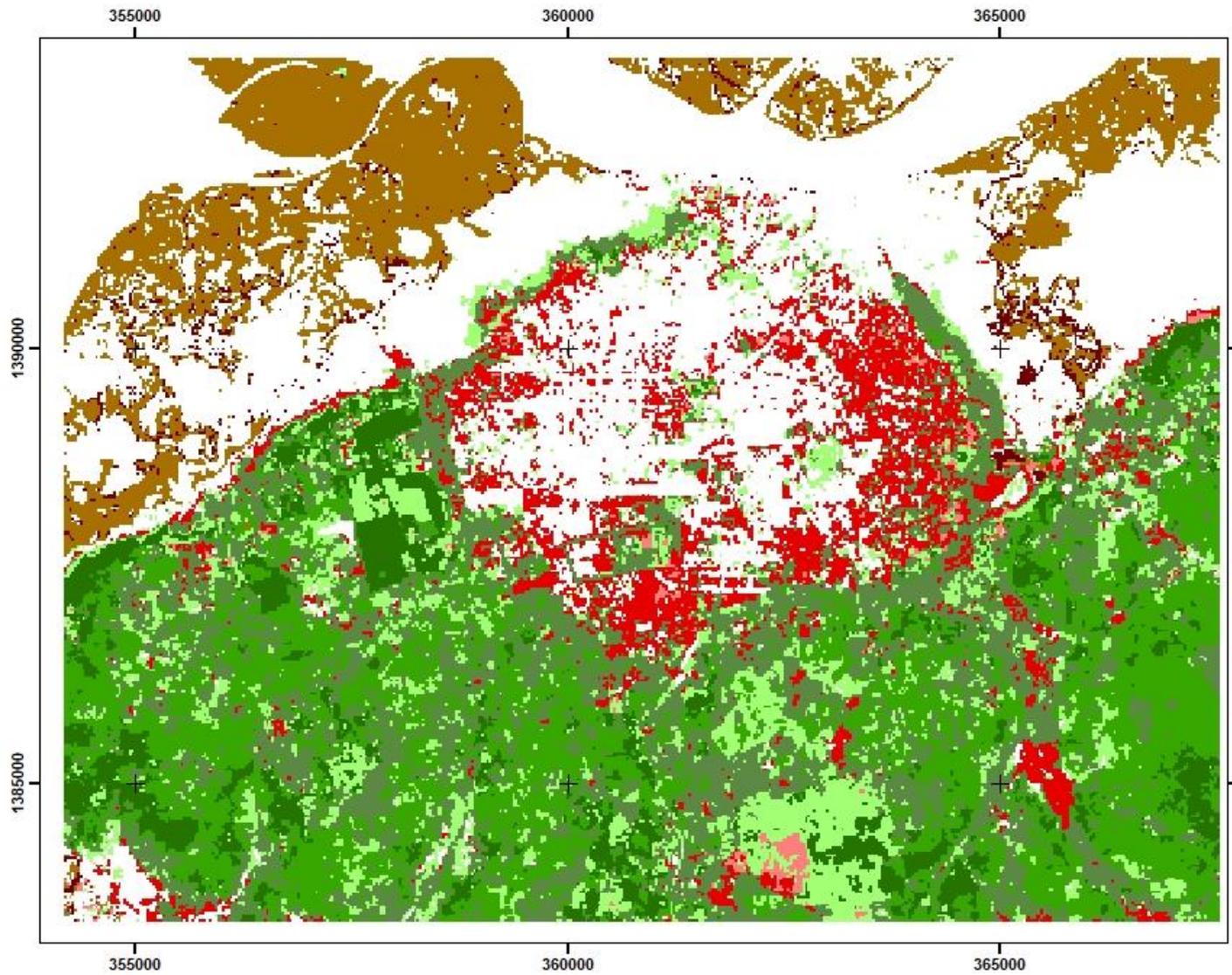
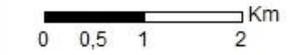
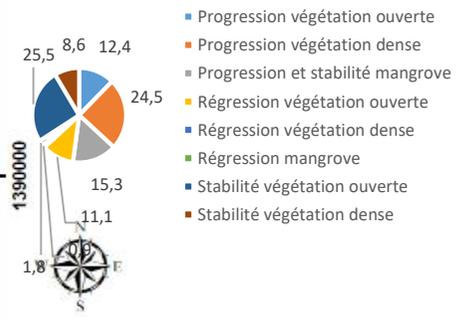


Figure 121 : Evolution des surfaces en végétation dominante de la ville de Ziguinchor et ses environs entre 1990 et 2017



Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.

Tableau 22 : Bilan des changements (progression et stabilité) opérés dans les différentes classes de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor de 1973 à 2017

Classes (Fig. 119 et 124)	Code couleur	Surfaces (hectares) 1973-1990	Proportion (%)	Surfaces (hectares) 1990-2017	Proportion (%)
Progression végétation ouverte		1235	9,3	1100	8,3
Progression végétation dense		840	6,3	2176	16,4
Progression surface bâtie		529	4,0	1390	10,5
Progression mangrove		340	2,6	733	5,5
Progression sols nus		1166	8,8	407	3,1
Tanne		293	2,2	194	1,5
Progression rizière		686	5,2	480	3,6
Progression vasière nue basse		766	5,8	496	3,7
Stabilité végétation ouverte		4000	30,0	2272	17,1
Stabilité végétation dense		475	3,6	763	5,7
Stabilité mangrove		455	3,4	630	4,7
Stabilité surface bâtie		219	1,6	660	5,0
Stabilité sols nus		906	6,8	222	1,7
Stabilité rizière		20	0,2	277	2,1
Stabilité vasière nue basse		413	3,1	474	3,6
Surface en eau		972	7,3	1001	7,5
Total		13315	100%	13275	100%

Tableau 23 : Bilan des évolutions de la végétation de la ville de Ziguinchor entre 1973 et 2017

Classes (Fig. 120 et 125)	Code couleur	Surfaces (hectares) 1973-1990	Proportion (%)	Surfaces (hectares) 1990-2017	Proportion (%)
Progression végétation ouverte		1235	13,2	1100	12,4
Progression végétation dense		840	9,0	2176	24,5
Progression et stabilité mangrove		795	8,5	1363	15,3
Régression végétation ouverte		1337,7	14,3	986,4	11,1
Régression végétation dense		60,8	0,6	82,9	0,9
Régression mangrove		635	6,8	156,3	1,8
Stabilité végétation ouverte		4000	42,7	2272	25,5
Stabilité végétation dense		475	5,1	763	8,6
Autres types d'occupation		3977,8	Non pris	4175	Non pris
Total			100%		100%

3. L'occupation du sol et ses changements à Tambacounda de 1973 à 2017

Le troisième exemple de centre régional est celui de Tambacounda (Fig. : 122), plus grande ville du Sénégal oriental et nœud de communication important, notamment dans les relations avec le Mali, mais dont la croissance sur la période récente a été beaucoup plus modeste que ce qui a été vu à Ziguinchor et surtout à Touba. Nous présenterons et analyserons les résultats issus des traitements de télédétection pour les scènes de 1973 (3.1), de 1990 (3.2) et de 2017 (3.3), puis pour les cartes des changements entre ces différentes dates (3.4). Rappelons que les techniques de réalisation des cartes ont déjà été exposées dans le chapitre 5 à propos de l'agglomération dakaraise.

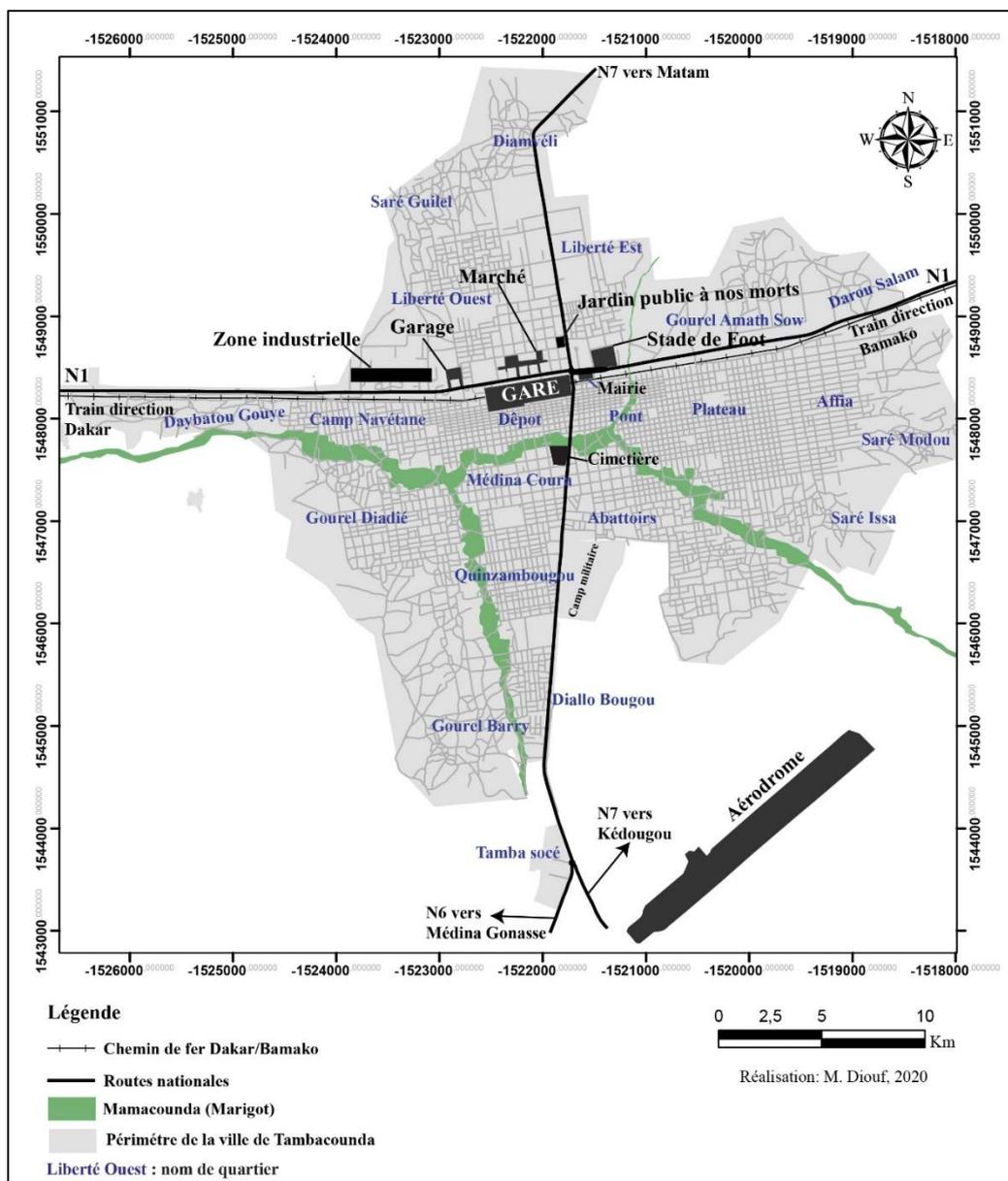


Figure 122 : Organisation de la ville de Tambacounda

3.1 L'état de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda en 1973

L'étude des courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol de Tambacounda de 1973 (Fig. : 123) révèle une courbe des **sols clairs** avec de fortes valeurs de réflectance sur l'ensemble des canaux. La courbe correspondant aux **surfaces bâties** a des valeurs de réflectance inférieures sur les bandes MSS6 et MSS7. La courbe des **sols sombres** décroît également dans le MSS7. On a aussi la classe des **surfaces en brûlis** qui se distingue par de faibles valeurs de réflectance. La courbe de la **végétation** se marque par des valeurs radiométriques faibles sur MSS4 et MSS5, mais plus fortes sur MSS6 et MSS7.

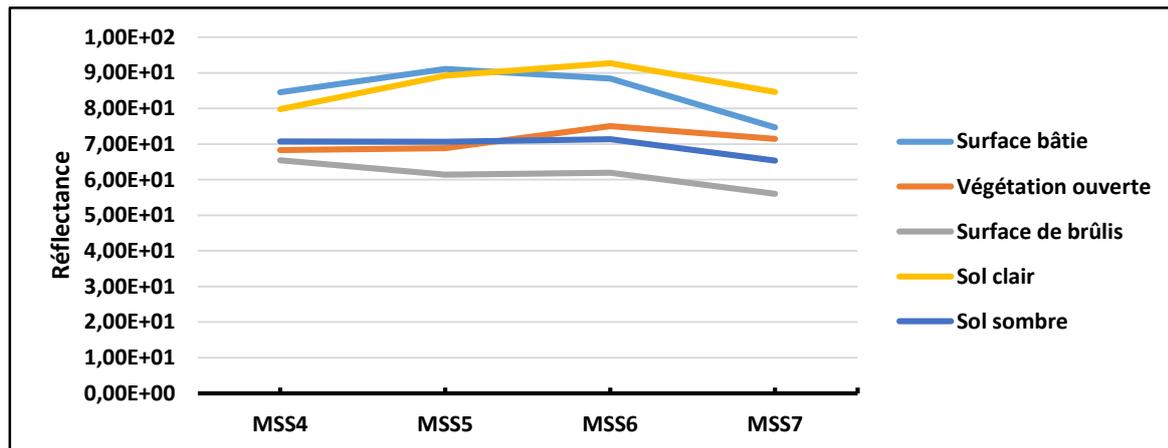


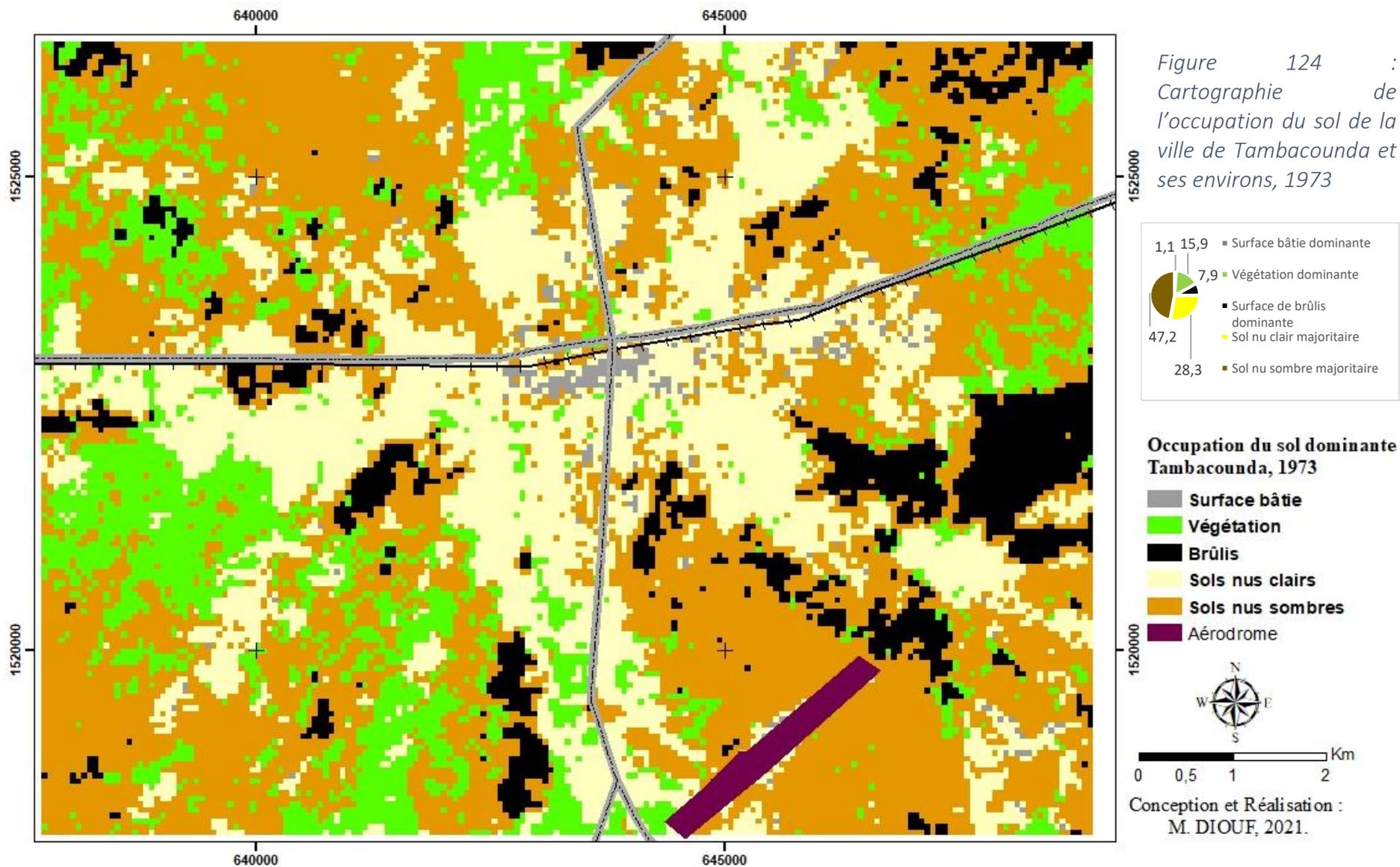
Figure 123 : : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol à Tambacounda, 1973

La ville de Tambacounda n'occupe qu'une très faible partie de la surface cartographiée en 1973 (l'image a ici été taillée à la mesure de la tâche urbaine en 2017, Fig. : 124). En 1973, les sols sombres sont majoritairement représentés avec 47,2 % de la superficie cartographiée contre 28,3 % pour les sols clairs, 16 % pour la végétation ouverte, 7,9 % pour les surfaces de brûlis, et seulement 1,1 % pour les surfaces bâties (Fig. : 129).

La ville de Tambacounda en 1973 s'est établie entre la voie ferrée au nord d'où sa forme plus ou moins linéaire en direction de l'est avec au sud de la « vallée sèche » du Mamacounda. Les surfaces en bâti dominant occupant 102 ha de la zone cartographiée se trouvent essentiellement sur cet endroit où était installé la gare, le quartier des cheminots et l'administration coloniale. On peut aussi voir les prémices d'un étalement du bâti vers l'Est, le long des axes de communication reliant Bamako. Les superficies classées en végétation dominante sont en dehors de la ville, plus précisément sur les sols sombres des périphéries plus ou moins lointaines de Tambacounda : elles couvrent 1 490 ha du site traité. A la périphérie proche de la ville vers le sud, on peut observer une petite bande de végétation dominante qui traverse le centre du tracé de la vallée sèche du Mamacounda, où les sols clairs correspondant à des cultures dominant par ailleurs.

La figure 124 met également en évidence des espaces de brûlis liés aux feux de brousse très fréquents dans cette partie du pays. En effet, les cultures sur brûlis défrichent par le feu chaque année d'importantes surfaces de végétation, malgré les efforts du

gouvernement pour décourager cette pratique. Ainsi, en 1973, sur l'image traitée, les superficies en végétation concernées par ces brulis sont estimées à 747 ha (Fig. : 129).



3.2 L'état de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda en 1990

L'étude des courbes radiométriques accompagnant la carte de l'occupation de Tambacounda de 1990 met en évidence une courbe des sols clairs avec un pic net en TM5 (Fig. : 125). La courbe des surfaces bâties possède une allure identique à celle des sols clairs mais ses valeurs de réflectance sont moins fortes. Les courbes des surfaces de brûlis et des sols sombres sont croissantes en TM4, TM5 et TM7 et ont presque la même allure mais celle des surfaces de brûlis a des valeurs de réflectance légèrement supérieures. La courbe de la végétation ouverte qui reste assez ouverte et clairsemée dans cette zone soudanienne montre un pic de réflectance dans le proche infrarouge c'est-à-dire à partir du TM4.

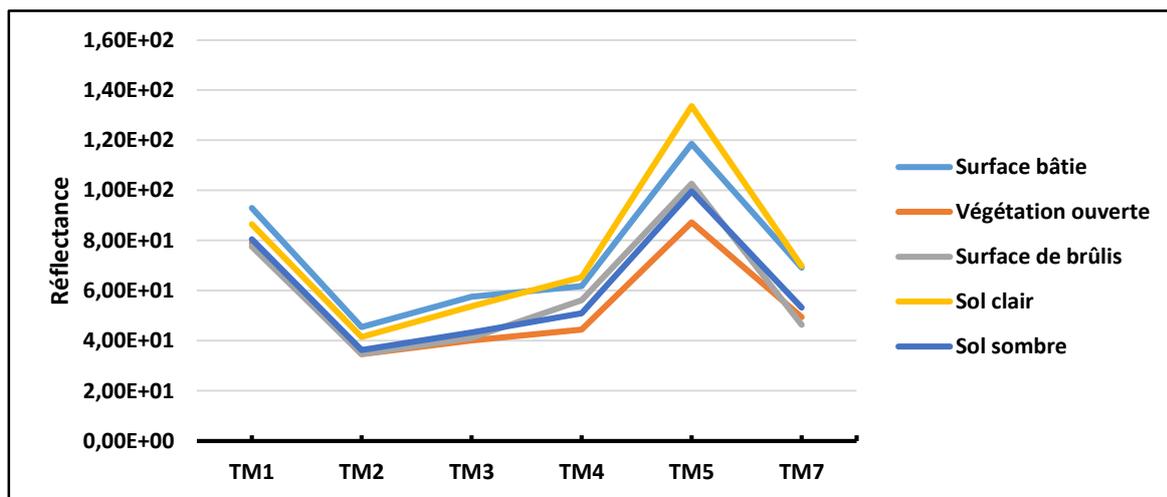


Figure 125 : : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation de Tambacounda, 1990

Cette carte de 1990 (Fig. : 126) révèle la forte croissance de la classe du bâti dominant qui occupe environ 370 ha (4 % de la zone traitée ; Fig. : 129). La croissance urbaine de Tambacounda s'étend suivant deux principales directions vers le sud, où la progression est plus rapide, et le long des axes routiers, vers l'Est, comme on l'a déjà souligné. Cet étalement de la ville semble engendrer une redistribution de la végétation que nous verrons dans un peu plus tard.

La carte de 1990 montre aussi une prédominance sur le paysage tambacoundois de la classe de la végétation ouverte qui a gagné en superficie car couvrant 36,5 % de la zone cartographiée pour une superficie d'environ 3 429 ha. Cette augmentation profite largement aux espaces périphériques immédiats. Cette situation peut-être s'explique par des brûlis n'occupant cette année-là que 4,1 % (380 ha) de la zone cartographiée (Fig. : 129). Par ailleurs, les secteurs en végétation dominante sont plus présents au sein de l'espace urbain. En effet, dans les périmètres bâtis, les surfaces en végétation dominante sont essentiellement localisées au niveau de la vallée sèche du Mamacounda, dans les quartiers nord de la ville encore faiblement bâtis et dans les périphéries proches de la ville.

Les autres unités d'occupation du sol en 1990 se répartissent de la manière suivante (Fig. : 129) : 35,9 % pour les sols sombres (3339 ha) et 19,7 % pour les sols clairs (1841 ha).

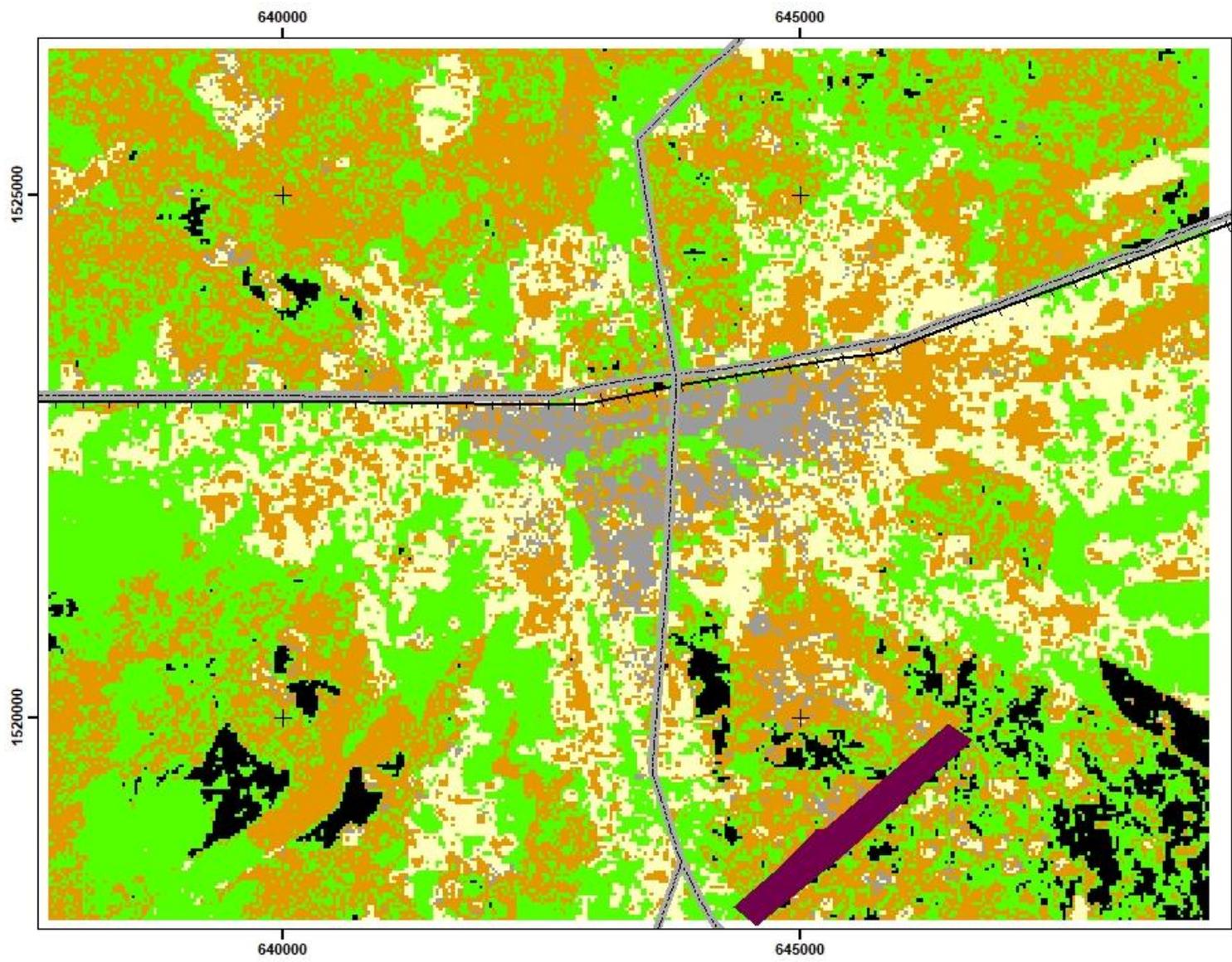
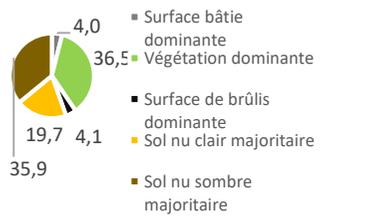
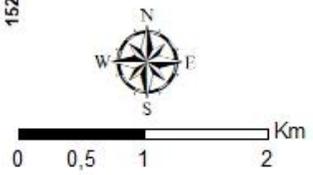


Figure 126 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda et ses environs, 1990



Occupation du sol dominante Tambacounda, 1990

- Surface bâtie
- Végétation
- Brûlis
- Sols nus clairs
- Sols nus sombres
- Aéroport



Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.

3.3 L'état de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda en 2017

Les courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol de 2017 (Fig. : 127) sont conformes à celles des cartes de 1973 et de 1992, même si les contrastes entre les courbes sont moins marqués. Cela assure une bonne comparabilité des cartes finales produites.

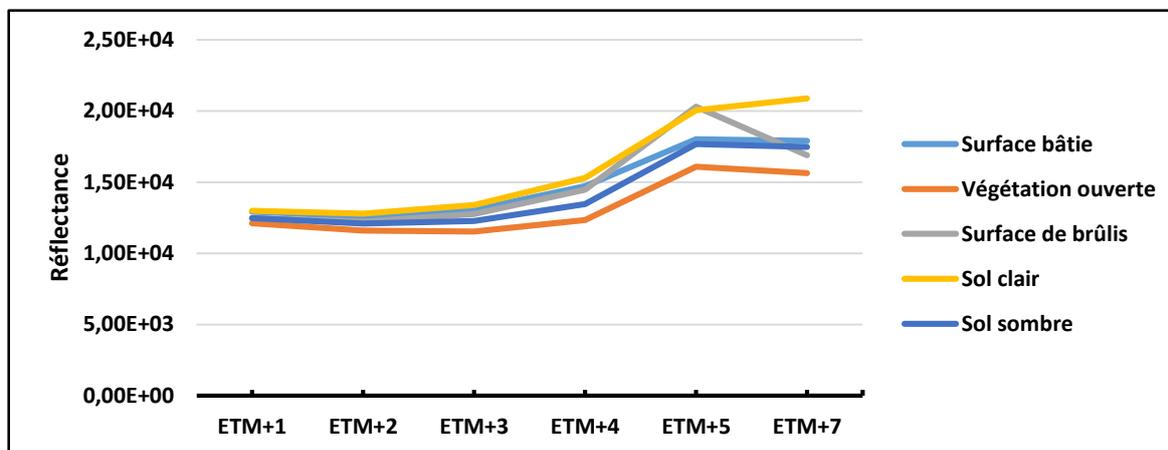
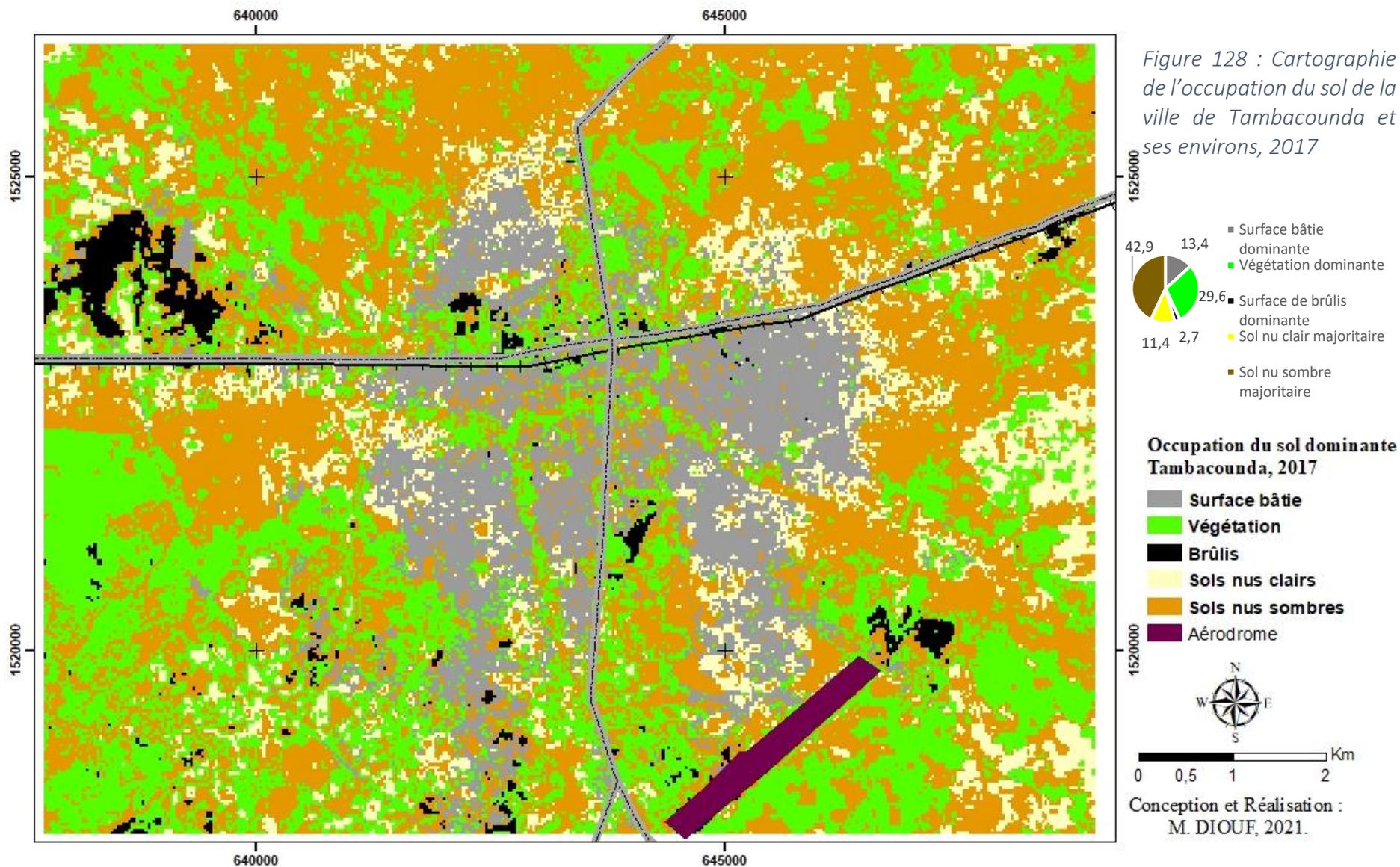


Figure 127 : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation de Tambacounda, 2017

Le fort étalement du bâti constaté sur la carte de 1990 s'est davantage accentué car les surfaces bâties couvrent près de 1 259 ha soit 13,4 % de l'image cartographiée en 2017 contre 4 % de la même image en 1990 (Fig. : 128 et 129). Il s'accompagne également d'une densification du bâti notamment les quartiers anciens. Malgré cela, ce double mouvement laisse apparaître à l'intérieur de la ville et à sa périphérie de nombreux secteurs de végétation, quoique la prédominance des superficies en végétation dominante se fait surtout en dehors de la ville.

Les superficies couvertes par la végétation au niveau des périmètres bâtis de Tambacounda se retrouvent principalement dans la vallée sèche et sur les extensions nord de la ville qui correspondent aux quartiers résidentiels comme Liberté. La présence de la végétation dans les extensions sud correspondant aux quartiers populaires comme Abattoirs est plus faible. Sur l'extrait d'image traitée, les surfaces en végétation dominante occupent près de 2 778 ha soit 29,6% de cette image (Fig. : 129). Les secteurs en végétation dominante au niveau du Mamacounda correspondent principalement aux jardins maraichers. Quelques secteurs de brûlis sont identifiés aux périphéries de la ville. À l'intérieur de l'espace urbain, ils peuvent correspondre localement à des espaces défrichés devant accueillir les nouvelles extensions de la ville et aux délaissés urbains dans les espaces interstitiels (densification).



3.4 Cartographie des changements de l'occupation du sol survenus à Tambacounda entre 1973 et 2017

Cette sous-partie est consacrée à l'analyse des deux cartes de changements d'occupation des sols de la ville de Tambacounda obtenues après addition des cartes de l'occupation des sols d'abord de 1973 et de 1990 puis après celles de 1990 et de 2017. La procédure technique employée sur les scènes des précédentes villes d'étude a permis d'obtenir ces cartes qui montrent les évolutions de l'occupation du sol intervenues à Tambacounda entre 1973 et 2017. Ainsi deux listes, l'une de 10 classes et l'autre de 4 classes montrant les changements ont-elles été retenues. Sont figurées les progressions, donc les conversions d'un état de surface à un autre, ou la stabilité dans l'occupation (Tableau 24). Afin de mieux mettre l'accent sur la végétation, là où elle progresse et là où elle recule, une deuxième carte a été produite sur les classes thématiques la concernant (Tableau 25).

Tableau 24 : Liste des classes retenues pour la réalisation des cartes des changements de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda, 1973-1990 et 1990-2017

Classe 1	Progression surface bâtie
Classe 2	Progression végétation
Classe 3	Progression des brûlis
Classe 4	Progression sols nus clairs
Classe 5	Progression sols nus sombres
Classe 6	Stabilité surface bâtie
Classe 7	Stabilité végétation
Classe 8	Stabilité des brûlis
Classe 9	Stabilité sols nus clairs
Classe 10	Stabilité sols nus sombres

Tableau 25 : : Liste des classes retenues pour montrer l'évolution de la végétation de la ville de Tambacounda, 1973-1990 et 1990-2017

Classe 1	Régression végétation
Classe 2	Progression végétation
Classe 3	Stabilité végétation
Classe 4	Autres types d'occupation du sol

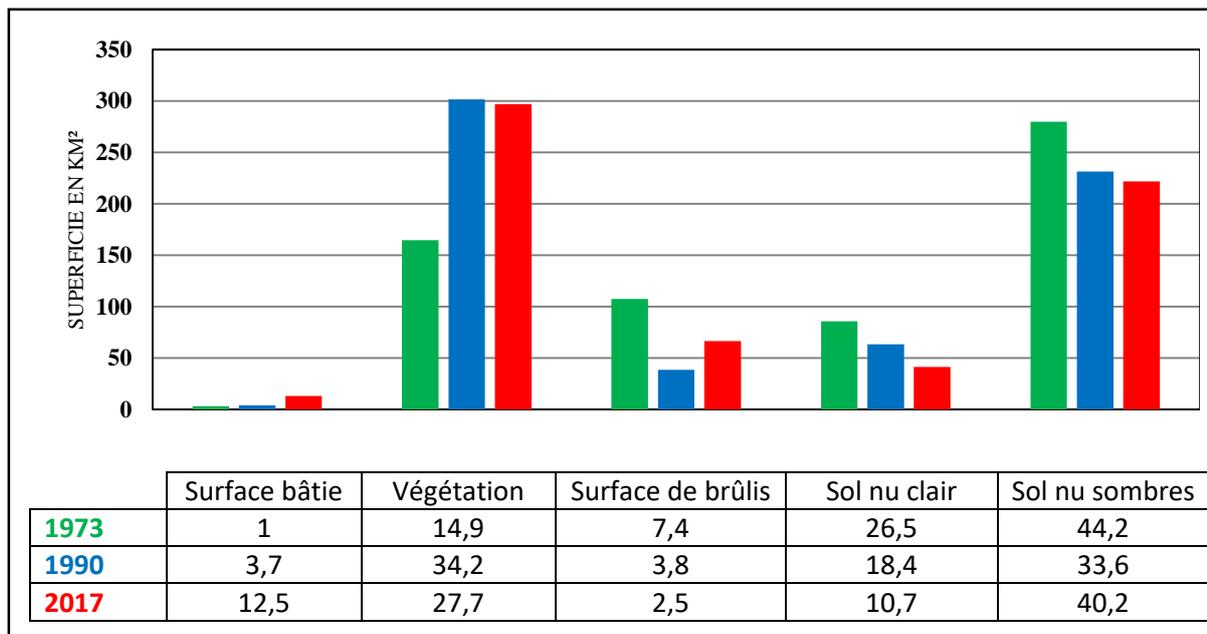


Figure 129 : Evolution des différentes classes de l'occupation du sol de Tambacounda de 1973 à 2017 (superficie en km²)

3.4.1 Cartographie des changements de l'occupation du sol de 1973 à 1990

Les matrices de transition, révélant les changements des différents éléments d'occupation du sol de Tambacounda durant la période 1973-1990, montrent que 63,6 % de la zone d'étude cartographiée ont subi des changements soit une superficie de 5 750 ha sur 9 391 ha contre 36,4 % qui sont restés inchangés (Tableau 26). Ces changements affectent majoritairement les superficies couvertes par la végétation ouverte dominante qui absorbent un peu moins de la moitié (28 %) des changements observés.

La figure 132 montre une forte progression des surfaces bâties de 1973 à 1990. La ville de Tambacounda s'est étendue sur près de 300 ha, plus rapide vers le sud à partir du chemin de fer, le long de la vallée sèche et des principaux axes routiers où sont situés les quartiers populaires. L'étalement est plus modeste vers le Nord où sont établis les quartiers résidentiels et administratifs. À premier vu son impact sur l'évolution de la végétation urbaine et périurbaine semble faible.

La carte de l'évolution des surfaces en végétation dominante sur la période 1973-1990 permet de localiser les différents secteurs d'évolution de la végétation (progression, régression et stabilité, Fig. : 133). Parmi ceux-ci, les secteurs de progression de la végétation (2 699,7 ha) sont les plus fréquents et répartis sur l'ensemble de l'image, ils sont cependant plus nombreux à la périphérie proche de la ville et sur les espaces ruraux environnants. Au sein du tissu urbain, les quelques secteurs de progression de la végétation ouverte dominante se trouvent essentiellement dans la vallée sèche de Mamacounda. Des surfaces de brûlis sont présentes sur la carte et certaines d'entre elles se situent à la périphérie de la ville (Fig. : 130).

Ces secteurs de progression correspondent dans les espaces restés ruraux à des zones où la végétation se régénère naturellement, alors que dans l'espace urbain on assiste à une redistribution de la végétation qui prend de nouvelles formes en fonction de la configuration des quartiers (chapitre 1).



Figure 130 : Les paysages de brûlis à la périphérie de Tambacounda pour les nouvelles extensions du bâti (Google Earth, 2017 ; Diouf, 2018)

Durant la période 1973-1990, la végétation ouverte est restée stable sur quelques secteurs notamment à l'ouest de l'image cartographiée, hors de la ville (Fig. : 133). Dans cette dernière, les secteurs de stabilité de la végétation ouverte sont localisés au niveau de la vallée sèche et sont constitués d'arbres groupés (Fig. : 131).



Figure 131 : Secteur de végétation stable (Google Earth, 2017 ; Diouf, 2018)

Les secteurs de régression de la végétation ouverte, environ 744 ha, sont dispersés sur la carte et se retrouvent essentiellement sur les espaces ruraux (Tableau 26B). Cette perte de végétation est liée à la présence des feux de brousse qui existent toujours malgré leur forte baisse notée plus en haut et au développement des surfaces cultivées.

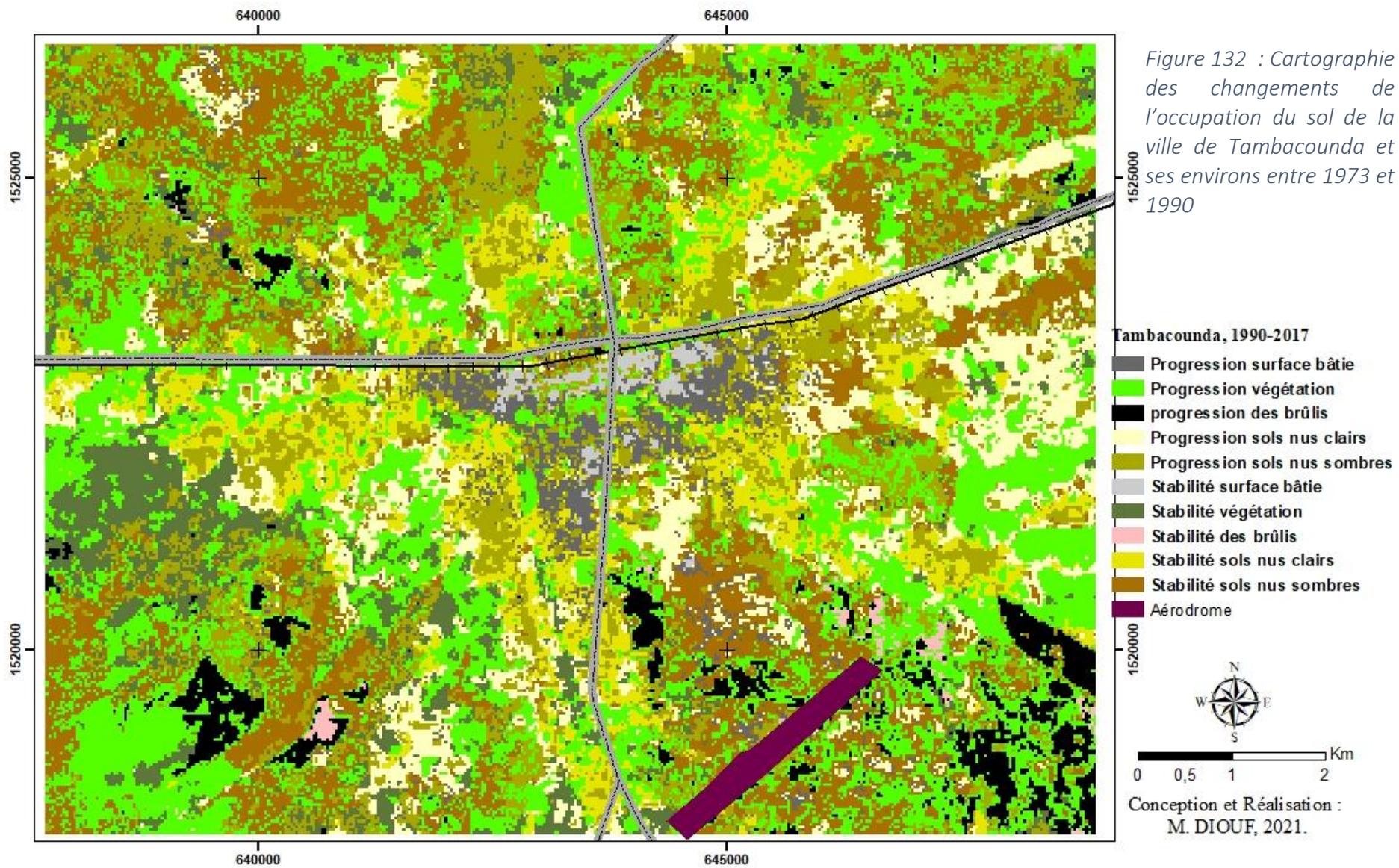


Figure 132 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda et ses environs entre 1973 et 1990

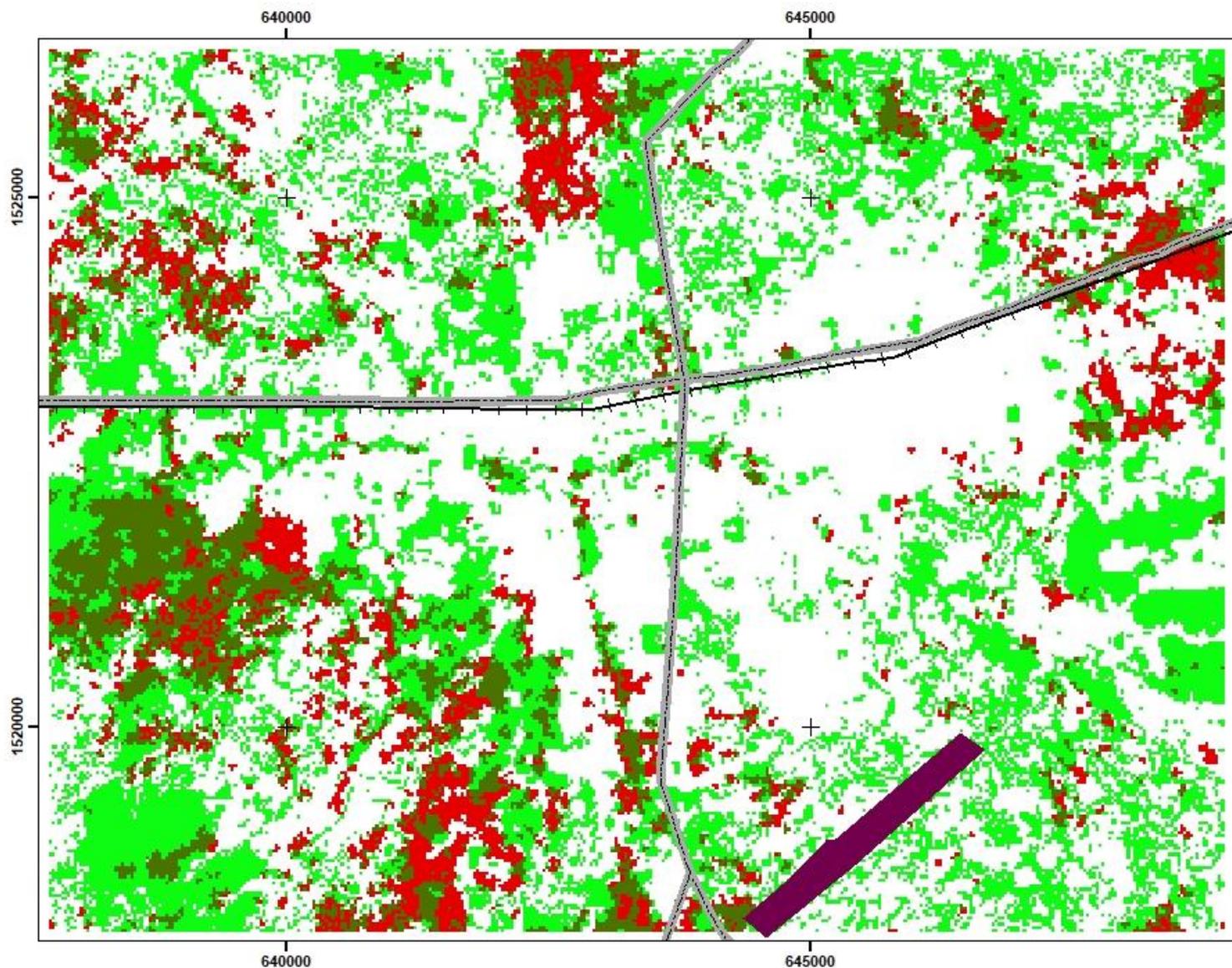
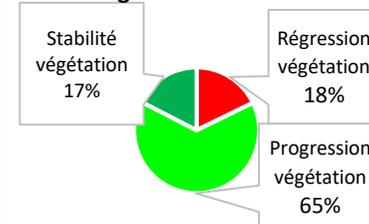


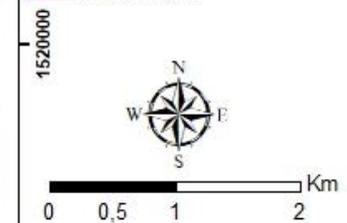
Figure 133 : Evolution des surfaces en végétation dominante de la ville de Tambacounda et ses environs entre 1973 et 1990

Evolution des surfaces en végétation dominante



Tambacounda, 1973-1990

- Régression végétation
- Progression végétation
- Stabilité végétation
- Autres types d'occupation
- Aérodrome



Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.

3.4.2 Cartographie des changements de l'occupation du sol de 1990 à 2017

Les deux cartes (Fig. : 139 et 140) ci-dessous mettent principalement en évidence le fort étalement urbain de la ville de Tambacounda déjà constaté sur la période précédente et ses influences sur l'évolution de la végétation urbaine et périurbaine de 1990 à 2017.

Les nouvelles extensions du bâti (1 041 ha) à partir de 1990 (Fig. : 139) se sont principalement faites au détriment de la végétation périurbaine d'où la forte présence des zones de régression de la végétation (Fig. : 140) notamment vers les extensions nord (Saré Guilel, Diambéli et Liberté) et sud-ouest (Gourel Diadié, Gourel Barry et Quinzambougou) de la ville (Fig. : 126). À l'intérieur du bâti déjà établi en 1990, les zones de régression de la végétation sont assez faibles toutefois elles existent au niveau de la vallée sèche du Mamacounda. Face à la pression et à la cherté du foncier, certains habitants se sont installés dans cette vallée sèche, tout en étant exposés au risque d'inondation pendant la saison pluvieuse. Par ailleurs, c'est dans les espaces ruraux environnants que la végétation a le plus régressé, elle y est soit remplacée par les champs situés aux périphéries proches de la ville du fait des défrichements soit touchée cette année-là par les feux de brousse (Fig. : 134). Ainsi, de 1990 à 2017, les superficies en végétation dominante ont régressé de 2 095 ha correspondant à 43 % de l'image traitée (Tableau 26B).



Figure 134 : : Vue aérienne de la ville de Tambacounda et ses environs avec les champs et les brûlis (Google Earth, 2017)

L'une des autres évolutions de la végétation ouverte à Tambacounda et ses environs durant cette période est sa progression dans l'espace urbain et rural proche sur une superficie de près de 1 444 ha. Les secteurs de progression de la végétation dominante sont majoritaires sur les espaces ruraux immédiats par rapport à l'espace urbain même s'ils ont augmenté dans celui-ci depuis 1990. En ville, ils correspondent généralement aux jardins maraichers (Fig. : 135) du Mamacounda et aux délaissés urbains et périurbains où se développe une couverture végétale arbustive (Fig. : 136). Et dans l'espace rural, ils semblent être des zones de régénération de la végétation en raison, d'une part, de la légère amélioration de la pluviométrie depuis le début des années 2000 (Fall, 2014 ; Ndong, 1995 & 2003 ; Sagna, 1995 ; Sambou 2015), et d'autre part, de la baisse d'intensité des activités agricoles et pastorales causée par la migration des jeunes actifs.



Figure 135 : Jardins maraichers au niveau du Mamacounda (Google Earth, 2017)



Figure 136 : Végétation des délaissés urbains et périurbains (Google Earth, 2017 ; Diouf, 2018)

Il ressort également de la figure 140 que les zones où la végétation est restée stable sont passées de 729 ha entre 1973 et 1990 à 1 334 ha entre 1990 et 2017 (Tableau 26B). En ville, les zones de stabilité de la végétation se localisent principalement sur la vallée sèche du Mamacounda et au niveau du quartier résidentiel de Liberté. À Liberté, cela correspond aux clôtures végétalisées, aux arbres de cours groupés, aux plantations d'alignement et au jardin public. Alors que dans les quartiers populaires, on a du mal à les identifier sur la carte des changements à cause de la faible densité empêchant le basculement du pixel vers une surface végétalisée. Dans ces quartiers, la végétation est principalement constituée d'arbres de cours et de devanture isolés (Fig. : 137). En dehors de la portion urbanisée du Mamacounda, la densité de la végétation baisse fortement ce qui semble montrer un effet positif de l'urbanisation et des activités maraichères sur le couvert végétal de la trame urbanisée du Mamacounda (Fig. : 138).



Figure 137 : : Distribution de la végétation dans les quartiers résidentiel (image de gauche) et populaire (image de droite) de la ville de Tambacounda (Google Earth, 2017)



Figure 138 : La trame de la vallée sèche du Mamacounda, végétalisée en ville et déserte en dehors (image google Earth, 2017)

En somme, la carte des changements de 1990-2017 illustre que 63,5% du secteur d'étude cartographié ont subi des changements soit 5 959,5 ha sur une superficie totale de 9 391 ha.

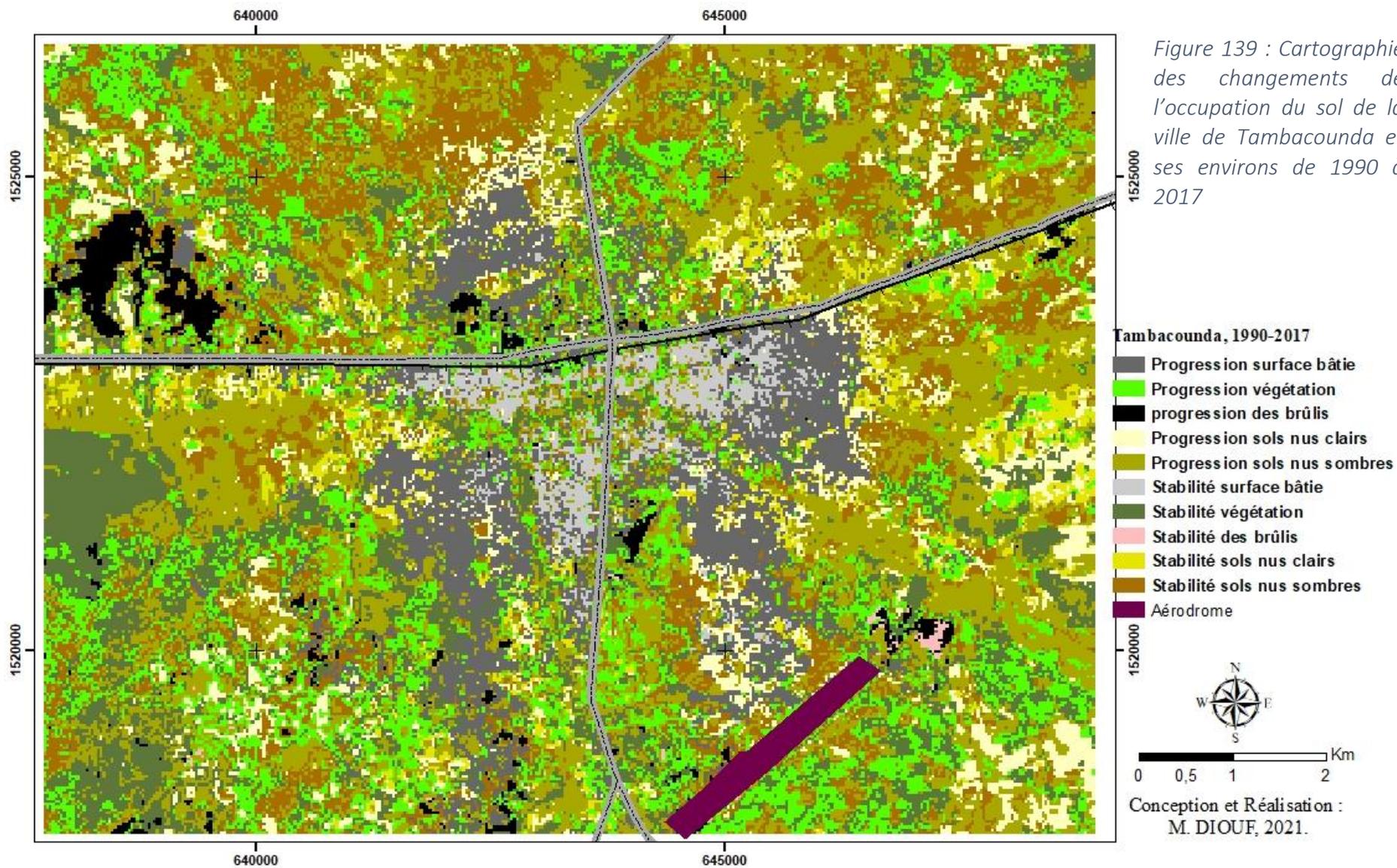


Figure 139 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda et ses environs de 1990 à 2017

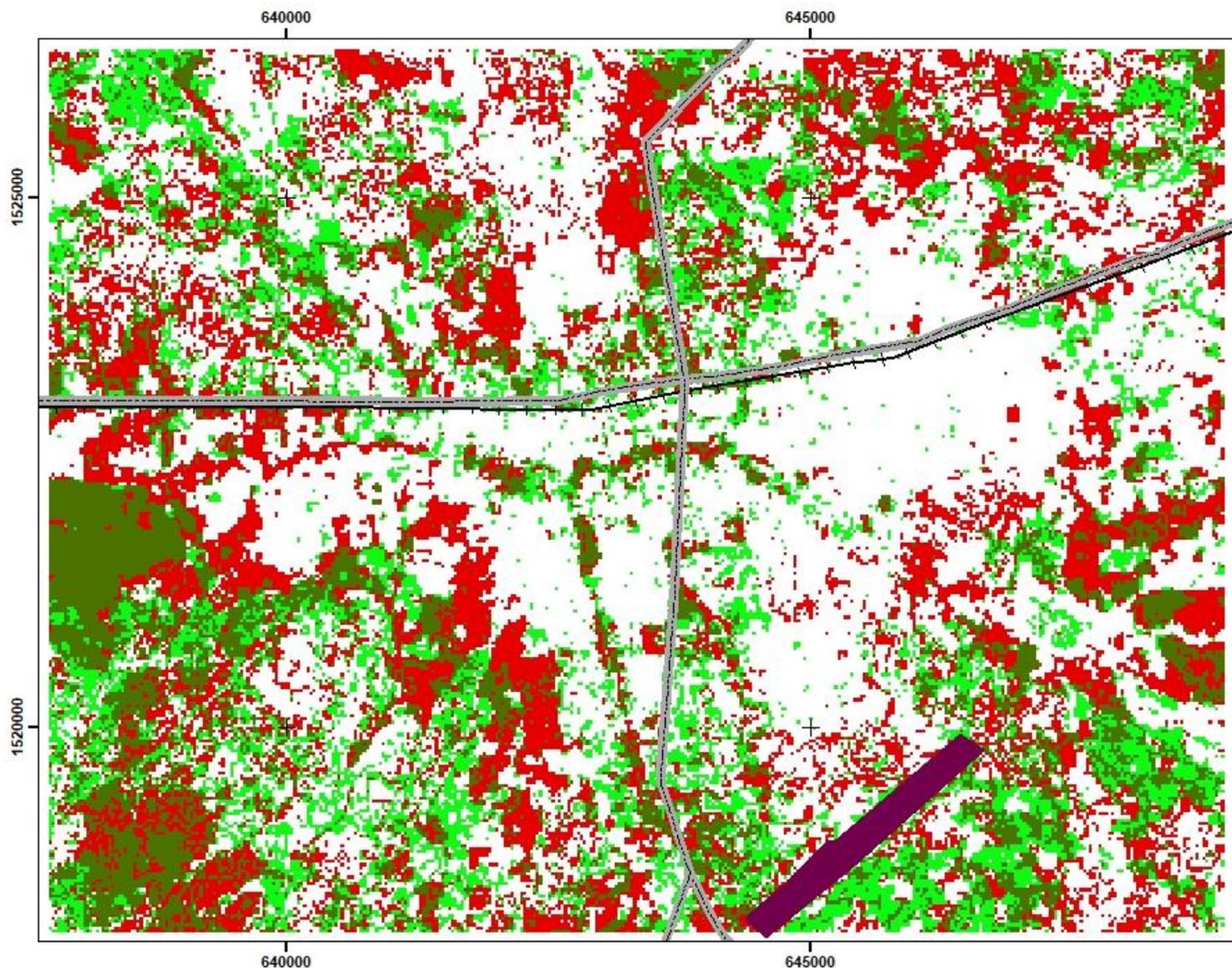
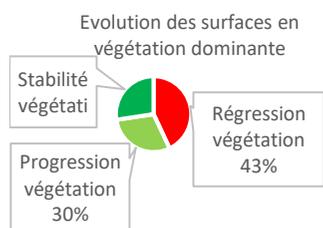
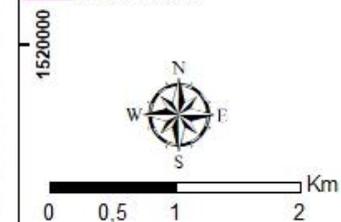


Figure 140 : Evolution des surfaces en végétation dominante de la ville de Tambacounda et ses environs entre 1990 et 2017



Tambacounda, 1990-2017

- Régression végétation
- Progression végétation
- Stabilité végétation
- Autres types d'occupation
- Aérodrome



Conception et Réalisation :
M. DIOUF, 2021.

Tableau 26 : Bilan des changements (progression et stabilité) opérés au sein des différentes classes de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda entre 1973 et 2017

A / Progression et stabilité des classes de l'occupation du sol (Fig. : 132 et 139)					
Classes	Code couleur	Surfaces (hectares) 1973-1990	Proportion (%)	Surfaces (hectares) 1990-2017	Proportion (%)
Progression surface bâtie		303,2	3,2	1041,1	11,1
Progression végétation		2699,7	28,7	1444,3	15,4
Progression des brûlis		345,2	3,7	242,5	2,6
Progression sols nus clairs		991,4	10,6	745,1	7,9
Progression sols nus sombres		1632,9	17,4	2487,4	26,5
Stabilité surface bâtie		67,5	0,7	217,1	2,3
Stabilité végétation		729,9	7,8	1334,2	14,2
Stabilité des brûlis		34,9	0,4	15,5	0,2
Stabilité sols nus clairs		849,7	9	326,6	3,5
Stabilité sols nus sombres		1736,3	18,5	1536	16,4
Total		9391	100%	9391	100%
B / Evolution de la végétation (Fig. : 133 et 140)					
Classes	Code couleur	Surfaces (hectares) 1973-1990	Proportion (%)	Surfaces (hectares) 1990-2017	Proportion (%)
Régression végétation		744,2	17,8	2095,4	43,0
Progression végétation		2699,7	64,7	1444,3	29,6
Stabilité végétation		729,9	17,5	1334,2	27,4
Autres types d'occupation		5217,2	Non pris	4517,1	Non pris
Total		9391	100%	9391	100%

Il ressort globalement de ce dernier chapitre de télédétection deux évolutions de la végétation dans les trois villes de 1973 à 2017, l'une montre le recul de la végétation dans la ville de Ziguinchor et dans une proportion beaucoup moins importante dans la ville de Tambacounda, et l'autre, met en avant la progression de la végétation dans l'aire urbaine de Touba-Mbacké.

À Touba-Mbacké, les cartes des changements mettent en évidence deux principales tendances pour la période 1973-1992, la première tendance a été la régression de la végétation, estimée à 11381,8 ha du site traité, en dehors du tissu bâti et sur les marges rurales dédiées aux pratiques agricoles de brûlis et aux activités pastorales. La seconde tendance montrait une progression à la fois du bâti et de la végétation, cette dernière étant disséminée au sein et aux alentours des périmètres bâtis. La présence plus importante de la végétation en ville semblait être liée aux initiatives des habitants de planter des arbres dans les concessions et sur les axes de communication. L'extension du bâti dans l'aire urbaine de Touba-Mbacké s'est nettement renforcée jusqu'à atteindre 7 378,74 ha sur la période suivante (1992-2017). Contrairement aux autres villes d'étude, l'étalement spatial du bâti s'est paradoxalement accompagné de la progression de la végétation dans l'agglomération de Touba-Mbacké notamment dans ses quartiers périphériques montrant ainsi les effets positifs de l'urbanisation sur l'évolution du couvert végétal. Ce qui n'est pas le cas dans les villes de Ziguinchor et de Tambacounda.

La situation est différente dans la ville de Ziguinchor, l'étalement spatial induit par la croissance démographique (chapitre 2), la reconfiguration de la ville et le contexte climatique ont engendré des changements défavorables au développement de la végétation urbaine et périurbaine au profit de l'extension du bâti. Sur le plateau, des secteurs de régression de la végétation ouverte ont été identifiés dans l'espace urbanisé et d'autres secteurs de régression liés aux défrichements (champs) ont également été observés sur les espaces ruraux immédiats. Au total, une superficie de 1337,7 ha de végétation ouverte a donc disparu sur la période ainsi que 5472,81 ha de mangrove. Des secteurs de progression et de stabilité de la végétation ouverte, couvrant dans respectivement 1235 ha et 4000 ha du site cartographié, sont localisés au Sud de Ziguinchor où ils côtoient ceux de la végétation dense stable correspondant à la forêt restée plus ou moins intacte et aux superficies abritant les vergers de manguiers et autres arbres fruitiers. La carte des changements de la période 1990-2017 confirme le fort étalement de la ville de Ziguinchor qui est passée d'environ 529 ha à 1390 ha entre les deux périodes avec comme déjà souligné des conséquences dommageables sur le couvert végétal ouvert qui a en effet reculé de près de 1069 ha et s'est redistribué dans le tissu bâti en formant des formes de végétation comme les arbres de cours, clôtures végétalisées... (chapitre 1). Les secteurs de progression et de stabilité de la végétation ouverte et dense, couvraient environ 6311 ha, semblaient témoigner de la relative reprise des précipitations et de la protection accrue pour des raisons économiques (vergers) et environnementales. Les superficies de mangrove qui ont très fortement recolonisé les zones fluvio-marines car passant de 795 ha à 1363 ha entre les périodes 1973-1990 et 1990-2017 ont

dû bénéficier de ce contexte climatique favorable, de la protection mise en place par les autorités locales et de la sensibilisation menée par les ONG et GIE auprès des populations.

À l'instar des autres villes d'étude, la ville de Tambacounda s'était principalement étalée sur environ 300 ha, plus rapide vers le Sud à partir du chemin de fer et a connu la tendance générale du recul de la végétation observée à Ziguinchor avec une intensité beaucoup plus faible de 1973 à 1990. Cet étalement spatial du bâti n'a quasiment pas influé sur l'évolution de la végétation ligneuse en milieu urbain cependant des secteurs de régression de la végétation ouverte (tapis principalement arbustif) ont été identifiés sur les espaces ruraux environnants liés à la présence des feux de brousse et au développement des surfaces cultivées. La carte des changements (1973-1990) de la ville de Tambacounda révèle également une tendance progressive des superficies en végétation dominante. À l'intérieure de la ville, les secteurs de progression et de stabilité de la végétation sont principalement localisés dans la trame du Mamacounda quoi que la dissémination de la végétation dans l'espace urbain ne permet pas d'identifier toutes les formes de végétation en raison de la prédominance du bâti au niveau des pixels formant la ville. Au niveau des marges rurales de la ville de Tambacounda, les secteurs de progression de la végétation étaient plus nombreux et correspondent à des zones où la végétation se régénère naturellement. La période 1990-2017 est marquée par les nouvelles extensions du bâti (1 041 ha) engendrant la régression de la végétation périurbaine plus particulièrement vers les quartiers nord (Saré Guilel, Diambéli et Liberté) et sud-ouest (Gourel Diadié, Gourel Barry et Quinzambougou). À l'intérieur du bâti, les zones de régression de la végétation étaient faibles toutefois elles existent sur la trame urbanisée de la vallée sèche du Mamacounda, c'est dans les espaces ruraux environnants que la végétation a le plus reculé à cause de la croissance des champs situés aux périphéries proches de la ville du fait des défrichements soit touchée cette année-là par les feux de brousse. Dans la ville, la végétation a progressé et s'est également stabilisée dans la vallée du Mamacounda où elle correspond à des arbres groupés, jardins maraichers... et dans le quartier résidentiel de Liberté où elle correspond aux clôtures végétalisées, aux arbres de cours groupés... (chapitre 1).

Les changements intervenus sur l'occupation du sol et en particulier sur le couvert végétal de 1973 à 2017 ont été cartographiés et quantifiés à l'aide de la télédétection.

L'un des principaux résultats qui ressort de cette étude de télédétection est le fort étalement spatial du bâti constaté dans l'agglomération dakaroise (hors de la presqu'île du Cap Vert), dans les centres régionaux de Touba (quintuplé sa superficie), de Ziguinchor (plus de réserve foncière dans la commune) et de Tambacounda et sur les périodes étudiées 1973-1990/92 et 1990/92-2017. Cet étalement urbain consécutif à l'augmentation de la population en ville, qui s'est nourrie de l'afflux de populations rurales dont le paroxysme a été atteint entre les années 1970 et 1990 (mauvaise pluviométrie avec des épisodes de sécheresses sévères et crise politique (Ziguinchor) en Casamance), a été plus spectaculaire à Dakar et à Touba qu'à Ziguinchor et à Tambacounda.

Ceci dit, l'une de ses conséquences majeures, entre autres facteurs tels que la variabilité pluviométrique à relativiser en milieu urbain et l'intensification des prélèvements, a été la forte régression des superficies en végétation dominante dans l'agglomération dakaroise et dans la ville de Ziguinchor ainsi que leurs périphéries proches. Le recul de la végétation dans la ville de Tambacounda a été très faible. L'étalement du bâti a cependant et contre toutes attentes été favorable au développement de la végétation au sein de l'agglomération de Touba-Mbacké et plus particulièrement dans ses quartiers périphériques qui serait lié à la plantation d'arbres par les habitants puisque la végétation ne progresse presque pas en zone rurale. Malgré la forte pression urbaine, des secteurs en végétation homogène sont restés stables de 1973 à 2017 dans l'agglomération dakaroise (les Niayes, parc Hann, Forêt de Mbao et les bandes de filao) et dans la ville de Tambacounda (trame urbanisée du Mamacounda).

Ces différents changements ont conduit vers une redistribution de la végétation au sein du tissu urbain bâti qui sera étudiée en temps que la composition floristique (chapitre 7) dans la 3^e partie de cette thèse en choisissant un îlot dans un quartier résidentiel et un îlot dans un quartier populaire pour chacune des villes d'étude. Il sera également question de mieux cerner et de comprendre, à l'aide d'enquête, les perceptions que les habitants ont sur ces changements socio-environnementaux dont ceux affectant la végétation urbaine (chapitre 8) qui fournit de multiples services et ressources aux populations en villes sénégalaises. Il s'agira en effet de lister les pratiques et les usages de la ressource végétale par les sociétés urbaines à la suite des enquêtes (chapitre 9). Nous essayerons de déterminer les fonctions écosystémiques que peut assurer une végétation aussi disséminée dans un environnement urbain sahélo-soudanien (chapitre 10) comme on l'a vu tout au long de cette deuxième partie.

Troisième partie : La végétation dans les villes sénégalaises : flore et paysage végétal, perception et représentations des habitants, perspectives pour l'aménagement urbain

SOMMAIRE :

Chapitre 7 : Flore et paysage végétal : composition et distribution spatiale de la végétation dans deux types de quartiers résidentiels (centraux/aisés et périphériques/populaires) des villes étudiées

Chapitre 8 : Le couvert végétal urbain face aux changements socio-environnementaux : Perception et représentations des habitants

Chapitre 9 : La végétation en ville sénégalaise : différenciation socio-spatiale des pratiques et des usages

Chapitre 10 : Fonctions écosystémiques de la végétation en milieu urbain sahélo-soudanien : atténuation de la température (îlot de chaleur urbain) et gestion des eaux de ruissellement

La troisième partie de cette thèse est principalement consacrée aux changements affectant en particulier la végétation urbaine dans la diversité de ses formes, aux perceptions et représentations qu'ont les habitants de ces changements, ainsi qu'à leurs attentes en termes de services et de ressources fournis par cette végétation. Les changements mis en lumière par l'étude de la télédétection (chapitres 5 et 6) ont montré une extension spatiale forte de l'espace urbain dans toutes les villes étudiées, ce qui se traduit évidemment par la régression globale de la surface totale couverte par cette végétation. C'est très net dans l'agglomération dakaroise et dans les villes de Tambacounda et de Ziguinchor. Cependant, malgré sa fulgurante croissance spatiale au cours de ces trois dernières décennies, Touba a, paradoxalement, connu une progression de son couvert végétal visible notamment dans les nouvelles extensions.

L'urbanisation accélérée a engendré, dans le cadre de l'adoption d'un mode de vie urbain se combinant avec le maintien d'éléments de mode de vie rural chez les nouveaux arrivants, une redistribution/dissémination de la végétation et une évolution des usages et des pratiques sur lesquels nous reviendrons dans les chapitres ci-dessous.

La démarche adoptée pour étudier la végétation se fonde sur deux choix dont celui de partir d'inventaire afin d'identifier les principales espèces constituant le paysage végétal urbain au sein d'îlots ciblés au niveau des villes d'étude en fonction de l'emplacement, de la catégorie socio-professionnelle des habitants, des activités et de l'aménagement. Le deuxième choix est celui de compléter ce relevé par des enquêtes auprès des populations urbaines. Ces enquêtes visent à cerner les perceptions et représentations des habitants au regard, d'une part, de l'évolution de la végétation et des usages qu'ils en font, et d'autre part,

leur façon d'habiter une ville en changement. Ces perceptions ouvrent-elles de nouvelles perspectives ? La démarche est complétée par l'usage du SIG (système d'information géographique) pour cartographier, à l'échelle des îlots, la dissémination et les formes de la végétation présentes dans les villes d'étude. L'usage de la géomatique a également permis d'évaluer, grâce aux cartes des températures réalisées avec le NDVI, l'impact de la présence de la végétation sur l'atténuation de la chaleur en ville.

Chapitre 7 : Flore et paysage végétal : composition et distribution spatiale de la végétation dans deux types de quartiers résidentiels (centraux/aisés et périphériques/populaires) des villes étudiées

Quelle est, dans le détail, la distribution spatiale de la végétation dans le tissu urbain sénégalais au regard de la forte croissance de la population urbaine et de l'extension spatiale des villes, de la variation du climat caractérisée par une variabilité spatio-temporelle et interannuelle des précipitations ces dernières décennies, de l'intensification des prélèvements végétaux pour satisfaire les besoins en bois-énergie, alimentaires, bois d'œuvre et médicinaux et des efforts inégaux des aménageurs et des autorités publiques pour intégrer l'élément végétal dans l'urbanisme ?

Par-delà l'artificialisation des sols et le recul des surfaces en végétation qu'implique l'urbanisation, l'évolution de la place de la végétation ligneuse au sein du tissu urbain sénégalais est le résultat de nombreux changements enregistrés dans les paysages urbains. Ces changements ont été induits selon des proportions différentes par les facteurs repris dans les questions ci-dessus et développés dans les deux premières parties de cette thèse. En effet, l'urbanisation sous ses deux formes - extension et densification - parce qu'elle induit une forte pression foncière a considérablement influé sur la place des végétaux, en particulier des arbres en ville.

Comme je l'ai déjà évoqué, d'autres facteurs d'ordre culturel peuvent également influencer sur la présence et l'emplacement des ligneux urbains. Par exemple, certaines pratiques culturelles ou spirituelles nécessitent la présence d'arbres à l'intérieur des concessions (l'arbre sacré familial) et au niveau des places publiques, le *penc* en wolof. Le kapokier (*Ceiba pentandra*), le caïllédrat (*Khaya senegalensis*) et le baobab (*Adansonia digitata*) sont les espèces les plus sacrées et utilisées. En ville sénégalaise, les arbres déterminent également les lieux de rencontre et de sociabilité fréquentés par les habitants d'où leur présence dans les cours et devant les maisons.

Dans les villes d'étude, le couvert arboré épouse différentes formes et sa distribution au sein de chacune d'elles est hétérogène selon les quartiers. Ce chapitre s'appuie sur la distinction que l'on peut établir, en première instance, entre d'une part, les quartiers centraux et résidentiels, d'autre part, les quartiers périphériques et populaires. Toutefois, il faut préciser que cette dichotomie n'est là que pour faciliter l'exposé, puisque les deux catégories sont hétérogènes et que, d'autre part, il y a des quartiers populaires dans les quartiers centraux et de l'habitat résidentiel dans les quartiers périphériques. Dans les quartiers résidentiels aisés, la télédétection a montré que la densité du couvert végétal est assez forte

pour verser certains espaces en surfaces végétalisées et la composition floristique y est diversifiée, quoiqu'avec des différences en fonction des villes. Dans les quartiers résidentiels périphériques et populaires dominent largement deux formes végétales, les plantations de devanture et les arbres isolés dans les cours des concessions. Il a été globalement observé dans ces quartiers populaires que la densité du couvert végétal est plus faible de même que la diversité floristique, mais il y a des contre-exemples, liés au bioclimat dans lequel on se situe comme le quartier de Colobane (Ziguinchor).

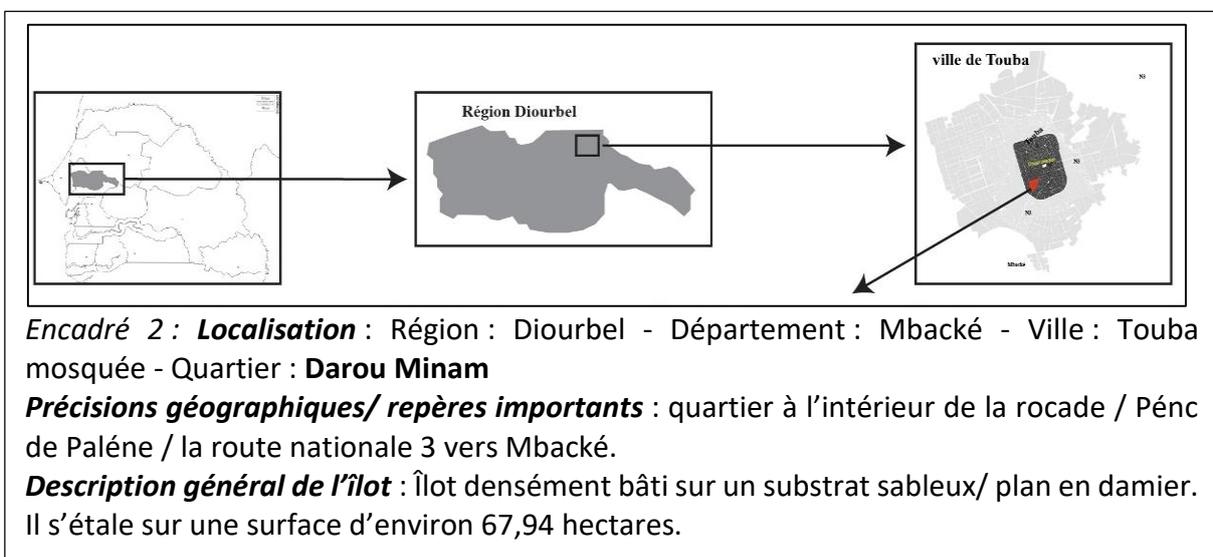
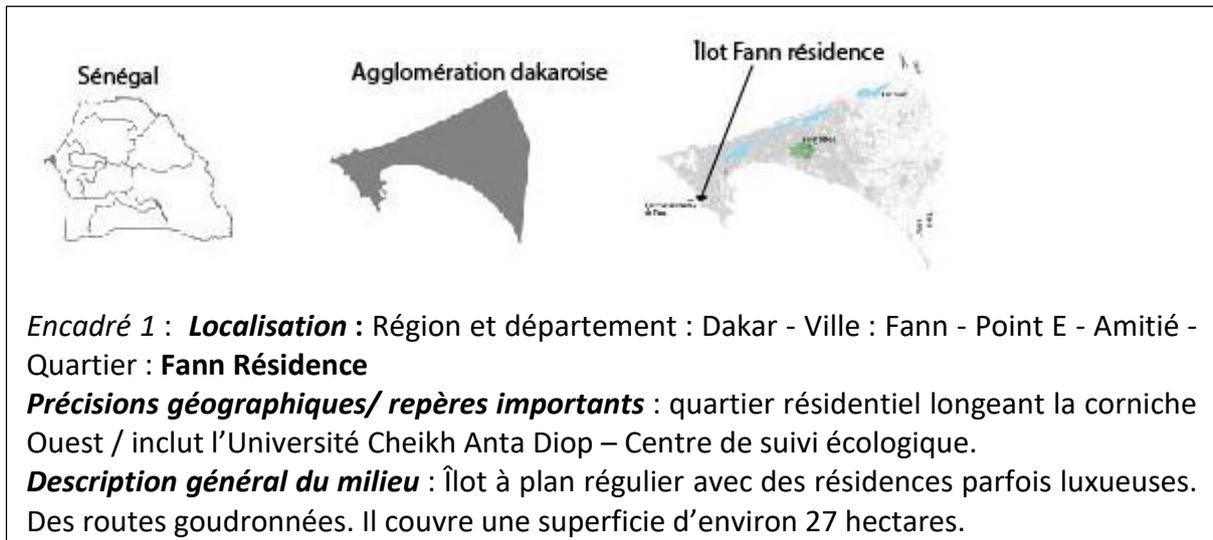
La situation décrite dans le paragraphe précédent s'explique à la fois par des faits historiques relativement anciens parce que les centres aujourd'hui résidentiels ont bénéficié à l'époque de la colonisation des programmes de plantations d'arbres à l'image de la plupart des villes coloniales d'Afrique occidentale (N'zala, 2003), mais aussi par des faits plus récents marqués par la dualité sociale entre les centres-villes et les quartiers périphériques, avec un déséquilibre en faveur des centres-villes, plus marqués par les aménagements végétaux. Là encore, on notera des contre-exemples.

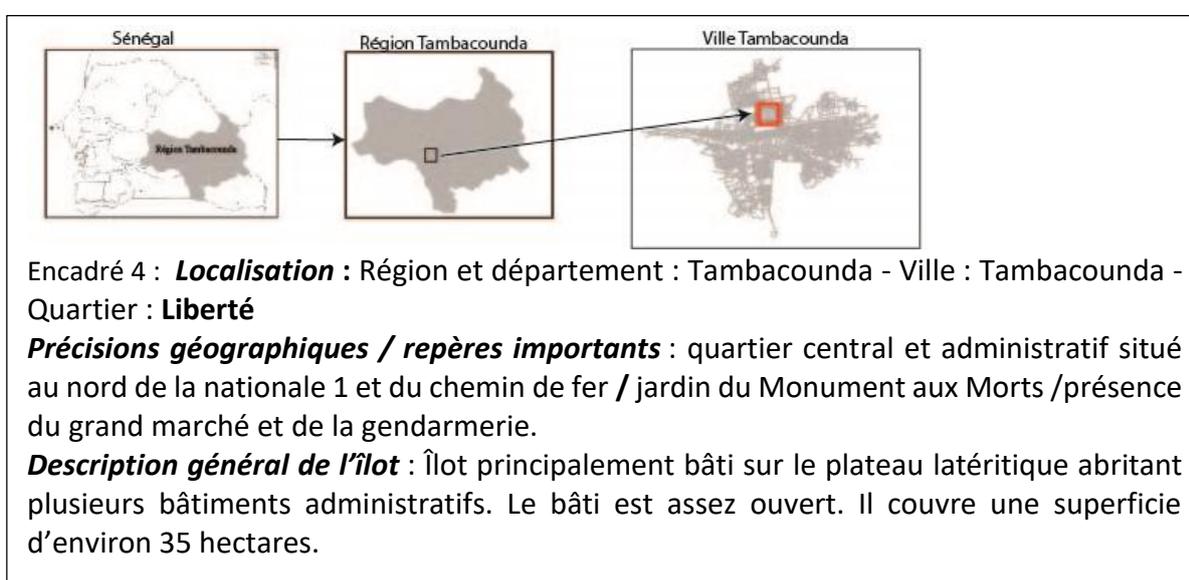
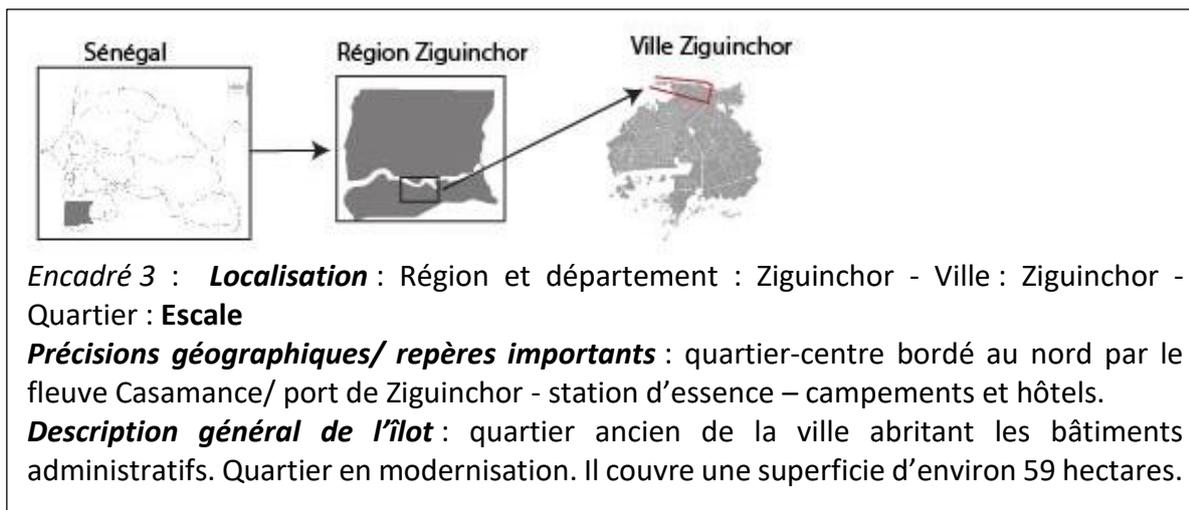
Le choix des quartiers étudiés dans ce chapitre est principalement basé sur la sélection de deux types de quartiers dans chaque ville, d'un côté, des quartiers résidentiels où vit essentiellement une population aisée, et d'un autre côté, des quartiers où habitent majoritairement les classes populaires. Pour les quartiers populaires, j'ai choisi des quartiers périphériques, incluant si possible des périmètres maraichers/jardiniers assurant l'approvisionnement de la ville. En partant de ces critères, un choix est effectué dans le lot des quartiers éligibles. Ce choix a une part d'arbitraire, mais s'appuie d'une part sur les évolutions de la végétation observées sur la carte des changements de 1973-1990 et de l'autre sur l'analyse que j'ai pu faire lors des missions de terrain qui m'ont amené à explorer plus précisément ces quartiers.

Une limite toutefois pour l'inventaire exhaustif que je souhaitais réaliser qui n'a pas pu se faire à cause de l'accès difficile dans de nombreuses maisons sécurisées. L'inventaire de la flore ligneuse n'a pu être vraiment effectué que sur les plantations d'alignement et de devanture, aux arbres spontanés des délaissés urbains et aux arbres des places et jardins publics.

1. Composition floristique et répartition des végétaux dans les quartiers centraux et résidentiels

Les quartiers centraux ou péri-centraux résidentiels choisis ont été ceux de Fann Résidence à Dakar (Encadré : 1), de Darou Minam à Touba (Encadré : 2), d'Escale à Ziguinchor (Encadré : 3), et de Liberté à Tambacounda (Encadré : 4) et qui ont une diversité des formes de végétation - jardins publics ou privés, plantations d'alignement et végétation domestique – et ayant une couverture et une composition floristique plus ou moins diversifiée selon les villes. Mis à part le quartier de Darou Minam, dans une ville elle-même très récente (Touba), ces quartiers ont en commun une histoire urbaine assez ancienne datant de la période coloniale. L'aménagement des quartiers centraux-résidentiels est hérité de la colonisation avec des plans en damier et de grandes avenues aménagées. Ainsi, ils ont bénéficié d'aménagements végétaux dont témoignent actuellement les alignements de caïlcédrat (*Khaya senegalensis*), arbre très utilisé durant cette période. Les autorités coloniales avaient également aménagé dans leurs quartiers des parcs, des jardins publics, des jardins privés et des carrés botaniques comme celui de l'AOF installé à Dakar.





1.1 Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier résidentiel de Fann (agglomération dakaroise)

L'îlot du quartier résidentiel de Fann (l'agglomération dakaroise) n'est pas le plus ancien de Dakar, mais il possède bien tous les éléments qui caractérisent ces quartiers : globalement, présence importante de la végétation à travers les jardins privés, importance des espèces plantées pour des raisons esthétiques plus que pour les ressources qu'elles procurent, aménagement urbain soigné (Fig. : 142). Fann possède principalement trois types d'arbres (Fig. : 141) : arbres de cour ou de jardin qui sont très dominants, les arbres de devanture et les arbres d'alignement.

Dans l'îlot de Fann Résidence, les arbres que l'on trouve dans les cours sont principalement groupés avec des mélanges d'espèces fournissant des fruits comestibles ou non. Ces dernières espèces sont souvent plantées pour des raisons esthétiques. Les arbres des

jardins privés isolés ou groupés développent une bonne ramification jusqu'à surmonter par endroits les bâtiments (Fig. : 141 ; P2) ce qui explique que certains pixels aient été classés en « végétation » dans l'étude de télédétection. Ils sont moins entretenus que les arbres le long des rues mais ils sont plus denses.

Les alignements d'arbres en bordure des axes de communication sont réguliers avec des écartements plus ou moins identiques sur les principales artères. Nous avons également remarqué qu'une rue est souvent peuplée par la même espèce (Fig. : 141 ; P1). Les arbres d'alignement et les arbres de devanture forment un ensemble homogène, en dehors du fait que, résultat d'initiatives personnelles, les arbres de devanture sont des espèces fruitières principalement le manguier (*Mangifera indica*) et le cocotier (*Cocos nucifera*) (Fig. : 141 ; P3). Ils sont mieux entretenus que les alignements le long des rues et des avenues sont le plus souvent constitués d'espèces ornementales, même lorsqu'il s'agit, comme ceux de la corniche, de cocotiers. *Cocos nucifera* est en effet l'espèce préférée pour les plantations d'alignement au niveau de la corniche ouest (côte atlantique) parce qu'elle est plus ou moins adaptée aux conditions maritimes (tolérance au sel des embruns), résiste mieux aux vents forts et pour son esthétique : le cocotier entre dans le décor de carte postale de la corniche ouest, vitrine de la capitale sénégalaise.

D'autres espèces aux fruits non comestibles (Tableau 27) sont répertoriées, la plupart aussi par leur qualité esthétique : en dehors du plus anciennement utilisé qui est autochtone, le caïlcédrat, (*Khaya senegalensis*) dont les individus sont vieux et en mauvais état, les autres espèces sont introduites qu'il s'agisse du sébestier (*Cordia sebestena*) originaire des Antilles, du flamboyant (*Delonix regia*) dont la variété rouge, la plus utilisée est originaire de Madagascar, *Senegalia catechu*, espèce d'origine asiatique malgré son nom et le neem (*Azadirachta indica*) (Fig. : 141 ; P2). Plus récemment apparu, le neem, « espèce exogène », très utilisée en Asie pour diverses propriétés médicinales est un peu à part car il entre peu dans la pharmacopée en Afrique et il n'a pas de grandes qualités esthétiques (Andrieu & Alexandre, 2010), mais il est commode à planter.



P1 : Les arbres d'alignement constitués de *Khaya senegalensis* d'âge avancé. **P2** : Des arbres de cour groupés, peu entretenus. **P3** : Plantation de devanture constituée de manguier. Clichés : M. Diouf, 16/04/2018.

Figure 141 : Les types d'arbres dans l'îlot de Fann quartier résidentiel de l'agglomération dakaraise



Figure 142 : Répartition de la végétation ligneuse dans le quartier résidentiel de Fann (agglomération dakaroise), 2017

1.2 Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier résidentiel de Darou Minam (Touba)

L'îlot étudié se situe dans le quartier résidentiel de Darou Minam et assez central puisqu'à l'intérieur de la rocade. On y rencontre principalement de la végétation domestique qui est composée de deux types (Fig. : 143) : les arbres de cour et les arbres de devanture. Quelques espèces ligneuses groupées sont également identifiées au niveau des places publiques comme les mosquées qu'on peut par exemple qualifier d'arbres des places publiques. Les arbres d'alignement et autres types de végétation publique (jardins, parcs...) sont absents de l'îlot.

Les arbres des cours et des jardins sont aujourd'hui dominants dans l'îlot mais cela pourrait changer dans l'avenir parce que le quartier se densifie progressivement du fait de l'attraction religieuse et économique de la ville. Ce mouvement de densification s'accompagne d'une verticalisation de l'habitat qui touche également les autres quartiers situés à l'intérieur de la rocade, donc proches du centre-ville et de la grande mosquée. Cette densification du bâti influe fortement sur l'évolution de la place des ligneux présents dans l'îlot qui pourrait se faire en faveur des arbres de devanture. Ainsi, les arbres de cour sont parfois coupés dans certaines concessions pour faire de la place et construire de nouveaux logements. L'évolution de cet îlot va donc à l'encontre de ce qui a été observé à Touba avec la télédétection, à savoir la constitution de la ville comme un îlot vert dans l'environnement sahélien. Celui-ci est surtout sensible au-delà de la rocade.

Les arbres observés sont principalement constitués d'individus isolés ayant une bonne ramification. *Azadirachta indica* est la seule espèce rencontrée (Tableau 27). La flore ligneuse de l'îlot de Darou Minam est donc extrêmement pauvre et les attentes de la population vis-à-vis de ces arbres sont réduites.

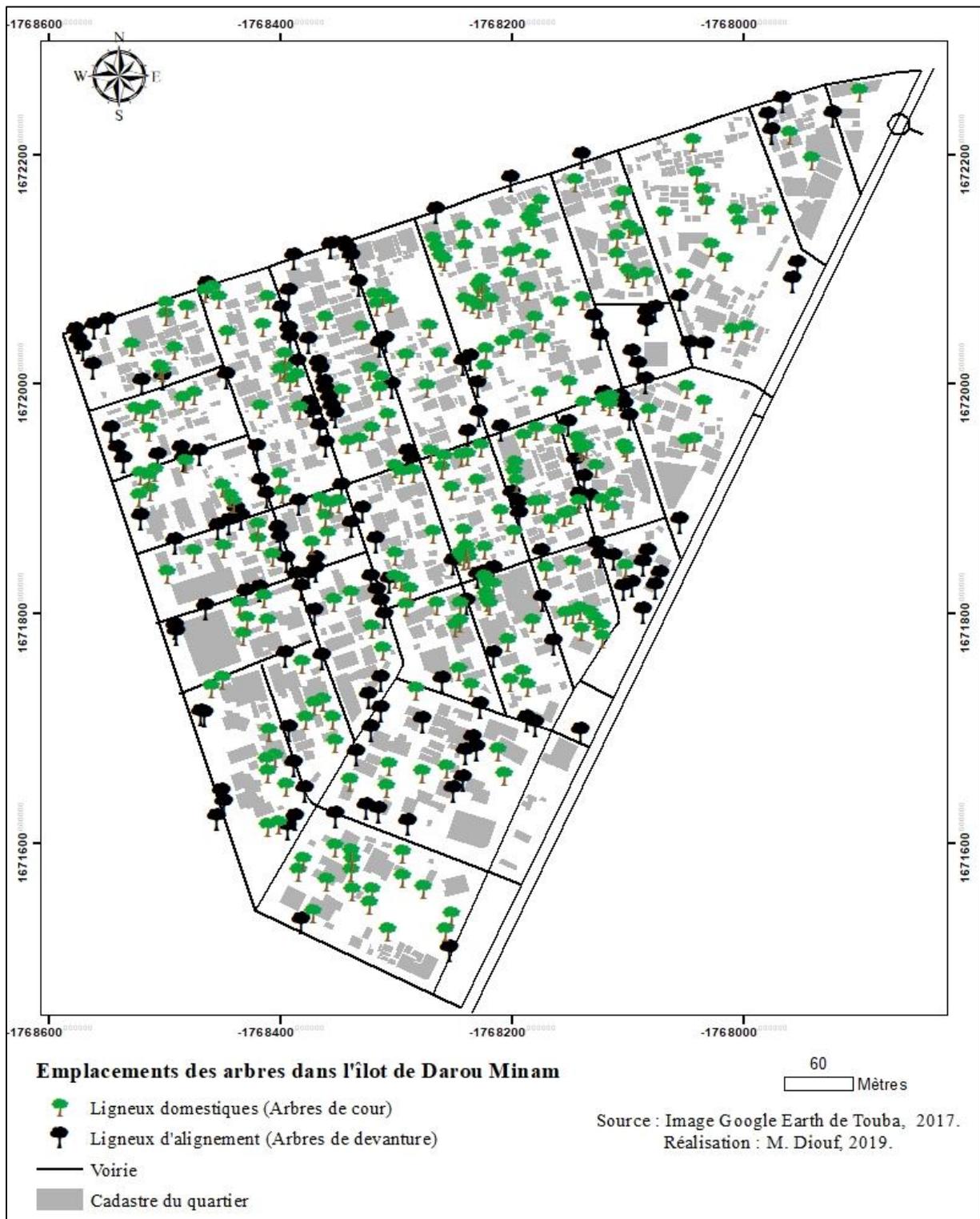


Figure 143 : Répartition de la végétation ligneuse à Darou Minam (Touba), 2017

1.3 Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier résidentiel d'Escale de la ville de Ziguinchor

Escale, le quartier résidentiel du centre-ville de Ziguinchor montre quatre types de présence des arbres. Le type le plus fréquent est l'arbre de cour appartenant à la végétation domestique. On y trouve également des arbres d'alignement, des arbres de devanture et des arbres du jardin public qui sont agencés ou du moins qui respectent un certain ordre dans le rangement (Fig. : 145). Par exemple, dans certaines rues du quartier comme celle longeant le fleuve, les arbres sont plantés en rang et à des distances identiques (Fig. : 144 ; P2). Dans le jardin public de la Gouvernance (Fig. : 144 ; P4) et devant les maisons, les dispositions des arbres suivent un plan précis de rangement cette fois ci sans écarts précis entre les arbres. Les arbres d'alignement régressent cependant à l'Escale (Fig. : 144 ; P1) à cause du bétonnage progressif des trottoirs et du manque de planification alliant le maintien ou l'introduction des arbres et la modernisation des trottoirs et des routes. De ce fait, plusieurs arbres d'alignement ont été coupés parce que trop encombrants et d'autres arbres ont les racines entièrement bétonnées (Fig. : 144 ; P3). La diminution des arbres d'alignement est plus forte dans le centre ancien (port).

Les relevés floristiques montrent que les artères/rues/routes sont souvent peuplées par la même espèce ligneuse donnant ainsi des plantations d'alignements et de devantures monospécifiques. Deux espèces arborées comestibles par leurs fruits, *Mangifera indica* et *Cocos nucifera*, sont principalement utilisées en alignement et en devanture des maisons (Tableau 25). Deux autres espèces aux fruits non comestibles sont également utilisées en alignement, il s'agit d'*Azadirachta indica* et de *Khaya senegalensis*.

Huit espèces ligneuses (Fig. : 144 ; P4) ont été inventoriées au niveau du jardin public de la gouvernance : *Ceiba pentandra*, *Azadirachta indica*, *Borassus aethiopum*, *Delonix regia*, *Cocos nucifera*, *Cordia sebestena*, *Elaeis guineensis* et *Adansonia digitata*. Cela montre dans ce jardin public, une combinaison entre des espèces de la flore autochtone et d'arbres ornementaux comme le flamboyant ou *Cordia sebestena*.



Figure 144 : Paysage végétal de l'îlot du centre-ville de Ziguinchor : le quartier Escale

P1 : Rue dépourvue de végétation

P2 : Arbres d'alignement sur une artère en peuplement monospécifique de *Cocos nucifera*

P3 : Racines d'arbres emprisonnées par le béton

P4 : Jardin public de la Gouvernance aménagé ayant une composition arborée plus diversifiée que les autres jardins publics visités. Il manque d'entretien.

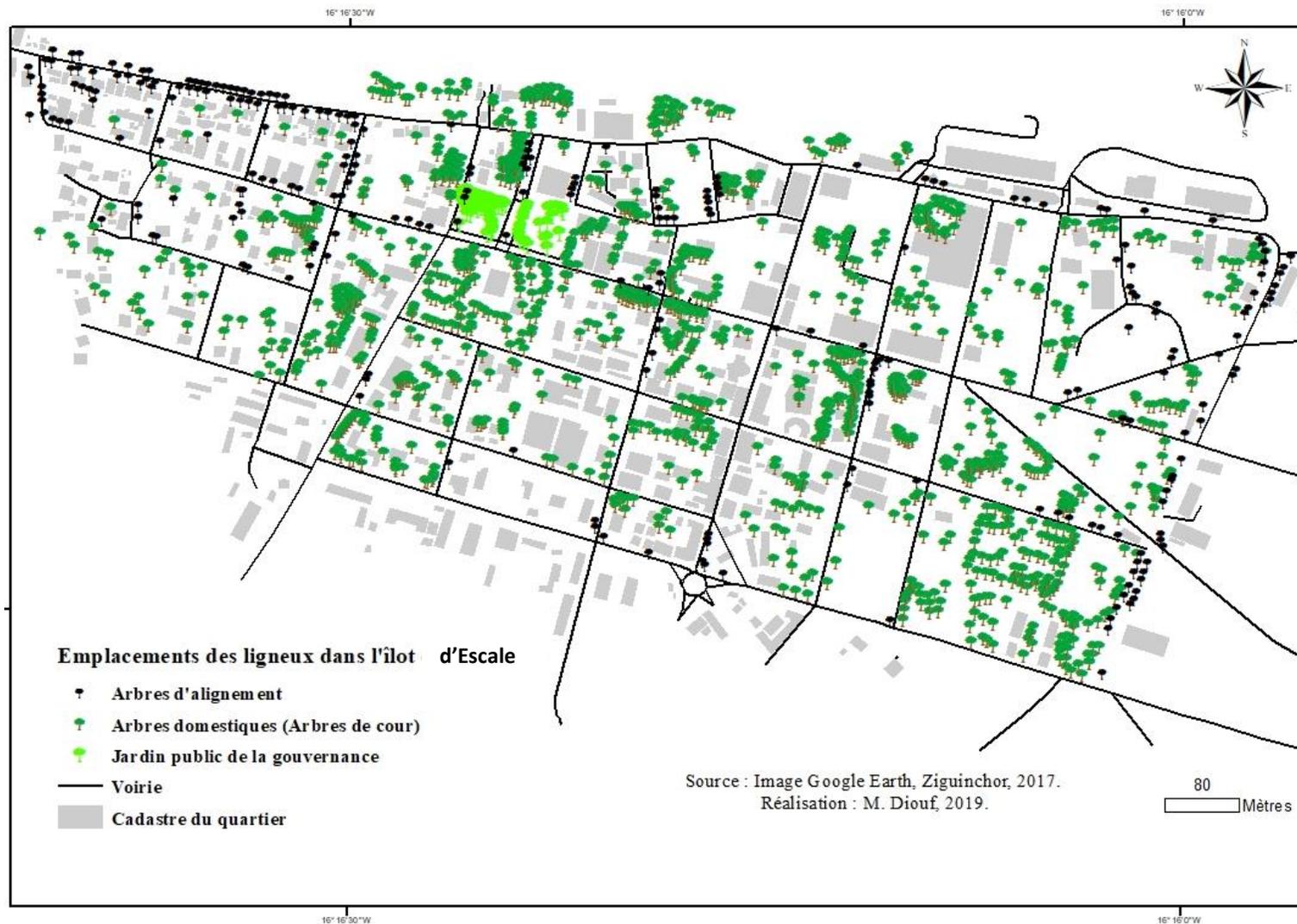


Figure 145 : Répartition de la végétation ligneuse à Escale (centre-ville de Ziguinchor), 2017

1.4 Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier résidentiel de Liberté (Tambacounda)

À Liberté, quartier résidentiel de la ville de Tambacounda (Fig. : 147), quatre types d'arbres sont identifiés dans l'îlot choisi : l'arbre de cour, l'arbre d'alignement, l'arbre de clôture et l'arbre du jardin public.

La clôture arborée est le type de végétation le plus présent dans l'îlot. Elle est suivie par les arbres d'alignement qui se mêlent par endroits avec les arbres de clôture près de la chaussée. Les arbres des cours sont plantés sans plan précis, mais les autres types d'arbres suivent de façon linéaire les axes de communications et les limites des propriétés. Les arbres sont alors isolés et distants de quelques mètres.

Les arbres d'alignement et les clôtures sont principalement des neems (*Azadirachta indica*) (Fig. : 146 ; photo de droite) ne comprenant que quelques individus rescapés, très grands et âgés, de caïlcédrat (*Kkaya senegalensis*), baobab (*Adansonia digitata*) et fromager (*Ceiba pentandra*). Ceci confirme la généralisation de l'emploi récent du neem tel qu'on a pu l'observer à Touba notamment.

Dans le jardin public de ce quartier Liberté (place du Monument aux morts), la seule espèce végétale qui est inventoriée, à part quelques individus de *Cordia sebestena*, est d'ailleurs à nouveau *Azadirachta indica* (Fig. : 146 ; photo de gauche). Les arbres sont disposés par pieds isolés, avec un port en boule qui a favorisé la ramification des arbres. Ceux-ci ne semblent pas être entretenus très régulièrement.

Plusieurs espèces plantées en alignement et en clôture dans l'îlot de Liberté sont strictement ornementales, si l'on excepte les usages alimentaires d'*Adansonia digitata*. Elles assurent la protection, l'ombrage et l'embellissement du quartier. La densité du couvert végétal de l'îlot est importante par rapport à celle que l'on retrouvera dans le quartier populaire d'Abattoirs mais la composition floristique est faible (Tableau 27).



Figure 146 : Jardin public du Monument aux morts avec un peuplement monospécifique d'*Azadirachta indica* (Photo gauche) et les plantations d'alignements sur l'axe principal avec un peuplement uniforme d'*Azadirachta indica* (Photo droite). Clichés : M. Diouf, 2017.

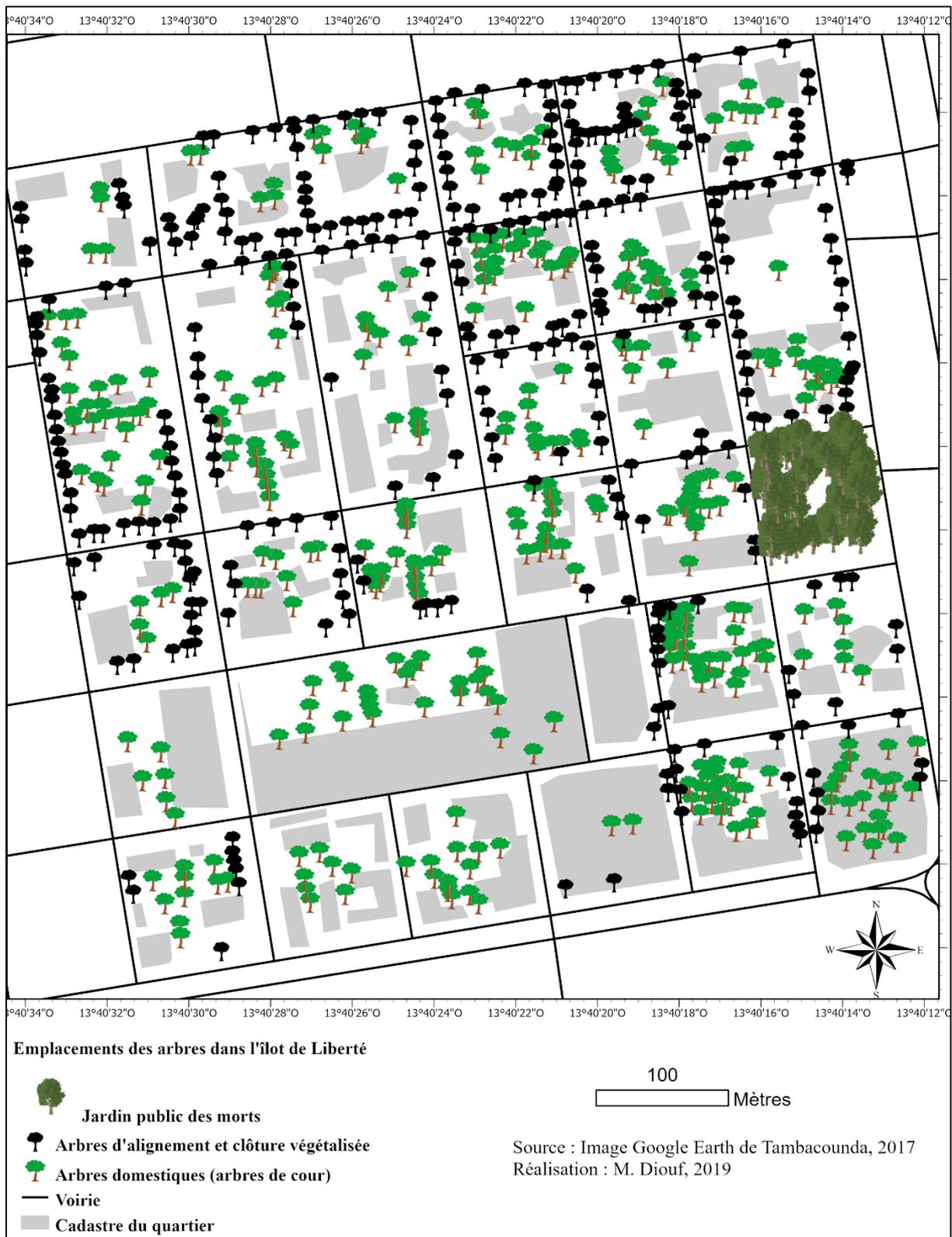


Figure 147 : Répartition de la végétation ligneuse à Liberté Ouest (quartier centre et résidentiel de la ville de Tambacounda)

Tableau 27 : Les espèces végétales d'alignements répertoriées dans les quartiers centraux et résidentiels de Fann résidence (agglomération dakaroise), de Darou Minam (Touba) et d'Escale (Ziguinchor)

N°	Nom scientifique	Noms européens	Famille	Vernaculaires
Fann résidence : quartier résidentiel de l'agglomération dakaroise				
1	<i>Senegalia atechu</i>	Acacia catechu	Fabaceae	
2	<i>Azadirachta indica</i>	Margousier, Neem	Meliaceae	
3	<i>Cocos nucifera</i>	Cocotier	Arecaceae	Koko
4	<i>Cordia sebestena</i>	Sébestier	Boraginaceae	
5	<i>Delonix regia</i>	Flamboyant	Caesalpiniaceae	
6	<i>Khaya senegalensis</i>	Caïlcédrat	Meliaceae	Hay
7	<i>Mangifera indica</i>	Manguier	Anacardiaceae	Mango
Darou Minam : quartier résidentiel dans la rocade de la ville de Touba				
1	<i>Azadirachta indica</i>	Margousier, Neem	Meliaceae	
Liberté : quartier résidentiel et administratif de la ville de Tambacounda				
1	<i>Adansonia digitata</i>	Baobab	Bombacaceae	Gouye
2	<i>Azadirachta indica</i>	Margousier, Neem	Meliaceae	
3	<i>Ceiba pentandra</i>	Fromager	Bombacaceae	Bêténe
4	<i>Khaya senegalensis</i>	Caïlcédrat	Meliaceae	Hay
Escale : quartier résidentiel et administratif de la ville de Ziguinchor				
1	<i>Azadirachta indica</i>	Margourier	Meliaceae	
2	<i>Cocos nucifera</i>	Cocotier	Arecaceae	Koko
3	<i>Khaya senegalensis</i>	Caïlcédrat	Meliaceae	Hay
4	<i>Mangifera indica</i>	Manguier	Anacardiaceae	Mango

2. Composition floristique et répartition des ligneux dans les quartiers populaires/périphériques des villes d'étude

Les îlots étudiés sont choisis dans quatre quartiers populaires du Sénégal à savoir Pikine dans l'agglomération dakaroise (encadré 5), Dianatoul Mahwa à Touba (encadré 6), Colobane-Fass à Ziguinchor (encadré 7) et Abattoirs à Tambacounda (encadré 8).

Ces quartiers périphériques et populaires ont été créés après l'indépendance, excepté Pikine créé en 1952 (Vernière, 1973), 8 ans avant l'indépendance. Dans chacun des cas, ils avaient pour objectif, d'après les aménageurs, d'accueillir le surplus de population des quartiers centraux comme ce fut le cas pour Pikine afin de soulager la capitale et servir de réceptacle aux primo-arrivants comme constaté dans les trois autres quartiers. Dans les deux cas, les commodités urbaines et les aménagements arrivent parfois bien après l'installation des habitants qui y vivent, en attendant, dans des conditions précaires. Ces quartiers sont par ailleurs sous-intégrée c'est-à-dire peu ou pas reliés au centre-ville. L'habitat y est parfois spontané, les équipements et les services de base dérisoires ou inexistantes, les habitants marginalisés économiquement et socialement (Sané, 2013).

Ce manque d'intérêt et d'anticipation dans la planification de manière générale, en particulier des espaces végétalisés par les pouvoirs locaux et gouvernementaux ont fait que peu d'actions collectives ont été menées en faveur de la végétation dans ces quartiers. C'est ce qui explique la non appropriation des lieux publics par les habitants et le manque de civisme (dégradation, dépôts d'ordures, non-respect des règles etc.) dans ses rares espaces publics (jardins et parcs) où l'on note le faible nombre, voire l'absence des arbres. Une certaine volonté politique récente peut malgré tout se faire jour, mais elle est aussitôt tempérée par les autorités municipales :

Dans chaque quartier il y a un espace vert, c'est actuellement en état de projet mais ils vont être aménagés. Il est prévu un espace vert dans chaque quartier mais nous travaillons sur des plans qui datent de très longtemps. La question qui se pose actuellement est-ce que ces espaces verts sont toujours disponibles ? Ils sont prévus dans les lotissements mais souvent c'est des espaces qui sont déjà habités par la population de manière inégale.

Entretien avec Moustapha G., conseiller municipal chargé des questions environnementales de la ville de Ziguinchor, le 30/03/2017.

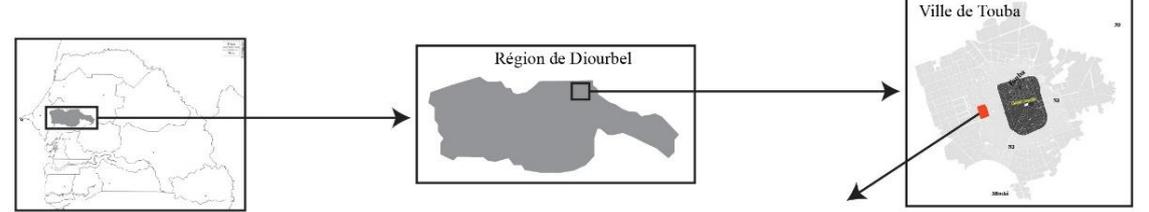
En revanche, la végétalisation dans ces quartiers populaires repose le plus souvent sur les initiatives individuelles venant des habitants qui ont soit permis le maintien, soit l'introduction des arbres dans des espaces principalement privés (cours, clôtures ou devantures des maisons et des concessions, entreprises...). L'implication des habitants dans ces initiatives varie selon les quartiers et les villes car elle est tributaire, comme on le verra, de la classe sociale, de la culture et de la sensibilité environnementale des habitants.

Les facteurs climatiques, édaphiques, l'accès à l'eau, mais aussi les facteurs urbanistiques et culturels peuvent donc être à l'origine de la différenciation dans la présence

des arbres dans les quartiers populaires étudiés. Néanmoins, le constat est globalement identique pour la quasi-totalité des quartiers populaires sénégalais, le couvert arboré y est faible et la composition floristique est également peu diversifiée. À cela s'ajoute, une uniformité des formes végétales, on compte très rarement plus de deux formes végétales (arbres d'alignement et végétation domestique) dans ces quartiers.



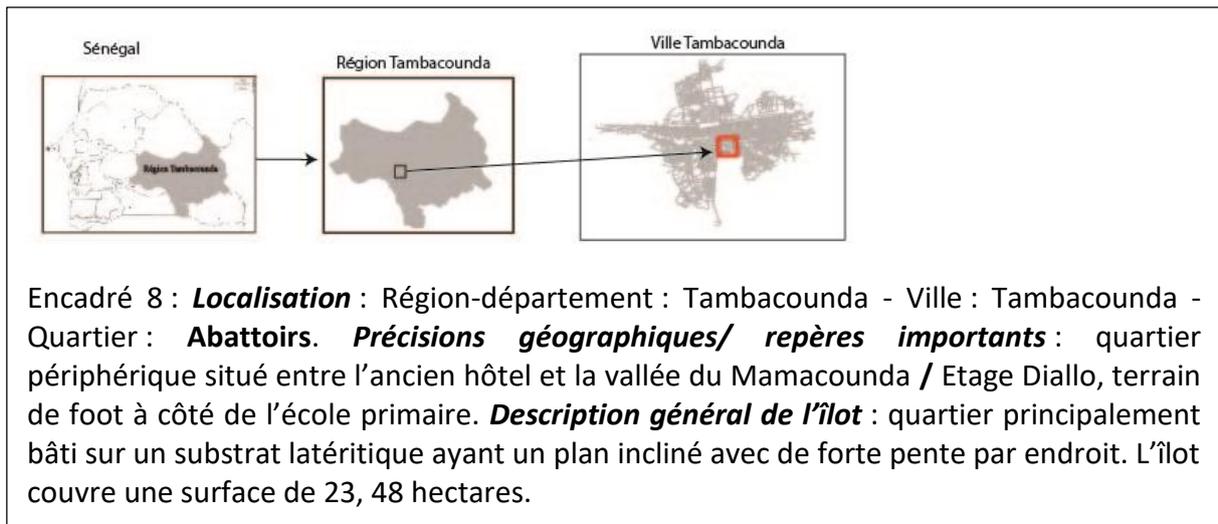
Encadré 5 : **Localisation** : Région : Dakar - Département : Pikine - Ville : Pikine ouest - Quartier : **Pikine ouest**.
Précisions géographiques/ repères importants : quartier proche de la zone humide des Niayes / Technopole de Dakar, arène nationale de lutte traditionnelle et cimetière.
Description général de l'îlot : quartier populaire densément bâti avec un plan en damier et des rues secondaires souvent étroites. Il couvre une superficie de 69 hectares.



Encadré 6 : **Localisation** : Région : Diourbel - Département : Mbacké - Ville : Touba mosquée - Quartier : **Dianatoul Mahwa**
Précisions géographiques/ repères importants : quartier périphérique de Touba ayant des limites avec les quartiers de Samla et Moubatakol Moubarak / Police de Dianaoul Mahwa et le penc de serigne Béthio Thioune.
Description général de l'îlot : quartier en damier et moyennement bâti sur du sol sableux. Des maisons de grandes tailles. L'îlot couvre une surface de près de 75,62 hectares.



Encadré 7 : **Localisation** Région et département : Ziguinchor - Ville : Ziguinchor - Quartier : **Colobane**.
Précisions géographiques/ repères importants : quartier de la périphérie ouest situé entre les rizières de bas-fonds et les quartiers de Soucoupapaye et Coboda / Antenne relais. **Description général de l'îlot** : quartier établi sur un sol sableux avec des concessions traditionnelles. De nombreuses concessions ne sont pas clôturées avec des cours de grandes tailles. L'îlot s'étale sur une superficie de près de 56 hectares.



2.1 Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier populaire de Pikine Ouest dans l'agglomération dakaroise

À Pikine (Fig. : 149), quartier populaire et densément bâti de l'agglomération dakaroise, les facteurs conduisant à l'état actuel du couvert arboré sont différents de ceux exposés pour l'îlot d'Abattoirs (Tambacounda).

Ici, le principal facteur à l'origine de la faible couverture arborée est la densification urbaine. En effet, Pikine est surpeuplé parce qu'il est proche du centre de Dakar et les loyers y sont encore modérés. Les propriétaires profitent de la forte demande de logement pour modifier les plans initiaux des maisons et pour avoir plus de pièces à louer. Face à la pénurie et à la cherté des logements dans l'agglomération, les locataires sont devenus moins exigeants. Les témoignages suivants nous révèlent que les arbres en particulier des cours sont les premiers à pâtir de cette densification accélérée et incontrôlée du bâti.

« Parce que dans la maison il n'y a plus de place et devant nous avons essayé plusieurs fois de mettre un arbre mais comme les enfants du quartier jouent au foot devant la maison, ils finissent toujours par détruire la protection et tuer l'arbre. »

Astou N., locataire à Pikine, le 06/04/2018.

« Je pense qu'il a été planté devant la maison pour une simple raison qu'il n'y a plus de place dans la maison. Nous avons que votre chambre comme espace mais il n'y a pas de cour dans la maison. »

Mamadou S., jardinier dans les Niayes et locataire à Pikine, le 05/04/2018.

Il faut aussi noter que beaucoup d'habitants du quartier sont des locataires ce qui ne joue pas en faveur de la végétation puisqu'ils accordent très peu d'intérêt à ce cadre de vie qu'ils considèrent comme un simple dortoir. Le seul lien qu'ils disent avoir avec ce quartier est d'y venir passer la nuit et payer le loyer à la fin du mois. Interpellez sur l'implication des

habitants des quartiers populaires de l'agglomération dakaroise dans la gestion et protection de la végétation, le chargé des espaces verts de la ville de Dakar nous répond ceci :

« ... profité du projet Dakar ville verte. On a eu des problèmes parce que certains habitants ne voulaient pas qu'on plante devant leurs maisons. Ce manque d'intérêt porté à leur cadre de vie se comprend parce qu'aux parcelles assainies (quartier populaire), 90% des habitants sont des locataires. Il nous manque encore une culture environnementale. »

Chargé des espaces verts de la ville de Dakar, 10/04/2018.

Pourtant, les conditions climatiques marquées par des températures assez douces avec des moyennes annuelles d'environ 24°C et des précipitations moyennes annuelles de 500 mm (Chapitre 3). De même que des conditions hydriques, nappe phréatique peu profonde comme dans la zone humide des Niayes sont favorables à un bon développement du couvert arboré. Mais, le sentiment controversé des habitants vis-à-vis des arbres en ville (N'zala, 2003), la pression urbaine et le manque de volonté et de moyen financier des acteurs pour réaliser des aménagements végétaux ont conduit à l'état actuel du couvert végétal.

Cet état du couvert arboré est caractérisé par une composition floristique assez faible. En effet, six espèces ligneuses ont été principalement répertoriées dans l'îlot de Pikine Ouest (Tableau 28): ***Azadirachta indica***, ***Cocos nucifera***, ***Cordia sebestena***, ***Delonix regia***, ***Moringa oleifera***, ***Terminalia catappa***. Cette flore ligneuse inventoriée se répartit respectivement dans les six familles suivantes : Meliaceae, Arecaceae, Boraginaceae, Caesalpiniaceae, Moringaceae et Combretaceae (Tableau 28).

Tableau 28 : Les ligneux répertoriés dans le quartier populaire de Pikine Ouest (agglomération dakaroise)

N°	NOMS SCIENTIFIQUES	NOMS EUROPEENS	FAMILLES	VERNACULAIRES
1	<i>Azadirachta indica</i>	Margourier	Meliaceae	Neem
2	<i>Cocos nucifera</i>	Cocotier	Arecaceae	Koka, Koko
3	<i>Cordia sebestena</i>	Sébestier	Boraginaceae	
4	<i>Delonix regia</i>	Flamboyant	Caesalpiniaceae	
5	<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	Moringaceae	Nébédary
6	<i>Terminalia catappa</i>	Badamier	Combretaceae	Guerté tubaab

L'*Azadirachta indica* est l'espèce la plus représentée dans l'îlot. Interroger sur le nombre important d'*Azadirachta indica* dans le quartier, Mamadou S., habitant, nous répond que « L'*Acacia* est souvent choisi parce que c'est gratuit, il ne nécessite pas d'entretien et les animaux ne le mangent pas. » Trois des six espèces recensées sont comestibles, il s'agit du *Moringa oleifera*, du *Cocos nucifera* et du *Terminalia catappa*. Ces espèces sont représentées en petit nombre surtout le *Moringa oleifera* par rapport aux espèces non comestibles.

Les **plantations monospécifiques de devanture** (Fig. : 148 ; P1) constituées essentiellement d'*Azadirachta indica* sont les plus dominantes dans l'îlot. On observe également des plantations d'alignement. Le *Terminalia catappa* est la seule espèce comestible parfois recensée comme plantations de devanture. Ces plantations occupent majoritairement les artères principales et sont disposées sans plan précis (distance irrégulière entre les arbres et alignement non respecté) car issues de projets de plantations individuelles. Les artères secondaires sont trop étroites pour abriter des arbres parce que les habitants doivent respecter une certaine distance à partir de la limite de leurs propriétés (clôtures) vers la route pour planter les arbres sans gêner la circulation. On a également identifié dans l'îlot de Pikine Ouest quelques **arbres de cour** en nombre très réduit qui sont principalement constitués de *Cocos nucifera* et de *Terminalia catappa*.

La figure 143 montre une absence des arbres sur les extensions du quartier vers les Niayes parce que les rues sont trop étroites (Fig. : 148 ; P3) et les maisons sont petites. Contrairement aux îlots des quartiers populaires précédents, l'îlot de Pikine possède des espaces publics aménagés avec des bancs et des aires de jeu pour accueillir les habitants. Mais, ces espaces publics n'ont bénéficié d'aucuns d'aménagements végétaux (Fig. : 148 ; P2).



P1 : Plantations d'alignement de devanture constituées d'*Azadirachta indica*.

P2 : Jardin public sans aménagement végétal.

P3 : Extension du quartier vers les Niayes avec des rues étroites dans lesquelles aucun arbre ne se profile à l'horizon où il sera difficile dans l'avenir de planter des arbres.

Figure 148 : Le paysage de l'îlot de Pikine Ouest (agglomération dakaroise)

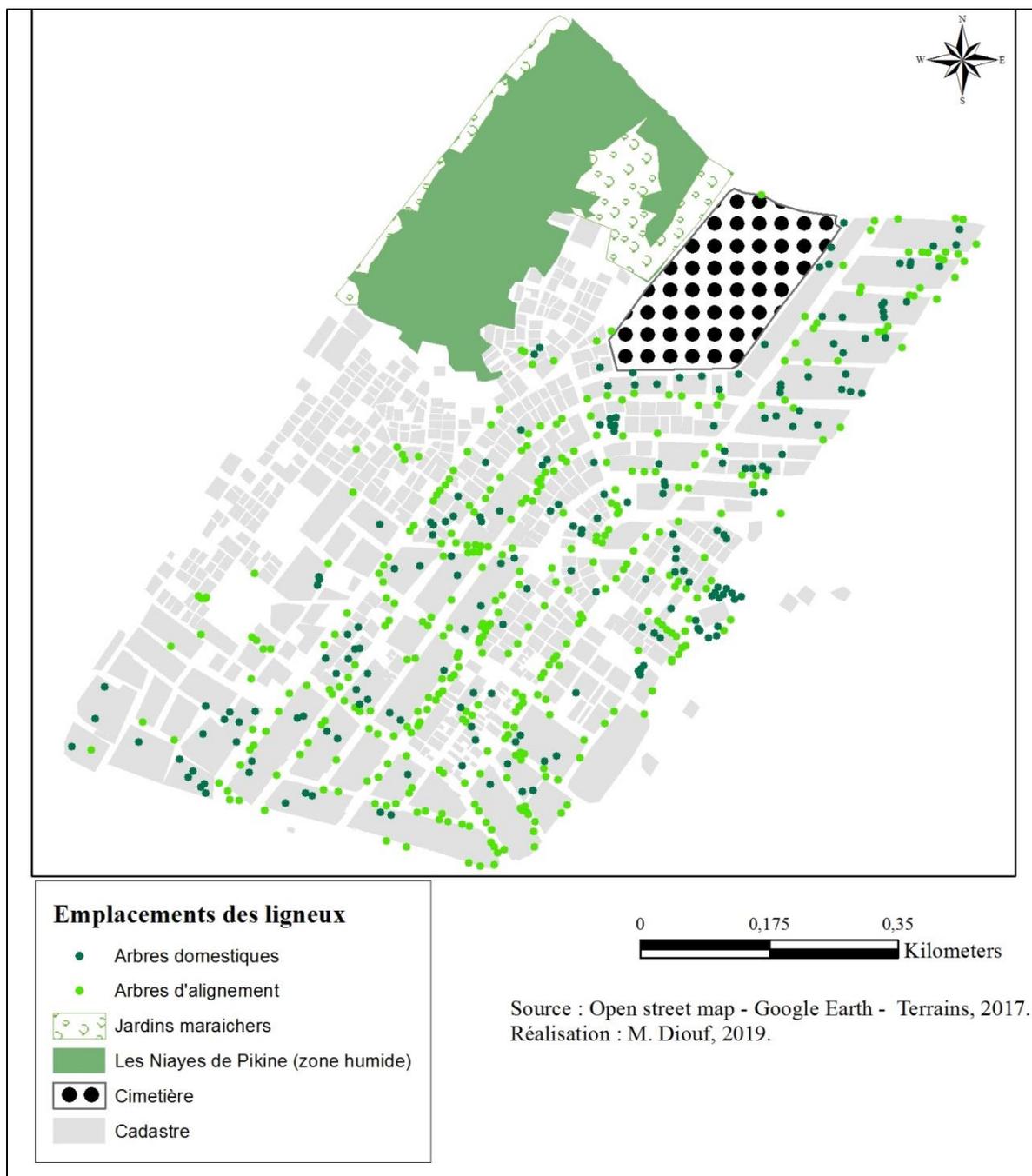


Figure 149 : Répartition de la végétation ligneuse dans l'îlot du quartier populaire de Pikine (agglomération dakaroise), 2017

2.2 Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier populaire de Dianatoul Mahwa de la ville de Touba

Dianatoul Mahwa est un quartier périphérique et populaire de la ville religieuse de Touba, son plan en damier laisse apparaître des routes rectilignes et très larges et des concessions de très grandes tailles. Ses conditions climatiques sont de types sahéliens c'est-à-dire qu'elles sont marquées par de fortes chaleurs journalières pendant une bonne partie de l'année avec une température moyenne annuelle de 30° C et des précipitations déficitaires à l'image du Sahel. Le quartier est souvent confronté à des problèmes d'approvisionnements en eau qui sont très récurrents. Il a profité de la forte attraction de la ville de Touba pour s'étendre spatialement et croître démographique.

L'îlot choisi à Dianatoul Mahwa (Fig. : 150) concentre plus ou moins tous les facteurs que nous venons brièvement d'énumérer. Paradoxalement, la couverture arborée y est relativement satisfaisante comparée à celle des zones périurbaines et rurales de la ville de Touba (Chapitre 6).

La composition floristique de l'îlot montre une richesse de 5 espèces réparties dans 5 familles (Tableau 29) que sont les Fabaceae (2 espèces), les Meliaceae (1 espèce), les Apocynaceae (1 espèce) et les Rhamnaceae (1 espèce). Cela montre que la composition floristique arborée ou arbustive est encore assez pauvre dans l'îlot à l'image du quartier et de la ville de Touba. ***Acacia catechu***, ***Azadirachta indica***, ***Cassia siamea*** et ***Calotropis procera*** ont été recensées comme espèces non comestibles. *Azadirachta indica* est l'espèce ligneuse la plus fréquente, elle représente environ plus de 80 % des espèces arborées de l'îlot de Dianatoul Mahwa. Une seule espèce fruitière, ***Ziziphus mauritiana*** a été inventoriée dans l'îlot.

Tableau 29 : Les ligneux répertoriés dans le quartier populaire de Dianatoul mahwa (Touba)

N°	NOMS SCIENTIFIQUES	NOMS EUROPEENS	FAMILLES	VERNACULAIRES
1	<i>Azadirachta indica</i>	Margourier	Meliaceae	Neem
2	<i>Acacia catechu</i>	Senegalia catechu	Fabaceae	
3	<i>Calotropis procera</i>	Pomme de sodome	Apocynaceae	Poftan
4	<i>Cassia siamea</i>	Cassia du siam	Fabaceae	
5	<i>Ziziphus mauritiana</i>	Jujubier	Rhamnaceae	Sidem

Deux types de végétation sont identifiés dans l'îlot de Dianatoul Mahwa (Fig. : 150), il s'agit des **arbres de cour** qui est le type le plus fréquent. Cet emplacement est souvent privilégié parce que les concessions disposent de cours assez grandes pour accueillir un ou plusieurs arbres, la surveillance des plants contre les animaux est plus facile et surtout créer une cour ombragée très recherchée pendant les journées de fortes chaleurs.

Le deuxième et dernier type de végétation est la **plantation de devanture** qui est en majorité constituée d'*Azadirachta indica*. Par ailleurs, les espèces n'ont pas d'emplacements spécifiques, par exemple, l'*Azadirachta indica* est également utilisée en grand nombre comme arbres de cour. Les arbres de devanture et de cours ont été plantés sans plan précis à travers d'initiatives personnelles. Les autres types de végétation sont inexistantes dans le quartier.

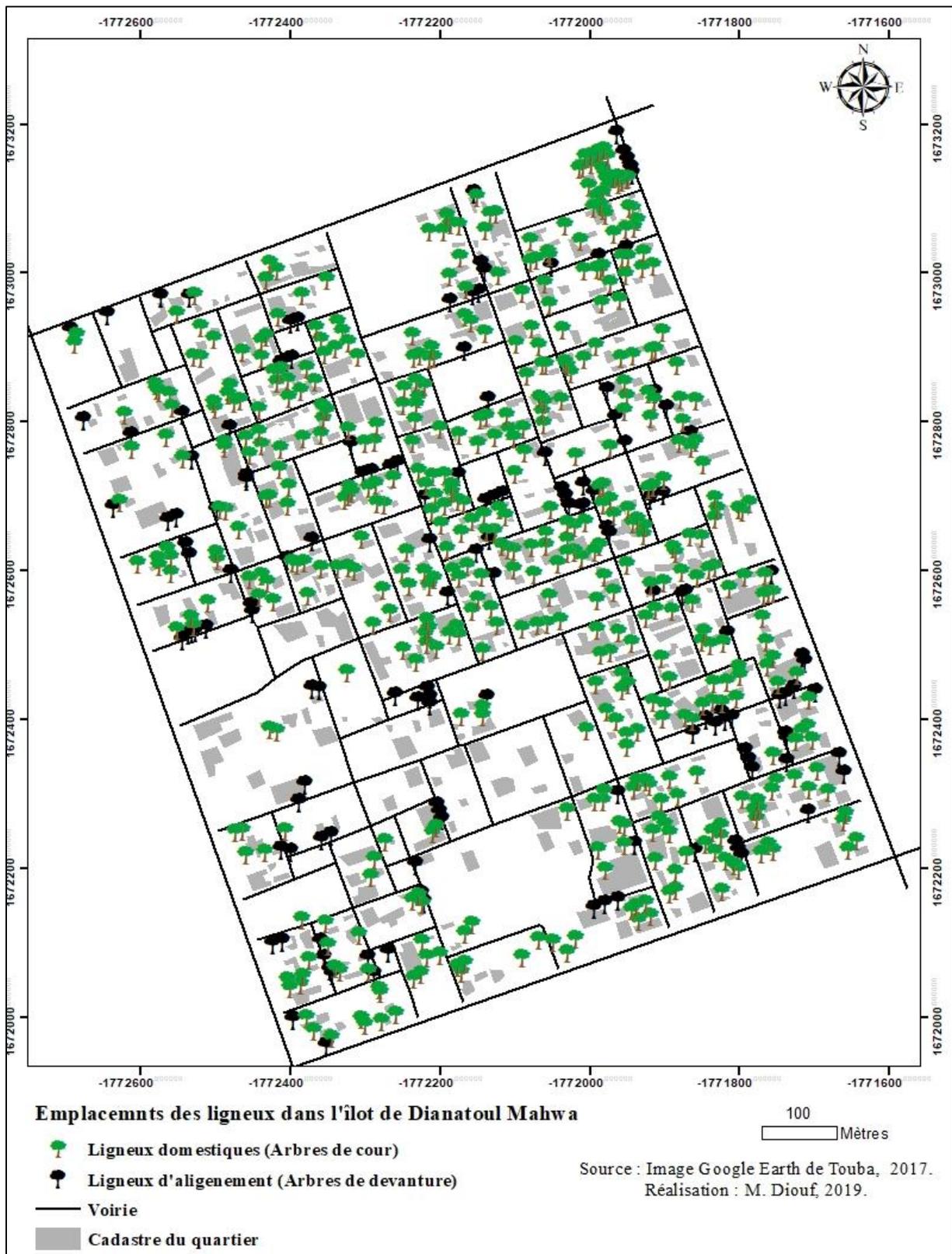


Figure 150 : Répartition de la végétation ligneuse dans le quartier périphérique de Dianatoul Mahwa (ville de Touba), 2017

2.3 Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier populaire et périphérique de Colobane de la ville de Ziguinchor

Le quartier populaire de Colobane situé à la périphérie ouest de la ville de Ziguinchor est une exception dans le groupe de quartiers populaires dépeint plus en haut par rapport à deux aspects (Fig. : 152).

Le premier aspect est que la densité du couvert végétal arboré qui y est plus dense comparée aux trois autres quartiers étudiés. Cette densité est également supérieure à celle des quartiers résidentiels du centre-ville ce qui est rare dans les villes sénégalaises. Plusieurs regroupements d'arbres principalement monospécifiques et le plus souvent constitués de ***Mangifera indica*** ont été observés dans l'îlot de Colobane. D'autres regroupements plus ou moins diversifiés renfermant 3 à 5 essences ligneuses différentes, ***Citrus aurantifolia*** (Citronnier), ***Mangifera indica***, ***Cocos nucifera*** et ***Psidium guajava*** (Goyavier), ont également été observés dans certaines concessions à Colobane/Fass (Fig. : 151). Ce couvert arboré plus ou moins dense est également constitué d'espèces ligneuses isolées avec une plus grande variété floristique.

Le deuxième aspect faisant de Colobane une exception dans ce groupe est sa satisfaisante composition floristique. En effet, l'inventaire floristique a révélé 23 espèces appartenant à 17 familles (Tableau 26). Sur ces 23 espèces répertoriées dans l'îlot de Colobane seulement 5 des espèces sont non comestibles : ***Azadirachta indica***, ***Bambusoideae***, ***Ceiba pentandra***, ***Cordia sebestena*** et ***Khaya senegalensis***.

La particularité de l'îlot de Colobane est sa large gamme d'espèces fruitières et comestibles dont 18 espèces ont été recensées (Tableau 30) : ***Adansonia digitata***, ***Anacardium occidentale***, ***Borassus aethiopum***, ***Carica papaya***, ***Citrus aurantifolia***, ***Citrus sinensis***, ***Cocos nucifera***, ***Cola acuminata***, ***Cola cordifolia***, ***Elaeis guineensis***, ***Landolphia heudelotii***, ***Mangifera indica***, ***Moringa oleifera***, ***Parkia biglobosa***, ***Psidium guajava***, ***Saba senegalensis***, ***Terminalia catappa*** et ***Ziziphus mauritiana***.

Parmi ces espèces fruitières et comestibles, ***Mangifera indica*** (manguiers) et ***Cocos nucifera*** (cocotiers) sont les espèces les plus représentées. Des espèces comme ***Cola acuminata***, ***Parkia biglobosa***, ***Saba senegalensis*** et ***Landolphia heudelotii*** sont généralement constituées d'un seul individu témoignant de l'existence d'anciennes forêts ou de savanes arborées denses dans le passé. Ces quatre dernières espèces sont moins voire non domestiquées, elles occupent généralement les interstices du quartier.

Tableau 30 : Espèces végétales ligneuses répertoriées dans le quartier périphérique-populaire de Colobane de la ville de Ziguinchor

N°	NOMS SCIENTIFIQUES	NOMS EUROPEENS	FAMILLES	VERNACULAIRES
1	<i>Adansonia digitata</i>	Baobab	Bombacaceae	Gouye
2	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardier	Anacardiaceae	Darkasé
3	<i>Azadirachta indica</i>	Margourier	Meliaceae	Neem
4	<i>Bambusoideae</i>	Bambou	Poaceae	
5	<i>Borassus aethiopum</i>	Rônier	Capparaceae	Sibi
6	<i>Carica papaya</i>	Papayer	Caricaceae	Papayo
7	<i>Ceiba pentandra</i>	Fromager	Bombacaceae	Bêténé
8	<i>Citrus aurantifolia</i>	Citronnier, Lime	Rutaceae	Lemon
9	<i>Citrus sinensis</i>	Oranger	Rutaceae	
10	<i>Cocos nucifera</i>	Cocotier	Arecaceae	Koko
11	<i>Cola acuminata</i>	Colatier, Kola d'eau	Sterculiaceae	Gouro
12	<i>Cola cordifolia</i>	<i>Sterculia cordifolia</i>	Sterculiaceae	Ntaba
13	<i>Cordia sebestena</i>	Sébestier	Boraginaceae	
14	<i>Elaeis guineensis</i>	Palmier à huile	Arecaceae	Têg
15	<i>Khaya senegalensis</i>	Caïl cédrat	Meliaceae	Hay
16	<i>Landolphia heudelotii</i>	Caoutchouc du Sénégal	Apocynaceae	Tôl
17	<i>Mangifera indica</i>	Manguier	Anacardiaceae	Mango
18	<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	Moringaceae	Nébédây
19	<i>Parkia biglobosa</i>	Caroubier africain, Nété	Mimosaceae	Hul
20	<i>Psidium guajava</i>	Goyavier	Myrtaceae	Goyab
21	<i>Saba senegalensis</i>	Liane saba	Apocynaceae	Made
22	<i>Terminalia catappa</i>	Badamier	Combretaceae	Guerté Toubab
23	ZIZIPHUS MAURITIANA	JUJUBIER	RHAMNACEAE	SIDEM

La bonne couverture arborée est, d'un côté, le résultat d'un héritage verdoyant et boisé du quartier qui est aujourd'hui fortement menacé par la densification urbaine et par l'intensification des prélèvements des ressources ligneuses. L'étude de télédétection des changements de l'occupation du sol effectuée sur l'ensemble de la ville de Ziguinchor de 1973 à 2017 a montré une dynamique régressive du couvert végétal (Chapitre 6) notamment ligneux renforçant cette inquiétude. Les autorités locales et les populations doivent rapidement se mobiliser pour préserver cette belle composition floristique unique dans le paysage urbain sénégalais.

Et, d'un autre côté, la convergence de nombreux facteurs permet encore de ralentir et de contenir cette régression de la couverture végétale :

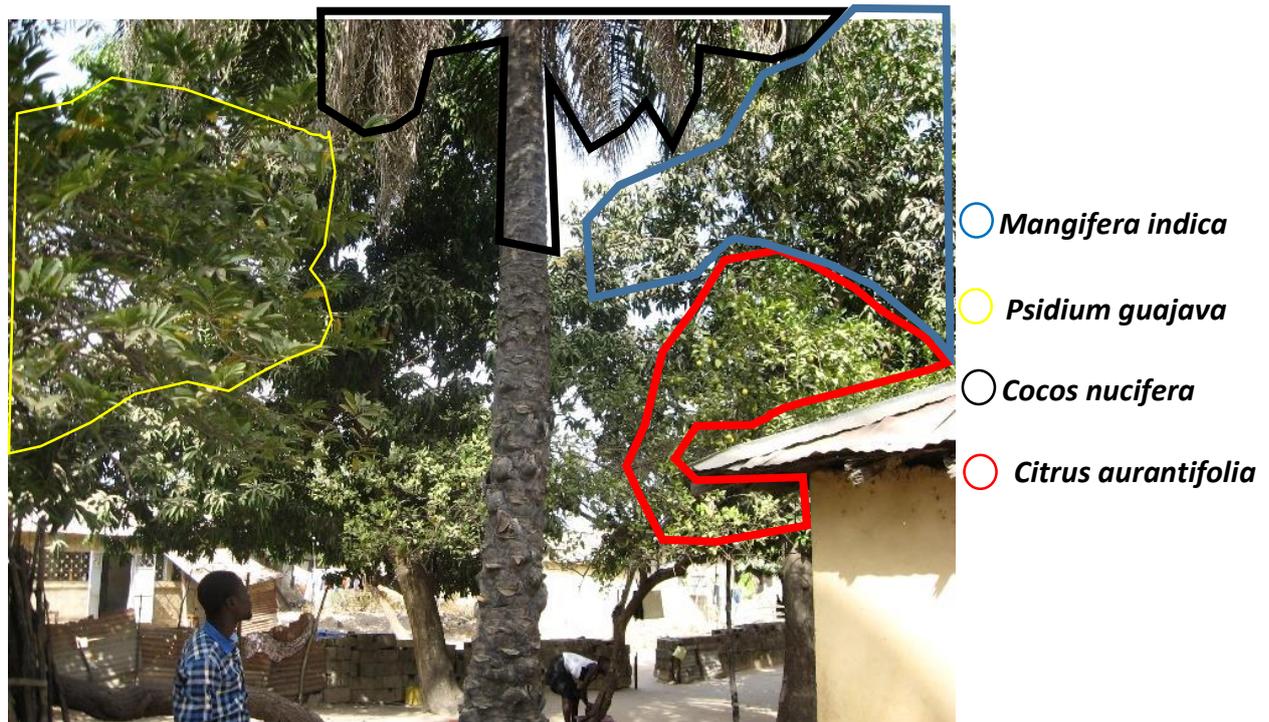
- climatiques : zone pluvieuse avec une moyenne annuelle de précipitation d'environ 1200 mm et des températures moyennes annuelles comprises entre 25 et 27° C, ces conditions climatiques sont encore favorables au couvert végétal ;
- édaphiques : le substrat est principalement sableux facilitant le déploiement des racines des arbres dans le sol à la recherche de nutriments ;
- nappe souterraine a une profondeur de 1 à 5 mètres par endroits : les arbres peuvent facilement se ravitailler ;
- urbains : quartier avec de grande concessions qui se densifie de plus en plus avec des habitats traditionnels qui laissent la place aux habitats modernes entraînant une artificialisation progressive du quartier ;
- culturels : dans la culture collective casamançaise, la première chose à faire après l'acquisition d'un terrain est d'y planter un arbre de préférence fruitier :

« Heureusement nous sommes en Casamance, la première chose que les gens font quand ils ont un terrain c'est de planter un ou des arbres. Ça fait partie de la culture casamançaise. » Entretien avec Moustapha G., conseiller municipal chargé des questions environnementales de Ziguinchor, le 30/03/2017.

Au-delà, Colobane rejoint de par ses caractéristiques les trois autres quartiers. Par exemples, les formes végétales n'y sont pas très diversifiées. On y retrouve principalement de la végétation domestique : des arbres isolés ou groupés dans les cours, des plantations de devantures et des clôtures végétalisées. Il n'y a pratiquement pas de plantations d'alignement issues de projets collectifs ni de jardins ou parcs publics ou d'espaces verts aménagés dans le quartier. Les arbres ne sont pas entretenus, quand c'est le cas, ils sont juste élagués pour éviter que les branches ne tombent sur les concessions sinon ils ne bénéficient d'aucuns traitements ou soins particuliers. Aucune implication des acteurs publics, la municipalité à travers ses services techniques et l'état à travers les services eaux et forêts, dans la gestion des arbres urbains n'a été remarqué sur le terrain ni mentionné par les habitants lors des entretiens. Cette absence de gestion des arbres urbains se reflète sur leur disposition à

Colobane parce qu'ils sont répartis sans plan précis aussi bien à l'intérieur des maisons/concessions qu'à l'extérieur le long des routes.

Les espèces recensées n'ont pas de localisation spécifique c'est-à-dire qu'il est possible de retrouver des manguiers dans les cours des maisons, le long des routes et sur les espaces libres. Cependant, dans les bas-fonds dédiés aux activités rizicoles et maraichères, nous y retrouvons principalement les espèces ligneuses suivantes (Fig. : 151) : *Elaeis guineensis* (Palmier à huile) et *Borassus aethiopum* (Rônier). Ces deux espèces sont plus adaptées aux conditions édaphiques des vallées (bas-fonds) constituées de sols salés sulfatés acides et hydromorphes ou peu évolués (CSE, 2012).



Mangifera indica : utilisée en arbre de cour



Terminalia catappa : arbre d'alignement de devanture



Elaeis guineensis et *Borassus aethiopum* (dans les Rizières)

Figure 151 : Composition floristique au niveau des concessions dans l'îlot du quartier de Colobane (Ziguinchor)

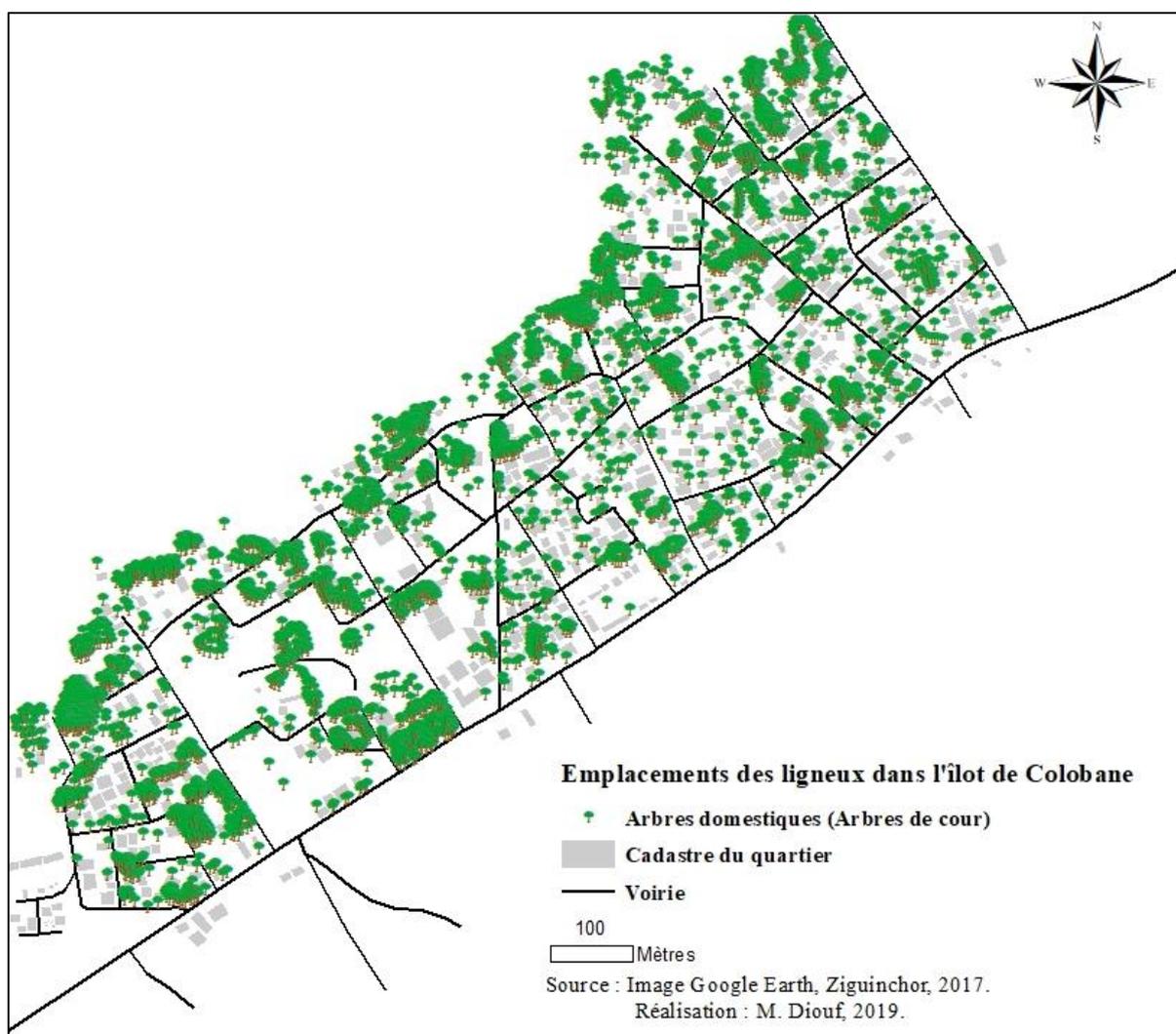


Figure 152 : Répartition de la végétation ligneuse à Colobane (quartier périphérique de Ziguinchor), 2017

Les trois autres quartiers populaires à savoir Pikine, Abattoirs et Dianatoul Mahwa, ont en commun une faible couverture arborée et une composition floristique extrêmement pauvre. Par ailleurs, les causes sont spécifiques à chaque quartier.

2.4 Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier populaire et périphérique d'Abattoirs de la ville de Tambacounda

Dans le quartier populaire d'Abattoirs, le couvert végétal arboré et la variété des espèces de l'îlot étudié sont assez faibles (Fig. : 155).

Plusieurs facteurs peuvent nous aider à expliquer et à comprendre cette situation :

- édaphiques : le quartier est principalement construit sur un substrat latéritique (Fig. : 153). La latérite empêche et rend difficile le développement racinaire des arbres limitant ainsi la prospection des couches successives pour en tirer le maximum de ressources minérales ;



Figure 153 : Les sols latéritiques très répandus dans le quartier d'Abattoirs et dépourvus de végétation

- climatiques : les températures sont très élevées à Tambacounda souvent supérieures à 40 °C. Les arbres souffrent énormément lors des fortes chaleurs qui deviennent des moments de stress. Les racines souvent exposées au soleil (Fig. : 154 ; Photo droite) et les techniques de prélèvements (écorces, racines et feuilles) peu maîtrisées causent des plaies sur les arbres ce qui les expose à la déshydratation. À Tambacounda, les précipitations moyennes annuelles sont de 777 mm (chapitre 3) mais le relief incliné du quartier engendre l'écoulement rapide des eaux pluviales. En plus, le sol en latérite fait que les eaux pluviales ne s'infiltrent pas ;
- accès à l'eau : la ville ne dispose pas de plan d'eau superficiel et permanent. La nappe souterraine est profonde (supérieure à 15 mètres) ce qui rend difficile la récupération de l'eau par le système racinaire des ligneux. Ce substrat latéritique est également imperméable ce qui veut dire qu'il ne se gorge pas d'eau pendant la saison pluvieuse alors que les ramifications sont essentiellement contenues dans cette couche. La principale ressource en eau des arbres domestiqués provient des arrosages. Signalons que les habitants se plaignent également du manque et de la cherté de l'eau pour les besoins domestiques. Par conséquent, ils relèguent l'arrosage des arbres au second plan ou le font accidentellement.



Figure 154 : *Mangifera indica* utilisé en arbre de cour et mort à cause de la forte chaleur et du manque d'eau (photo à gauche) - Des racines d'arbre exposées au soleil accélérant le processus de déshydratation (photo à droite).

Face aux nombreuses difficultés pour faire pousser des arbres dans ce quartier habité par des locataires notamment des militaires, certains habitants ont tout simplement abandonné. Au même moment, les habitants permanents tentent de trouver des solutions pour introduire de la végétation dans leur cadre de vie afin de changer le quotidien étouffé par les fortes chaleurs. Un habitant lors d'un entretien nous explique la technique à suivre pour faire pousser des arbres à Abattoirs.

*Il y a une technique, les gens creusent assez souvent juste un petit trou dans la pierre (la latérite) pour planter. Forcément, l'arbre meurt quelques jours après parce que les racines ne sont pas assez développées pour percer la pierre. Pour faire pousser un arbre sur ce type de sol, il faut creuser un trou de 50 cm de diamètre si possible un mètre ou 50 cm de profondeur. Dans une ville comme Tambacounda, il y a deux avantages quand on fait ceci. D'abord, il fait très chaud ici et la pierre garde la chaleur ce qui peut tuer la plante (**Fig. : 154 ; Photo gauche**) mais s'il y a un trou assez large on peut éviter cela. Et enfin, ce trou permet aux racines de l'arbre de pouvoir se développer et grandir avant d'atteindre la pierre. Une fois que les racines ont assez de force à partir de ce moment-là elles peuvent perforer la pierre. Avant de planter, il faut remplir le trou de fumier plusieurs jours avant et il faut la retourner parfois. Normalement, si vous respectez ces consignes ça devrait aller. Cependant, il faut continuer à arroser l'arbre pendant plusieurs années parce que l'eau est très profonde et les racines n'arrivent pas à*

l'atteindre. Assez souvent les gens ne continuent pas à arroser raison pour laquelle, les arbres meurent très vite, il faut reconnaître que c'est beaucoup de travail pour entretenir un arbre ici à Tambacounda.

Le relevé floristique de l'îlot inventorié à Abattoirs a révélé 8 principales espèces ligneuses appartenant à 8 familles différentes (Tableau 31). Au sein des espèces ligneuses inventoriées, deux sont non comestibles, il s'agit ***Azadirachta indica*** qui est l'espèce largement représentée dans le quartier et ***Acacia catechu***. Elles appartiennent respectivement aux familles des Meliaceae et des Fabaceae.

Les six autres ligneux sont des espèces comestibles, ***Carica papaya***, ***Citrus sinensis***, le ***Cocos nucifera*** (un seul individu inventorié), ***Guiera senegalensis***, ***Mangifera indica*** et ***Psidium guajava***. Les familles respectives de cette flore ligneuse comestible sont Caricaceae, Rutaceae, Arecaceae, Combretaceae, Anacardiaceae et Myrtaceae. *Mangifera indica* est l'espèce fruitière et comestible la plus représentée dans l'îlot d'Abattoirs. Il faut cependant noter que la fréquence des autres espèces comestibles dans l'îlot reste relativement faible et que certaines d'entre elles sont dans de mauvais états. Contrairement, *Azadirachta indica* qui s'est bien adaptée aux conditions pédoclimatiques du quartier.

Tableau 31 : Espèces végétales ligneuses répertoriées dans le quartier périphérique-populaire d'Abattoirs de la ville de Tambacounda

N°	Noms scientifiques	Noms européens	Familles	Vernaculaires
1	<i>Acacia catechu</i>	Senegalia catechu	Fabaceae	
2	<i>Azadirachta indica</i>	Margourier	Meliaceae	Neem
3	<i>Carica papaya</i>	Papayer	Caricaceae	Papayo
4	<i>Citrus sinensis</i>	Oranger	Rutaceae	
5	<i>Cocos nucifera</i>	Cocotier	Arecaceae	Koka, Koko
6	<i>Guiera senegalensis</i>	Guiera	Combretaceae	Nger
7	<i>Mangifera indica</i>	Manguier	Anacardiaceae	Mango
8	<i>Psidium guajava</i>	Goyavier	Myrtaceae	Goyab

La dissémination de la flore ligneuse au sein de l'îlot d'Abattoirs nous amène à penser que des paramètres sont pris en compte lors du choix de la place des arbres dans les espaces privés et publics. En effet, la flore ligneuse comestible se trouve principalement à l'intérieur des maisons. Ce choix de planter les ligneux fruitiers et comestibles dans les maisons ou les endroits fermés permet de les protéger contre les animaux et les prélèvements des hommes (fruits, écorces et feuilles). Les plantations de devanture et les arbres spontanés occupant les espaces délaissés du quartier sont à plus de 80 % constitués *Azadirachta indica* et *Guiera senegalensis*. *Azadirachta indica* est l'espèce ligneuse la plus utilisée au niveau des axes de communication et devant les maisons.

Les arbres de cour sont les plus fréquents dans l'îlot d'Abattoirs. Ils sont suivis par les plantations de devantures issues d'initiatives individuelles qui sont disposées sans plan précis à quelques mètres de la route. Les espaces verts, les jardins publics et les plantations d'alignements sont quasi absents de l'îlot montrant le manque de planification et d'aménagement du quartier par la municipalité.

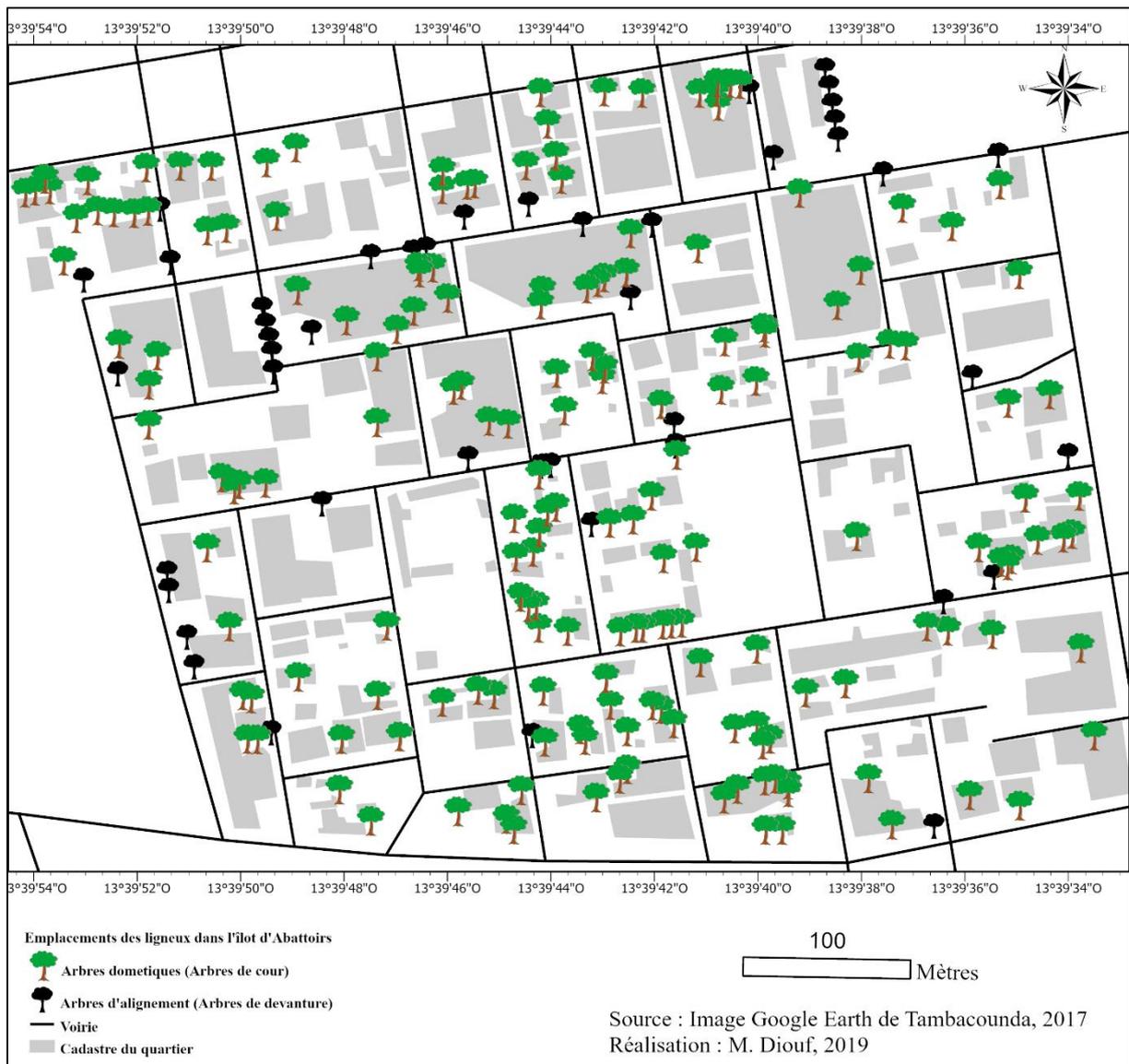


Figure 155 : Répartition de la végétation ligneuse à Abattoirs (quartier périphérique de la ville de Tambacounda), 2017

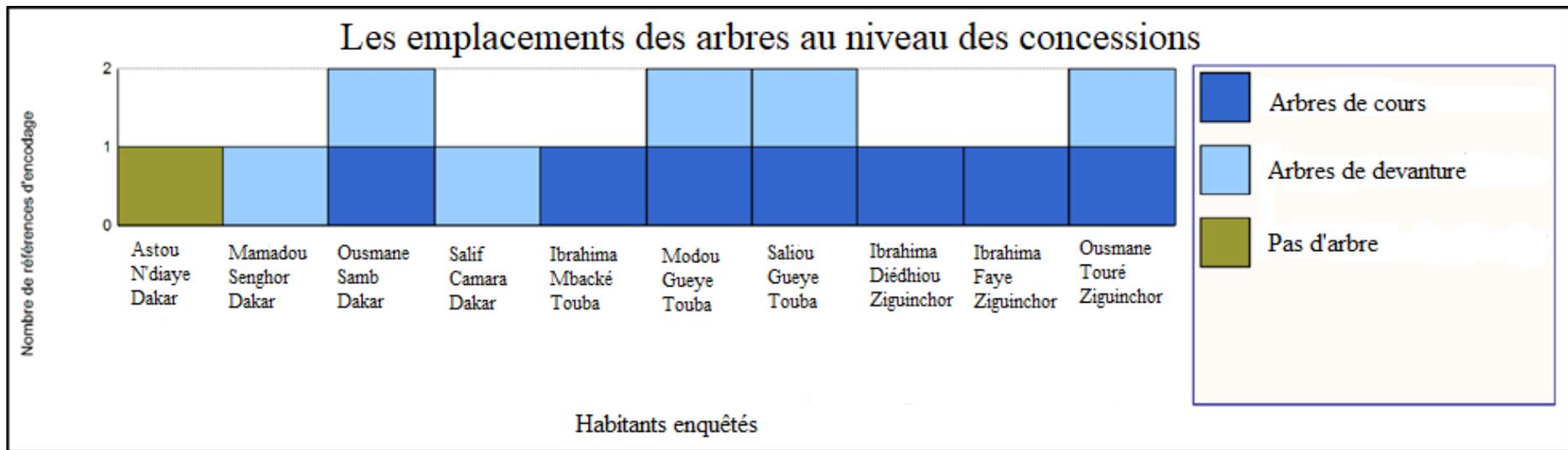


Figure 156 : Les différents emplacements des arbres au niveau des concessions et des maisons des îlots choisis dans les villes de Dakar, de Touba et de Ziguinchor

Sous le logiciel *Nvivo*, une requête (Fig. : 156) est effectuée sur les discours d'une dizaine d'habitants répartis dans l'agglomération dakaroise et dans les centres régionaux de Touba et de Ziguinchor pour déterminer les emplacements des arbres au sein des maisons et des concessions. L'objectif recherché à travers cette requête est de trouver l'emplacement le plus fréquent dans les discours des habitants. Dans cet échantillon de dix personnes, sept des dix enquêtés disent avoir au moins un arbre dans les cours des maisons et des concessions. Une personne parmi les sept enquêtées qui disposent au moins d'un arbre de cour vient de l'agglomération dakaroise et les six autres se répartissent équitablement entre les centres régionaux de Ziguinchor et de Touba. L'explication peut venir, entre autres facteurs, du fait que les concessions et les maisons sont de plus grandes tailles avec parfois des cours assez vastes à Touba et à Ziguinchor contrairement à l'agglomération dakaroise où les maisons sont étroites souvent sans cours notamment dans les quartiers populaires. Six des dix enquêtés disposent au moins d'un arbre de devanture. Ce type d'arbre est plus fréquent dans l'agglomération dakaroise, trois des six concernés y résident. Quatre habitants affirment avoir chez eux à la fois des arbres de cour et des arbres de devanture. Astou N. est l'une des dix enquêtés à n'avoir aucun arbre chez elle. Elle habite à Pikine ouest (agglomération dakaroise). Elle met en avant le manque d'espace et le piétinement des plants par les enfants.

Cette étude de distribution et de composition floristique de la végétation ligneuse des huit îlots a permis d'établir des points communs et des divergences entre, d'une part, les quartiers populaires et les quartiers résidentiels. Et, d'autre part, entre l'agglomération dakaroise qui est une métropole africaine et des centres régionaux comme Touba, Tambacounda et Ziguinchor.

L'analyse floristique des îlots des révèle que la composition de la flore ligneuse est moyenne et presque identique dans l'agglomération dakaroise et les centres régionaux de Touba et de Tambacounda. Sauf qu'à Touba, la composition floristique est extrêmement réduite. Elle montre également que la flore arborée des villes d'étude est principalement constituée d'essences non comestibles et ornementales. Néanmoins, la ville de Ziguinchor affiche un visage complètement différent des précédentes caractérisé par une forte composition floristique et une abondance des essences comestibles. Plusieurs facteurs climatiques dont la pluviométrie, édaphiques, culturels et surtout humains (choix des essences végétales et l'intérêt porté aux arbres) sont à l'origine des différenciations des paysages végétaux urbains au Sénégal comme nous l'avons spécifié pour chaque îlot.

Ainsi se pose dans les villes sénégalaises deux principaux défis, la ré-végétalisation des quartiers y compris populaires et le renouvellement des essences arborées en se tournant davantage vers la notion de villes ou de quartiers comestibles. Pour renouveler les essences des villes sénégalaises, l'ingénieur des eaux et forêts du CSE, Abdoulaye Welé pense qu'« *il faut que la population intègre les arbres fruitiers dans les maisons et que lors des programmes de plantations, les municipalités essayent de faire la même chose. Et pour cela il va falloir revoir le prix des arbres fruitiers dans les pépinières.* » En effet, la mise en place d'un circuit de distribution gratuite des espèces fruitières par les agents des eaux et des forêts ou par la municipalité pourrait inciter les populations à planter d'autres espèces et accélérer cette volonté de renouvellement des essences.

Les paysages urbains sont marqués par la présence ***Azadirachta indica*** qu'on retrouve de façon systématique dans les quartiers populaires et résidentiels et au sein de l'ensemble des villes d'étude. C'est une espèce également utilisée dans tous les types d'arbres répertoriés dans les îlots que ce soit en alignement, dans les cours, comme arbre de clôture, dans les jardins publics et comme arbres spontanés des délaissés urbains. On constate également l'absence de réglementation et de politique d'aménagement visant les arbres en ville. En effet, les priorités des municipalités qui assurent depuis la mise en œuvre de l'acte III de la décentralisation cette mission, semblent être ailleurs. Quand quelques efforts de reboisements des artères sont souvent notés pendant la journée mondiale de l'arbre, mais ces efforts sont rapidement anéantis par le manque de suivi et d'entretien des essences plantées. Signalons que même l'agglomération dakaroise est en retard à ce niveau.

L'opposition généralement faite entre les quartiers populaires (composition et densité des arbres faibles) et les quartiers résidentiels (composition et densité des arbres satisfaisantes) ne s'applique pas à toutes villes. Par contre, elle s'applique quand il s'agit de la

diversité des types d'arbres et des aménagements végétaux. Exemple, les jardins publics recensés dans cette étude se trouvent dans les quartiers résidentiels.

Le schéma décrit dans le paragraphe précédent correspond plutôt aux situations observées dans l'agglomération dakaroise et dans la ville de Tambacounda. Cependant, dans les villes de Touba et de Ziguinchor nous constatons quelques différences notables.

À Touba, il y a les mêmes arbres de cour et d'alignement (devanture) qu'on retrouve à Darou Minam et à Dianatoul Mahwa. *Azadirachta indica* (Neem) représente plus de 95% des espèces arborées dans chaque quartier d'où la même composition floristique. La densité du couvert arboré est presque identique dans les deux îlots.

À Ziguinchor, le schéma est inversé. En effet, la composition floristique de l'îlot de Colobane est supérieure à celle de l'îlot d'Escale. Les espèces ligneuses sont essentiellement ornementales et non comestibles à Escale alors qu'elles sont majoritairement comestibles à Colobane. La couverture arborée est également plus dense dans ce dernier qu'Escale. Ces deux types d'arbres, jardin public et arbre d'alignement, sont absents du quartier de Colobane, on y trouve des arbres d'alignement de devanture.

Il faut reconnaître que malgré l'absence de gestion des arbres urbains par les services compétents que ceux des quartiers résidentiels sont mieux traités. Cela s'explique peut-être par la situation sociale et le niveau d'instruction des habitants (N'zala, 2003).

Chapitre 8 : Le couvert végétal urbain face aux changements socio-environnementaux : Perception et représentations des habitants

« Chercher à comprendre et à décrire un phénomène pour évaluer ses conséquences sur les conditions de vie des populations sont quelques démarches fondamentales en Géographie dont la réussite dépend avant tout de la qualité des données utilisées » (DE KETELE & ROEGIERS, 2015).

La cartographie par télédétection des changements de l'occupation du sol (chapitres 5 et 6) révèle globalement une régression du couvert végétal urbain des zones d'étude sauf Touba où il a progressé comme on l'a déjà souligné à plusieurs reprises. Par ailleurs, cette cartographie des changements de l'occupation des sols ne permet pas de mettre en évidence les causes et les conséquences de la dissémination et de l'évolution de la végétation au sein des villes, ni d'identifier les usages que les habitants en font. L'intérêt de ce chapitre est d'apporter des réponses aux points évoqués en exploitant les enquêtes réalisées auprès des acteurs publics et des habitants qui sont les premiers concernés.

L'étude sur les usages végétaux et la perception des sociétés urbaines face aux changements du couvert végétal ont été possible grâce à la collecte d'informations (enquêtes) sous forme d'entretiens semi-directifs. Les enquêtes sont réalisées dans 15 endroits différents au niveau des villes d'étude et principalement en langues locales, wolof et mandingue. Dans cette démarche, l'observation directe du terrain apporte à l'enquêteur plus de connaissances qui sont éclairées et complétées par les entretiens.

Il sera détaillé dans ce chapitre la démarche méthodologique adoptée pour traiter les données recueillies lors des missions de terrain. Deux logiciels de traitement de texte, *Lexico* (quantitatif) et *Nvivo* (qualitatif), sont mobilisés et combinés pour tirer le maximum d'informations des entretiens. Ce chapitre présentera également les résultats généraux issus des traitements textométriques. Les résultats orientés vers les thématiques telles que les usages de la végétation par les populations et les fonctions écosystémiques de celle-ci seront respectivement présentés dans les chapitres 9 et 10.

1. Technique d'enquête et méthode de traitement des données d'enquête recueillies auprès des habitants

Avant de choisir l'approche méthodologique la plus adaptée pour mieux cerner les perceptions des habitants sur les changements socio-environnementaux. On a d'abord réfléchi au choix de la méthode de collecte de donnée qui est la plus adaptée pour recueillir de l'information au sein d'acteurs aux profils différents qui interviennent sur des thématiques variées.

1.1 Collecte des données par entretien semi-directif

Les entretiens permettent d'apporter des éclairages complémentaires sur le phénomène ou l'objet étudié, ici la végétation en milieu urbain, grâce aux connaissances et aux vécus des sociétés impactées. Pour les réaliser nous avons suivi la méthode conseillée par Godfroid dans laquelle l'entretien prend principalement trois formes :

- l'entretien exploratoire permet d'affiner le regard sur le terrain ;
- l'entretien comme dispositif exclusif de recueil de données, il n'est pas associé à d'autres méthodes de recueil de données ;
- l'entretien à usage complémentaire, il s'associe à d'autres méthodes de recueil de données quantitatives et qualitatives (Godfroid, 2012).

Au total quatre séjours ont été organisés dans les zones d'étude pour collecter différents types de données (enquêtes, inventaire floristique et photographies) et observer directement les paysages des terrains et les usages de la flore locale par les habitants. En effet, une première mission a été réalisée en 2015 durant mon master 2. Elle m'a permis d'explorer plusieurs terrains avant de cibler ceux devant être étudiés dans le cadre de cette thèse. Sur lesquels, j'ai réalisé les cartographies par télédétection de l'occupation du sol et de ses changements et j'ai effectué des enquêtes et des inventaires floristiques. Les entretiens réalisés lors de cette première mission exploratoire ont également permis d'améliorer la formulation de certaines questions et d'élargir la palette des thèmes à aborder. La première mission de cette thèse, d'une durée d'un mois, s'est tenue en mars 2016. Cette mission comme souligné en haut a permis d'effectuer des entretiens semi-directifs auprès des habitants et des autorités locales au niveau des villes de Ziguinchor et de Tambacounda. Des inventaires floristiques des espèces ligneuses les plus utiles et des espèces cultivées des îlots ciblés dans la ville de Ziguinchor sont également réalisés. Les paysages sont aussi photographiés pour servir d'illustrations. La mission suivante a également duré un mois, en avril 2018. Les trois premières semaines consacrées à l'agglomération dakaroise sont réservées aux entretiens auprès des différents acteurs et aux inventaires floristiques. Nous avons ensuite séjourné une semaine dans la ville de Touba pour faire des inventaires floristiques. En juillet et août 2018, une troisième mission d'une durée de six semaines a permis de compléter les données manquantes pour l'agglomération dakaroise et la ville de Tambacounda. Concernant la ville de Touba, tous les entretiens ont été placés durant cette période. Ces missions sont aussi des moments de vérification et de validation des cartes de l'occupation du sol et de ses changements puis qu'on a pu observer directement les pratiques sur les végétaux urbains et les différents paysages urbains dont celui du végétal.

Comme on peut le constater, cette étude a combiné à la fois l'observation directe et la pratique d'entretien. L'observation qu'elle soit extérieure ou parfois participante est souvent privilégiée par les chercheurs des sciences sociales. Comme disait DE KETELE (1980) « **Observer** est un processus incluant l'attention volontaire et l'intelligence, orienté par un objectif terminal ou l'organisateur est dirigé vers un objet pour en recueillir des informations ».

Toutefois, c'est l'entretien qui est privilégié dans cette thèse parce qu'il permet de comprendre sans intermédiaire les préoccupations des habitants à travers les échanges et les interactions. L'entretien peut prendre trois formes, libre, directif ou semi-directif. D'abord, l'entretien libre se passe dans un cadre conversationnel avec une grande liberté de parole, c'est-à-dire sans cadre prédéfini, il exige une grande expérience dans le domaine. Ensuite, pendant l'entretien directif la conversation se passe dans un cadre très strict, laissant ainsi peu de liberté de parole à la personne enquêtée. Et enfin l'entretien semi-directif qui est une formule d'entretien combinant à la fois directivité et non-directivité (Fenneteau, 2015).

Dans cette étude, la méthode de collecte choisie est celle dite de l'entretien semi-directif. Dans la pratique de l'entretien semi-directif, l'interviewer oriente la personne vers des sujets qui ne sont ni entièrement ouverts, ni entièrement fermés tout en laissant à la personne toute liberté de s'exprimer (Fenneteau, 2015). Ceci permet à la personne interviewée d'exprimer librement ses perceptions d'un évènement ou d'une situation, ses interprétations ou ses expériences (Quivy & Van Campendhoutdt, 1995). Cette méthode se révèle utile lorsque l'objectif est de détecter des préoccupations inconnues de l'enquêteur au départ de l'analyse, d'éclairer le sens que les acteurs donnent à leurs pratiques, de mettre à jour leurs représentations sociales » (Marega, Fall *et al*, 2013).

1.2 Choix des personnes interviewées et des localités

La stratégie élaborée pour atteindre les objectifs recherchés dans les enquêtes de terrain nécessite la rencontre d'acteurs aux profils différents sur les plans socio-professionnels, de la tranche d'âge et de la localisation. Les objectifs fixés se déclinent en deux catégories, d'une part, il y a un objectif global à travers lequel nous cherchons à cerner et à appréhender les perceptions qu'ont les populations sur les changements affectant le couvert végétal urbain et périurbain. Et, d'autre part, des objectifs spécifiques qui vont des différents usages de la végétation à leurs évolutions, du choix de la place des végétaux dans le tissu urbain à la place de la végétation dans les politiques d'aménagement des villes.

Les rencontres avec les acteurs durant nos séjours dans les villes d'étude n'ont pas été programmés en amont. Une fois sur place, nous sommes allés à la rencontre des populations sans intermédiaire. Les personnes à interviewer ont été choisies en fonction des thèmes abordés dans notre grille d'entretien et de manière spontanée. Cependant, quelques rencontres nous ont été suggérées à l'issue de certains entretiens sans que la personne joue véritablement un rôle de facilitateur pour la rencontre. L'inconvénient dans cette façon de faire est qu'on passe beaucoup de temps sur place car il faut le temps d'aborder la personne, enclencher la discussion sur d'autres « sujets d'accroche » afin de gagner sa confiance. Au fil de la discussion, on explique ce qu'on fait, pourquoi on est là et en quoi son point de vue est important pour l'avancement de notre travail. Maintenant, nous pouvons aborder ensemble

le thème approprié. Les réticences et les refus ont été nombreux du côté des habitants parce qu'ils donnaient des informations précieuses sur leurs principales sources de revenus. Ils avaient soit peur de la concurrence ou que je sois un agent de l'Etat notamment des eaux et forêts qui va entraver leurs business. Les personnes ressources ont plus facilement collaboré à l'enquête peut-être parce qu'elles sont habituées à faire des entretiens. En tout état de cause, les données concernant les enquêtés ont été anonymisées, même lorsqu'il s'agit d'acteurs publics reconnus (élus ou responsables des services ou administrations).

Les enquêtés se répartissent dans deux groupes dont un échantillon basé sur les catégories socio-professionnelles est proposé dans le tableau 32, la liste complète est consultable dans l'annexe 1. Le premier groupe est constitué d'acteurs décideurs ainsi dénommé car ils possèdent des responsabilités et des compétences directes ou indirectes dans la gestion et la protection de la végétation en ville. Les membres de ce groupe sont les élus municipaux (maires et leurs adjoints chargés des questions environnementales), les agents et les experts des services étatiques (agents des eaux et forêts) et associatifs. Et, le deuxième groupe est exclusivement composé d'habitants sans pouvoir de décision. On y retrouve plusieurs profils d'acteurs : agriculteurs, fabricants de charbon de bois, maraichers, jardiniers, commerçants de bois mort et de charbon de bois, femmes au foyer, retraités, fleuristes, etc. Les habitants sont les premiers à subir les conséquences des changements socio-environnementaux induits par les décisions, entre autres facteurs, prises par les acteurs du groupe précédent. Le recours aux méthodes statistiques ne portera pas sur les enquêtés en nombre assez réduit (43), car nous avons privilégié les entretiens approfondis susceptibles de livrer des informations nouvelles sur la multiplication du nombre de personnes enquêtées livrant des réponses binaires à des questions fermées. On aura recours à la statistique textométrique appliquée ici au corpus formé par les réponses données par les acteurs en fonction de leur position dans la société des villes considérées (Tableau 32).

Tableau 32 : Décomptes globaux de la partition « Acteur » du corpus général

N°	Partie	Occurrences	Formes	Hapax	Fmax	Forme
1	Adjoint-Maire	1420	585	400	85	de
2	Charge_du Cadre de Vie	282	165	115	12	de
3	Charge_espaces_verts_Ville_D akar	1186	469	304	80	de
4	Colonel-Eaux-forets	869	401	288	41	de
5	Conseiller-municipal	621	310	228	34	de
6	Directeur-centre-formation-agriculture	770	366	264	44	de
7	Etudiant	365	196	129	12	je
8	Agriculteur	494	238	167	22	la
9	Fabricant-de-charbon-de-bois	541	262	188	27	de
10	Commerçant	308	175	125	12	de

Les analyses textométriques porteront exactement sur un corpus d'entretiens de 43 personnes (Tableau 33) réalisés dans quatre villes sénégalaises à savoir l'agglomération

dakaroise avec 17 enquêtés (Tableau 33-A) et les villes de Touba avec 5 enquêtés (Tableau 33-B), de Ziguinchor avec 12 enquêtés (Tableau 33-C) et de Tambacounda avec 9 enquêtés (Tableau 33-D).

Le choix des quartiers à enquêter est basé sur trois critères qui sont la situation géographique (quartiers périphériques ou centraux), la démographie et la catégorie socio-professionnelle. Dans chaque ville, des localités sont ciblées dans certains quartiers résidentiel/central et populaire/périphérique. Les localités enquêtées des quartiers résidentiels aisés sont Fann résidence, place de l'indépendance et place de l'Obélisque pour l'agglomération dakaroise, Palène pour la ville de Touba, Escale pour la ville de Ziguinchor et Liberté pour la ville de Tambacounda. Celles des quartiers populaires sont Pikine-ouest, Médina et Mbao dans l'agglomération dakaroise, Mosquée niveau mairie pour la ville de Touba, Colobane et Goumel dans la ville de Ziguinchor et enfin Abattoir et HLM dans la ville de Tambacounda. L'analyse factorielle des correspondances (Fig. : 157) sur les localités ne révèle pas à premier vu une ressemblance des discours en fonction des types de quartier avec d'un côté les quartiers résidentiels et aménagés et de l'autre les quartiers populaires et spontanés. Cette dissemblance des discours au sein d'un même groupe de quartier est peut-être liée à la diversité des thèmes abordés et au rapport des sociétés avec le végétal qui divers d'une ville à l'autre.

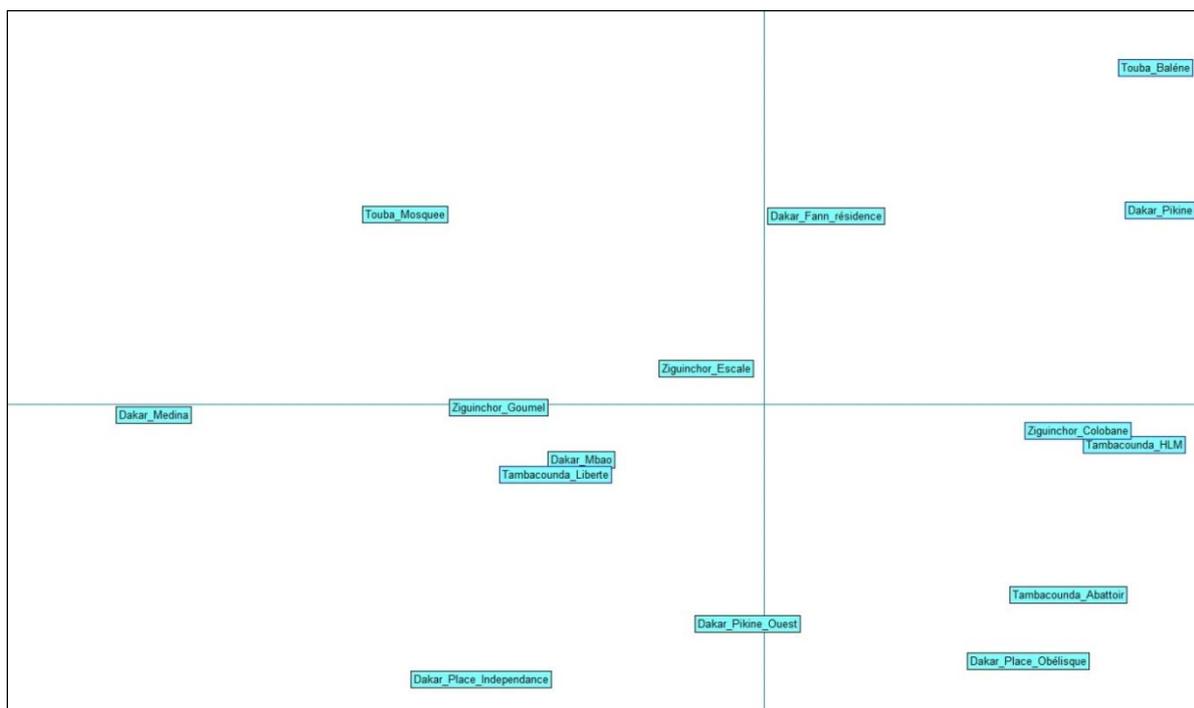


Figure 157: AFC sur les localités

Tableau 33 : Liste des personnes rencontrées lors des missions à Dakar, Ziguinchor, Tambacounda et Touba

A - Liste des personnes interviewées dans l'agglomération dakaroise

Enquêtés	Profession	Lieu	Age	Date	Numéro entretien
S. Mamadou	Jardinier	Pikine Ouest Dakar	Jeune	05/04/2018	22
C. Salif	Ouvrier	Pikine Ouest Dakar	Adulte	05/04/2018	23
N. Astou	Femme au foyer	Pikine Ouest Dakar	Adulte	06/04/2018	24
S. Ousmane	Responsable politique	Fann résidence Dakar	Adulte	08/04/2018	25
S. Ibrahima	Agent banquier	Fann résidence Dakar	Adulte	08/04/2018	26
W. Abdoulaye	Ingénieur des eaux et forêts au CSE	Fann résidence Dakar	Adulte	2017	27
Anonyme	Fleuriste	Mbao Dakar	Adulte	09/04/2018	28
M. Moustapha	Directeur du centre de formation agricole	Mbao Dakar	Adulte	09/04/2018	29
Anonyme	Maraicher	Pikine Ouest Dakar	Jeune	06/04/2018	30
Anonyme	Sans emploi	Place de l'indépendance	Adulte	10/04/2018	31
Anonyme	Chargé des espaces verts de la ville	Médina Dakar	Adulte	10/04/2018	32
Anonyme	Sans emploi	Place de l'Obélisque	Adulte	13/04/2018	33
Anonyme	Etudiant	Place de l'Obélisque	Jeune	13/04/2018	34
Anonyme	Etudiant	Place de l'Obélisque	Jeune	14/04/2018	35

Anonyme	Etudiant	Place de l'Obélisque	Jeune	14/04/2018	36
Anonyme	Lycéen	Place de l'Obélisque	Jeune	14/04/2018	37
Anonyme	Sans emploi	Place de l'Obélisque		14/04/2018	38
Total des enquêtés	17				

B - Liste des personnes interviewées à Touba

Enquêtés	Profession	Lieu	Age	Date	Numéro entretien
G. Saliou	Commerçant	Paléne – Touba	Adulte	10/08/2018	39
M. Ibrahima	Chauffeur de taxi	Paléne – Touba	Adulte	10/08/2018	40
G. Modou	Maitre coranique	Paléne – Touba	Adulte	11/08/2018	41
L. Mor	Conseil municipal	Wakhar – Touba	Adulte	11/08/2018	42
Anonyme	Chargé du cadre de vie	Wakhar - Touba	Adulte	11/08/2018	43
Total des enquêtés	5				

C - Liste des personnes interviewées à Ziguinchor

Enquêtés	Profession	Lieu	Age	Date	Numéro entretien
N. Ma Samba	Colonel des eaux et forêts	Escale – Ziguinchor	Adulte	28/03/2017	1
K. Fodé	Fleuriste	Escale - Ziguinchor	Adulte	27/03/2017	2
Anonyme	Lieutenant des eaux et forêts	Escale – Ziguinchor	Adulte	28/03/2017	3
D. Yaya	Responsable Océanuim	Colobane – Ziguinchor	Adulte	27/03/2017	4
F. Ibrahima	Ancien gendarme	Colobane - Ziguinchor	Adulte	28/03/2017	5
G. Fatou	Jardinière	Colobane – Ziguinchor	Adulte	29/03/2017	6
Anonyme	Jardinière	Colobane – Ziguinchor	Adulte	29/03/2017	7
M. Ndoye	Vendeur de bois de chauffage	Colobane – Ziguinchor	Ancien	30/03/2017	8
G. Moustapha	Conseil municipal	Goumel - Ziguinchor	Adulte	30/03/2017	9
M. Malang	Fabricant de charbon de bois	Colobane – Ziguinchor	Adulte	30/03/2017	10
D. Ibrahima	Agriculteur	Colobane – Ziguinchor	Adulte	01/04/2017	11
T. Ousmane	Gardinier	Escale – Ziguinchor	Jeune	31/03/2017	12
Total des enquêtés	12				

D - Liste des personnes interviewées à Tambacounda

Enquêtés	Profession	Lieu	Age	Date	Numéro entretien
C. Maurice	Maraicher	Abattoir - Tambacounda	Adulte	01/04/2017	13
M. Abdou	Maraicher	Abattoir - Tambacounda	Jeune	01/04/2017	14
K. Bounama	Adjoint maire	Liberté - Tambacounda	Adulte	05/04/2017	15
K. Ousmane	Coiffeur	Marché Liberté – Tambacounda	Jeune	06/04/2017	16
Anonyme	Sans emploi	Abattoir - Tambacounda	Adulte	10/04/2017	17
Anonyme	Taximan moto	HLM – Tambacounda	Jeune	10/04/2017	18
Anonyme	Femme au foyer	HLM – Tambacounda	Jeune	10/04/2017	19
Anonyme	Enseignant	HLM – Tambacounda	Adulte	10/04/2017	20
Anonyme	Président du jardin bio des femmes	Liberté près gouvernance	Adulte	06/04/2017	21
Total des enquêtés	9				

1.3 Les principaux thèmes abordés lors des entretiens

Au total, nous nous sommes entretenus avec une quarantaine de personnes sur des thématiques et des problématiques diverses dont les questions abordées sont exposées dans le Tableau (34) ci-dessous.

Tableau 34 : Grille d'entretien pour l'ensemble des villes d'étude

E : élus / **A** : agent étatique et d'organisme / **H** : habitants

N°	Thématiques/Questions	E	A	H
Végétation urbaine, quels emplacements dans le tissu urbain et quels services rendus ?				
1	Avez-vous des arbres, si oui , où se trouvent-ils dans la concession ?			
2	La végétation est- elle plantée ou spontanée ?			
3	Quels types d'utilisations faites-vous de la végétation ?			
4	Quelles sont les plantes que vous utilisez pour l'alimentation ?			
5	Quelles sont les espèces végétales utilisées en médecine traditionnelle ?			
6	Ya-t-il des espèces végétales recherchées pour les besoins énergétiques?			
7	Quelle est l'importance de la végétation dans votre ville ?			
8	Fréquentez-vous les parcs et jardins publics ?			
9	Combien de fois dans la semaine allez vous au jardin ?			
10	Quelle est importance d'un espace vert selon vous ?			
11	Selon vous pourquoi les habitants ne fréquentent pas assez les espaces verts ?			
Dynamique de la végétation dans un double contexte d'étalement des villes et de la fluctuation des précipitations				
12	Comment a évolué le couvert végétal ces dernières années ?			
13	Quels sont les facteurs qui expliquent ces différentes dynamiques de la végétation ?			
14	Qu'est-ce que vous envisagez de faire pour renverser ces dynamiques ?			
15	Y-a-t-il une politique de protection de la végétation en milieu urbain ?			
16	Sollicitez-vous des aides extérieures (financières et/ou techniques) pour la réalisation de vos projets d'aménagement végétaux ?			
17	Quelle est la place de la végétation dans les politiques d'urbanisme ?			

18	Quels sont les impacts des végétaux sur les aménagements urbains ?			
19	Recevez-vous des demandes de la part des habitants pour créer des espaces verts ou reboiser les lieux stratégiques de la ville ?			
20	Quel rôle joue le végétal dans l'environnement urbain ?			
Quelles réglementations pour l'utilisation de la végétation en milieu urbain ?				
21	Quel type de forêt entoure la ville ?			
22	Existe-t-il une loi interdisant l'extension de la ville sur cette forêt urbaine ?			
23	Existe-t-il une loi qui régleme la végétation dans les domaines privés et publics ?			
24	L'amende tourne autour de combien pour un arbre coupé sans autorisation ?			
25	Peus-je aller chercher du bois de chauffage pour le revendre ?			
26	Peus-je aller chercher du bois pour ma propre consommation gratuitement ? La quantité est-elle limitée ?			
27	C'est la même chose pour le charbon de bois ?			
Renouvellement des essences végétales dans les villes sénégalaises				
28	Pensez-vous au renouvellement des essences actuelles de la ville ?			
29	Comment se fera-t-il ?			
30	Combien de plants produisez-vous par année ?			
31	Travaillez-vous avec la commune pour la production de plants ?			
32	Sur quels critères choisissiez-vous les essences plantées ?			
Une gestion coordonnée et participative du végétal en ville : un enjeu majeur pour les pays en développement				
33	Quelles sont les missions confiées à la ville pour la gestion de la végétation ?			
34	Depuis quand cette compétence est-elle transférée et pose-t-elle des problèmes ?			
35	Pourquoi la place de l'indépendance n'est toujours pas aménagée ?			
36	Les habitants adhèrent-ils aux projets de reboisement et de création d'espaces verts dans leurs quartiers ?			
37	Informez-vous les associations de quartier dans le cadre d'un projet ?			
38	L'entretien des espaces verts entre-il dans vos budgets ?			

39	Combien coûte un arbre en moyenne à la ville ?			
La fonction économique de la végétation urbaine (produits végétaux) : principale source financière pour certains citadins des quartiers notamment populaires				
<u>Horticulture</u>				
40	Où avez-vous appris le métier d'horticulteur ?			
41	Quelles sont les espèces que vous avez ?			
42	Quelles plantes sont les plus vendues et qui les achète ?			
43	Pourquoi la population autochtone n'achète pas les plantes ?			
44	Vous expliquez aux acheteurs comment faire pour bien gérer les plantes une fois chez eux ?			
45	La vente de plantes ornementales marche-t-elle bien ?			
46	Rencontrez-vous des difficultés ?			
<u>Vente de bois de chauffage, de charbon de bois et autres produits végétaux</u>				
47	Quel est le bois de chauffage le plus utilisé actuellement ?			
48	Vous prenez où le bois ?			
49	Combien coûte le bois de chauffage et comment vous calculez la quantité ?			
50	Tout le monde peut vendre du bois ou il faut un permis ?			
51	Il arrive des fois que le bois manque totalement dans la ville ?			
52	Vous vendez du charbon de bois ?			
53	Quel est le commerce le plus fructueux entre le charbon et le bois ?			
L'agriculture urbaine et périurbaine sous pression au Sénégal (l'étalement urbain) et l'enjeu de l'approvisionnement des villes ?				
54	Avez-vous été formé en jardinage ?			
55	Quels sont les légumes cultivés ?			
56	Où vendez-vous vos productions ? Combien coûte un plant en moyenne ?			
57	Comment se fait l'acquisition des parcelles ?			
58	Vous venez travailler combien de fois dans la journée ?			
59	Où trouvez-vous les semences et utilisez-vous de l'engrais ?			

60	Quels problèmes rencontrez-vous ?			
61	Arrivez-vous à satisfaire les demandes en légumes et fruits du marché ?			
62	Il y a combien de plants au total ?			
63	Quelles sont les objectifs de ce centre de formation agricole ?			
64	Après cette formation y a-t-il une possibilité de poursuivre les études dans ce domaine ?			
65	Comment les espèces cultivées sont sélectionnées ?			
66	Assurez-vous également la partie recherche ?			
67	Que pensez-vous de l'évolution croissante des jardins dans la forêt ?			
Technique de désalinisation des bas-fonds (Rizières) et les initiatives de reboisements de la mangrove				
68	Que faites-vous sur ces parcelles salinisées ?			
69	Avec quelle eau arrosez-vous parce que tout est salé autour ?			
70	Que faites-vous pour stopper l'avancé du sel ?			
71	Comment procédez-vous pour désaliniser ?			
72	Quel traitement faites-vous sur le sol salinisé avant de le cultiver ?			
73	Depuis combien d'année ces parcelles ne sont pas cultivées ?			
74	Quel est le rôle des mangroves dans le processus de désalinisation ?			
75	Il y a des structures communales ou étatiques qui participent au reboisement ?			
76	Pourquoi les gens de ton quartier ne participent pas aux reboisements parce qu'ils sont les premiers concernés par la salinisation des terres ?			
77	Qu'est-ce-qui est à l'origine de la disparition des forêts de mangrove ?			

1.4 Données et retranscription des entretiens

L'information peut être recueillie sur différents types de supports (audio, texte et vidéo), en groupe ou en individuel, à distance ou en présentiel, en une ou plusieurs langues. Ici, les supports des entretiens sont principalement sous format audio. Nous avons utilisé le portable pour enregistrer les entretiens sous l'accord des interlocuteurs. Par ailleurs, certains interviewés ont refusé qu'on enregistre les entretiens soit parce qu'ils n'ont pas l'autorisation de leurs supérieurs hiérarchiques soit à cause de la méfiance de l'inconnu. On s'est alors contenté de prendre des notes (sur papier) pour ces entretiens. La prise de note lors d'un entretien est moins efficace car elle fait perdre beaucoup d'informations. En effet, les personnes enquêtées manquent souvent de temps surtout quand ils sont sur leurs lieux de travail comme ça a été le cas pour bon nombre des acteurs rencontrés. En plus, ils ne laissent pas le temps nécessaire pour traduire automatiquement des langues vernaculaires sénégalaises vers le français afin d'écrire la réponse en entier sans biaiser les propos de la personne. Ceci dit, nous avons essayé de tirer le plus d'information de ces entretiens. Heureusement, la grande majorité des entretiens sont sous format audio. L'entretien se fait individuellement et en présentiel. Les lieux d'entretiens sont divers : maison, lieu de travail (bureaux, ateliers de vente de bois et de charbon, jardins maraichers...), lieu de détente (jardin public et parc), dans la rue, les maisons et les concessions etc. Les $\frac{3}{4}$ des entretiens se sont déroulés en langues vernaculaires notamment en wolof et en mandingue et seulement $\frac{1}{4}$ des interviewés se sont exprimés en français. La particularité des entretiens de la ville de Ziguinchor est qu'ils se sont quasiment déroulés en français à l'exception de quelques personnes qui se sont exprimées en mandingue. Contrairement à Touba où les entretiens se sont exclusivement passés en wolof à l'exception des entretiens passés avec les agents municipaux.

La retranscription est la première étape de l'analyse du contenu, elle permet de lister les informations recueillies et de les mettre sous forme texte appelé « verbatim » pour qu'elles soient directement accessibles à l'analyse (Auerbach & Silverstein, 2003). Cette phase de retranscription précède celle de la traduction pour les entretiens réalisés en langues vernaculaires ou locales. C'est-à-dire, la personne interviewée parle soit en wolof soit en mandingue et je me charge de la traduction en français. La retranscription consiste à noter mot par mot tout ce que dit l'interviewé, sans aucune modification, interprétation ou abréviation de la réponse (Andreani & Conchon, 2005). Elle se fait manuellement (Silverman, 1999). Pour nos entretiens sous format audio, nous avons suivi la même procédure, une première phase de traduction des entretiens des langues locales (wolof et mandingue) vers le français. Et une deuxième et dernière phase dans laquelle les entretiens sont retranscrits et enregistrés en format texte pour les besoins des traitements sémantiques et informatiques. C'est une étape assez délicate parce qu'on cherche à tout prix de ne pas trahir ni déformer les propos recueillis lors des entretiens.

2. Préparation des entretiens

Ci-dessous, nous présentons les mises en forme du corpus pour traitement sous les logiciels Lexico⁷⁶ développé par André Salem et Nvivo par QSR International⁷⁷ de même que les différentes opérations d'analyse que nous venons d'énumérer.

2.1 Mise en forme du corpus

L'étape prioritaire de la mise en forme du texte est son balisage qui est différent d'un logiciel à l'autre. Le balisage permet d'analyser et de comparer entre elles les différentes partitions réunies dans un même corpus (Salem, 1986) afin de faire émerger et de comprendre les différentes idées et les préoccupations qui sont exprimées lors des entretiens (Marega, 2016). De ce fait, on a créé des balises pour délimiter le texte en unités comparables qui sont des clés de lecture permettant d'analyser tout le corpus ou des parties spécifiques de celui-ci.

Les balises introduites dans le corpus pour Lexico reprennent les localisations (lieux de l'enquête), les catégories socio-professionnelles et les âges des personnes interviewées. Une quatrième balise a été rajouté, il s'agit du numéro attribué aux entretiens. Ainsi les variables (Fig. : 158) choisies pour partitionner le corpus sont les suivantes :

- acteurs : les catégories professionnelles des personnes rencontrées (fabricant de charbon de bois, ingénieur des eaux et forêts, chef départemental des eaux et forêts, agriculteur, conseiller municipal, etc.) ;
- âge : correspond à la tranche d'âge des enquêtés, ancien (plus de 60 ans), adulte (de 35 à 60) et jeune (moins de 35 ans) ;
- numéro d'entretien ;
- localités : les localités où les enquêtes ont été menés.

<Entretien=1>,<Localisation=Ziguinchor_Escale>,<Acteur=Colonel-Eaux-forets>,<Age=adulte>

\$ Ces dernières années nous assistons à un recul considérable de la ressource végétale à Ziguinchor mais c'est un constat valable pour l'ensemble de la Casamance. La couverture végétale s'est fortement dégradée pendant ces années à Ziguinchor à cause notamment de la forte urbanisation et du développement des zones de cultures qui ont entraîné le défrichement des espaces végétalisés périphériques.

Figure 158 : Extrait du corpus mis en forme pour traitement sous lexico

Après cette phase de balisage, nous avons cherché à diviser le texte en paragraphes. Pour se faire, nous avons placé devant chacun des paragraphes le caractère \$. La première étape de l'exploration textométrique est constituée par la segmentation du corpus textuel en unités qui serviront de base aux décomptes ultérieurs des occurrences (Salem, 1986). Cette segmentation consiste à diviser le texte en formes graphiques que sont les mots et de générer un tableau présentant les caractéristiques du corpus (le nombre d'occurrences, de formes,

⁷⁶ Lexico 5 disponible sur www.lexi-co.com/

⁷⁷ Site Nvivo : [Logiciel NVivo pour la recherche qualitative | NVivo \(qsrinternational.com\)](http://Logiciel NVivo pour la recherche qualitative | NVivo (qsrinternational.com))

d'hapax...) pour chaque variable (Houesse, 2021). Exemple pour la variable localité (Tableau 35), le corpus rassemble au total 24755 occurrences, 3695 formes de mots différents et 1946 hapax.

Tableau 35 : Fréquences des mots prononcés lors des entretiens en fonction des localités

	N	Partie	Occurrences	Formes	Hapax	Fmax	Forme	Occurrences
✓	1	Dakar_Fann_résidence	1210	497	333	54	les	
✓	2	Dakar_Mbao	1035	465	323	55	de	
✓	3	Dakar_Medina	1186	469	304	80	de	
✓	4	Dakar_Pikine	1113	404	244	41	de	
✓	5	Dakar_Pikine_Ouest	432	249	181	21	de	
✓	6	Dakar_Place_Indépendance	283	162	123	20	de	
✓	7	Dakar_Place_Obélisque	915	356	214	26	les	
✓	8	Tambacounda_Abattoir	2563	819	492	111	de	
✓	9	Tambacounda_HLM	473	239	152	17	les	
✓	10	Tambacounda_Liberte	2059	763	518	116	de	
✓	11	Touba_Baléne	946	367	235	38	de	
✓	12	Touba_Mosquee	903	410	297	46	de	
✓	13	Ziguinchor_Colobane	5815	1442	830	234	de	
✓	14	Ziguinchor_Escale	4250	1197	731	215	de	
✓	15	Ziguinchor_Goumel	1572	591	392	85	de	
	T	Corpus	24755	3695	1946	1153	de	

Sous *Nvivo*, la balise est composée du prénom et du numéro d'entretien de l'interviewé par exemple ***Ibrahima 5*** (Fig. : 159) plus simple que sous *Lexico*.

Ibrahima 5

Pour le traitement des maladies, nous utilisons les feuilles des manguiers pour soigner le tétanos et l'hypertension, le fruit et les feuilles du citronnier pour la digestion et pour nettoyer le sang. Les feuilles de la goyave sont généralement utilisées contre les maux de ventre et celles du corossol contre la tension aussi. Par exemple le mode d'emploi des feuilles de manguiers contre l'hypertension est le suivant : il faut bouillir 5 litres d'eau avec les feuilles et patienter jusqu'à ce qu'il reste 2 litres. Le laisser se refroidir et après le boire.

Figure 159 : Extrait du corpus mis en forme pour traitement sous *Nvivo*

Cette organisation permet de retrouver sans grande difficulté le discours de la personne dans le corpus général. Ensuite, des valeurs ont été créées et reliées à chaque interlocuteur. Ces valeurs sont constituées du métier de l'enquêté, son âge, de la date, du type et du numéro de l'entretien. La figure 160 montre qu'Ibrahima F. est plus intervenu sur les types d'utilisation de la végétation que sur les autres thèmes ainsi que les différentes valeurs qui lui sont attribuées.

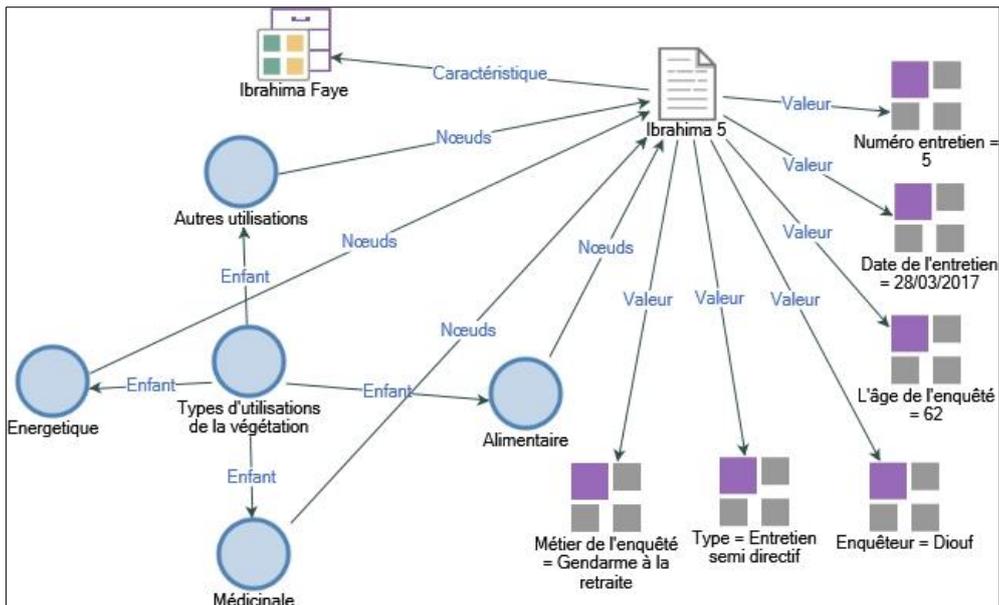


Figure 160 : Caractéristiques et participation de l'enquête dans les thèmes abordés

Nous avons segmenté le corpus en nœuds⁷⁸ correspondant à des changements manifestes de thèmes ou d'idées lors de l'entretien. Malgré sa subjectivité, la segmentation des entretiens par nœuds thématiques (Fig. : 161) a facilité les traitements et les analyses des résultats obtenus. Elle s'est aussi révélée très utile pour comparer les discours.

Elus						
Elus			0	0	03/07/2019	1
Gestion transversale du végétal en ville			7	14	05/07/2019	1 M
L'entretien des espaces verts est-il aussi cher			1	2	05/07/2019	1 M
Le transfert des compétences pose-t-il problème aux communes			6	10	05/07/2019	1 M
Les missions de la commune dans le cadre de la gestion de la végétation			6	10	05/07/2019	1 M
Le végétal dans les politiques communales			0	0	03/07/2019	1 M
Financements des projets d'aménagements végétaux			4	4	03/07/2019	1 M
Problèmes causés par la végétation			4	6	03/07/2019	1 M

Figure 161 : Exemple d'organisation des nœuds

Nvivo possède un ensemble d'outils de requêtes permettant d'examiner les données textuelles qui ont été réparties dans les nœuds thématiques. Les outils de requêtes utilisés dans ce mémoire sont la requête de similarité de discours, la requête des fréquences de mots sous forme de nuage de mots et la requête de recherche textuelle. C'est un logiciel assez performant pour les traitements qualitatifs d'un corpus textuel.

⁷⁸ Nœuds : Un nœud est un ensemble de références sur un thème, un lieu, une personne ou tout autre sujet particulier

3. Les analyses textométriques

Après les phases de traduction et de retranscription, nous avons rassemblé l'ensemble des discours qui constitue notre corpus textuel à analyser. Ce corpus textuel est alors soumis à des traitements textométriques afin de mettre facilement en évidence les variations dans les discours qui peuvent parfois être perçues explicitement et de détecter les informations utiles qui auraient pu échapper à la vigilance du chercheur (Marega *et al.*, 2013 ; Marega & Mering, 2018).

Plusieurs opérations d'analyse telles que l'analyse des fréquences, l'analyse factorielle des correspondances, l'analyse des spécificités et l'analyse contextuelle ont permis d'analyser et de comparer les discours de nos différents interlocuteurs concernant la problématique de la vulnérabilité et des usages de la végétation en villes sénégalaises. Ainsi, cette démarche de recherche de sens (Paillé & Mucchielli, 2003) a globalement permis de mieux appréhender les perceptions et les représentations qu'ont les populations sur les changements socio-environnementaux dont ceux des paysages végétaux urbains.

3.1 Analyse factorielle des discours selon les catégories socio-professionnelles des enquêtés : regroupement par similarité des discours

Nous avons effectué une requête de similarité des discours sous *Nvivo* pour l'ensemble des entretiens recueillis et organisés en nœuds thématiques. Cette recherche de similarité dans les discours est basée sur les catégories socio-professionnelles (les métiers des enquêtés) de nos interlocuteurs. Ainsi, la requête de similarité a fait ressortir (Fig. : 162), d'une part, une répartition en trois groupes des discours et, d'autre part, des acteurs aux profils socio-professionnels hétérogènes à l'intérieur d'un même groupe.

Pour expliquer le regroupement par similarité de discours des membres du groupe 1, nous nous sommes intéressés aux profils comme mentionné plus haut. Cependant, la tranche d'âge des membres a également attiré notre attention. En effet, les membres de ce groupe 1 sont majoritairement des jeunes ayant une tranche d'âge comprise entre 17 et 30 ans (Fig. : 162). La fonction récréative/détente des paysages végétaux en ville semble être le fil conducteur des discours dans ce premier groupe. Il regroupe principalement des étudiants, des lycéens, un maraicher, une femme au foyer et un coiffeur. Ces jeunes sont ceux qui fréquentent le plus les parcs et les jardins publics et s'activent au niveau local à travers les associations de quartiers pour la protection de l'environnement et lors des journées de reboisements.

Le deuxième groupe rassemble également des acteurs aux profils très différents (Fig. : 163) : maraichère, fleuriste, vendeur de bois de chauffage, fabricant du charbon de bois, agriculteur, commerçant, femme au foyer, responsable de l'association Océanuim... Les discours des membres de ce second groupe sont plus ou moins orientés vers les usages de la

végétation (alimentaires, médicinaux et énergétiques) par les sociétés urbaines et les choix de la place des arbres dans le tissu urbain.

En fin, le groupe 3 réunit les personnes ressources ou acteurs décideurs (Fig. : 162) tels que l'ingénieur des eaux et forêts, le chargé des espaces verts de Dakar, l'adjoint au maire de la ville de Tambacounda, le conseiller municipal de la ville de Ziguinchor etc. Les discours des membres de ce groupe 3 se fédèrent autour des thèmes comme la déclinaison des politiques environnementales au niveau communal, la gestion durable, la protection et la sauvegarde de la végétation en ville.

Pour confirmer et éventuellement rectifier le regroupement par similarité de discours réalisé sous Nvivo, un autre logiciel (Lexico) a été utilisé pour faire de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) permettant de montrer les similarités et les divergences dans les discours des acteurs. L'AFC se fait à partir d'un tableau à double entrée, croissant en ligne les formes (mots) les plus fréquemment utilisées, et en colonne les parties du corpus comme définies par une clé-balise. À l'intersection de la ligne et de la colonne, on obtient des représentations synthétiques portant à la fois sur les distances calculées entre les textes et celles que l'on peut calculer entre les unités textuelles qui les composent (Salem, 1982 ; Marega, 2016 et Houesse, 2021). Cette méthode d'analyse statistique a permis de montrer sur le premier plan factoriel les ressemblances et les dissemblances dans les discours des acteurs selon leurs catégories socio-professionnelles. Ainsi, la figure 163 révèle globalement des résultats identiques à ceux du regroupement par similarité de discours obtenus sous Nvivo notamment pour le groupe 3 qui réunit les acteurs décideurs. Dans ce groupe, seul le président du jardin bio des femmes de Tambacounda tient un discours différent des autres. On peut également observer sur la figure 163 que l'agriculteur (groupe 2) et un sans emploi (groupe 1) ont les discours les plus divergents. On remarque aussi que quelques acteurs du groupe 2 (responsable Océanuim, vendeur bois de chauffage, fleuriste etc.) ont basculé dans le groupe 1. Dans les lignes suivantes, il s'agira de calculer les fréquences des mots les plus employés dans ces discours et ayant un intérêt particulier pour les thèmes étudiés dans cette thèse.

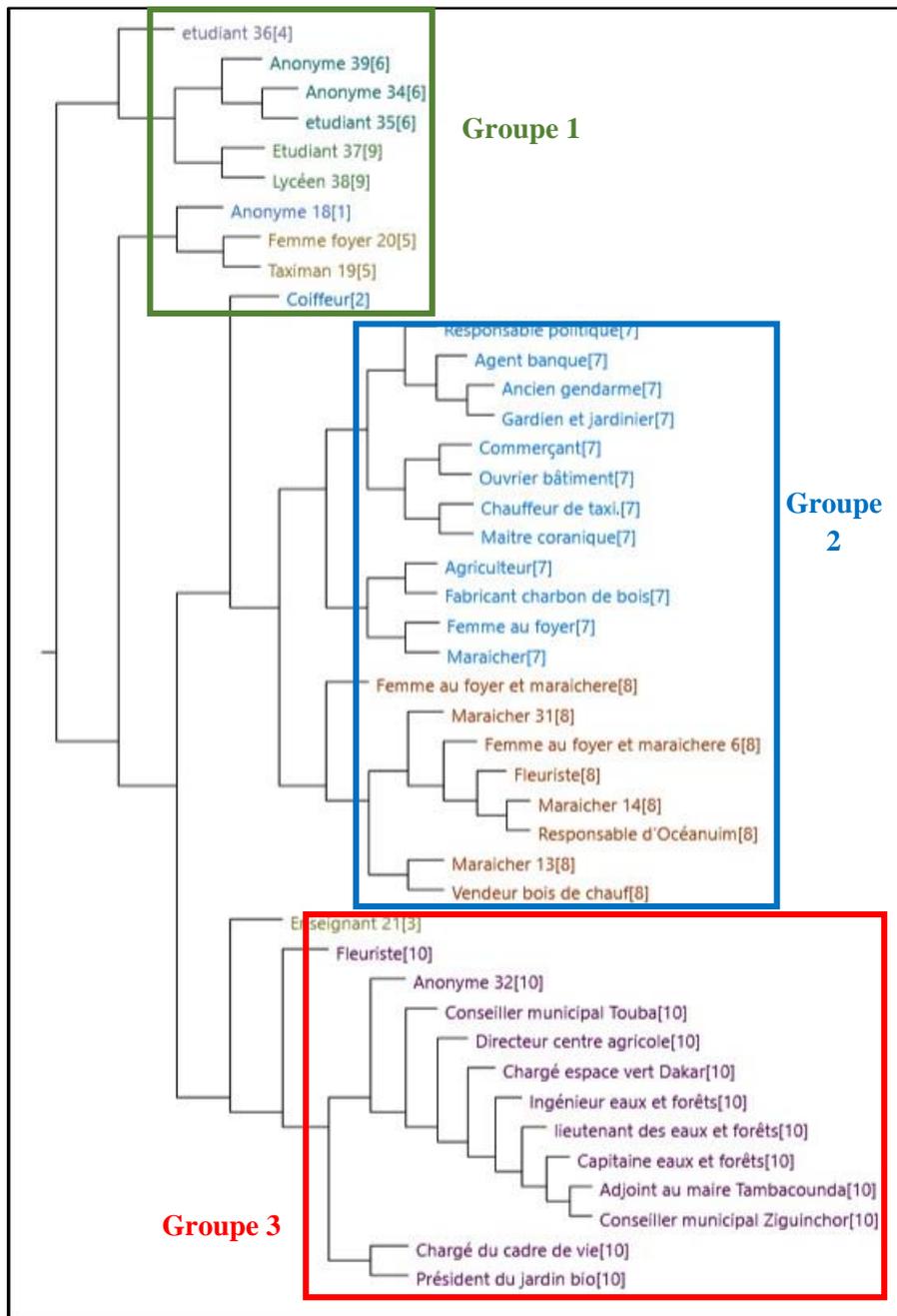


Figure 162 : Regroupement par similarité de discours (Nvivo)

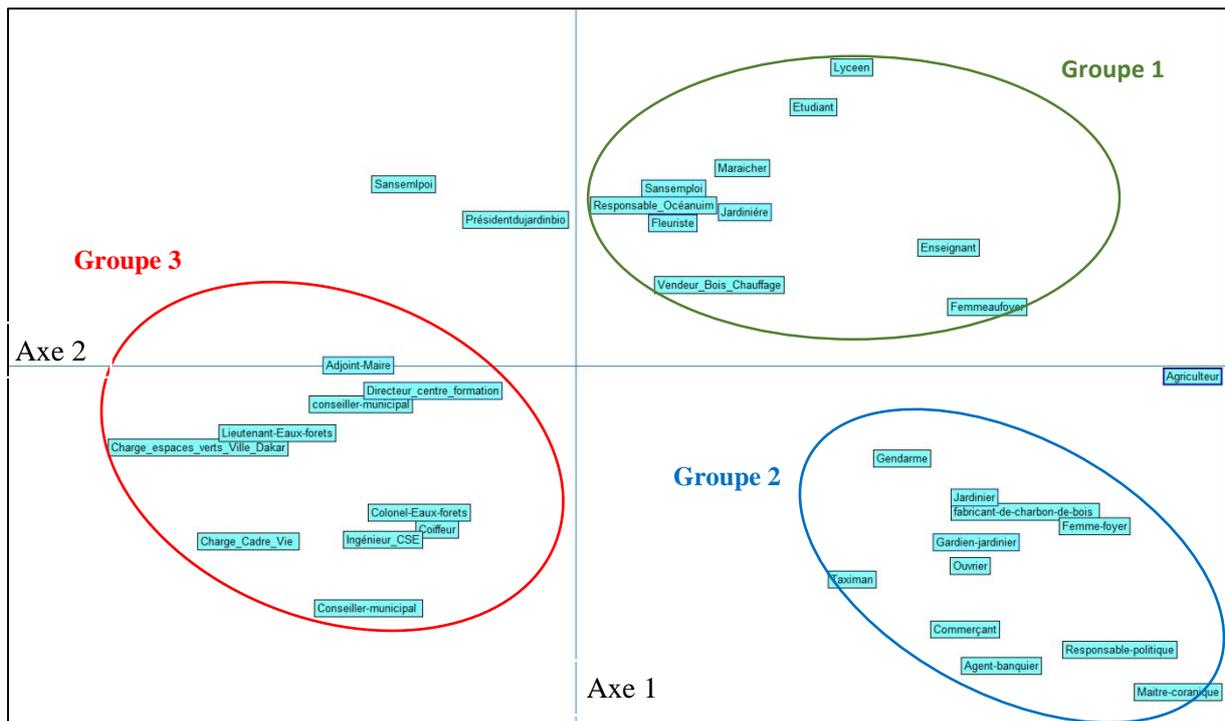


Figure 163 : Analyse factorielle des correspondances (AFC) sur les discours des acteurs selon leurs profils socio-professionnels

3.2 L'Analyse des fréquences de mots

L'étude de la fréquence absolue ou relative d'un mot dans du corpus général ou une partie (segment) permet d'identifier les mots fréquemment utilisés par nos locuteurs renvoyant à des thématiques, à des pratiques et à des représentations intéressantes à explorer. Ils doivent avoir une fréquence suffisante pour en étudier la distribution (Lebart et Salem, 1994).

Tableau 36: Fréquences d'utilisation des mots les plus utilisés du corpus général par ordre décroissant

Formes (ordre lexicographique)	Fréquence		
de	1153	une	171
la	758	mais	166
les	714	Je	159
et	596	ne	145
des	589	Nous	142
le	446	sont	142
à	368	avec	138
pour	337	plus	131
a	301	on	120
que	298	parce	117
qui	256	Il	110
nous	253	aussi	103
pas	250	par	102
il	238	arbres	99
un	232	au	93
dans	220	bois	91
du	207	très	90
est	190	se	88
y	185	ce	81
c'est	183	beaucoup	80
en	181	sur	80
je	181	ville	79
		tout	76

Le tableau (36) ci-dessus montre les fréquences d'utilisation des formes (mots) du corpus général par ordre décroissant. Les mots les plus employés sont « *de* » qui est revenu 1153 fois, suivi de « *la* » utilisé 758 fois et de « *les* », 714 fois. Les mots qui ont un sens par rapport aux thèmes étudiés apparaissent progressivement dans la liste. Le premier d'entre eux est le mot « *arbres* » utilisé 99 fois renvoyant aux différents usages (alimentaires, médicaux et énergétiques) que les sociétés urbaines en font. Des mots montrant plus explicitement les usages des arbres sont aussi employés, « *bois* », « *feuilles* », « *fruits* », « *charbon* », « *racines* » et « *écorce* » sont respectivement utilisés 91 fois, 58 fois, 39 fois, 26 fois, 18 fois et 14 fois. D'autres mots présentant un intérêt thématique tels que *végétation* 61 fois, *jardin* 48 fois, *maraichage* 18 fois, *environnement* 14 fois, *reboisement* 13 fois sont également dans la liste. Après avoir, d'une part, évalué l'intérêt de ces mots dans cette étude et, d'autre part, vérifié leur niveau de fréquence, on a analysé leur distribution en s'intéressant à leur contexte d'utilisation par localité, par tranche d'âge et par catégories socio-professionnelles.

L'analyse des fréquences ainsi réalisée a ensuite été complétée par une requête de fréquence de mots sous forme de nuage de mots à l'aide du logiciel *Nvivo*. L'index hiérarchique des fréquences sous Lexico a facilité le choix du nombre minimum de caractères a indiqué dans les paramètres pour un bon ciblage des mots ayant un intérêt thématique. Ainsi, la longueur minimum des mots est de six caractères et la requête doit mettre en évidence jusqu'aux 100 premiers mots les plus fréquemment utilisés du corpus. Nous obtenons après requête, la liste des 100 mots (Fig. : 164) les plus employés visualisée en nuage de mots pour faciliter l'interprétation et l'analyse des résultats. L'avantage du nuage de mots est qu'il permet de visualiser simultanément l'ensemble des mots clés de l'étude qui apparaissent en tailles différentes. La fréquence du mot dans le corpus général est déterminée par la taille de celui-ci, plus un mot est employé dans le corpus, plus il apparaît en gros sur le nuage de mots.

Trois formes lexicales occupent respectivement les trois premières places (Fig. : 164) : *arbres*, *beaucoup* et *végétation*. Cependant, la forme lexicale *beaucoup* a été mise de côté parce que n'ayant pas de sens particulier et n'apporte pas d'information supplémentaire par rapport à la thématique étudiée. Les autres formes lexicales ***végétation*** et ***arbres*** sont les plus fréquentes dans les discours témoignant ainsi de l'importance de la végétation en général et en particulier des arbres dans le quotidien des sociétés urbaines sénégalaises. Avant de voir dans quels contextes ces deux formes lexicales ont été utilisées, nous tenons à les définir en reprenant les définitions dictionnaires Larousse :

Végétation : l'ensemble des plantes, des formations végétales qui peuplent un même lieu.

Arbre : végétal vivace, ligneux, rameux atteignant au moins 7 m de hauteur et ne portant une branche durable qu'à une certaine distance du sol.

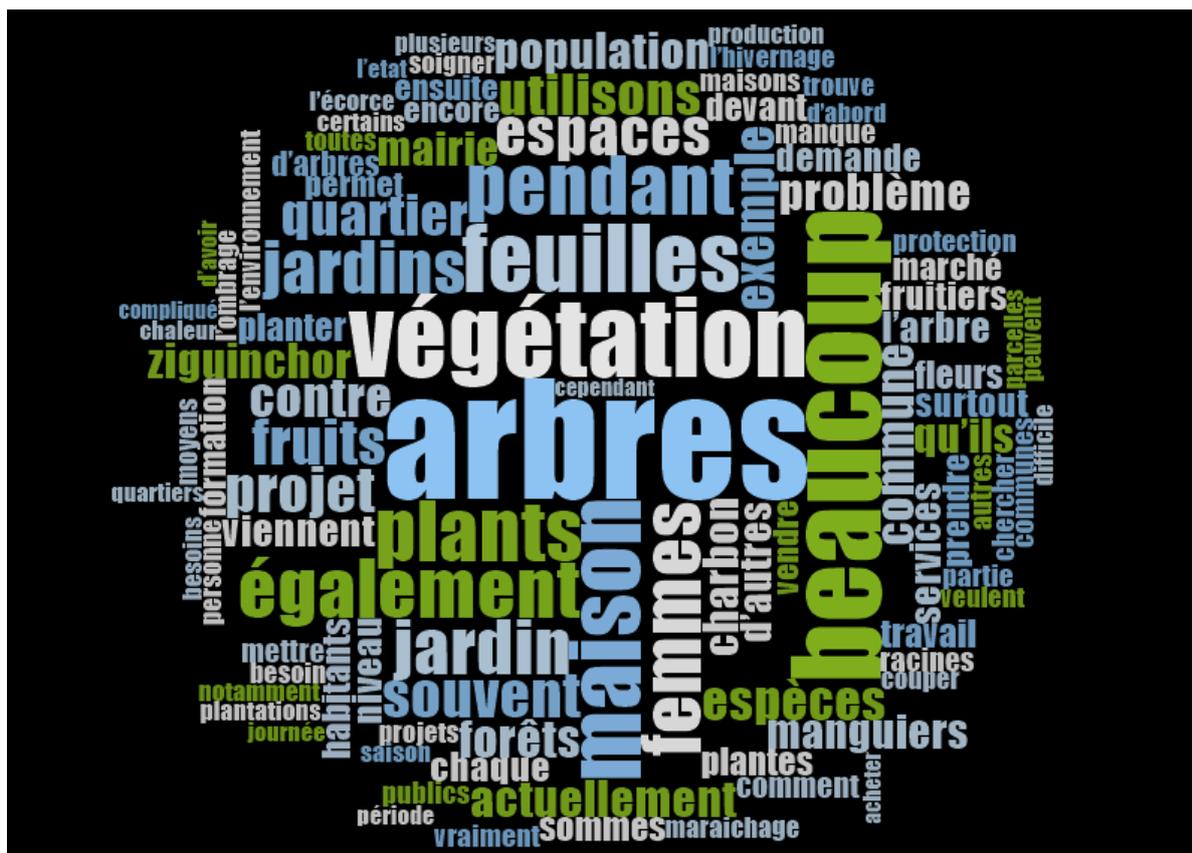


Figure 164 : Les 100 mots les plus employés d'une longueur de 6 lettres

3.3 Emplois contextuels / concordances des termes clés : végétation et arbres

Une forme lexicale peut avoir plusieurs significations en fonction de son contexte d'utilisation, de la localité et des catégories d'acteurs (profils socio-professionnels, l'âge) d'où l'intérêt d'analyser le contexte dans lequel elle est employée. Cette recherche contextuelle peut se faire de manière automatisée sur l'ensemble du corpus ou sur un segment de celui-ci. Une requête de recherche textuelle a été réalisée pour les formes lexicales **arbres** et **végétation** (Fig. : 165 et 166). Les résultats révèlent des contextes d'utilisation orientés vers les services et les usages des arbres (en vert), les difficultés liées à la présence et à l'entretien des arbres (en rouge), à la diversité floristique en milieu urbain (en jaune) et la protection et préservation de la végétation (en gris) dont quelques extraits apparaissent sur les figures 167 et 168. Vous trouverez en annexes 2 et 3 l'intégralité des contextes dans lesquels ces deux termes ont été utilisés par localité (l'agglomération dakaraise et les villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda).

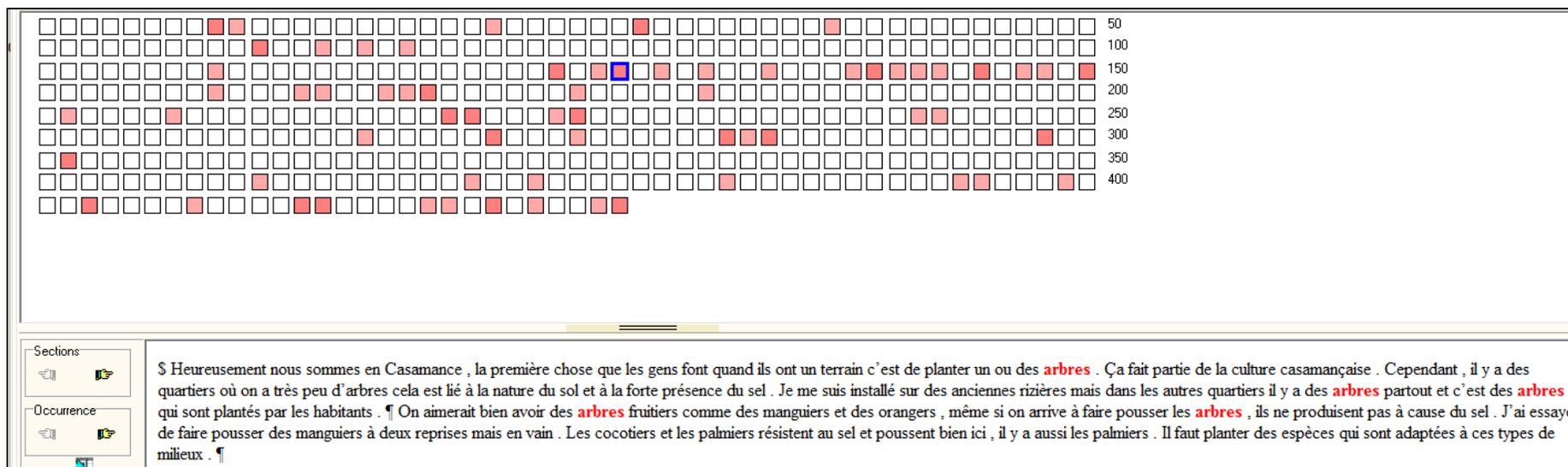


Figure 165 : Répartition de la forme « arbres » dans la carte des sections

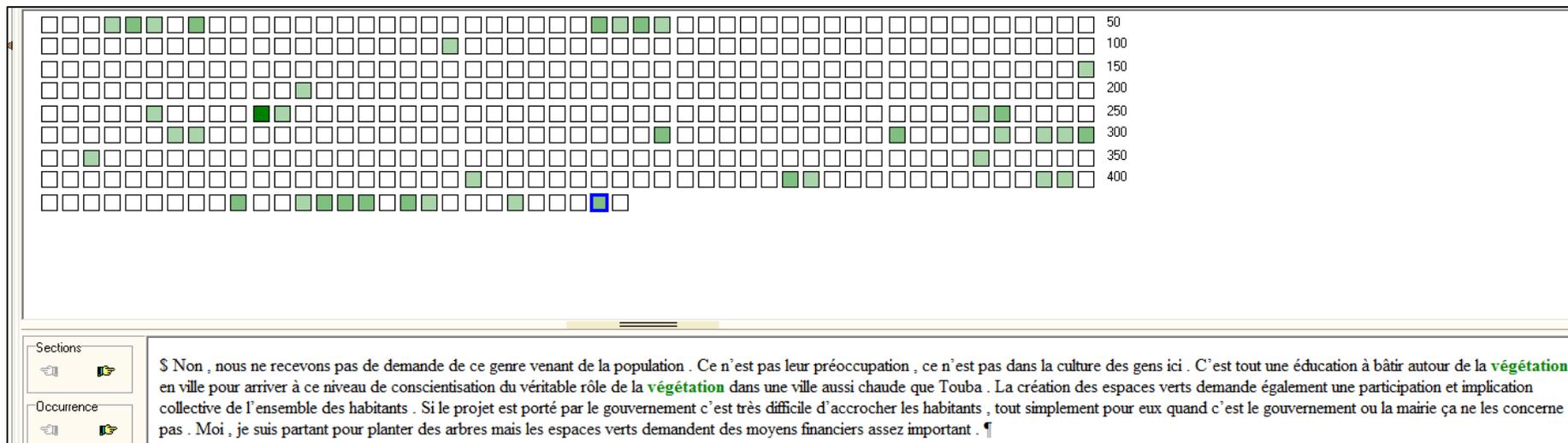


Figure 166 : Répartition sur la forme « végétation » dans la carte des sections

la végétation , les gens ont besoins de quoi au niveau des	arbres	, par exemple du charbon, du bois de chauffage, des piqués
parle de besoins, il s'agit aussi des prélèvements sur les	arbres	comme les fruits, les écorces, les feuilles et les racines
Sinon nous utilisons beaucoup les feuilles de certains	arbres	comme le Baobab, le Nebedaye et les feuilles de Manioc
contre le ruissellement de l'eau de pluie c'est de planter des	arbres	notamment sur les grandes artères de la ville cela permettra
d'alignements en collaboration avec les communes. ¶ § Les	arbres	participent bien à l'embellissement de la ville, ils permettent
spontanée etc. outre l'embellissement de la ville, les	arbres	purifient l'air en absorbant le CO2, ils nous fournissent de
se sont des fleurs ornementales du genre flamboyant. Les	arbres	fruitiers nous les avons payés chez les services des eaux et
a même chose. Et pour cela il va falloir revoir le prix des	arbres	fruitiers dans les pépinières. ¶ § Sur le code forestier il
¶ § Nous avons déjà commencé le travail , à Touba 95 % des	arbres	sont des acacias , c'est pour cela avec le projet « Touba ville
a ville verte » , nous avons décidé d'intégrer au projet des	arbres	fruitiers qui sont au nombre de 9 000 et des dattiers (400)
à sa manière. Les plus communes font l'entourage des	arbres	par des grilles, des briques de ciments et des bambous. ¶
Les étudiants dans les vacances se mobilisent pour planter	arbres	dans les quartiers. Nous avons un projet de reboisement des
des coupes d'arbres en pleine ville. Des gens abattent les	arbres	pour alimenter leurs animaux. C'est des arbres qui sont dans
§ Le principal problème dans l'entretien est l'arrosage des	arbres	et l'accès à l'eau mais avec le projet nous disposent de trois
maisons à cause des vents forts . Les racines de certains	arbres	ressortent et entraînent des dégâts notamment des fissures
qui n'était vraiment pas pour parce qu'ils disaient que les	arbres	pouvaient réduire la visibilité sur la route. Nous avons retenu
§ C'est mon travail, dès fois je coupe directement les	arbres	quand j'ai une autorisation des services des eaux et forêt

Figure 167 : Exemple de concordance sur la forme lexicale arbres du corpus général

à plus de 2000 habitants . Par voie de conséquence , la	végétation	a régressé à cause de la forte urbanisation de la ville . C'est
problème ici à Dakar est le manque d'entretien de la	végétation	vous faites bien la remarque si vous passez par la corniche
espace pour s'épanouir . La ville s'étend au détriment de la	végétation	, c'est l'une des principales conséquences d'une ville. En
promenades en jardin . ¶ § Je prête beaucoup attention à la	végétation	parce que les arbres sont mon fonds de commerce , s'il y a
que l'on peut en tirer . ¶ § Tout le monde sait que la	végétation	crée un microclimat ceci est très important dans les villes
période pendant laquelle le vent souffle assez fort ici , la	végétation	sert de protection et de brise vent durant ces périodes
un environnement aussi pollué que Dakar , la présence de	végétation	comme les Niayes est primordiale . ¶ ¶ , , ¶ § Je m'appelle
quand on cherche un cadre de vie idéal . Esthétiquement , la	végétation	ajoute une valeur à la maison . La végétation joue également
arbres qui ont résisté . ¶ § Cette légère augmentation de la	végétation	en zone urbaine est due à une volonté de la population de
Et , avec l'agrandissement de la ville la densité de la	végétation	s'accroît. Nous avons aussi fait des plantations d'alignement
on à suivre notre politique de l'arbre ¶ § Nous donnons à la	végétation	tout son importance mais vous savez il y a des priorités
période de chaleur il serait impossible de rester ici . La	végétation	permet de dissimuler l'hostilité de la zone sahélienne . ¶ §
des gens ici . C'est tout une éducation à bâtir autour de la	végétation	en ville pour arriver à ce niveau de conscientisation véritable
à ce niveau de conscientisation du véritable rôle de la	végétation	dans une ville aussi chaude que Touba . La création des

Figure 168 : Exemple de concordances sur la forme lexicale végétation⁷⁹

⁷⁹ Légende des figures 167 et 168 :

Les inconvénients de la présence des arbres et de la végétation en ville

Les avantages de la présence des arbres et de la végétation en ville

Politiques et gestion de l'arbre urbain

Initiatives de reboisement et de conscientisation autour de l'utilité de l'arbre en milieu urbain

3.4 L'analyse des spécificités

« Les spécificités permettent de comparer les fréquences d'emploi d'un même terme entre différentes parties du corpus en se référant à un modèle théorique d'équirépartition de ce terme entre les diverses parties. L'analyse des spécificités permet de trouver une forme ou une expression sur-employée (spécificité positive) ou sous-employée (spécificité négative) dans le corpus qui renvoie aux préoccupations particulières des locuteurs » (Marega, 2016).

Une analyse des spécificités des termes *végétation* et *arbres* (Fig. : 169) basée sur les catégories socio-professionnelles des acteurs a été réalisée. Il ressort de cette analyse, sept spécificités positives du terme « *arbres* » employé par le coiffeur, le conseiller municipal (deux fois), l'enseignant, le fabricant de charbon de bois, le gardien-jardinier et le taximan. Contre huit spécificités négatives du même terme « *arbres* » utilisé par l'adjoint au maire de la ville de Tambacounda, le chargé des espaces verts de la ville de Dakar, le directeur du centre de formation de l'agriculture de Mbao, la jardinière, le maraicher, le responsable d'Océanuim et le vendeur de bois de chauffage.

On peut également observer quatre spécificités positives d'emploi du terme « *végétation* » par le colonel des eaux et forêts de Ziguinchor, le conseiller municipal, l'ingénieur du centre de suivi écologique de Dakar et le responsable politique qui s'oppose à quatre spécificités négatives de la même forme « *végétation* » par le conseiller municipal, le fleuriste, le maraicher et le vendeur du bois de chauffage.

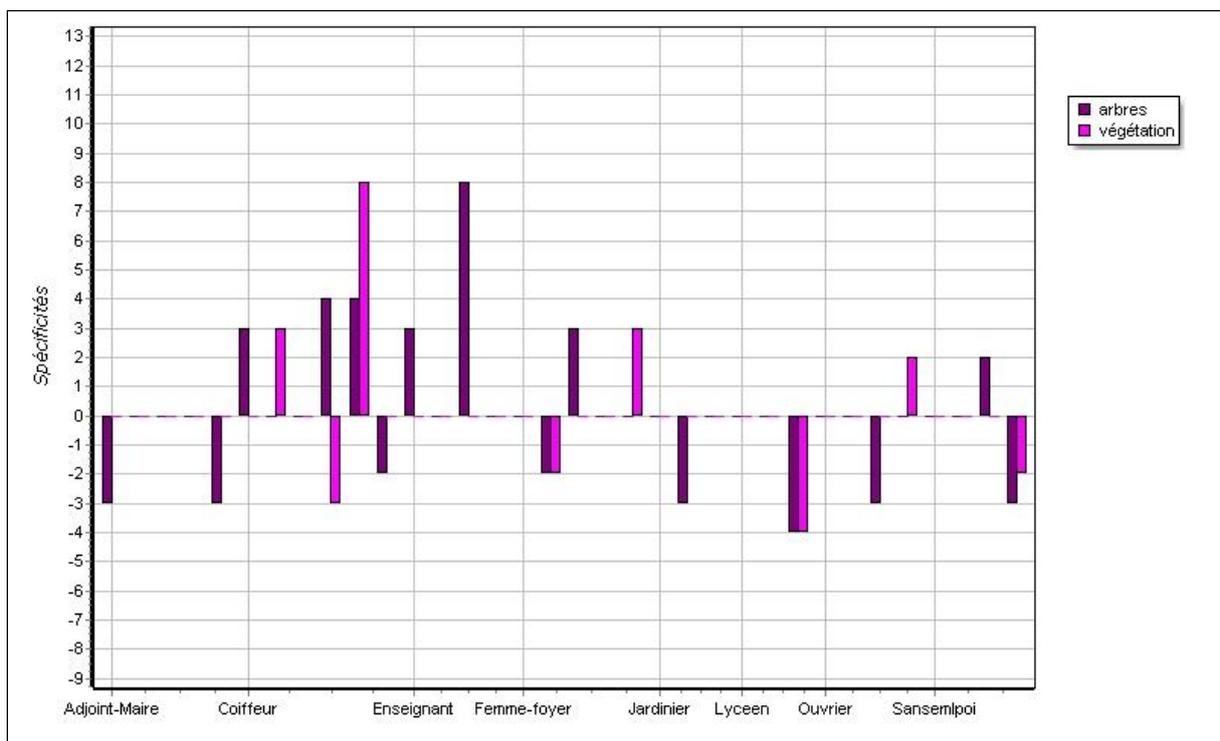


Figure 169 : Spécificités des termes *arbres* et *végétation* employés par les acteurs

Une analyse des spécificités des formes lexicales renvoyant aux usages alimentaires, médicaux et énergétiques des arbres par les habitants de l'agglomération dakaroise et des villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda a été également réalisée. Cette analyse (Fig. : 170) montre deux spécificités positives et une spécificité négative d'emploi du terme

« *charbon* », une spécificité positive du terme « *racines* », trois spécificités positives et trois spécificités négatives du mot « *feuilles* », sept spécificités positives du mot « *fruits* » et enfin trois spécificités positives du terme « *l'écorce* ».

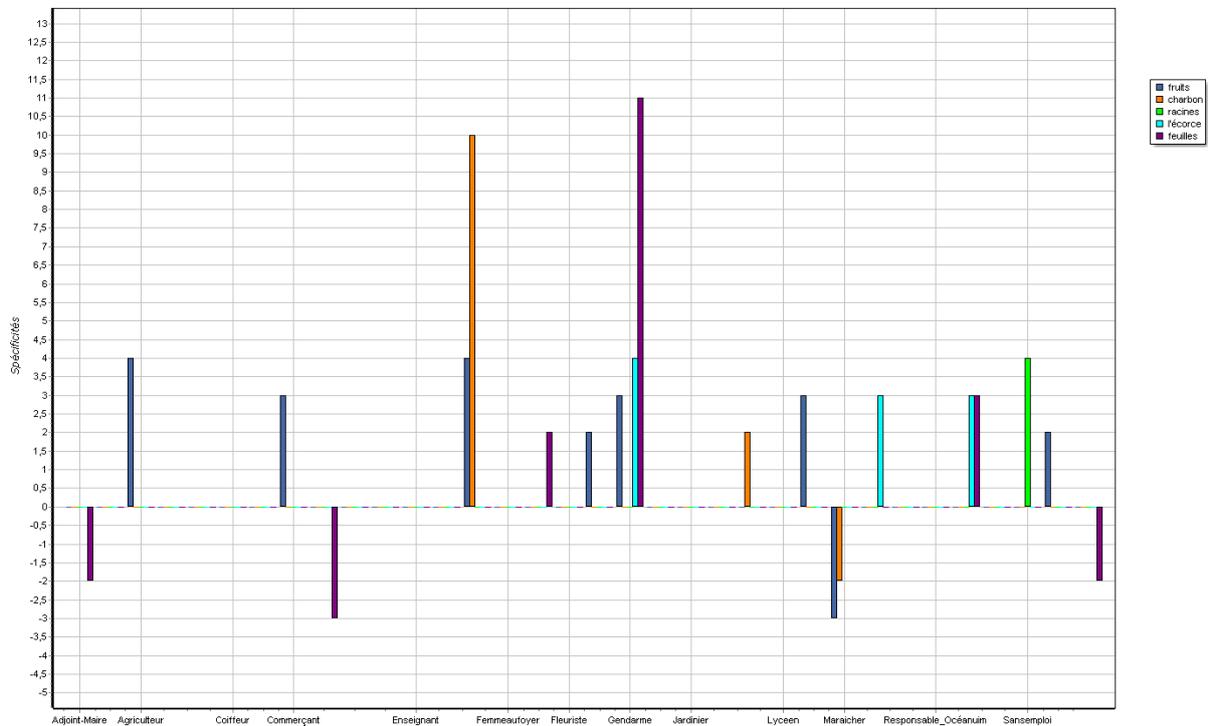


Figure 170 : Spécificités des termes fruits, charbon, racines, l'écorce et feuilles employés par les habitants

Les méthodes d'analyse textométrique appliquées sur le corpus des entretiens devraient permettre de mieux cerner les perceptions et les représentations des habitants sur les changements affectant le végétal et sur les usages de celui-ci en milieu urbain. Elles sont ensuite combinées à des analyses de contenu pour mieux exploiter les informations collectées dans les villes d'étude. L'analyse de contenu du corpus sera faite par des thèmes organisés dans deux chapitres. Le chapitre (9) mettra en avant la différenciation socio-spatiale des pratiques et des usages de la végétation dans l'agglomération dakaroise et dans les villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda autour des thèmes suivants : approvisionnement en bois-énergie (charbon de bois et bois mort) – la flore médicinale en ville – apports alimentaires des végétaux disséminés dans le tissu urbain – la difficile résistance de l'agriculture urbaine et périurbaine. Et, le chapitre (10) aura pour objectif d'étudier sous forme de thème le rôle de la présence des végétaux dans l'atténuation de la température (îlot de chaleur urbain) et dans la gestion des eaux de ruissellement pluviales en milieu urbain sahélo-soudanien (villes d'étude).

Chapitre 9 : La végétation en ville sénégalaise : différenciation socio-spatiale des pratiques et des usages

L'analyse qualitative des entretiens comme annoncé à la fin du précédent chapitre a permis de dresser la liste des biens et des services fournis par la végétation dans les villes d'étude, au-delà des avantages écologiques et esthétiques qu'on lui confère le plus généralement en termes d'aménagement urbain.

En effet, la ressource végétale est utilisée par les sociétés urbaines pour satisfaire principalement les besoins en bois-énergie, en pharmacopée traditionnelle, en alimentation et en biens culturels, plus immatériels. Cette diversité des usages et des services est d'autant plus remarquable que la végétation est une ressource renouvelable sur laquelle une part importante du fonctionnement de l'organisme urbain doit pouvoir compter. Il n'en reste pas moins que la croissance rapide de la population urbaine et la forte extension spatiale des villes (vues dans les deux premières parties) créent une forte pression sur la ressource végétale, de nature différente suivant les usages. Par ailleurs, il faut souligner le rôle joué par les nouveaux urbains qui, pour la plupart, ont conservé leur mode de vie rural en ville, les ressources végétales occupent une place importante.

Une requête d'encodage matriciel permettant de comparer les discours des habitants sur les différents usages de la végétation a été effectuée pour l'agglomération dakaroise, et les villes de Touba et de Ziguinchor (Fig. : 171). Les discours de personnes provenant de la ville de Tambacounda n'apparaissent pas dans les résultats de cette requête pourtant ils ont été incorporés dans la requête de la même manière que les autres. Il ressort de la requête que l'ensemble des personnes enquêtées utilisent les ressources alimentaires fournies par la végétation urbaine, ces usages alimentaires sont plus accentués dans les quartiers populaires. Seulement 3 des 11 interviewés disent ne pas utiliser de bois-énergie pour leurs besoins énergétiques domestiques, les deux premiers habitent dans l'agglomération dakaroise et le troisième à Ziguinchor. Dans l'agglomération dakaroise le charbon de bois est particulièrement utilisé. À Touba et Ziguinchor, les habitants disent alterner bois de chauffe et charbon de bois. La figure 171 montre également que 8 des 11 sélectionnés par la requête emploient des espèces végétales à des fins médicamenteuses. Cependant, Astou N. de l'agglomération dakaroise, Modou G. et Saliou G. de la ville de Touba disent ne pas les utiliser. Les autres types d'utilisation de la végétation n'ont été mentionnés que par Ibrahima F. dans la ville de Ziguinchor, ce qui ne veut pas dire que chez les autres enquêtés, la végétation n'est pas utilisée dans le cadre des autres utilisations citées précédemment.

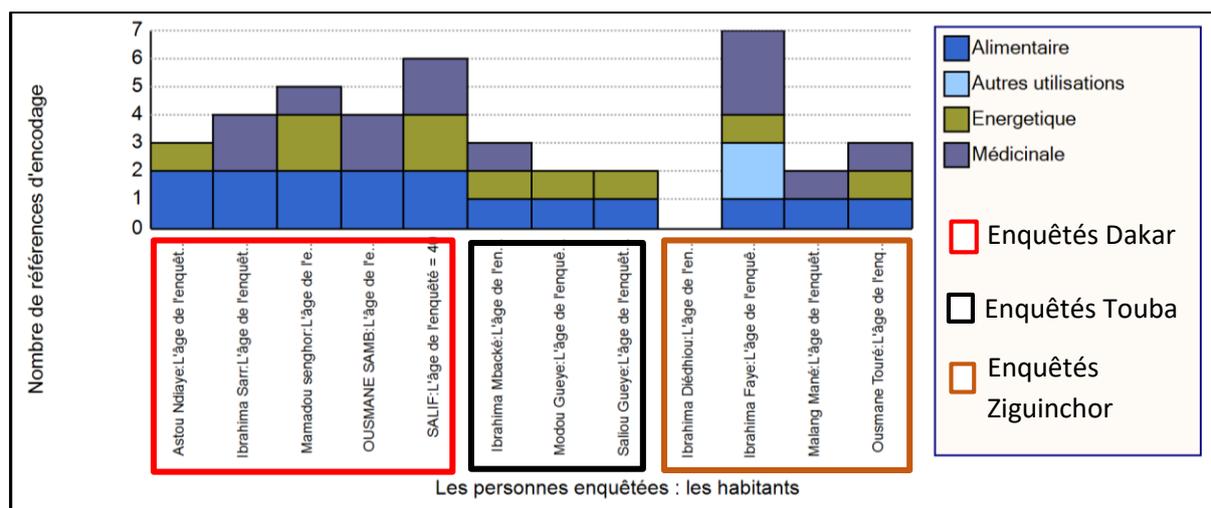


Figure 171 : Les différents types d'utilisations de la végétation par les citoyens à Dakar, Touba et Ziguinchor

1. La demande urbaine en bois-énergie : approvisionnement local et approvisionnement lointain

Le gradient bioclimatique détermine une partition entre les villes sahéliennes – Dakar et Touba – et les villes soudano-guinéennes – Ziguinchor et Tambacounda. À Dakar et, dans une moindre mesure, à Touba (1.1), en raison d'une ressource moins abondante localement, mais aussi dans les régions rurales alentour, l'approvisionnement est essentiellement lointain, en provenance des régions rurales sous forme de charbon de bois et repose accessoirement sur le prélèvement de bois sec ou mort. Certaines branches peuvent être coupées sans qu'il s'agisse de bois mort ce qui peut faire dépérir les arbres ainsi amputés. L'atteinte à la végétation urbaine semble donc limitée, mais la ressource est plus fragile. L'impact de la consommation urbaine, surtout s'agissant de Dakar, agglomération de plus de 3,7 millions d'habitants est considérable à l'échelle nationale. À Ziguinchor et à Tambacounda (1.2), la ressource est localement plus abondante et les prélèvements – plutôt sous forme de bois de chauffe – sont plutôt locaux. L'impact sur la végétation urbaine et en périphérie proche est plus direct.

1.1 Approvisionnement lointain (en dehors de l'aire urbaine) en bois énergie de l'agglomération dakaroise et de la ville de Touba

Au Sénégal, près de 70% de la population utilise la biomasse végétale comme énergie pour leurs activités de cuisson et de chauffage (Ehemba, 2006). En effet, les combustibles provenant des ligneux (bois de chauffe et charbon de bois) assurent plus de la moitié des besoins domestiques en énergie des ménages du pays. Lors des entretiens effectués dans le cadre de cette thèse au niveau des villes d'étude, plus des trois-quarts des personnes enquêtées utilisent soit du charbon de bois soit du bois de chauffage pour satisfaire leurs besoins énergétiques quotidiens. Les régions rurales ne sont pas les seules concernées, mais aussi, de façon de plus en plus forte les régions urbaines. Par ailleurs, l'exploitation du bois de chauffe et du charbon de bois est assez souvent occultée lorsqu'il s'agit de citer les usages des

formations végétales et les facteurs pouvant expliquer l'évolution et l'état de celles-ci en milieu urbain et périurbain proche.

Ces besoins en bois-énergie sont différents d'une ville à l'autre. Dans l'agglomération dakaroise, les besoins sont plutôt tournés vers le charbon de bois en raison des difficultés de stockage du bois de chauffe. Le manque d'espace dans les maisons surtout dans les quartiers populaires, l'absence ou l'éloignement des espaces de prélèvement (forêt, bois urbain ou délaissé urbain) du bois de chauffe et un mode de vie plus citadin (Berlureau *et al.*, 1981) expliqueraient ces difficultés. Selon Girot (1994), le charbon avait presque éliminé le bois des utilisations domestiques à Dakar et la quantité moyenne de charbon consommée par jour et par ménage a atteint 4 kg. Ce constat de Girot se confirme toujours parce que lors de nos visites de terrain, nous avons bien remarqué que le charbon est massivement utilisé par les dakarois. On n'a pas eu l'occasion de voir quelqu'un préparer avec du bois y compris dans les quartiers populaires visités.

« Nous utilisons que le charbon de bois pour la préparation des repas. J'ai une bouteille de gaz vide dans la cuisine mais le gaz est devenu trop cher pour moi. »

Entretien avec Salif C., ouvrier dans le bâtiment à Dakar, le 05/04/2018.

« Nous utilisons le bois mort comme source d'énergie. Je ne sais pas d'où provient le bois mais nous payons 500 CFA le tas. Nous achetons du charbon de bois pour faire du thé ou chauffer du café Touba. »

Entretien avec Saliou G., commerçant à Touba, le 10/08/2018.

La plupart des consommateurs ne savent pas d'où provient le bois et le charbon qu'ils consomment comme en témoigne Saliou G. montrant ainsi qu'à Touba l'approvisionnement se fait en dehors de l'aire urbaine, parfois loin. Même s'il existe localement le ramassage du bois mort par les habitants les plus modestes, de nos jours, l'approvisionnement en bois-énergie des villes sénégalaises dont l'agglomération dakaroise et la ville de Touba est principalement assuré par les zones rurales, notamment celles de la Casamance et du Sénégal Oriental.

Auparavant, quatre grandes régions assuraient l'approvisionnement du pays en bois-énergie : le Fleuve, la Casamance, le Sénégal Oriental et le Sine Saloum (Berlureau *et al.*, 1981). Cependant, les variations climatiques de ces dernières décennies (la récurrence d'années sèches dans les trois dernières décennies du XX^e siècle), à la mise en réserve naturelle ou en forêt classée notamment dans le Sine Saloum et aux contrôles renforcés des agents des Eaux et Forêts, les productions de certaines régions ont chuté. La Casamance continue d'être l'un des principaux fournisseurs en bois-énergie de l'agglomération dakaroise, avec comme souligné plus haut ces plus de 3,7 millions d'habitants, qui est de loin la principale région consommatrice. Lors des événements religieux comme le grand *Magal*, la consommation en bois-énergie augmente exponentiellement dans la ville de Touba. Durant cette période, la consommation en bois de chauffe peut largement dépasser celle de l'agglomération dakaroise.

Selon le rapport annuel de la DEFCCS⁸⁰ (2013), la production du charbon de bois est passée de 57 947 tonnes en 2010 à 74 749 tonnes en 2011, soit une augmentation de 29% et le prélèvement du bois de chauffe a connu une hausse de 17% car passant de 107 145 stères en 2010 à 126 127 stères en 2011. Quatre ans plus tard (Fig. : 172), la production du charbon de bois a presque doublé pour atteindre 250 000 tonnes en 2015 et la consommation du bois de chauffe a aussi plus que triplé (428 536 stères) d'après les quantités déclarées auprès des services des Eaux et Forêts (ANSD, 2018).

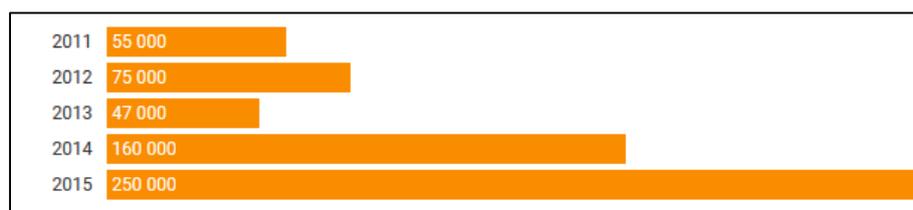


Figure 172 : Production de charbon de bois entre 2011 et 2015 (en tonnes). Source : ANSD, 2018

Cette forte demande en bois-énergie va sûrement encore croître dans les années à venir en raison de l'augmentation de la population accentuant la pression déjà existante sur la ressource végétale des villes d'étude. Certaines personnes s'adonnent à des coupes abusives même en ville et d'autres n'hésitent pas à se tourner vers des espèces, jusque-là, épargnées par les usages énergétiques comme les manguiers et les Anacardiés.

« J'ai reçu des propositions de gens qui veulent que je leur vende mes vieux manguiers. Ils vont se charger de l'abattage à la transformation en charbon. Ils prendront 50 % de la recette et les 50 % restant me reviendront... »

Entretien avec Ibrahima D., agriculteur à Ziguinchor, le 01/04/2017.

« L'arbre le plus utilisé actuellement pour des besoins énergétiques est le manguiers ... et l'anacardier dont le bois est aussi recherché à cause de son alcoolisme. »

Entretien avec Ibrahima F., gendarme à la retraite à Ziguinchor, le 28/03/2017.

Les espèces végétales utilisées comme bois-énergie sont différentes d'une ville à l'autre et changent dans le temps. Pour l'agglomération dakaroise et la ville de Touba, il n'existe pas d'espèces végétales privilégiées en raison de ses qualités énergétiques parce que leurs flores locales ne couvrent d'une infime partie de la demande en bois-énergie. Ces deux agglomérations (les plus peuplées du Sénégal) sont cependant les principaux foyers de consommation du bois-énergie, par conséquent les principales destinations des productions provenant des autres régions d'où la grande diversité des espèces végétales utilisées. La plupart de ces espèces végétales sont absentes voire très peu fréquentes de la flore locale de l'agglomération dakaroise et de la ville de Touba.

⁸⁰ Direction des Eaux, Forêts, Chasses et de la Conservation des Sols

Pour s'approvisionner, des permis sont délivrés par l'organisme d'exploitation forestière (OEF) agréé par la Direction des Eaux et Forêts, Chasse et de la Conservation des Sols (DEFCCS) aux exploitants forestiers possédant une carte professionnelle et un quota annuel de production et de commercialisation du bois de chauffe et du charbon. En dehors des exploitants forestiers, cinq autres catégories d'opérateurs interviennent dans la filière : les charbonniers, les transporteurs, les rabatteurs (ceux que l'on appelle coxeurs au Sénégal), les grossistes et les détaillants (Giro, 1994) rendant ainsi le contrôle de la filière très difficile. Les détaillants sont généralement des « *diallos keurigne* », c'est-à-dire des vendeurs de charbon de bois, souvent d'origine guinéenne et possédant des parcs à charbon de fortune éparpillés dans les quartiers (Ehemba, 2006). Les « *diallos keurigne* » sont plus nombreux dans l'agglomération dakaroise, dans les autres villes se sont essentiellement des boutiquiers (sénégalais, guinéen et mauritanien) qui se chargent de la vente du charbon.

1.2 Approvisionnement local en bois énergie dans l'aire urbaine de Ziguinchor et de Tambacounda

À l'inverse, les ménages de Ziguinchor et de Tambacounda utilisent principalement le bois de chauffe pour préparer les trois repas journaliers. On y utilise cependant du charbon de bois pour faire du thé, pour le repassage ou occasionnellement pour chauffer les chambres en période de froid. Ceci dit, le charbon est quotidiennement utilisé par les ménages les plus aisés. Au Sénégal, la préparation d'un repas, surtout celui du déjeuner, peut durer 3 à 4 heures pendant lesquelles le combustible ligneux est mobilisé en grande quantité, si l'on globalise à l'ensemble des foyers. Il pourrait, à ce propos, être envisagé de revoir les habitudes et les méthodes de préparation, en incitant la population à raccourcir leur temps de cuisson et à utiliser des techniques plus économiques en bois-énergie et plus écologiques. Cela permettrait de diminuer la quantité de combustibles ligneux utilisée par les ménages.

Certains ménages des classes populaires dans ces deux villes n'ont pas les moyens financiers pour s'approvisionner quotidiennement en charbon. Dans ces conditions, les femmes s'adonnent au ramassage du bois mort à la périphérie proche des villes, assurant cette corvée quotidiennement ou tous les deux ou trois jours, souvent en rentrant des travaux maraichers ou en réservant une après-midi toute entière pour effectuer la collecte.

« Nous utilisons du bois de chauffe ... les femmes ramassent tous les bois secs des arbres que nous trouvons dans la forêt. »

Entretien avec Ibrahima F., gendarme à la retraite à Ziguinchor, le 28/03/2017



« Il y a plusieurs prix, chaque tas de bois de chauffe (Fig. : 173) coûte 500 CFA, il y en a d'autres à 1500 ou 2000 CFA. »

Entretien avec Mbaye N., vendeur de bois de chauffage, de bois mort et de piquets à Ziguinchor, le 30/03/2017.

Figure 173 : Bois de chauffe en vente à Ziguinchor (Cliché : Diouf, 2017).

Les besoins en combustibles ligneux sont chiffrés à 200kg/hbt/an dans les régions du centre et du nord. Au Sénégal oriental et en Casamance, la consommation en bois-énergie est même chiffrée autour de 340kg/hbt/an (Giro, 1994), mais ces chiffres à l'échelle régionale, assez anciens, masquent mal l'augmentation des consommations urbaines. L'abondance et la proximité de la ressource, les choix tournés vers le bois-énergie pour des raisons financières pourraient justifier les consommations qui sont plus élevées au sud qu'au nord. L'accroissement des besoins en bois-énergie, consécutif à la croissance démographique déjà souligné a, en effet, entraîné une accélération des prélèvements sur les formations végétales incluses dans l'espace urbain ou en périphérie immédiate de la ville. Les formations végétales à Ziguinchor comme à Tambacounda arrivent cependant, pour l'instant, encore à répondre aux besoins en combustible ligneux, mais jusqu'à quand ?

« Il y a le commerce du bois et du charbon de bois qui ont également eu un impact néfaste sur le couvert végétal. »

Entretien avec Ma Samba N., chef du secteur départemental des Eaux et Forêts de Ziguinchor, le 28/03/2017.

« Il y a les besoins des habitants qui viennent augmenter le rythme de régression de la végétation... par exemple du charbon, du bois de chauffe... »

Entretien avec le lieutenant des Eaux et Forêts de la région de Ziguinchor, M. D., le 28/03/2017.

Les prélèvements effectués directement par les habitants se font principalement dans l'aire urbaine de Ziguinchor et de Tambacounda. À Ziguinchor, c'est la forêt qui entoure la ville qui assure l'essentiel de ces prélèvements, au même endroit, on trouve également des vergers qui fournissent aussi du bois. À Tambacounda se sont les buissons à la périphérie de la ville qui alimentent les besoins en bois des habitants. Le charbon et le bois sec vendus dans ces villes proviennent souvent des végétaux de l'aire urbaine mais l'intensité des prélèvements a

été tellement importante qu'il faut maintenant s'éloigner pour s'approvisionner. Ceci étant, l'exploitation du charbon de bois et du bois de chauffe a donc des effets néfastes sur l'état du couvert végétal urbain et sur la biodiversité végétale en ville, même à Ziguinchor où le climat est plus favorable au développement de la végétation ligneuse, d'après les deux agents des Eaux et Forêts. Évaluer l'impact réel de ces prélèvements n'est cependant pas facile à faire, face à la faiblesse des contrôles liée au manque de moyens et à la clandestinité des pratiques.

Les espèces végétales disposant de caractéristiques énergétiques recherchées par les habitants sont les plus exposées. L'explosion de la demande, d'une part, et le peu de contrôle, d'autre part, engendrent la surexploitation de certaines d'entre elles jusqu'à conduire à leur nette régression. Ainsi qu'en est-il de *Pterocarpus erinaceus* (Vène) qui a d'ailleurs été inscrit à la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction de Washington (convention de Washington⁸¹). Cela sera-t-il suffisant pour lutter contre son trafic, très intense en Casamance et en Gambie, où il commence à se faire rare (entretien, 2017).

« Nous arrivons à contrôler le commerce du bois et du charbon transitant par le bateau vers Dakar, pendant le commerce vers la Gambie est plus difficile à contrôler. »

Entretien avec Ma Samba N., chef du secteur départemental des Eaux et Forêts de Ziguinchor, le 28/03/2017.

« ...Il n'y a plus de bois de Vène dans la zone de la commune de Ziguinchor, de là jusqu'à la frontière avec la Guinée et jusqu'à Bignona. Même à la frontière avec la Gambie, je ne pense pas qu'il existe encore de bois de Vène. »

Entretien avec Mbaye N., vendeur de bois de chauffage, de bois mort et de piquets à Ziguinchor, le 30/03/2017.

À Ziguinchor, deux espèces locales sont principalement exploitées par les habitants pour satisfaire les besoins énergétiques, l'un venu d'Amérique, l'Anacardier (*Anacardium occidentale*), l'autre venu d'Asie, le Manguier (*Mangifera indica*), tous deux présents dans le tissu urbain et dans des vergers à la périphérie. À priori, la principale fonction de ces deux espèces est fondée sur la consommation des fruits - mangues, noix de cajou, mais celles-ci demandent pour être consommées une opération peu évidente d'extraction de sa gangue - ou des faux fruits - pommes de cajou à la fois pour l'apport nutritionnel pour les familles et pour la commercialisation. Cependant, la disparition ou la raréfaction des espèces végétales prisées pour leur bois, a poussé certains habitants à exploiter souvent clandestinement les anacardiens et les manguiers situés à l'intérieur de la ville (Fig. : 174).

⁸¹ CITES ou convention de Washington : est un accord international entre Etats. Elle a pour but de veiller à ce que le commerce international des spécimens d'animaux et de plantes sauvages ne menace pas la survie des espèces auxquelles ils appartiennent. <https://www.cites.org/fra/disc/what.php>

Pourtant, l'exploitation du charbon de bois et celle du bois de chauffe sont administrativement bien organisées et les autorités publiques et coutumières ont aussi pris conscience des conséquences de cette exploitation sur le couvert végétal local. C'est en ce sens que, en 2013, le ministère de l'Environnement avait décidé de réduire le nombre de permis d'exploitation (Sow⁸², 2018).



Etape 1 : Abattage d'un manguier (*mangifera indica*) à la périphérie de la ville ;
Etape 2 : Meule Casamance traditionnelle améliorée pour la transformation du bois en charbon ;
Etape 3 : Disparition de la biomasse ;
Etape 4 : Mise en sac du charbon, prêt à être commercialisé. Clichés : Diouf, 2017.

Figure 174 : Fabrication clandestine de charbon de bois selon la technique de la meule casamançaise à Colobane (Ziguinchor-ville)

⁸² Abdoulaye Sow : président de l'union nationale des coopératives des exploitants forestiers. <https://fr.africacheck.org/factsheets/fiche-dinfo-senegal-contribution-bois-a-leconomie/>

Ces permis ne couvrent évidemment pas les consommations et les productions personnelles ou familiales qui constituent sans doute les principaux prélèvements sur la biomasse végétale locale en milieu urbain.

« Il y a ce qu'on appelle le droit d'usage quand vous prélevez pour votre propre consommation (cuisson ou chauffage), ce droit est réservé exclusivement aux habitants de la localité... Même si vous n'êtes pas de la localité, vous pouvez bénéficier de ce droit tant que ça reste dans le cadre de la consommation personnelle... Maintenant, y a rien qui empêche d'aller chercher le bois de chauffage dans la forêt pour la commercialisation, mais il y a des taxes pour ça, le stère c'est 500 CFA... Un stère correspond à un chargement de charrette. »

Entretien avec le lieutenant des Eaux et Forêts de la région de Ziguinchor,
M. D., le 28/03/2017.

L'utilisation préférentielle en ville du charbon de bois dont le rendement pondéral est inférieur à 20 % à celui du bois, se traduit par un prélèvement de bois sur les ressources végétales trois fois plus important que celui d'un ménage rural consommant exclusivement du bois (Mbow, 1992). Pour obtenir le rendement pondéral, il faut faire le « rapport entre l'énergie calorifique potentielle du charbon produit et l'énergie calorifique potentielle du bois brut initial ». Selon Darboux (2011), le rendement obtenu dépend de « l'humidité du bois, de la température finale de carbonisation, de la qualification de l'opérateur et de l'appareillage utilisé ».

La filière du charbon de bois est plus réglementée que celle du bois de chauffe et les contrôles plus stricts, toujours d'après le lieutenant des Eaux et Forêts de la région de Ziguinchor.

« ... Ça dépend d'où vous voulez faire le charbon. Par exemple, si vous abattez un arbre dans votre maison et vous voulez faire du charbon avec le bois de cet arbre, vous faites d'abord une demande de coupe à la mairie, ensuite il faut formuler une autre demande de fabrication du charbon. Cela reste toujours dans le cadre de la consommation personnelle... Si c'est au niveau de la forêt urbaine... Vous faites une demande de coupe d'arbre, on se renseigne d'abord sur le motif de la coupe, peut-être il se trouve dans votre champ, vous suivez la même procédure... »

Entretien avec le lieutenant des Eaux et Forêts de la région de Ziguinchor,
M. D., le 28/03/2017.

En réalité, la production et la commercialisation du charbon de bois et du bois de chauffe sont loin d'être totalement contrôlées par les services compétents malgré l'arsenal de réglementation mis en place et inscrit dans le code forestier, notamment dans l'article L.14⁸³.

⁸³ Article L.14 : les droits d'usage des populations riveraines de forêts peuvent s'exercer, pour certains, sur des parcelles mises en exploitation, sans les exploitants puissent prétendre à compensation. Toutefois, la nature et la quantité de ces produits doivent être, au préalable, précisées dans le cahier des charges de l'exploitation.

Si certains semblent respecter les règles, d'autres trouvent les moyens d'intégrer le circuit de manière clandestine et frauduleuse.

« J'ai mon permis pour vendre du bois, il m'a été délivré par les services des Eaux et Forêts. Je paye également des taxes à la mairie, d'abord la taxe d'entrée dans la commune, ensuite il me donne un carnet avec lequel je dois payer chaque fin du mois. Cette taxe varie en fonction de la quantité de bois qu'on ramène. Cependant, les gens qui vendent chez eux ne payent pas toutes ces taxes. Mais, il n'y a rien pour les interdire. »

Entretien avec Mbaye N., vendeur de bois de chauffage, de bois mort et de piquets à Ziguinchor, le 30/03/2017.

Ce propos de Mbaye N. met en lumière une problématique récurrente, celle du contournement des instances de contrôle, même en pleine ville, comme à Ziguinchor où nous avons visité des ateliers clandestins de fabrication du charbon de bois. L'arbre est abattu et transformé sur place sans autorisation des autorités.

2. L'utilisation de la flore à des fins médicinales

Je reviens sur les emplois médicinaux des principales espèces végétales rencontrées dans les villes d'étude, en m'appuyant sur les entretiens et complétée par une recherche bibliographique. Comme cela a été souligné dès l'introduction générale, l'utilisation des plantes médicinales dans les systèmes de soins des habitants est différente d'une ville à l'autre. Si, dans l'agglomération dakaroise, les gens ont de plus en plus recours à la médecine hospitalière, dans les autres villes, la phytothérapie qu'elle soit traditionnelle ou non reste bien présente. Comme le suggèrent ces trois extraits des entretiens, la pratique se maintient, tout en étant globalement en recul :

« Pour se soigner, nous utilisons très rarement des racines et des feuilles d'arbres. Le plus souvent, nous partons à l'hôpital... Mais à Dakar c'est plus compliqué, déjà il faut trouver ces arbres ».

Entretien avec Mamadou S., jardinier dans les Niayes de Pikine ouest (Dakar), le 05/04/2018.

« Pour le traitement de certaines maladies, j'utilise le plus souvent les feuilles du Nebedaye (Moringa oleifera), ils soignent la mal digestion, luttent contre la tension et les maux de reins. C'est aussi un bon remède pour les enfants atteintes de fièvres et de bronchites ».

Entretien avec Ousmane T., jardinier à Ziguinchor, le 31/03/2017.

« Oui, je me soigne toujours avec les plantes pour diminuer mon taux de sucre et de sel. Pour faire baisser le taux de sel, les feuilles d'avocats sont très efficaces. Je vais aussi à l'hôpital pour suivre des traitements quand il le faut. Les connaissances sont très limitées en matière de traitement avec les plantes pour une grande majorité de la population ».

Entretien avec Ibrahima F., gendarme à la retraite à Ziguinchor, le 28/03/2017.

Les plantes notamment ligneuses utilisées dans la pharmacopée traditionnelle au niveau de nos villes d'étude sont principalement des espèces de la flore spontanée ou subsponnée, parfois tout de même il y a des espèces introduites pour les cultures ou pour l'ornementation (Kerharo & Adam, 1974).

En Afrique de l'Ouest en général et au Sénégal en particulier, l'usage pharmaceutique des plantes ligneuses locales entre dans le cadre de la médecine traditionnelle. Cette dernière est officiellement définie par l'OMS⁸⁴ comme étant « des pratiques, des méthodes, des savoirs et des croyances en matière de santé qui impliquent l'usage à des fins médicales de plantes, de parties d'animaux et de minéraux, de thérapies spirituelles, de techniques et d'exercices manuels – séparément ou en association – pour soigner, diagnostiquer et prévenir les maladies ou préserver la santé » (OMS, 2000).

Est-ce que les citoyens se fournissent directement au marché des plantes médicinales ? Se chargent-ils eux-mêmes des prélèvements sur les arbres ? Ont-ils le savoir pour le faire ? Quelles sont les conséquences sur le couvert végétal urbain ? Comment allient-ils médecine moderne et médecine traditionnelle ? Voilà un ensemble de questions auxquelles il faut apporter des réponses.

Il paraît loin le temps où Amadou Hampaté Ba disait dans la préface du livre de la grande ethnologue Germaine Dieterlen (*Textes sacrés d'Afrique Noire*) publié en 1965 « Essayer de comprendre l'Afrique et l'Africain sans l'apport des religions traditionnelles serait ouvrir une gigantesque armoire vidée de son contenu le plus précieux ». Aujourd'hui, vouloir comprendre la médecine traditionnelle en ignorant le milieu social, c'est-à-dire la classe et le niveau de vie des habitants, serait d'emblée se diriger vers un échec certain (Kerharo, 1975). En effet, le milieu social, ici urbain, est un facteur important à prendre en compte pour essayer de comprendre comment les citoyens sénégalais pratiquent la phytothérapie. L'hypothèse est que la phytothérapie se maintient surtout dans les quartiers populaires et dans les populations récemment arrivées des campagnes, alors qu'elle régresse au fur et à mesure dans les classes moyennes qui se constituent peu à peu dans les villes.

Signalons d'abord que la phytothérapie est une pratique très répandue en milieu rural à cause de l'accès limité à des soins de santé de qualité surtout des classes pauvres et grâce à la conservation des traditions phytothérapeutiques qui se transmettent oralement de génération en génération. Dans certaines familles rurales, l'essentiel des soins sont assurés par les plantes médicinales. Ainsi, on ne part au dispensaire qu'en dernier recours lorsque la médecine traditionnelle s'est révélée inefficace (Manzo, 1996).

Le schéma est différent en ville du fait de l'occidentalisation des modes de vie et grâce à une couverture médicale plus intense. Certes, les citoyens utilisent des plantes médicinales mais à des proportions différentes et les recours à celles-ci se font souvent à la fin ou en même temps que les traitements hospitaliers. Le plus souvent en ville, les habitants font recours aux herboristes qui connaissent les usages des substances médicinales d'origine essentiellement végétale et assurent leur vente à ceux qui en ont besoin (Konan, 2012). Par exemple, dans

⁸⁴ Organisation mondiale de la santé

l'agglomération dakaraise, ceux affirmant utiliser les plantes médicinales, ils disent se les procurer soit chez les herboristes et ils sont plus nombreux soit en effectuant eux-mêmes les prélèvements sur les arbres. La commercialisation des espèces médicinales dans l'agglomération dakaraise est principalement assurée par les hommes dans les marchés et le long du stade Iba-Mar-Diop (lutte traditionnelle) où des stands sont installés. On peut également rencontrer quelques marchands ambulants vendant des plantes médicinales.

« Nous utilisons le plus souvent l'écorce du *Khaya senegalensis*. Au marché, il y a un vieux qui vend les feuilles, l'écorce et les racines de plantes médicinales ».

Entretien avec Salif C., ouvrier dans le bâtiment à Dakar, le 05/04/2018.



Figure 175 : Chez un herboriste au marché de Tambacounda. Cliché : Diouf, 2018.

Dans les centres régionaux de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda, nous avons constaté que les habitants ont une certaine connaissance des plantes médicinales parce qu'ils ont gardé des pratiques médicinales traditionnelles à base de plantes. Fréquemment, ils font recours à la phytothérapie et ils se chargent personnellement pour la plupart des prélèvements en cas de besoin. On trouve aussi dans ces villes, des herboristes dans les marchés hebdomadaires (Fig. : 175).

2.1 Parties et organes des plantes ligneuses prélevés à des fins médicamenteuses

Toutes les parties des plantes médicinales (Fig. : 175) peuvent être mobilisées dans la pharmacopée traditionnelle mais certaines sont réputées plus efficaces que d'autres. Les feuilles, les racines, les écorces sont principalement utilisées par les habitants pour se soigner. Il existe plusieurs manières de se les administrer, elles peuvent être directement trempées dans l'eau tiède ou bouillante pendant un temps précis ou séchées puis moulues avant d'être utilisées (Sarr, 2012). Les racines sont utilisées car on leur attribue un pouvoir plus grand du fait que, cassées dans la terre, elles paraissent plus aptes à recueillir les principes salutaires puisés dans le sol. La récupération des racines est très délicate et son prélèvement intensif est

peut-être à l'origine de la disparition des espèces médicinales les plus recherchées. Parfois, plusieurs parties de la même plante sont utilisées pour traiter des maladies différentes ou une maladie peut être traitée par diverses plantes, ceci engendre également une pression sur ces espèces.

« L'acacia, les **feuilles** avec du citron et du sucre peuvent être utilisés pour traiter le paludisme...Le Dang (*Detaruim microcarpum*) est un antibiotique et les **racines** et les **écorces** sont efficaces contre les courbatures et les rhumatismes... Le Nététou (*Parkia biglobosa*), l'**écorce** est efficace contre la toux, il faut gratter l'**écorce**, la faire sécher et ensuite la transformer en poudre... Les **feuilles** du manguier contre l'hypertension... il faut bouillir 5 litres d'eau avec les **feuilles** et patienter jusqu'à qu'il reste 2 litres, le laisser se refroidir et après le boire ».

Entretien avec Ibrahima F., gendarme à la retraite à Ziguinchor, le 28/03/2017

« Nous utilisons le plus souvent l'écorce du *khaya senegalensis* pour le traitement de la tension. Les feuilles du papayer nous permettent de lutter contre les ballonnements et autres problèmes digestifs. »

Entretien avec Ibrahima S., Dakar.

« J'utilise les feuilles du *khaya senegalensis* pour soigner les maux de tête et les rhumatismes et l'écorce pour soigner les douleurs du ventre, diarrhées et plaies. Mais à Dakar c'est plus compliqué, déjà il faut trouver ces arbres. »

Entretien avec Mamadou S., maraicher des Niayes de Pikine.

Les parties des plantes ligneuses médicinales (Fig. : 176) qui reviennent le plus, après dépouillement des données d'entretien recueillies auprès des habitants des quatre villes d'étude sont principalement les feuilles avec 42,4 %, suivies par les écorces avec 30,3 %, viennent ensuite les racines avec 15,2 % et les 12 % restant sont réparties entre les tiges, les fruits/graine et les gommes/sève.

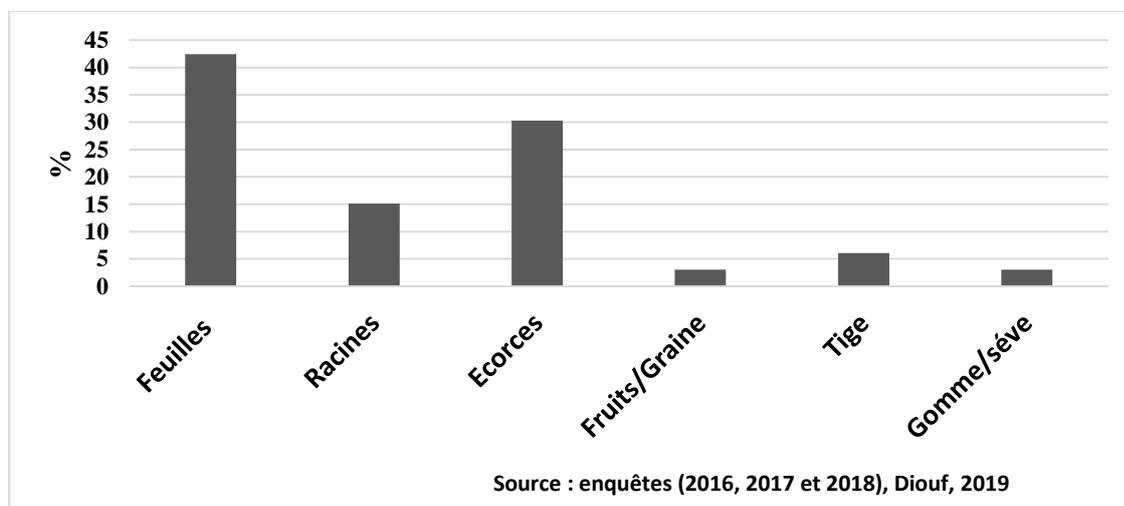


Figure 176 : Proportion des différentes parties des plantes ligneuses dans la pharmacopée

L'explosion démographique des villes d'étude et la conservation des pratiques phyto-médicales traditionnelles malgré une citadinité croissante ont entraîné une augmentation de la demande en plante médicinale. Ainsi, les besoins nationaux en phyto-médicaments traditionnels⁸⁵ sont passés de 1 700 tonnes en 1988, à 2 312 tonnes en 2000 et à 3 000 tonnes en 2010 (Fall, 2007). Ces chiffres témoignent de la forte pression que subissent les ligneux disposant de vertus médicinales, à laquelle, il faut ajouter des techniques de collecte (Fig. : 177) généralement mal maîtrisées (récolte des racines, des écorces, des feuilles) par les sociétés urbaines.

La situation devient alarmante car parmi les plantes ligneuses médicinales recensées dans l'agglomération dakaroise et les villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda, sept (*Adansonia digitata*, *Detarium microcarpum*, *Diospyros mespiliformis*, *Ficus platyphylla*, *Khaya senegalensis*, *Parkia biglobosa* et *Prosopis africana*) figurent sur la liste des plantes rares ou disparues de Wezel et Haigis (2000).

Il est donc urgent de réglementer la cueillette des plantes ligneuses médicinales surtout en ville et de former les citoyens aux techniques de récolte pour éviter la disparition d'autres espèces médicinales.

« On explique aux gens comment on peut se soigner avec ces différentes plantes. Dés fois, ils viennent chercher eux même les plantes pour se soigner et c'est comme ça qu'ils saccagent les plantes parce qu'ils ne savent pas comment prélever les feuilles, l'écorce ou les racines des plantes sans les tuer. »

Entretien avec Fodé K., unique fleuriste de la ville de Ziguinchor, 27/03/2017

⁸⁵ Ces besoins sont calculés sur la base d'un rythme de croissance démographique de 3% par an.



1 / *khaya senegalensis* à Fann résidence, Dakar ; **2** / Fromager à Abattoirs, Tambacounda ; **3** / Espèce non identifiée à colobane, Ziguinchor. Clichés : Diouf, 2017.

Figure 177 : Des arbres émondés à des fins médicales en pleine ville

Lors des entretiens, nous nous sommes intéressés aux usages thérapeutiques des espèces végétales locales des villes d'étude. Il a d'abord été détaillé dans le tableau 37, les indications médicinales des arbres les plus employés dans la pharmacopée traditionnelle, ensuite, dans le tableau 38 nous avons repris les indications médicinales de certaines plantes cultivées et en enfin, le tableau 39, a permis de reprendre les indications médicinales de quelques arbustes et herbacées.

Tableau 37 : Indications médicinales des ligneuses rencontrées dans l'agglomération dakaroise et les villes moyennes (Touba, Ziguinchor et Tambacounda)

Nom scientifique	Parties utilisées	Maladies traitées
<i>Acacia nilotica</i>	Ecorce, fruit, feuille, racine et rameau.	Ecorce : Diarrhée, Dysenterie, Douleurs gastro-intestinales, Stomatite, Aphtes, Gingivite, Caries dentaires. Fruit : Cicatrisant, Diarrhée, Dysenterie, Hémostatique, Otite. Racine : Dysenterie, Diarrhée, Diurétique, Cataracte. Feuille : Maux de dents, Affections des yeux, Diarrhée, Dysenterie, Ulcères de l'estomac. Rameau : Caries dentaires.
<i>Acacia senegalensis</i>	Gomme et écorce	Ecorce : Maux de ventre, Colique, Béchique. Gomme : Maux de poitrine, Maux de ventre adoucissant, Lèpre noduleuse, Béchique.
<i>Adansonia digitata</i>	Graine, feuille, sève, fruit, gomme, tige feuillée, racine et écorce.	Feuille : Dysenterie, Diarrhée, Asthme, Brûlure, Fièvre/hyperthermie, Entéralgie, Douleurs abdominales, Antihémorragique, Membres inertes, Fortifiant, Remède médico-magique. Ecorce : Fièvre, Maux des yeux, Plaie, Antihémorragique. Fruit : Asthme, Bronchite, Anémie, Emménagogue, Rachitisme, Cicatrisant, Paludisme/malaria, Douleurs abdominales, Brûlure. Gomme : Ophtalmie, Plaie, Vulnéraire. Graine : Anti-inflammatoire, Dysenterie, Plaie. Sève : Carie dentaire. Tige feuillée : Vaginite, Infection urogénitale. Racine : Pelade, kwashiorkor.
<i>Anacardium occidentale</i>	Feuille, fruit, écorce, noix, suc, pédoncule et rameau feuillé.	Feuille : Dysenterie, Diarrhée, Entéralgie, Abortif, Lèpre, Maux de gorge. Fruit : Carie dentaire, Ulcère, Cors aux pieds, Laxatif, Verrues. Noix : Aphrodisiaque, Fortifiant, Stimulant, Ulcère, Vermicide, Dermatites. Ecorce : Maux de gorge, Hypertension artérielle, Diabète, Entéralgie, Diarrhée, Inflammation, Cicatrisant, Entéralgie. Suc : Lèpre. Rameau feuillé : Rougeole, Blennorragie.
<i>Annona senegalensis</i>	Ecorce, fruit, feuille et racine.	Ecorce : Stérilité féminine, Courbatures fébriles, Diarrhée, Dysenterie, Galactagogue, Maux de ventre, Paludisme/malaria, Rhumatisme, Toux, Contusion. Feuille : Fièvre, Galactagogue, Paludisme/malaria, Sédatif, Toux, Antiseptique, Diarrhée, Plaie. Fruit : Ver de Guinée. Racine : Fébrifuge, Vermifuge, Toux, Sédatif, Paludisme/malaria, Maladie du sommeil, Fièvre, Diurétique, Antivenin de serpent, Antiseptique, Ulcère, Blennorragie, Syphilis, Dermatose, Galactagogue, Maux d'oreilles, Oreillons, Rhumatisme, Ophtalmie, Douleurs dorsales, Dyspepsie, Tachycardie, Désinfectant.

<i>Avicennia germinans</i>	Racine, écorce, rameau feuillé, graine.	Racine : Maux du bas ventre. Ecorce et rameau feuillé : Ocytocique. Graine : Toxique.
<i>Azadirachta indica</i>	Feuille, écorce et racine.	Feuille : Diarrhée, Vermifuge, Ulcère gastrique, Répulsif contre les moustiques, Rhumatisme, Bactéricide, Antiviral, Paludisme/malaria, Fièvre infantile, Diurétique. Ecorce : Diabète, Lèpre, Piqûre venimeuse, Fièvre/hyperthermie, Malaise, Blennorragie, Infection urogénitale, Morsure de serpent, Piqûre de scorpion, Maladies de la peau. Racine : Lèpre, Maladies de la peau, Paludisme/malaria.
<i>Borassus aethiopum</i>	Jeune tige et racine.	Jeune tige : Maux d'oreilles. Racine : Enrouement, Bronchite, Maux de gorge, Toux, Rhume, Maladies respiratoires.
<i>Carica papaya</i>	Feuille, fruit, écorce, latex, graine et racine	Ecorce : Antivenin, Hémostatique, Lactogène. Feuille : Dysenterie, Diarrhée, Antivenin/antidote, Maux de tête, Jaunisse/ictère, Entéralgie, Courbatures, Souffrances des seins, Gonococcie, Blennorragie. Fruit : Hépatite, Hémorroïdes, Fièvre/hyperthermie, Complément alimentaire, Anthrax, Furoncles. Latex : Vermifuge, Oxyure, Trichocéphalose, Blessure, Hémostatique. Racine : Blennorragie, Diurétique, Dysenterie, Maladies vénériennes. Graine : Vermifuge.
<i>Ceiba pentandra</i>	Ecorce, feuille et fruit.	Ecorce : Maux de dents, Tétanos, Maux de ventre, Abscess dentaire, Ictère, Gingivite. Feuille : Conjonctivite purulente, Tétanos infantile, Panaris. Fruit : Antiseptique pour la circoncision.
<i>Citrus aurantifolia</i>	Feuille, racine, écorce de racine, graine et fruit mûr.	Feuille : Pneumopathies, Diurétique, Anurie, Facilite la digestion. Racine : Pneumopathies, Anurie, Diurétique. Ecorce de racine : infection urogénitale. Graine : infection urogénitale. Fruit mûr : Fièvre, Fortifiant, Aphthes chez les enfants, Nettoyer le sang.
<i>Cocos nucifera</i>	Racine	Racine : Diarrhée, Rachitisme, Pelade.

<i>Cola acuminata</i>	Noix et fruit.	Noix : Aphrodisiaque, Tonique, Stimulant. Péricarpe du fruit : Accouchement.
<i>Cola cordifolia</i>	Ecorce, feuille, tige non feuillée,	Ecorce : Affections pulmonaires, Bronchite, Lèpre, Ulcères phagédéniques, Gangrène, Abcès, Blennorragie. Feuille : Antilépreux, Béchique en médecine infantile. Tige non feuillée : Ocytocique.
<i>Detarium senegalense</i>	Ecorce, fruit, racine, feuille et écorce de tige, rameau et tronc.	Ecorce : Entéralgie, Colique, Fortifiant. Fruit : Lèpre, Béchique, Toxique selon la variété, Scorbut. Feuille : Maladies oculaires, Conjonctivites, Anémie, Anorexie, Constipation. Ecorce de tige, rameau et tronc : Toux, Maux de ventre, Lèpre, Trypanosomiase, Anémie, Anorexie, Cancer du siège, Colique, Occlusion intestinale. Racine : Anémie, Anorexie.
<i>Elaeis guineensis</i>	Huile, racine, écorce et fruit.	Huile : Rhumatisme, Orchite, Furoncles, Courbatures, Abcès, Purgatif. Racine : Syphilis, Amnésie, Entéralgie, Maladies de la peau. Fruit : Dermatose. Ecorce : Maladies de la peau.
<i>Guiera senegalensis</i>	Ecorce, feuille, plante, racine et rameau feuillé.	Ecorce : Toux, Bronchopathie, Colique, Diarrhée dysentérique, Paludisme/malaria, Pneumopathies. Feuille : Antiseptique, Chancre syphilitique, Cicatrisant, Stomatite-gingivite, Fièvre, Rhume, Toux, Inflammation bronchique ou pulmonaire, Fébrifuge, Paludisme/malaria, Vomissement, Oligurie, Anurie, Diurétique, Diarrhée, Dysenterie, Coliques, Galactogène, Impuissance, Eczéma, Syphilis, Blennorragie. Plante : Impuissance, Lèpre, Syphilis. Racine : Toux, Bronchite, Pneumonie, Paludisme/malaria, Colique, Choléra, Diarrhée dysentérique, Impuissance, Oligospermie. Rameau feuillé : Toux, Pneumopathies, Bronchite, Paludisme, Analgésique, Caries et abcès dentaires, Allaitement, Colique.
<i>Khaya senegalensis</i>	Ecorce, sève, feuille et branchette.	Ecorce : Dermatose, Dysenterie, Diarrhée, Constipation, Maux de dents, Lèpre, Aphrodisiaque, Plaie, Fièvre/hyperthermie, Vomissement, Entéralgie, Vulnérable, Varicelle, Ulcère phagédénique, Démangeaison, Tonique, Stimulant sécrétoire, Purgatif, Abortif, Infections urogénitales, Syphilis, Blennorragie, Antipoison, Paludisme/malaria, Pansement pour enflures, Psychose, Maux de tête, Maux

		de dents, Vermifuge. Feuille : Névralgie, Fièvre, Avortement, Stimulant contre la vieillesse, Aménorrhée. Sève : Diarrhée. Branchette : Cure dent stimulant la salivation.
<i>Landolphia heudelotii</i>	Feuille, racine, tige feuillé et fruit mûr.	Feuille et racine : Tonique, Maux de dents, Entéralgie. Tige feuillé : Maux de dents. Fruit mûr : Eupeptique.
<i>Mangifera indica</i>	Ecorce, racine, fruit, feuille, résine, amande et rameau feuillé.	Amande : Anti-inflammatoire, Hémorroïdes, Vermifuge. Ecorce : Diarrhées banales, Dysenterie, Aptides, Gingivites, Blennorragie, Vomitif, Astringent. Feuille : Diarrhée banale, Maux de dents, Bronchite, Angine, Otite, Ascaris, Bronchite, Hypertension et Tétanos. Résine : Fièvre/hyperthermie. Rameau feuillé : Cataracte. Fruit : Faiblement laxatif, Diurétique, Stimulant, Vers parasites, Hémorroïde. Racine : Choléra, Grippe, Coqueluche.
<i>Moringa oleifera</i>	Ecorce, plante, racine, graine, fleur et feuille.	Feuille : Crises épileptiques, Douleurs abdominales, Hystérie, Diabète. Ecorce : Asthme, Fièvre/hyperthermie, Douleurs abdominales, Lèpre, Aphte, Névralgie, Bronchite, Céphalée. Graine : Désinfection, Antiseptique. Plante : Abscesses, Rhumatisme, Articulation, Bronchite, Céphalée, Fièvre, Maladies infantiles, Névralgie, Rachitisme. Fleur : Crises épileptiques, Douleurs abdominales, Hystérie, Malnutrition. Racine : Bronchite, Troubles circulaires, Epilepsie, Rhumatisme, Douleurs articulaires, Epilepsie, Affections nerveuses ou d'hystérie, Spasmes intestinaux, Affections nasales, Paralyse, Céphalée, Fièvre, Lèpre.
<i>Parkia biglobosa</i>	Ecorce, racine, fruit, tige et feuille.	Ecorce : Bronchite, Antiblennorragique, Plaie, Affections oto-rhino-laryngologie, Ver de Guinée, Ulcère phagédénique, Morsure de serpent, Lèpre, Pneumonie, Trachéite, Névralgie, Maux d'oreille, Maladies vénériennes, Dermatose, Carie, Abscesses dentaires, Contrepoison, Stérilité féminine, Mal au ventre des enfants, Bilharziose, Oreillons, Ictère, Rougeole, Varicelle, Variole, Boutons sur le corps, Maux de gorge. Racine : Bronchite, Pneumonie, Trachéite, Stérilité, Syphilis, Contrepoison, Lèpre. Tige : Plaie de la bouche, Enflure, Colique. Feuille : Œdème, Dermatose, Bronchite, Toux, Dracunculose, Bouton de

		fièvre, Ascariose, Hémorroïdes, Rhume, Brûlure, Pian. Fruit : Constipation, Fièvre jaune, Anorexie, Rachitisme, Ictère.
<i>Psidium guajava</i>	Feuille, racine et fruit.	Feuille : Diarrhée, Maux de ventre, Dysenterie, Troubles des règles, Astringent, Trachéobronchite. Fruit : Astringent, Diarrhée, Purgatif, Excitant. Jeune feuille : Diarrhée infantile. Racine : Astringent, Diarrhée.
<i>Saba senegalensis</i>	Feuille et latex.	Feuille : Toux, Blessure, Hémostatique, Antiseptique, Cicatrisant, Céphalée, Blennorragie. Latex : Toux, Tuberculose, Emétique.
<i>Ziziphus mauritiana</i>	Feuille, écorce, fruit, racine et écorce de tige, rameau et tronc.	Ecorce : Anorexie, Antihémorragique, Entéralgie, Toux, Hypertension, Hémorroïdes, Kwashiorkor, Rachitisme. Ecorce de tige, rameau et tronc : Hémorroïdes. Racine : Indigestion, Intoxication alimentaire, Antipoison, Eméto-cathartique, Diurétique, Purgatif, Syphilis, Emétique, Maux de ventre, Urétrite. Feuille : Dysenterie, Rhume, Gangrène, Ulcère, Boutons, Entéralgie. Fruit : Maux de ventre sans gravité.

Source : Enquêtes auprès des populations (2016, 2017 et 2018), complétés par des recherches bibliographiques : Arbonnier, 2002 et 2009.

Tableau 38 : Indications médicinales des plantes cultivées rencontrées à Dakar, Touba, Ziguinchor et Tambacounda

<i>Abelmoschus esculentus</i>	Feuille, fruit, racine et tige.	Feuille : Accouchement facilité, Emollient. Fruit : Convalescence, Blennorragie, Douleurs de poitrine, Emollient, Irritations intestinales, Maladies de la peau, Accouchement facilité, Hémorragie en couches, Post-partum. Racine : Pectoral. Tige : Accouchement facilité.
--------------------------------------	---------------------------------	--

<i>Allium cepa</i>	Partie aérienne	Partie aérienne : Infection urogénitale
<i>Capsicum frutescens</i>	Fruit	Fruit : Anti-œdémateux, Condiment, Fièvre, Paludisme/Malaria, Hémorroïdes, Laxatif, Rhumatisme, Anti-Ictérique, Eupeptique.
<i>Capsicum annuum</i>	Feuille et fruit.	Feuille : Furoncles, Condiment, Abscès. Fruit : Hémorroïdes, Condiment.
<i>Cascabela thevetia</i>	Ecorce et feuille.	Ecorce et feuille : Aménorrhée, Toxique, Eméto-cathartique.
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Calice, feuille et racine.	Calice : Cholagogue, Diaphorétique, Diurétique. Calice variété rouge : Laxatif, Sudorifique, Tonique, Fortifiant, Affections urinaires, Anthelminthique, Colibacillose, antiseptique urinaire, Cholagogue, Hypotenseur, Rafraichissant. Feuille : Blessures, Plaie, Diurétique, Antifongique, Antiseptique, Désaltérant, Sudorifique, Rougeole. Racine : Laxatif, Purgatif, Maturation des abcès accélérée, Bronchite.
<i>Ipomoea batatas</i>	Feuille	Feuille : Compresse, Boutons, Abscès
<i>Jatropha gossypifolia</i>	Feuille	Feuille : Colique, Maux d'estomac, Fièvre, Paludisme/malaria.
<i>Manihot esculenta</i>		Feuille : Emplâtre pour les plaies, Varicelle, Revigorant. Tubercule : Cicatrisant, Cataplasme émollient.
<i>Oryza sativa</i>	Graine et plante.	Graine : Dysenterie, Diarrhée, Sédatif, Lèpre. Plante : Cataplasme
<i>Zea mays</i>	Epi, farine, graine, style et fleur mâle.	Epi : Stérilité, Impuissance, Bilharziose. Farine : Bilharziose. Graine : Bilharziose, Diurétique, Hydropisie, Infection urogénitale, Lèpre, Ascite. Style : Diurétique. Fleur mâle : Paludisme/Malaria

Source : Enquêtes auprès des populations (2016, 2017 et 2018), complétés par des recherches bibliographiques : Arbonnier, 2002 et 2009.

Tableau 39 : Indications médicinales des plantes herbacées et arbustives rencontrées à Dakar, Touba, Ziguinchor et Tambacounda

<i>Calotropis procera</i>	Ecorce, racine, tige, latex, bois sec et feuille.	Ecorce : Inflammation, Purgatif, Diarrhée, Morsure de serpent, Aphrodisiaque, Lèpre, Stomachique, Syphilis, Eruptions cutanées, Emétique, Arthrite, Psychose, Contrepoison. Feuille : Constipation, Carie dentaire, Asthme, Rhume, Sédatif, Antiseptique, Poux, Oxyurose, Pansement, Rhume, Cardiotoxique, Emétique. Latex : Antiseptique, Analgésique, Verrues, Carie dentaire, Petites plaies, Blessures, Constipation, Cathartique, Toxique. Bois sec : Vulnéraires. Tige : Diarrhée, Stomachique, Mycose, Migraine, Teigne, Oxyures, Cirrhose, Hépatite. Racine : Intoxication alimentaire, Arthrite, Aphrodisiaque, Lèpre, Vomitif pour ceux qui toussent, Eruptions cutanées, Néphrite, Purgatif, Syphilis.
<i>Cassia occidentalis</i>	Ecorce, plante entière, graine, et racine	Ecorce : Fébrifuge. Feuille : Paralysie, Malaria, Migraine, Hépatite antianémique, Règles douloureuses, Tonique, Anti-inflammatoire, fièvre, maux de ventre stérilité, Conjonctivite rhumatisme, Maladies vénériennes, Ascite, Ver de Guinée, Sudorifique, Laxatif, Brûlure. Graine : Antianémique, Tonique (succédané de café), Complément alimentaire, Règles irrégulières. Racine : Antipaludéen, Toxique, Tonique, Stimulant, Fortifiant, Douleurs articulaires, Stérilité féminine, Antianémique, Diurétique, Rhumatisme, Fébrifuge, Gonococcie, Anthelminthique. Plante entière : Rhumatisme, Paralysie, Brûlure, Maladies oculaires, Hépatite, Paludisme/malaria, Maux de ventre, Vermifuge, Anthelminthique, Ocytocique, Maladies vénériennes, Blennorragie, Règles douloureuses, Stérilité féminine, Impuissance.
<i>Combretum micranthum</i>	Ecorce, feuille et racine.	Ecorce : Blessures, Cataplasme sur plaie, Entorse, Contusion, Bronchite, Fièvre. Feuille : Blessures, affections hépatobiliaires, Maux de ventre, Toux, Rhume, Bronchite, Rhumatisme, Béribéri, Anorexie, Paludisme/malaria, Blennorragie, Hépatobiliaire, Excès de sel dans le corps des enfants, Stomatites, Pieds enflés, Fièvre bileuse, Diurétique, Diarrhée infantile, Diarrhée, Cholagogue, Bronchite, Blennorragie, Lèpre, Affection urogénitale, Hémorragie, Epistaxis. Racine : Blessures « inguérissables », Syphilis, Energétique, Peste, Plaie, Stérilité féminine, Vermifuge, Constipation, Diarrhée, Enurésie, Fièvre, Trichocéphalose, Gastrites, Myalgie, Ictère.
<i>Euphorbia hirta</i>	Latex et plante entière.	Latex : Antiseptique, Cicatrisant. Plante entière : Antiseptique, Purgatif, Blennorragie, Cicatrisant, Colique, Dysenterie, Diarrhée du nourrisson, Douleurs abdominales, Diurétique, Entéralgie, Galactogène, Vermifuge, Maladies respiratoires.

Source : Enquêtes auprès des habitants (2016, 2017 et 2018), complétés par des recherches bibliographiques : Arbonnier, 2002 et 2009.

3. Usages alimentaires des végétaux disséminés dans l'espace urbain et maintien difficile de l'agriculture urbaine

La végétation fournit d'appréciables moyens de subsistance aux sociétés urbaines et son rôle alimentaire n'est plus à démontrer. En effet, les végétaux contribuent quantitativement et qualitativement à l'équilibre alimentaire des populations urbaines et rurales, en fournissant des vitamines et autres éléments nutritionnels utiles à l'organisme (Dione, 2008). L'usage alimentaire de la ressource végétale en ville est plus répandu au sein des populations les plus modestes et plus récemment arrivées du monde rural.

Dans cette sous-partie, il s'agira de distinguer deux cas de figure bien différents. Dans un premier temps, en s'intéressant aux espèces ligneuses dispersées ayant des parties comestibles citées par les personnes enquêtées dans les îlots des villes d'étude et de détailler leurs usages alimentaires. Dans un second temps, c'est le maintien souvent difficile face à l'expansion de la ville d'îlots de maraichage urbain et périurbain qui sera examiné. On s'intéressera aux plantes cultivées dans ce cadre, mais aussi, aux profils des maraichers et aux différents problèmes qu'ils rencontrent.

3.1 Usages alimentaires des végétaux ligneux disséminés dans l'espace urbain

Dans les villes sénégalaises, certains arbres présents dans les concessions, dans les rues et autres espaces de la ville sont susceptibles de fournir des ressources alimentaires aux hommes, appréciables lorsque les prix des denrées alimentaires augmentent, ce qui peut être le cas lorsque dans les espaces ruraux qui approvisionnent les villes, on est en période de soudure, de pénuries alimentaires, notamment lors des crises climatiques. Cela concerne aussi l'alimentation des quelques animaux utiles aux activités de certains habitants de la ville. Les ressources provenant des ligneux ne représentent pas la base de l'alimentation urbaine (Walter, 1996), mais ils contribuent à l'équilibre et à la sécurité alimentaires (Devineau, 1999), à la diversité des régimes alimentaires et à la santé des citadins (Bellefontaine *et al.*, 2001). La production des ligneux comestibles est nettement inférieure à la consommation des villes au Sénégal et elle est limitée dans le temps, c'est pourquoi les ressources ligneuses ne constituent pas la base de l'alimentation. Ceci étant, des différences apparaissent entre les habitants qui effectuent des prélèvements pour leur consommation personnelle et ceux qui commercialisent ou achètent, ce qui apparaît notamment chez nos interlocuteurs à Dakar et à Touba.

« Pour l'alimentation, nous achetons essentiellement les fruits des manguiers, du cocotier et de l'oranger. Sinon nous utilisons beaucoup les feuilles de certains arbres comme le Baobab, le Nebedaye et surtout les feuilles du Manioc... Il y a aussi la boisson alcoolisée qui provient des Palmiers. Pendant la période des fruits, les gens mangent plus les fruits que les repas préparés à la maison, ce qui allège un peu les dépenses. En plus, il y a les jardins qui nous fournissent l'essentiel de nos légumes. Ici tout est gratuit et dès fois on s'échange des choses entre voisins ».

Entretien avec Ibrahima F., ancien gendarme à Colobane/Fass, Ziguinchor, le 28/03/2017.

« Nous achetons les fruits de beaucoup d'arbres comme les mangues, les citrons etc. Quand je prépare du couscous, j'achète les feuilles de Nebedaye (Moringa oleifera) et du Lalo (poudre issue des feuilles séchées du baobab). Il y a trois ou quatre ans je partais chercher les feuilles de Nebedaye gratuitement dans une maison à côté mais l'arbre est mort et, maintenant, je suis obligée d'aller acheter au marché ».

Entretien avec Astou N., femme au foyer à Pikine Ouest, Dakar, le 06/04/2018.

« Nous consommons les fruits des manguiers, des anacardiens ... Nous achetons tous les fruits au marché. Il y a des moments où les prix sont abordables, mais quand le produit se fait rare, le prix peut très vite monter. »

Entretien avec Modou G., à Touba, le 11/08/2018.

L'accès à la ressource végétale ligneuse diffère donc selon les villes et il dépend très fortement de la disponibilité, de la densité et de la diversité des arbres fournissant des produits comestibles. À Ziguinchor, l'accès à ces ligneux est plus facile en raison de leur abondance et de leur plus grande diversité à l'échelle de la maison/concession, du quartier et de la ville. Ce qui explique les prix extrêmement bas des produits végétaux comestibles par rapport aux autres villes d'étude, s'ils ne sont pas gratuits. Ces produits occupent une place non négligeable dans les habitudes alimentaires des ziguinchorois surtout pour les familles les plus démunies établies à la périphérie de la ville.

À l'inverse, à Dakar et surtout à Touba et à Tambacounda, les ligneux fournissant des produits comestibles sont faiblement présents notamment dans les quartiers populaires. Les habitants doivent donc déboursier de l'argent pour se procurer ces produits dont les prix sont parfois trop élevés pour les classes les plus populaires qui ne pourront pas en bénéficier. Les consommateurs ne sont donc pas socialement les mêmes qu'à Ziguinchor.

Un inventaire des ligneux comestibles a été réalisé dans les îlots cibles. Et les entretiens réalisés auprès des habitants (Tableau 40) ont permis de comprendre leurs employés dans l'alimentation. Il en ressort, une liste de 21 espèces qui se répartissent dans 14 familles (Tableau 40). Plus de la moitié de ces espèces ligneuses comestibles ont été inventoriées dans les quartiers de Colobane et d'Escale (Ziguinchor). Le quartier résidentiel de Fann (Dakar) offre également une satisfaisante diversité des espèces comestibles. Il est intéressant de noter cette diversité des ligneux à intérêt alimentaire (mais aussi esthétique) dans les quartiers aisés qui sont beaucoup moins présents dans les quartiers populaires, par exemple de Pikine, et dans les villes de Touba et de Tambacounda.

Ceci étant dit, les espèces comestibles sont plus abondantes dans le quartier populaire de Colobane que dans le quartier résidentiel d'Escale. Au contraire, dans l'agglomération

dakaroise, la densité des arbres fruitiers est plus élevée dans le quartier résidentiel de Fann que le quartier populaire de Pikine. Dans la ville de Touba, comme c'est déjà souligné, les arbres fruitiers sont quasi inexistantes dans les deux types de quartier. Ils sont plus présents à Abattoirs (populaire) qu'à Liberté (résidentiel aisé) dans la ville de Tambacounda. Les principaux ligneux comestibles avec des fréquences extrêmement différentes selon les villes et les quartiers sont le Manguier (*Mangifera indica*), le Jujubier (*Ziziphus mauritiana*), du Moringa (*Moringa oleifera*), le Baobab (*Adansonia digitata*), l'Oranger (*Citrus sinensis*), l'Anacardier (*Anacardium occidentale*) et le citronnier (*Citrus aurantifolia*) (Fig. : 178).

Tableau 40 : Liste des espèces ligneuses à usages alimentaires répertoriées dans les îlots

Nom scientifique	Nom	Famille	Dakar	Touba	Ziguinchor	Tambacounda
<i>Adansonia digitata</i>	Baobab	BOMBACACEAE	Fann	–	Escale	Liberté
<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardier Pommier cajou	ANACARDIACEAE	–	–	Colobane	Abattoirs
<i>Carica papaya</i>	Papayer	CARICACEAE	Fann	–	Colobane Escale	Abattoirs
<i>Citrus aurantifolia</i>	Citronnier	RUTACEAE	–	–	Colobane	Abattoirs
<i>Citrus sinensis</i>	Oranger	RUTACEAE	–	–	Colobane	Abattoirs
<i>Cocos nucifera</i>	Cocotier	ARECACEAE	Fann Pikine	–	Colobane Escale	Abattoirs
<i>Cola acuminata</i>	Colatier	STERCULIACEAE	–	–	Colobane	–
<i>Cola cordifolia</i>	Sterculia cordifolia	STERCULIACEAE	–	–	Colobane	–
<i>Cordyla pinnata</i>		FABACEAE	–	–	Colobane	–
<i>Detarium senegalense</i>	Arbre à suif	CAESALPINIACEAE	–	–	Colobane	–
<i>Elaeis guineensis</i>	Palmier à huile	ARECACEAE	–	–	Colobane	–
<i>Landolphia heudelotii</i>	Caoutchouc du Sénégal	APOCYNACEAE	–	–	Colobane	–
<i>Mangifera indica</i>	Manguier	ANACARDIACEAE	Fann	–	Colobane	Abattoirs Escale
<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	MORINGACEAE	Fann	–	Colobane	–
<i>Parkia biglobosa</i>	Caroubier africain	MIMOSACEAE	–	–	Colobane	–
<i>Phoenix dactylifera</i>	Dattier	ARECACEAE	–	mosquée	–	–
<i>Psidium guajava</i>	Goyavier	MYRTACEAE	Fann	–	Colobane	Abattoirs
<i>Saba senegalensis</i>	Liane saba	APOCYNACEAE	–	–	Colobane	–
<i>Strychnos spinosa</i>	x	LOGANIACEAE	–	–	–	–
<i>Tamarindus indica</i>	Tamarinier	CAESALPINIACEAE	–	–	Colobane	–
<i>Terminalia catappa</i>	Badamier	COMBRETACEAE	Pikine	–	Colobane	–
<i>Zizyphus mauritiana</i>	Jujubier	RHAMNACEAE	Fann	Dianatoul mahwa	Colobane	–

Selon N'dao (2018), les produits alimentaires les plus importants, obtenus à partir de la cueillette sur des espèces ligneuses sont :

- Les fruits dont on peut consommer la pulpe crue ou cuite : *Adansonia digitata* ;
- Les fruits ou les graines consommées directement : *Mangifera indica*, *Landolphia heudelotii* ;
- Les graines et amandes consommées après grillade : *Anacardium occidentale* ;
- Les feuilles consommées : *Moringa oleifera*, *Adansonia digitata*, *Combretum micranthum*, *Guiera senegalensis* ;

- La sève, sous forme de boisson : *Elaeis guineensis*.

Les parties des ligneux les plus utilisées dans l'alimentation sont les fruits et les feuilles. Les fruits - mangues, « pommes » (en fait pédoncule renflé, et donc faux fruit) et noix de cajou, annone, oranges, citrons ... - sont de loin les plus utilisés pour l'autoconsommation ou pour le petit commerce. Ils peuvent provenir aussi d'*Adansonia digitata* (Baobab), de *Cordyla pinnata*, *Zizyphus mauritiana*, et même parfois *Strychnos spinosa* (Sarr, 2012). Les feuilles sont souvent réduites à l'état de poudre ou directement préparées en sauce pour accompagner le riz ou le couscous. À titre d'exemples, voici les utilisations de trois des espèces rencontrées lors de la visite de terrain : *Adansonia Digitata*, *Zizyphus mauritania* et *Tamarindus indica*.

- **Les produits du Baobab (*Adansonia digitata*)**

Les feuilles consommées fraîches tiennent lieu d'épinard, riches en sels minéraux et en vitamines A et C. Séchées, elles sont le plus souvent transformées en poudre mêlée aux sauces pour les rendre mucilagineuses et aux plats à base de céréales auxquels elles donnent liants et onctuosité (Dione, 2008). Paul Péliissier (1966) soulignait que les analyses des nutritionnistes révélaient en particulier l'extraordinaire richesse des feuilles de baobab séchées en calcium et en fer. En effet, 100g de feuilles de baobab séchées en poudre fournissent 2 000 mg de calcium alors que le même poids de lait n'en procure que 120 mg. Quant aux fruits, les populations extraient la pulpe farineuse de couleur blanchâtre qui se trouve tout autour des graines, et qu'elles utilisent comme condiment et sert à préparer un succédané du lait, accompagnant les bouillies (Dione, 2008).

- **Les produits du Jujubier (*Zizyphus mauritania*)**

C'est une espèce épineuse résistante dans des conditions semi-arides que l'on peut retrouver un peu partout au Sénégal. Seuls les fruits -sont comestibles par la population et utilisés dans le petit commerce, mais c'est aussi une espèce très prisée par le petit bétail notamment les chèvres.

- **Les produits de l'arbre à suif (*Tamarindus indica*)**

C'est un arbre de 12 à 15 mètres de haut avec des feuilles alternes et des fruits contenus dans des gousses subcylindriques plus ou moins courbées. Les fruits contiennent une pulpe brunâtre sucrée, collante et astringente au goût. Les fruits mûrs sont consommés directement ou utilisés comme condiment dans les repas et les feuilles après transformation artisanal, donne le « Beinkhale » que l'on utilise aussi comme condiment (Arbonnier, 2009).

Le tableau 41 qui suit complète pour 17 autres espèces ligneuses les différents usages alimentaires qui en sont faits.



Figure 178 : Principaux ligneux à usages alimentaires répertoriés dans les villes d'étude. Clichés : Diouf, 2017 et 2018.

Tableau 41 : Récapitulatif des usages alimentaires des espèces arborées par les ménages

NOMS SCIENTIFIQUES (noms usuels)	USAGES ALIMENTAIRES
<i>Anacardium occidentale</i> (Anacardier, Cajou)	La « pomme » de cajou (pédoncule faux fruit) est consommée fraîche et le jus contenu dans la pomme est aussi transformé en boissons alcoolisées. La noix est comestible après grillage
<i>Annona senegalensis</i> (Annonier)	Le fruit est comestible frais
<i>Aphania senegalensis</i> (Khéwer)	Les fruits sont consommés frais
<i>Borassus aethiopicum</i> (Palmier rônier)	Les fruits sont comestibles
<i>Citrus sinensis</i> (Oranger)	Les fruits sont comestibles, importante source de vitamine C
<i>Cocos nucifera</i> (Cocotier)	L'amande blanchâtre contenue dans la noix est comestible, le liquide à l'intérieur de la noix sert de boisson
<i>Cola acuminata</i>	Noix à goût amer très recherchée consommée pour ces vertus stimulantes et sa valeur symbolique
<i>Combretum micranthum</i> (Kinkéliba)	Les feuilles sont utilisées pour servir de boissons chaudes le matin
<i>Detarium senegalensis</i> (Ditakh)	Les fruits peuvent être consommés directement ou transformés en boisson rafraichissante (jus) pour la commercialisation
<i>Dialium guineensis</i> (Solome)	Consommé directement ou transformé en jus
<i>Elaeis guineensis</i> (palmier à huile)	La sève permet de faire du vin de palme ; les fruits peuvent être consommés où servir pour la fabrication d'huile de palme
<i>Landolphia heudelotii</i> (Tol)	Le fruit est transformé en condiment utilisé comme accompagnement du riz au poisson
<i>Mangifera indica</i> (Manguier)	Le fruit est consommé frais ou transformé en jus. Il est parfois cuisiné par certains quand il n'est pas encore mûr
<i>Moringa oleifera</i> (Nébédaye)	Les feuilles sont utilisées pour préparer les sauces accompagnant principalement le couscous. Le fruit est utilisé pour purifier l'eau
<i>Parkia biglobosa</i> (Néré)	Les fruits sont des gousses allongées contenant des graines jaunes. Ces graines servent de condiment traditionnel et naturel pour relever le goût des aliments
<i>Psidium guajava</i> (Goyavier)	Fruit consommé directement
<i>Saba senegalensis</i> (Madd)	Les fruits sont directement comestibles et peuvent servir aussi de condiment salé, sucré ou pigmenté

Source : Enquête auprès des populations, 2017 et 2018, Diouf.

3.2 Contribution alimentaire de l'agriculture urbaine et périurbaine et pression sur les périmètres de production

L'agriculture urbaine et périurbaine, comme déjà souligné, consiste à cultiver à l'intérieur et aux alentours des villes. Elle assure la production légumière et fruitière des centres urbains et apporte une contribution importante à la sécurité alimentaire des ménages urbains qui ont de faibles revenus (FAO, 2017). Les productions sont utilisées pour l'autoconsommation ou vendues dans les marchés urbains, dans les deux cas, les ménages bénéficient de produits frais et à coût raisonnable en raison du nombre limité d'intermédiaires entre le producteur et le consommateur. Cela s'explique par la proximité des lieux de production à l'instar des Niayes de Pikine pour le marché dakarais (Fig. : 179), des bas-fonds de Ziguinchor (Fig. : 180) et de la vallée sèche du Mamacounda à Tambacounda (Fig. : 181). On le voit, cette problématique de l'agriculture urbaine est bien présente dans les villes sénégalaises sous la forme de périmètres où l'eau étant présente toute l'année, il est possible de produire aussi en saison sèche. La ville de Touba fait exception, aucune activité de culture hors saison des pluies, n'y étant constatée, cette situation est autant liée à la rigueur du climat sahélien qu'à l'absence de situation topographique favorable.

Dans les lignes suivantes, l'avenir de ces sites de production agricole sera plus particulièrement abordé à partir des entretiens menés auprès des maraichers, de même que les profils socio-professionnels des acteurs qui s'activent dans ce domaine, les espèces qu'ils cultivent et les difficultés auxquelles ils sont confrontés. Ainsi que les circuits de commercialisation.

Localisation Région : l'agglomération dakaraise-Département : Pikine - Commune : Pikine Ouest-Zone : zone humide des Niayes de Pikine
Précisions géographiques / repères importants : La technopole de Pikine Ouest.
Description général du milieu : Les Niayes de Pikine sont caractérisées par une nappe d'eau souterraine peu profonde et des dépressions dunaires. Le climat y est doux et humide et la végétation luxurieuse du type guinéen. Le site est favorable aux activités maraichères et les Niayes en général fournissent la région de Dakar en fruits et légumes.

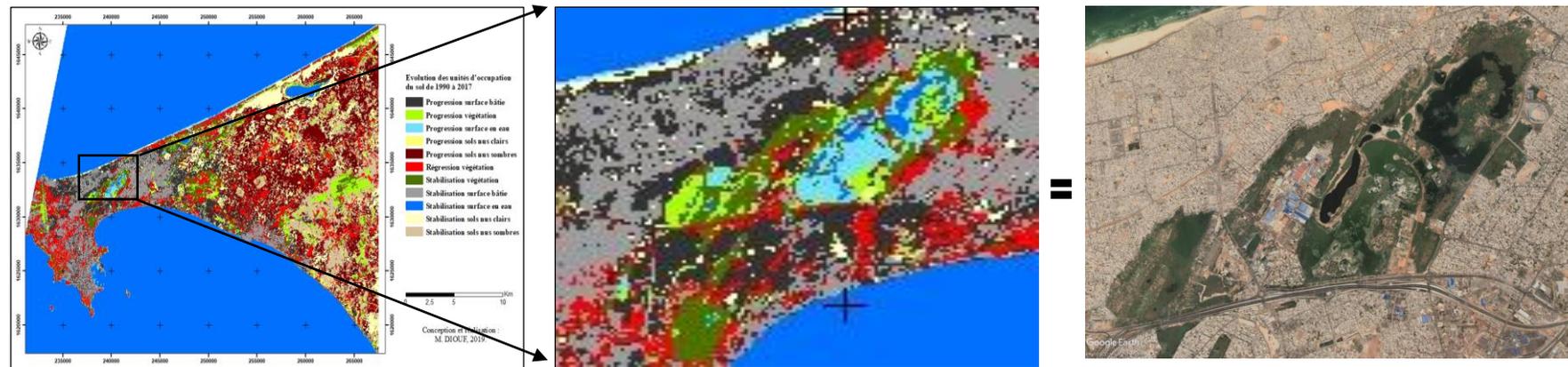


Figure 179 : La précarité des zones maraichères de la Niaye de Pikine soumises à la pression foncière

La cartographie par télédétection (2^e partie) de l'agglomération dakaraise a permis de faire un zoom sur la Niaye de Pikine (Fig. : 179). Elle montre une progression des surfaces bâties (noir) sur les périphéries des Niayes qui correspondent à l'extension des quartiers de Patte d'Oie, Fadia et HLM Maristes etc. Cette extension du bâti constitue la principale menace pour cette partie des Niayes qui est non seulement l'un des principaux espaces de végétation et le premier bassin de production horticole de l'agglomération. On observe également des secteurs de régression de la végétation (rouge) qui sont essentiellement des jardins non cultivés, ces espaces sont ensuite utilisés pour accueillir d'autres d'aménagements. Malgré, des changements inquiétants pour l'agriculture urbaine, des périmètres cultivés (vert clair) et des secteurs de végétation stable (vert foncé) existent toujours dans la Niaye de Pikine. Le maintien de l'agriculture dans la Niaye de Pikine offre « des opportunités d'emploi à la population urbaine *en situation de chômage chronique et les ruraux en migration saisonnière* » (Bâ, 2004).

Localisation Région : Ziguinchor - Département : Ziguinchor - Commune : Ziguinchor - Quartier : les rizières de Colobane/Fass.
Précisions géographiques/ repères importants : Les jardins sont situés dans les bas-fonds consacrés à la riziculture bordant la ville dans sa partie ouest/ le long du quartier Colobane/Fass (près de l'antenne téléphonique).
Description général du milieu : Zone inondable pendant la saison des pluies, la nappe phréatique y est très proche (environ 2 m de profondeur). Pendant la saison sèche, la riziculture laisse la place au maraichage. Ces bas-fonds sont menacés par la remontée du sel causant ainsi la perte de parcelles.

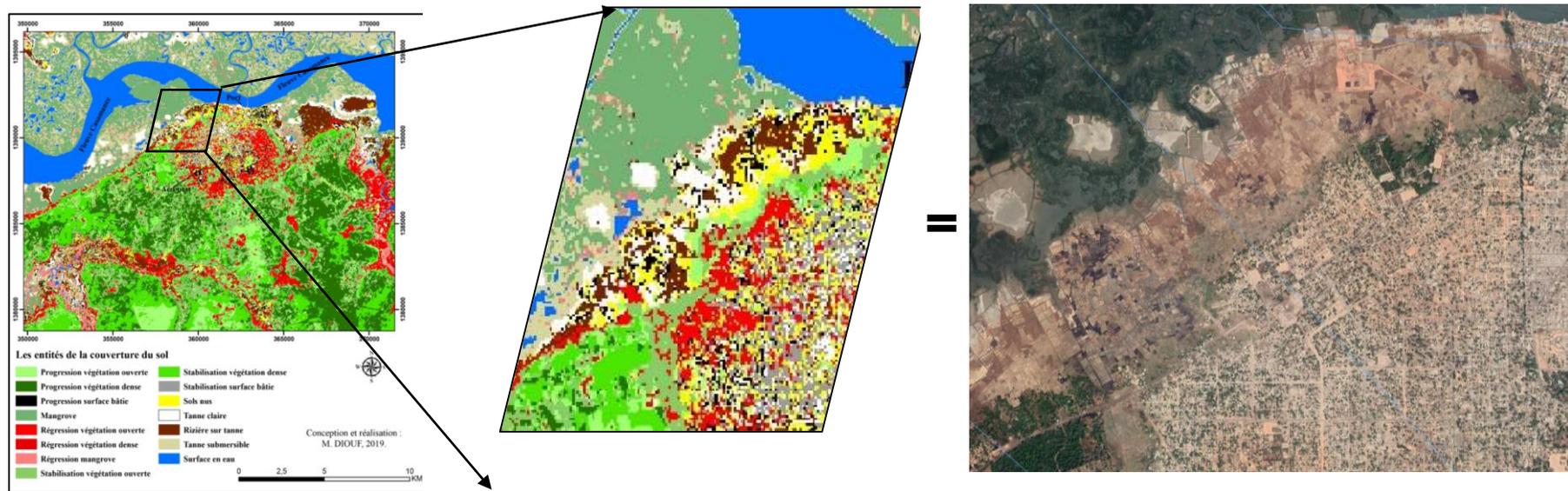


Figure 180 : La salinisation des terres et l'extension urbaine, des menaces qui pèsent sur les rizières/jardins de bas-fonds du quartier Colobane

Le travail de télédétection (deuxième partie) a été utilisé pour faire un gros plan sur les jardins des bas-fonds de Colobane (Fig. : 180). Il en ressort, une prédominance des tannes clairs (blanc) qui montrent la salinisation des parcelles. Ces dernières sont alors abandonnées, seules quelques parcelles situent à proximité du quartier sont encore épargnées mais elles doivent faire face à l'extension du quartier. En effet, on remarque également à la lisière du quartier des zones de régression (rouge) de la végétation prouvant la poussée de l'urbanisation. On voit sur l'image Google Earth que le jardinage a presque disparu malgré l'accès facile à l'eau.

Localisation Région : Tambacounda - Département : Tambacounda - Commune : Tambacounda - Zone : vallée sèche d'Abattoirs
Précisions géographiques/ repères importants : La vallée sèche traverse la ville de l'ouest à l'est.
Description général du milieu : La vallée sèche est la partie la plus basse de la ville mais également la plus verte. Cet espace est inondable pendant la saison des pluies. L'essentielle de l'activité maraîchère de la ville s'y pratique pendant toute l'année.

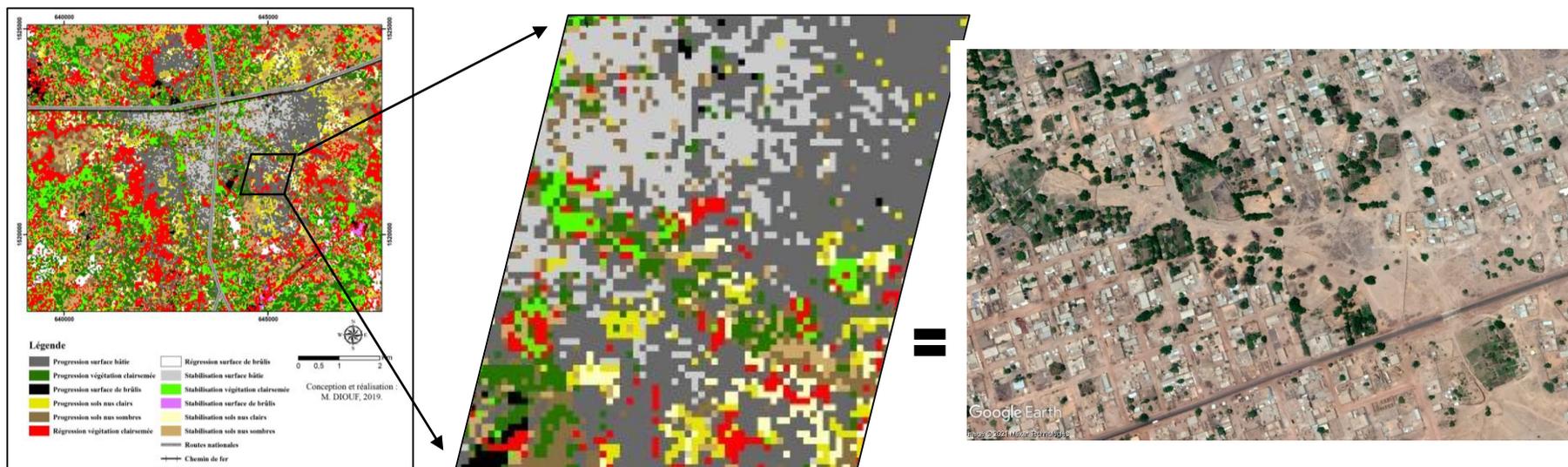


Figure 181 : Les îlots de jardins du quartier d'Abattoirs face à la pression urbaine et aux difficultés d'accès à l'eau

La figure révèle une nette progression (gris) spatiale de la ville y compris au niveau de la vallée sèche du Mamacounda (Fig. : 181), où l'on retrouve l'essentiel des périmètres dédiés à l'agriculture urbaine à Tambacounda. Ces périmètres comme l'illustre l'image Google Earth deviennent progressivement des zones habitations. Les quelques îlots de jardins qui résistent toujours sont soit situés sur des endroits accidentés soit sur des zones qui sont fortement inondées pendant l'hivernage. Ils sont également confrontés au difficulté d'accès à l'eau qui l'une des limites majeures du maintien de l'agriculture dans la ville de Tambacounda.

3.2.1 L'apport du maraichage à l'approvisionnement des villes

En dépit de la précarité de la situation dans ces sites maraichers à Dakar, à Ziguinchor et à Tambacounda, ils contribuent de façon appréciable à nourrir les villes. De nombreux légumes et fruits cultivés là fournissent en produits frais les marchés locaux et les ménages.

Les techniques de production maraichère sont presque similaires dans les différents sites. Quelques différences sont notées, notamment à Tambacounda, où ils essaient d'adapter les techniques de culture avec les moyens du bord lors des fortes températures.

Mis à part, les tas de sable utilisés à Ziguinchor pour cultiver les patates douces, l'ensemble des planches ont une forme rectangulaire et mesurent quelques mètres. Pour augmenter la production, plusieurs types d'engrais organiques et chimiques sont employés par les maraichers parfois en alternée. À Tambacounda, les engrais organiques sont surtout utilisés par les femmes, dans le cadre du développement du maraichage bio.

« J'utilise beaucoup l'engrais 10- 10 -20 (engrais chimique) et l'urée. Il y a deux façons pour l'urée, il y a l'urée MPK et il y a celui qu'on utilise pour le maraichage. L'emploi de l'urée est très simple, il faut juste mettre de l'eau mélangée à l'urée dans l'arrosoir et éviter de trop en mettre sur les feuilles. Très rapidement les feuilles vont changer de couleur et les plantes vont pousser vite aussi. Cela permet d'augmenter le rendement. »

« J'ai participé à des formations pour faire du maraichage bio. Depuis lors, J'utilise aussi du compost que je fabrique directement ici au jardin. Après une ou deux semaines, j'utilise le compost ou la fumure quand je prépare mes planches c'est-à-dire quand je retourne la terre, je la mélange directement avec le compost. J'utilise le fumier des bœufs, de moutons et des chèvres, mais aussi des feuilles mortes qu'on mélange durant 15 jours pour faire notre compost. C'est meilleur que l'engrais chimique que nous utilisons assez souvent et ça ne dégrade pas le sol. Le fait d'utiliser trop de compost pour les salades peut causer des maladies. Moi, je ne mets pas trop de fumier parce que ici la terre est très bonne. Depuis novembre, c'est la troisième fois que je mets de la salade sur ces deux planches et ça donne toujours bien. J'ai 7 planches en tout où j'ai tout préparé, j'attends juste les pépinières pour commencer le travail. Je peux faire 1 à 2 planches par jour. Je commence par arroser la terre deux jours avant de préparer les planches. »

Abdou M., maraicher dans la vallée de sèche d'Abattoirs, Tambacounda, 01/04/2017.

« Il fait très chaud ici, la chaleur empêche les plantes, notamment la salade de grandir normalement. A cause de la chaleur, je suis obligé d'arroser 2 à 3 fois la journée, tout en sachant que l'eau est une ressource très limitée à Tambacounda. Je dispose d'un puits, mais, parfois, il est asséché. Je manque également de moyens pour acheter les engrais et les semences, parce que je n'ai pas encore appris la technique pour faire mes semences moi-même. Je vais bientôt participer à une formation qui me permettra de faire mes semences. »

Maurice C., maraicher dans la vallée sèche d'Abattoirs, Tambacounda, 01/04/2017.

« On utilise de l'engrais chimique et de la cendre de bois ou des feuilles d'arbres. On utilise aussi des résidus d'arachide et les déchets des animaux. »

Mme T., femme au foyer et maraichère à Colobane/Fass, Ziguinchor, 29/03/2017.

Dans les Niayes de Pikine situées dans l'agglomération dakaroise, la production est faite de façon *a priori* intensive et elle portait sur quatre espèces au moment des visites (Tableau 42). Pour couvrir la demande d'un marché de plus de 3 millions de consommateurs, les maraichers des Niayes en général produisent en grande quantité deux ou trois espèces en fonction des saisons comme la salade qui était majoritairement cultivée pendant notre passage. La liste des espèces cultivées dans les Niayes de Pikine est cependant plus longue.

« Actuellement, je cultive que de la salade sur tous mes plants. La salade marche bien pendant cette période. »

Maraicher anonyme des Niayes de Pikine, agglomération dakaroise, 06/04/2018.

Tableau 42 : Liste des espèces cultivées dans les Niayes de Pikine

N°	Espèces
1	Laitue batavia – <i>Lactuca sativa var. capitata</i>
2	Tomate - <i>Solanum lycopersicum</i>
3	Oignon - <i>Allium cepa</i>
4	Chou - <i>Brassica oleracea</i>

Dans le circuit de commercialisation des produits maraichers, interviennent surtout des femmes, les hommes étant minoritaires.

« Ce sont les vendeurs qui viennent chercher les salades directement ici au jardin. Je vends par plan. Ce système permet à ces gens de pouvoir gérer leurs foyers. Beaucoup de pères de familles ont construit des maisons et financé les voyages clandestins des enfants vers l'Europe avec l'argent du maraichage. Il n'y a pas de prix fixe pour un plant. On marchandise et si nous tombons d'accord c'est bon. Ça dépend de l'état de la production mais les prix sont compris entre 4 500 et 8 000 CFA. Pendant, l'hivernage, nous arrivons à vendre un plant à 15 000 CFA. »

Maraicher anonyme des Niayes de Pikine, agglomération dakaroise, 06/04/2018.

Dans les périmètres du jardin bio de la gouvernance des femmes de la commune de Tambacounda et des jardins d'Abattoirs, 9 espèces étaient cultivées (Tableau 43). Parmi

celles-ci, la salade et le Bissap étaient les plus cultivées parce que la salade est très consommée en période de chaleur et le Bissap est utilisé pour fabriquer de la boisson fraîche et des crèmes glacées qui sont ensuite commercialisées. Certains légumes comme la tomate, l'oignon et le piment, n'ont pas de saison, ils sont cultivés durant toute l'année, même quand parfois les conditions climatiques ne s'y prêtent pas, mais cela est compensé par le fait que dans les sites de maraichage, l'eau est toujours présente.

« Comme il fait chaud actuellement, j'ai choisi de ne mettre que de la salade dans presque tout le jardin. La salade est moins fatigante en terme de travail, les gens l'achètent beaucoup et on peut en manger à la maison aussi ça diminue les dépenses, mais, je cultive des tomates, du gombo, des nanas, du piment. C'est la saison qui détermine ce que nous cultivons et on s'adapte aussi aux habitudes de consommation de la population. »

Abdou M., maraicher dans la vallée de sèche d'Abattoirs, Tambacounda, 01/04/2017.

« Actuellement presque dans tous les planches, on cultive du bissap. Certaines femmes ont commencé à récolter les feuilles qui sont revendues au marché... Sur le reste des plants, on cultive de la salade, c'est un peu compliqué parce que l'eau de la pluie est trop acide, on est obligé à chaque fois d'arroger après la pluie... on a des plants de nana. »

M. D., président du jardin bio des femmes de la commune de Tambacounda, 06/04/2017.

Tableau 43 : Liste des espèces cultivées dans la vallée sèche d'Abattoirs et le jardin de la gouvernance des femmes

N°	Espèces
1	Laitue batavia – <i>Lactuca sativa var. capitata</i>
2	Bissap – <i>Hibiscus sabdariffa</i>
3	Gombo - <i>Abelmoschus esculentus</i>
4	Tomate - <i>Solanum lycopersicum</i>
5	Piment - <i>Capsicum annuum</i>
6	Menthe marocaine - <i>Mentha spicata</i>
7	Poivron - <i>Capsicum annuum gr.</i>
8	Chou - <i>Brassica oleracea</i>
9	Oignon - <i>Allium cepa</i>

À Tambacounda, toute la production est destinée aux consommateurs locaux et le circuit court de commercialisation est totalement contrôlé par les femmes qui interviennent à tous les niveaux de la sortie du produit du jardin à la livraison au client. Au début de la chaîne de commercialisation, se trouvent les démarcheurs communément appelées *banabanas* qui sont des commerçantes grossistes. Elles se rendent directement dans les jardins pour marchander et acheter les plants aux maraichers. Ensuite, une fois au marché, elles revendent les légumes au détail aux femmes possédant des stands et qui ne disposent pas suffisamment de temps pour se ravitailler elles-mêmes malgré la proximité des jardins et pas suffisamment d'argent pour acheter en gros.

D'autres femmes sont à la fois grossistes et détaillantes, pour ce faire, elles intègrent un membre de la famille dans le circuit. Assez souvent, ce sont leurs filles qui ne sont plus scolarisées et pas encore mariées, qui se chargent de la vente en détail au marché.

Cette activité commerciale est féminine, même lorsque la production est restée masculine.

« Je ne m'occupe pas de la vente au marché. Je vous explique, les femmes grossistes vendeuses de légumes du marché viennent directement ici pour chercher la marchandise et elles vont vendre ensuite aux détaillants. Elles viennent soit acheter, soit réserver les planches. Je travaille avec trois femmes vendeuses qui ont la priorité sur les autres femmes. Une fois que la marchandise est vendue, elles reviennent pour verser l'argent du plant. Cela permet de lutter contre la pauvreté et de donner un peu de pouvoir d'achat aux femmes. C'est un système qui marche très bien, moi je n'ai pas le temps d'aller vendre en détail au marché. Elles maîtrisent plus le marché et elles savent gérer les choses. Elles réservent des planches qu'elles vont vendre après. La dame qui vient de réserver ces deux planches de salades, son mari ne travaille plus et c'est à elle de prendre la famille en charge. »

Abdou M., maraicher dans la vallée de sèche d'Abattoirs, Tambacounda, 01/04/2017.

« On vend tous nos produits ici à Tambacounda, il y a tout le temps de la demande. Le problème c'est qu'on ne produit pas assez pour répondre à la forte demande. Il y a les femmes commerçantes du marché qui viennent chercher directement les produits, elles les revendent et ensuite elles ramènent le montant sur lequel nous sommes tombés d'accord avant de partir...

Ça dépend, je peux avoir 20 000 CFA en une journée si j'arrive à vendre 3 planches. Dès fois c'est plus compliqué parce que tous les maraichers peuvent décider simultanément de vendre et là, le prix du produit peut baisser très rapidement. »

Maurice C., maraicher dans la vallée de sèche d'Abattoirs, Tambacounda, 01/04/2017.

Dans le périmètre maraicher bio de la gouvernance, c'est encore plus net puisque les femmes assurent elles-mêmes la production et la commercialisation des fruits et légumes. Le

maraichage est ainsi une source importante de revenus pour les femmes de la ville, en particulier des plus démunies et il contribue toujours fortement à la sécurité alimentaire des ménages pauvres.

Dans les périmètres maraichers des bas-fonds de Colobane de la ville de Ziguinchor (Fig. : 182), c'était 8 plantes qui étaient cultivées au moment de la visite (Tableau 44). Là également les femmes assurent la production et la commercialisation comme on peut le voir sur les différentes interventions de Madame T. (2017) :

« Dés fois, on achète les graines au marché et ensuite on fait les pépinières à la maison. Ce qu'on fait assez souvent, par exemple après les récoltes de tomates et de poivrons, on en prendre quelqu'un qu'on sèche au soleil pour ensuite retirer les graines qu'on garde dans boites pour l'année prochaine... On utilise de l'engrais chimique et de la cendre de bois ou des feuilles d'arbres. On utilise aussi des résidus d'arachide et les déchets des animaux... Ici dans le marché à côté. Par exemple, actuellement c'est la période pour les tomates. La bassine de tomates coûte 3 000 CFA mais une fois qu'elles commencent à se faire rare, la bassine de tomates va passer à 7 500 CFA. »

À la différence des précédents sites maraichers, les maraichères du site de Colobane produisent principalement des patates douces qui occupent plus de la moitié des parcelles cultivées.

« J'ai mis des patates parce que les patates ne demandent pas beaucoup de travail et c'est plus facile à vendre. Le gombo demande beaucoup de travail, il faut arroser tous les jours, mettre de l'engrais et enlever les mauvaises herbes, avec les patates on n'arrose qu'une seule fois chaque deux jours. »

Fatou G., femme au foyer et maraichère à Colobane, Ziguinchor, 29/03/2017.

Tableau 44: Liste des espèces cultivées dans les bas-fonds de Colobane/Fass

N°	Espèces
1	Patate douce - <i>Ipomoea batatas</i>
2	Gombo - <i>Abelmoschus esculentus</i>
3	Bissap - <i>Oseille de Guinée</i>
4	Tomate - <i>Solanum lycopersicum</i>
5	Poivron - <i>Capsicum annuum Group</i>
6	Oignon - <i>Allium cepa</i>
7	Manioc - <i>Manihot esculenta</i>
8	Piment long – <i>Capsicum frutescens</i>

À Ziguinchor, les femmes maraichères se chargent elles-mêmes de la commercialisation de leurs productions. Elles écoulent leurs marchandises selon trois circuits différents. Quand les quantités produites sont de l'ordre de quelque dizaine de kilos, elles vendent directement en détail sur le marché local, mais, quand les quantités sont importantes, elles se rendent sur les marchés hebdomadaires régionaux pour vendre aux grossistes qui se chargent de la revente aux détaillants. Troisième cas, elles entrent en contact avec les grossistes qui, après accord sur le prix, viennent récupérer les marchandises pour rallier par le bateau le marché dakarois.

« Ça dépend, si la production n'est pas beaucoup, on se limite au grand marché de Boucot pour vendre nos marchandises. Mais, si c'est beaucoup, nous partons jusqu'à Bignona... Il y a aussi le bateau pour acheminer une grande partie des productions vers Dakar où le prix est plus convenable pour nous. »

Fatou G., femme au foyer et maraichère à Colobane, Ziguinchor, 29/03/2017.

« Ici dans le marché à côté, par exemple, actuellement c'est la période pour les tomates. La bassine de tomates coûte 3 000 CFA, mais, une fois qu'elles commencent à se faire rare, la bassine de tomates va passer à 7 500 CFA. »

Madame T., femme au foyer et maraichère à Colobane, Ziguinchor, 29/03/2017.



Allium cepa

Abelmoschus esculentus

Ipomoea batatas



Hibiscus sabdariffa

Capsicum annuum

Solanum lycopersicum / *Laitues batavia*

Figure 182 : Les principales espèces cultivées dans les zones maraichères visitées. Clichés : Diouf).

3.2.2 Paroles de maraichers/es et de jardiniers/es

La quasi-totalité de ces maraichers/es et jardiniers/es interviewés dans le cadre de cette étude n'ont reçu aucune formation dans ce domaine, ils apprennent au fur et mesure qu'ils exercent comme on dit sur le tas.

« Je suis jardinier dans les Niayes de Pikine ouest. Je suis à Dakar depuis quelques mois... J'étais agriculteur dans mon village... Non, je n'ai pas eu de formation pour le jardinage. Je travaille avec mon patron, le propriétaire d'ici. C'est lui qui m'apprend à faire le métier petit à petit. »

Mamadou S., jardinier dans les Niayes de Pikine Ouest, Dakar, 05/04/2018.

« J'ai passé ma carrière dans l'enseignement primaire. J'ai toujours aimé le maraichage mais je n'avais pas suffisant de temps pour m'y consacrer à cause de mon travail. »

Maurice C., maraicher dans la vallée sèche d'Abattoirs, Tambacounda, 01/04/2017.

« Je travaille dans un projet sportif avec la mairie pour la jeunesse de la région de Tambacounda. Je voulais partir en Europe, mais la personne qui s'occupait de mes papiers m'a trahi. Depuis je suis rentré à Tambacounda... ma principale activité ou ma principale source de revenu c'est le maraichage c'est pour ça je me qualifie comme un maraicher. C'est avec cet argent que je nourris toute ma famille... j'ai fait du volontariat dans le service civique national afin d'apprendre le maraichage... J'ai également fait une formation avec les services des Eaux et Forêts pour greffer les manguiers. »

Abdou M., maraicher dans la vallée de sèche d'Abattoirs, Tambacounda, 01/04/2017.

« Je suis femme au foyer et je profite de mon temps libre pour faire du jardinage. »

Fatou G., femme au foyer et maraichère à Colobane, Ziguinchor, 29/03/2017.

« Je vivais en Guinée avec mon mari quand nous sommes rentrés... J'ai commencé à faire du jardinage quand mes enfants ont commencé d'aller à l'école parce que j'arrivais à avoir un peu de temps libre. »

Madame T., femme au foyer et maraichère à Colobane, Ziguinchor, 29/03/2017.

Les trois sites d'étude montrent donc des profils diversifiés...

✓ *Changements et renouvellement dans les Niayes de Pikine*

La genèse des zones humides des Niayes remonte au Quaternaire récent (Michel, 1973) avec un paysage de cordons littoraux successifs, de nombreuses lagunes et de lacs interdunaires. L'évolution du climat et les variations du niveau de la mer ont contribué à la mise en place d'un écosystème humide assez particulier connu localement sous l'appellation de « Niaye » (terme Wolof). La bande des Niayes s'étend de Dakar à Saint-Louis, elle possède ses caractéristiques physiques, à savoir un microclimat, l'hydromorphie des sols, les formations

végétales d'affinité guinéenne (Badiane & Mbaye, 2018). Ces conditions climatiques favorables et la proximité du marché dakarois font faire des Niayes, en particulier la Niaye de Pikine, une attrayante zone de culture maraichère. Cette activité maraichère et la croissance urbaine ont transformé le paysage primitif des Niayes de Pikine décrit en début de paragraphe. Actuellement, ces périmètres maraichers de la « Grande Niaye » de Pikine sont fortement menacés par la pression foncière qui se traduit par une intensification d'activités illicites de remblaiements clandestins. À travers un communiqué du 06 août 2018⁸⁶, le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable y rappelle que la Niaye de Pikine est classée zone humide protégée en raison de son rôle capital pour le maintien de la biodiversité, de l'atténuation des inondations et du maintien de l'activité maraichère. Pourtant, dans les lignes suivantes, des personnes disent posséder de titres de propriétés dans cette zone protégée, d'abord, intéressons-nous aux profils des maraichers de cette partie des Niayes.

Dans les Niayes de Pikine, la profession de maraicher s'est aujourd'hui rajeunie, tout en se masculinisant. Les maraichers des Niayes de Pikine sont, de nos jours, majoritairement des jeunes hommes venant de l'intérieur du pays principalement après l'exode rural consécutifs aux mauvaises récoltes ces dernières années. Ces nouveaux maraichers sont pour la plupart d'anciens d'agriculteurs qui pratiquaient l'agriculture pluviale fondée sur des cultures de rente (arachide) ne nécessitant aucune qualification ou formation. Dès leur arrivée, ils apprennent sur le tas en se rapprochant des plus anciens parfois détenteur de parcelles qui leurs confient de petites tâches parce qu'ils n'ont pas d'expérience dans le maraichage et très peu sont instruits. La commercialisation de la production est principalement assurée par les femmes résidant dans les quartiers populaires à côté (Pikine, Parcelles...). Elles achètent la marchandise aux producteurs pour ensuite la revendre dans les marchés dakarois.

Leurs revenus modestes proviennent exclusivement des activités maraichères auxquelles ils se consacrent totalement avant de trouver un autre emploi mieux rémunéré. Le maraichage est ainsi un moyen d'insertion dans la société urbaine. Dès la première opportunité et après avoir économisé un peu d'argent, ils n'hésitent pas à abandonner les jardins pour laisser la place aux nouveaux arrivants. Le fait de ne pas être propriétaire des parcelles et de ne pas disposer de papier donnant un droit d'exploitation, empêchent ces jeunes de se projeter comme futur maraicher. La figure ci-dessous (183) résultant d'une enquête effectuée par Diop, Faye et Sow sur un échantillon de 40 individus constitué de commerçants et d'exploitants, révèle que 16 maraichers sont propriétaires de leurs parcelles et les 23 autres ne sont pas propriétaires des parcelles qu'ils cultivent. Près de 75 % disent disposer d'un permis d'occuper pour 25 % qui disent être en possession d'un bail. Les procédures et modes d'acquisition de la terre dans les Niayes de Pikine sont divers, 45,7% sont

⁸⁶ Site officiel : [Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés \(denv.gouv.sn\)](http://Direction.de.l'Environnement.et.des.Etablissements.Classés.(denv.gouv.sn))

propriétaires, 20% ont hérité des parcelles, 20% pratiquent le métayage⁸⁷, 11,4% ont loué les parcelles et 2,9% ont bénéficié de prêt de parcelles (Diop *et al.* 2019). L'identification des propriétaires possédant un titre est une question très sensible depuis le classement de la Niaye de Pikine en zone protégée, il y a beaucoup de réticence des interlocuteurs sur ce sujet.

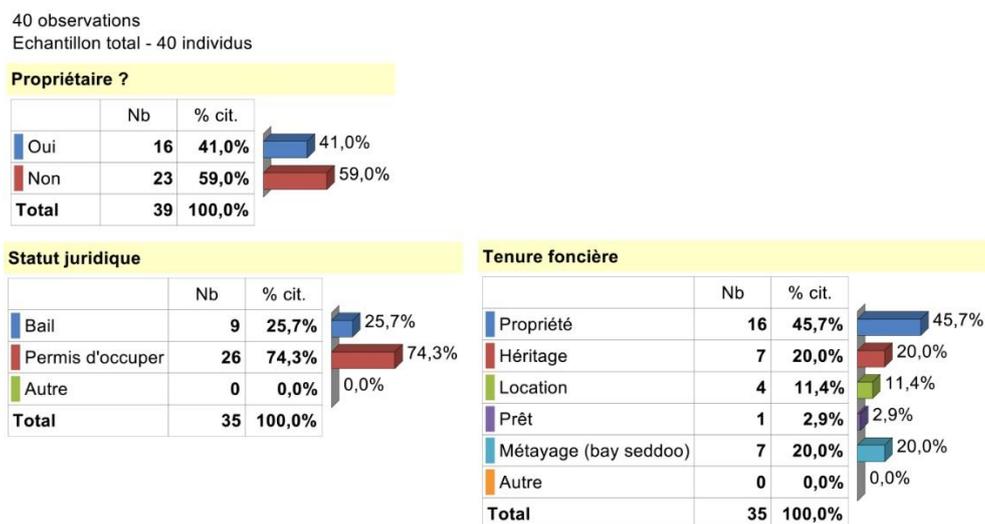


Figure 183 : Statut foncier des exploitants agricoles (Diop *et al.* 2019).

« Nous nous sommes installés comme ça sans autorisation, ni papier pour exploiter. Ces activités maraichères aident beaucoup de personnes. Nous sommes dans une situation très précaire, il suffit juste qu'il y ait une personne qui a plus d'argent pour récupérer ces terres. L'ami qui m'a passé ce jardin c'est son père qui cultivait ici... c'est le seul travail que nous puissions exercer à Dakar. Prendre ces terres c'est des jeunes et des chefs de familles au chômage. Mais, le pouvoir de l'argent écrase tout sur son passage. »

Maraicher souhaitant garder l'anonymat, Niayes de Pikine, agglomération dakaraise,
06/04/2018.

✓ *Le cas des zones de maraichage de Tambacounda*

Contrairement aux sites de Ziguinchor et de l'agglomération dakaraise, les profils des maraichers sont divers à Tambacounda. Aussi bien à Abattoirs qu'à Liberté, les deux sites étudiés à Tambacounda. Les maraichers sont des hommes ou des femmes, mais ils sont plus ou moins âgés (plus de 35 ans) et il y a très peu de jeunes dans cette activité contrairement à Dakar. Au niveau du site d'Abattoirs (vallée sèche du Mamacounda), les producteurs sont principalement des hommes venus d'horizons différents, on a rencontré des retraités de divers corps de métier (enseignant, policier...) reconvertis dans le maraichage, mais aussi des hommes encore actifs qui exercent comme complément à d'autres activités.

⁸⁷ Métayage : Les personnes disposant de parcelles peuvent les donner aux jeunes saisonniers contre une partie de la récolte.

À Liberté, en revanche, les profils sont différents, puisque ce sont toutes des femmes. Néanmoins, le président du jardin bio des femmes de la commune de Tambacounda est un homme, M. D., qui nous explique :

« Ce jardin n'est pas mixte, il est exclusivement réservé aux groupements de femmes de la commune. L'espace est prêté aux femmes de la commune, il appartient à la gouvernance... L'espace est clôturé puis aménagé grâce à l'aide de l'association ACTION-AIDE. En plus du jardin, on devrait ajouter un poulailler, un espace pour les poissons et un espace horticole. Il s'appellera Périmètre Maraîcher Intégré Bio Dynamique. »

Les associations regroupent des femmes au foyer, des commerçantes, des enseignantes etc. et l'activité maraîchère constitue une rentrée d'argent pour toutes ces femmes. Les parcelles sont partagées de la manière suivante :

« Les femmes faisant partie de l'association du quartier ont été prises en priorité. Au départ, il y avait 152 femmes sélectionnées. Celles qui ne viennent pas sont progressivement remplacées par d'autres. Les femmes les plus proches du jardin sont prioritaires. » M. D.

Comme à Dakar et à Ziguinchor, les parcelles n'appartiennent pas aux maraîchers et maraîchères qui les cultivent durant une bonne partie de l'année. Il se pose ainsi la question de la vulnérabilité des maraîchers urbains, ainsi que celle de l'avenir de l'agriculture urbaine, problème général aux différentes villes d'étude. Les autorités municipales tentent de se justifier :

« ... Des familles se sont installées malgré l'interdiction de la mairie... On a demandé à ces familles de quitter ... Ces espaces sont maintenant occupés par des femmes et des hommes pratiquant le maraîchage parce que tout simplement la nappe phréatique est plus proche, le sol nécessite moins de préparation pour des activités maraîchères et grâce aussi à l'humidité de la zone... Il y a une forte pression foncière parce que la ville s'accroît de plus en plus et il manque d'espace. L'autre aspect est que nous bénéficions actuellement de la part de l'État d'un programme d'assainissement à hauteur de 4 milliards qui consiste à installer des outils d'évacuation des eaux usées et des boues de vidange, du coup le tracé de cet ouvrage va passer sur beaucoup de jardins qui vont disparaître. Comme ces espaces sont considérés comme des zones non constructibles sur notre plan local d'urbanisme, les gens savent qu'ils ne doivent pas rester là-bas. Certains maraîchers essayent de faire des demandes pour devenir propriétaire de leur jardin mais en vain. »

Entretien avec le premier adjoint au maire de Tambacounda chargé des questions environnementales et d'assainissements, M. Bounama K., 05/04/2017.

✓ À Ziguinchor, une activité complémentaire qui s'est féminisée

Le maraîchage est une activité qui s'est féminisée à Ziguinchor. C'est ce qui a pu être observé, à Colobane/Fass. Le maraîchage y constitue de nos jours une activité presque

réservée aux femmes en majorité mariées qui, lorsqu'elles se libèrent des travaux domestiques, deviennent maraichères. Elles s'organisent de façon différente, certaines femmes, seules au foyer et n'ayant pas d'enfant pour les aider, n'arrivent à se libérer que la fin des après-midis après les travaux domestiques et quand le soleil est moins fort, vers 15H ou 16H pour un retour à la maison vers 19H ou 20H coïncidant avec le coucher du soleil et la préparation du dîner. D'autres femmes parce qu'elles sont plusieurs dans la maison, peuvent réserver deux à trois journées complètes de la semaine, pendant lesquelles elles sont déchargées des corvées domestiques communes (faire à manger et nettoyer de la maison...) se consacrent aux travaux maraichers. Nous avons également remarqué que les femmes sollicitaient plus leurs filles quand elles ont besoin d'aide au jardin que les garçons. Des saisonniers sont aussi présents dans les jardins, ils sont payés par les femmes.

Les produits et les revenus tirés de ces jardins permettent à ces femmes et hommes de contribuer de manière significative à l'autosuffisance alimentaire de leur famille et de participer financièrement, entre autres, à la scolarisation des enfants.

Elles se sont constituées en associations pour solliciter des financements et des aides, mais ceci reste limité et elles ne peuvent pas se permettre d'effectuer des travaux coûteux comme poser des clôtures en dur ou mettre en place un système d'irrigation. Elles se limitent donc à acheter du matériel de maraichage.

« On avait des arrosoirs et des brouettes pour toute l'association qu'il fallait faire tourner en nous, sauf que nous sommes très nombreuses et il n'avait pas autant d'arrosoirs. Je pense qu'il avait 5 brouettes pour toute l'association. »

Madame T., femme au foyer et maraichère à Colobane, Ziguinchor, 29/03/2017.

Les parcelles sont cultivées par les femmes durant 9 mois sur 12, mais elles sont seulement prêtées par des hommes qui y pratiquent la riziculture pendant l'hivernage. Or, face à la forte pression foncière, certains propriétaires n'hésitent pas à revendre les parcelles, mettant ainsi en danger la principale activité des femmes du quartier Colobane.

« Les parcelles sont prêtées par les Diolas. Pendant l'hivernage, ils reprennent les parcelles pour cultiver du riz et pendant la saison sèche ils nous les prêtent. Mais, nous donnons un peu d'argent, par exemple moi, je donne 5 000 CFA pour ma parcelle. »

« La ville de Ziguinchor est pleine maintenant. Si tu vas dans chaque quartier, tu verras que les habitations ont débordé dans les bas-fond. La clôture que vous voyez juste devant nous, les machines ont passé une semaine dedans à couper les manguiers c'est comme ça qu'on avance dans les bas-fond. C'est sûr que, un jour, il y aura des maisons jusqu'ici. Je ne sais pas si je serais toujours vivante mais ça arrivera un jour. Il y a aussi la corniche qui passe juste derrière. Ici, il n'y a pas un autre travail que les femmes d'un certain âge peuvent faire à part le maraichage. Tous nos espoirs reposent sur ces jardins, s'il n'y a plus de jardin, on sera obligé

de rester à la maison sans activité. Cette activité nous permet de combler certaines dépenses de la maison. »

Fatou G., femme au foyer et maraichère à Colobane, Ziguinchor, 29/03/2017.

3.2.3 Difficultés rencontrées par les maraichers

Les maraichers rencontrés m'ont aussi fait part des difficultés auxquelles ils font face au quotidien. Ces difficultés sont de diverses natures en fonction des villes et peuvent avoir des origines naturelles ou anthropiques. Cependant, le problème majeur et commun à tous les maraichers des villes visitées est la régression accélérée des périmètres maraichers à cause de la forte croissance urbaine. Pourtant, l'emplacement des jardins est, à première vue, hostile à l'urbanisation, dans des zones inondables et parfois accidentées, comme c'est le cas dans les sites étudiés que ce soit dans les Niayes de Dakar, les bas-fonds de Ziguinchor ou la vallée sèche de Tambacounda. Malheureusement, la pression foncière est forte du fait de la saturation de ces villes et du prix élevé de ces terrains car se trouvant dans des endroits stratégiques. Cela prime néanmoins sur l'activité maraichère, malgré le fait aussi que ces endroits sont classés dans les PLU (planches locaux d'urbanisme) des communes concernées comme non constructibles.

En outre, les maraichères de Ziguinchor m'ont signalé qu'elles étaient également confrontées à d'autres problèmes et non des moindres, notamment la salinisation des parcelles. Elles sont aussi souvent débordées par les charges quotidiennes du travail domestique. Dans ce cadre, le maraichage est d'autant plus pénible qu'il faut enlever les mauvaises herbes à la main avec une position peu confortable sur une longue période pour des femmes qui ont souvent 45 ans et plus. Elles doivent aussi lutter contre les insectes ravageurs, en mettant de la cendre de bois sous les plantes pour les chasser, mais cette technique marche plus ou moins.

« Le problème c'est que toutes les productions murissent en même temps cela fait baisser les prix des marchandises parce qu'il y en a partout et dans toutes les familles... Le travail est trop fatigant parce qu'il y a les travaux domestiques de la maison qu'il faut d'abord accomplir. Il y a ces herbes qui empêchent les patates de pousser normalement et il y a des insectes qui détruisent les plantes. Le principal problème est la salinisation des terres cultivables parce qu'on perd des jardins chaque année. »

Fatou G., femme au foyer et maraichère à Colobane, Ziguinchor, 29/03/2017.

La salinisation des parcelles a été une importante perte pour ces familles qui en tiraient leurs moyens de subsistance, celles-ci ont été obligées de se reconvertir dans d'autres secteurs d'activités notamment dans les cultures de rente sous pluie au niveau du plateau. Comme nous le rappelle M. Yaya D., responsable d'Océanium, du quartier Colobane, Ziguinchor :

« Dans les années 1970-1973, il y avait des années de sécheresse et la pluviométrie a considérablement baissé. Cela a eu des conséquences négatives sur les terres agricoles, en l'occurrence leur salinisation. En 1993, il y a des gens qui ont essayé de cultiver, mais en vain. Ma famille a arrêté de cultiver nos champs dans les années 1970, je pense que notre dernière année ici date de 1974, on a préféré aller cultiver de l'arachide et du mil. Mon père a continué de faire de la pisciculture en conservant les digues et au lieu du riz, il gagnait du poisson et, quand je suis arrivé, la première chose, j'ai repris les digues. »

Forte heureusement, M. D. ne souhaite pas abandonner ces parcelles, simplement parce que, selon lui, *« On ne peut pas perdre ces parcelles »*. Il a mis en place une expérimentation pour faire du maraichage et de l'arboriculture sur ces parcelles salées et il s'est également lancé dans la désalinisation. Cette expérimentation semble bien marcher parce que certaines espèces végétales ont repeuplé les parcelles qui ont été sélectionnées (Fig. : 184). On s'est longuement entretenu avec lui afin de comprendre comment il s'y prend. Voici, un extrait de notre entretien tenu le 27/03/2017 :

Comment procédez-vous pour désaliniser ces parcelles ?

« J'ai mis des digues un peu partout le long du fleuve, c'est pour ça que l'eau salée n'avance plus... Après, j'ai créé des cases que j'ai fermées et j'attends les premières pluies. Une fois que les cases sont remplies par l'eau de pluie, je vais ouvrir un côté et toute la quantité d'eau part dans le bras du fleuve puis je referme et j'attends encore une autre pluie jusqu'à qu'elles se remplissent à nouveau. Je vais ouvrir encore une deuxième fois. Je refais la même chose une troisième fois. Au début de la troisième, même si je ne cultive pas, je laisse l'eau stockée. Cependant, il ne faut jamais laisser l'eau salée remonter. Si vous faites ça cette année et l'année prochaine aussi, c'est sûr que au bout de la troisième année vous pouvez cultiver votre champ. J'ai perdu beaucoup de champs à cause de la salinisation. J'ai tenté l'expérience de l'autre côté et j'ai récolté cette année. »

Quel est le rôle de la mangrove dans le processus de désalinisation ?

« Les mangroves se sont des barrages naturels et elles sont également des lieux de reproduction et d'abri contre les prédateurs (oiseaux et hommes) pour les poissons. La particularité d'Avicennia par rapport à Rhizophora est qu'il prend le sel et laisse l'eau douce. Si tu prends une feuille, tu vois bien que le sel est présent en surface et dans la feuille. C'est une espèce qui peut vivre même vers l'intérieur des terres comme ici. C'est la raison pour laquelle nous faisons beaucoup de reboisement en partenariat avec l'Océanium. Elle n'est pas la seule organisation, mais c'est la plus visible, elle a reboisé 12 000 hectares. »

Quel traitement faites-vous sur le sol salinisé avant de le cultiver ?

« J'ai enlevé la première couche qui contient le sel et la deuxième couche. Ensuite, j'ai mis des feuilles et j'ai remis la deuxième couche qui n'est pas salée et j'ai ajouté des feuilles à nouveau qui servent d'engrais (Fig. : 184). À force d'arroser, le sol garde beaucoup d'humidité. C'est

quand il n'y a pas d'humidité c'est-à-dire très peu d'eau, l'eau évaporée et laisse le sel. Raison pour laquelle, j'ai planté ces espèces rampantes pour avoir de l'ombre et limiter l'évaporation de l'eau. »

Avec quelle eau arrosez-vous, parce que tout est salé autour ?

« Je n'ai pas d'eau à proximité pour arroser parce que toute l'eau est salée, je suis obligé de faire 15 minutes de marche pour aller chercher l'eau. Le matin je ramène deux bidons de 20 litres et après le travail, j'arrose avant de descendre. C'est le plus grand problème que j'ai actuellement. »

Yaya D., responsable d'Océanium du quartier Colobane



Figure 184 : Parcelles expérimentales de désalinisation dans les bas-fonds de Colobane (Ziguinchor) par Yaya D. Clichés : Diouf, 2017.

À Tambacounda, les difficultés des maraichers sont différentes de celles de Ziguinchor. En effet, les maraichers d'Abattoirs et du jardin de la gouvernance doivent principalement faire face au manque d'eau (Fig. : 185 ; P4), la maîtrise de l'eau étant évidemment indispensable dans ce secteur d'activité. Signalons que pendant la saison sèche, il n'existe plus de surface d'eau permanente dans la ville. À cette difficulté s'ajoute celle des chaleurs extrêmes dans ces régions intérieures qui compliquent la culture de certaines espèces et rendent les conditions de travail très pénibles. La qualité du sol pose aussi souvent problème aux maraichers et la salinisation des parcelles (Fig. : 185 ; P1).

« Le principal problème à Tambacounda c'est l'eau, nous ne disposons pas de suffisamment d'eau, malgré les sommes énormes investies avec les puits et le système d'irrigation. On lutte également pour devenir propriétaires des jardins parce que les maisons sont très proches de nos jardins et on a peur de les perdre. Nous sommes confrontés à certaines maladies des plantes que l'on ne maîtrise pas tout le temps. Par exemple pour les tomates, c'est une variété hollandaise et elles n'aiment pas trop de soleil et la forte chaleur... Nous utilisons des moustiquaires pour réguler et diminuer la chaleur (Fig. : 185 ; P2). Si la température est à 43

ou 42 degrés dehors, avec les moustiquaires, on arrive à faire baisser la température à 40 degré. Elles protègent les tomates et sont aussi utilisées dans les maisons »

Abdou M., maraicher dans la vallée de sèche d'Abattoirs, Tambacounda, 01/04/2017.

« ... L'autre problème est que le sol est très dur, il faut retourner plusieurs fois le sol avant de semer. Quand je suis arrivé la première fois, le propriétaire du jardin voulait que je commence directement le travail sans préparer le sol, du coup tous les planches que tu vois de l'autre côté sont redevenus secs. Pour faire les planches, on est obligé de creuser pour retourner la terre et par la même occasion couper les racines des arbres qui sont à côté parce qu'elles aspirent l'eau. De ce fait, le sol ne reste pas très humide pendant longtemps. »

Maurice C., maraicher dans la vallée sèche d'Abattoirs, Tambacounda, 01/04/2017.

Dans les Niayes de Pikine, les conditions sont plus favorables pour les activités maraichères par rapport aux autres sites ... mais la pression foncière y est extrêmement plus importante. Certains maraichers éloignés de la mare et ne disposant de moyens pour s'équiper en moto pompe peuvent cependant avoir des difficultés pour acheminer l'eau.

« Nous avons un problème d'eau parce que notre jardin se trouve très loin de la mare... Certains ont des pompes à eau qui sont alimentées par un groupe électrogène. Je n'ai pas les moyens pour acheter l'équipement, ni l'essence pour alimenter le groupe quotidiennement ... Le plus grave problème c'est la récupération des jardins au niveau de la technopole. Des jardins ont été achetés et remblayés (Fig. : 185 ; P3) par le milliardaire Serigne Mboup propriétaire de CCBM... Ils ont chassé les jardiniers ... qui se retrouvent sans travail. Pour l'instant, je suis épargné mais je sais que ça ne va pas durer longtemps. »

Maraicher anonyme des Niayes de Pikine, agglomération dakaroise, 06/04/2018.



P1 : Des parcelles rizicoles inexploitable à cause de la salinisation à Colobane (Ziguinchor).

P2 : Adaptation des maraichers d'Abattoir (Tambacounda) face à la chaleur extrême. Création de serre artisanale avec des moustiquaires recyclées.

P3 : Forte pression foncière sur les périmètres maraichers urbains dakarois, exemple des Niayes de Pikine, canalisation qui divise un jardin en deux.

P4 : Problème d'accès à l'eau notamment à Tambacounda.
Clichés : M. Diouf, 2016, 2018.

Figure 185 : Les problèmes rencontrés par des maraichers urbains et périurbains

4 Autres usages de la végétation par les sociétés urbaines sénégalaises

4.1 Les ligneux urbains, une ressource en bois très convoitée

Les ligneux constituent aussi une importante ressource de bois pour d'autres utilisations que celles déjà étudiées dans ce chapitre dans les zones urbaines comme dans les campagnes (Tableau 45). Ils sont souvent utilisés comme bois de service pour fabriquer des poteaux, des piquets, des perches et des planches pour les clôtures des maisons et des jardins, pour des toitures, des charpentes et du petit mobilier. Les artisans notamment les « *lahobes* », artisans spécialisés dans le travail du bois. Ils se subdivisent en deux groupes : les *Lawbe lana* spécialisés dans la fabrication de pirogues et les *Lawbe worworbe* qui fabriquent divers objets de la vie quotidienne (mortiers, pilons, cuillères, coupes, plats, instruments de musique, sièges etc.). Ce sont eux qui ont recours à la végétation ligneuse locale.

Les ligneux locaux sont choisis par les habitants selon des critères bien spécifiques. Ils sont sélectionnés en fonction de leur solidité, de leur dureté et de la légèreté de leur bois, de leur résistance à la pourriture, aux termites et aux insectes foreurs et de la facilité de travail du bois. « *Le bois de nombreuses espèces de palétuviers étant considéré comme durant longtemps et résistant aux termites, on en fait des piquets et des poteaux largement utilisés pour la construction de maisons rurales et de fondations urbaines.* » (Gaudin, 2006).

« *La construction d'une case requiert 5 à 6 perches d'une circonférence moyenne de 22 cm. Un pied d'environ 25 à 30 cm de circonférence est placé au centre de la case. Ce poteau aide les chevrons à supporter la case. Le toit est composé de 30 lattes d'une circonférence moyenne de 10 cm ;* » (Van Den Berghen & Manga, 1999).

Dans les quartiers populaires de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda, l'usage des ligneux locaux dans la confection des toits, des clôtures, des charpentes et des lits (*bento*) reste très fréquent chez les classes démunies (Fig. : 186). Alors que dans les quartiers résidentiels et dans l'agglomération dakaroise, les habitants ont de plus en plus recours aux bois importés et industriels.

Tableau 45 : Les ligneux les plus fréquemment utilisés par les habitants des îlots

Espèces	Types d'usages	Lieux
<i>Adansonia digitata</i> (Baobab)	Cordage : l'écorce sert de corde pour confectionner les pailles des cases et des clôtures.	Colobane Abattoirs
<i>Borassus aethiopum</i> (Palmier rônier)	Branches : elles sont coupées pour servir de clôture pour les maisons, les jardins ou de protection pour les arbustes. Le tronc est utilisé comme charpente et pour faire des piquets.	Colobane
<i>Ceiba pentandra</i> (Fromager)	Son bois léger est utilisé pour la fabrication du contreplaqué. La plupart des emballages légers et des coffrages sont faites avec ce bois.	Ziguinchor
<i>Cocos nucifera</i> (Cocotier)	Troncs : les troncs sont coupés puis séchés au soleil. Ils sont ensuite coupés par tranches pour servir de charpentes pour les toits des maisons. Les branches : clôtures surtout pour les jardins.	Ziguinchor
<i>Cola acuminata</i> (Kolatier)	Les noix sont utilisées pour teinter les habits.	Colobane
<i>Elaeis guineensis</i> (Palmier à huile)	Branches : elles sont utilisées pour servir de clôtures et le tronc pour la charpente.	Colobane
<i>Landolphia heudelotii</i>	Production de caoutchouc et de colle.	Colobane
<i>Rhizophora spp.</i> (Palétuvier)	Les branches : elles sont très utilisées dans la construction des maisons traditionnelles et servent aussi de piquets pour les clôtures et de bois pour les charpentes.	Colobane
<i>Tectona grandis</i> (Teck)	Le bois : c'est le bois le prisé pour la fabrication des lits, des masques artisanaux, des djembés et des armoires de cuisine.	Ziguinchor
<i>Pterocarpus erinaceus</i> (Vène)	Le bois : charpente, sculpture. Il est également très utilisé comme bois d'œuvre.	Ziguinchor
<i>Zizyphus mauritania</i> (Jujubier)	Branches : ces branches épineuses sont utilisées comme protection contre les animaux sur les clôtures des jardins et des maisons	Abattoirs, Colobane.

Source : Enquêtes auprès des habitants en 2016 et 2017, par M. Diouf.

Plusieurs espèces végétales peuvent être mobilisées de différentes manières (Tableau 45).

« Les branches des cocotiers et des rôniers nous permettent de faire des clôtures pour la maison et les jardins et le tronc sert de charpente lors de la construction des bâtiments. Le bois issu du palmier à huile a une durée de vie qui avoisine les 60 ans ».

Entretien avec Ibrahima F. à Ziguinchor, le 28/03/2017.

À Ziguinchor, la végétation des vasières de l'estuaire, constituée d'une mangrove à *Rhizophora* a connu des abattages systématiques pour la réalisation des habitations, des infrastructures portuaires par exemple des débarcadères de fortunes ce qui est souligné dans les entretiens. Cependant, les prélèvements effectués sur les arbres plus directement inclus dans la végétation urbaine le sont moins.



1 : branches de rôniers coupées pour d'autres types utilisations ; **2** : troncs fendus palmier servant de charpente pour un bâtiment ; **3** : clôture fabriquée avec des branches de Rôniers et de Palmier à huile ; **4** : troncs fendus de palmier.

Figure 186 : Fabrication traditionnelle de toits, de charpentes et de clôtures avec des troncs et des branches de palmiers à huile et de Rôniers à Ziguinchor. Clichés : M. Diouf, 2015.

4.2 Les représentations culturelles des végétaux dans la société sénégalaise

« Pour celui qui y vit, l'environnement n'est pas un décor immuable, mais le résultat de ses pratiques qui sont le reflet du système de représentations, lui-même moteur de ses pratiques » (Friedberg, 1992).

Les rapports entre les populations et leur environnement sont vivaces aussi bien sur des aspects alimentaires qu'économiques. Au-delà de ces aspects, la société entretient un rapport non objectif avec son environnement naturel, ce rapport dépend d'éléments difficiles à appréhender qui procèdent de la croyance et de la signification du monde que la société se donne.

L'analyse culturelle passe par une démarche anthropologique qui rend compte de la curiosité technique sur les savoir-faire et les représentations mentales, sociales et symboliques d'une société (Mauss, 1973 ; Lévi-Strauss, 1983). Cette démarche permet également de sauvegarder des savoirs locaux et traditionnels portant sur l'utilisation durable de nombreuses espèces, connaissances qui s'avèrent primordiales pour leur gestion (Bellefontaine *et al*, 2001)

Au Sénégal, l'arbre a joué un rôle symbolique dans l'établissement des villages, plus tard devenus gros bourg ou petites villes. L'arbre ou le groupe d'arbres a été interprété comme un signe propice à l'établissement d'une agglomération future souvent en raison de la proximité de l'eau, de la fertilité des terres ou de l'abondance du gibier dont ils sont des indicateurs fiables (Séne, 1993).

Les vocabulaires évoquant des termes toponymiques, dérivés de noms ou de produits d'arbres, montrent l'importance des relations entre l'homme et son milieu écologique (Seignobos, 1980), permettant ainsi de retracer le façonnement des paysages. Ceci étant, beaucoup de villes et de gros bourg du sahel ont d'ailleurs des noms dérivés de ceux d'arbres, nous pouvons citer en exemple, la ville de Dakar dont le nom viendrait du nom en wolof du Tamarinier (*Tamarindus indica*). C'est la raison pour laquelle, le plus souvent des arbres comme le baobab, le karité et le palmier signalent de loin les villages africains. Une fois l'agglomération établie, la végétation doit répondre aux multiples besoins de la population (Séne, 1993). Les arbres tels que le Baobab renseignent également sur le passé des hommes et leurs déplacements (Seignobos, 1980).

L'arbre évoque le lien entre le monde tellurique et le cosmos, entre la vie et la mort, il confère l'autorité et perpétue la tradition (Boffa, 2000). Il est souvent associé à l'enracinement de l'homme dans son terroir (Dognin *et al*, 1997). En effet, L'existence d'arbres sacrés, de bois et de forêts sacrés dans la société sénégalaise est bien une réalité. Il s'agit de lieu ayant une importance religieuse, magique et mystique, faisant le lien avec un univers au-delà du monde physique (Benoist, 2011).

L'exemple le plus typique est l'établissement et la conservation de bois, de forêts et d'arbres sacrés chez certaines ethnies au Sénégal. Ces espaces sacrés couvrent souvent de

petites superficies, au sein desquelles, les défrichements, les cultures, les coupes de bois et la récolte de produits non ligneux y sont strictement interdits sauf en cas d'autorisation de l'esprit des ancêtres. Ces sites sacrés deviennent ainsi des zones de refuges (conservation et protection) pour certaines espèces végétales et animales (DEFCCS, 2004). Chez les diolas, l'arbre le plus couramment utilisé pour recevoir les sacrifices est le fromager (*Ceiba pentandra*), il devient alors le cœur du bois sacré où se tient les événements culturels comme la circoncision des jeunes garçons ou autres étapes de la vie et religieux. L'autorité de certains aînés est liée au fait qu'ils gardent les lieux sacrés des esprits qui ont un pouvoir sur la fertilité humaine et la productivité des rizières (Fairhead et Leach, 1994).

D'autres ethnies s'adonnent aussi à ces pratiques, c'est l'exemple des sérères, ils ont les mêmes pratiques que les diolas. Cependant, nous ne sommes plus à l'échelle d'un bois ou d'une forêt mais d'un arbre ou d'un groupe d'arbres dépassant rarement 10 arbres, ces arbres sacrés sont le domaine des ancêtres-fondateurs dont ils abritent les tombes et où siègent les grands panghols sérér (Pélissier, 1980). Ils sont également le lieu de prière et de rassemblement. Le plus souvent, il s'agit d'un ou de plusieurs Baobabs (*Adansonia digitata*) et parfois d'un ou de plusieurs Caïlcédrat (*Khaya senegalensis*).

La place de certaines essences dans l'imaginaire trouve son origine dans des spécificités phénologiques, tels *Faidherbia albida*, qui en raison de son cycle de feuillaison inversé peut être adopté ou délaissé par les sociétés (Bellefontaine *et al*, 2001). Au Sénégal, *Faidherbia albida* est considéré par les populations comme l'arbre miracle car il représente une importante source d'alimentation pendant la saison sèche. Les populations du bassin arachidier vont plus loin en le considérant comme garant du maintien de l'équilibre du milieu (Touré *et al*, 1997). Chez d'autres peuples africains, comme au Tchad près du Baguirmi, *Faidherbia albida* est un arbre qui n'a pas de bénédiction sur lui, car il ne se nourrit pas de la même eau que les autres (Verdier, 1980), l'utilisation dans ce cas reste très limitée.

Ces représentations culturelles et religieuses de l'arbre que nous venons d'énumérer sont applicables à l'espace rural où chaque entité ethnique possède son arbre. Dans un contexte urbain marqué par la présence d'essences exotiques, de pluralité ethnique et le cosmopolitisme de l'arbre urbain, pouvons-nous prétendre à une représentation culturelle et religieuse de l'arbre urbain ?

En résumé, l'analyse des discours concernant les changements enregistrés sur le couvert végétal des sites d'étude depuis 1973 révèle que parmi les facteurs attribués au recul de la végétation constaté dans la partie 2^e(télédétection), les usages et les pratiques de la végétation par les sociétés urbaines (bois-énergie, alimentaire et médicinale) sont relégués au second plan bien après l'étalement urbain. Ils sont cependant considérés comme étant des facteurs pouvant accélérer le rythme de régression de la végétation à cause de l'intensification des prélèvements corollaire à la forte augmentation de la population urbaine (chapitre 2) et à la non maîtrise des techniques de récolte. Il faut noter que cette thèse n'a pas permis de caractériser ni de spatialiser les impacts de ces usages sur l'évolution de la végétation dans les agglomérations étudiées, mais une chose est sûre, les populations ont montré leurs préoccupations liées aux usages difficilement contrôlables qui renforcent la vulnérabilité de la végétation.

D'autres inquiétudes ressortent des entretiens, il s'agit de la pression urbaine exercée sur les périmètres de maraichage et de jardinage (agriculture urbaine et périurbaine) et leur devenir dans les Niayes (Dakar), dans les bas-fonds de Ziguinchor et au niveau de la vallée sèche du Mamacounda (Tambacounda). Ces zones sont pourtant *non aedificandi* mais face à la pression foncière, elles sont remblayées pour ensuite être construites. Il s'y ajoute l'incertitude de l'avenir professionnel des personnes qui travaillent dans ce domaine dont les profils sont variés, principalement des femmes à Ziguinchor et des hommes à Dakar. En plus, elles doivent s'adapter et trouver des solutions contre la salinisation des parcelles (construction de digues et piégeage de l'eau de pluie) à Ziguinchor et les chaleurs extrêmes à Tambacounda (fabrication de serre artisanale avec des moustiquaires).

Les enquêtes auprès des habitants ont également permis de mettre en évidence les biens que fournissent la végétation en milieu urbain et périurbain. La végétation des aires urbaines de Ziguinchor et de Tambacounda répond aux besoins énergétiques (bois mort et charbon de bois) des ménages avec des espèces particulièrement recherchées et présentes dans le tissu urbain de Ziguinchor comme l'Anacardier et le Manguier. Ce qui n'est pas le cas dans l'agglomération dakaroise et la ville de Touba car l'approvisionnement est assuré par la végétation située en dehors de leurs aires urbaines principalement en Casamance et au Sénégal oriental. Les espèces ligneuses fournissent des ressources alimentaires (feuilles et fruits essentiellement) même si en ville ces ressources ne représentent pas la base de l'alimentation. Les ligneux comestibles sont plus présents dans les quartiers résidentiels riches que dans les quartiers populaires et plus abondants à Ziguinchor que dans les autres villes d'étude. La flore locale est aussi utilisée pour soigner certaines maladies en ville, cette pratique est moins répandue à Dakar.

Chapitre 10 : Fonctions écosystémiques des végétaux en milieu urbain sahélo-soudanien : atténuation de la température (îlot de chaleur urbain) et gestion des eaux de ruissellement pluviales

Les fluctuations climatiques de ces dernières années dans un contexte de réchauffement climatique globale, la constitution d'îlots de chaleur urbains, la forte concentration des activités industrielles et humaines dans les centres urbains, l'urbanisation croissante (Anquetil, 2010) et spontanée, de nombreux facteurs qui ont contribué à la dégradation des conditions de vie des urbains dans le monde, en Afrique subsharienne et au Sénégal. Dans ce contexte, la végétation urbaine peut jouer un rôle déterminant pour rendre plus vivable l'environnement urbain en améliorant la qualité de vie des citoyens.

En effet, la végétation peut rendre plusieurs fonctions dans les écosystèmes urbains, comme cela a été rappelé à plusieurs reprises. Dans ce chapitre (10), deux principales fonctions des végétaux urbains seront étudiées : l'atténuation de la température (îlot de chaleur urbain) et la gestion des eaux pluviales afin d'éviter les dégâts liés aux eaux de ruissellement. Un essai d'estimation du confort thermique extérieur dans l'agglomération dakaroise sera également tenté, mais seulement pour 2015 parce que nous ne disposons de données que pour cette année.

1. La (ré)végétalisation, solution pour atténuer la température (îlot de chaleur urbain) dans les villes sahélo-soudaniennes

Au Sénégal, le climat de type sahélo-soudanien est caractérisé, comme cela a déjà été évoqué, par l'alternance d'une saison sèche et d'une saison pluvieuse. Pendant la saison sèche, d'une durée variable du nord au sud du pays, le ciel est généralement très dégagé durant la journée, entraînant ainsi une forte insolation. Cette dernière varie de 9 heures par jour en saison sèche et de 6 et 7 heures par jour pendant la saison des pluies. Les valeurs moyennes mensuelles de radiation les plus élevées, qui avoisinent les 2462 j/cm², sont atteintes entre les mois de mars et de juin (CSE, 2010)⁸⁸. Par ailleurs, la présence d'une façade maritime de 700 km engendre des différences de températures entre les villes côtières comme Dakar ou situées dans un estuaire comme Ziguinchor et les villes de l'intérieur à l'exemple de Touba et de Tambacounda.

Situé en domaine tropical, le Sénégal a une température moyenne annuelle d'environ 24°C, cette moyenne nationale des températures renferme de grandes disparités sur le territoire comme déjà démontré dans le chapitre 3. En effet, les températures des régions intérieures sont supérieures à celles des régions littorales. Plus précisément, Touba et Tambacounda ayant des climats continentaux, respectivement sahélien et soudanien,

⁸⁸ http://www.unep.org/regionalseas/Rapport%20Final%20PASEF%20_%20CSE.pdf

enregistrent les plus fortes températures des villes étudiées. Pour l'agglomération dakaroise située en domaine sahélien côtier et la ville de Ziguinchor en domaine soudanien, les températures sont plus douces. Ceci étant, ces deux dernières villes peuvent par moment enregistrer des températures très élevées.

Depuis la fin des années 1970, la température moyenne annuelle n'a cessé de croître dans les villes d'étude. Cette croissance de la température moyenne annuelle est certes à remettre dans un contexte plus global de réchauffement climatique, mais elle est souvent accentuée par des facteurs locaux. Parmi ceux-ci, on peut retenir la densité urbaine, accentuée par des infrastructures industrielles vieillissantes (la plupart des usines datent des années 1960) dégagent énormément de particules fines dans l'air et des transports très polluants avec un parc automobile essentiellement constitué de voitures d'occasion et de conception très ancienne roulant au diesel. Ces différents facteurs enrichissent l'atmosphère en dioxyde de carbone (CO²) et autres gaz à effet de serre (GES) amplifiant ainsi, dans les villes sénégalaises comme ailleurs, le mécanisme naturel du phénomène d'effet de serre (APPANPC, 2014).

Il faut également ajouter l'albédo des matériaux utilisés pour la construction des bâtiments et des infrastructures en ville, ces matériaux absorbent l'énergie solaire et la réfléchissent sous forme de chaleur dans l'atmosphère, favorisant ainsi la création des « îlots de chaleur » qui sont des élévations localisées de la température (APPANPC, 2014).

Ces facteurs combinés participent à la fréquence des épisodes de canicules et à l'élévation de la température dans les villes du monde entier, phénomène auquel les villes sénégalaises n'échappent pas. Pour éviter cela, la végétalisation ou la re-végétalisation des villes est souvent proposée comme solution pour faire baisser la température localement, réduire les effets des « îlots de chaleur urbains » et améliorer les conditions de vie des citoyens (Lofti *et al*, 2013). En effet, « le milieu urbain étant fortement minéralisé avec des matériaux souvent de faible albédo, le port des arbres y joue un rôle très important dans l'interception des rayonnements solaires puisqu'il détermine la surface occupée par l'ombre projetée des houppiers. L'ombre projetée d'un arbre à port érigé occupe une surface moins importante que celle d'un arbre à port plus étalé » (Bouyer, 2009) d'où l'importance du choix des essences à planter en ville. Sur ce point, les arbres urbains ont généralement un port étalé dans les sites d'étude (voir chapitre 1). Le feuillage absorbe et réfléchit une partie des radiations solaires (Fig. : 187) qui réchaufferait alors jusqu'au sol, sur une surface d'asphalte (Lessard & Boulfroy, 2008). D'autres bénéfices de la végétalisation en ville sont à noter. Par exemple, la transpiration de la végétation augmente également l'humidité de l'air, ce qui atténue les températures. Enfin, grâce à la photosynthèse, le dioxyde de carbone (CO₂) est absorbé au niveau des feuilles des végétaux chlorophylliens, ce qui contribue à diminuer la concentration des GES dans l'air (APPANPC, 2014).

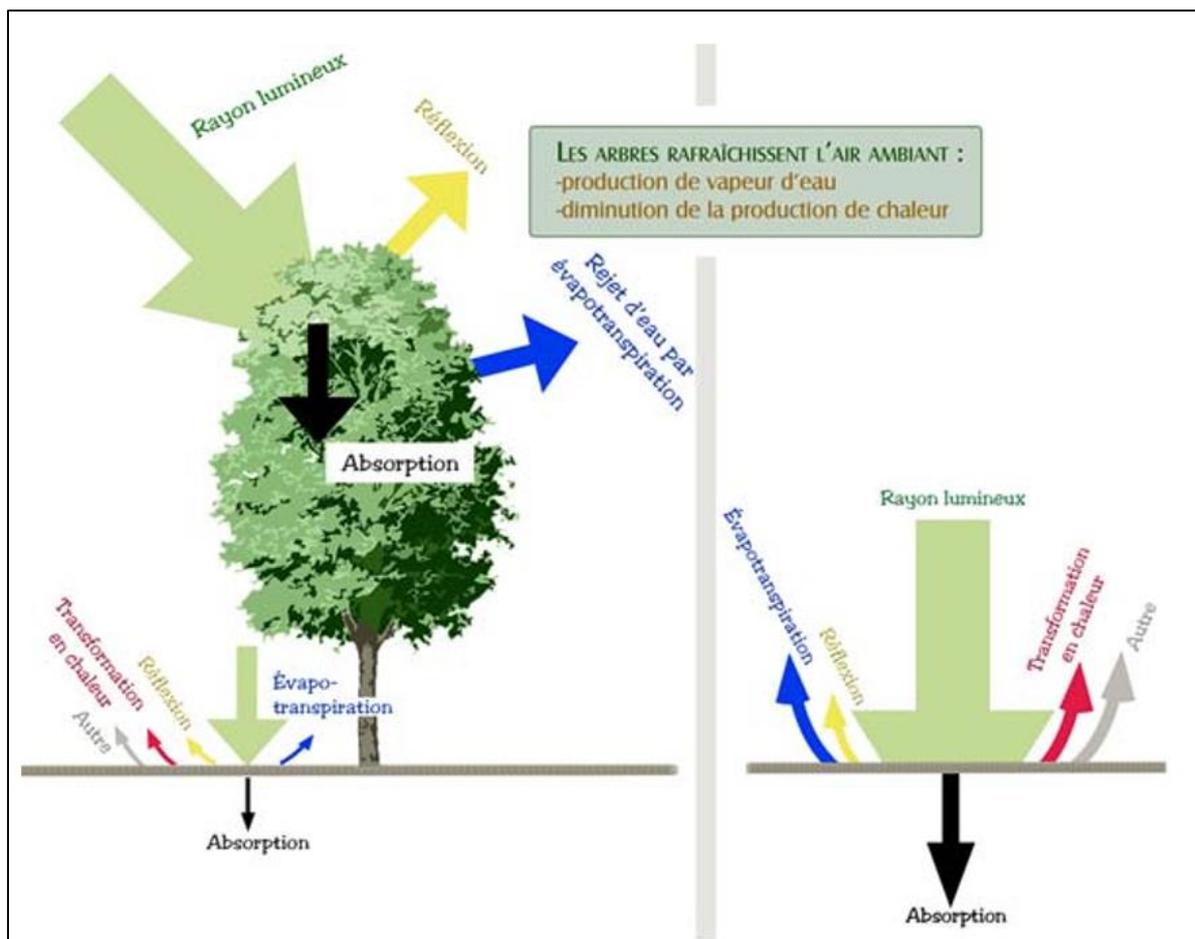


Figure 187 : Mécanisme du rafraîchissement de l'air ambiant par la végétation (Lessard & Boulfroy, 2008)

Le confort des citoyens doit aussi être souligné. Dans les villes sénégalaises, l'ombrage fourni par les arbres urbains est très convoité par les habitants étouffés par les fortes chaleurs en journée, notamment à Touba et à Tambacounda et en quête de fraîcheur. Ainsi, certains espaces sous les arbres sont-ils transformés en lieu de sociabilité où l'on peut discuter et pratiquer des activités informelles, commerciales ou artisanales (Fig. : 188). Au niveau des villes d'étude, ce ne sont donc pas tant les parcs et les espaces verts publics qui créent les opportunités d'interactions sociales, que ces arbres isolés ou groupés en petit nombre dans l'espace privé, à l'intérieur des concessions/maisons ou dans l'espace public en « devanture » ou le long des rues (plantation d'alignement). Ces arbres urbains permettent des échanges autour du « *ataya* », le thé à la sénégalaise entre les habitants d'un même quartier et renforcent ainsi la cohésion sociale.

« ... Il fait tout le temps chaud. L'acacia nous donne de l'ombrage et pendant la journée il est quasi impossible de rester dans les chambres à cause de la chaleur. Nous passons la journée sous l'acacia en quête de fraîcheur et il devient en quelque sorte le salon de la maison. Nous mangeons, discutons et prenons le thé sous l'arbre de la cour... »

Entretien avec Saliou G. à Touba Paléne, le 10/08/2018.

« Tout le monde sait que la végétation crée un microclimat. Ceci est très important dans les villes comme la nôtre... Vous avez remarqué qu'ici les gens passent leurs nuits dehors dans la cour de la maison, c'est parce que la chaleur est insupportable dans les chambres même pendant la nuit ».

Entretien avec Bounama K., 1^{er} adjoint au maire de Tambacounda, le 05/04/2017.



1 : Garage de motos taxis et point de vente d'eau potable à Touba ; **2** : Boutique de vente d'habillement deuxième main et de lavage des vêtements. Clichés : Diouf, 2015.

Figure 188 : Des pieds d'arbres très convoités et transformés en fonction des besoins

La transpiration des végétaux et leurs espaces ombragés participent à la réduction de la température ambiante en ville. Cependant, évaluer l'impact réel de la végétation sur l'atténuation de la température urbaine est souvent très complexe à mesurer.

Par ailleurs, la manière dont est disséminée la végétation notamment ligneuse dans les villes d'étude joue : à Touba, à Tambacounda et à Dakar, ce sont principalement des arbres isolés ou des surfaces végétalisées de très faible dimension. Ce mode de distribution spatiale a d'évidence, une influence différente sur la température ambiante qu'une végétation plus dense comme celle que l'on retrouve à Ziguinchor, mais laquelle ? La question est discutée. Pour Nowak *et al.*, (2007, 2013), quand la végétation est clairsemée ou que le feuillage des arbres est discontinu, les rayonnements solaires non interceptés par la canopée sont absorbés et réfléchis par les revêtements ou le sol lui-même. Or, la chaleur ainsi rayonnée peut rester sous les houppiers et augmenter la température sous la canopée. Dans ce cas de figure, les

espaces à l'ombre et la transpiration des plantes ne suffiront pas pour compenser le réchauffement de l'air et la canopée peut même empêcher la circulation d'air plus frais. En revanche, pour McPherson (1992), la discontinuité du feuillage de la végétation est préférable notamment dans le cas des rues. Les arbres d'alignement plantés sur les trottoirs devraient avoir des houppiers étroits (non continus) mais donnant suffisamment d'ombre aux façades et aux trottoirs, et ne devraient pas être plus hauts que les bâtiments pour permettre la montée de l'air chaud, et donc la formation de brises et la dispersion de la pollution.

Face à la diversité des couverts végétaux des sites d'étude, ces deux points de vue se révèlent complémentaires afin de prendre en compte l'ensemble des influences de la végétation sur la température ambiante locale.

En ce sens, le point de vue de Nowak *et al.* (2007) correspond plus aux situations observées dans les villes de Touba et de Tambacounda, ces dernières présentent une couverture végétale clairsemée constituée d'arbres isolés et des températures très élevées durant une bonne partie de l'année. L'essentiel du rayonnement solaire dans ces deux villes est absorbé par le sol essentiellement latéritique à Tambacounda et sablonneux à Touba et les surfaces minéralisées qui ensuite le réfléchissent sous forme de chaleur dans l'atmosphère. Dans ces conditions, les rayons interceptés par les canopées des arbres ne suffisent pas pour faire baisser la température même à l'ombre à cause de la faible densité et de la forte dissémination des arbres. Cette situation est accentuée par les brises (vents) mentionnées dans l'approche de McPherson qui circulent mais, cette fois-ci, elles sont chargées en chaleur réfléchi par le sol et les autres types de revêtements, ce qui fait que la chaleur ressentie à l'ombre est presque identique à celle ressentie sous le soleil.

Le point de vue de McPherson est plus adapté à l'agglomération dakaroise en raison de la forte minéralisation des surfaces (routes bitumées, places publiques et trottoirs bétonnés, bâti extrêmement dense) et d'un trafic routier très intense, sur des infrastructures insuffisantes occasionnant des blocages très fréquents.

La densification de l'agglomération dakaroise fait que les maisons sont devenues de plus en plus exiguës notamment dans les quartiers populaires comme Parcelle, Pikine, Guédiawaye etc. où les espaces réservés aux arbres sont très limités. En conséquence, les arbres d'alignement constituent la majorité des ligneux de l'agglomération. Le feuillage des arbres d'alignement forme un couvert discontinu et les arbres ne sont pas plus hauts que les bâtiments donc les conditions semblent réunies pour la montée de l'air chaud et la dispersion de la pollution. Pourtant, à Dakar, l'air chaud est fréquemment bloqué par le smog urbain et la pollution ne se disperse pas, ce qui constitue un microclimat dangereux pour la santé des dakarois malgré la situation de presque île de l'agglomération dakaroise.

1.1 Carte de température selon le NDVI (indice de végétation) : relation entre la température de surface et la présence de la végétation

L'objectif de cette sous-partie est de réaliser des cartes des températures en associant l'indice de végétation normalisé, le NDVI (Normalized Difference Vegetative Index) et la température de surface de l'ensemble des unités de l'occupation du sol. Ces cartes de températures doivent permettre d'établir une relation linéaire négative entre la présence ou l'état de la végétation et la température.

En effet, dans la méthode dite du triangle⁸⁹(Fig. : 189), la température de surface des sols est reliée à l'indice de végétation par une relation linéaire décroissante, c'est-à-dire, plus la végétation a une densité importante, plus la température de surface est faible. La végétation régule la température de surface en absorbant l'énergie rayonnante et en la réémettant sous forme de chaleur latente via le processus d'évapotranspiration (e-cours.univ-paris1.fr)⁹⁰.

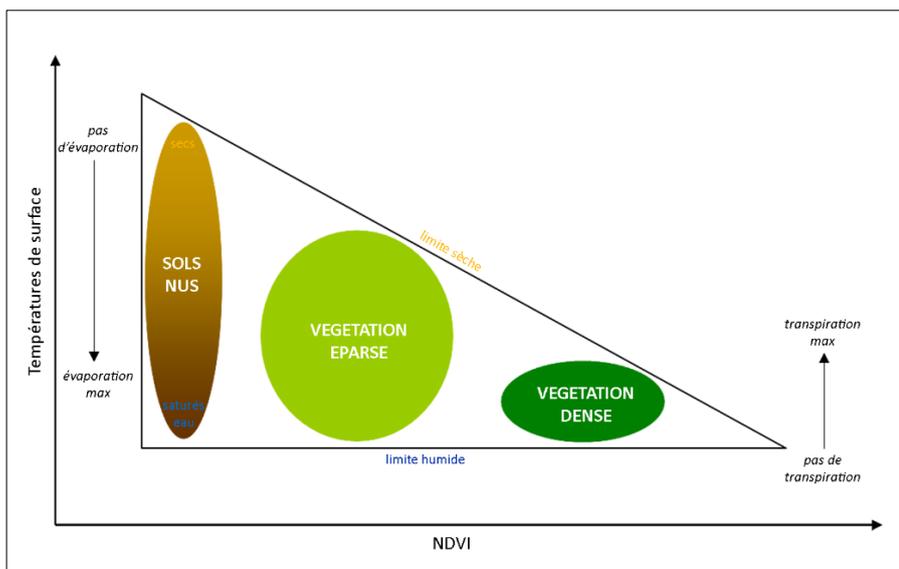


Figure 189 : Relation simplifiée entre la température de surface et l'indice de végétation (Lambin et Ehrlich, 1996)

⁸⁹ Relation simplifiée entre la température de surface et l'indice de végétation (interprétation) :

- le côté du triangle correspondant au NDVI le plus faible représente la droite des sols nus, depuis les sols secs (températures les plus élevées) jusqu'aux sols saturés en eau (températures les plus basses).
- Le sommet en bas à droite du triangle correspond à la densité maximum de végétation.
- La droite reliant les températures de surface les plus élevées (sols secs) au maximum de densité de la végétation est appelée 'limite sèche'.
- Celle reliant les températures de surface les plus basses (sols humides) au maximum de densité de la végétation est appelée 'limite humide'.

⁹⁰<https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/vegetation/indices/qques-indices/indices-temperature-surface.html>

Il s'agira également de vérifier dans quelle mesure le phénomène d'îlot de chaleur urbain existe bien dans les villes sahéliennes et soudaniennes sénégalaises. Pour ce faire, les températures enregistrées dans l'aire urbaine (urbain et périurbain) de Dakar, de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda ont été comparées aux températures enregistrées à l'extérieur (au-delà du périurbain) de celles-ci.

Pour réaliser les cartes des températures, nous avons utilisé des images Landsat de haute résolution de 2017 des villes citées dans le paragraphe précédent. Toutes les scènes ont été choisies pendant la saison sèche parce qu'on a voulu prendre en compte que la végétation arborée et arbustive permanente occupant ces espaces urbains. Les scènes ont été téléchargées sur le site USGS et possèdent les caractéristiques suivantes :

- L'agglomération dakaroise : Band 10 TIRS 1, date : 1 mai 2017 ;
- La ville de Touba : Band 10 TIRS 1, date : 19 avril 2017 ;
- La ville de Ziguinchor : Band 10 TIRS 1, date : 27 mars 2017 ;
- La ville de Tambacounda : Band 10 TIRS 1, date : 21 avril 2017.

Les différents prétraitements (redimensionnement des images satellites) et traitements ont été effectués à l'aide du logiciel ArcMap. Le processus de réalisation des cartes des températures est détaillé dans l'encadré (9) suivant.

Encadré 9 : Processus de réalisation des cartes de températures (USGS⁹¹, tutoriels⁹²)

Téléchargement via USGS des **images Landsat de 2017**.

Landsat8 a un capteur infrarouge thermique (TIRS) - Deux bandes spectrales :

Bande 10 TIRS 1 (10,6 - 11,19 μm) 100 m

Bande 11 TIRS 2 (11,5 - 12,51 μm) 100 m

Ouvrir le **fichier MTL** contenu dans le dossier dézippé de la **Bande 10 TIRS 1** avec Word pad et récupérer les valeurs suivantes :

- Radiance –Mult-Band-10 = 3.3420E-4 = 0.0003342
- K1-Constant-Band-10 = 774.8853
- K2-Constant-Band-10 = 1321.0789
- C2 = 14388
- λ = 10.8

Ouvrir **ArcMap** pour visualiser les images et Lancer **Arc Toolbox** :

Ouvrir l'**outil spatial Analyst** puis **Algèbre Spatial** et lancer **Calculatrice Raster**.

Etape 1 : Calcul de la radiance spectrale TOA (Watts / (m² * srad * μm)) de la bande 10

$L\lambda = MLQcal = 0.0003342 \times \text{bande10} + 0.1$

ML = facteur de redimensionnement multiplicatif spécifique à la bande à partir des métadonnées (RADIANCE_ADD_BAND_10)

AL = facteur de redimensionnement additif spécifique à la bande à partir des métadonnées (RADIANCE_ADD_BAND_10)

Qcal = valeurs de pixel du produit standard quantifiées et calibrées (DN)

Etape 2 : Calcul de la température de luminosité en haut de l'atmosphère (K)

$T = K2 / \ln (K1 / L\lambda + 1)$ Kelvin

Pour convertir la température en degrés Celsius, il faut :

$T = (K2 / \ln (K1 / L\lambda + 1)) - 273.15$

Etape 3 : Calcul NDVI

Ouvrir les bandes **4** et **5** sous ArcMap

Retourner à nouveau dans calculatrice de raster

$NDVI = \text{Float} (\text{Band } 5 - \text{Band } 4) / \text{Float} (\text{Band } 5 + \text{Band } 4)$

Etape 4 : Calcul PV

$PV = \text{Square} ((NDVI + 1) / (1 + 1))$

Etape 5 : Calcul E

$E = 0.004 \times PV + 0.986$

Etape 6 : Formule de réalisation de la carte des températures

$TS = TB / (1 + (\lambda \times TB / C2) \times \ln (E))$

⁹¹ <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product>

⁹² <https://www.youtube.com/watch?v=G09MOTHFikM> <https://www.youtube.com/watch?v=uDQo2a5e7dM>

L'indice de végétation normalisée (NDVI) est l'indice le plus connu et le plus utilisé. Cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation (DronesImaging)⁹³, aux variations atmosphériques, ainsi qu'à la contribution spectrale des sols (Rouse & Haas, 1973 ; Tucker, 1979 et Bacour *et al.*, 2006). Il permet de détecter de manière efficace l'état vert des plantes grâce à la forte réflectance dans le proche infrarouge de la chlorophylle (Rovellotti, 2011)⁹⁴. Le NDVI met en valeur la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge, sa formule est la suivante :

$$NDVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R}$$

Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7, les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses (cours en ligne, Université Paris 1)⁹⁵.

Les indices de végétation dont le NDVI semblent mieux adapter aux zones non urbaines à l'exemple des terres cultivées, des savanes, des prairies et des forêts. La pertinence de l'utilisation de ces indices de végétation dans les villes doit être davantage éclairée. En effet, l'impact des bâtiments, des surfaces artificialisées et de l'environnement sur la mesure du taux de végétation n'est pas encore complètement maîtrisé, du fait d'une densité parfois faible de la végétation en ville (Rovellotti, 2011) comme constaté dans la plupart des villes étudiées.

Le NDVI est utilisé dans le cadre de ce travail (encadré 9) pour réaliser les cartes de températures, en même temps, il a permis de mettre en évidence les grandes surfaces de végétation plus ou moins dense à l'intérieur de l'agglomération dakaroise et des villes de Touba, de Ziguinchor et de Tambacounda. Cependant, il semble insensible au modèle de dissémination de la végétation à l'intérieur du tissu urbain plus particulièrement dans les zones bâties.

⁹³<https://www.dronesimaging.com/wpcontent/uploads/2013/05/documentation/indice%20de%20végétation%20NDVI.pdf>

⁹⁴ <https://www.natural-solutions.eu/blog/choisir-un-indice-de-vegetation>

⁹⁵<https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/vegetation/indices/qques-indices/indices-simples.html>

1.1.1 Carte des températures basée sur l'indice de végétation normalisé de l'agglomération dakaroise en domaine sahélien côtier

L'étude de l'estimation du confort ou de l'inconfort extérieur thermique n'a été réalisée que pour l'agglomération dakaroise et pour l'année 2015 qui peut être considérée comme une année moyenne (24°C), les données en EPW ont été mobilisées (format *Energyplus weather data*). L'objectif étant de déterminer le rôle que peut jouer la végétation comme atténuatrice de l'inconfort thermique grâce au NDVI.

1.1.1.1 Estimation du confort thermique extérieur dans l'agglomération de Dakar pour l'année 2015

Pour estimer le confort extérieur ressenti dans un environnement urbain plusieurs variables peuvent être analysées. En effet, le confort thermique peut être contrôlé par la température ambiante de l'air, mais aussi par d'autres facteurs météorologiques : le vent, le rayonnement environnant (solaire et infra rouge) et l'humidité de l'air (Munc *et al*, 2013).

« L'UTCI⁹⁶ est un indice qui corrige la température de l'air pour estimer une température ressentie en fonction de l'humidité de l'air, du vent et la température radiative. L'environnement de référence, celui pour lequel l'UTCI est égal à la température de l'air, est défini par une humidité relative de 50 %, pas de vent, et une température radiative égale à la température de l'air ». Il tient compte de l'habillement et du métabolisme de la personne (Fig. : 190), on prend pour référence une personne marchant à 4 km/h. Ainsi une humidité au-dessus de 50 % tendra à faire augmenter l'UTCI au-dessus de la température de l'air. Le vent diminuera l'UTCI si la température de l'air est inférieure à la température du corps, et l'augmentera légèrement si elle est supérieure (www.utci.org).

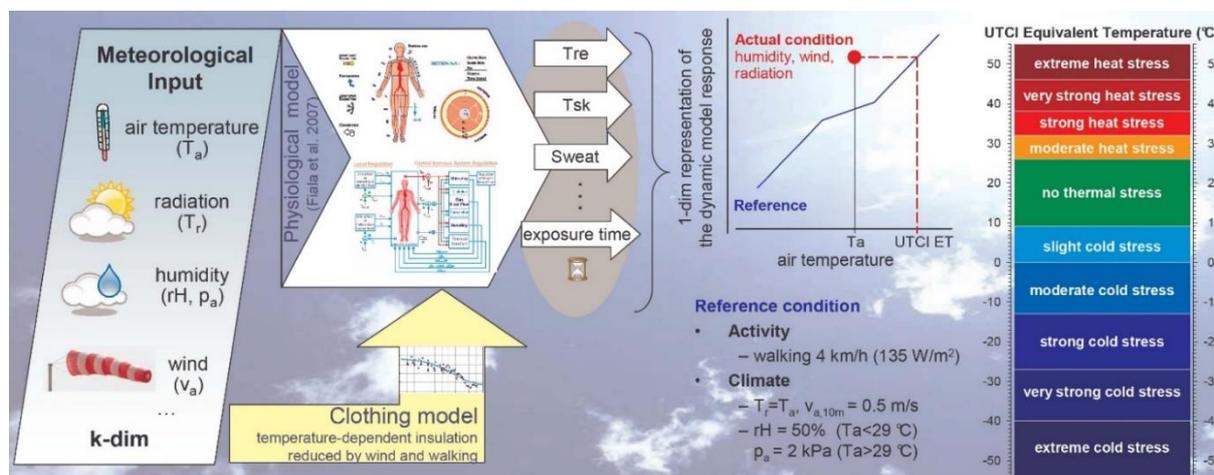


Figure 190 : L'évaluation des niveaux de stress thermique selon l'UTCI. Source : www.utci.org

⁹⁶ Universal Thermal Climate Index

L'UTCI étant basé sur des processus physiques, il peut être utilisé pour des environnements chauds et froids, comme le montre l'échelle des niveaux de stress associés qui ont été établis par la *Commission for Thermal Physiology of the International Union of Physiological Sciences* (2003).

1.1.1.2 Application de la technique d'estimation du confort thermique extérieur de l'agglomération dakaroise et résultats

- ✓ Acquisition des données climatiques, prétraitements et traitements

Pour obtenir les données climatiques, nous nous sommes rendus sur le site de *Weather underground* (www.wunderground.com) afin de choisir dans un premier temps notre station d'étude. Ensuite, nous avons téléchargé le dossier compressé contenant les données de température, d'humidité de l'air, le vent et le rayonnement environnant (solaire et infra-rouge) qu'on a décompressé puis ouvert sur *Grasshopper*⁹⁷. Avant de commencer les traitements, nous avons installé *Ladybug*, plug-in environnemental *open source* pour *Grasshopper3D*.

Nous avons effectué des traitements (Tableau 46) de données climatiques depuis *Grass Hopper* et visualisé des résultats sous *Rhinocéros*. Pour cela, les traitements commencent en lançant *Ladybug* à travers l'onglet *Lady-open-EPW*. Il faut ensuite créer un panel pour relier *epwfile* et *lady import epw*, le tout est par la suite relié à *Universal Thermal Climate* permettant d'estimer le caractère confortable ou non du climat. Pour visualiser les traitements effectués et extraire les résultats obtenus, nous avons relié *Grasshopper* à *Rhinocéros*. En les reliant, nous obtenons une visualisation des résultats (Fig. : 191).

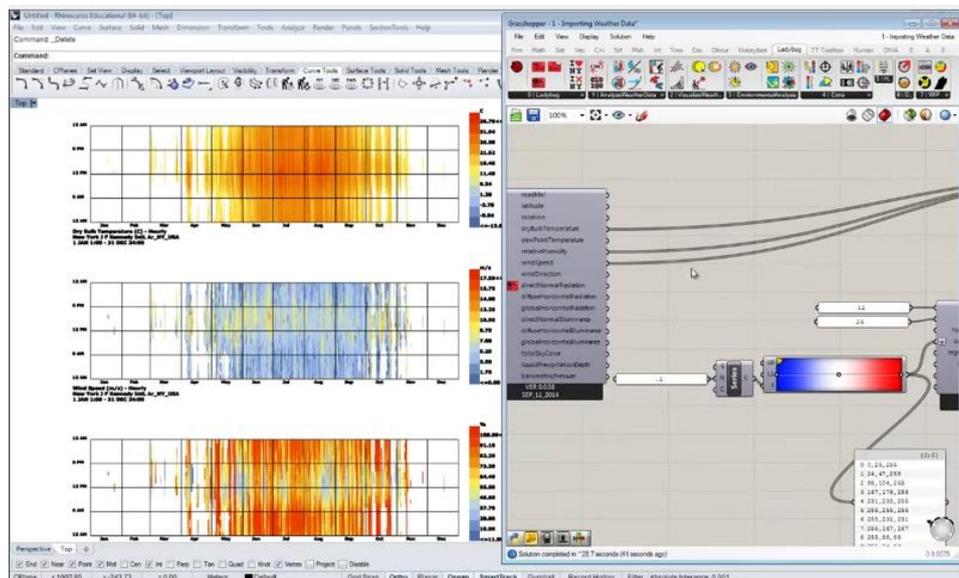


Figure 191 : Capture écran sous *Rhinocéros* lors de la visualisation des résultats

⁹⁷ *Grasshopper* est un éditeur graphique d'algorithmes intégré à *Rhino*. Il permet des affichages en 2D et 3D (www.grasshopper3d.com)

Tableau 46 : Méthodologie de détermination du Confort thermique extérieur

Acquisition et Intégration	<u>Etape 1</u> : Aller sur le site Weatherundergroup
	<u>Etape 2</u> : Choix de la station d'étude puis téléchargement du dossier ZIP - fichier EPW
	<u>Etape 3</u> : Dézipper le dossier puis ouvrir sous Grass Hopper
Traitements	<u>Etape 4</u> : Installation de Labybug sous Grass Hopper
	<u>Etape 5</u> : Lancer Laby-open-Epw puis Créer un panel reliant epwfile et lady import epw et aller sur Universal thermal climate
	<u>Etape 6</u> : Ouvrir <i>confortable or not</i> puis sur le tableau de données télécharger sur Weather Under group puis condition of Person
Visualisation interprétation	<u>Etape 7</u> : Installer Grass Hopper sous Rhinocéros
	<u>Etape 8</u> : Diagramme

✓ Visualisation et interprétation des résultats

Les traitements effectués ont permis d'obtenir les résultats suivants, d'abord une première figure (192) montrant les mois durant lesquels la température est supérieure à la moyenne annuelle correspondant aux mois les plus chauds de l'année, puis la figure 193 qui révèle les mois les plus frais de l'année. Ensuite, la figure 194 présente les températures journalières, mensuelles et journalières à Dakar. Et enfin, la figure 195 permet de voir l'estimation du confort extérieur en fonction des mois et des heures de la journée.

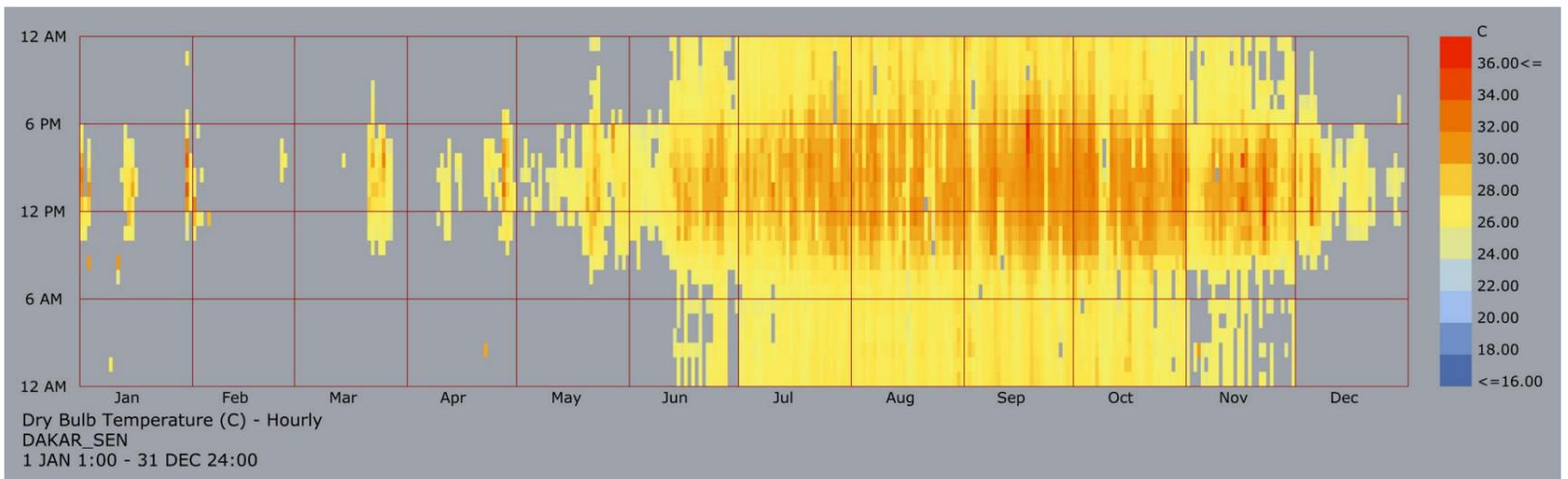


Figure 192 : Période pendant laquelle la température est supérieure à la température moyenne annuelle (24°C)

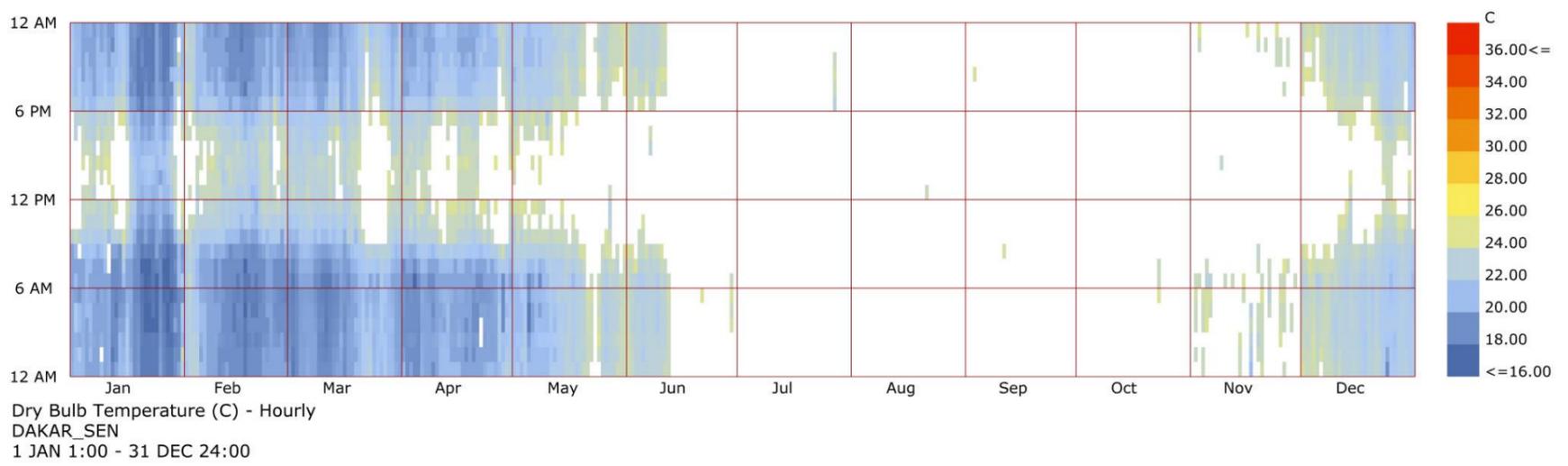


Figure 193 : Période pendant laquelle la température est inférieure à la température moyenne annuelle (24°C)

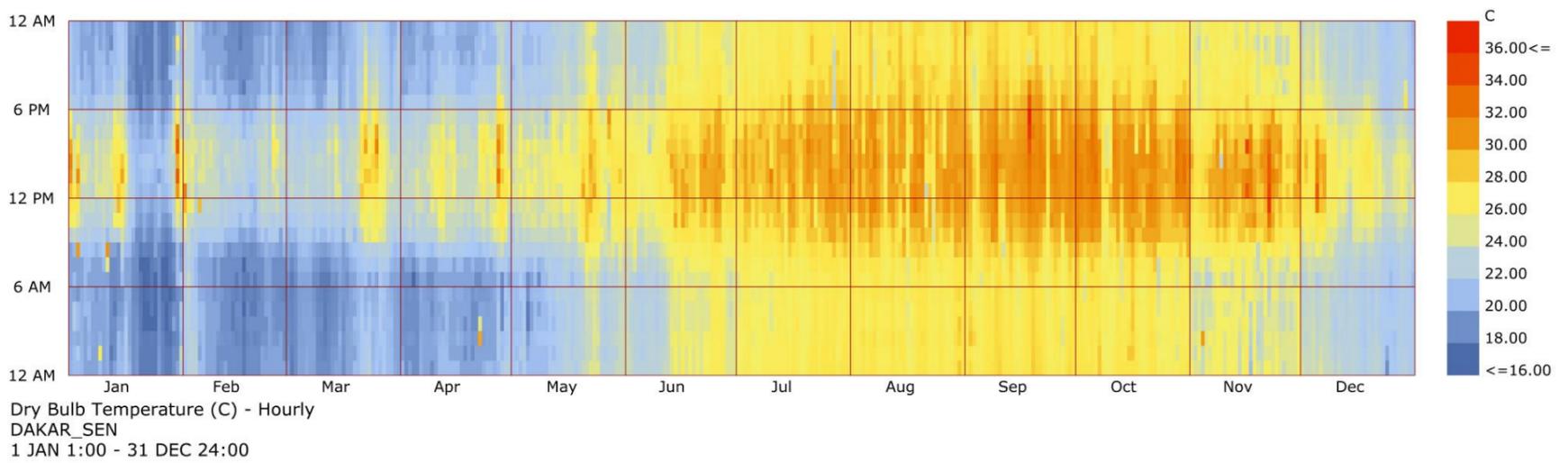
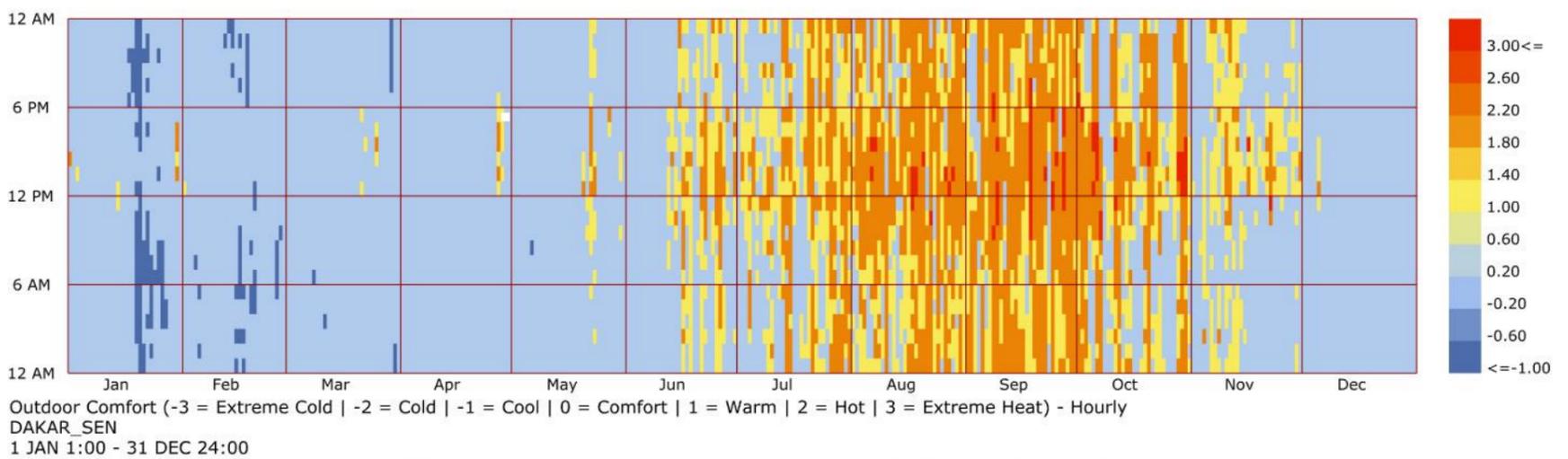


Figure 194 : Les températures journalières, mensuelles et annuelles de la région de Dakar



CONFORT EXTERIEUR : -3 = Froid extrême / -2 = Froid / -1 = Frais / 0 = Confort / 1 = Chaud / 2 = Très chaud / 3 = Chaleur extrême

Figure 195 : Estimation du confort extérieur de la région de Dakar

La température moyenne annuelle de la région de Dakar est d'environ 24 °C avec une tendance à la hausse de cette valeur, comme cela a été vu dans le chapitre 3. C'est cette moyenne qui a été utilisée comme référence pour réaliser les graphiques ci-dessus montrant les températures (journalières et mensuelles) supérieures et inférieures à 24°C et l'estimation du confort extérieur. La figure 192 montre que les températures les plus élevées (supérieures à 24°C) sont notées entre mi-juin et novembre à la fin de la saison sèche et durant l'hivernage⁹⁸. Durant cette période, englobant les mois les plus chauds de l'année, les températures oscillent généralement entre 26 et 30°C même si elles dépassent souvent 30°C notamment l'après-midi entre midi et 18 heures.

La figure suivante (193) montre les mois les plus frais de l'année avec une température généralement inférieure à la moyenne annuelle (24°C). Il s'agit des mois allant de décembre à mai qui enregistrent les températures les plus basses de l'année au niveau de l'agglomération dakaroise, entre 16°C et 24°C sur une majeure partie de la journée. On observe également que les températures inférieures ou égales à 18°C, qualifiées parfois de froides ou fraîches par certains sénégalais, sont enregistrées entre 18 h et 6 h du matin. Le reste de la journée a des températures supérieures à 20°C et qui sont proches des 24°C. Les mois de janvier, février, voire mars sont les plus frais de l'année, du moins jusqu'à ce que le souffle de l'harmattan ne se fasse sentir en fin de saison sèche.

La superposition des figures 192 et 193, nous permet d'avoir une vision globale de l'évolution de la température sur l'année. Elle permet de bien visualiser la façon dont les deux périodes précédentes déjà soulignées ci-dessus s'articulent (Fig. : 194), comme, d'une part, une période de forte chaleur allant de juin à novembre où les températures peuvent dépasser 30°C, d'autre part, une période plus fraîche où les températures peuvent descendre au-dessous de 18°C allant de janvier à mars. La figure 194 permet également de bien distinguer les saisons intermédiaires. À partir de cette figure, le graphique de l'estimation du confort extérieur dans la région de Dakar a été réalisé.

Le confort extérieur est estimé grâce à la température extérieure ressentie par le corps humain. Il consiste à déterminer les moments pendant lesquels les conditions climatiques sont confortables ou non pour les habitants. Dans le contexte dakarois, on distingue (Fig. : 195) deux périodes, l'une est qualifiée d'inconfortable en raison des fortes chaleurs des après-midis et de nuits où les températures restent fortes et l'autre de confortable en raison de nuits fraîches et de températures agréables en journée. Dans de nombreux pays l'inconfort est lié avant tout au froid mais depuis le réchauffement qui se manifeste par des canicules, on a maintenant deux périodes d'inconfort en domaine tempéré liées au froid et au chaud. Durant la période la plus chaude à Dakar, entre les mois de juin et jusqu'à octobre en 2015, les conditions extérieures peuvent être qualifiées de **chaudes et très chaudes**, notamment les mois d'août et de septembre en se référant à l'échelle de gradation du confort (1 et 2). Nous atteignons parfois des conditions de **chaleur extrême** (supérieure à

⁹⁸ Il s'agit bien de l'été dans l'hémisphère boréal auquel appartient Dakar, mais c'est la saison des pluies appelée hivernage.

3 sur le gradient) avec des températures dépassant 36°C. Cette période est donc marquée par un climat extérieur étouffant à cause de la forte chaleur, ce qui nous permet de conclure que les conditions extérieures sont inconfortables ou agréables pour les habitants. Afin d'atténuer les conséquences de ces épisodes de forte chaleur, les habitants tentent d'introduire de la végétation dans leur cadre de vie.

Sur le reste de l'année (décembre à mai) qui caractérisé par des températures moins élevées, les conditions extérieures peuvent être qualifiées de **confortables**, entre 0,20 et -0,20 sur l'échelle de gradation du confort. Quelques moments de fraîcheur sont identifiés sur les mois de janvier et février (valeurs supérieures ou égales à -1). En résumé, pour cette année 2015, la première moitié de l'année (décembre à mai) est caractérisée par des conditions de températures confortables et l'autre moitié de l'année (juin à novembre) est marquée par des températures peu confortables (période de forte chaleur). Il faudrait évidemment pouvoir disposer des chiffres pour d'autres années de façon à voir si la période d'inconfort a tendance à s'étendre ou à s'intensifier en fonction de la hausse des températures constatée par ailleurs. Reste maintenant à évaluer les effets de la présence de la végétation sur ces conditions d'inconfort thermique en ville.

1.1.1.3 La végétation atténuatrice de l'inconfort thermique dans l'agglomération dakaroise

Les valeurs du NDVI de l'agglomération dakaroise (Fig. : 196) sont comprises entre -0,1711 et 0,4615. Les valeurs négatives (en rouge) correspondent aux eaux de l'océan Atlantique et aux eaux continentales de la bande des Niayes. Les couverts les plus denses de la presqu'île du Cap Vert (0,46) sont localisés au niveau du parc Hann, de la bande humide des Niayes dakaraises et de la forêt de Mbaou... (voir chapitre 5).

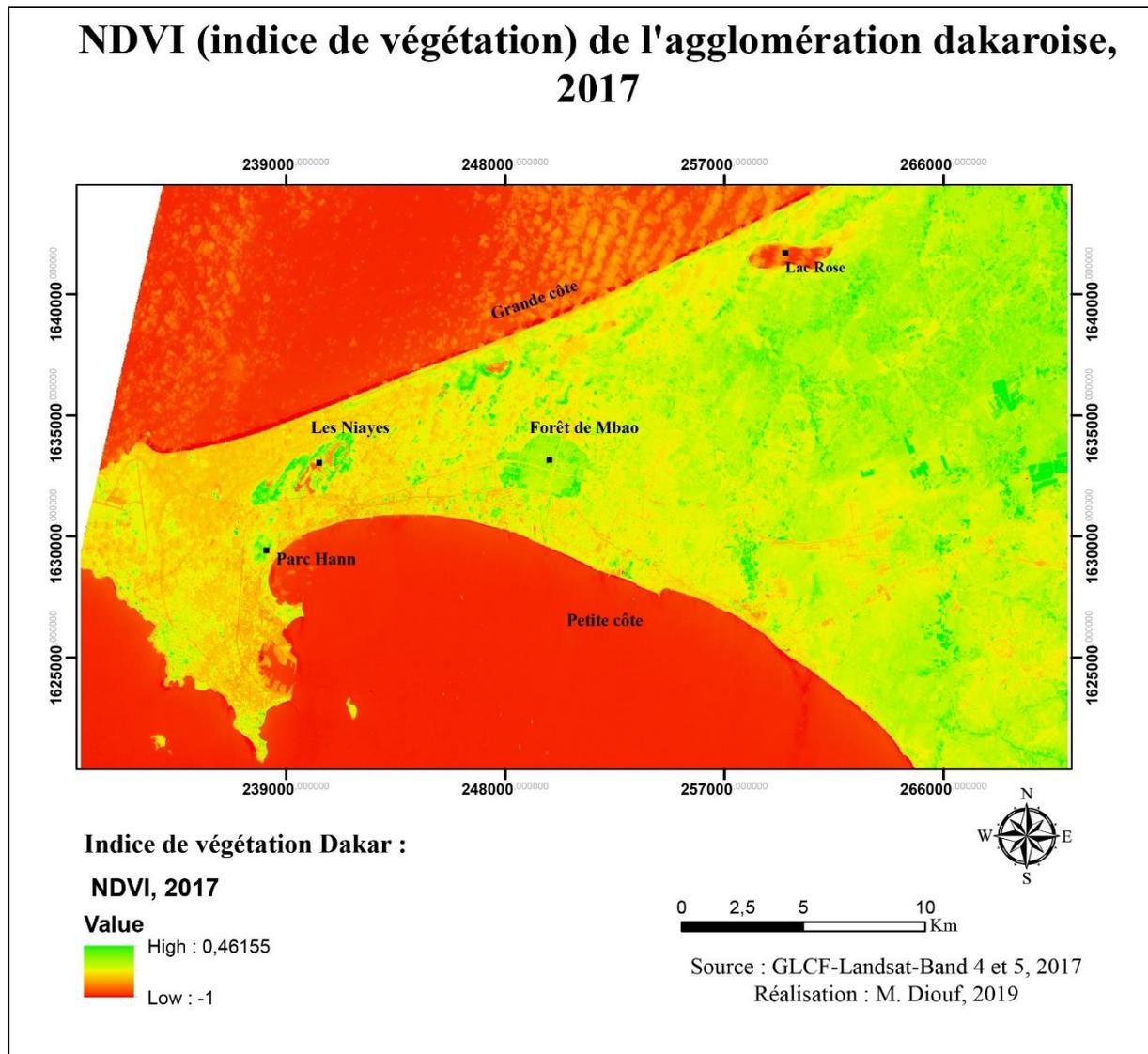


Figure 196 : NDVI (indice de végétation) de l'agglomération dakaroise, 2017

La Figure 197 montre une évolution croissante des températures de l'Ouest de l'agglomération dakaroise à l'Est, c'est-à-dire, vers l'intérieur du pays. La position géographique de l'agglomération, une presqu'île, lui permet de bénéficier des influences atmosphériques de l'océan Atlantique, celles-ci apportent une certaine fraîcheur grâce à l'alizé maritime provenant de l'anticyclone des Açores (Roux & Sagna, 2000). Elle possède également une bande discontinue de zone humide appelée les Niaves où les conditions climatiques sont particulières en raison de la présence des surfaces en eau permanentes ce qui augmente l'humidité de l'air grâce à l'évaporation.

Outre ces facteurs, la végétation participe fortement à l'atténuation de la température dans certains endroits de la capitale sénégalaise, en particulier dans les Niaves dont celle de Pikine. La Niaye de Pikine enregistre la plus faible température de l'agglomération dakaroise avec environ 23°C (Fig. : 198), l'explication tient, au-delà des facteurs avancés précédemment,

à la présence d'une végétation assez luxuriante de type guinéen et une couverture végétale dense composée d'espèces spontanées et cultivées.

Dans les départements de Dakar, de Pikine et de Guédiawaye qui sont très densément peuplés et bâtis, les températures oscillent entre 26 et 32°C soit une différence au moins de 3°C par rapport à la bande humide des Niayes. Cette hausse de la température est peut-être liée à un couvert végétal plus disséminé dans ces départements notamment au niveau des quartiers populaires de Pikine et de Guédiawaye où la densité du couvert est extrêmement faible. On observe également une augmentation progressive des températures de la Grande-Côte (située au nord de Dakar, entre la presqu'île du Cap-Vert et l'embouchure du fleuve Sénégal) vers la Petite-Côte (située au sud de Dakar et qui se prolonge jusqu'au Sine-Saloum). Les brises venant de l'Atlantique circulant du Nord (Grande Côte) vers le Sud (Petite Côte) de l'agglomération, souvent bloqués par les constructions littorales, perdent en fraîcheur, cela pourrait être à l'origine de cette augmentation. À partir du département de Rufisque et en direction de la ville nouvelle de Diamniadio, les températures commencent à grimper jusqu'à atteindre les 35 °C.

Les températures les plus douces sont enregistrées sur la trame discontinue des Niayes, sur la bande de filao longeant la Grande Côte, au niveau du Parc Hann etc., ces endroits correspondent aux principaux refuges de la végétation à Dakar ce qui permet de constater que la végétation, entre autres, peut contribuer à atténuer localement la température. À l'exception de la forêt de Mbao (Fig. : 199) où les températures avoisinent les 32°C, les facteurs explicatifs peuvent être divers et complexes mais retenons en trois, le premier est lié au faible couvert végétal en tout cas pour un espace qualifié de forêt urbain ou périurbain, le second est lié à la ceinture densément bâtie autour de la forêt qui peut empêcher une bonne circulation des vents et le troisième facteur est lié au trafic autoroutier très intense à l'intérieur de la forêt engendrant la pollution de l'air.

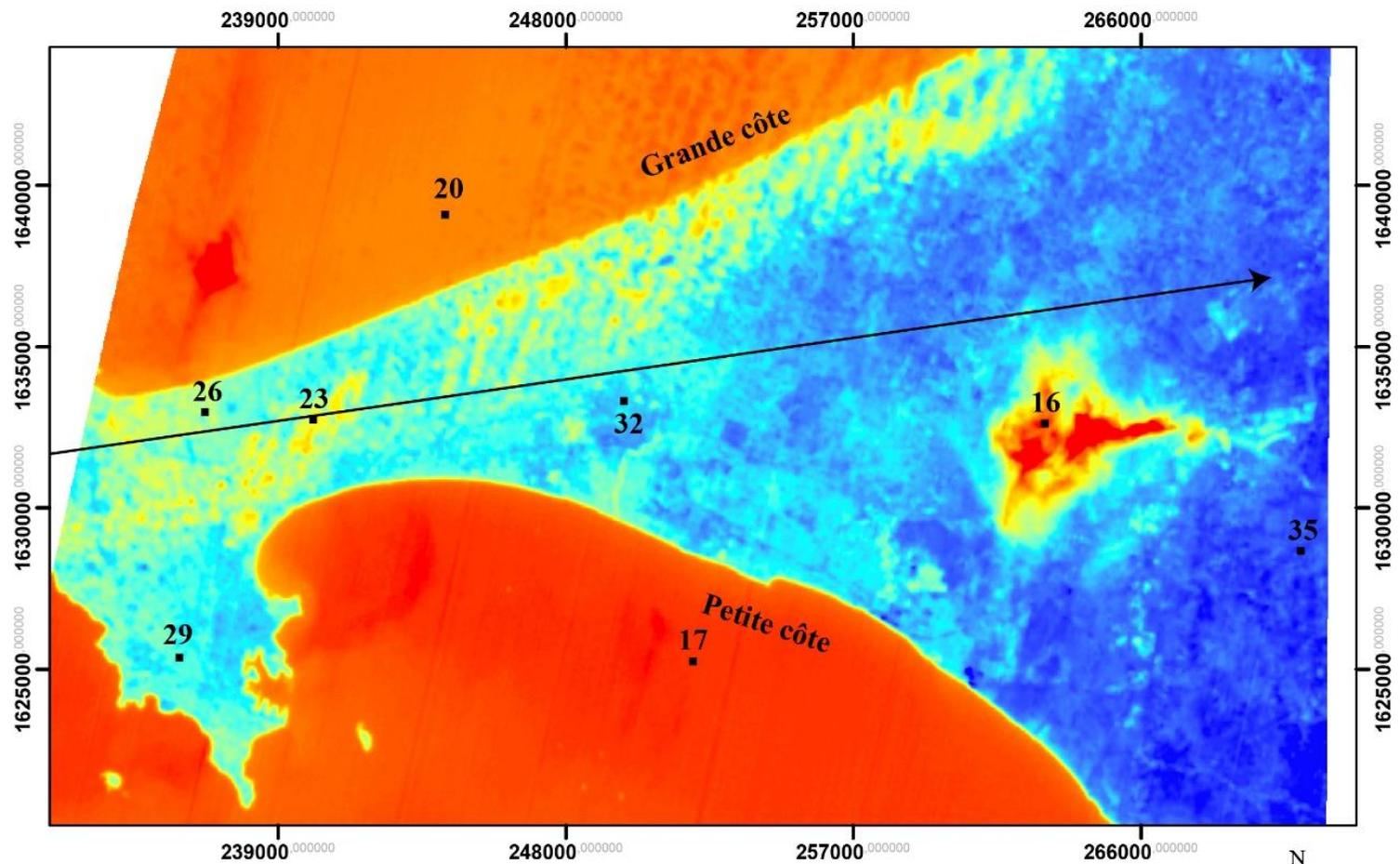


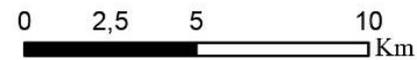
Figure 197 : Carte des températures de l'agglomération dakaroise au 1 mai 2017

Température en °C

Value



→ Croissance des températures



Source : GLCF-Landsat-Band 4 et 5 - 2017
Réalisation : M. Diouf, 2019.

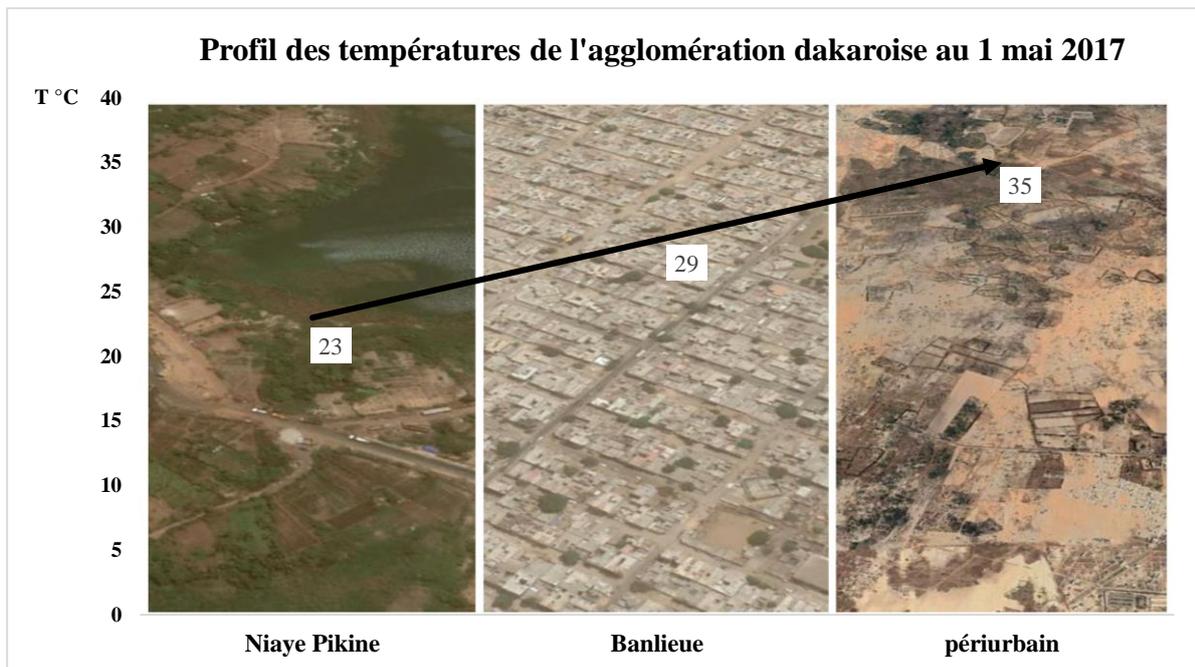


Figure 198 : Profil des températures de l'agglomération dakaraise au 1 mai 2017

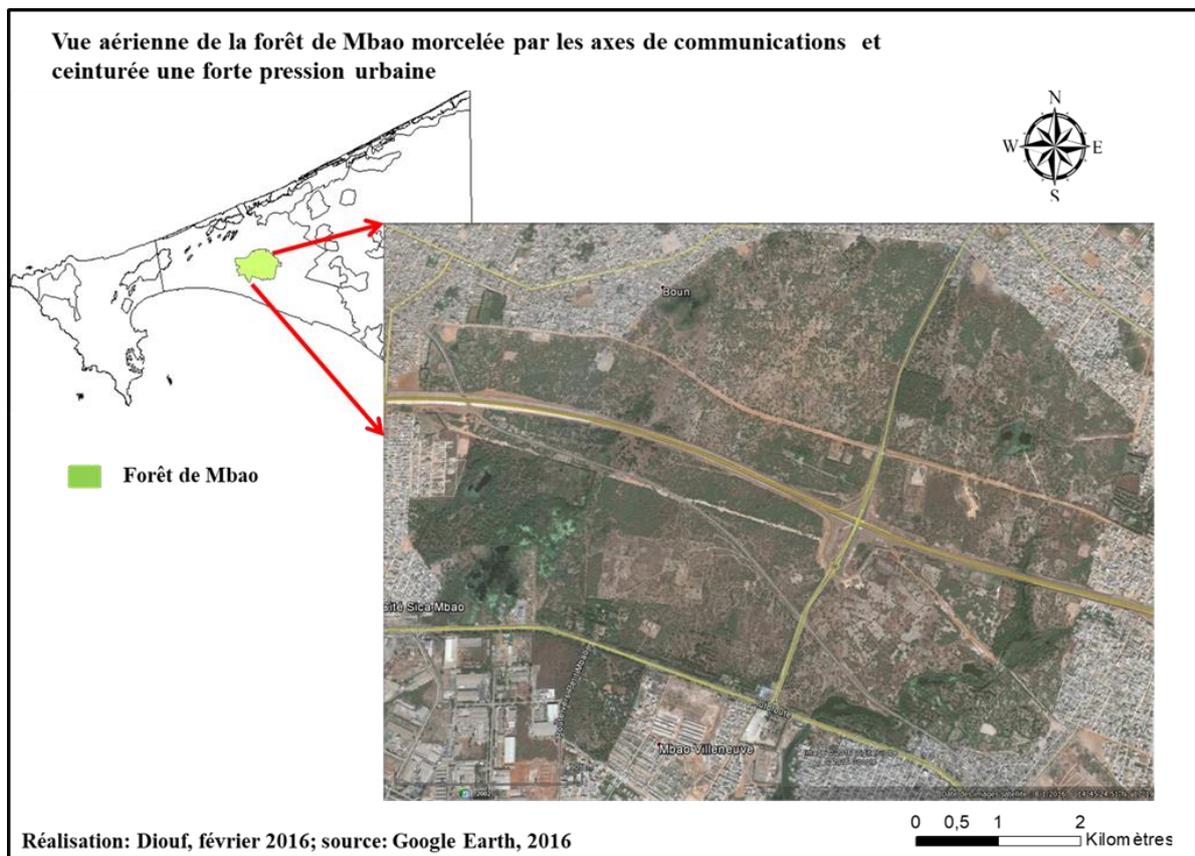


Figure 199 : Vue aérienne de la forêt de Mbao morcelée par les axes de communication et subissant une forte pression urbaine

En suivant le gradient thermique de l'agglomération dakaroise sur l'axe Ouest-Est, c'est-à-dire, de la pointe la plus occidentale de Dakar (la pointe des Almadies) vers l'intérieur du pays, on remarque une hausse progressive des températures. Les températures ressenties dans la presqu'île du Cap Vert sont inférieures à celles des villes limitrophes comme Thiès et Mbour car les vents se chargent en chaleur au fur et à mesure qu'ils pénètrent dans le continent. Dans une telle situation, il semble inadéquat de parler d'îlot de chaleur urbain pour l'agglomération dakaroise quand bien même que les périodes de forte chaleur, accentuées par forte la pollution atmosphérique et la régression de la végétation, sont des moments difficiles pour les dakarois.

1.1.2 Carte des températures selon le NDVI de la ville sahélienne de Touba

Les valeurs du NDVI de la ville de Touba (Fig. : 200) sont comprises entre 0,0439 et 0,3350, celles-ci correspondent dans l'ensemble à un faible couvert végétal arbustif et arboré. La dissémination de la végétation notamment ligneuse à l'intérieur de la ville et la forte contribution spectrale des sols (sols nus sablonneux, bâtiments et bitume), expliqueraient les faibles valeurs du NDVI (couleur rouge) dans la ville. Pourtant, le couvert végétal dans l'espace urbain est en réalité plus dense qu'à l'extérieur de celui-ci, prouvant une fois de plus que cet indice de végétation normalisé est peu adapté à l'étude de la végétation en milieu urbain.

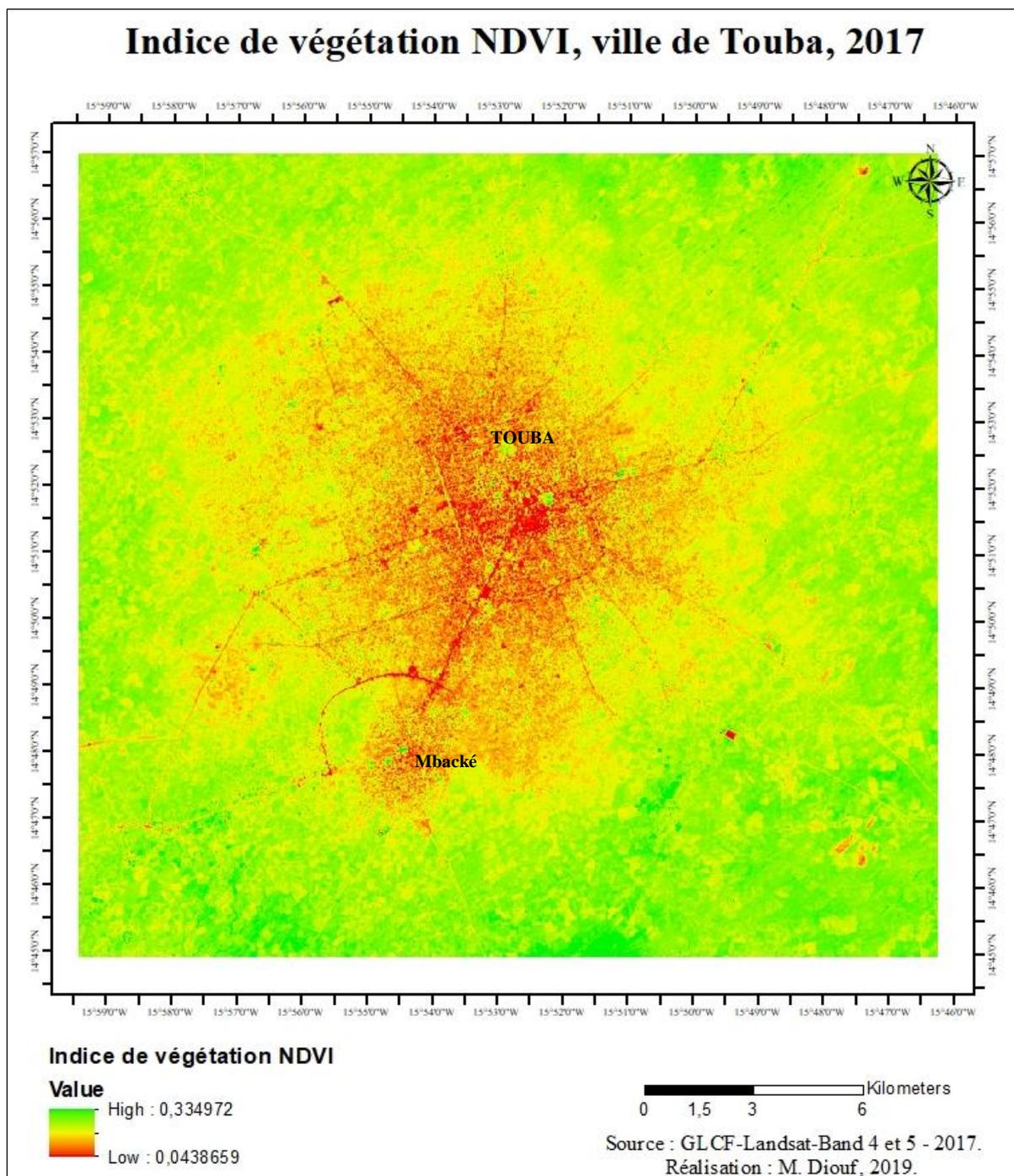


Figure 200 : Indice de végétation NDVI de la ville de Touba, 2017

La carte des températures de la ville de Touba du 19 avril 2017 (Fig. : 202) montre une évolution croissante des températures en partant du centre-ville vers les espaces périurbains et ruraux. La mise en perspective de la carte des températures avec la carte d'occupation du sol de la ville de Touba de 2017 (2^e partie, chapitre 6) montrant évolution régressive du couvert végétal du centre-ville aux nouvelles extensions jusqu'aux espaces ruraux, conforte le constat décrit dans la méthode dite du « triangle » expliquée plus en haut.

En effet, les températures du centre-ville de Touba sont les plus basses de la zone cartographiée car comprises entre 29 et 37 °C. Cette légère baisse de la température en

centre-ville par rapport aux autres unités de l'aire urbaine s'explique, entre autres facteurs, par une densité de végétation plus importante et par la présence de ligneux plus âgés à port étalé. Les températures évoluent d'un peu plus de 1°C dans les quartiers proches du centre pour atteindre un peu moins de 39°C.

Sur les nouvelles extensions, nous observons des températures variant entre 39 et un peu moins de 40°C, soit une augmentation d'environ 2°C par rapport au centre-ville. Cette croissance des températures en partant du centre se justifierait par une dissémination de plus en plus importante de la végétation dans le tissu urbain et par un couvert végétal plus faible avec des essences encore jeunes.

Dans l'espace rural, les températures s'envolent jusqu'à atteindre les 43°C, le paysage est typique du domaine sahélien c'est-à-dire que le couvert végétal ligneux est presque inexistant, quelques arbres peuplent les champs agricoles qui ont été intensivement défrichés et les couloirs de transhumances pastorales.

En somme, une différence de température de presque 5,55°C (Fig. : 201) est observée entre le centre-ville et l'espace rural. Ce qui permet de constater que la végétation dans ses différentes formes notamment ligneuse participe fortement à l'atténuation de la température au niveau de l'aire urbaine de Touba. Dans ce contexte précis de ville sahélienne qu'es Touba, les températures à l'extérieur de la ville sont supérieures à celles du tissu urbain et périurbain comme souligné dans le précédent paragraphe. Il semble donc inadapté là également de parler d'îlots de chaleur urbain pour Touba, au contraire, la ville devient « un îlot de fraîcheur urbain » où il fait plus ou moins bon vivre comparé aux espaces périurbains et ruraux malgré les fortes chaleurs.

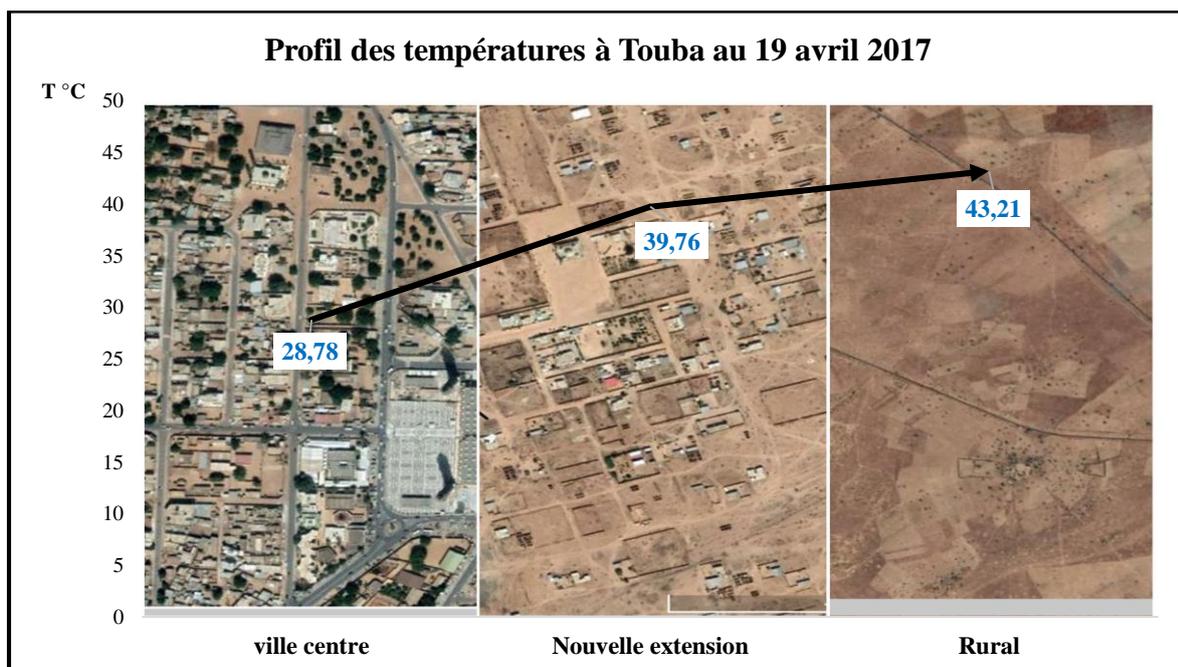
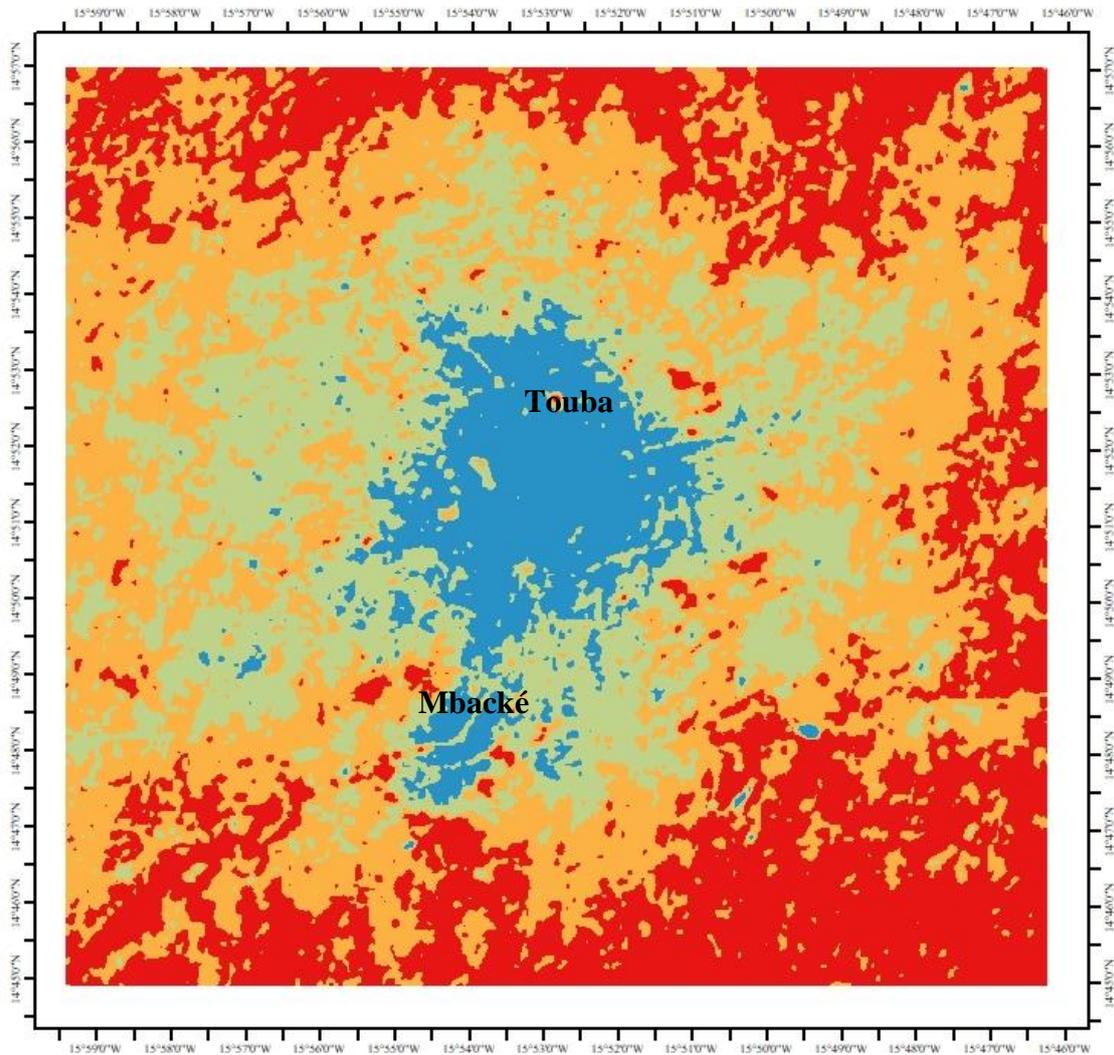


Figure 201 : Profil des températures à Touba au 19 avril 2017

Carte des températures de la ville de Touba du 19 avril 2017



Température °C

<VALUE>

	28,78121567 - 37,67025672	- Centre-ville
	37,67025673 - 38,85923673	- Périphérie proche
	38,85923674 - 39,76512626	- Nouvelles extensions
	39,76512627 - 43,21883011	- Rural



0 1,5 3 6 Kilometers

Source : GLCF-Landsat-Band 10- 2017.
Réalisation : M. Diouf, 2019.

Figure 202 : Carte des températures de la ville de Touba du 19 avril 2017

1.1.3 Carte des températures basée sur l'indice de végétation de la ville soudanienne de Ziguinchor

Les valeurs du NDVI de la ville de Touba (Fig. : 203) sont comprises entre -0,1214 et 0,4363, celles-ci correspondent à un couvert végétal plus ou moins dense. La végétation en terre ferme semble plus sensible de cet indice que la végétation aquatique (mangrove).

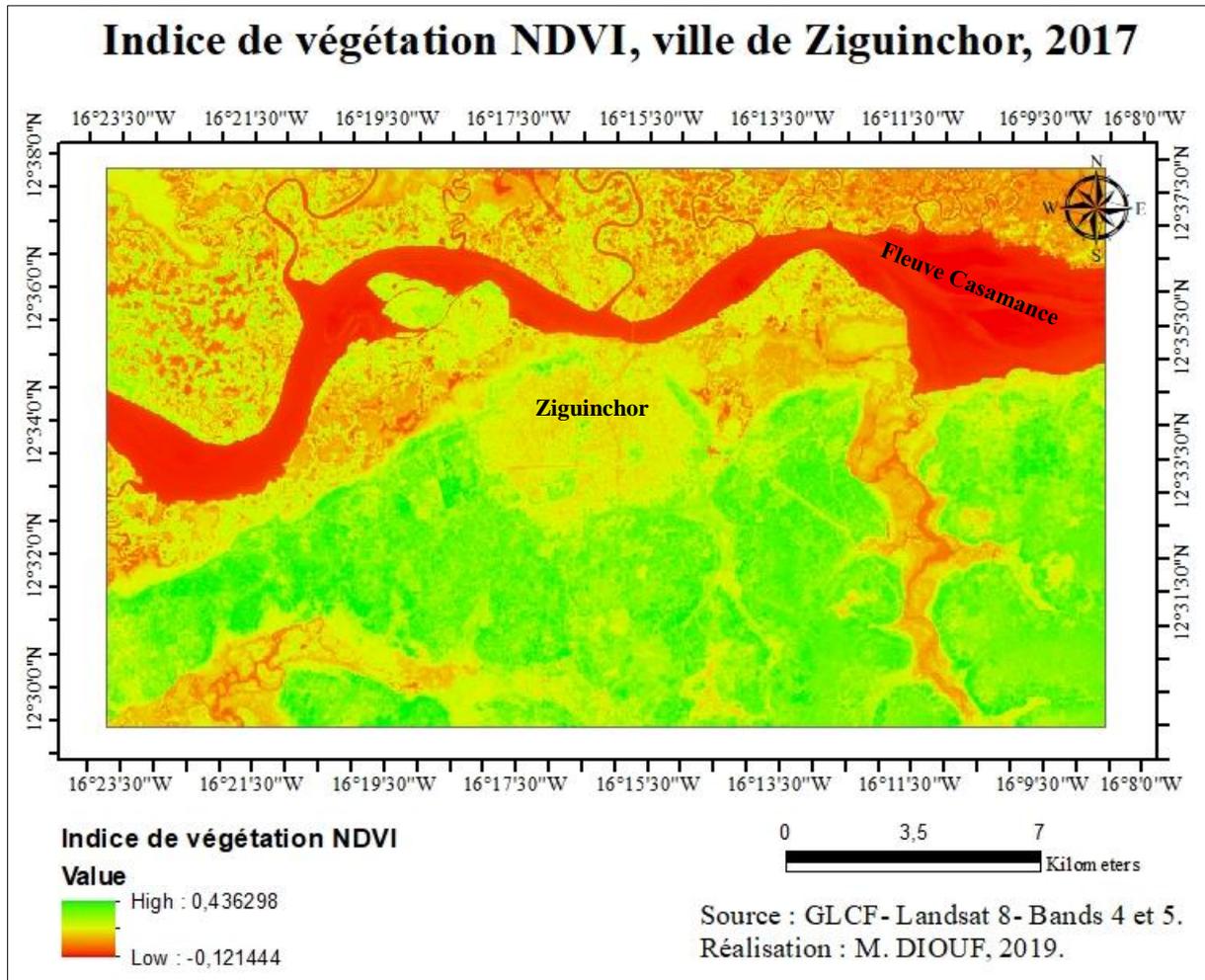


Figure 203 : Indice de végétation (NDVI) de la ville de Ziguinchor, 2017

Les températures (Fig. : 205) évoluent différemment dans l'aire urbaine de Ziguinchor contrairement à celles des autres villes d'étude. Elles connaissent, en effet, une évolution régressive en partant de l'espace urbain (centre et périphérie proche) plus ou moins bâti vers les espaces périurbains et ruraux. Ceci étant, les températures les plus élevées, variant en moyenne entre 34 et 37 °C, ont été enregistrées à l'intérieur du tissu urbain de Ziguinchor. La plus forte température de la ville, environ 37°C, est observée au sud-ouest de celle-ci précisément au niveau de l'aéroport et de l'université de Ziguinchor qui sont de grandes étendues de sols nus, de bitumes (pistes) et constructions où subsistent encore quelques végétaux. Ce rehaussement de la température en ville est principalement engendré par la régression du couvert végétal causée par l'extension et la densification urbaine notamment du bâti. D'autres facteurs y participent également, exemple, l'augmentation des surfaces imperméabilisées et du sol nu, l'intensification du trafic...

En dehors de la ville (périurbain et rural), les températures sont en général plus faibles à l'exception de certains bas-fonds où les températures sont plus élevées qu'en ville. D'ailleurs, on distingue principalement une double évolution des températures hors de la ville, d'une part, des surfaces défrichées pour l'agriculture sur lesquelles le couvert végétal est assez ouvert et où les températures sont égales à 32 °C voire un plus. Et d'autre part, des petites superficies éparpillées de végétation ferme ayant reçu peu d'intervention humaine où les températures atteignent à peine 29°C. Quelques bas-fonds enregistrent cependant des températures supérieures ou égales à 39 °C, cette hausse très localisée de la température est peut-être liée à la salinisation de ces bas-fonds. La salinisation des bas-fonds se présente sous forme de couche superficielle et compacte de sel qui empêche le développement des plantes non halophiles et dont l'albédo est très élevé. Les parcelles salinisées sont totalement dépourvues de tout type de végétation.

En somme, les zones de faibles températures (Fig. : 204) correspondent aux espaces végétalisés de formes diverses (forêt, vergers, mangroves et bas-fonds non salinisés). L'urbanisation croissante de la ville de Ziguinchor de ces dernières années qui se traduit par une augmentation des espaces minéralisés et par une régression de la végétation a entraîné une élévation de la température à l'intérieur de la ville, faisant de Ziguinchor une sorte d'îlot de chaleur urbain dans son environnement immédiat.

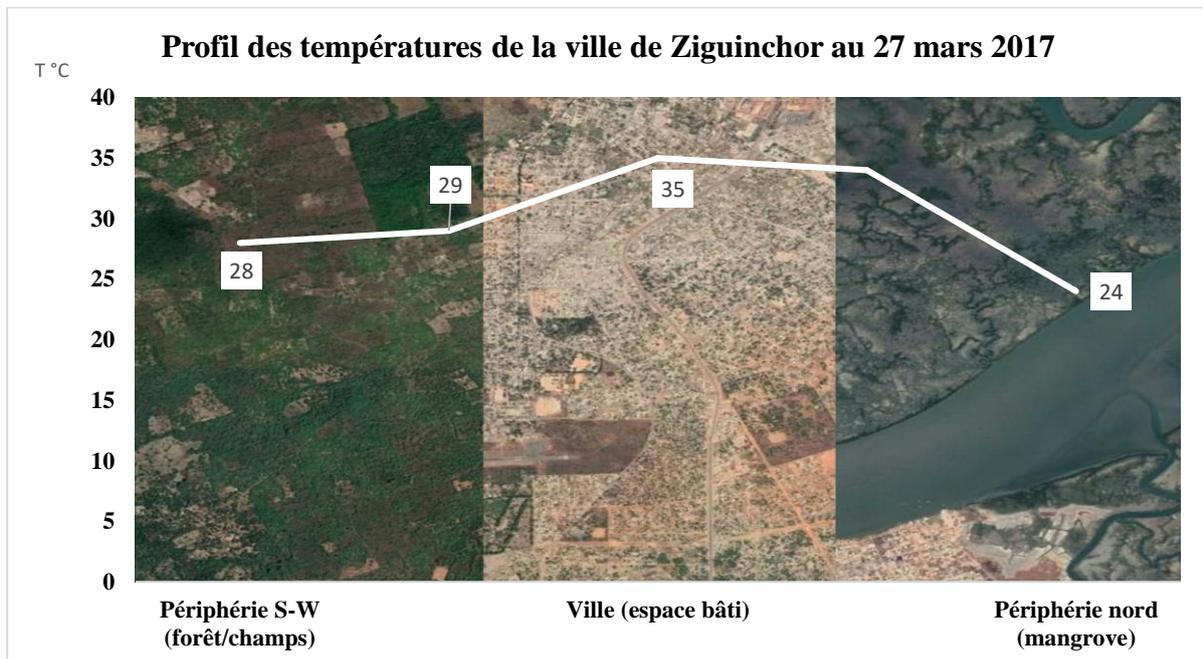


Figure 204 : Profil des températures de la ville de Ziguinchor au 27 mars 2017

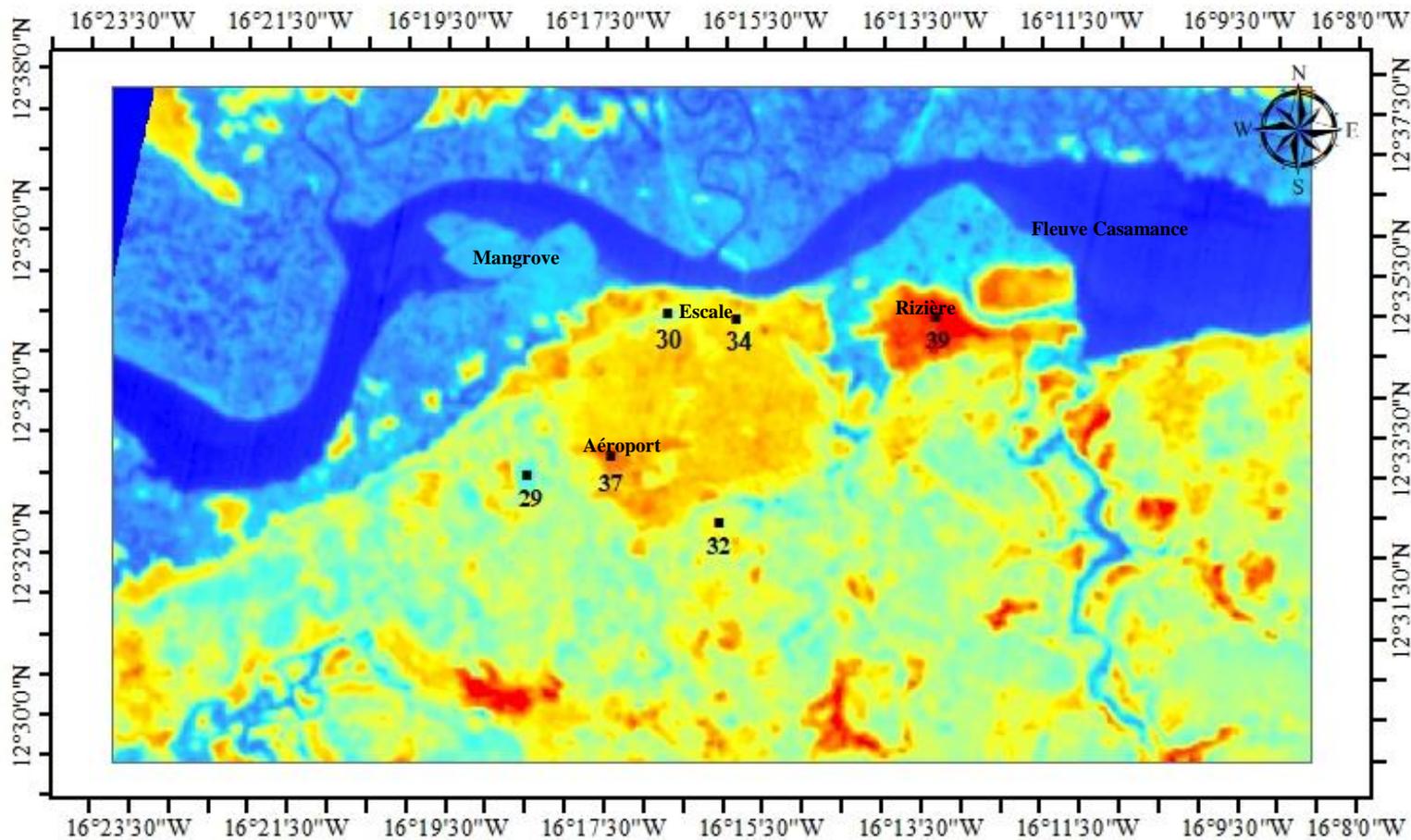
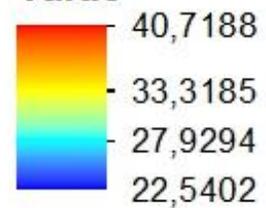


Figure 205 : Carte des températures de la ville de Ziguinchor au 27 mars 2017

Intervalle de température en °C

Value



Source : GLCF- Landsat 8- Band 10.
Auteur : DIOUF, 2019.

1.1.4 Carte des températures basée sur l'indice de végétation (NDVI) de la ville soudanienne de Tambacounda

Les valeurs du NDVI de la ville de Tambacounda (Fig. : 206) sont comprises entre 0,0402 et 0,2801, la dernière valeur (0,28 couverture la plus dense) correspondent à un couvert végétal arbustif et arboré clairsemé, plus faible que celui de l'agglomération dakaroise et légèrement plus ouvert que celui de la ville de Touba. En effet, les couverts végétaux des villes de Touba et de Tambacounda sont très similaires.

Les couverts les plus denses dans la ville se situent dans la vallée sèche du Mamacounda et dans les quartiers résidentiels Nord de Tambacounda. À l'extérieur de la ville, les couverts les plus denses correspondent à une végétation très ouverte principalement arbustive.

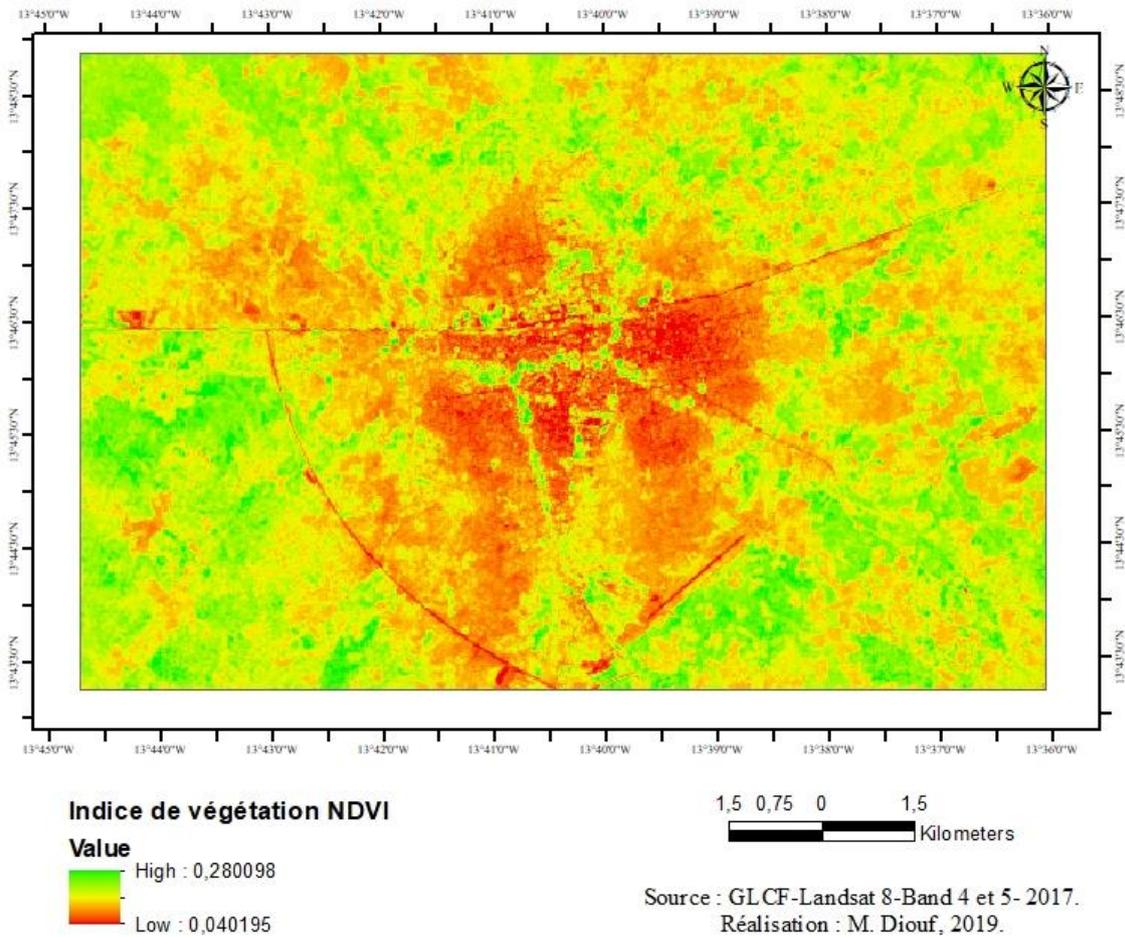
Il ressort de la carte des températures de la ville de Tambacounda du 21 avril 2017 (Fig. : 208), des températures très élevées qui sont supérieures à 39 °C pour l'ensemble de la zone cartographiée. Elles sont légèrement supérieures aux températures observées à Touba et sont nettement au-dessus de températures de l'agglomération dakaroise.

Les températures les moins élevées, variant entre 39 et 43 °C, sont observées sur quelques zones de végétation clairsemée (en bleu foncé) en dehors et au sein du tissu urbain. À l'intérieur de l'espace urbain, le couvert végétal ligneux joue un rôle important dans cette légère baisse de la température malgré sa forte dissémination et sa faible densité surtout dans les quartiers populaires comme Abattoirs. Certains types de recouvrement du sol, des sols nus sablonneux et principalement latéritiques, font localement monter les températures jusqu'à atteindre les 45 °C par endroit.

En dehors de la ville, les températures peuvent atteindre au maximum les 47 °C. Ces températures extrêmes sont souvent enregistrées sur des zones ravagées par les feux de brousses où la couverture végétale est complètement détruite et des champs entièrement défrichés. Ceci étant, le phénomène d'îlot de chaleur urbain n'existe pas à Tambacounda, même si, les températures sont très élevées et dès lors que les températures extérieures à la ville sont supérieures à celles enregistrées à l'intérieur de celle-ci (Fig. : 207).

Figure 206 : Indice de végétation NDVI de la ville de Tambacounda, 2017

Indice de végétation NDVI, ville de Tambacounda, 2017



T °C Profil des températures de la ville de Tambacounda au 21 avril 2017

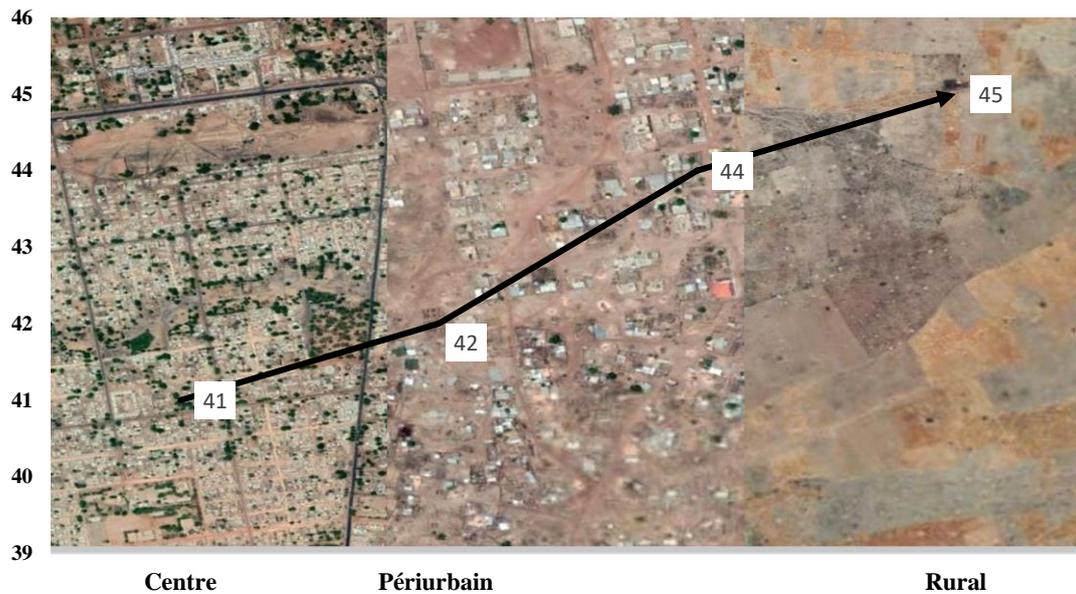


Figure 207 : Profil des températures de la ville de Tambacounda au 21 avril 2017

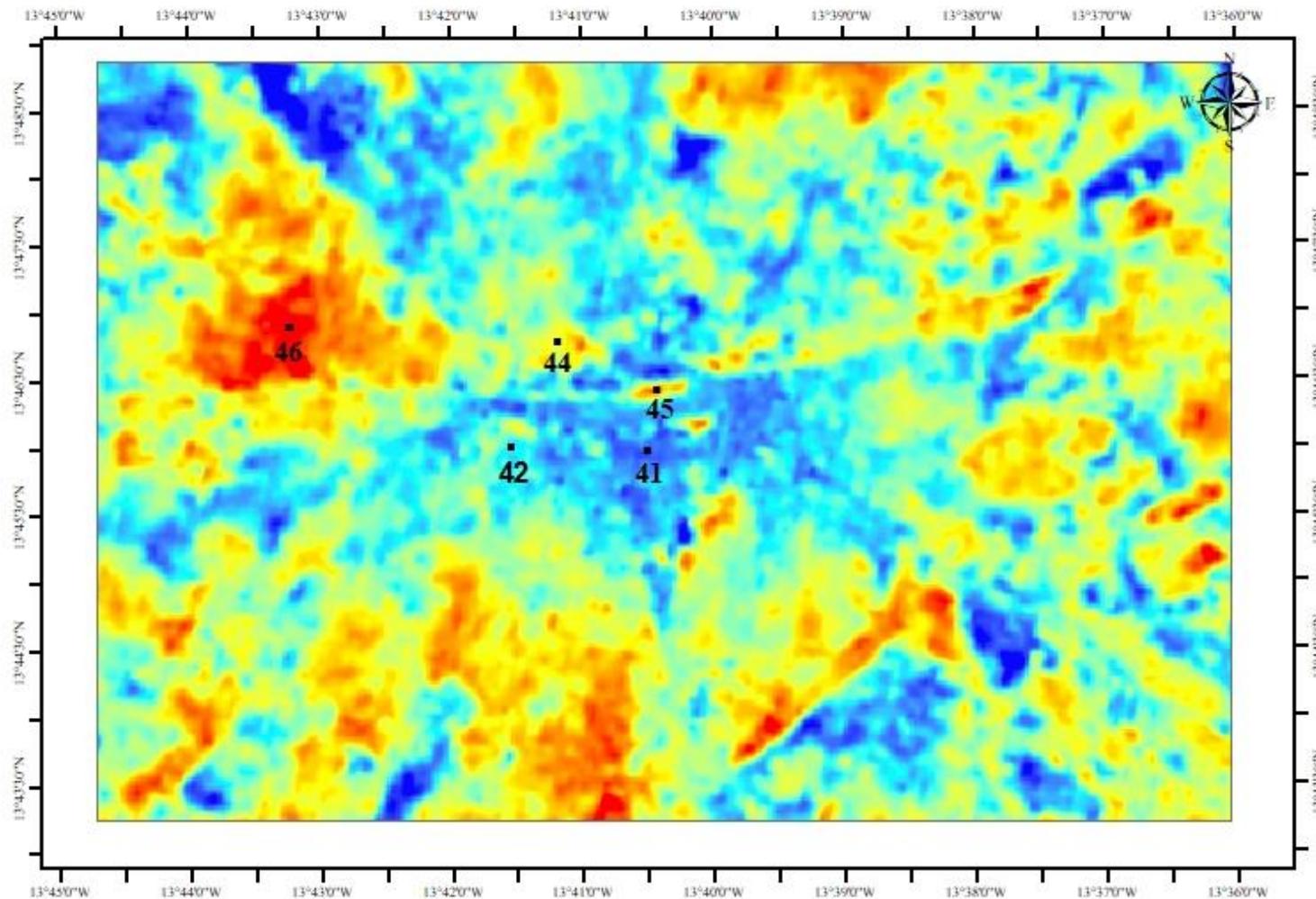


Figure 208 : Carte des températures de la ville de Tambacounda du 21 avril 2017

Intervalle température °C

Value

High : 47,8743



Low : 39,3168

1,5 0,75 0 1,5



Source : GLCF-Landsat 8-Band 10-2017.

Réalisation : M. Diouf, 2019.

2. Le végétal en ville : un moyen efficace de gestion des eaux de ruissellement pluviales

« Le ravinement est très fort à Ziguinchor donc la seule solution pour diminuer le ruissellement de l'eau de pluie c'est de planter des arbres notamment sur les grandes artères de la ville cela permettra de fixer le sol et de régler les problèmes de dégradation des routes parce que cela coûte très cher à la commune. On a des ravinelements assez importants dans des quartiers comme Lindiane. »

Entretien avec Moustapha G., conseiller municipal chargé des questions environnementales de Ziguinchor, le 30/03/2017.

« Pendant la saison des pluies, la végétation participe à disperser et diminuer la force des eaux de ruissellement, cela permet d'éviter les ravinelements. Ce service rendu par végétation est très peu ressenti à Tambacounda parce que la densité de la végétation est très faible. Allez vers le quartier Abattoirs ou juste derrière le marché au poisson vous allez voir par vous-même ce que je vous explique. »

Entretien avec Bounama K., 1^{er} adjoint au maire de Tambacounda, le 05/04/2017.

Comme ces extraits d'entretiens le montrent, la végétation peut jouer un rôle important dans la dispersion et la diminution de la force de ruissellement des eaux pluviales en milieu urbain (comme d'ailleurs en milieu rural, comme le montre Descroix, 2018), à la condition que, comme l'a souligné M. Bounama K. (1^{er} adjoint au maire de Tambacounda) sa densité soit suffisante pour accomplir ce rôle.

À travers l'interception des eaux pluviales par le feuillage, l'évapotranspiration et l'amélioration de la porosité du sol et de la percolation des eaux de pluie dans le sol, la végétation empêche la concentration rapide des eaux de ruissellement qui causent d'énormes dégâts dans les villes sénégalaises dont le plus inquiétant en ville est la dégradation des routes et des habitations. En effet, pendant l'hivernage, certains quartiers se trouvent parfois couper du reste de la ville à cause du ravinement trop important.

Ziguinchor et Tambacounda sont les plus touchées par ce phénomène parmi les villes d'étude, mais il n'est pas inconnu en domaine sahélien, elles serviront d'exemple pour essayer de comprendre comment le végétal urbain participe à la gestion des eaux pluviales, en complément d'exemples que l'on trouve dans la bibliographie comme l'étude de cas sur l'inondation qu'a connu Dakar en 2012 (Descroix, 2018). Cet exemple montre d'emblée que la végétation ne peut pas tout et que, prise séparément des autres outils de gestion des eaux pluviales, elle peut s'avérer inefficace en raison de sa densité trop faible ou de son emplacement en milieu urbain.

2.1- Gestion des eaux pluviales et végétation à Ziguinchor

Ma Samba N. résume la situation à Ziguinchor dans cet extrait d'entretien :

« La ville de Ziguinchor est surélevée et entourée de bas-fonds, du coup pendant la saison des pluies, les eaux de ruissellement descendent avec une certaine vitesse et force vers les bas-fonds et creusent des ravins. La couverture végétale plus ou moins dense participe à diminuer ce phénomène. »

Entretien avec Ma Samba N., chef du secteur départemental des Eaux et Forêts de Ziguinchor, le 28/03/2017.

En effet, la ville de Ziguinchor est construite sur un bas plateau subdivisé en deux sous-ensembles (plateaux de Peyrissac et de Néma) de part et d'autre de la cuvette de Tilène. Ce plateau domine des terrasses de 4 à 5m d'altitude ceinturent la ville par l'Est, le Nord et l'Ouest, en longeant respectivement les cours d'eau du Boutoute, de la Casamance et du Djibilor (Bruneau, 1979).

À premier vu, les eaux de pluie devraient rejoindre ces cours d'eau sans poser de grave problème. Malheureusement, le remblaiement de certains bas-fonds (ancienne rizière) à des fins de lotissement pour répondre à la forte demande foncière qui n'a d'ailleurs cessé de croître depuis les épisodes de sécheresse et le début du conflit casamançais, va avoir des conséquences dommageables. Le quartier de Goumel, entre autres endroits de la ville, situé au nord-est de Ziguinchor illustre parfaitement ce changement d'utilisation du sol car il a été établi sur d'anciennes rizières de bas-fonds.

« Je me suis installé sur des anciennes rizières. »

Entretien avec Moustapha G., conseiller municipal chargé des questions environnementales de Ziguinchor, le 30/03/2017.

Ces différents aménagements (habitations, voiries et autres) changent et bloquent les parcours initiaux des écoulements pluviaux ce qui augmente la concentration rapide et la force des eaux de ruissellement sur les artères principales avant de rejoindre les bas-fonds et delà les cours d'eau. Le cas échéant, ces eaux pluviales engendrent des inondations devenues fréquentes dans la ville notamment dans les quartiers limitrophes des bas-fonds où elles causent beaucoup de dommages aux habitants.

La régression du couvert végétal en ville déjà soulignée dans le chapitre 6, la légère et récente reprise de la pluviosité, une topographie penchant vers les bas-fonds, un réseau d'évacuation des eaux usées et pluviales dérisoire voire inexistant notamment dans les quartiers populaires et des installations spontanées parfois autorisées par les autorités sur des zones non aedificandi, ont engendré le développement et l'aggravation du phénomène de ravinement et des inondations dans la ville de Ziguinchor. Le tout sur un substrat sableux

facilement mobilisable par les eaux pluviales (Fig. : 209). Plus alarmant, la commune ne dispose pas de moyen financier suffisant pour améliorer son réseau d'évacuation des eaux, les quelques canalisations existantes ne sont pas fonctionnelles parce qu'elles sont remplies d'ordures de toute sorte.

En période d'hivernage, la végétation devient une alternative pour gérer les eaux pluviales et fixer le substrat sableux. Le choix de la palette végétale (des essences ayant un système racinaire développé), de l'emplacement des essences sur les parcours d'écoulement des eaux et une bonne densité du couvert végétal, permettront une gestion alternative et durable des eaux pluviales et éviter les ravins. Ces ravins constituent un grand danger pour la population surtout pendant la nuit dans des rues qui sont très peu éclairées.

Pour résoudre ce problème de ravinement dans la ville de Ziguinchor, aucune solution concrète n'est encore proposée par la municipalité. Ce sont les habitants qui essayent avec les moyens du bord et les techniques disponibles de protéger les maisons, les routes et autres biens menacés ou détruits par les eaux de ruissellement. Le plus souvent se sont des sacs de riz remplis de sable, du bois et des briques en ciment (Fig. : 210) qui sont utilisés pour soit ralentir la vitesse des eaux pluviales, soit pour détourner son parcours. Ces barrages de fortune sont souvent emportés dès les premières fortes pluies. À la fin de l'hivernage, les ravins deviennent des dépotoirs de déchets pour les habitants qui espèrent les reblayer avant la prochaine saison des pluies.

La municipalité est consciente de la nécessité de reboiser surtout les grandes artères routières qui correspondent aux principaux couloirs de ruissellement pour endiguer ce phénomène. Par contre, elle est confrontée à plusieurs contraintes d'ordre techniques, financières et d'aménagement qui retardent et parfois annulent les programmes de reboisements. Le conseiller municipal chargé des questions environnementales de Ziguinchor, Moustapha G. nous apporte plus d'informations à ce sujet :

« Nous avons un projet de reboisement des grandes artères de la ville avec la structure des éco-villages qui n'est pas encore effectif... Vous savez pour reboiser la RN54 cela pose problème parce que entre la route et les deux canaux il n'y a pas d'espace pour planter des arbres et il faut être précis sur le choix des espèces végétales. Si on met des arbres avec des racines qui poussent de partout ça risque d'endommager la route. On a commencé un travail pour le reboisement de la RN54 avec l'AGIROUTE qui n'était vraiment pas d'accord parce que les arbres pouvaient réduire la visibilité sur la route. Nous avons retenu le projet... une certaine considération technique qu'on a pas encore... Il y a des projets qui sont conclus et actuellement nous sommes dans la phase de chercher des moyens. »

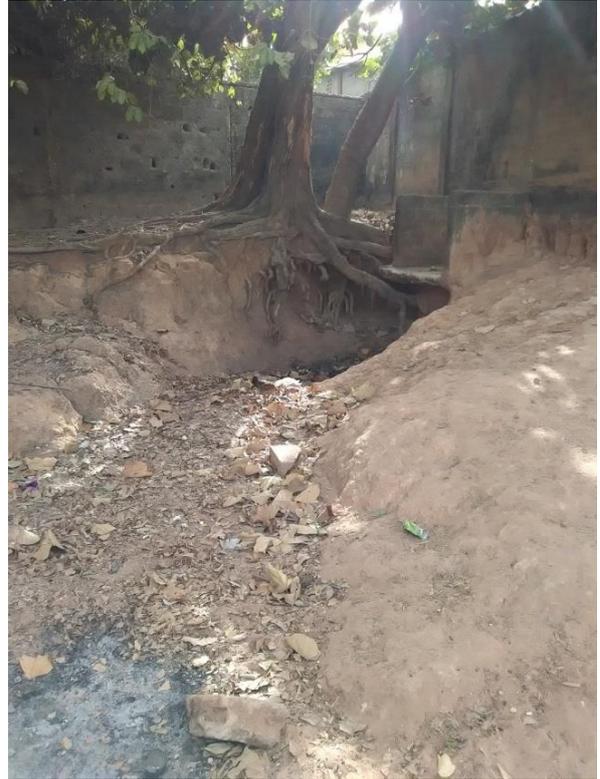


Figure 209 : Les dégâts des eaux de ruissellement sur sol sableux à Colobane (Ziguinchor).
Clichés : Diouf, 2017.



Figure 210 : Technique de protection contre les eaux de ruissellement par les habitants de Colobane (Ziguinchor). Cliché : Diouf, 2015.

2.2- Gestion des eaux pluviales et végétation à Tambacounda

Le contexte est différent dans la ville de Tambacounda mais le problème du ravinement y est également constaté.

À Tambacounda, la topographie est plus accidentée qu'à Ziguinchor avec une surface du sol principalement constitué de latérite en tout cas dans plusieurs quartiers dont Abattoirs. Ce sol latéritique est imperméable ce qui accentue le débit ou la force de concentration des eaux de ruissellement pluviales (Fig. : 211).

Le point commun de ces deux villes est le manque de prise en compte dans les politiques publiques d'aménagement végétal, entre autres, pour la gestion des eaux pluviales. On a constaté que Tambacounda possède une vallée sèche vers laquelle les eaux de pluie et les eaux usées après traitement peuvent être drainées sans grande difficulté. Pourtant, comme à Ziguinchor, la ville manque cruellement de réseau d'assainissement et d'évacuation des eaux usées et pluviales.

Ces deux facteurs expliquent la concentration rapide et la force des eaux pluviales engendrant ainsi des ravins qui atteignent par endroit plus d'un mètre de profondeur. Ce qui rend, l'accès à certains quartiers comme Abattoirs très difficile voire dangereux pendant l'hivernage. Les dégâts (Fig. : 212) sont nombreux et ne se limitent pas seulement aux routes et aux maisons détruites ou menacées par les eaux de ruissellement. Plus inquiétant, les arbres sont parfois dessouchés et emportés par les eaux pluviales parce que leurs racines ont du mal à pénétrer en profondeur dans la latérite.

Dans la vallée sèche du Mamacounda, les eaux pluviales détruisent également les champs et jardins parce qu'elles arrivent avec une grande puissance et ne sont pas régulées dans des canalisations. Nous pouvons constater dans le propos suivant, le désarroi d'un maraicher :

« Actuellement, j'ai perdu la moitié de mon jardin à cause des eaux de pluie (les eaux de ruissellement). Quand, il pleut, l'eau de toute la ville se dirige vers le Faro (vallée morte), elle arrive avec une très grande force et détruit les parcelles inférieures et toutes nos installations. On ne cultive pas ces parcelles pendant l'hivernage. L'eau a même détruit ma clôture offerte par l'association. J'attends la fin de l'hivernage pour réparer les grillages et les remettre à nouveau. Ces pieds de bananiers sont également détruits, c'est une grosse perte pour moi parce que ça me rapportait beaucoup d'argent. »

Entretien avec Abdou G., maraicher à Tambacounda, le 01/04/2017



Figure 211 : Les dégâts des eaux de ruissellement sur les routes en latérite à Abattoir (Tambacounda). Clichés : Diouf, 2018.



Figure 212 : Les dégâts des eaux de ruissellement sur les jardins maraichers à Abattoir (Tambacounda). Clichés : Diouf, 2018.

La faible densité et la forte dissémination de la végétation à Tambacounda mentionnées par le 1^{er} adjoint au maire lors de notre entretien et montrées par nos cartes des changements d'occupation du sol (deuxième partie : chapitre 6) limiterait très fortement le rôle de la végétation dans la dispersion et dans le retardement de la concentration des eaux pluviales afin d'éviter les ravinements.

Plusieurs habitants m'ont fait part de leurs difficultés à faire pousser des arbres sur de la latérite mais sont bien conscient que s'ils avaient plus d'arbres peut être que cela aiderai à éviter les ravinements qui constituent un danger surtout pour les enfants.

Nous avons effectué des croisements matriciels sur les entretiens des élus locaux, des agents techniques municipaux et des agents des eaux et forêts concernant les diverses fonctions de la végétation en ville. Il ressort des croisements (Fig. : 213), la fonction écologique de la végétation urbaine est reprise par l'ensemble des acteurs décideurs, montrant ainsi une certaine conscientisation de ces derniers par rapport à l'importance de la végétation pour avoir un environnement urbain sain et viable. Ces discours « écologiques » sont rarement accompagnés d'actions concrètes sur le terrain. Le manque de moyen de financier et la politique de priorisation des besoins justifieraient ce décalage.

La fonction esthétique de la végétation dans un environnement urbain de plus en plus artificialisé, arrive en deuxième position. Les élus municipaux rencontrés ont fait part de leur volonté de créer et de rénover les espaces verts et les jardins publics. Vient ensuite la fonction de protection qui est assurée par les arbres d'alignement en ville, les arbres remplacement les barrières de protection routières.

Nous remarquons en fin que la fonction alimentaire des arbres urbains apparait très peu dans les discours de ces acteurs contrairement aux discours des habitants. Ceci n'est pas étonnant car les essences, relevant de l'autorité de ces acteurs en milieu urbain, sont en majorité des espèces non comestibles et ornementales dont l'*Azadirachta indica*, le *Khaya senegalensis*...

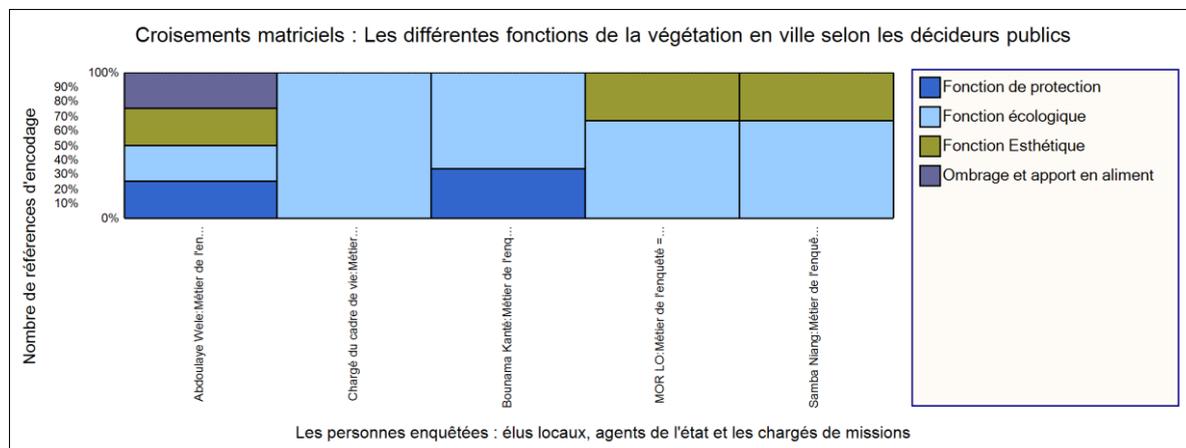


Figure 213 : Les différentes fonctions de la végétation en ville selon les acteurs publics

Les cartes des températures réalisées à l'aide du NDVI (indice de végétation) en 2017 montrent principalement, d'une part, que les températures sont moins élevées dans l'agglomération dakaroise et dans les villes de Touba et de Tambacounda que leurs environs immédiats et ruraux, à l'exception de la ville de Ziguinchor où les températures en ville sont plus élevées. Et d'autre part, les zones de végétation enregistrent les températures les plus douces à l'intérieur du tissu urbain comparées aux zones plus ou moins artificialisées.

Ces résultats nous ont poussé à nous intéresser de plus près sur l'usage du terme « îlot de chaleur urbain » dans le contexte des villes sahélo-soudaniennes en tout cas pour les villes de Dakar, de Touba et de Tambacounda. Nous en concluons que ces villes ne sont pas des îlots de chaleur car les températures sont plus élevées en dehors de la ville même s'il faut signaler que les températures sont également fortes en ville notamment à Touba et à Tambacounda. Par contre, la ville de Ziguinchor peut être considérée comme un îlot de chaleur quand elle est replacée dans son environnement local (fleuve Casamance, forêt de mangrove, bas-fonds humides, périphérie proche très végétalisée), l'étalement et la densification du bâti (chapitre 2) ont engendré un recul de la végétation au sein de la ville (chapitre 6) et l'accroissement des espaces artificialisés d'où cette augmentation locale de la température. Les températures à Ziguinchor restent cependant inférieures à celles des villes de Touba et de Tambacounda.

Ceci étant dit, dans l'agglomération dakaroise, les températures augmentent quand on s'avance vers l'intérieur du pays (axe ouest-est) où la végétation devient de plus en plus disséminée notamment dans les départements de Pikine et de Guédiawaye abritant de nombreux quartiers résidentiels populaires dans lesquels la présence de la végétation est très faible (chapitre 7). Les superficies en végétation dominante identifiées dans la 2^e partie (parc Hann, les Niayes...) correspondent aux endroits où les températures sont les plus douces. Dans l'aire urbaine de Touba-Mbacké, les températures décroissent des marges rurales vers le centre-ville, cette évolution est contraire à celle observée pour la végétation dont la présence est plus importante en ville que dans les zones rurales. La ville de Tambacounda enregistre également des températures décroissantes des marges rurales vers le centre-ville dont les plus douces sont observées dans la vallée sèche du Mamacounda correspondant à la zone la plus végétalisée de la ville. Comme déjà souligné, les températures étant moins élevées en dehors du tissu urbain de Ziguinchor formant ainsi un îlot de chaleur dans son environnement immédiat.

La végétation joue également un rôle important en ville dans la fixation des sols et en aidant à la dispersion des eaux de ruissellement qui causées d'énormes dégâts (routes coupées, clôtures terrassées, ravinement, jardins ravagés...) mais la faible densité et la dissémination de la végétation limitent ce rôle notamment des arbres en ville. Ceci pose la question de la prise en compte du végétal dans les politiques d'aménagement urbains.

Conclusion générale

Cette thèse était fondée sur une problématique autour de la vulnérabilité ou de la résilience des paysages végétaux en milieu urbain face aux changements socio-environnementaux et sur l'intérêt que pourrait avoir leur prise en compte plus complète dans les politiques d'aménagement. L'évolution spatio-temporelle de la place des paysages végétaux dans l'agglomération dakaroise et dans les trois grands centres régionaux de Touba, de Tambacounda et de Ziguinchor de 1973 à 2017 et les usages qu'en font les sociétés urbaines de cette végétation ont ainsi été déterminés à travers une méthode qui articule la télédétection, les relevés de terrain et les enquêtes auprès des habitants.

La cartographie par télédétection de l'occupation du sol et de ses changements, à partir de trois dates (1973, 1990/92 et 2017), a principalement permis de mettre en évidence l'évolution du couvert végétal à l'intérieur de la dynamique urbaine des quatre sites. Il a fallu, d'une part, définir la méthode pour traiter les images satellites, d'autre part, trouver une nomenclature propre à chaque ville qui doit prendre en compte l'ensemble des unités paysagères. L'approche par classification non supervisée a été adoptée parce qu'elle permet de retracer pas à pas la trajectoire de l'état des paysages végétaux depuis les grandes sécheresses jusqu'à nos jours.

Les résultats cartographiques obtenus montrent divers changements dans les unités de l'occupation du sol dont le principal, ou du moins le plus perceptible, sur les paysages étudiés, est, comme cela était attendu, l'artificialisation de l'espace urbain (extension du bâti notamment), conséquence de l'étalement spatial et de la densification de l'agglomération dakaroise et des villes de Touba, de Tambacounda et de Ziguinchor. L'agglomération dakaroise dont les limites ont débordé en dehors de la presqu'île du Cap Vert en direction de Thiès et de Mbour et Touba, devenue deuxième ville du Sénégal ont connu les plus fortes croissances démographiques et donc le plus fort étalement du pays ces dernières décennies. Cette croissance spatiale concerne également les villes d'importance régionale, est consécutive à l'afflux de populations rurales, dans un premier temps, vers Dakar ce qui perdure encore, et dans un second temps, vers les centres régionaux.

Le second changement est une conséquence du premier et affecte directement les paysages végétaux à l'échelle de l'aire urbaine des sites d'étude est marqué par deux principales tendances. Il ressort en effet des cartes de changements de l'occupation du sol de 1973 à 2017 une régression de la végétation dans l'agglomération dakaroise, à Tambacounda et à Ziguinchor. Ce recul de la végétation est clairement lié à l'urbanisation accélérée et spontanée surtout dans les quartiers populaires. Pour une part, les prélèvements effectués par les sociétés urbaines sur la végétation peuvent avoir influé. L'urbanisation se traduit par des changements de fonctions des espaces urbains qui se font au profit du tissu bâti continu ou discontinu et, comme on vient de le voir, au détriment des espaces naturels et semi-naturels, ici du couvert végétal.

Paradoxalement, la végétation progresse à Touba accompagnant le fort étalement spatial de la ville pendant ces dernières années. Généralement, l'urbanisation est associée au recul de la place de la végétation mais pour le cas de Touba, elle est signe du développement de la végétation ligneuse au sein de la ville. Par ailleurs, les habitants à travers des initiatives personnelles de plantation d'arbres dans et devant les maisons ont réussi à créer une sorte d'« îlot vert » dans le Sahel sénégalais, palliant ainsi les fortes chaleurs journalières. L'une des perspectives de cette thèse serait de voir dans quelle mesure le couvert végétal des villes sahéniennes pourrait connaître la même évolution qu'à Touba au regard de la croissance démographique et des changements climatiques actuels.

La mise en perspective des cartes de changements de l'occupation du sol avec l'étude de la variation spatio-temporelle des précipitations montre que le couvert végétal urbain est directement peu sensible à une pluviosité déficitaire ou abondante. En dépit de l'amélioration, bien qu'elle soit irrégulière, des précipitations depuis les années 2000 constatée dans les stations d'étude et dans le Sahel de manière générale, la puissance de l'urbanisation continue d'entraîner le recul de la végétation dans trois des villes comme souligné plus haut. À la même période, c'est finalement là où cette amélioration a été la moins soutenue et les précipitations ont été les plus déficitaires depuis 1950 (Touba) que la végétation a progressé. Ces deux situations inversées montrent que le facteur pluviométrique n'influe qu'indirectement sur l'évolution de la couverture végétale en milieu urbain.

Qu'elle régresse ou qu'elle progresse, la distribution de la végétation au sein du tissu urbain et péri-urbain laisse apparaître plusieurs formes de végétation. Parmi ces formes certaines sont présentes dans chacune des villes d'étude et à la fois dans les quartiers résidentiels populaires et dans les quartiers résidentiels aisés. Il s'agit principalement de la végétation domestique (arbres isolés des cours des maisons ou des concessions, plantations de devantures, clôtures végétalisées et jardins familiaux), des plantations d'alignement, de l'agriculture urbaine ou périurbaine et de la végétation spontanée des délaissés urbains. On note cependant dans les quartiers résidentiels aisés que cette végétation domestique est plus présente pour des raisons esthétiques qu'en raison des ressources procurées aux populations. Les vergers de manguiers ou d'anacardiens se retrouvent dans les quartiers périphériques et à leurs abords.

Les formes publiques de végétation - parcs urbains et forêt péri-urbaine dans l'agglomération dakaroise et jardins publics -, sont présentes dans les quartiers résidentiels ou anciens quartiers coloniaux car elles sont apportées par la colonisation. D'où leur absence dans la ville de Touba développée après l'indépendance et où la végétation publique se limite à la plantation de neems le long des voies publiques. Cette végétation développée par les politiques publiques d'aménagement est aussi très peu présente dans les quartiers populaires récents.

La prédominance de la végétation domestique issue d'initiatives individuelles et associatives au sein des paysages végétaux des villes d'étude montre l'intérêt renouvelé que

des habitants au maintien de la végétation dans les espaces de vie et leur conscientisation sur les services rendus par celle-ci en milieu urbain. Avec l'avancée de l'urbanisation qui se manifeste aussi par la densification du bâti existant, la place des arbres domestiques a progressivement changé, ils ont quitté les cours pour être placés devant les maisons à cause du manque d'espace. Dans les quartiers populaires, ce nouvel emplacement forme des plantations de devanture où elles remplacent les plantations d'alignement issues de projets municipaux et collectifs qui sont quasi inexistantes dans ces quartiers. Dans les quartiers résidentiels, les arbres de devanture forment souvent un deuxième rideau de plantation si les plantations d'alignement existent déjà. Dans les villes de Touba, de Tambacounda et de Ziguinchor, les arbres de cours sont encore assez présents dans les maisons et les concessions de grande taille, conséquence de la moindre saturation du tissu urbain. On a cependant vu à Ziguinchor qu'en cas d'étroitesse de l'habitat, les familles n'hésitent pas à couper l'arbre de cour pour construire de nouveaux logements ou de nouvelles extensions, en adressant au préalable une demande d'autorisation de coupe aux services des Eaux et Forêts.

Une autre différence entre ces quartiers est le fait que les espaces verts publics (parc et jardin) aménagés (diversité et composition floristique, bancs, propreté...) qui ont été identifiés dans cette étude se trouvaient uniquement dans les quartiers résidentiels de Fann (Dakar), d'Escale (Ziguinchor) et de Liberté (Tambacounda). L'absence d'espaces verts publics dans les quartiers populaires (et parfois spontanés) témoigne, d'une part, du manque de planification et de gestion de ces quartiers qui touchent également d'autres secteurs (habitations, infrastructures...), d'autre part, de la faible prise en compte de la végétation dans les politiques publiques d'aménagement. Cela pose aussi la question de l'entretien des espaces végétaux publics dans les villes sénégalaises. Quand ils ne sont pas entretenus, ils deviennent des dépotoirs pour les ordures et sont source d'insécurité.

Cette relégation concerne également l'agriculture urbaine et péri-urbaine qui mobilise de nombreux travailleurs non qualifiés ou en chômage de longue durée et qui alimente en fruits et légumes les marchés des grandes agglomérations notamment Dakar. Les espaces qui accueillent les activités de maraîchage et de jardinage - les Niayes de Pikine de l'agglomération dakaroise, les bas-fonds du quartier de Colobane (Ziguinchor), le Mamacounda au niveau d'Abattoirs (Tambacounda) – sont menacés par la pression foncière. Il s'y associe pour les bas-fonds de Colobane, la salinisation des parcelles. Ils sont les principaux greniers des villes étudiées et ils jouent un rôle important dans la conservation de la biodiversité et le maintien du végétal en ville. Ces activités génèrent des revenus non négligeables pour une population en situation de précarité essentiellement constituée de femmes qu'on retrouve sur toute la chaîne de la production à la commercialisation et de primo arrivants en ville. Les avantages exposés semblent dérisoires face aux besoins d'extension des habitations et des infrastructures même si ces espaces sont parfois classés et protégés comme c'est le cas des Niayes de Pikine. Malheureusement, l'arbitrage des services compétents se fait souvent en défaveur de l'agriculture urbaine et périurbaine d'où la nécessité de repenser la législation qui régit ces espaces de culture en ville afin de les conserver de façon durable. Cela pourrait se

faire d'abord, en classant par décret ou par loi ces espaces comme des zones non constructibles et dédiées uniquement aux activités de culture ; ensuite, en donnant des permis d'exploitation annuels, ce qui permettrait d'éliminer les intermédiaires qui sous-louent les parcelles ; enfin, en confiant la surveillance de ces espaces aux comités des exploitants.

L'étude des usages (médicinaux, énergétiques et alimentaires) et des services rendus par la végétation aux habitants dans les villes sénégalaises a confirmé l'intérêt que la population porte aux végétaux notamment aux arbres isolés ou groupés disséminés au sein des quartiers. La végétation en milieu urbain est ainsi revenue au cœur des débats actuels avec son lot de questionnements.

En ville sénégalaise, l'apport alimentaire des ligneux est souvent minimisé à cause de la faible présence d'espèces comestibles dans les quartiers surtout populaires et dans certaines villes et de l'ampleur de la demande. En effet, les arbres comestibles sont presque inexistantes dans la ville de Touba en termes de composition et de diversité floristique. On y voit une forte présence d'*Azadirachta indica*. Ce constat est à premier vue valable pour les quartiers populaires de Pikine et d'Abattoirs mais ces quartiers renferment, bien qu'en petit nombre, des essences comestibles parfois insoupçonnées. À Abattoirs et à Pikine, la présence récurrente et respectivement de manguiers dans les cours des maisons et de badaniers devant les maisons attire l'attention.

Par ailleurs, le concept de ville comestible est une réalité à Ziguinchor où l'on retrouve une satisfaisante composition et diversité de ligneux comestibles en tant que végétation domestique, plantation d'alignement, vergers, forêts et végétation spontanée. Mis à part la ville de Ziguinchor, le quartier résidentiel de Fann possède également plusieurs ligneux comestibles comme arbres de cours, plantation de devanture (cocotiers et manguiers) et parfois d'alignement (cocotiers). Dans les quartiers populaires, par exemple à Colobane, elles constituent une source alimentaire et de revenus (commerce informel) pour les habitants démunis alors que dans le quartier résidentiel de Fann, on a l'impression qu'elles servent pour l'esthétique. Une autre perspective de cette étude serait d'envisager le renouvellement des essences actuelles en introduisant davantage d'espèces ligneuses comestibles en priorité dans les quartiers populaires et dans la ville de Touba. L'inventaire floristique effectué dans les îlots peut être élargi à l'ensemble des villes d'étude ce qui permettra d'établir la liste complète des ligneux présents dans les villes étudiées.

La moindre place de la végétation et l'adoption d'un mode de vie urbain se sont accompagnés d'une certaine diminution des recours aux traditions phytothérapeutiques surtout au sein de la classe moyenne, en revanche, d'une explosion de la demande en bois-énergie. La phytothérapie est cependant maintenue par les populations récemment arrivées des campagnes qui habitent les quartiers populaires, mais aussi à Ziguinchor, à Touba et à Tambacounda. L'intensification des prélèvements à des fins médicinales (racines, feuilles et écorces), alimentaires (feuilles et fruits) et énergétiques (bois et charbon) sur les arbres et la maîtrise limitée des techniques de prélèvements ont des conséquences dommageables sur les

arbres urbains car elles causent leur stress et leur mort. Il n'a pas été possible au cours de cette thèse d'évaluer la part exacte ou l'impact réel de ces prélèvements sur l'évolution régressive de la végétation dans les villes étudiées.

L'analyse des cartes de températures, obtenues après l'association du NDVI (Normalized Difference Vegetative Index) et la température de surface des entités de l'occupation du sol, révèle que la présence de la végétation engendre une baisse de la température locale au niveau des villes d'étude. Ce qui pose maintenant la question du maintien ou de la ré-végétalisation des villes sénégalaises qui est un enjeu socio-environnemental dans un contexte de réchauffement climatique qui est à la fois plus accentué dans les villes et en zone chaude comme le Sahel. Cela permettra de faire baisser les fortes températures journalières qui ont un impact sur le confort et la santé des populations urbaines, de réduire les épisodes de canicules devenus fréquents ces dernières années et d'éviter les îlots de chaleur urbains.

Replacées dans leur environnement immédiat, l'agglomération dakaroise, la ville de Touba et la ville de Tambacounda ne peuvent pas être considérées comme des îlots de chaleur urbain malgré leurs températures élevées. Elles enregistrent toutes des températures inférieures à celles des espaces environnants, pour l'agglomération dakaroise c'est grâce en partie à l'influence océanique et pour les villes de Touba et de Tambacounda c'est grâce à la présence supérieure de la végétation. Concernant la ville de Ziguinchor, elle peut être considérée comme un îlot de chaleur parce que les températures y sont plus élevées que dans les zones environnantes. Pourtant, elle enregistre des températures moins élevées que les autres villes d'étude.

Bibliographie :

ABUELGASIM, ROSS W. D., GOPAL S., WOODCOCK C.E., 1999 - Change detection using adaptive fuzzy networks: environmental damage assessment after the Gulf war, *Remote sensing of environment*, vol. 70, n° 2, p. 208-223.

ACKERMANN G., ALEXANDRE F., ANDRIEU J., MERING C., 2007 - Dynamique des paysages et perspectives de développement durable sur la Petite Côte et dans le delta du Sine–Saloum (Sénégal), *Vertigo*, Vol. 7, N°2, Art. 16, En ligne : <https://doi.org/10.4000/vertigo.2206>

ACOT P., 1988 - *Histoire de l'écologie*, Paris, PUF.

ADJAMAGBO, A. & ANTOINE, P., 2002 – Le Sénégal face au défi démographique. In Diop M.C. (dir.), *La société sénégalaise entre le local et le global* (Chap. 16), Paris : Karthala (Coll. Hommes et Sociétés), p. 511-547.

ALEXANDRE, F. & MERING C., 2019 - « Perception et représentation des changements socio-environnementaux dans les sociétés rurales en Afrique de l'Ouest sahélienne et soudanienne », *L'Espace géographique*, vol. 48, no. 2, pp. 97-102.

ALEXANDRE F. & GENIN A., 2011 - *Géographie de la végétation terrestre. Modèles hérités, perspectives, concepts et méthodes*, Paris, Armand Colin, 302 p.

ALEXANDRE F., 2017 - Les conséquences de l'urbanisation sur la dégradation des terres en Afrique de l'Ouest sahélienne et soudanienne, *Liaison Énergie francophonie*, N° 105 (2^e trimestre 2017 : Désertification et système terre. De la (re)connaissance à l'action), p. 76-78.

ALFÖLDI T.T., 1996 (version numérique) - *Introduction aux images numériques et aux techniques d'analyse numérique*. Ottawa : Centre Canadien de Télédétection, Ressources Naturelles du Canada, Note technique 78-1, 14 p., En ligne : http://www.mcours.net/cours/pdf/info/INTRODUCTION_AUX_IMAGES_NUMERIQUES_ET_AUX_TECHNIQUES_D_ANALYSE_NUMERIQUE.pdf

ALI A. & LEBEL T., 2009 - The Sahelian standardized rainfall index revisited. *International Journal of Climatology*, vol. 29, p. 1705-1714. En ligne : DOI : 10.1002/joc.1832.

ANAT (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire), 2015 - Schéma directeur d'aménagement et de développement territorial de la zone Dakar-Thiès-Mbour, rapport provisoire, 163 p.

ANDREANI, J.-C. & CONCHON, F., 2005 - Méthodes d'analyse et d'interprétation des études qualitatives : État de l'art en marketing, in *Actes du 4^e congrès international sur les tendances du marketing en Europe*-(Paris, 21et 22 janvier 2005), En ligne : https://apprendre.auf.org/wp-content/opera/13-BF-References-et-biblio-RPT-2014/METHODES%20D%E2%80%99ANALYSE%20ET%20D%E2%80%99INTERPRETATION%20%20DES%20ETUDES%20QUALITATIVES_ANDREANI_CONCHON.pdf

ANDRIEU J. & MERING C., 2008 - Cartographie par télédétection des changements de la couverture végétale sur la bande littorale ouest-africaine : exemple des Rivières du Sud du delta du Saloum au Rio Geba, *Télédétection*, 8 (2), p. 93-118.

ANDRIEU J., 2008 - *Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud (Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau)*. Thèse de doctorat en Géographie, Université Paris-Diderot Paris 7, 519 p.

ANDRIEU J., ALEXANDRE F., MERING C., 2008 - De la dynamique de la végétation à la dynamique des paysages, Analyse rétro-prospective de la végétation ouest-Africaine en relation avec les transformations du milieu et des pratiques. L'exemple de l'île de Diamniadio (Delta du Saloum, Sénégal), in Galop D. (dir.), *Paysages et environnement, de la reconstitution du passé aux analyses prospectives*, Besançon : Presses Universitaires de Franche-Comté (Coll. Annales littéraires ; Série Environnement, sociétés et archéologie), p. 345-358.

ANDRIEU J., & ALEXANDRE F., 2010 - Paysages forestiers et agro-forestiers en changement dans la partie septentrionale des Rivières du Sud (Afrique de l'Ouest). Des milieux aux territoires forestiers, 2010,978-2-84832-122-6. hal-01282202.

ANKERL G., 1987 - *Urbanisation rapide en Afrique tropicale : Faits, conséquences et politiques sociétales : 1970-2000* (avec en annexe, un relevé récapitulatif de données sur l'urbanisation du Tiers Monde), Paris : Berger-Levrault, 179 p.

ANQUETIL V., 2010 - *Typologie et fonctions écosystémiques de la végétation urbaine. Contributions méthodologiques*. Angers : Institut National d'Horticulture et du paysage, Mémoire de fin d'étude, spécialité horticulture, 126 p.

ANSD (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie), 2013 - *Rapport National de présentation, Résultats du quatrième recensement général de la population et de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage*, Dakar : ANSD, 36 p.

ANSD (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie), 2011-2021, *Rapport annuel : Situation économique et sociale du Sénégal*, Dakar, ANSD.

ANSD (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie), 2006 - *Rapport National de présentation, Résultats du troisième recensement général de la population et de l'habitat*, Dakar : ANSD.

ANTOINE P., 1997 - *L'urbanisation en Afrique et ses perspectives*, FAO, 21 p. En ligne sur <http://www.fao.org>.

ANTONA M. & BONIN M., 2010 - Généalogie scientifique et mise en politique des services écosystémiques et services environnementaux, *Vertigo*, Vol. 12, N° 3 (décembre 2012), En ligne : <https://doi.org/10.4000/vertigo.13147>

APPA NPC, 2014 - *Végétation urbaine : les enjeux pour l'environnement et la santé*. Association pour la Prévention de la pollution Atmosphérique Nord – Pas de Calais, 28 p. En ligne : <https://www.appa.asso.fr/wp-content/uploads/2019/10/V%C3%A9g%C3%A9tation-urbaine-les-enjeux-pour-l'environnement-et-la-sant%C3%A9.pdf>

ARBONNIER M., 2009 (3^e édition) - *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'ouest*, troisième édition, Quae / MNHN, 579 p.

ARDOIN-BARDIN S., LUBES-NIEL H., SERVAT É., DEZETTER A, BOYER J.-F., 2003 - Analyse de la persistance de la sécheresse en Afrique de l'Ouest : caractérisation de la situation de la décennie 1990, In Servat E. et al. (dir.), *Hydrology of Mediterranean and Semiarid Regions*, IAHS Publication, n° 278, p. 223-228.

ATMO, 2019 - Végétaliser la ville pour créer un environnement urbain sain et durable. Fiche ville durable et urbanisme N°3. <http://www.atmo-hdf.fr/joomlatools-files/docman-files/Depliant%20plaquettes/F3Urbanisme.pdf>.

AUBRY P. & EGRETAUD C., 1994 - Classification non dirigée optimale d'une image monocanale. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 15, N° 18, p. 3839-3843.

AUERBACH C.F., & SILVERSTEIN L. B., 2003 - *Qualitative studies in psychology. Qualitative data: An introduction to coding and analysis*. New York : New York University Press.

BÂ D., 2004 - Situation et contraintes des systèmes urbains et périurbains de production horticole et animale dans la région de Dakar, *Cahiers Agricultures*, 13, 1, pp. 39-49.

BACOUR C., BREON F.M., MAIGNAN F., 2006 - Normalization of the directional effects in NOAA - AVHRR reflectance measurements for an improved monitoring of vegetation cycles, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 102, N° 3-4, p. 402-413.

BADIANE S. D. & MBAYE E., 2018 - Zones humides urbaines à double visage à Dakar : opportunité ou menace ?, *Science, Eaux & Territoires*, article hors-série, 5 p, En ligne : <http://www.set-revue.fr/zones-humides-urbaines-double-visage-dakar-opportunite-ou-menace>

BAFD/OCDE/PNUDP, 2017 - Perspectives Économiques en Afrique 2017, Entrepreneuriat et Industrialisation. Éditions Ocde, Paris, 344 p.

BAILLY A., *l'organisation urbaine, théorie des modèles*, CRU, 1975.

BALLUT A. & NGUYEN P.T., 1984 - Les besoins en information pour l'aménagement urbain et régional. *Revue de la SFPT*, 93 : 21-32.

BASSENE O. A., CUBIZOLLE H., CORMIER-SALEM M. -C., SY B. A., 2013 - L'impact des changements démographiques et socio-économiques sur la perception et la gestion de la mangrove en Basse Casamance (Sénégal), *Géocarrefour*, vol. 88/4, En ligne : <http://journals.openedition.org/geocarrefour/9306>

BASSENE O. A., 2016 - *L'évolution des mangroves de la Basse Casamance au Sud du Sénégal au cours des 60 dernières années : surexploitation des ressources, pression urbaine, et tentatives de mise en place d'une gestion durable*. Thèse de Géographie en cotutelle (Université de Lyon ; Université Gaston Berger de Saint-Louis), 312 p.

BEAUCHEMIN C. & BOCQUIER P., 2004 - Migration and urbanisation in francophone West Africa: an overview of the recent empirical evidence, *Urban Studies Journal Foundation*, Vol. 41, N° 11, p. 2245–2272.

BEAUDOIN A., BROCHU R., MORIN D., 1986 - Détection des changements d'utilisation du sol dus à l'urbanisation à l'aide de l'analyse en composantes principales des données multitudes LANDSAT. *Journal Canadien de Télédétection*, 12 (1), p.29-38.

BELLEFONTAINE R., PETIT S., PAIN-ORCET M., DELEPORTE P., BERTAULT J. G., 2001 - Les arbres hors forêt : vers une meilleure prise en compte, *Cahier FAO conservation* 35, p 22-214.

BENEVENT C., 2008 - Une clé pour la gestion participative de l'aménagement du territoire et du développement local. Le Processus Agenda 21 Local de Guédiawaye au Sénégal.

BENOIST C., 2011 - Bois sacrés en Afrique de l'ouest : animiste, tourisme et écologie.

- BERGAOUI M. & ALOUINI A.**, 2001 - Caractérisation de la sécheresse météorologique et hydrologique : cas du bassin versant de Siliana en Tunisie. *Sècheresse*, vol. 12, n° 4, p. 205-213.
- BERHAUT J.**, 1967 - *Flore illustrée du Sénégal*. Édit. Clairafrique, 2^{ème} édition, Dakar, 487 p.
- BERLUREAU E. & BERLUREAU P.**, 1981 - Sources et consommation d'énergie à Dakar. In : *Cahiers d'outre-mer*. N° 135 - 34e année. pp. 257-272. DOI : <https://doi.org/10.3406/caoum.1981.2992>. www.persee.fr/doc/caoum_0373-5834_1981_num_34_135_2992.
- BERQUE A.**, 2001 - De paysage en outre-pays ; Le débat n°65. In « PAYSAGE ET AMENAGEMENT URBAIN. Note de synthèse & Bibliographie raisonnée » de Pierre Girardin.
- BLANC N.**, 1998 - 1925-1990 : l'écologie urbaine et le rapport ville-nature. *L'Espace géographique*, Tome 27, N° 4. p. 289-299.
- BODIAN A.**, 2014 - Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Physio-Géo*, Vol. 8 , p. 297-312, En ligne : <http://dx.doi.org/10.4000/physio-geo.4243>
- BODIAN A., NDIAYE O. & DACOSTA H.**, 2016 - Evolution des caractéristiques des pluies journalières dans le bassin versant du fleuve Sénégal : Avant et après rupture, *Hydrological Sciences Journal*, 61 (5), p. 905-913, En ligne : <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.950584>
- BODIAN A.**, 2011 - *Approche par modélisation pluie-débit de la connaissance régionale de la ressource en eau : Application au haut bassin du fleuve Sénégal*. Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 288 p.
- BODIAN A., DACOSTA H. & DEZETTER A.**, 2011 - Caractérisation spatio-temporelle du régime pluviométrique du haut bassin du fleuve Sénégal dans un contexte de variabilité climatique. *Physio-Géo*, vol. V, p. 116-133, En ligne : DOI : [10.4000/physio-geo.1958](https://doi.org/10.4000/physio-geo.1958).
- BOFFA J. M.**, 2000 - Les parcs agroforestiers en Afrique de l'Ouest : clés de la conservation et d'une gestion durable. *Unasylva (FAO)*, Vol. 51, 200, p. 11-17.
- BOUTEFU E.**, 2005 - *La demande sociale de nature en ville : enquête auprès des habitants de l'agglomération lyonnaise*, Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme (CERTU), 81 p.
- BOUTEFU E.**, 2010 - *La nature en ville : rôle du végétal vis-à-vis de la qualité de la vie, la biodiversité, le microclimat et les ambiances urbaines*. Note de synthèse, Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme (CERTU)
- BOUYER J.**, 2009 - *Modélisation et simulation des microclimats urbains : Étude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes, 306 p.
- BOYE A. et al.**, 2000 - *Étude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA) à l'horizon 2020*, Actes de l'atelier sous-régional pour les pays du bassin du Congo et Madagascar sur la collecte et analyse des données forestières, FAO, 35 p.
- BRACHET J.**, 2012 - Géographie du mouvement, géographie en mouvement. La mobilité comme dimension du terrain dans l'étude des migrations, *Annales de géographie*, N° 687-688, p. 543-560.
- BRUNEAU J.-C.**, 1979 - *Ziguinchor en Casamance, une ville moyenne du Sénégal*. Travaux et documents de géographie tropicale : La croissance urbaine dans les pays tropicaux, N° 36, 163 p.

- BRUSTEL J. M., VICKOS J.-B., FONTAN J., PODAIRE A. & LEVENU F.**, 1991 - Characterisation of active fires in West African savannas by analysis of satellite data: Landsat Thematic Mapper, in J. Levine (ed.), *Global Biomass Burning*, Cambridge (Mass.), Cambridge MIT Press, p. 47-52.
- BUISHAND T. A.**, 1982 - Some methods for testing the homogeneity of rainfall records, *Journal of Hydrology*, Vol. 58, issues 1-2, p. 11-27.
- BUISHAND T. A.**, 1984 - Tests for detecting a shift in the mean of hydrological time series, *Journal of Hydrology*, Vol. 73, issues 1-2, p. 51-69.
- BYUN H. R. & WILHITE D. A.**, 1999 - Objective quantification of drought severity and duration, *Journal of Climate*, Vol. 12, Issue 9, p. 2747-2756.
- CALAS B.**, 1998 - *Kampala, la ville et la violence*, Paris-Nairobi, Karthala-IFRA (Coll. Hommes et Sociétés), 440 p.
- CARTER, E. J.**, 1995 - *L'avenir de la foresterie dans les pays en développement : un document de réflexion*. Rome, FAO, Département des Forêts. 95 p.
- CERTU** (Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les Constructions Publiques), 2009 (1^{er} ed.) - *Composer avec la nature en ville*. Lyon, collection du CERTU, 375 p.
- CHAMARD P. C. & COUREL M. F.**, 1999 - La forêt sahélienne menacée, *Sécheresse*, Vol. 10, N° 1, p. 11-18.
- CHARBONNEAU L., MORIN D & ROYER A.**, 1986 - Interprétation et analyse de l'évolution du paysage urbain de l'agglomération de Montréal (Canada) à l'aide de données LANDSAT, *Photo-interprétation*, 1986-5, fascicule 1, p. 1-11.
- CHIESURA A.**, 2004 - The role of urban parks for the sustainable city, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 68, Issue 1, p. 129–138.
- CHOWDHURY R. R.**, 2006 - Landscape change in the Calakmul Biosphere Reserve, Mexico: Modelling the driving forces of smallholder deforestation in land parcels, *Applied Geography*, Vol. 26, Issue 2, p. 129-152.
- CLAIRE T.**, 2007 - Fusion d'images de résolutions spatiales différentes. Mathématiques [math]. École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2006. Français. NNT : 2006ENMP1399. pastel-00002097.
- CLARK R. N.**, 1999 - Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy, in A. N. Rencz (ed.), *Manual of Remote Sensing*. Vol. 3 : *Remote Sensing for the Earth Sciences*, New York, John Wiley and Sons, p. 3-58.
- CLERGEAU P.**, 2007 - *Une écologie du paysage urbain*. Rennes, Apogée, 142 p.
- COPPIN P., JONCKHEERE I. & LAMBIN E.**, 2004 - Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review, *International Journal of Remote Sensing*, 25 (9), p. 1565–1596.
- COPPIN P.R. and BAUER M.E.**, 1995 - The potential contribution of pixel-based canopy change information to stand-based forest management in the northern U.S. *J. Environ. Management*, 44 :69-82.
- COQUERY-VIDROVITCH C.**, 1993 - *Afrique noire. Permanences et ruptures*, Paris, Payot, 440 p.

- DACOSTA H., KONATÉ Y.K. & MALOU R.**, 2002 - La variabilité spatio-temporelle des précipitations au Sénégal depuis un siècle, in FRIEND conference, *Regional hydrology: bringing the gap between research and practice*, IAHS Publication n° 274, p. 499-506. En ligne : http://www.iahs.info/uploads/dms/iahs_274_499.pdf
- DAGNELIE P.**, 1970 - *Théorie et méthodes statistiques* (vol. 2). Gembloux, Presses Agronomiques de Gembloux, 464 p.
- DARBOUX A. A.**, 2011 – *Conditions optimales de production de charbon de bois par la meule traditionnelle*. Mémoire en agronomie de l'Université de Parakou, Bénin, 62 p.
- DASYLVA M, NDOUR N, SAMBOU B & SOULARD C-T.**, 2018 - Les micro-exploitations agricoles de plantes aromatiques et médicinales : élément marquant de l'agriculture urbaine à Ziguinchor, Sénégal, *Cahiers de l'Agriculture*, Vol. 27, N° 2, En ligne : <https://doi.org/10.1051/cagri/2018011>
- DE KETELE, J. M.**, 1980 - *Observer pour éduquer*, Berne, Peter Lang, 214 p.
- DE KETELE J.-M. & ROEGIERS X.**, 2015 (5^e édition) - *Méthodologie du recueil d'informations, fondements des méthodes d'observation, de questionnaire, d'interview et d'étude de documents*, Louvain-la-Neuve, De Boeck Supérieur, 208 p.
- DEFCCS** (Direction des Eaux et Forêts, Chasses et de la Conservation des Sols), 2004 - Rapport national à la cinquième session du forum des Nations Unies sur les forêts : Sénégal, 2004. http://www.un.org/esa/forests/pdf/national_reports/unff5/senegal.pdf.
- DEFCCS** (Direction des Eaux et Forêts, Chasses et de la Conservation des Sols), 2013 - Situation économique et sociale du Sénégal en 2011, Bilans annuels et définitif février 2013, http://www.ansd.sn/ressources/ses/chapitres/10-Environnement_2011.pdf.
- DENIS E., MORICONI-EBRARD F., HARRE-ROGER D., THIAM O., SEJOURNE M., CHATEL C.**, 2008 - *Dynamiques de l'urbanisation en Afrique de l'Ouest, 1950-2020 : Approche géostatistique*. Paris, Agence Française du développement/ ANR/SEDET, Rapport d'étude : 124 p. ; Atlas : 38 p. ; Fiches-pays : 104 p.
- DENIS E. & MORICONI-EBRARD F.**, 2009 - La croissance urbaine en Afrique de l'Ouest : de l'explosion à la prolifération, *La Chronique du CEPED*, p.1-5.
- DENIS E. et al.**, 2009 – *Africapolis : Dynamique de l'urbanisation 1950-2020 : approche géo-statistique* Afrique de l'Ouest. AFD, 124 p.
- DESCLEE B., BOGAERT P., DEFOURNY, P.**, 2006 - Forest change detection by statistical object-based method, *Remote sensing of environment*, Vol. 102, N°. 1-2, p. 1-11.
- DESCROIX L. et al.**, 2015 - Facteurs anthropiques et environnementaux de la recrudescence des inondations au Sahe, in Sultan B, Lalou R., Amadou Sanni M., Oumarou A., Soumaré M.A. (eds.). *Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest*, Marseille, IRD (Coll. Synthèses), p. 153-170.
- DESCROIX L.**, 2018 - L'eau des villes et l'eau des champs ? in L. Descroix (dir.), *Processus et enjeux d'eau en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne* (Chapitre 8), Édition des Archives contemporaines France, En ligne : doi : 10.17184/eac.9782813003140

DESJARDINS R. & CAVAYAS F., 1991 - Possibilités et limites des images satellites TM LANDSAT en matière d'occupation du sol : le cas de Montréal (Québec), *Cahiers de géographie du Québec*, Vol. 35, N° 94, p. 137–151.

DESMARCHELIER A., 2001 - *Programme de relance des activités économiques et sociales en Casamance*. Dakar, République du Sénégal, Ministère de l'Economie et des Finances, Direction de la Coopération Economique et Financière, 254 p.

DEVINEAU J. L., 1999 - Écologie des principales espèces ligneuses alimentaires et fourragères dans un système culture-jachère (sud-ouest du Burkina Faso), in Floret C. & Pontanier R. (dir.), *La jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives* (volume 1 : Actes du séminaire international de Dakar, 13 au 16 avril 1999), Paris, John Libbey Eurotext, p. 441-450.

DIEDHIOU I., 2019 - Entre utilisation et préservation des ressources ligneuses en Afrique de l'Ouest : Dynamique des paysages forestiers en Sénégal méridionale, Thèse de doctorat, Université Paris Diderot, 444 p.

DIEDHIOU S. O., SY O. & MARGETIC C., 2018 - Agriculture urbaine à Ziguinchor (Sénégal) : des pratiques d'autoconsommation favorables à l'essor de filières d'approvisionnement urbaines durables, *Espace, populations, sociétés*, 2018/3, En ligne : <http://journals.openedition.org/eps/8250>

DIETERLEN G., 1965 (rééd. 2005) - *Textes sacrés d'Afrique Noire*, Collection Unesco d'œuvres représentatives, Série africaine, Paris, Gallimard, 306 p.

DIONE M., 2008 - Contribution à l'étude des produits de la cueillette (PFC) : Potentiel et utilisations dans le terroir villageois de Sambandé (région de Kaolack) au Sénégal. Mémoire de maîtrise, UCAD Dakar, département de géographie.

DIOP K., FAYE C. A. T. et SOW S. A., 2019 - La Grande Niaye de Pikine, un espace humide à haute valeur agronomique au cœur de l'agglomération urbaine de Dakar : analyse des enjeux socioéconomique, *Belgeo* 1 | 2019, En ligne : <http://journals.openedition.org/belgeo/31319>

DIOP M., BACCI M. & PASQUI M., 2013 - *Encadrement climatique et évaluation du changement climatique dans les régions d'études*. Rapport numéro 6 de PAPSEN (programme d'appui au programme national d'investissement de l'agriculture au Sénégal), 152 pages.

DIOP R., MBAYE M., DIOP I., BASSENE C. et al., 2019 - Usages médicinaux des plantes par la population riveraine du conservatoire botanique Michel Adanson de Mbour (Sénégal). *Journal of Animal and Plant Sciences*. Volume 40 (3), p. 6690-6711.

DIOP, O., 2011 - *Démographie de la région de Ziguinchor au Sénégal : de la veille de la réclamation indépendantiste à nos jours*. Mémoire d'élève ingénieur des travaux statistiques, École nationale de la statistique et de l'analyse économique.

DIOP-MAES L. M., 1996 - *Afrique noire : démographie, sol et histoire*. Paris, Présence africaine, 405 p.

DIOUF M., 1985 - *Sénégal, les ethnies et la nation*. Paris, L'Harmattan, 206 p.

DIOUF M., 2015. – *Dynamique des paysages végétax urbains : cas de trois villes sénégalaises (Dakar, Touba et Ziguinchor)*, Mémoire de M2 recherche, Université Paris 13, département de géographie et aménagement, 182 p.

DIOUF R. N., DACOSTA H., FAYE T. 2019 - Urbanisation et inondation dans le bassin-versant de la Grande Niaye de Pikine (Dakar, Sénégal), *Akofena*, Université Félix Houphouët-Boigny, 2019, Hors-série, 01 (01), pp.89-102.

- DOGNIN R., BARRETEAU D. & GRAFFENRIED C. V.**, 1997 - *L'homme et le milieu végétal dans le bassin du Lac Tchad*. Sévres, 18-20/9/1991, (Man and vegetation in the Lake Chad Basin) IRD, Paris.
- DORIER-APPRILL E., DOMINGO E.**, 2004 - « Les nouvelles échelles de l'urbain en Afrique. Métropolisation et nouvelles dynamiques territoriales sur le littoral béninois », *Vingtième siècle*, n°1/81, pp. 41 à 54.
- DUPON J.-F.**, 1964 - Tambacounda, capitale du Sénégal oriental, *Cahiers d'Outre-mer*, N° 66, 17^e année. p. 175-214.
- DURAND J.-H.**, 1977 - A propos de la sécheresse et ses conséquences au Sahel. *Cahiers d'Outre-mer*. N° 120, 30^e année, p. 383-403.
- ECKKHARDT, D.W., VERDIN, J.P. and LYFORD, G.R.**, 1990 - Automated Update of an Irrigated Lands GIS Using SPOT HRV Imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59 (11), p. 1515-1522.
- ECO CITE**, 2004 - *Rapport scientifique annuel. WP3 : Enjeux environnementaux des espaces agricoles et naturels urbains ou périurbain*, 19 p.
- EHEMBA M. A.**, 2006 - *Énergies et Femmes au Sahel : Cas du Sénégal*. Programme Régional de Promotion des Énergies Domestiques et Alternatives du Sahel (PREDAS), 20 p.
- EUROSTAT**, 2000 - *Manuel des concepts relatifs aux systèmes d'information sur l'occupation et l'utilisation des sols*. Luxembourg, Office des publications officielles des communautés européennes.
- EVERETT J. & SIMONETT D.S.**, 1976 - Principles, Concepts and Philosophical Problems, in J. Linthy et D.S. Simonett (eds.), *Remote Sensing of Environment*, Reading (Mass.), Addison Westley.
- FAIRHEAD J. & LEACH M.**, 1994 - Représentations culturelles africaines et gestion de l'environnement. *Politique africaine*, 53, p. 11-24.
- FALL A. S. et al.**, 2005 - Changements climatiques, mutations urbaines et stratégies citadines à Dakar (Sénégal), in Fall A. S., Gueye C., Tall S. M., *Urbain-Rural : l'hybridation en marche*, Enda Tiers- Monde (Coll. Etudes et Recherches), p. 190-231.
- FALL A.**, 2014 - Le Ferlo sénégalais : approche géographique de la vulnérabilité des anthroposystèmes sahéliens, Thèse de doctorat en géographie, Université Paris 13 – Sorbonne Paris Cité, 380 p.
- FALL I.**, 2007 – Suivi-évaluation de la phytomasse de cinq espèces médicales dans la forêt communautaire Mama Kaoussou de Sambande communauté rurale de Keur Baka région de Kaolack. Faculté des Sciences et techniques- DES biologie végétale, UCAD.
- FAO**, 2017 - *L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde*. Rome, FAO, 144 p.
- FAYE M., FALL A., FAYE G. & VAN HECKE E.**, 2018 - La variabilité pluviométrique et ses incidences sur les rendements agricoles dans la région des Terres Neuves du Sénégal oriental », *Belgeo*, En ligne : <http://journals.openedition.org/belgeo/22083>
- FAYE S.**, 2019 - La pollution de l'air fait tousser Dakar, *National Geographic*, 7 janvier 2019, En ligne : www.nationalgeographic.fr/environnement/2019/01/la-pollution-de-lair-fait-tousser-dakar
- FAYE C., SOW A.A. & NDONG J.B.**, 2015 - Étude des sècheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale : caractérisation et cartographie de la sècheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal. *Physio-Géo*, Vol. 9, p. 17-35, En ligne DOI : [10.4000/physio-geo.4388](https://doi.org/10.4000/physio-geo.4388)

- FENNETEAU H.**, 2015 (3^e éd.) - *L'enquête : entretien et questionnaire*. Paris, Dunod, 128 p.
- FOSSET R.**, 1982. Les types de quartier et l'expansion de Casablanca (Maroc), *in* Cellule de Télédétection du CNRS, *Journée de télédétection en milieu urbain* (6-7 mai 1982), p 54-57.
- FRASER R.H., ABUELGASIM A. & LATIFOVIC R.**, 2005 - A method for detecting large-scale forest cover change using coarse spatial resolution imagery, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 95, Issue 4, p. 414-427.
- FREROT, A.-M.**, 1999 - *Les grandes villes d'Afrique*. Paris, Ellipses, 223 p.
- FREUDENBERGER M. S. & SCHOONMAKER-FREUDENBERGER K.**, 1989. *Part I: State of the art on desertification. Part II: Plan of action for West Africa Regional Office thrust on desertification* (Rapport d'étude), Dakar, IDRC/WARO.
- FRIEDBERG C.**, 1992 - La question du déterminisme dans les rapports homme-nature, *in* Jollivet, M. (dir.), *Sciences de la nature, sciences de la société : les passeurs de frontières*. Paris, CNRS éditions.
- FRIEDMAN S.Z. & ANGELICI G.L.**, 1979 - The Detection of Urban Expansion from LANDSAT Imagery, *Remote Sensing Quarterly*, 1 (1), p. 58-79.
- GARDNER L. A.**, 1969 - On detecting changes in the mean of normal variates, *The Annals of Mathematical Statistics*, Vol. 40, N° 1, p. 116-126.
- GASTINEAU B. & GOLAZ V.** 2016 - Être jeune en Afrique rurale. Introduction thématique, *Afrique contemporaine*, 2016/3 (N° 259), p. 9-22.
- GAUDIN C.**, 2006 - *Cadre juridique international et national de protection des mangroves*. Rome, FAO, 50 p.
- GIRARD M C., GIRARD C M.**, 1999 - *La télédétection appliquée, zones tropicales et intertropicales*. Paris, Dunod, 529 p.
- GIROD J.**, 1994 - L'énergie en Afrique. La situation énergétique de 34 pays de l'Afrique subsaharienne et du Nord. Karthala – ADEME-ACCT-MCD-Paris. ISBN : 9782865375493. 480 p.
- GODFROID T.**, 2012 - *Préparer et conduire un entretien semi-directif*. Séminaire à l'université de Lorraine, Information & Management (Coll. des notes techniques), 5 p.
- GODRON M.**, 1982 - L'étude du "grain" de la structure de la végétation. Application à quelques exemples méditerranéens, *Ecologia Mediterranea*, 8 (1-2) : 191-195.
- GOERG O.**, 1996 – Entre nature et culture, la végétation dans les villes coloniales (Conakry, Freetown), *Revue française d'Histoire d'Outre-Mer*, N° 310, p. 43-60.
- GOERG O.**, 2006 - Domination coloniale, construction de « la ville » en Afrique et dénomination, 5, 15-45. <https://doi.org/10.3917/afhi.005.45>.
- GUEYE C.**, 2000 - Le paradoxe de Touba : une ville produite par des ruraux, *Bulletin de l'APAD*, n°9-2000, 11 p. [En ligne : <http://apad.revues.org/426>].
- GUEYE S. et al.**, 2008 - *Plan d'Aménagement de la Forêt classée de Mbao*. Conseil régional de Dakar / Direction des Eaux, Forêts, Chasses et de la Conservation des sols, 121 p.

- GUEYE F.**, 2019 - *Médecine traditionnelle du Sénégal, exemples de quelques plantes médicinales de la pharmacopée sénégalaise traditionnelle*, Thèse de doctorat en pharmacie, Université d'Aix-Marseille, 175 p.
- GUTTMAN N. B.**, 1994 - On the sensitivity of sample L moments to sample size. *Journal of Climate*, Vol. 7, Issue 6, p. 1026–1029.
- HAERINGER P.**, 1980 - L'arbre dans la ville : lecture sociale en quatre tableaux du couvert végétal dans la ville africaine, Cahiers de l'ORSTOM, Série Sciences Humaines, Vol XVII, N° 3-4, p. 289-308.
- HAJEK I. & LEVY J. P.**, 2016 - Écologie urbaine, in Choné A., Hajek J., Hamman P. (dir.), *Guide des Humanités environnementales*. Villeneuve d'Ascq, Presses universitaires du Septentrion, 632 p.
- HOUEBINE M.**, 2019 - La transition démographique en Afrique subsaharienne, *Trésor-éco*, N° 242, Août 2019, p 12.
- HOUESSE R.**, 2021 - *Les trajectoires des territoires ruraux face aux changements socio-environnementaux au Nord du Bénin*. Thèse de doctorat en géographie, Université de Paris, 360 p.
- HUBERT P. & CARBONNEL J.-P.**, 1987 - Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest, *Journal of Hydrology*, Vol. 95, Issues 162, p. 165-183.
- HUBERT P., CARBONNEL J.-P., CHAOUICHE A.**, 1989 - Segmentation des séries hydrométéorologiques - application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest, *Journal of Hydrology*, Vol. 110, Issues 3-4, p. 349-367.
- HUBERT-MOY L.**, 2004 - *Occupation du sol et télédétection : de l'inventaire à la modélisation prédictive*. Texte de synthèse d'HDR, Département de géographie, Université Rennes 2, 279 p.
- ISOCARP**, 2003 - *Les nouveaux quartiers et les dispositifs d'aménagement urbain : le cas du Sénégal*, Dakar, 21p, (Séminaire - atelier à Dakar, 26 mai 2003).
- JENSEN J.R. & TOLL D.L.**, 1982 - Detecting Residential Land-Use Development at the Urban Fringe, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48 (4), p. 629-632.
- JENSEN J.R.**, 1981 - Urban change detection mapping using Landsat digital data, *The American Cartographer*, Vol. 8, Issue 2, p. 127-147.
- JIOFACK T, AYISSI I, FOKUNANG C, GUEDJE N, KEMEUIZE V**, 2009 - Ethnobotany and phytomedicine of the upper Nyong Valley forest in Cameroon, *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 3 (4), p. 144-150.
- JIOFACK T., FOKUNANG C., GUEDJE N., KEMEUIZE V., FONGNZOSSIE E., NKONGMENECK BA, MAPONGMETSEM P.M., TSABANG N.**, 2010 - Ethnobotanical uses of medicinal plants of two ethnoecological regions of Cameroon, *International Journal of Medicine and Medical Sciences*, 2 (3), p. 60-79.
- JU J., GOPAL S., KOLACZYK, E.D.**, 2005 - On the choice of spatial and categorical scale in remote sensing land cover classification, *Remote sensing of environment*, Vol. 96, p. 62-77.
- KANA C. E. & ETOUNA J.E.**, 2006 - Apport de trois méthodes de détection des surfaces brûlées par imagerie Landsat ETM+ : application au contact forêt- savane du Cameroun, *Cybergeo, Revue européenne de géographie*, Environnement, Nature, Paysage, document 357, En ligne : <http://journals.openedition.org/cybergeo/2711>.

- KENDALL S. M. & STUART A.**, 1943 (rééd. 1977) - *The Advanced Theory of Statistics* (3 volumes). Londres, Charles Griffin.
- KERHARO J. & ADAM J. G.**, 1974 - La Pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Plantes médicinales et toxiques, *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*, Vol. 21, N° 1-3, p. 76-77.
- KERHARO J.**, 1975 - La médecine et la pharmacopée traditionnelles sénégalaises, *Études Médicales*, 1975-1 : *Médecines et pharmacopées traditionnelles du Sénégal, du Congo et de Madagascar*, p. 7-54.
- KONAN A.**, 2012 - *Place de la médecine traditionnelle dans les soins de santé primaires à Abidjan, Côte d'Ivoire*, Thèse de doctorat en médecine, Université Toulouse Ranguel.
- KONAN S. Y., ANICH R., VAN LIDTH T. & MONA P.**, 2011 - *Migration en Afrique de l'Ouest et Centrale : aperçu régional*, Rapport pour l'OIM, 100 p.
- LAILLE P., PROVENDIER D., COLSON F., SALANIE J.**, 2014 - *Les bienfaits du végétal en ville. Étude des travaux scientifiques et méthode d'analyse*, Angers, Val'Hor / Plante & Cité, 32 p.
- LAMBIN E.F. & EHRLICH D.**, 1996 - The surface temperature - vegetation index space for land cover and land cover change analysis, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 17, Issue 3, p. 463-487.
- LATIFOVIC R., ZHI-LIANG Z., CIHLAR J., GIRI C., OLTJOF I.**, 2004 - Land cover mapping North and Central America: Global Land Cover 2000, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 89, p.116-127.
- LAYELMAM M.**, 2008 - *Mise en place d'un système d'alerte précoce à la sécheresse dans trois pays de la rive Sud de la Méditerranée : Algérie, Maroc, et Tunisie*, Projet encadré par le CRTS, 38 p.
- LE BRAS H.**, 2012 - *Vie et mort de la population mondiale*. Paris, Le Pommier, 192 p.
- LE BRAS H.**, 2013 - Le Sahel est une exception démographique, *Libération*, 14 février 2013.
- LE GRAND A. & WONDERGEM P. A.**, 1987 - Les phytothérapies anti-infectieuses de la forêt savane, Sénégal (Afrique occidentale) I. Un inventaire, *Journal of Ethnopharmacology*, Vol. 21, Issue 2, p. 109-125,
- LE HEGARAT-MASCLE S., SELTZ R., HUBERT-MOY L., CORGNE S., STACH N.**, 2006 - Performance of change detection using remotely sensed data evidential fusion: comparison of three cases of application. *International Journal of Remote Sensing*. vol. 27. n°16. p. 3515-3532.
- LEBART L. & SALEM A.**, 1994 - *Statistique textuelle*. Paris, Dunod, 344 p.
- LEBEL T. & ALI A.**, 2009 - Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990–2007), *J. of Hydrology*, Vol. 375, Issues 1-2, p. 52-64.
- LEE A. F. S. & HEGHINIAN S. M.**, 1977 - A shift of the mean level in a sequence of independent normal random variables: A Bayesian approach, *Technometrics*, 19 (4), p. 503-506.
- LEFEBVRE A., CORPETTI T. & HUBERT MOY L.**, 2009 - Détection de changements dans des images à très haute résolution spatiale par analyse de texture : application en milieu urbain, in Foltête J.-C. (dir.), Actes des 9^e rencontres Théo Quant (Besançon, 4-6 mars 2009), 14 p. En ligne : <http://antoine.geolab.free.fr/doc/publi/TQ2009.pdf>
- LEFEVRE N.**, 2010 - *Méthodes et techniques d'enquête*. Cours de master 1 SLEC, Université de Lille 2, 1 p.

- LERICOLLAIS A. & ROQUET D.**, 1999 - Croissance de la population et dynamique du peuplement au Sénégal depuis l'indépendance, *Espace, populations, sociétés*. 1999-1 : *Les populations de l'Afrique subsaharienne*, p. 93-106.
- LESSARD, G. & BOULFROY E.**, 2008 - Les rôles de l'arbre en ville. Centre collégial de transfert de technologie en foresterie de Sainte-Foy(CERFO). Québec, 21p.
- LEVI-STRAUSS C.**, 1962 (rééd. 1983) - *La pensée sauvage*. Paris, Plon, 347 p.
- LIÉNOU G.**, 2007 - *Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau et les transports de matières en suspension de quelques bassins versants représentatifs au Cameroun*. Thèse de doctorat en Sciences de l'eau, Université Montpellier II, 486 p.
- LLOYD-HUGHES B. & SAUNDERS M. A.**, 2002 - A drought climatology for Europe, *International Journal of Climatology*, 22 (13), p. 1571-1592, En ligne DOI :10.1002/joc.846
- LOFTI M.**, 2010 - *Structure verte et biodiversité urbaine. L'espace vert : analyse d'un écosystème anthropisé*. Thèse de doctorat en Aménagement, Université de Tours, 476 p.
- LOFTI M., KOHLER M., BLOND N., CLAPPIERI A. & WEBER C.**, 2013 - *Interactions entre végétation et climat urbain*, in Blanc N. & Clergeau P. (dir.), *Trames vertes urbaines. De la recherche scientifique au projet urbain*, Paris, Le Moniteur, p. 155-167.
- LOMBARD J., SAKHO P., & VALTON C.**, 2019 - « Le nouvel horizon sénégalais. Peuplement et urbanisation des campagnes occidentales aux périphéries orientales », *L'Espace géographique*, vol. 48, no. 4, 2019, pp. 306-328.
- LOUNIS B. & BELHADJI A.**, 2005 - *Processus de correction radiométrique relative "PCRR" appliqué aux images Landsat TM multi-dates*, SETIT 2005 : 3rd International Conference of Sciences of Electronic, 7 p.
- LU D., MAUSEL P., BRONDIZIO E. & MORAN E.**, 2004 - Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 25, n° 12, p. 2365-2401.
En ligne <https://doi.org/10.1080/0143116031000139863>
- LUBÈS H., MASSON J.M., SERVAT É., PATUREL J.E., KOUAMÉ B. & BOYER J.F.**, 1994 - *Caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par application de tests statistiques. Étude bibliographique*. Programme ICCARE, Rapport n° 3, Montpellier, ORSTOM.
- LUNETTA R.S. & ELVIDGE C.**, 1998 - *Remote sensing change detection: environmental monitoring methods and applications*, Chelsea (Mich.), Ann Arbor Press, 318 p.
- LYZENGA D.R.**, 1978 - Passive Remote Sensing Techniques for Mapping Water Depth and Bottom Features, *Applied Optics*, 17, p. 379-383.
- MACQUEEN J.B.**, 1967 - Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations, in *Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, Berkeley, University of California Press, p. 281-297.
- MANZO M.**, 1996 - *Étude des jachères dans l'ouest du Niger. Gestion traditionnelle et structurale du peuplement végétal dans le canton de Torodi*. Thèse de troisième cycle, Université de Ouagadougou (Burkina Faso), 117 p.

- MAREGA O., FALL A., MERING C., SALEM A.**, 2013 - Paroles d'éleveurs : perceptions, pratiques, stratégies pastorales dans le Sahel sénégalais, in A. Salem, S. Fleury, *Lexicometrica*, 21 p. En ligne : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01424754/document>
- MAREGA O.**, 2016 - *Changements socio-environnementaux et évolution des pratiques agropastorales en Afrique sahélienne : étude comparée entre le Ferlo (Sénégal), le Gourma (Mali) et le Fakara (Niger)*, Thèse de doctorat, Université Paris Diderot, 700 p.
- MAREGA O. & MERING C.**, 2018 - Les agropasteurs sahéliens face aux changements socio-environnementaux : nouveaux enjeux, nouveaux risques, nouveaux axes de transhumance, *L'Espace géographique*, Tome 47, 2018-3, p. 235-260.
- MARSHALL A.**, 2009 - La sensibilité photographique du géographe, *EchoGéo*, En ligne : <http://journals.openedition.org/échogéo/11024>
- MAS J.-F.**, 2000 - Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement, *Journal canadien de télédétection*, Vol. 26, N° 4, p. 349-362.
- MASOUD A. A. & KOIKE K.**, 2006 - Arid land salinization detected by remotely-sensed landcover changes: A case study in the Siwa region, NW Egypt, *Journal of Arid Environments*, Vol. 66, Issue 1, p. 151-167.
- MASSIAH G. & TRIBILLON J. F.**, 1988 – *Villes en développement. Essai sur les politiques urbaines dans le Tiers-Monde*, Paris, La Découverte, 320 p.
- MAUSS M.**, 1950 (5^e éd. : 1973 - *Sociologie et anthropologie* (recueil de textes). Paris, Presses universitaires de France, 540 p.
- MBAYE A. & MOUSTIER P.**, 1999 - *L'agriculture urbaine dakaroise*. Document préparé pour ETC/GTZ, 26 p.
- MBOW L. S.**, 1992 - Les politiques urbaines : gestion et aménagement, in Diop M.-C., (dir.), *Sénégal. Trajectoires d'un État*, Dakar, Codesria, p. 205-231
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J. & KLEIST J.**, 1993 - The relationship of drought frequency and duration to time scale, in *Actes de la 8th Conference on Applied Climatology* (Anaheim, Californie), p. 179-184.
- MCPHERSON E. G.**, 1992 - Cooling urban heat islands with sustainable landscapes, in Platt R.H, Rowntree R.A., Muick P.C. (eds.), *The ecological city: preserving and restoring urban biodiversity*, Amherst (Mass.), University of Massachusetts Press, p. 151-171.
- MCQUEEN J.**, 1967 - Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations. *Computer and Chemistry*, 4, 257-272.
- MEHDIQUI R., & KAHOUADJI A.**, 2007 - Étude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène : cas de la Commune d'Imi n'Tlit (Province d'Essaouira), *Bulletin de l'Institut scientifique, Rabat, section Sciences de la vie*, 29, p. 11-20.
- MERLIN P.**, 2000 (2^e éd.) - *Géographie humaine*, Paris, PUF, 334 p.
- MICHEL P.**, 1973 - *Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Étude géomorphologique*. Thèse Université de Strasbourg, Paris, Mémoire de l'ORSTOM, N° 63 (3 tomes), 752 p.
- MIEGE J. L.**, 1981 - Le commerce transsaharien au XIX^e siècle, *Revue des modes musulman et de la Méditerranée*, n° 32, p. 93-119.

Ministère de l'Urbanisme et de l'Aménagement du Territoire du Sénégal, 2003 - *Les nouveaux quartiers et les dispositifs d'aménagement urbain : le cas du Sénégal*, Séminaire - atelier à Dakar, 26 mai 2003, 21 p.

MOLLIE-STEFULESCO C., 2009 - *Des arbres dans la ville : L'urbanisme végétal*. Arles, Actes Sud, Coll. Nature).

MOREAU N., 2004 - Mise en évidence et cartographie de l'évolution des forêts de mangrove dans les Iles du Saloum au cours des trois dernières décennies (1972 à 2001), *Photo-Interprétation*, n° 2004/4, p.23-55.

MORICONI-EBRARD F., HEINRIGS P. & TREMOLIERES M., 2020 - Africapolis, une nouvelle géographie urbaine de l'Afrique, *Confins*, 46 | 2020, En ligne : <http://journals.openedition.org/confins/31552>

MUCHONEY D. & HAACK B., 1994 - Change detection for monitoring forest defoliation. *Photogrammetric Engineering and remote sensing*. Vol. 60. N°10, p. 1243-1251.

MUNC, C., G. PIGEON, V. MASSON, F. MEUNIER, P. BOUSQUET, B. TREMEAC, M. MERCHAT, P. POEUF & C. MARCHADIER, 2013 - How much can air conditioning increase air temperatures for a city like Paris, France?, *International Journal of Climatology*, Vol. 33, p. 210–227.

MYER W. B., 1991 - Urban Heat Island and Urban Health: Early American Perspective, *Professional Geographer*, Vol. 43, N° 1, p. 38-48.

N'ZALA D., 2003 - *L'arbre en ville, étude de foresterie urbaine à Brazzaville, Congo*, Mémoire soumis au XII^e Congrès forestier mondial, Québec, 10 p.

NAGENDRA H., PAREETH S. & GHATE R., 2006 - People within parks- forest villages, land-cover change and landscape fragmentation in the Tadoba Andhari Tiger Reserve, *India Applied Geography*, Vol. 26, Issue 2, p. 96-112.

NDAO M. L., 2008 - Cueillir pour survivre, un exemple d'adaptation à la crise agricole et sociale dans la commune de Niaguis (Ziguinchor, Sénégal), *Géoconfluences*. En ligne : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-thematiques/changement-global/corpus-documentaire/cueillir-pour-survivre-senegal>.

NDAO M., 2012 - *Dynamique et gestion environnementale de 1970 à 2010 des zones humides au Sénégal : étude de l'occupation du sol par télédétection des Niayes avec Djiddah Thiaroye Kao (à Dakar), Mboro (à Thiès) et Saint-Louis*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse Le Mirail. 371p.

NDIAYE I., 2009 - *Mutations socio-économiques et spatiales dans les espaces urbains à Dakar : cas de la Médina*. Communication au colloque Pôle Ville, Université Paris Est.

NDONG J.-B., 1995 - L'évolution de la pluviométrie au Sénégal et les incidences de la sécheresse récente sur l'environnement, in, *Revue de géographie de Lyon*, Vol. 70, N° 3-4 : Sahel, la grande sécheresse, p. 193-198.

NDONG J.-B., 2003 - Caractérisation de la saison des pluies dans le centre-ouest du Sénégal », *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, N° 15, p. 326-332.

NGARMARI D. C. et al., 2012 – *Étude sur la foresterie urbaine et périurbaine de N'Djaména, Tchad. Rôle et place de l'arbre en milieu urbain et périurbain*. Rome, FAO, 95 p.

- NGUESSAN E., BELLAN M. F. & BLASCO F.**, 2003 - Suivi par télédétection spatiale d'une forêt tropicale humide protégée soumise à des pressions anthropiques, *Télédétection*. 3 (5), p. 443-456.
- NIANG A.M. et al.**, 2004 - Dynamique des espaces agricoles urbains et péri-urbains. Cas de la région de Dakar au Sénégal.
- NOWAK D.J., GREENFIELD E.J., et al.**, 2013 - Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States, *Environmental Pollution*, 178, p. 229-236.
- NOWAK D.J., HOEHN R. & CRANE D.E.**, 2007 - Oxygen production by urban trees in the United States, *Arboriculture and Urban Forestry*, **33** (3), p. 220-226.
- OLIVIA, P. & HUSSON, A.**, 1982 - Classification supervisée des ensembles urbains et périurbains de la région d'Aix-en-Provence : aspects méthodologiques. Journées de télédétection en milieu urbain, *Cellule de télédétection du CNRS*, 6-7 mai 1982, p 28-46.
- OMS**, 2000 - *Principes méthodologiques généraux pour la recherche et l'évaluation relatives à la médecine traditionnelle*, Genève, OMS, 87 p.
- ONU-HABITAT**, 2014 - *L'état des villes africaines 2014 : Réinventer la transition urbaine*. Nairobi, ONU-Habitat, 278 p.
- OURA R. M.**, 2012 - Extension urbaine et protection naturelle : La difficile expérience d'Abidjan », *VertigO - Revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol. 12, N° 2, En ligne <http://vertigo.revues.org/12966>
- OZER P.**, 2004 - Bois de feu et déboisement au Sahel : mise au point, *Sécheresse*, Vol. 15, n° 3, p. 243-251.
- PAHARI K. & MURAI S.**, 1999 - Modelling prediction of global deforestation based on the growth of human population, *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*. 54 (5-6), p. 317-324.
- PAILLE P., & MUCCHIELLI A.**, 2003 - *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales*. Paris : Armand Colin, 424 p.
- PALMER W. C.**, 1965 - *Meteorological drought*. Washington, U.S. Weather Bureau, Research Paper n°45.
- PEHAUT Y.**, 1961 - L'arachide au Sénégal, *Cahiers d'outre-mer*. N° 53 (14^e année), p. 5-25.
- PELISSIER P.**, 1966 - *Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance*, Thèse de doctorat d'Etat), 939 p.
- PELISSIER, P.**, 1980 - L'arbre en Afrique tropicale : la fonction et le signe. *Cahiers de l'ORSTOM*, Série sciences humaines 17, 3-4, p. 192-221.
- PÉLISSIER P.**, 1995 - Transition foncière en Afrique Noire : du temps des terroirs au temps des finages, in Blanc-Pamard, Cambrézy L. (éds.). *Dynamique des systèmes agraires : terre, terroir, territoire : les tensions foncières*, Paris, ORSTOM, p. 19-34 (Colloques et Séminaires),, 8, p. 1992-1994.
- PELLETIER C.**, 2017 - *Cartographie de l'occupation des sols à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions Identification et traitement des données mal étiquetées*. Thèse de doctorat en hydrologie, Université de Toulouse 3 Paul Sabatier, 289 p.

- PEREZ DE ARCE D.**, 1986 - Le Sénégal à la dérive des marchés mondiaux, *Tiers-Monde*, Tome 27, N° 105, p. 163-177.
- PETTIT A.N.**, 1979 - A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied. Statistics*, Vol. 28, N° 2, p. 126-135
- POMMIER G., GUTLEBEN C. et al.**, 2014 - *Impacts du végétal en ville. Fiches de synthèse*, Paris, Plante & Cité, 61 p.
- POURTIER R.**, 2003 - *Afriques noires*, Paris, Hachette, 256 p.
- PRESTIGE**, 2009 - *Etude diagnostique dans les cinq régions d'implantations des projets du Millennium Challenge Account. Région de Kolda*. Rapport final, 69 p.
- QUIVY R. & VAN CAMPENHOUDT L.**, 1995 - *Manuel de recherche en sciences sociales*, Paris, Dunod, 284 p
- RABARIMANANA M.H., RAHARIJAONA R. L.J. and CHOROWICZ J.**, 2003 - Cartographie des *lavaka* par télédétection : Analyse des facteurs et gestion des espaces ruraux à Madagascar, *Télédétection*, Vol. 3, N° 2-3-4, p. 105-130.
- Région de Dakar**, 2011 - *Atelier de lancement de la mise en œuvre du plan d'aménagement de la forêt classée de Mbao (PAFCM)*. Présentation du Plan d'aménagement de la forêt classée de Mbao et des organes de gestion, 46 p.
- RGPHAE** (Recensement général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage), 2017 – *Rapport régionaux définitifs (recensement de 1993) : région de Dakar. région de Ziguinchor région de Diourbel, région de Tambacounda*.
- ROBIN M. & GOURMELONG F.**, 2005 - La télédétection et les SIG dans les espaces côtiers. Eléments de synthèse à travers le parcours de François Cuq. *Norois*. 196. 2005/3 : *Géographie du littoral : approche géomatique*, p. 11-21.
- ROBIN N. & NDIONE B.**, 2006 - *L'accès au foncier en Cas amance : L'enjeu d'une paix durable ?* Archives du CEPED (Centre Population et Développement, 15p.
- ROUSE J.W. & HAAS R.H.**, 1973 - Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. *3rd ERTS Symposium*, 1, p. 309-317.
- ROUX M. & SAGNA P.**, 2000 - *Atlas du Sénégal*, Paris, Jeune Afrique, 84 p.
- SAGNA P. & TOURE C.**, 1997 - *Variabilité de la mousson et des précipitations au Sénégal de 1961 à 1996*, in mélanges offerts au Professeur Cheikh BA Dakar, UCAD, pp. 147- 164.
- SAGNA P.**, 1995 - « L'évolution pluviométrique récente de la Grande Côte du Sénégal et de l'Archipel du Cap-Vert », *Revue de géographie de Lyon*, 70, 3-4, pp. 187-192.
- SAKHO P.**, 1985 - *Problématique de la rénovation urbaine d'un quartier de Dakar : cas des sous-secteurs de la Médina Est*. Mémoire de maîtrise, UCAD Dakar.
- SALEM A.**, 1982 - Analyse factorielle et lexicométrie : synthèse de quelques expériences, *Mots*, N° 4 : *Abus de mots dans le discours. Désabusement dans l'analyse du discours*, p. 147-168.
- SALEM A.**, 1986 - Segments répétés et analyse statistique des données textuelles, *Histoire & Mesure*, Vol. 1, N° 2. p. 5-28.

- SALEM G. & MAINET G.**, 1993 – Recherches de géographie urbaine en Afrique occidentale, Espaces tropicaux, N° 12 : *Géographie des espaces tropicaux : une décennie de recherches françaises*, p. 109-120.
- SAMBOU P.C.**, 2015 - *Evolution climatique récente et stratégies d'adaptation des populations dans les arrondissements de Sakal et Ndande, dans la région de Louga*, Thèse de doctorat unique, FLSH-UCAD, 456 p.
- SANE T.**, 2017 - « Vulnérabilité et adaptabilité des systèmes agraires à la variabilité climatique et aux changements sociaux en Basse-Casamance (Sud-Ouest du Sénégal) », Thèse de doctorat, Université Paris 7 Diderot. *Theses.fr*, ID : [10670/1.hz8ez0](http://theses.fr/10670/1.hz8ez0).
- SANE Y.**, 2013 - La politique de l'habitat au Sénégal : une mutation permanente, *Cahiers d'Outre-Mer*, N° 263, p. 311-334.
- SARR M. A.**, 2009 - Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images Landsat *Cybergeo*, Environnement, Nature, Paysage, document 472, En ligne : <http://journals.openedition.org/cybergeo/22707>
- SARR O.**, 2012 - L'arbre en milieu soudano-sahélien dans le bassin arachidier (Centre-Sénégal), *Journal of Applied Biosciences*, 61, p. 4515-4529.
- SEIGNOBOS C.**, 1980 - Des fortifications végétales dans la zone soudano-sahélienne (Tchad et Nord Cameroun). *Cahiers de l'ORSTOM, série sciences humaines* Vol. 17, N° 3-4, p. 192-221.
- SELMI W.**, 2014 - *Services écosystémiques rendus par la végétation urbaine Application d'approches d'évaluation à la ville de Strasbourg*. Thèse de doctorat en Géographie. Université de Strasbourg. 343 p
- SENE S. & OZER P.**, 2002 - Évolution pluviométrique et relation inondations-événements pluvieux au Sénégal. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, Vol. 42, p. 27-33.
- SENE, E.H.**, 1993 - "rban and peri-urban forests in sub-Saharan: the Sahel, *Unasy/va*, 44 (173, p. 45-51.
- SIDDIQUI M.N., JAMIL Z., AFSAR J.**, 2005 - Monitoring changes in riverine forests of Sindh-Pakistan using remote sensing and GIS techniques, *Advances in Space Researches*. Vol. 33. p. 333-337.
- SILVERMAN B. S.**, 1999 - Technological Resources and the Direction of Corporate diversification: Toward an Integration of the Resource-Based View and Transaction Cost Economics, *Management Science*, Vol. 45, N°. 8, p. 1109-1124.
- SINOUE A.**, 1993 – *Comptoirs et villes coloniales du Sénégal*, Paris, Karthala / ORSTOM, 366 p.
- SIRCOULON J.**, 1976 - Les données hydropluviométriques de la sécheresse récente en Afrique intertropicale. Comparaison avec les sécheresses 1913 et 1940, *Cahiers de l'ORSTOM, série Hydrologie*, Vol. XIII, N° 2, p. 75-174.
- SORO T. D., SORO N., OGA Y. M-S., LASM T., SORO G., AHOUSSE K. E. & BIEMI J.**, 2011 - La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire), *Physio-Géo*, Vol. 5 En ligne : <http://journals.openedition.org/physio-geo/1581>
- SRSDT** (Service Régional de la Statistique et de la Démographie de Tambacounda), 2015 - *Situation économique et sociale régionale de Tambacounda*. Rapport définitif, 8 p.
- STECK J.-F.**, 2006 - Qu'est-ce que la transition urbaine ? Croissance urbaine, croissance des villes, croissance des besoins à travers l'exemple africain, *Revue d'économie financière*, N° 86, p. 267-283.

- STEFULESCO C. M.**, 2009 - *Des arbres dans la ville : l'urbanisme végétal*. Arles, Actes Sud.
- SY M.**, 1991 - Le droit foncier intermédiaire et la croissance urbaine dans les pays d'Afrique de l'ouest : le cas de Pikine, in Le Bris E., Osmont A., Ouattara A., Kinda F., Sy M., Goislard C., Yapi Diahou A. (dir.) *Contribution à la connaissance du droit foncier intermédiaire dans les villes d'Afrique de l'Ouest*. Paris, ORSTOM, p. 106-128.
- SY O. & SANE T.**, 2011 – Périurbanisation et vulnérabilité dans la ville de Ziguinchor : le cas du quartier Goumel, Actes du colloque *Aménagement périurbain : processus, enjeux, risques et perspectives*, Fès, Maroc, p. 139-159.
- TA B.**, 1996 - Bois-énergie, déboisement et sécheresse au Sahel : le cas du Gourma malien, *Sécheresse*, N° 7, p. 179-185.
- TANGUY B.**, 2019 - Les migrations internes vont-elles recomposer l'Afrique ? *Le Figaro*, 8 septembre 2019.
- TENG S., CHIANG J., CHEN Y. & CHENG K.-S.**, 2008 - Hypothesis-test-based landcover change detection using multitemporal satellite images, *Advances in Space Research*, Vol. 41, Issue 11, p. 1744-1754. .
- THAMPANY U., VERMAAT J.E., SINSAKUL S. & PANAPITUKKUL N.**, 2006 - Coastal erosion and mangrove progradation of Southern Thailand, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 68, p. 75-85.
- THIAM O.**, 2007 - *Dynamiques et mutations des espaces périurbains au Sénégal. Analyse spatiale d'un corridor urbain en émergence : Dakar-Touba*. Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 308 p.
- TOURE S. & FALL A. S.**, 2001 - *Cités horticoles en sursis ? L'agriculture urbaine dans les grandes Niayes au Sénégal*, CRDI (centre de recherche pour le développement international), 150 p.
- TOURE, F. S., TRAORE, E., N'DIAYE, K., N'DIAYE, N. S. & SEYE, B. M.**, 1997 - Utilisation des fruits de *Faidherbia albida* pour l'alimentation des bovins d'embouche paysanne dans le bassin arachidier au Sénégal. *Livestock Research for Rural Development*. Vol. 9, Article #45, En ligne : <http://www.lrrd.org/lrrd9/5/fall95.htm>.
- TROCHAIN J.**, 1942 - Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal, *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, 11^e année, N° 9, p. 131-133..
- TUCKER C. J.**, 1979 - Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of the Environment*, 8, p. 127–150.
- UNITED NATIONS**, 2019 -. *World Population Prospects : The 2012 Revision*. ONU, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- VAN DEN BERG M.**, 1984 - Anticipating urban growth in Africa: land use and land values in the urban fringe of Lusaka, Zambia, Lusaka, Zambie, *Zambian geographical associal occasional study*, N° 13, 167 p.
- VAN DEN BERGHEN C., & MANGA A.**, 1999 - *Une introduction à un voyage en Casamance*. Paris : L'Harmattan, 292 p.
- VERDIER R. & ROCHEGUDE A.-S.** (dir.), 1986 - *Systèmes fonciers à la ville et au village. Afrique noire francophone*. Paris, L'Harmattan, 300 p.
- VERDIER Y.**, 1980 - Les hommes en forêt. *Revue forestière française, Sociétés et forêts*, p. 344-352.

- VERNIERE M.**, 1973 - Pikine, « ville nouvelle » de Dakar. *L'Espace géographique*, Tome 2, N°2, p. 107-126.
- WALTER A.**, 1996 - Utilisation et gestion traditionnelles des arbres fruitiers au Vanuatu. *Cahiers des sciences humaines*, 32, 1, p. 85-104.
- WALTER V.**, 2004 - Object-based classification of remote sensing data for change detection, *Journal of photogrammetry and remote sensing*, Vol. 58, N°. 3-4, p. 226-238.
- WARNIA A.**, 2007 - Urban vegetation –detection and function evaluation for air quality assessment (Thèse de doctorat). Université Louis-Pasteur, Strasbourg.
- WEZEL A. & HAIGIS J.**, 2000 - Farmers' perception of vegetation changes in semi-arid Niger, *Land Degradation & Development*, 11, 6, p. 523-534
- WIEL M.**, 2000 - *La transition urbaine, ou le Passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, Bruxelles, Mardaga, 149 p.
- WOLFF E. & DELBART V.**, 2002 - Extension urbaine et densité de la population à Kinshasa : contribution de la télédétection satellitaire, *Belgeo*, En ligne : <http://journals.openedition.org/belgeo/15451>
- WOLFF D.**, 2013 - La pratique de terrain d'un géographe moderne, Albert Demangeon (1872-1940), *Belgeo* En ligne : <http://journals.openedition.org/belgeo/10791>
- ZACHARIAH K. C. & CONDE J.**, 1980 - *Migration in West Africa – Demographic aspects*. Oxford, Oxford University Press, 130 p.

Liste des Figures :

Figure 1: Places des villes d'étude dans l'armature urbaine du Sénégal	18
Figure 2 : Evolution 1900-2017 des écarts à la moyenne des précipitations d'hivernage (juin à octobre) dans la bande sahélienne	21
Figure 3 : Les services écosystémiques selon Millennium Ecosystem Assessment	36
Figure 4 : Distribution de la végétation dans les villes d'étude	38
Figure 5 : Typologie des espaces végétaux urbains sénégalais selon le statut de propriété	43
Figure 6 : Plantations d'alignement et végétation domestique dans l'agglomération dakaroise	45
Figure 7 : Les deux principaux jardins publics : Place de la Nation (dite aussi de l'Obélisque) et Place de l'indépendance	48
Figure 8 : Le parc Hann : un aménagement végétal unique dans le paysage urbain sénégalais	50
Figure 9 : L'agriculture urbaine et périurbaine dans l'agglomération dakaroise	52
Figure 10 : La forêt classée de Mbao et la forêt de Filaos de la Grande Côte (côte nord dakaroise) : des forêts sous forte pression urbaine	55
Figure 11 : Localisation des îlots d'étude de l'agglomération dakaroise	56
Figure 12 : Les diverses formes de végétation à Touba	59
Figure 13 : Profil de la mangrove en Basse Casamance	61
Figure 14 : Les formes de végétation à Ziguinchor	62
Figure 15 : Les formes prises par la végétation dans la ville de Tambacounda	65
Figure 16 : La transition démographique. Source : cours (slideshare.net), page 32.	70
Figure 17 : Indice de fécondité des pays sahéliens	71
Figure 18 : Taux de mortalité des pays sahéliens	72
Figure 19 : Densité de la population par région au Sénégal, 2019	77
Figure 20 : Augmentation des villes et niveau d'urbanisation en Afrique de l'Ouest	81
Figure 21 : Evolution de la population totale et de la population urbaine du Sénégal entre 1970 et 2019	83
Figure 22 : Évolution démographique de l'agglomération dakaroise : 1950-2020	87
Figure 23 : Méthode de calcul théorique de l'extension spatiale urbaine, inspirée de E. Wolff et V. Delbart (2002)	89
Figure 24 : Dynamique de la tâche urbaine de l'agglomération dakaroise de 1990 à 2017	92
Figure 25 : Débordement de l'agglomération dakaroise en dehors de la presqu'île du Cap Vert	93
Figure 26 : Evolution démographique de Touba : 1950-2020	95
Figure 27 : Evolution de la tâche de l'aire urbaine de Touba-Mbacké entre 1992 et 2017	98
Figure 28 : Extension radioconcentrique de la ville de Touba autour de la grande mosquée	99
Figure 29 : Evolution de la population de la ville de Ziguinchor : 1950-2020	101
Figure 30 : Evolution de la tâche urbaine de la ville de Ziguinchor de 1990 à 2017	104
Figure 31 : Les contraintes d'extension de la ville de Ziguinchor	105
Figure 32 : Evolution démographique de la ville de Tambacounda : 1950-2020	106
Figure 33 : Dynamique de la tâche urbaine de la ville de Tambacounda entre 1990 et 2017	109
Figure 34 : Extension linéaire de la ville de Tambacounda le long des axes de communication et de la vallée sèche	110
Figure 35 : Réseau des stations d'observations synoptiques principales et secondaires, climatologiques et postes pluviométriques (ANACIM)	122
Figure 36 : Évolution des cumuls annuels de précipitations de l'agglomération dakaroise entre 1951 et 2015	124

Figure 37 : Évolution des cumuls annuels de précipitation à Diourbel (représentative pour Touba) entre 1951 et 2015-----	125
Figure 38 : Évolution des cumuls annuels de précipitation de la ville de Ziguinchor, entre 1951 et 2015 -----	126
Figure 39 : Évolution des cumuls annuels de précipitations de la ville de Tambacounda, entre 1951 et 2015-----	127
Figure 40 : Évolution de l'indice standardisé des précipitations entre 1951 et 2015 à Dakar-Yoff ----	129
Figure 41 : Évolution de l'indice standardisé des précipitations entre 1951 et 2015 à Diourbel (Touba) -----	130
Figure 42 : Évolution de l'indice standardisé des précipitations entre 1951 et 2015 à Ziguinchor ----	130
Figure 43 : Évolution de l'indice standardisé des précipitations entre 1951 et 2015 à Tambacounda	131
Figure 44 : Formule du test non paramétrique de Pettitt -----	133
Figure 45 : Ruptures et changements de moyennes pour les séries des villes d'étude selon le test de Hubert -----	137
Figure 46 : Evolution des moyennes annuelles de températures de Dakar de 1951 à 2015 -----	138
Figure 47 : Evolution des moyennes annuelles de températures de Diourbel de 1951 à 2015 -----	139
Figure 48 : Evolution des moyennes annuelles de températures de Ziguinchor entre 1951 et 2015 -	139
Figure 49 : Evolution des moyennes annuelles de températures de Tambacounda entre 1951 et 2015 -----	140
Figure 50 : Comparaison des procédures de classification supervisée et non supervisée -----	147
Figure 51 : Résolution spatiale suggérée selon différentes catégories d'objets à reconnaître sur les images (Everett et Simonett, 1976)-----	151
Figure 52 : Courbes de réflectance de la végétation et du sol. Source : Clark, in Rencz ed. 1999 -----	153
Figure 53 : Vue générale de l'agglomération dakaroise (Google Earth, 2017)-----	157
Figure 54 : Vue générale de l'occupation du sol de la ville de Touba (Google Earth, 2017)-----	158
Figure 55 : Vue générale de la ville de Ziguinchor (Google Earth, 2017)-----	159
Figure 56 : Vue générale de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda (Google Earth, 2017) --	159
Figure 57 : Panorama des compositions colorées en fausses couleurs -----	163
Figure 58 : Composition colorée en fausses couleurs (CC234) de l'agglomération dakaroise pour la scène de 1990-----	171
Figure 59 : Méthodologie de cartographie de l'occupation du sol -----	172
Figure 60 : Première classification en nuées dynamiques (K 15) et leurs réponses radiométriques --	175
Figure 61 : Courbes radiométriques de la première classification (sans les classes hétérogènes)-----	176
Figure 62 : Courbes radiométriques des quatre classes obtenues après regroupement des classes homogènes -----	177
Figure 63 : Courbes radiométriques de la classification non dirigée du masque de la classe 9 -----	178
Figure 64 : Courbes radiométriques de la classification non dirigée de la sous-classe 2-----	178
Figure 65 : Courbes radiométriques du masque de la classe 1-----	179
Figure 66 : Création d'un masque et réaffectation des pixels mal attribués pour obtenir des classes homogènes -----	180
Figure 67 : Images traitées devant servir à la création de la carte finale d'occupation du sol de la scène de l'agglomération dakaroise de 1990-----	181
Figure 68 : L'organisation de l'agglomération dakaroise -----	182
Figure 69 : Courbes radiométriques de la carte d'occupation finale du sol de Dakar, 1973 -----	183
Figure 70 : Cartographie de l'occupation du sol dans l'agglomération dakaroise, 1973 -----	184

Figure 71 : Courbes radiométriques de la carte finale d'occupation du sol de Dakar, 1990 -----	186
Figure 72 : Cartographie de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise, 1990 -----	188
Figure 73 : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol de Dakar, 2017 -----	189
Figure 74 : Cartographie de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise, 2017 -----	191
Figure 75 : Processus de cartographie des changements de l'occupation du sol -----	192
Figure 76 : la carte d'occupation du sol projetée de 1973 et multipliée par 10 -----	193
Figure 77 : Évolution de l'emprise spatiale des types d'occupation du sol dans l'agglomération dakaroise entre 1973 et 2017 (superficie en KM ²) -----	194
Figure 78 : Couvert herbacé des sols nus sombres non détectable en saison sèche vers Mbao -----	196
Figure 79 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise de 1973 à 1990 -----	198
Figure 80 : Evolution des surfaces en végétation dominante de l'agglomération dakaroise de 1973 à 1990 -----	199
Figure 81 : Espaces de régression de la végétation dans l'agglomération dakaroise -----	201
Figure 82 : Emplacement de la végétation ligneuse dans l'agglomération dakaroise -----	201
Figure 83 : Espaces de stabilité de la végétation dans l'agglomération dakaroise -----	202
Figure 84 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise de 1990 à 2017 -----	204
Figure 85 : Evolution des surfaces en végétation dominante de l'agglomération dakaroise de 1990 à 2017 -----	205
Figure 86 : Organisation de la ville de Touba -----	209
Figure 87 : Courbes radiométriques de la carte de la couverture du sol de Touba, 1973 -----	210
Figure 88 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Touba et ses environs, 1973 -----	212
Figure 89 : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol de Touba, 1992 -----	213
Figure 90 : Groupement d'arbres ; arbres isolés et plantation d'alignement -----	214
Figure 91 : Plus forte présence de la végétation en ville et sa périphérie qu'en zone rurale -----	214
Figure 92 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Touba et ses environs, 1992 -----	215
Figure 93 : Serpents radiométriques de la carte de l'occupation du sol de Touba, 2017 -----	216
Figure 94 : Parcellaire établi (sols nus clairs) autour de la ville (source : Google Earth, 2017) -----	217
Figure 95 : Vue en vraies couleurs de l'aire urbaine de Touba-Mbacké, 2017 (image Google Earth) -----	218
Figure 96 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Touba et ses environs, 2017 -----	219
Figure 97 : Evolution des catégories de l'occupation du sol de Touba de 1973 à 2017 -----	221
Figure 98 : Espace urbain « verdi » (source : Google Earth, 2017) -----	222
Figure 99 : Distribution des arbres dans le Sahel (source : Google Earth, 2017) -----	223
Figure 100 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de Touba et ses environs entre 1973 et 1992 -----	224
Figure 101 : Evolution des surfaces en végétation dominante de la ville de Touba et ses environs, 1973-1992 -----	225
Figure 102 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de Touba et ses environs entre 1992 et 2017 -----	227
Figure 103 : Evolution des surfaces en végétation dominante de la ville de Touba et ses environs, 1992-2017 -----	228
Figure 104 : L'organisation spatiale de la ville de Ziguinchor -----	231
Figure 105 : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol de Ziguinchor, 1973 -----	232
Figure 106 : Classe thématique végétation : habitations noyées dans la végétation à Colobane -----	233

Figure 107 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor et ses environs, 1973 -----	234
Figure 108 : Courbes radiométriques de la carte d'occupation du sol de Ziguinchor, 1990-----	235
Figure 109 : Parcelles rizicoles utilisées en jardins maraichers en saison sèche à la lisière de Colobane -----	237
Figure 110 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor et ses environs, 1990 -----	238
Figure 111 : Courbes radiométriques de la carte d'occupation du sol de Ziguinchor, 2017-----	239
Figure 112 : vergers à Ziguinchor (image à gauche), Forêt grignotée (Image à droite)-----	240
Figure 113 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor et de ses environs, 2017 -	241
Figure 114 : Evolution des unités d'occupation du sol de la ville de Ziguinchor en 1973, 1990 et 2017 -----	242
Figure 115 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor entre 1973 à 1990-----	246
Figure 116 : Evolution des surfaces en végétation dominante de la ville de Ziguinchor et ses environs entre 1973 et 1990 -----	247
Figure 117 : Conversion progressive des surfaces en végétation dominante vers du bâti dominant des espaces périphériques de Ziguinchor -----	248
Figure 118 : : Conversion progressive des vergers vers du bâti dominant des espaces périphériques de Ziguinchor-----	248
Figure 119 : Secteurs de végétation au sein de la ville -----	249
Figure 120 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor et ses environs, de 1990 à 2017 -----	251
Figure 121 : : Evolution des surfaces en végétation dominante de la ville de Ziguinchor et ses environs entre 1990 et 2017 -----	252
Figure 122 : Organisation de la ville de Tambacounda-----	255
Figure 123 : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation du sol à Tambacounda, 1973 -----	256
Figure 124 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda et ses environs, 1973	258
Figure 125 : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation de Tambacounda, 1990 -----	259
Figure 126 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda et ses environs, 1990-	260
Figure 127 : Courbes radiométriques de la carte de l'occupation de Tambacounda, 2017 -----	261
Figure 128 : Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda et ses environs, 2017	262
Figure 129 : Evolution des différentes classes de l'occupation du sol de Tambacounda de 1973 à 2017 (superficie en km ²)-----	264
Figure 130 : Les paysages de brûlis à la périphérie de Tambacounda pour les nouvelles extensions du bâti -----	265
Figure 131 : Secteur de végétation stable-----	265
Figure 132 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda et ses environs entre 1973 et 1990 -----	266
Figure 133 : Evolution des surfaces en végétation dominante de la ville de Tambacounda et ses environs entre 1973 et 1990 -----	267
Figure 134 : Vue aérienne de la ville de Tambacounda et ses environs avec les champs agricoles et les brûlis -----	268
Figure 135 : Jardins maraichers au niveau du Mamacounda (Google Earth, 2 -----	269
Figure 136 : Végétation des délaissés urbains et périurbains (Google Earth, 2017 ; Diouf, 2018)-----	269
Figure 137 : Distribution de la végétation dans les quartiers résidentiel (image de gauche) et populaire (image de droite) de la ville de Tambacounda (Google Earth, 2017) -----	270

Figure 138 : La trame de la vallée sèche du Mamacounda, végétalisée en ville et déserte en dehors	270
Figure 139 : Cartographie des changements de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda et ses environs de 1990 à 2017	271
Figure 140 : Evolution des surfaces en végétation dominante de la ville de Tambacounda et ses environs entre 1990 et 2017	272
Figure 141 : Les types d'arbres dans l'îlot de Fann quartier résidentiel de l'agglomération dakaroise	284
Figure 142 : Répartition de la végétation ligneuse dans le quartier résidentiel de Fann (agglomération dakaroise), 2017	285
Figure 143 : Répartition de la végétation ligneuse à Darou Minam (Touba), 2017	287
Figure 144 : Paysage végétal de l'îlot du centre-ville de Ziguinchor : le quartier Escale	289
Figure 145 : Répartition de la végétation ligneuse à Escale (centre-ville de Ziguinchor), 2017	290
Figure 146 : Jardin public du Monument aux morts avec un peuplement monospécifique d' <i>Azadirachta indica</i> (Photo gauche) et les plantations d'alignements sur l'axe principal avec un peuplement uniforme d' <i>Azadirachta indica</i> (Photo droite)	291
Figure 147 : Répartition de la végétation ligneuse à Liberté Ouest (quartier centre et résidentiel de la ville de Tambacounda)	292
Figure 148 : Le paysage de l'îlot de Pikine Ouest (agglomération dakaroise)	298
Figure 149 : Répartition de la végétation ligneuse dans l'îlot du quartier populaire de Pikine (agglomération dakaroise), 2017	299
Figure 150 : Répartition de la végétation ligneuse dans le quartier périphérique de Dianatoul Mahwa (ville de Touba), 2017	302
Figure 151 : Composition floristique au niveau des concessions dans l'îlot du quartier de Colobane (Ziguinchor)	306
Figure 152 : Répartition de la végétation ligneuse à Colobane (quartier périphérique de Ziguinchor), 2017	307
Figure 153 : Les sols latéritiques très répandus dans le quartier d'Abattoirs et dépourvus de végétation	308
Figure 154 : <i>Mangifera indica</i> utilisé en arbre de cour et mort à cause de la forte chaleur et du manque d'eau (photo à gauche) - Des racines d'arbre exposées au soleil accélérant le processus de déshydratation (photo à droite).	309
Figure 155 : Répartition de la végétation ligneuse à Abattoirs (quartier périphérique de la ville de Tambacounda), 2017	312
Figure 156 : Les différents emplacements des arbres au niveau des concessions et des maisons des îlots choisis dans les villes de Dakar, de Touba et de Ziguinchor	313
Figure 157: AFC sur les localités	320
Figure 158 : Extrait du corpus mis en forme pour traitement sous lexico	330
Figure 159 : Extrait du corpus mis en forme pour traitement sous Nvivo	331
Figure 160 : Caractéristiques et participation de l'enquêté dans les thèmes abordés	332
Figure 161 : Exemple d'organisation des nœuds	332
Figure 162 : Regroupement par similarité de discours (Nvivo)	335
Figure 163 : Analyse factorielle des correspondances (AFC) sur les discours des acteurs selon leurs profils socio-professionnels	336
Figure 164 : Les 100 mots les plus employés d'une longueur de 6 lettres	338
Figure 165 : Répartition de la forme « arbres » dans la carte des sections	339
Figure 166 : Répartition sur la forme « végétation » dans la carte des sections	339

Figure 167 : Exemple de concordance sur la forme lexicale arbres du corpus général-----	340
Figure 168 : Exemple de concordances sur la forme lexicale végétation -----	340
Figure 169 : Spécificités des termes arbres et végétation employés par les acteurs -----	341
Figure 170 : Spécificités des termes fruits, charbon, racines, l'écorce et feuilles employés par les habitants-----	342
Figure 171 : Les différents types d'utilisations de la végétation par les citoyens à Dakar, Touba et Ziguinchor-----	345
Figure 172 : Production de charbon de bois entre 2011 et 2015 (en tonnes). Source : ANSD, 2018 -	347
Figure 173 : Bois de chauffe en vente à Ziguinchor (Cliché : Diouf, 2017).-----	349
Figure 174 : Fabrication clandestine de charbon de bois selon la technique de la meule casamançaise à Colobane (Ziguinchor-ville) -----	351
Figure 175 : Chez un herboriste au marché de Tambacounda. Cliché : Diouf, 2018. -----	355
Figure 176 : Proportion des différentes parties des plantes ligneuses dans la pharmacopée -----	357
Figure 177 : Des arbres émondés à des fins médicales en pleine ville -----	358
Figure 178 : Principaux ligneux à usages alimentaires répertoriés dans les villes d'étude. Clichés : Diouf, 2017 et 2018. -----	372
Figure 179 : La précarité des zones maraichères de la Niaye de Pikine soumises à la pression foncière -----	375
Figure 180 : La salinisation des terres et l'extension urbaine, des menaces qui pèsent sur les rizières/jardins de bas-fonds du quartier Colobane-----	376
Figure 181 : Les îlots de jardins du quartier d'Abattoirs face à la pression urbaine et aux difficultés d'accès à l'eau-----	377
Figure 182 : Les principales espèces cultivées dans les zones maraichères visitées. Clichés : Diouf). -----	383
Figure 183 : Statut foncier des exploitants agricoles (Diop et al. 2019). -----	386
Figure 184 : Parcelles expérimentales de désalinisation dans les bas-fonds de Colobane/Fass (Ziguinchor) par Yaya Diatta. Clichés : Diouf, 2017. -----	391
Figure 185 : Les problèmes rencontrés par des maraichers urbains et périurbains-----	393
Figure 186 : Fabrication traditionnelle de toits, de charpentes et de clôtures avec des troncs et des branches de palmiers à huile et de Rôniers à Ziguinchor-----	396
Figure 187 : Mécanisme du rafraîchissement de l'air ambiant par la végétation -----	402
Figure 188 : Des dessous d'arbres très convoités et transformés en fonction des besoins -----	403
Figure 189 : Relation simplifiée entre la température de surface et l'indice de végétation-----	405
Figure 190 : L'évaluation des niveaux de stress thermique selon l'UTCI-----	409
Figure 191 : Capture écran sous Rhinocéros lors de la visualisation des résultats -----	410
Figure 192 : Période pendant laquelle la température est supérieure à la température moyenne annuelle (24°C) -----	412
Figure 193 : Période pendant laquelle la température est inférieure à la température moyenne annuelle (24°C) -----	412
Figure 194 : Les températures journalières, mensuelles et annuelles de la région de Dakar -----	412
Figure 195 : Estimation du confort extérieur de la région de Dakar -----	412
Figure 196 : NDVI (indice de végétation) de l'agglomération dakaroise, 2017 -----	415
Figure 197 : Carte des températures de l'agglomération dakaroise au 1 mai 2017-----	417
Figure 198 : Profil des températures de l'agglomération dakaroise au 1 mai 2017 -----	418
Figure 199 : Vue aérienne de la forêt de Mbao morcelée par les axes de communication et subissant une forte pression urbaine -----	418

Figure 200 : Indice de végétation NDVI de la ville de Touba, 2017-----	420
Figure 201 : Profil des températures à Touba au 19 avril 2017 -----	421
Figure 202 : Carte des températures de la ville de Touba du 19 avril 2017 -----	422
Figure 203 : Indice de végétation (NDVI) de la ville de Ziguinchor, 2017 -----	423
Figure 204 : Profil des températures de la ville de Ziguinchor au 27 mars 2017-----	424
Figure 205 : Carte des températures de la ville de Ziguinchor au 27 mars 2017-----	425
Figure 206 : Indice de végétation NDVI de la ville de Tambacounda, 2017 -----	426
Figure 207 : Profil des températures de la ville de Tambacounda au 21 avril 2017 -----	427
Figure 208 : Carte des températures de la ville de Tambacounda du 21 avril 2017-----	428
Figure 209 : Les dégâts des eaux de ruissellement sur sol sableux à Colobane -----	432
Figure 210 : Technique de protection contre les eaux de ruissellement par les habitants de Colobane (Ziguinchor)-----	432
Figure 211 : Les dégâts des eaux de ruissellement sur les routes en latérite à Abattoir (Tambacounda) -----	434
Figure 212 : Les dégâts des eaux de ruissellement sur les jardins maraichers à Abattoir (Tambacounda) -----	434
Figure 213 : Les différentes fonctions de la végétation en ville selon les acteurs publics -----	435

Liste des tableaux

Tableau 1 : Essai de typologie de la végétation urbaine et périurbaine sénégalaise selon les fonctions (villes d'étude) (Diouf, 2021) -----	42
Tableau 2 : Évolution de la population et du taux d'accroissement annuel moyen -----	69
Tableau 3 : Évolution de la fécondité depuis 1978 -----	74
Tableau 4 : Les stations retenues -----	123
Tableau 5 : Récapitulatif des données pluviométriques des stations d'étude (ANACIM Sénégal, OMM) -----	124
Tableau 6 : Valeurs et signification du SPI -----	129
Tableau 7 : Liste des stations retenues pour les tests d'homogénéité -----	132
Tableau 8 : Détection des ruptures climatiques des stations d'étude selon les tests de Pettitt et de Lee et Heghinian -----	134
Tableau 9 : Présentation des résultats de la segmentation du test d'Hubert-----	135
Tableau 10 : Spectrale électromagnétique -----	152
Tableau 11 : Fenêtres spectrales des capteurs Landsat MSS -----	154
Tableau 12 : Fenêtres spectrales des capteurs Landsat TM et ETM+ -----	155
Tableau 13 : Caractéristiques des images satellites utilisées pour cette étude -----	155
Tableau 14 : Procédure de cartographie de l'occupation du sol-----	165
Tableau 15 : Liste des classes retenues pour la réalisation des cartes de changements de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise, 1973-1990 et 1990-2017 -----	195
Tableau 16 : Bilan des changements opérés au sein des différentes classes de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise entre 1973 et 2017-----	206
Tableau 17 : Liste des classes retenues pour réalisation des cartes des changements de la couverture du sol à Touba, 1973-1992 et 1992-2017-----	220
Tableau 18 : Liste des classes retenues pour la réalisation des cartes de l'évolution de la couverture végétale de la ville de Touba, périodes 1973-1992 et 1992-2017 -----	220
Tableau 19 : Bilan des changements opérés au sein des différentes classes de l'occupation du sol de la ville de Touba entre 1973 et 2017 -----	229
Tableau 20 : Liste des classes retenues pour la réalisation des cartes des changements de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor, périodes 1973-1990 et 1990-2017 -----	243
Tableau 21 : Liste des classes retenues pour la réalisation des cartes de l'évolution de la couverture végétale de la ville de Ziguinchor, périodes 1973-1990 et 1990-2017 -----	244
Tableau 22 : Bilan des changements (progression et stabilité) opérés dans les différentes classes de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor de 1973 à 2017 -----	253
Tableau 23 : Bilan des évolutions de la végétation de la ville de Ziguinchor entre 1973 et 2017-----	254
Tableau 24 : Liste des classes retenues pour la réalisation des cartes des changements de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda, 1973-1990 et 1990-2017-----	263
Tableau 25 : : Liste des classes retenues pour montrer l'évolution de la végétation de la ville de Tambacounda, 1973-1990 et 1990-2017-----	263
Tableau 26 : Bilan des changements (progression et stabilité) opérés au sein des différentes classes de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda entre 1973 et 2017 -----	273
Tableau 27 : Les espèces végétales d'alignements répertoriées dans les quartiers centraux et résidentiels de Fann résidence (agglomération dakaroise), de Darou Minam (Touba) et d'Escale (Ziguinchor)-----	293
Tableau 28 : <i>Les ligneux répertoriés dans le quartier populaire de Pikine Ouest (agglomération dakaroise)</i> -----	297
Tableau 29 : <i>Les ligneux répertoriés dans le quartier populaire de Dianatoul mahwa (Touba)</i> -----	300
Tableau 30 : <i>Espèces végétales ligneuses répertoriées dans le quartier périphérique-populaire de Colobane de la ville de Ziguinchor</i> -----	304
Tableau 31 : <i>Espèces végétales ligneuses répertoriées dans le quartier périphérique-populaire d'Abattoirs de la ville de Tambacounda</i> -----	310
Tableau 32 : Décomptes globaux de la partition « Acteur » du corpus général-----	319

Tableau 33 : Liste des personnes rencontrées lors des missions à Dakar, Ziguinchor, Tambacounda et Touba--	321
Tableau 34 : Grille d'entretien pour l'ensemble des villes d'étude-----	325
Tableau 35 : Fréquences des mots prononcés lors des entretiens en fonction des localités -----	331
Tableau 36 : Fréquences d'utilisation des mots les plus utilisés du corpus général par ordre décroissant -----	336
Tableau 37 : Indications médicinales des ligneuses rencontrées dans l'agglomération dakaroise et les villes moyennes (Touba, Ziguinchor et Tambacounda) -----	359
Tableau 38 : Indications médicinales des plantes cultivées rencontrées à Dakar, Touba, Ziguinchor et Tambacounda-----	364
Tableau 39 : Indications médicinales des plantes herbacées et arbustives rencontrées à Dakar, Touba, Ziguinchor et Tambacounda -----	365
Tableau 40 : Liste des espèces ligneuses à usages alimentaires répertoriées dans les îlots -----	370
Tableau 41 : Récapitulatif des usages alimentaires des espèces arborées par les ménages-----	373
Tableau 42 : Liste des espèces cultivées dans les Niayes de Pikine-----	379
Tableau 43 : Liste des espèces cultivées dans la vallée sèche d'Abattoirs et le jardin de la gouvernance des femmes -----	380
Tableau 44 : Liste des espèces cultivées dans les bas-fonds de Colobane/Fass-----	382
Tableau 45 : Les ligneux les plus fréquemment utilisés par les habitants des îlots -----	395
Tableau 46 : Méthodologie de détermination du Confort thermique extérieur -----	411

Table des matières :

Liste des abréviations et des acronymes.....	6
Résumé.....	8
Abstract :.....	9
Sommaire :.....	10
Introduction Générale	14
1. Contexte de l'étude	19
1.1 Croissance urbaine et couvert végétal, un rapport complexe entre recul et nouveaux usages	19
1.2 Les variations climatiques (fluctuation des précipitations, hausse des températures) et leur impact socio-environnemental dans les villes sahélo-soudaniennes.....	20
1.3 La nouvelle société urbaine et la question des usages de la végétation (alimentation, bois-énergie, pharmacopée traditionnelle)	22
2. Objectifs de la thèse	23
3. Plan de la thèse.....	25
4. Le choix des villes d'étude	26
Première Partie : Croissance et extension spatiale des villes sénégalaises : quel effet sur la distribution de la végétation au sein des espaces urbains et péri-urbains ?.....	28
Chapitre 1 : Inventaire et typologie des formes de végétation dans les villes sénégalaises	30
1. Notions utiles pour l'étude de la végétation dans les villes d'Afrique de l'Ouest	31
2. Essai de typologie des formes de végétation dans les villes sénégalaises : méthode.....	37
3. Les formes de végétation identifiées dans une capitale ouest-africaine : l'agglomération dakaroise	43
4. Principales formes de végétation rencontrées dans les centres régionaux de Touba, de Tambacounda et de Ziguinchor	57
4.1 Une ville sahélienne en croissance rapide : Touba	57
4.2 Dans le domaine guinéen, Ziguinchor	60
4.3 Une ville soudanienne, Tambacounda	63
Chapitre 2 : La question de la végétation dans le contexte de la forte croissance de la population urbaine et de l'extension spatiale des agglomérations au Sénégal	68
<u>1.</u> La croissance démographique d'un pays sahélo-soudanien, le Sénégal	69
1.1 Une croissance démographique régulière depuis l'indépendance	69
1.2 Une fécondité toujours élevée mais en baisse dans les populations urbaines	73
1.3 Inégale répartition spatiale de la population et des villes en faveur de la bande littorale.....	75
2. Retour sur l'histoire urbaine de l'Afrique de l'Ouest et du Sénégal	78

2.1 L'histoire urbaine de l'Afrique de l'Ouest : dans les régions littorales, un modèle urbain importé par la colonisation.....	78
2.2 L'urbanisation récente et rapide du Sénégal	82
3. Quantification de l'extension urbaine et estimation de la part du non bâti dans l'agglomération dakaroise et dans trois centres régionaux sénégalais (Touba, Ziguinchor et Tambacounda).....	85
3.1 Croissance de la population et étalement spatial de l'agglomération dakaroise.....	86
3.1.1 Croissance démographique de l'agglomération dakaroise	86
3.1.2 Extension spatiale de l'agglomération dakaroise de 1990 à 2017	88
3.2. Croissance démographique et étalement spatial des trois centres régionaux étudiés : Touba, Ziguinchor et Tambacounda	94
3.2.1 Croissance démographique et étalement spatiale de la ville sahélienne de Touba.....	94
3.2.1.1 Croissance démographique de la ville de Touba	94
3.2.1.2 Extension spatiale de la ville de Touba de 1992 à 2017	96
3.2.2 Croissance démographique et extension spatiale de Ziguinchor.....	100
3.2.2.1 Croissance de la population de la ville de Ziguinchor	100
3.2.2.2 Extension spatiale de la ville de Ziguinchor	101
3.2.3 Croissance démographique et étalement spatiale de la ville de Tambacounda.....	106
3.2.3.1 Croissance démographique de la ville de Tambacounda	106
3.2.3.2 Extension spatiale de la ville de Tambacounda.....	107

Chapitre 3 : Méthodologie et choix du cadre temporel (1973-2017) dicté par la variabilité pluviométrique récente 112

1. La démarche méthodologique : cartographie par télédétection, enquête auprès des habitants et relevé ethnobotanique de la végétation urbaine	113
1.1 Quelle relation peut-on établir entre la variation climatique récente et l'évolution de la végétation en ville au Sénégal ?.....	113
1.1.1 Les variations pluviométriques en domaine sahélien et soudanien : un indicateur de l'état du couvert végétal	114
1.1.2 Les fortes températures des villes sahéliennes et soudaniennes sénégalaises : le rôle de la végétation dans leur atténuation	114
1.2 Méthode de détection à distance des changements d'occupation du sol.....	115
1.3 Les essences végétales des villes sénégalaises : un relevé d'inspiration ethnobotanique	116
1.4 Perception et représentations des citoyens sur les changements socio-environnementaux : Enquête de terrain.....	117
1.5 La pratique du terrain en géographie : source fiable pour valider les résultats cartographiques par télédétection et vérifier les recherches bibliographiques et les hypothèses.....	117
1.5.1 Étude préalable avant la délimitation des terrains d'étude	118
1.5.2 Choix préalable et aléas de la pratique du terrain	118

1.5.3 Photographier face à la taille des terrains d'étude	119
2. Un choix du cadre temporel (1973-2017) dicté par la variabilité pluviométrique récente.....	120
2.1 Choix et limites des données météorologiques	120
2.1.1 Les stations d'observations météorologiques et climatologiques du Sénégal	121
2.1.2 Les stations météorologiques retenues pour cette étude	122
2.2 La variabilité interannuelle des précipitations à Dakar, Touba, Ziguinchor et Tambacounda	124
2.3 Étude de l'irrégularité des pluies et de la sécheresse par l'Indice Standardisé des Précipitations : quel impact des sécheresses sur la végétation urbaine ?.....	128
2.4 Détection des moments de rupture climatique dans les séries pluviométriques des stations d'étude.....	132
2.4.1 Présentation des tests d'homogénéités utilisés.....	132
2.4.2 Présentation des résultats issus des différents tests d'homogénéités	133
2.5 Hausse de la température urbaine : le défi climatique des villes sahélo-soudaniennes.....	138
2.5.1 Etude de la variabilité spatio-temporelle des températures	138
Deuxième partie : Analyse d'images multispectrales à haute résolution pour la détection des changements intervenus sur les paysages végétaux urbains sénégalais au regard des évolutions socio-environnementales.....	142
Chapitre 4 : Télédétection de l'occupation du sol et de ses changements dans les espaces urbains sénégalais à partir d'images multispectrales : aspects méthodologiques	144
1. Processus de cartographie de l'occupation du sol et choix d'un type de classification	145
1.1 Les objectifs de l'analyse d'images multispectrales Landsat.....	145
1.2 Dirigée ou non dirigée ? Choix de la méthode de classification.....	146
1.2.1 La classification supervisée ou dirigée	147
1.2.2 La classification non supervisée ou non dirigée	148
2. Choix des données satellitaires pour la cartographie de l'occupation du sol et de ses changements	149
2.1 Les critères de choix des images satellitaires exploitées	149
2.1.1 Couverture spatiale.....	149
2.1.2 Résolution spatiale.....	150
2.1.3 La résolution spectrale.....	151
2.1.4 Les années de prises de vue des images.....	152
2.1.5 La saison de prises de vue des images	153
2.2 Les données satellitaires utilisées	154
3. Identification et nomenclature des centres urbains	156
3.1 Reconnaissance des centres urbains sur des images à haute résolution.....	156
3.2 Le choix d'une nomenclature simplifiée de la carte d'occupation du sol	156

4. Prétraitements, affichages et traitements des données satellitaires pour la cartographie l'occupation du sol.....	160
4.1 Les prétraitements : ré-échantillonnage et découpage des sous scènes	160
4.1.1 Découpage	160
4.1.2 Rééchantillonnage	161
4.1.3 Correction radiométrique	161
4.1.4 Correction géométrique	161
4.2 Affichage : composition colorée en fausses et vraies couleurs	162
4.3 Traitement des données satellitaires pour la cartographie de l'occupation du sol	164
5. Procédure de cartographie pour les changements de l'occupation du sol.....	166
Chapitre 5 : Télédétection de l'occupation du sol et de ses changements : traitement des images multispectrales et analyse des résultats cartographiques pour l'agglomération dakaroise (1973, 1990 et 2017)	170
1. Cartographie de l'occupation du sol : application à l'image de 1990	170
1.1 Choix et préparation de l'image de 1990.....	170
1.2 Traitements effectués sur l'image de 1990 pour cartographier l'occupation du sol	173
1.3 Analyse des caractéristiques spectrales des classes issues de la classification non supervisée	174
1.4 Analyse des classes hétérogènes	177
2. L'occupation du sol dans l'agglomération dakaroise de 1973 à 2017 : des changements dans l'utilisation de l'espace urbain	182
2.1 L'occupation du sol dans l'agglomération dakaroise en 1973	183
2.2 L'occupation du sol dans l'agglomération dakaroise en 1990	186
2.3 L'état de l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise en 2017.....	189
3. Cartographie des changements dans l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise	192
3.1 Cartographie des changements enregistrés sur l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise de 1973 à 1990	192
3.2 Cartographie des changements intervenus dans l'occupation du sol de l'agglomération dakaroise entre 1990 à 2017	200
Chapitre 6 : Télédétection de l'occupation du sol et de ses changements dans trois centres régionaux sénégalais de 1973 à 2017 : Touba, Ziguinchor et Tambacounda.....	208
1. L'occupation du sol et ses changements à Touba de 1973 à 2017	209
1.1 L'état de l'occupation du sol de la ville de Touba en 1973	210
1.2 L'état de l'occupation du sol à Touba en 1992	213
1.3 L'état de l'occupation du sol de la ville de Touba en 2017	216
1.4 Cartographie des changements de l'occupation du sol survenus à Touba de 1973 à 2017 ..	220

1.4.1	<i>Cartographie des changements de l'occupation du sol de 1973 à 1992</i>	221
1.4.2	<i>Cartographie des changements de l'occupation du sol de 1992 à 2017</i>	226
2	L'occupation du sol et ses changements à Ziguinchor de 1973 à 2017	230
2.1	L'état de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor, 1973	231
2.2	L'état de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor en 1990	235
2.3	L'état de l'occupation du sol de la ville de Ziguinchor en 2017	239
2.4	Cartographie des changements de l'occupation du sol intervenus à Ziguinchor entre 1973 et 2017	243
2.4.1	<i>Cartographie des changements de l'occupation du sol de Ziguinchor entre 1973 et 1990</i>	244
2.4.2	<i>Cartographie des changements de l'occupation du sol de 1990 à 2017</i>	248
3.	L'occupation du sol et ses changements à Tambacounda de 1973 à 2017	255
3.1	L'état de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda en 1973.....	256
3.2	L'état de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda en 1990.....	259
3.3	L'état de l'occupation du sol de la ville de Tambacounda en 2017.....	261
3.4	Cartographie des changements de l'occupation du sol survenus à Tambacounda entre 1973 et 2017	263
3.4.1	<i>Cartographie des changements de l'occupation du sol de 1973 à 1990</i>	264
3.4.2	<i>Cartographie des changements de l'occupation du sol de 1990 à 2017</i>	268

Troisième partie : La végétation dans les villes sénégalaises : flore et paysage végétal, perception et représentations des habitants, perspectives pour l'aménagement urbain278

Chapitre 7 : Flore et paysage végétal : composition et distribution spatiale de la végétation dans deux types de quartiers résidentiels (centraux/aisés et périphériques/populaires) des villes étudiées280

1.	Composition floristique et répartition des végétaux dans les quartiers centraux et résidentiels	282
1.1	Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier résidentiel de Fann (agglomération dakaroise)	283
1.2	Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier résidentiel de Darou Minam (Touba).....	286
1.3	Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier résidentiel d'Escale de la ville de Ziguinchor	288
1.4	Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier résidentiel de Liberté (Tambacounda).....	291
2.	Composition floristique et répartition des ligneux dans les quartiers populaires/périphériques des villes d'étude	294
2.1	Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier populaire de Pikine Ouest dans l'agglomération dakaroise	296

2.2 Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier populaire de Dianatoul Mahwa de la ville de Touba	300
2.3 Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier populaire et périphérique de Colobane de la ville de Ziguinchor	303
2.4 Composition floristique et répartition des ligneux dans le quartier populaire et périphérique d'Abattoirs de la ville de Tambacounda.....	308

Chapitre 8 : Le couvert végétal urbain face aux changements socio-environnementaux : Perception et représentations des habitants.....316

1. Technique d'enquête et méthode de traitement des données d'enquête recueillies auprès des habitants.....	317
1.1 Collecte des données par entretien semi-directif.....	317
1.2 Choix des personnes interviewées et des localités	318
1.3 Les principaux thèmes abordés lors des entretiens.....	325
1.4 Données et retranscription des entretiens	329
2. Préparation des entretiens	330
2.1 Mise en forme du corpus.....	330
3. Les analyses textométriques.....	333
3.1 Analyse factorielle des discours selon les catégories socio-professionnelles des enquêtés : regroupement par similarité de discours.....	333
3.2 L'Analyse des fréquences de mots.....	336
3.3 Emplois contextuels / concordances des termes clés : végétation et arbres.....	338
3.4 L'analyse des spécificités	341

Chapitre 9 : La végétation en ville sénégalaise : différenciation socio-spatiale des pratiques et des usages.....344

1. La demande urbaine en bois-énergie : approvisionnement local et approvisionnement lointain.....	345
1.1 Approvisionnement lointain (en dehors de l'aire urbaine) en bois énergie de l'agglomération dakaroise et de la ville de Touba.....	345
1.2 Approvisionnement local en bois énergie dans l'aire urbaine de Ziguinchor et de Tambacounda	348
2. L'utilisation de la flore à des fins médicinales.....	353
2.1 Parties et organes des plantes ligneuses prélevés à des fins médicamenteuses	355
3. Usages alimentaires des végétaux dispersés dans l'espace urbain et maintien difficile de l'agriculture urbaine	367
3.1 Usages alimentaires des végétaux ligneux dispersés dans l'espace urbain	367
3.2 Contribution alimentaire de l'agriculture urbaine et périurbaine et pression sur les périmètres de production.....	374

3.2.1	<i>L'apport du maraichage à l'approvisionnement des villes</i>	378
3.2.2	<i>Paroles de maraichers/es et de jardiniers/es</i>	384
3.2.3	<i>Difficultés rencontrées par les maraichers</i>	389
4	Autres usages de la végétation par les sociétés urbaines sénégalaises	394
4.1	Les ligneux urbains, une ressource en bois très convoitée	394
4.2	Les représentations culturelles des végétaux dans la société sénégalaise	397
Chapitre 10 : Fonctions écosystémiques des végétaux en milieu urbain sahélo-soudanien : atténuation de la température (îlot de chaleur urbain) et gestion des eaux de ruissellement pluviales.....		400
1.	La (ré)végétalisation, solution pour atténuer la température (îlot de chaleur urbain) dans les villes sahélo-soudaniennes	400
1.1	Carte de température selon le NDVI (indice de végétation) : relation entre la température de surface et la présence de la végétation	405
1.1.1	<i>Carte des températures basée sur l'indice de végétation normalisé de l'agglomération dakaroise en domaine sahélien côtier</i>	409
1.1.1.1	<i>Estimation du confort thermique extérieur dans l'agglomération de Dakar pour l'année 2015</i>	409
1.1.1.2	<i>Application de la technique d'estimation du confort thermique extérieur de l'agglomération dakaroise et résultats</i>	410
1.1.1.3	<i>La végétation atténuatrice de l'inconfort thermique dans l'agglomération dakaroise</i>	414
1.1.2	<i>Carte des températures selon le NDVI de la ville sahélienne de Touba</i>	419
1.1.3	<i>Carte des températures basée sur l'indice de végétation de la ville soudano-guinéenne de Ziguinchor</i>	423
1.1.4	<i>Carte des températures basée sur l'indice de végétation (NDVI) de la ville soudanienne de Tambacounda</i>	426
2.	Le végétal en ville : un moyen efficace de gestion des eaux de ruissellement pluviales	429
2.1-	Gestion des eaux pluviales et végétation à Ziguinchor	430
2.2-	Gestion des eaux pluviales et végétation à Tambacounda	433
Conclusion générale		438
Bibliographie :.....		444
Liste des Figures :.....		463
Liste des tableaux.....		470
Annexes :.....		479

Annexes :

Annexe 1 : Contextes d'utilisation des termes lexicaux arbres et végétation dans le corpus de la ville de Tambacounda

Tableau : Décomptes globaux de la partition « Acteur » du corpus général

N°	Partie	Occurrences	Formes	Hapax	Fmax	Forme
1	Adjoint-Maire	1420	585	400	85	de
2	Agent-banquier	309	168	120	17	les
3	Agriculteur	494	238	167	22	la
4	Charge_Cadre_Vie	282	165	115	12	de
5	Charge_espaces_verts_Ville_Dakar	1186	469	304	80	de
6	Coiffeur	251	137	98	13	de
7	Colonel-Eaux-forets	869	401	288	41	de
8	Commerçant	308	175	125	12	de
9	Conseiller-municipal	1572	591	392	85	de
10	Conseiller-municipal	621	310	228	34	de
11	Directeur_centre_formation	770	366	264	44	de
12	Enseignant	143	101	79	7	des
13	Etudiant	365	196	129	12	je
14	fabricant-de-charbon-de-bois	541	262	188	27	de
15	Femmeaufoyer	190	135	105	10	les
16	Femme-foyer	301	177	125	12	les
17	Fleuriste	1236	491	325	40	de
18	Gardien-jardinier	512	240	158	29	de
19	Gendarme	1437	552	376	65	les
20	Ingénieur_CSE	620	321	228	37	de
21	Jardinier	446	228	156	15	les
22	Jardinière	922	398	254	33	les
23	Lieutenant-Eaux-forets	1898	618	380	116	de
24	Lyceen	124	89	66	6	je
25	Maitre-coranique	287	168	124	10	les
26	Maraicher	2765	873	531	122	de
27	Ouvrier	366	183	124	19	de
28	Présidentdujardinbio	388	213	155	18	de
29	Responsable_Océanuim	1090	463	306	48	de
30	Responsable-politique	281	167	121	12	le
31	Sansemploi	283	162	123	20	de
32	Sansemploi	656	315	215	24	de
33	Taximan	491	242	165	25	de
34	Vendeur_Bois_Chauffage	1331	485	309	58	de

Annexe 2 : Concordance du terme « végétation »

commerce vers la Gambie est plus difficile à contrôler . La	<i>végétation</i>	spontanée a subi une destruction beaucoup plus importante
sein de la ville , il y a des politiques de protection de la	<i>végétation</i>	basées d'abord sur le code forestier mais aussi la commune
à la compétence d'intervenir en cas de mise en danger de la	<i>végétation</i>	. Le code forestier s'applique surtout sur la périphérie de
politiques ont d'autres priorités que de s'occupent de la	<i>végétation</i>	, nous avons à plusieurs reprises sollicité la mairie pour des
ORICS a fait un don de 100 protections. ¶ § Je pense que la	<i>végétation</i>	change l'esthétique de la ville , au lieu d'avoir du béton
surtout périphériques . Notre rôle est de maintenir la	<i>végétation</i>	dans la ville et ses alentours pour ces différentes raisons
et forêts de la région de Ziguinchor . ¶ § On voit que la	<i>végétation</i>	a beaucoup diminué au sein de la ville de Ziguinchor .
englobe tout mais dans ce cas spécifique concernant la	<i>végétation</i>	. Tu es de Ziguinchor ? ¶ § Quand tu étais enfant , au niveau
et vergers ont presque disparu . On avait partout de la	<i>végétation</i>	dans ville . Tout ça vous donne des renseignements sur
habitants et autour de cette ville , il avait beaucoup de	<i>végétation</i>	. Et a un certain moment la population de la ville est passée
à plus de 2000 habitants . Par voie de conséquence , la	<i>végétation</i>	a régressé à cause de la forte urbanisation de la ville . C'est
espace pour s'épanouir . La ville s'étend au détriment de la	<i>végétation</i>	, c'est l'une des principales conséquences d'une ville. En
habitants qui viennent augmenter le rythme de régression d	<i>végétation</i>	, les gens ont besoins de quoi au niveau des arbres ,
si on veut survivre . Et , si demain Il n'y a pas de	<i>végétation</i>	comment on va faire comment ? Le renouvellement se fait à

me promener en forêt . ¶ § Je fais vraiment attention à la	végétation	parce qu'elle me donne de la nourriture à travers ses fruits
promenades en jardin . ¶ § Je prête beaucoup attention à la	végétation	parce que les arbres sont mon fonds de commerce , s'il y a
ne fréquente pas les parcs et les jardins publics , la seule	végétation	que je fréquente est mes manguiers . Quand je me retrouve
environnementales notamment celles liées à la gestion de la	végétation	dans la ville de Tambacounda . On s'occupe surtout des
que l'on peut en tirer . ¶ § Tout le monde sait que la	végétation	crée un microclimat ceci est très important dans les villes
période pendant laquelle le vent souffle assez fort ici , la	végétation	sert de protection et de brise vent durant ces périodes .
vent durant ces périodes . Pendant la saison des pluies , la	végétation	participe à disperser et diminuer la force des eaux pluviales
cela permet d'éviter les ravinements . Ce service rendu par	végétation	est très peu ressenti à Tambacounda parce que la densité de
très peu ressenti à Tambacounda parce que la densité de la	végétation	est très faible . Allez vers le quartier Abattoir ou juste
peut lutter contre la rudesse du climat en réintroduisant la	végétation	dans notre cadre de vie . D'un côté c'est parce qu'ils
journée dans les Niayes donc je suis tout le temps entouré	végétation	. ¶ § La végétation est importante pour moi . Prenez
donc je suis tout le temps entouré de végétation . ¶ § La	végétation	est importante pour moi . Prenez l'exemple d'ici (dans les
un environnement aussi pollué que Dakar , la présence de	végétation	comme les Niayes est primordiale . ¶ ¶ , , ¶ § Je m'appelle
nous partons nous ressourcer dans les Niayes , c'est la seule	végétation	que nous fréquentons . Début un certain temps nous avons
moi mais il n'y a même pas une fleur . ¶ § Je sais que la	végétation	est importante dans un cadre de vie , par exemple l'acacia q
régulièrement le jardin public du quartier . ¶ § Pour moi la	végétation	est le premier élément qu'il faut prendre en compte quand
quand on cherche un cadre de vie idéal . Esthétiquement , la	végétation	ajoute une valeur à la maison . La végétation joue également
, la végétation ajoute une valeur à la maison . La	végétation	joue également un rôle important en absorbant la pollution
dans mon jardin . ¶ § Avant j'habitais à Yoff village , la	végétation	est quasi inexistante là - bas . Je vois bien la différence
notre la maison (dans le jardin) et dehors , on voit que la	végétation	adoucit la température ambiante de l'air , ce qui est vrai
le code forestier il existe des mesures de protection de la	végétation	qu'elle soit ligneuse ou herbacée . Mais son application est
d'alignements , les jardins publics , les parcs , la	végétation	spontanée etc . outre que l'embellissement de la ville , les
. Nous pouvons retenir que les avantages fournis par la	végétation	en milieu urbain sont plus importants que les inconvénients
problème ici à Dakar est le manque d'entretien de la	végétation	, vous faites bien la remarque si vous passez par la corniche
avez les animaux qui peuvent dans certains cas détruire la	végétation	. ¶ § Le renouvellement des essences plantées est bien
bien marqué que l'abattage ou toutes sortes d'atteintes à la	végétation	est interdit mais ceci est valable sur le papier sur le terrain
amiliariser les enfants sur les conséquences positives de la	végétation	dans la ville . C'était un projet d'une association canadienne
fait de la voir tous les jours m'a poussé à venir . ¶ § La	végétation	est encore petite mais plus les fleurs et les arbres vont
, il n'y a plus rien . ¶ § Il n'y a pas de parc ici la seule	végétation	que je peux fréquenter est l'acacia de chez moi ¶ §
ation que je peux fréquenter est l'acacia de chez moi ¶ § La	végétation	est primordiale surtout à Touba où il fait tout le temps chaud
, la zone sera totalement dépourvu d'arbres . ¶ § La seule	végétation	que nous fréquentons est l'acacia de la maison . Il est en
verte » peut être avec ce projet nous aurons plus accès à la	végétation	et pourquoi pas au jardin public avec une vraie verdure . ¶
dans ces enseignements a donné beaucoup d'importance à	végétation	. Mais moi , je ne dispose que de mes acacias et la seule
moins quelques pièces d'argent . A part ça , je sais que la	végétation	joue un rôle important pour baisser la température en nous
zone urbaine , nous observons une légère augmentation de	végétation	. C'est plutôt l'œuvre de la population , des gens aujourd'hui
arbres qui ont résisté . ¶ § Cette légère augmentation de la	végétation	en zone urbaine est due à une volonté de la population de
Et , avec l'agrandissement de la ville la densité de la	végétation	s'accroît . Nous avons aussi fait des plantations d'alignement
locales . Et qui parle d'environnement parle forcément de la	végétation	. C'est difficile par contre de pratiquer cette politique parce
pratiquer cette politique parce que la grande partie de la	végétation	se trouve dans des domaines privés où on n'a pas
on à suivre notre politique de l'arbre ¶ § Nous donnons à la	végétation	tout son importance mais vous savez il y a des priorités
en place notre calendrier annuel et je peux vous dire que la	végétation	en fait partie surtout pour cette année . Vous pouvez le
et forêts . ¶ § Bien sûr , imaginez la ville de Touba sans	végétation	, au niveau esthétique sa sera zéro . Et même pur , en
période de chaleur il serait impossible de rester ici . La	végétation	permet de dissimuler l'hostilité de la zone sahéenne . ¶ §
, ceci n'est rien face aux nombreux avantages qu'offre la	végétation	. ¶ § Le principal problème dans l'entretien est l'arrosage
à la ville . Oui , il y a des méthodes de protections de la	végétation	en général . ¶ § Elles individuelles et chacun essaye de
des gens ici . C'est tout une éducation à bâtir autour de la	végétation	en ville pour arriver à ce niveau de conscientisation véritable
à ce niveau de conscientisation du véritable rôle de la	végétation	dans une ville aussi chaude que Touba . La création des

Annexe 3 : Concordance du terme « arbres »

pour ces différentes raisons . ¶ § Dans la ville il y a des	arbres	vieux de 100 à 150 ans , pendant les mois d'octobre et de
maisons à cause des vents forts . Les racines de certains	arbres	ressortent et entraînent des dégâts notamment des fissures
Par contre , nous constatons une diminution considérable	arbres	fruitiers au centre-ville en faveur des espèces ornementales
terre est un élément essentiel pour le bon développement	arbres	, il faut donc bien traiter la terre en mettant des engrais
renseignements sur l'évolution de l'environnement . ¶ § Les	arbres	qu'on avait avant n'existent plus et quelles sont les causes
n'existent plus et quelles sont les causes : On coupe les	arbres	et on ne reboise pas et on coupe pour quoi faire . Il y a des
la végétation , les gens ont besoins de quoi au niveau des	arbres	, par exemple du charbon , du bois de chauffage , des piqués
parle de besoins , il s'agit aussi des prélèvements sur les	arbres	comme les fruits , les écorces , les feuilles et les racines
publique. Dans votre domaine privé vous pouvez planter des	arbres	comme vous voulez si vous voulez couper les arbres
comme vous voulez cependant quand vous voulez couper les	arbres	, il faut adresser aux eaux et forêts une demande d'autorisation
facile pendant la période où les fruits sont mûrs . ¶ § Les	arbres	sont plantés par moi - même . Ils m'ont été offerts par des
des amis et je me suis chargé tout seul de l'entretien des	arbres	. Mais ce n'est vraiment pas très compliqué , on n'arrose pas
Sinon nous utilisons beaucoup les feuilles de certains	arbres	comme le Baobab , le Nebedaye et les feuilles de Manioc
et ne coute rien . Nous ramassons tous les bois secs des	arbres	que nous trouvons dans la forêt . L'arbre le plus utilisé
tout type de bois que je trouve . Moi je ne coupe pas les	arbres	qui sont encore en vie . ¶ § Je ne fréquente pas les parcs et
chercher le bois dans la forêt à côté ou quand il y a des	arbres	qui sont coupés dans les maisons . Dés fois , il y a d'autres
qui pendant leurs vacances se mobilisent pour planter des	arbres	dans les quartiers . Nous avons un projet de reboisement des
et les deux canaux il n'y a pas d'espace pour planter des	arbres	et il faut être précis sur le choix des espèces végétales .
précis sur le choix des espèces végétales . Si on met des	arbres	avec des racines qui poussent et risquent d'endommager
qui n'était vraiment pas pour parce qu'ils disaient que les	arbres	pouvaient réduire la visibilité sur la route . Nous avons
¶ § Nous encourageons les habitants à planter des	arbres	fruitiers chez eux dont les apports en nutriments et en
font quand ils ont un terrain c'est de planter un ou des	arbres	. Ça fait partie de la culture casamançaise. Cependant , il
anciennes rizières mais dans les autres quartiers il y a des	arbres	partout et c'est des arbres qui sont plantés par les habitants
les autres quartiers il y a des arbres partout et c'est des	arbres	qui sont plantés par les habitants . ¶ On aimerait bien avoir
ont plantés par les habitants . ¶ On aimerait bien avoir des	arbres	fruitiers comme des manguiers et des orangers , si on arrive
et des orangers , même si on arrive à faire pousser les	arbres	, ils ne produisent pas à cause du sel. J'ai essayé de faire
gère aussi . Parmi les risques dés fois vous avez de grands	arbres	sur les artères dans les quartiers ou dans les maisons qui
- là que nous intervenons. Parfois vous voyez de grands	arbres	qui se trouvent dans des zones fortement habitées et
, il suffit juste d'avoir un peu de vent pour que les	arbres	tombent. ¶ § Les gens ont souvent l'habitude de getter des
le ruissellement de l'eau de pluie c'est de planter des	arbres	notamment sur les grandes artères de la ville cela permettra
avez immédiatement votre argent alors si vous plantez des	arbres	c'est un investissement à long terme . C'est bien mais l'impact
de charbon de bois . ¶ § Je dispose dans la maison des	arbres	suivant : manguiers , orangers , goyave , cocotiers et citronnier
la maison il y a un rônier . ¶ § Nous avons planté tous les	arbres	que vous voyez ici . ¶ § Nous avons choisi les arbres fruitiers
arbres que vous voyez ici . ¶ § Nous avons choisi que des	arbres	fruitiers parce qu'ils peuvent nous fournir de la nourriture
et si planter aussi un arbre chez moi . ¶ § Tous ces	arbres	m'ont été offerts gratuitement par des amis à part le manguiers
également une part importante de notre alimentation des	arbres	. ¶ § Les utilisations que j'en fais sont alimentaires
et commerciales ¶ § Nous utilisons les fruits des	arbres	que nous disposons pour l'alimentation pas pour vendre
pour l'alimentation mais pas pour la commercialisation . Ces	arbres	nous permettent d'avoir des fruits tout au long de l'année .
on utilisation mais s'est compliqué parce que la plupart des	arbres	se trouvent dans des domaines privés . Il y a deux semaines
§ C'est mon travail , dés fois je coupe directement les	arbres	quand j'ai une autorisation des services des eaux et forêt
Je prête beaucoup attention à la végétation parce que les	arbres	sont mon fonds de commerce , s'il y a plus arbres je n'aurai
ce que les arbres sont mon fonds de commerce , s'il y a plus	arbres	je n'aurai pas de bois donc pas de charbon . Je suis conscient
Je suis aussi conscient qu'il faut bien mettre d'autres	arbres	à la place parce que j'ai vu des zones qui étaient vraiment
des zones presque vite d'arbres . J'entends aussi que les	arbres	apportent de la pluie ce qui vraiment importante pour nous
§ J'utilise les fruits des manguiers et de beaucoup d'autres	arbres	fruitiers pour l'alimentation mais mon objectif premier est

entre mes manguiers je suis détendis et je profite de mes	<i>arbres</i>	en les contemplant . ¶ Les arbres me permettent d'avoir
dis et je profite de mes arbres en les contemplant . ¶ Les	<i>arbres</i>	me permettent d'avoir un peu d'argent à travers la vente
et à la fois jardinier de la résidence . ¶ Nous avons des	<i>arbres</i>	dans et devant la résidence, c'est des espèces ornementales
étrangers qui ne donnent pas la même valeur aux	<i>arbres</i>	fruitiers par rapport à la population autochtone . ¶ Tous
par rapport à la population autochtone . ¶ Tous les	<i>arbres</i>	de la résidence sont plantés , et même mieux tous les arbres
arbres de la résidence sont plantés , et même mieux tous les	<i>arbres</i>	du centre sont plantés il y a que les caïcédrats même s'ils
Sinon , je préfère des promenades en forêt moi . ¶ Les	<i>arbres</i>	participent à l'embellissement de chaque maison puis à celui
jardin. Je suis jardinier mon rôle est de prendre soin des	<i>arbres</i>	et pas de les couper . La Casamance est également la partie
la terre et par la même occasion couper les racines des	<i>arbres</i>	qui sont à côté parce qu'elles aspirent l'eau . Du coup , le
de la population . Les gens sont plus motivés à acheter les	<i>arbres</i>	fruitiers pendant la saison des pluies parce qu'il y a moins
dans les lieux qui profiteront des aménagements . Il y a des	<i>arbres</i>	d'alignement tout au long et on met des espaces de fleurs
es modalités du projet : comment trouver les plants , quels	<i>arbres</i>	plantés et trouver les protections . Avec l'aide des eaux et
forêts nous avons trouvé des plants mais ce ne sont pas des	<i>arbres</i>	fruitiers parce que la somme était trop importante . Ensuite
dans certaines maisons , les gens continuent à s'occuper des	<i>arbres</i>	mais beaucoup ont arrêté d'entretenir les arbres . L'objectif
occuper des arbres mais beaucoup ont arrêté d'entretenir	<i>arbres</i>	. L'objectif était que chaque famille assure elle - même le
gens ne continuent pas à arroger raison pour laquelle , les	<i>arbres</i>	meurent très vite , il faut reconnaître que c'est beaucoup de
¶ C'est mon père qui a eu l'idée de planter ces deux	<i>arbres</i>	devant la maison . Pour l'entretien tout le monde y participe
. Dés fois , c'est mon père qui arrose lui - même les	<i>arbres</i>	mais assez souvent , il demande de le faire . ¶ Il y a
moi - même . S'était beaucoup plus compliqué avec les	<i>arbres</i>	fruitiers mais avec les acacias , une fois qu'ils ont bien pris
d'autres types d'utilisations des acacias . Si c'était les	<i>arbres</i>	fruitiers , je pouvais profiter des fruits mais tu vois le sol
c'est de la latérite , on ne peut pas faire pousser certains	<i>arbres</i>	ici . Le voisin , il a des manguiers mais ils sont tous morts
chez soi . Nous utilisons aussi les feuilles de certains	<i>arbres</i>	notamment le baobab et le Nebedaye (Moringa Oleifera)
Mais à Dakar c'est plus compliqué , déjà il faut trouver ces	<i>arbres</i>	. ¶ Nous achetons juste le charbon pour faire nos
obligé d'aller acheter au marché . ¶ Je n'utilise pas les	<i>arbres</i>	préparatifs
est Samb . ¶ Je suis responsable politique . ¶ J'ai des	<i>arbres</i>	pour le traitement , quand quelqu'un est malade nous
tales . ¶ Nous utilisons le plus souvent les fruits de nos	<i>arbres</i>	partons
¶ Je suis agent à la banque atlantique . ¶ Nous avons des	<i>arbres</i>	fruitiers et des fleurs dans et devant la maison . ¶ Le
se sont des fleurs ornementales du genre flamboyant . Les	<i>arbres</i>	baobab
les achetons aux fleuristes sur la corniche . ¶ Tous les	<i>arbres</i>	mais nous achetons également d'autres fruits que nous
d'alignements en collaboration avec les communes . ¶ Les	<i>arbres</i>	n'avons
spontanée etc . outre que l'embellissement de la ville , les	<i>arbres</i>	et des fleurs dans la maison . ¶ Il y a un oranger et deux
dans la banlieue . ¶ Il faut que la population intègre les	<i>arbres</i>	fruitiers nous les avons payés chez les services des eaux et
a même chose . Et pour cela il va falloir revoir le prix des	<i>arbres</i>	et les fleurs sont plantés . ¶ Nous utilisons les ressources
embelli le quartier et moi je peux réviser sous l'ombre des	<i>arbres</i>	participent bien à l'embellissement de la ville , ils permettent
La végétation est encore petite mais plus les fleurs et les	<i>arbres</i>	purifient l'air en absorbant le co2 , ils nous fournissent de
port et poser un peu . ¶ Je pense qu'il faut augmenter les	<i>arbres</i>	fruitiers dans les maisons dans les programmes de
, Dakar et Kaolack . Nous voulons bien faire pousser des	<i>arbres</i>	plantations
a médecine ¶ Nous utilisons les fruits issus de différents	<i>arbres</i>	fruitiers dans les pépinières . ¶ Sur le code forestier il
s souvent les racines , les feuilles et l'écorce de certains	<i>arbres</i>	. ¶ La place est très bien fréquentée , il y a beaucoup de
par exemple celle de l'eau qui est un peu salée , il y a des	<i>arbres</i>	vont grandir plus le cadre sera agréable . Déjà , c'est propre
dans la maison et l'autre devant la maison . ¶ Les deux	<i>arbres</i>	et fleurs . Il faut plus d'entretien parce que le gazon
mort chaque trois ou quatre jour . ¶ Je ne coupe pas les	<i>arbres</i>	fruitiers mais avec le manque d'eau et le climat
de la population , beaucoup de gens aujourd'hui plante des	<i>arbres</i>	fruitiers comme les mangues , les oranges , les clémentines
d'alignement sans grand succès même s'il y a quelques	<i>arbres</i>	pour le traitement . Nous utilisons les feuilles de l'Eucalyptus
est due à une volonté de la population de planter des	<i>arbres</i>	qu'on ne peut pas arroser avec cette eau , de cette faite on
		sont plantés . ¶ Nous utilisons les ressources végétales.
		pour vendre le bois mais pour les besoins énergétiques
		chez eux . Nous avons aussi fait des plantations d'alignement
		qui ont résisté . ¶ Cette légère augmentation de la
		végétation
		dans ou devant leur maison pour réduire l'effet de la chaleur

d'alignement sans grand succès même s'il y a quelques	<i>arbres</i>	qui ont poussé . ¶ § Nous avons bien une politique de l'arbre
au niveau de la grande mosquée est que les racines des	<i>arbres</i>	ressortent et causent des dégâts sur les pavés . Cependant ,
§ Le principal problème dans l'entretien est l'arrosage des	<i>arbres</i>	et l'accès à l'eau mais avec le projet nous disposent de trois
¶ § Nous avons déjà commencé le travail , à Touba 95 % des	<i>arbres</i>	sont des acacias , c'est pour cela avec le projet « Touba ville
a ville verte » , nous avons décidé d'intégrer au projet des	<i>arbres</i>	fruitiers qui sont au nombre de 9 000 et des dattiers (400
à sa manière . Les plus communes sont l'entourage des	<i>arbres</i>	par des grilles , des briques de ciments et des bambous . ¶
ne les concerne pas . Moi , je suis partant pour planter des	<i>arbres</i>	mais les espaces verts demandent des moyens financiers
des coupes d'arbres en pleine ville . Des gens abattent les	<i>arbres</i>	pour alimenter leurs animaux . C'est des arbres qui sont dans
abattent les arbres pour alimenter leurs animaux . C'est des	<i>arbres</i>	qui sont dans la rue , comme ils n'ont pas de quoi acheté les