

Dynamique Spatio-Temporelle Des Feux De Végétation Actifs Au Centre Du Bénin

[Spatio-Temporal Dynamics Of Active Vegetation Fires In Center Of Benin]

Babatoundé Biaou Ingrid Romaric AKIYO ^{1,2*} ; Oscar TEKA ² ; Oreste TENTE ³ ; Ibouraïma YABI ¹ et
Brice TENTE ³

¹ Université d'Abomey-Calavi, Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Laboratoire Pierre Pagney « Climat, Eau, Ecosystème et Développement », 04 BP 529 Cotonou, Bénin

² Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire d'Ecologie Appliquée, 03 BP 1974 Cotonou, Bénin

³ Université d'Abomey-Calavi, Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Laboratoire de Biogéographie et d'Expertise Environnementale, BP 526 Cotonou, Bénin

* Correspondance, courriel : romaricakiyo@gmail.com



Résumé – Chaque année, de vastes zones de formations végétales sont détruites par les feux au centre du Bénin. Cette étude a été menée dans le but d'analyser la distribution spatio-temporelle des feux actifs dans la Commune de Savè et de déterminer l'influence du climat sur cette distribution. Pour atteindre cet objectif, les données du capteur MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) de la période 2000-2019 ont été utilisées pour analyser la fréquence des incendies. Les paramètres climatiques de 1989 à 2018 recueillis à la station synoptique de Savè ont permis d'apprécier l'influence du climat sur les feux de végétation. Durant la période 2000-2019, 7426 feux actifs ont été enregistrés par le capteur MODIS dans le milieu soit en moyenne 371 feux par an. Globalement, les années les plus touchées ont été 2005 et 2008 avec respectivement 655 et 654 feux actifs et l'année la moins touchée par les feux était 2000 avec 44 feux actifs. La fréquence des feux connaît une croissance à partir de novembre (2,67%) à la fin de la saison humide et atteint son maximum en janvier (42,23%), en pleine saison sèche. Les savanes arborées et arbustives concentrent 65% des feux enregistrés, les champs et jachères 23% et les plantations 7,3%. Les facteurs climatiques notamment la température et la pluviométrie ont une influence significative sur la fréquence d'apparition des feux. Il convient alors d'intégrer ces informations dans les plans de gestion de la végétation au centre du Bénin.

Mots clés – Centre du Bénin, dynamique spatio-temporelle, paramètres climatiques, feu actif

Abstract – Every year, wide areas of plant formations are destroyed by fires in Benin center. This study was conducted in order to analyze the spatio-temporal distribution of active fires in Savè's township and to determine the influence of climate on this distribution. To achieve this objective, MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) sensor data from the period 2000-2019 was used to analyze the frequency of fires. The climatic parameters from 1989 to 2018 collected at Savè synoptic station made it possible to assess the influence of the climate on vegetation fires. During the period 2000-2019, 7426 active fires were recorded by MODIS sensors in the environment, an average of 371 fires per year. Overall, the most affected years were 2005 and 2008 with 655 and 654 active fires respectively, and the year least affected by fires was 2000 with 44 active fires. The frequency of fires increases from november (2.67%) at the end of the wet season and reaches its maximum in january (42.23%), in the middle of the dry season. Wooded and shrubby savannas concentrate 65% of recorded fires, fields and fallows 23% and plantations 7.3%. Climatic factors, in particular temperature and rainfall, have a significant influence on the frequency of occurrence of fires. It is therefore appropriate to integrate this information into the vegetation management plans in Benin center.

Keywords – Center of Bénin, spatio-temporal dynamics, climatic parameters, active fire.

I. INTRODUCTION

Depuis des millénaires, les feux de végétation affectent la majeure partie du globe des tropiques aux régions tempérées [1]. Le feu de végétation est souvent perçu comme un facteur de dégradation et une contrainte environnementale pour la nature et les populations [2]. Ces feux entraînent la dégradation des ressources naturelles [3] et constituent une contrainte pour la conversion des formations savanicoles en forêt [4]. La situation devient de plus en plus inquiétante au plan mondial puisque de 2010 à 2015, la forêt naturelle a subi une perte nette de 6,5 millions d'ha par année [5]. Pendant la saison sèche, les fortes chaleurs dessèchent les végétaux par évaporation et peuvent favoriser la libération d'essences volatiles à l'origine de la propagation des flammes [6]. La végétation de la région soudanienne du Bénin présente de nos jours, une évolution essentiellement régressive sous l'effet conjugué des feux de végétation, des cultures et de l'élevage [7]. En effet, ces changements spatio-temporels des formations végétales sont surtout causés par des pratiques agricoles rudimentaires telles que l'abattage et le brûlis des espèces ligneuses, une production soutenue de cultures de rente, une exploitation forestière intense [8] et une pratique incontrôlée des feux de végétation [9, 10]. La tendance générale de la dynamique, est la régression des formations naturelles au profit des formations anthropiques [11, 12]. Pour mieux comprendre ce phénomène, les images satellites sont mises à contribution. Actuellement, les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et les techniques de télédétection, sont très utilisées pour faire un suivi des feux dans le temps et dans l'espace [13]. Situé au Centre du Bénin, la Commune de Savè, essentiellement rurale n'est pas épargnée par les feux de végétation avec leurs retombées socioéconomiques et environnementales. L'objectif visé par cette étude était de contribuer à l'amélioration de la compréhension du comportement des feux de végétation enregistrés dans la Commune de Savè afin de sensibiliser davantage les décideurs à mettre en place des mesures préventives et de gestion plus pertinentes de ces feux.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Zone d'étude

L'étude s'est déroulée dans la Commune de Savè située entre 7°42' et 8°45' de latitude nord puis entre 2°30' et 2°33' de longitude est (**Figure 1**). Elle couvre une superficie de 2228 km² et est limitée à l'ouest par les Communes de Glazoué et de Dassa-Zoumé, au nord par la Commune de Ouessè, au sud par celle de Kétou dans le Département du Plateau et à l'est par le fleuve Okpara. Administrativement subdivisée en 8 arrondissements dont 5 ruraux (Béssé, Sakin, Kaboua, Offè, Okpara) et 3 urbains (Plateau, Adido, Boni), la Commune de Savè appartient au Département des Collines dans le centre du Bénin. Le climat est de type soudano-guinéen de transition caractérisé par deux saisons dont une saison sèche (novembre à février) et une saison pluvieuse (mars à octobre). La moyenne pluviométrique annuelle (entre 1981-2010) est de 1100 mm et l'évapotranspiration annuelle moyenne est de l'ordre de 1000 mm [14]. La température moyenne annuelle enregistrée à Savè au cours de la période 1971-2012, est de l'ordre de 28,1°C [15]. L'humidité relative moyenne mensuelle est entre 54 et 81% à Savè [16]. Le paysage végétal est le reflet du climat de transition soudano-guinéenne expliquant la présence des savanes arborées et arbustives, des forêts claires et savanes boisées et de quelques îlots de forêts denses. A ces dernières s'ajoutent les formations anthropiques telles que les champs, les jachères, les plantations, etc. [17].

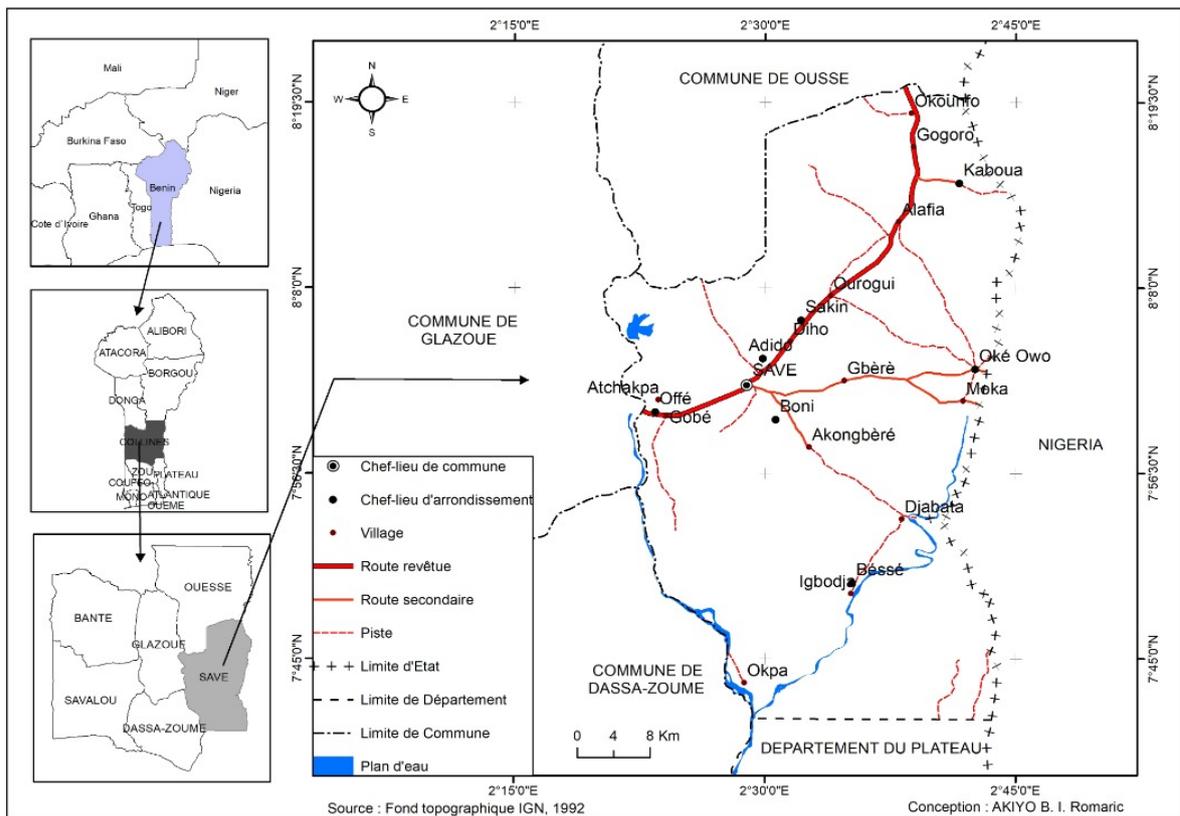


Figure 1 : Situation géographique de la Commune de Savè

2.2. Collecte de données

Les données utilisées dans le cadre de cette étude sont :

2.2.1. Données MODIS

Les données de feux de végétation actifs (hotspot) utilisées dans cette étude couvrent une période de 20 ans, de 2000 à 2019. Ces données sont fournies par le satellite MODIS, dans le cadre du Système d'Observation de la Terre (Earth Observing System [EOS]) de la NASA (National Aeronautics and Space Administration). Les images issues de MODIS disposent d'une haute répétitivité temporelle depuis avril 2000 (données mensuelles). Les feux dits "actifs", c'est-à-dire en activité au moment du passage du satellite, sont détectés par les capteurs TERRA et AQUA. Le satellite MODIS produit des images qui peuvent atteindre la résolution spatiale de 250 m, en gardant une résolution temporelle journalière. La fréquence de passage (deux fois par jour) permet de capter un grand nombre de feux actifs [18]. Les données utilisées ont été produites par l'Université du Maryland, fournies par la FIRMS (Fire Information for Resource Management System) de la NASA et sont gratuitement disponibles en ligne sur <https://firms.modaps.cosdis.nasa.gov/>.

2.2.2. Données planimétriques

Elles ont été constituées des cartes topographiques et thématiques, notamment la feuille de Savè au 1/50000. Ces données ont servi à réaliser d'une part, la carte de situation géographique de la Commune et d'autre part, les cartes d'occupation du sol.

2.2.3. Données climatiques

Les paramètres climatiques (pluviométrie, humidité relative et température) de la Commune de Savè de 1989 à 2018 ont été recueillis à la station synoptique de Savè. Ces données ont permis d'apprécier l'influence du climat sur les feux de végétation.

2.3. Traitement des données

Le logiciel ArcGIS a été utilisé pour la réalisation des cartes. Le logiciel Microsoft Excel 2010 a été utilisé pour faire les représentations graphiques.

2.3.1. Définition des classes de feux de végétation actifs de MODIS

L'application de l'algorithme contextuel de détection des feux actifs de MODIS a permis d'obtenir les données sur les feux. Cet algorithme exploite la forte émission de la radiation infrarouge qui émane des feux [13]. Il examine chaque pixel de la scène MODIS et attribue une étiquette à chacun, suivant 4 classes :

- 0 = pas de données, c'est-à-dire aucun feu identifié ;
- 1 = pixel en feu ;
- 2 = pixel en feu approximatif en raison de la présence des nuages ;
- 3 = pixel en feu mais données d'observations manquantes.

Les pixels n'ayant pas de données cohérentes (0, 2, 3) ont été exclus de l'analyse. Le traitement n'a alors concerné que les pixels n°1 qui présentent une meilleure probabilité de contenir un événement de feu.

2.3.2. Cartographie des points de feux

Les coordonnées des points de feux ont été projetées sur la carte de la Commune de Savè afin de déterminer d'une part le nombre de points de feux enregistré par arrondissement et de réaliser d'autre part la carte des points de feux actifs pour chaque année que couvre l'étude. Ensuite les cartes des points de feux ont été superposées aux cartes d'occupations du sol pour identifier les unités d'occupations du sol les plus touchées par les feux. En considérant les dates d'enregistrement, les feux observés à Savè ont été groupés par mois et par année ; ce qui a permis d'établir la saisonnalité des feux enregistrés durant la période d'étude (2000-2019).

III. RESULTATS

3.1. Distribution temporelle des feux de végétation

La base de données constituée à partir du capteur MODIS a permis de recenser dans la Commune de Savè 7.426 feux actifs sur une période de 20 ans (2000 à 2019). L'analyse de la distribution temporelle des feux a donc été faite sur l'ensemble de la période. L'étude de la fréquence des feux entre 2000 et 2019 (**Figure 2**) a permis de constater que les feux varient d'une année à une autre. Les années qui ont enregistré un nombre élevé de feux sont 2002, 2005, 2007, 2008 et 2015. Pour les autres années, les feux enregistrés ont été en dessous de 500 feux actifs. Globalement, sur les 20 années prises en compte par l'étude, la fréquence des feux actifs a évolué en dents de scie.

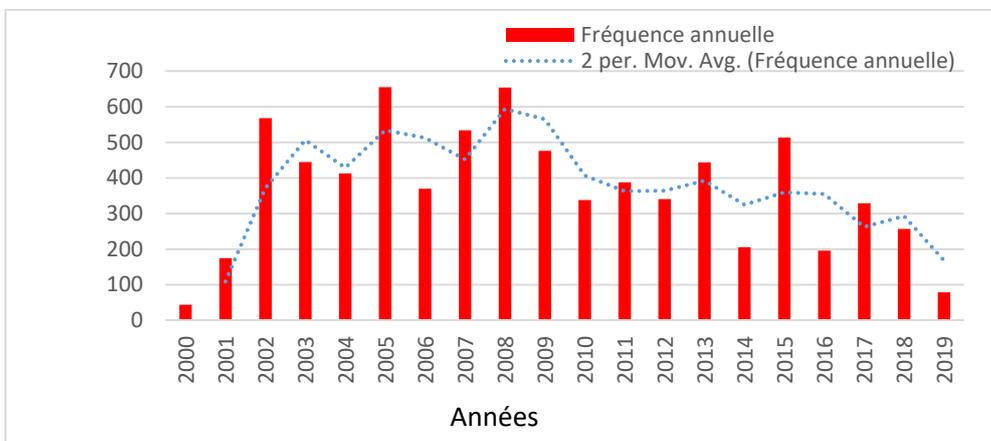


Figure 2 : Variation interannuelle des feux de végétation actifs à Savè de 2000 à 2019

Le cycle saisonnier des feux de végétation a permis de définir une norme saisonnière basée sur les mois propices au passage du feu qui coïncident avec la saison sèche. Ainsi, les 5 mois que dure la saison sèche (novembre à mars) ont regroupé 99,15% des feux enregistrés à Savè. Le mois de janvier a connu un pic de la fréquence des feux avec 3.136 feux soit 42,23%. Les mois de juin, juillet, août, septembre et octobre ont une fréquence de 0,10% (**Figure 3**).

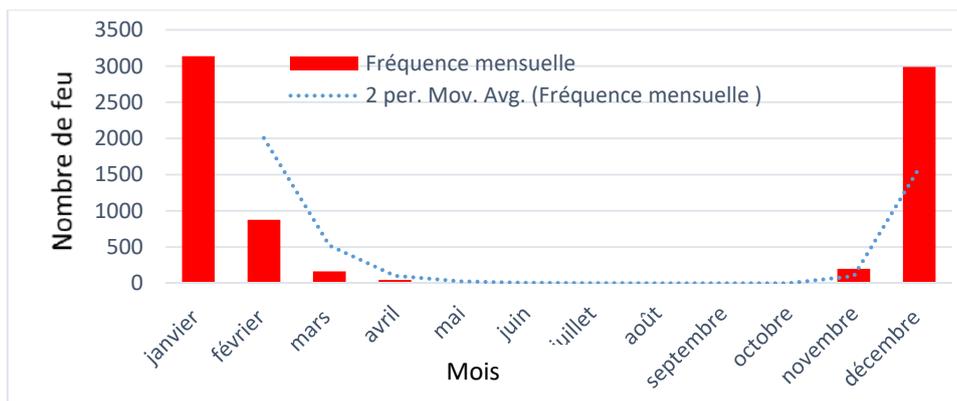


Figure 3 : Variation mensuelle des feux de végétation actifs à Savè de 2000 à 2019

Les feux de végétation prennent différentes formes suivant les saisons au cours de l'année. Dans la Commune de Savè, la saison sèche qui va de novembre à mars a enregistré deux types de feux que sont les feux précoces (novembre à décembre) et les feux tardifs (janvier à mars) tandis que la saison pluvieuse qui va de avril à Octobre a enregistré les feux de contre saison. Les données obtenues sur la période (**Figure 4**) montrent que les feux tardifs (56,25%) dominent les feux précoces (42,90%) et les feux de contre saison (0,85%).

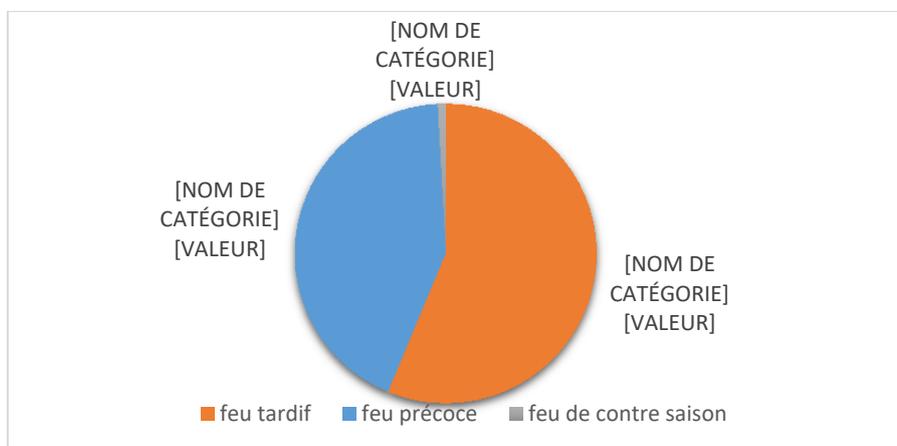


Figure 4 : Evolution des types de feux de végétation de 2000 à 2019

3.2. Répartition spatiale des feux de végétation

La spatialisation des feux actifs au cours des cinq années (2002, 2005, 2007, 2008 et 2015) qui ont enregistré un nombre élevé de feux (> 500 feux actifs/an) montre que la répartition des Points de Feu de Végétation (PdFV) n'a pas été homogène sur le territoire de la Commune (**Figure 5**)

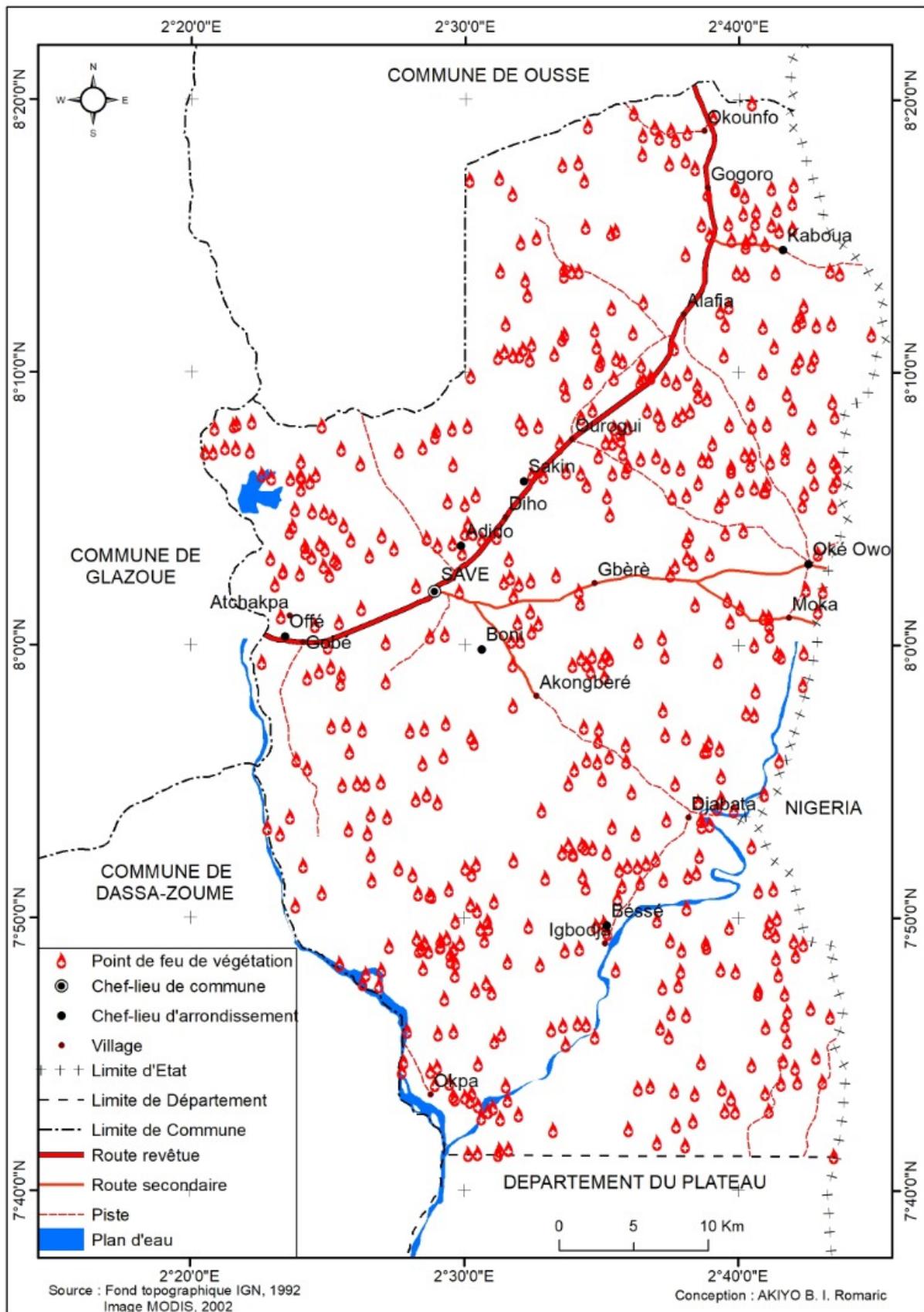
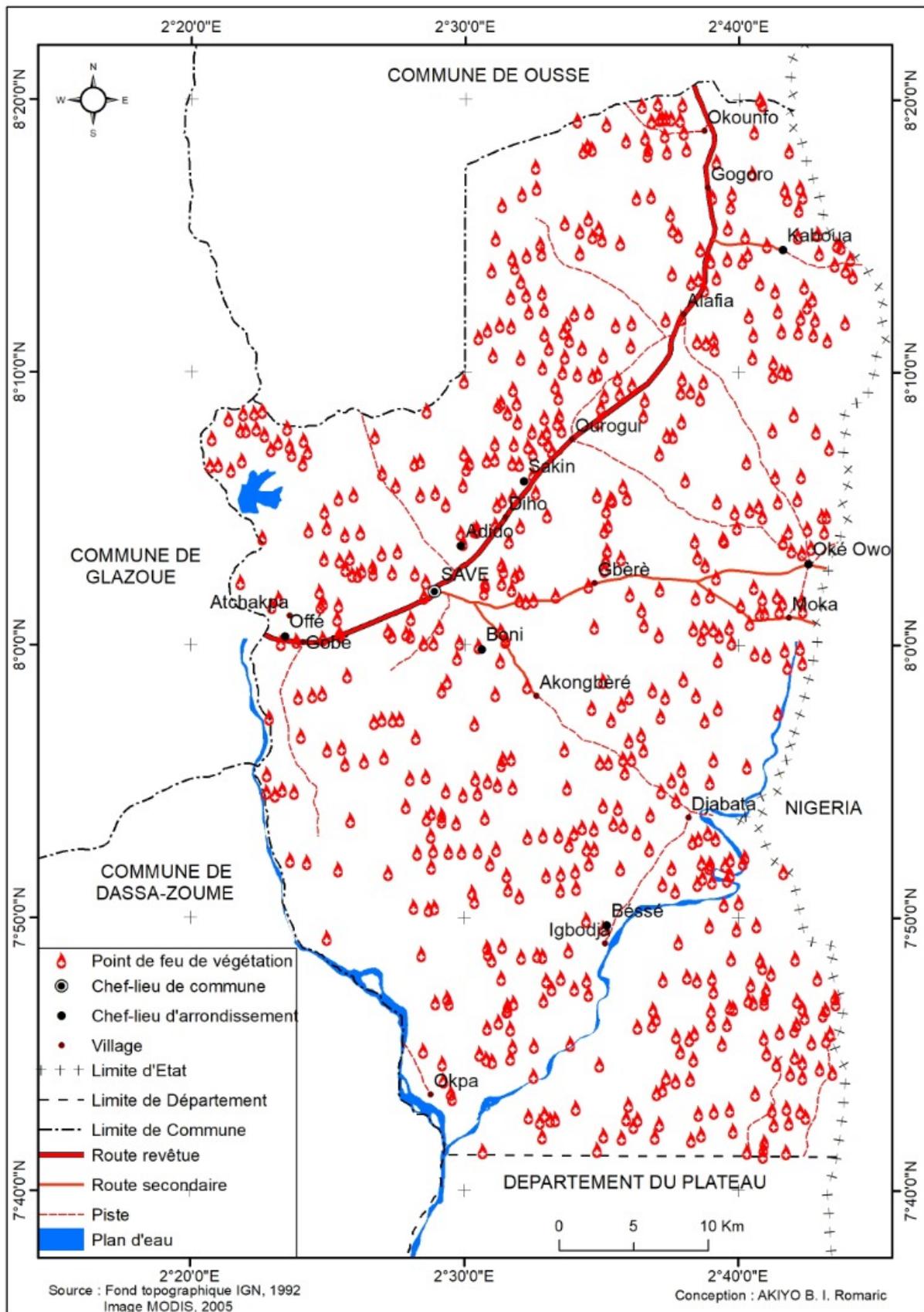


Figure 5a : Spatialisation des feux de végétation à Savè en 2002



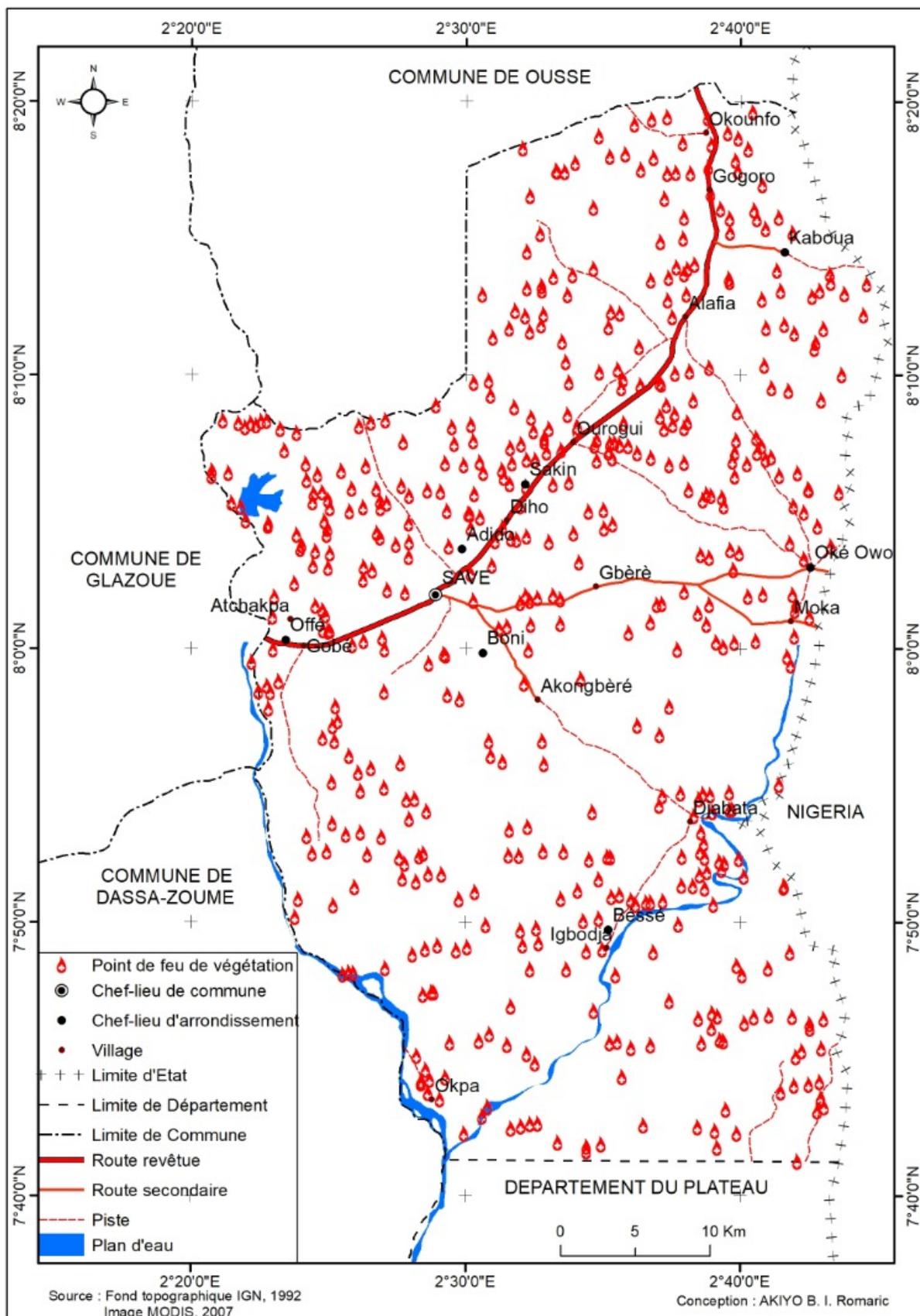


Figure 5c : Spatialisation des feux de végétation à Savè en 2007

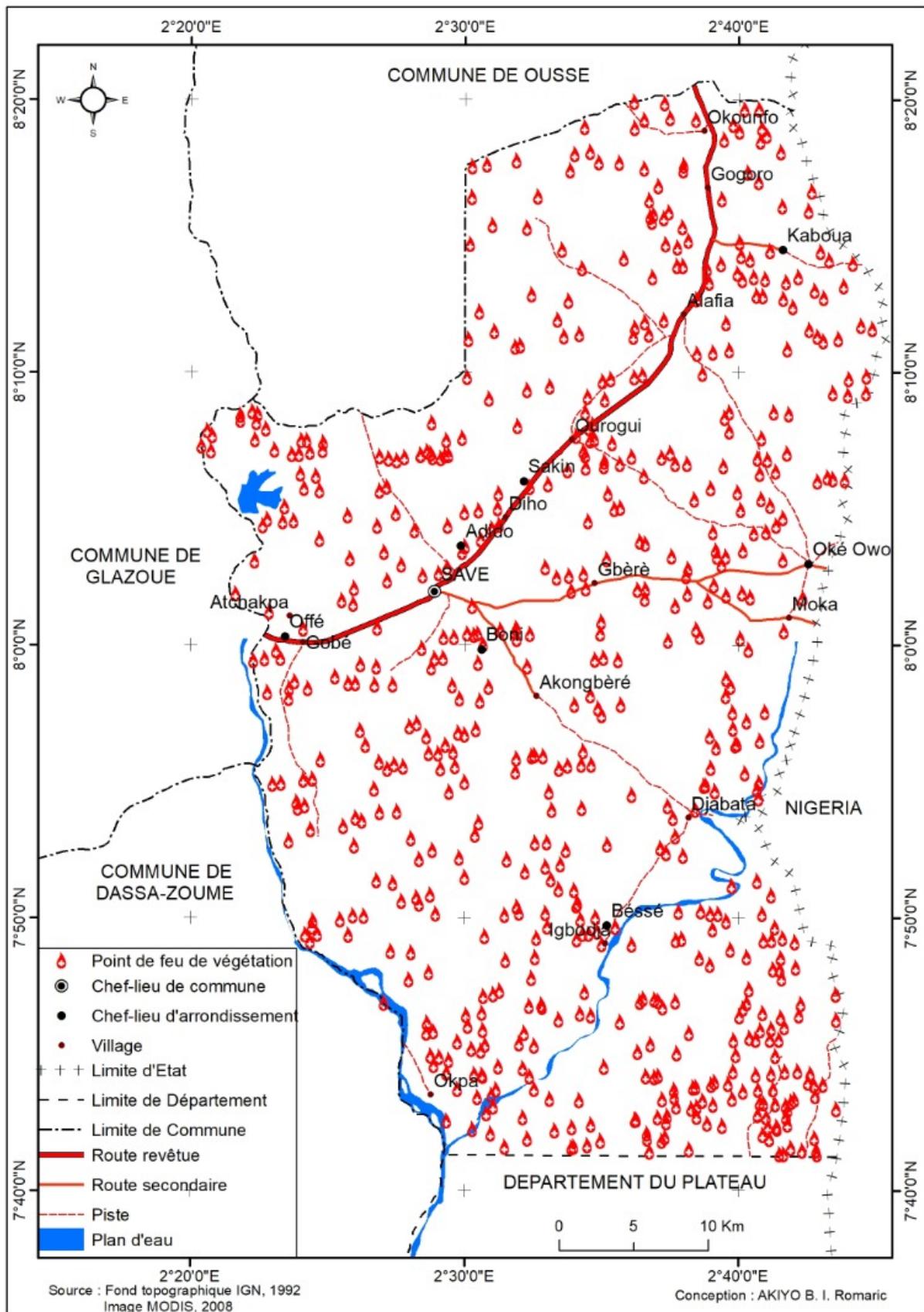


Figure 5d : Spatialisation des feux de végétation à Savè en 2008

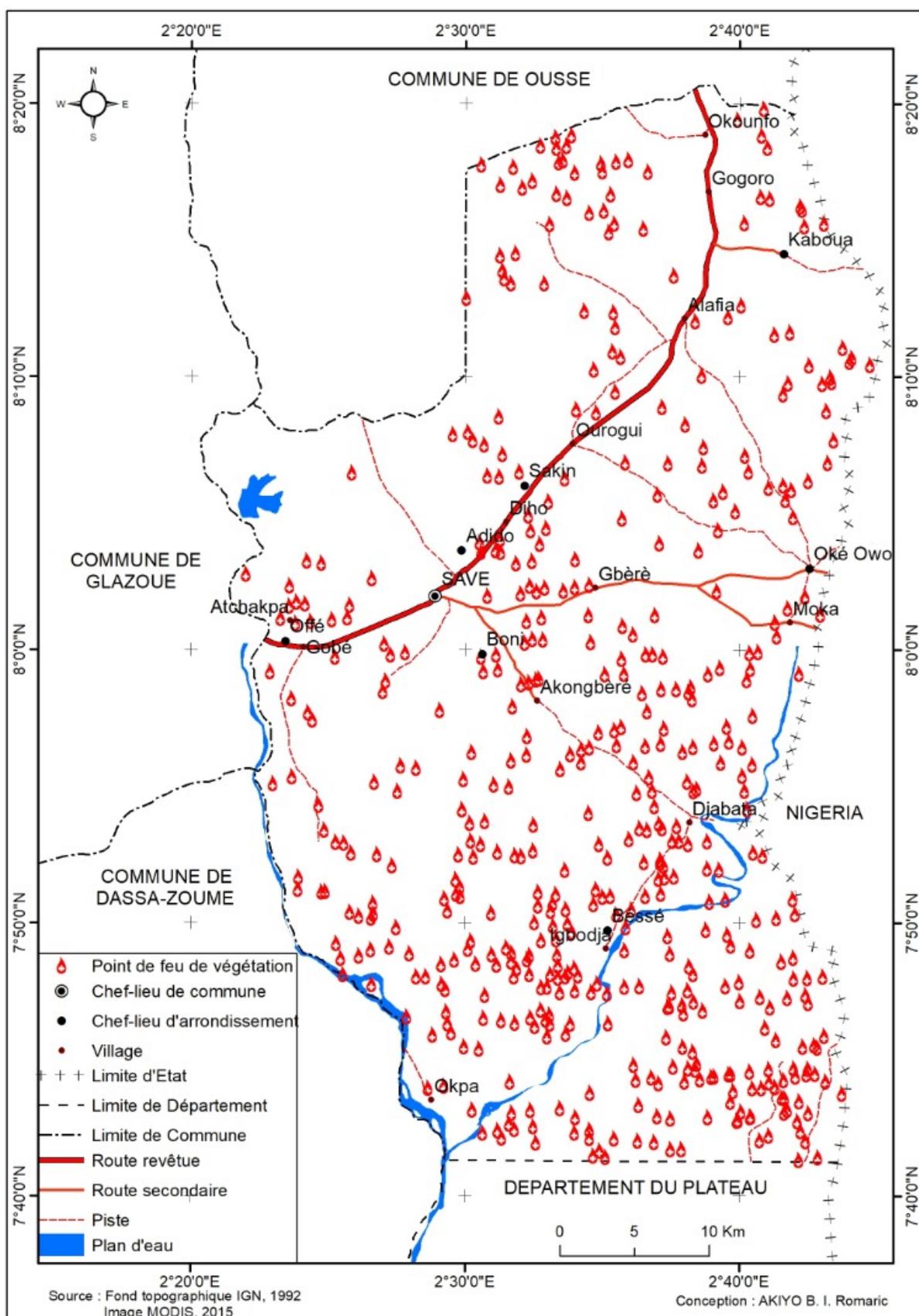


Figure 5e : Spatialisation des feux de végétation à Savè en 2015

Le croisement SIG des couches de localisation des feux de végétation actifs et des différentes unités d’occupation du sol au niveau de la Commune de Savè a montré que les Savanes Arborées et Arbustives (SAA) ont été les plus touchées par les feux avec une proportion de 65% (**Figure 6**). Après les SAA, viennent dans l’ordre décroissant les Cultures et Jachères (CJ : 23%) ; les Plantations (PT : 7,3%) ; les Forêts Galeries (FG : 1,7%) ; les Forêts Claires et Savanes Boisées (FCSB : 1,4%) ; les Savanes Marécageuses (SM : 1,2%) et les Agglomérations (AGG : 0,2%).

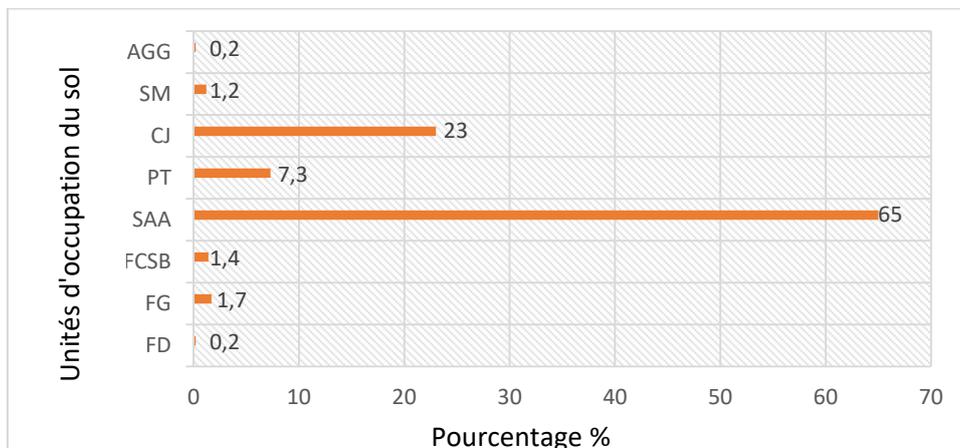


Figure 6 : Distribution des feux de végétation par unité d’occupation du sol de 2000 à 2009

L’analyse de la distribution des feux par arrondissement a permis de constater que l’arrondissement de Bèssé a enregistré le nombre le plus élevé de feu avec 2.476 feux soit 33,34% des feux de toute la période. Ensuite, les arrondissements de Sakin (1.636 feux), Kaboua (1.375 feux), Offè (935 feux) et Okpara (902 feux) ont enregistré une moyenne concentration de feu. Les arrondissements de Plateau (45 feux), Adido (34 feux) et Boni (23 feux) ont de faibles concentrations de feu (**Figure 7**). La fréquence des feux est alors faible dans les arrondissements urbains et plus forte dans les arrondissements ruraux.

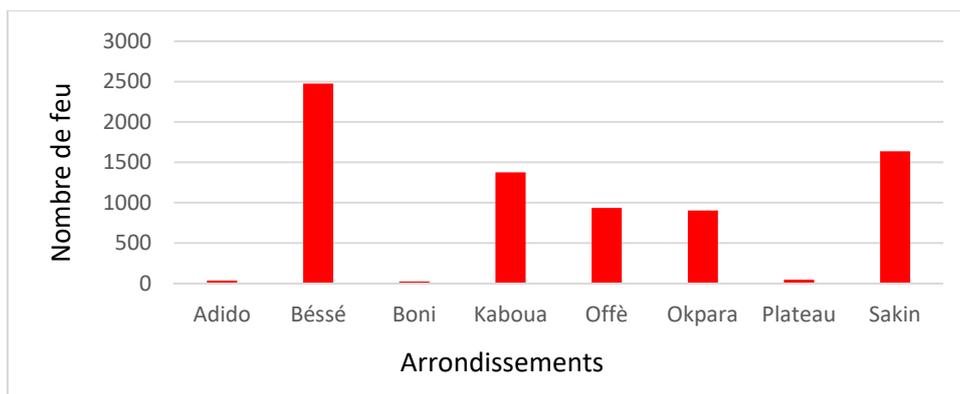


Figure 7 : Evolution des feux de végétation par arrondissement de 2000 à 2019

3.3. Influence du climat sur l’évolution des feux de végétation

La variation de la fréquence des feux de végétation dans le temps (2000-2019) est à mettre en relation avec le climat qui s’est manifesté par une augmentation de la quantité de pluie et une diminution de la température (**Figure 8**). Lorsque les précipitations annuelles sont importantes, le nombre de feux enregistré au cours de cette année est moins important. Par contre lorsqu’on note un arrêt précoce (début octobre par exemple) et/ou un début tardif de la saison des pluies (mai par exemple), le nombre de feux enregistré au cours de cette année est plus important.

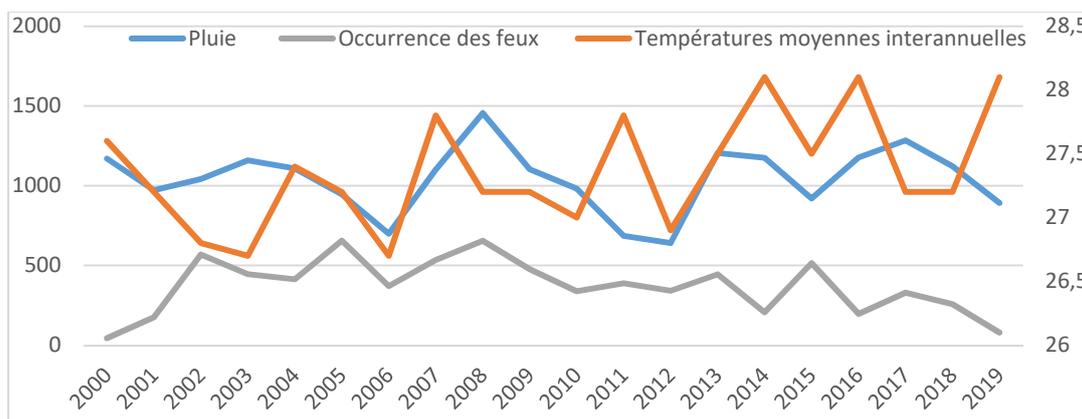


Figure 8 : Evolution pluviométrique, thermique et de l'occurrence annuelle des feux de végétation dans la Commune de Savè

L'analyse temporelle des images a permis de comprendre que les feux de végétation dans la Commune de Savè sont des feux de saison (Figure 9). En effet, lorsque la saison sèche s'installe, les pluies se raréfient, l'humidité de l'air chute, les températures montent et les feux apparaissent. Ainsi la longueur des saisons influe la répartition des feux. Moins la saison pluvieuse est longue, plus on a des mois de feux. L'analyse des données a permis de comprendre que la répartition de la fréquence des feux dans le temps dépend de la variation du climat dans le milieu. Lorsque la pluviométrie et l'humidité de l'air sont basses, on note une élévation relative de la température et par conséquent une croissance des feux. Les mois au cours desquels les feux atteignent leur maximum sont les mois de décembre et de janvier.

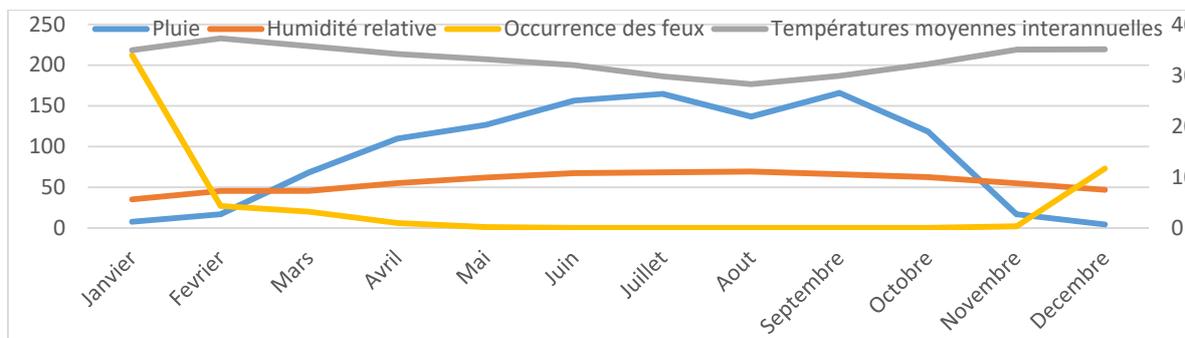


Figure 9 : Evolution pluviométrique, thermique et de l'occurrence mensuelle des feux de végétation dans la Commune de Savè

IV. DISCUSSION

4-1. Fréquence et variation des feux de végétation

L'étude de la dynamique spatio-temporelle des feux de végétation actifs dans la Commune de Savè au centre du Bénin a révélé que de 2000 à 2019, les années les plus touchées par les feux ont été 2005 et 2008 avec respectivement 655 et 654 feux actifs. Ces fortes fréquences de feux pourraient s'expliquer par la longueur de la saison sèche au cours de ces années. Par contre l'année la moins touchée par les feux fut 2000 avec 44 feux actifs. Cette faible fréquence de feu enregistré en 2000 peut s'expliquer par le fait que les données mensuelles du capteur MODIS n'ont été disponibles qu'à partir d'avril 2000. L'analyse de la variation saisonnière des feux a montré que la saison des feux s'étend pratiquement sur six mois (de novembre à avril) et comptabilise 99,75% de tous les incendies. En considérant les mois de l'année, on constate que le démarrage des feux se situe au mois de novembre et le nombre de feux s'accroît rapidement en décembre pour atteindre le pic en janvier [17, 19]. L'accroissement des feux pendant cette période peut s'expliquer, d'une part, par le taux d'humidité de la végétation qui est au plus bas et, d'autre part, par la période d'intense activité dans le milieu d'étude (chasse, aménagement). Cependant, les feux tardifs de janvier et février (54,03%) sont plus violents et préjudiciable à la faune et à la flore. Ces résultats corroborent ceux de nombreux autres auteurs dont [20, 10]. La décroissance des feux commence au mois de février et devient régulière jusqu'au mois de mai qui marque la fin de la saison des feux. Des résultats similaires ont été obtenus par plusieurs auteurs [21, 22, 17, 18] qui avaient également conclu que l'évolution saisonnière des feux s'expliquait par le fait que le phénomène des feux de végétation soit lié à la saison sèche. La distribution spatiale des feux enregistrés sur les vingt années prises en compte par l'étude permet de constater que la fréquence des feux est plus élevée dans les savanes arborée et arbustives, les champs et jachères ainsi que dans les

plantations. Au centre du Bénin, les feux sont généralement plus intenses dans les jachères et champs, les savanes arborées et arbustives et les forêts claires et savanes boisées [17].

4-2. Fonctionnement des feux de végétation

Dans les Arrondissements urbains, l'anthropisation a entraîné une discontinuité du couvert végétal, ce qui ne favorise pas le passage du feu. Mais dans les Arrondissements ruraux de la Commune, la continuité de la strate herbacée favorise la circulation du feu. Cependant, il faut noter que pendant la saison des pluies, l'état d'humidité de la végétation n'est pas favorable à la propagation des feux. Il faut donc attendre que la végétation s'assèche pendant la saison sèche pour que le feu se propage. L'état de la végétation permettra ou non le départ du feu selon l'état de sécheresse et le type d'espèces présentes [6, 3]. Le fonctionnement des feux dans le milieu d'étude est déterminé notamment par les conditions climatiques. Une forte température, un vent violent, un déficit hydrique de la végétation sont très favorables à l'éclosion et à la propagation de l'incendie [23]. En effet, lorsque les précipitations annuelles sont importantes, le nombre de feux enregistré au cours de cette année est moins important. On constate alors que plus la saison pluvieuse est longue, moins on a les mois de feux. Par contre lorsque la quantité de pluie au cours d'une année est faible, on enregistre une élévation relative de la température et par conséquent une croissance des feux. D'autres auteurs ont aussi trouvé des corrélations entre les différents paramètres climatiques et le comportement du feu [24]. Ainsi, les variations annuelles des fréquences de feux au cours des mois sont sous la dépendance du climat local et des activités anthropiques [13, 25].

V. CONCLUSION

L'analyse des données issues du capteur MODIS a permis d'expliquer la dynamique spatiale et temporelle des feux de végétation dans la commune de Savè au centre du Bénin. De 2000 à 2019, les feux ont connus une évolution en dents de scie. Ainsi l'évolution des feux au cours d'une année dépend de certains paramètres climatiques notamment la pluviométrie et la température. La période pendant laquelle la fréquence des feux est élevée se situe entre décembre et Janvier, ce qui correspond à la pleine saison sèche. Les unités d'occupation du sol les plus touchées par ces feux sont les savanes arborée et arbustives, les plantations, les champs et jachères. Dans les arrondissements ruraux, la couverture végétale est plus abondante. Les arrondissements urbains étant des endroits très anthropisés, ils ne sont pas favorables à une évolution des feux de végétation. C'est ce qui a engendré une faible fréquence des feux de végétation dans les arrondissements urbains et une forte concentration de ces feux dans les arrondissements ruraux. Avec la poussée démographique, la chasse et la conquête agricole, les feux vont continuer par accentuer la fragmentation des écosystèmes naturels et par conséquent la dégradation des services écosystémiques de la Commune. Il est alors nécessaire de faire un suivi rigoureux de l'évolution spatio-temporelle des feux de végétation au plan local et national afin que des dispositions soient prises pour limiter les effets des feux sur l'environnement.

REFERENCES

- [1] - G. REA, " *Impact des feux de végétation sur la pollution particulaire en région Euro-Méditerranéenne et en Australie* ", Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, France, (2015) 167 p.
- [2] - F. VALEA, A. BALLOUCHE, *Territoires d'Afrique*, 3 (2012) 36-47. URL <https://www.researchgate.net/publication/257298202>
- [3] - I. GARBA, M. A. AMADOU, B. BARRY, S. OUEDRAOGO, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 15(6) (2021) 2636-2651. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i6.30>
- [4] - K. B. KOUADIO, D. H N'DA, B. T. A. VROH, I. C. ZOBİ, K. E. N'GUESSAN, *European Scientific Journal*. 9(35) (2013) 179-192.
- [5] - FAO, *Evaluation des ressources forestières mondiales 2015, Comment les forêts de la planète changent-elles ?* Deuxième édition, Rome, (2016) 54 p.
- [6] - B. COUDOUR, " *Influence de la végétation et du relief dans les feux de forêt externes : étude de la dégradation, de l'accumulation et des propriétés de combustion des composés organiques volatils issus des feux de forêt* ", Thèse de doctorat de l'Université de Poitiers, France, (2015) 263 p.
- [7] - I. TOKO MOUHAMADOU, I. TOKO IMOROU, M. GBEGBO, B. SINSIN, *Journal of Applied Biosciences* 64 : 4787-4796. ISSN 1997-5902, (2013) 4787-4796. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v64i1.88467>
- [8] - A. MAMA, I. BAMBA, B. SINSIN, J. BOGAERT et C. De CANNIERE, *Bois et forêts des tropiques*, N° 322(4), (2014) 65-75. DOI : <https://doi.org/10.19182/bft2014.322.a31237>
- [9] M. MÄKELÄ et T. HERMUNEN, *Gestion des feux en milieu rural au Burkina Faso, une approche communautaire*. Ministère des affaires étrangères de la Finlande, (2007) 55 p.

- [10] B. AFELU et K. KOKOU, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 9(4) : (2015) 2091-2105. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i4.31>
- [11] - S. B. BOUKO, P. J. DOSSOU, B. AMADOU, B. SINSIN, in *European scientific Journal*, vol.12, N° 36 ISSN : 1857-7881 (Print) e- ISSN (2016) 1857-7431. DOI : <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n36p228>
- [12] N. TOKO ISSIAKA, O. AROUNA, I. TOKO IMOROU, *European Scientific Journal*, vol.12, N°32, (2016) 251 – 268 doi : 10.19044/esj.2016.v12n32p251
- [13] – T. S. ALVARADO, " *Evaluation du rôle des feux de brousse sur la composition, la structure, la phénologie et la résistance de la végétation des bois de tapia (Uapaca bojeria) du massif d'Ibity, Nouvelle Aire Protégée, en vue de sa gestion durable* ", Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, France, (2012) 212 p.
- [14] – B. B. I. R. AKIYO, O. TEKA, E. B. OGUIDI, I. YABI, B. TENTE, *Afrique Science*, 18(3) (2021) 128-140. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>
- [15] - M. ABOU, H. AKIYO, S. B. DANSOU, I. YABI, *Actes du VII^{ème} colloque des Sciences, Cultures et Technologies*, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, (2019) 29-54.
- [16] - I. YABI, " *Etude de l'agroforesterie à base de l'anacardier et des contraintes climatiques à son développement dans le Centre du Bénin* ", Thèse de Doctorat Unique de Géographie de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin (2008) 239 p.
- [17] - J. OLOUKOI, " *Utilité de la télédétection et des systèmes d'information géographique dans l'étude de la dynamique spatiale de l'occupation des terres au centre du Bénin* ", Thèse de Doctorat Unique de Géographie de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin (2012) 304 p.
- [18] - C. D. GUEGUIM, M. TCHAMBA, C. R. FOTSO, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 12(2) (2018) 728-748. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i2.10>
- [19] - K. J-L. KOUASSI, " *Variabilité climatique, dynamique des feux de végétation et perceptions locales dans le bassin versant du N'Zi (Centre de la Côte-d'Ivoire)* ", Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro, Côte-d'Ivoire, (2019) 248 p.
- [20] - S. W. M. F DOAMBA, P. SAVADOGO, H. B. NACRO, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 8(2) (2014) 777-793. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i2.34>
- [21] - N. YAO, T. LANDMANN, M. SCHMIDT, S. KONATE, S. DECH, E. LINSENMAIR, *Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'ouest*, Bénin, vol.1, (2010) 64-71. URL : Generic_50800888
- [22] - A. FOURNIER, M. DOUANIO, A. BENE, *Acte du Colloque de Ouagadougou (8-10 mars 2012)*, *Sciencesconf.org*, (2012) 201-229. DOI : <https://doi.org/10.2307/1309037>
- [23] – J. OLOUKOI, I. YABI, D. JOHNSON, *Journal of Geospatial Science and Technology*, 1(1) (2014) 31-51. DOI : <https://doi.org/10.54222/afrigist/jgst/v1i1.3>
- [24] - M. GUIGUINDIBAYE, M. O. BELEM, J. BOUSSIM, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 7(3) (2013) 1147-1156. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i3.21>
- [25] - E. NIYONGABO et D. MBARUSHIMANA, *Bulletin Scientifique sur l'Environnement et la Biodiversité*. N°3, (2018) 16-31. URL <https://www.researchgate.net/publication/340477788>