

Evaluation et dégradation de la forêt classée de Tchaourou à partir des images satellitaires au Bénin

[Assessment and degradation of the classified forest of Tchaourou from satellite images in Benin]

Fessale Gatta¹, Imorou Ouorou Barre Foussemi², and Jean Bosco Vodounou¹

¹Laboratoire de Géosciences de l'Environnement et de Cartographie (LaGECa), Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université de Parakou, Bénin

²Département de l'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The classified forests of Benin, whether legally protected or traditionally protected, are still under severe pressure. This study object is the evaluation of the degradation of the classified forest of Tchaourou. This Landsat satellite image of 1990, 1999, 2009 and 2019 were used for diachronic analysis and the topo-sequential analysis. The results obtained show that the mosaic of field and fallow in addition to the tree and shrub savannah recorded a growth rate of 21.85 % and 32.05 % respectively for the period from 1990 to 2019. As for the woodland and savannah woodland, it experienced a regression rate of -39.96 %. The gallery forest also fell by -13.94 %. The explanatory factors for this deterioration of the different units of land use are, among others, agriculture, logging, late wildfires, grazing.

KEYWORDS: Tchaourou, dégradation, forêt classée, images satellitaires.

RESUME: Les forêts classées béninoises qu'elles soient légalement ou traditionnellement protégées subissent toujours de sévères pressions. Cette étude a pour objectif, l'évaluation de la dégradation de la forêt classée de Tchaourou. Ainsi, les images satellitaires de Landsat de 1990, 1999, 2009 et de 2019 ont été utilisées pour l'analyse diachronique. L'analyse topo-séquentielle a permis de d'apporter plus de détail aux cartes d'occupation du sol réalisées. Les résultats obtenus montrent que la mosaïque de champ et jachère en plus de la savane arborée et arbustive ont connu un taux de progression respectif de 21,85 % et de 32,05 % pour la période de 1990 à 2019. Quant à la forêt claire et savane boisée, elle a connu un taux de régression de -39,96 %. La forêt galerie a aussi régressé de -13,94 %. Les facteurs explicatifs de cette dégradation des différentes unités d'occupation du sol ne sont pas tous connus mais on peut citer entre autres l'agriculture, l'exploitation forestière, les feux de végétation tardifs, le pâturage.

MOTS-CLEFS: Tchaourou, dégradation, forêt classée, images satellitaires.

1 INTRODUCTION

En plus de constituer un réservoir naturel de biodiversité les forêts tropicales fournissent plusieurs services écosystémiques pour la société et jouent un rôle primordial dans la régulation du climat mondial, la régularité des précipitations et la lutte contre les inondations, la sécheresse et l'érosion. Elles emmagasinent de vastes quantités de carbone, et produisent une quantité significative de l'oxygène terrestre (B. Hajar, 2015; p. 5).

La télédétection est un outil très important pour le suivi des forêts tropicales, notamment grâce aux observations continues de la Terre. Depuis leur apparition dans les années 70, les données de télédétection optique ont largement été utilisées pour l'observation de la terre dans les pays développés et récemment en Afrique de l'Ouest (M. Simula et al, 2011; p. 5).

Au Bénin, de nombreuses études ont été réalisées sur la situation énergétique et ont révélé que les énergies traditionnelles (charbon de bois, bois de feu) constituent les sources d'énergie les plus utilisées par les populations. En 2002, les besoins en bois de feu au Bénin sont estimés à 3 250 844 tonnes par an et le taux de recul de la couverture forestière est estimé à environ à 100 000 ha /an (B. Tente, 2015; p. 99).

La commune de Tchaourou par sa superficie de 7256 km² (RGPH 4, 2013) est l'une des communes la plus vaste du Bénin. Elle est située entre 2°36'27" et 2°38'13" de longitude Est et 8°49'25" et 8°52'6" de latitude Nord. Elle abrite en son sein une forêt classée qui subit aussi une dégradation causée par l'agriculture, l'élevage, l'exploitation forestière et d'autres activités. L'objectif de la présente recherche est de faire une évaluation de la dégradation des différentes unités d'occupation du sol de cette forêt classée à partir des images satellitaires. Pour ce, la présente recherche s'intitule « **Evaluation et dégradation de la forêt classée de Tchaourou à partir des images satellitaires au Bénin** ».

Le matériel, les méthodes utilisées, les résultats et la discussion constituent les principales articulations de cet article.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

La cartographie diachronique du couvert végétal et les cartes d'occupation du sol ont été réalisé sur un ordinateur, grâce aux logiciels suivants:

- ArcGIS/ArcMap pour réalisation des cartes;
- QGIS pour les extractions et l'analyse des cartes;
- Multispec pour la classification des images satellitaires;
- Excel pour la réalisation des graphes et tableaux de synthèse.

2.2 METHODES

2.2.1 ANALYSE DIACHRONIQUE

Cette méthode de superposition ou de comparaison a permis à l'aide des images satellitaires des années 1990, 1999, 2009 et 2019; de voir l'évolution de la formation végétale de la forêt classée de Tchaourou dans le temps et dans l'espace permettant ainsi d'évaluer la dégradation qu'elle subit.

Soit:

- $\Delta 1 = S2 - S1$
- $\Delta 2 = S2 - S1$
- $\Delta 3 = S2 - S1$

Avec:

Δ , le taux de dégradation de la végétation entre deux temps;

S1, la superficie de l'espace à un instant t₁

S2, la superficie de l'espace à un instant t₂.

Alors, si:

$\Delta < 0$, il y a régression d'unité d'occupation

$\Delta > 0$, il y a progression d'unité d'occupation

$\Delta = 0$, l'unité d'occupation est restée stable

2.2.2 COLLECTE DE DONNÉES MATRICIELLES

Pour obtenir des données raster requises pour la réalisation des cartes d'occupation de sol, il faut se connecter sur l'internet; aller sur le site web www.earthexplorer.usgs.gov pour s'inscrire avant d'avoir l'autorisation pour faire les téléchargements des images satellites libres que l'on veut. Les données matricielles utilisées sont caractérisées dans le tableau I.

Tableau 1. Caractéristique des images utilisées

N°	Année	Caractéristiques				
		Acquisition data	Entity ID	Cordinates/WRS type	Path	Row
1	1990	16-11-1990	L41XXX1090320090100	9.61548/ 1.06272	192	54
2	1999	11-12-1999	L72EDC1999345170400	9.62356/1.05175	192	54
3	2009	06-12-2009	L74ASN1109340130500	3.26067/7.73070	192	54
4	2019	29-03-2019	LC81920542019088LGN00	9.72166/1.13592	192	54

Source: USGS - <http://earthexplorer.usgs.gov>

2.2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données collectées ont été soumises à un traitement informatique. Il prend en compte les données statistiques dont sont issus les graphiques et tableaux réalisés grâce au logiciel Excel, et les données cartographiques, composées essentiellement des cartes réalisées grâce au logiciel ArcGIS/ArcMap, QGIS pour la réalisation des cartes en 2D, au logiciel Multispec pour la classification des images satellitaires.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 EVALUATION DE L'OCCUPATION DES TERRES DANS LA FORET CLASSEE DE TCHAUROU

La dynamique d'occupation des terres a été analysée à partir des images satellitaires des années 1990, 1999, 2009 et 2019 et se présentent comme suit:

3.1.1.1 OCCUPATION DES TERRES DANS LA FORÊT CLASSÉE DE TCHAUROU EN 1990 ET EN 1999

L'occupation des terres présentée dans la Figures 1 montre l'occupation des terres et le taux de chaque unité au niveau de la forêt classée de Tchaourou pour les années 1990 et 1999.

Au total, 4 classes d'occupation du sol ont été cartographiées.

Ces classes sont entre autres: la mosaïque de champ et jachère, la savane arborée et arbustive, la forêt claire et savane boisée, enfin la forêt galerie.

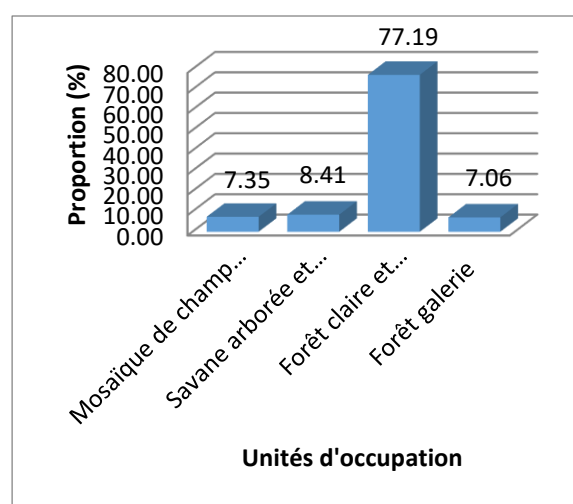
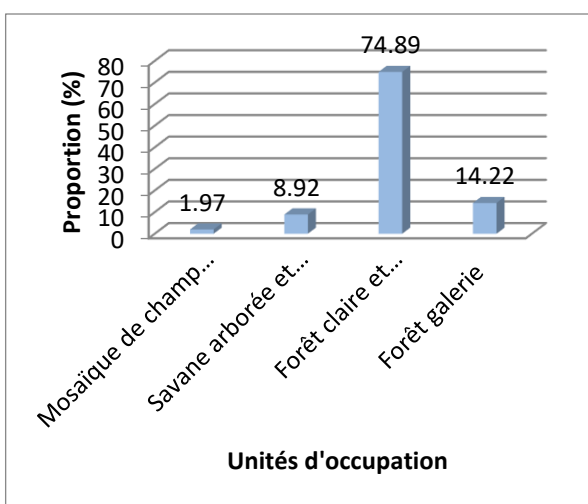
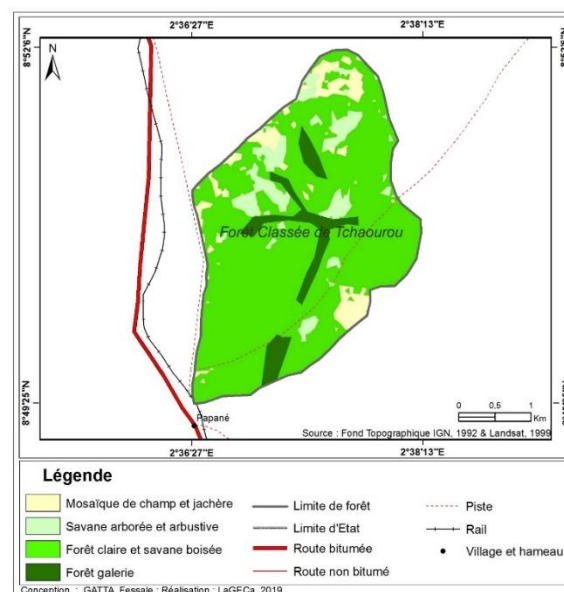
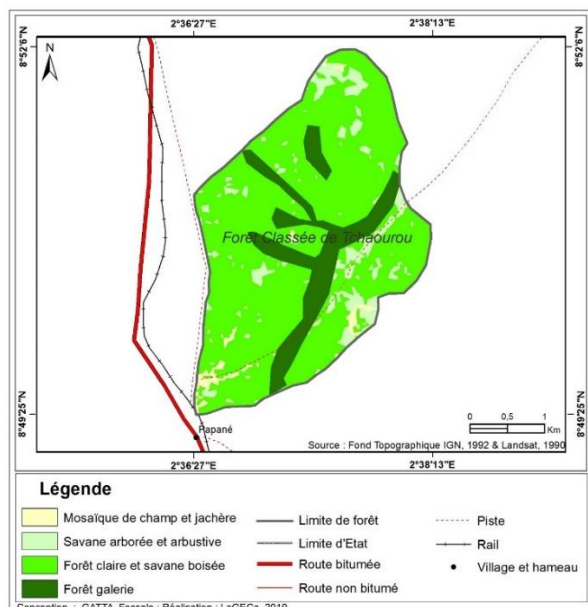


Fig. 1. Unités et taux d'occupation du sol de la forêt classée de Tchaourou en 1990 et en 1999

L'analyse de la figure 1 montre en 1990; une dominance de la forêt claire et savane boisée pour toute la forêt avec une proportion de 74.89 %. Ensuite, vient la forêt galerie dont la proportion est de 14.22 %. La savane arborée et arbustive en plus de la mosaïque de champ et jachère viennent en dernière position et occupent respectivement 8.92 % et 1.97 %.

La figure 1 montre aussi qu'en 1999, il y avait une dominance de la forêt claire et savane boisée (77.19 %) pour toute la forêt. La savane arborée et arbustive quant à elle occupe 8.41 % alors que la mosaïque de champs et jachère puis la forêt galerie occupent respectivement une proportion de 7.35 % et 7.06 %.

3.1.1.2 OCCUPATION DES TERRES DANS LA FORÊT CLASSÉE DE TCHAOUROU EN 2009 ET EN 2019

La figure 2 qui suit présente l'état de l'occupation des terres au niveau de la forêt classée de Tchaourou des années 2009 et 2019.

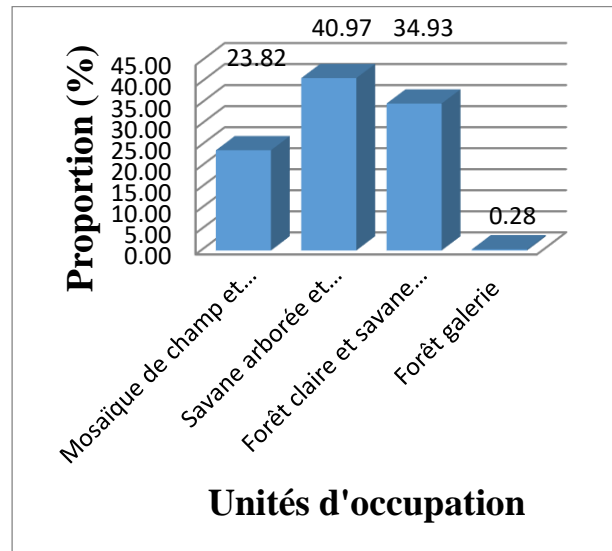
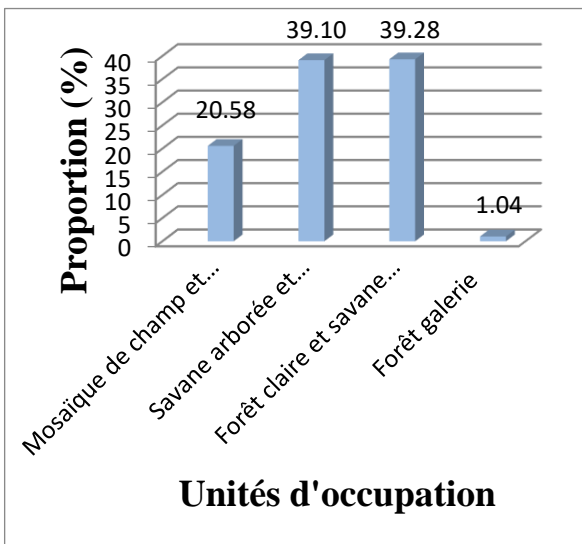
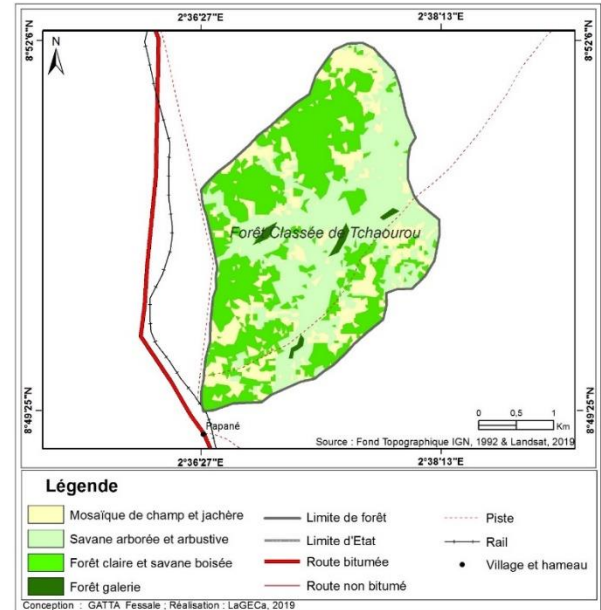
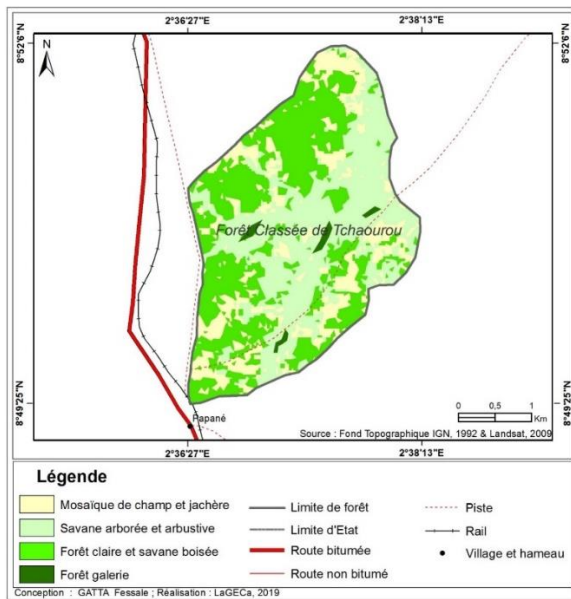


Fig. 2. Unités et taux d'occupation du sol de la forêt classée de Tchaourou en 2009 et en 2019

L'analyse de la figure 2 montre qu'en 2009, la proportion occupée par la savane arborée et arbustive puis la forêt claire et savane boisée est presque égale, soit respectivement 39.10 % et 39.28 %. Ensuite viens la mosaïque de champ et jachère qui occupe 20.58 %. Il apparait aussi de petites portions de forêt galerie, avec une proportion de 1.04 %.

La figure 2 après analyse montre qu'en 2019 la savane arborée et arbustive en plus de la forêt claire et savane boisée sont les unités qui occupent la plus grande proportion soit respectivement 40.97% et 34.93 %. Ensuite, la mosaïque de champ et jachère qui occupe une proportion de 23.82%. La forêt galerie quant à elle occupe seulement une proportion de 0.28 %.

3.1.2 BILAN SUR LA FREQUENCE DE DEGRADATION SUBIT PAR LA FORET CLASSEE DE TCHAUROU DE 1990 A 2019

L'étude diachronique des figures 1 et 2 révèle un changement frappant dans l'utilisation et l'occupation des terres dans la forêt classée de Tchaourou au cours de ces 40 dernières années. Le plus évident est l'accroissement de la savane arborée et arbustive. La mosaïque de champ et jachère aussi passe d'une proportion de 1.97 % à 23.83 %.

Le tableau II présente le bilan de l'occupation des terres de 1990 à 2019 au sein de la forêt classée de Tchaourou.

Tableau 2. Bilan de l'occupation des terres de 1990 à 2019 au sein de la forêt classée de Tchaourou

Unités d'occupation	1990		1999		Bilan (1990-1999)	
	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)
Mosaïque de champ et jachère	19,56	1,97	72,83	7,35	53,28	5,38
Savane arborée et arbustive	88,35	8,92	83,29	8,41	-5,05	-0,51
Forêt claire et savane boisée	742,12	74,89	764,91	77,19	22,79	2,30
Forêt galerie	140,95	14,22	69,94	7,06	-71,01	-7,17
Total	990,98	100,00	990,98	100,00	0,00	0,00
Unités d'occupation	1999		2009		Bilan (1999-2009)	
	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)
Mosaïque de champ et jachère	72,83	7,35	203,99	20,58	131,15	13,23
Savane arborée et arbustive	83,29	8,41	387,47	39,10	304,17	30,69
Forêt claire et savane boisée	764,91	77,19	389,25	39,28	-375,66	-37,91
Forêt galerie	69,94	7,06	10,28	1,04	-59,66	-6,02
Total	990,98	100,00	990,98	100,00	0,00	0,00
Unités d'occupation	2009		2019		Bilan (2009-2019)	
	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)
Mosaïque de champ et jachère	203,99	20,58	236,07	23,82	32,09	3,24
Savane arborée et arbustive	387,47	39,10	406,00	40,97	18,54	1,87
Forêt claire et savane boisée	389,25	39,28	346,11	34,93	-43,14	-4,35
Forêt galerie	10,28	1,04	2,79	0,28	-7,48	-0,76
Total	990,98	100,00	990,98	100,00	0,00	0,00

Source: Travaux du Laboratoire de Géosciences de l'Environnement et de Cartographie (LaGECa)

Le tableau II montre que:

- **De 1990 à 1999**, la mosaïque de champ et jachère a progressé de 19,56 ha à 72,83 ha soit une progression de 5,38 %. La forêt claire et savane boisée ont connu aussi une progression de %, 2,30 %. Quant à la savane arborée et arbustive, et la forêt galerie; elles ont connu une régression de leur superficie dont les proportions sont respectivement -0,51 et -7,17 %.
- **De 1999 à 2009**, on note que la mosaïque de champ et jachère en plus de la savane arborée et arbustive ont progressé de 131.15 ha et 304.17 ha soit une progression d'un taux respectif de 13.22 % et 30.69 %. La forêt claire et savane boisée puis la forêt galerie ont régressé de -43.14 ha et -7.48 ha soit une régression respective de -37.91 % et -6.02 %.
- **De 2009 à 2019**, on peut lire que la mosaïque de champ et jachère en plus de la savane arborée et arbustive ont progressé respectivement de 32.09 ha et de 18.54 ha soit une progression de 3.24 % et 1.87 %. La forêt claire et savane boisée puis la forêt galerie ont régressé de -43.14 ha et -7.48 ha soit un taux de régression respectif de -4.35 % et -0.76 %.

La figure 3 résume l'analyse fréquentielle des unités d'occupation du sol de la forêt classée de Tchaourou de 1990 à 2019.

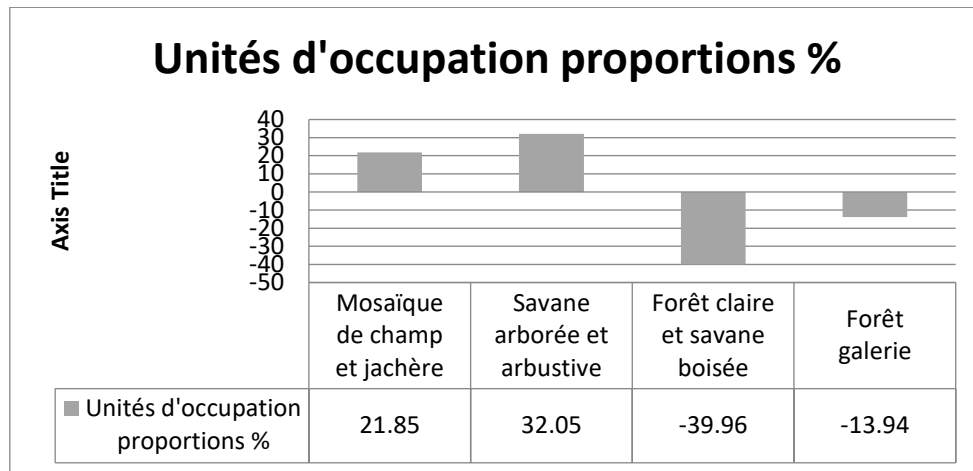


Fig. 3. Analyse fréquentielle des unités d'occupation du sol de la forêt classée de Tchaourou de 1990 à 2019

L'analyse de la figure 3 montre que seule la mosaïque de champ et jachère en plus de la savane arborée et arbustive sont positives avec des proportions respectives de 21.85 % et de 32.05 %. La forêt claire et savane boisée puis la forêt galerie ont des proportions respectives de -39.96 % et de -13.94 %. Cela explique le fait que ces deux dernières unités ont perdu de grandes proportions au cours de ces dernières années. Cette perte est essentiellement due à l'exploitation forestière, aux champs, aux feux de végétation, au surpâturage et aussi l'augmentation de la population au fil des ans.

3.2 DISCUSSION

Les résultats issus de la classification supervisée des images de Landsat révèlent des précisions globales plus que satisfaisantes. Ainsi on a obtenu respectivement 95.3 %, 99.5 %, 99.9 % et 100 % pour les images LT04_1990, LE07_1999, LE07_2009 et LC80_2019. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par A. Mama et *al.*, (2014; p: 69): 93.5 % pour l'image MSS de 1972, 98.8 % pour l'image TM de 1986 et 98.8 % pour l'image ETM+ de 2006. Ces résultats sont également similaires aux résultats de D. T. Balbontin, (2016; p: 213) respectivement 96.72%, 97.98 %, 97.43 % et 96.05 % pour les images MSS 1976, TM 1986, ETM+ 2001 et TM 2008.

L'analyse statistique des informations recueillies sur ces images satellitaires en plus des informations obtenues suite aux travaux sur le terrain montrent que la forêt classée de Tchaourou subit une dégradation alarmante. Entre 1990 et 2019, la superficie de la forêt claire et savane boisée qui constituent les principales composantes de la forêt classée de Tchaourou sont réduites de 39.96 %. Ce taux de régression de la forêt classée de Tchaourou est inférieur à celle de la forêt classée de Dogo a régressé de 88 % de 1949 à 1994 et celle de l'ouémé supérieur de 70 % entre 1949 et 1998.

La savane arborée et arbustive quant à elle a connu une augmentation de 32.05 % de la superficie de la forêt classée de Tchaourou dans la période de 1990 à 2019. En effet les activités humaines comme l'agriculture, le pâturage, les feux de végétation, l'exploitation forestière et la recherche intense du bois de chauffe sont les causes principales de la dégradation de cette forêt classée. Le même constat est fait par A. Mama et *al.*, (2013; p: 78) en zone soudanienne au Nord du Bénin et K. R. Sambiéni et *al.*, (2015; p: 10) sur perception paysanne sur la fragmentation du paysage de la forêt classée de l'ouémé supérieur au Nord Bénin qui placent l'homme au centre de la modification de l'environnement. Par contre les résultats de D. T. Balbontin, (2016; p: 100) montrent également que les facteurs climatiques et l'acidité du sol ont un impact sur les systèmes environnants pour la région de la Cordillera de la Costa au Sud du Chili. Selon K. Kokou et N. Sokpon, (2006; p: 22) il est à noter que les éléments moteur de ce déclin sont la croissance démographique, les défrichements, les feux de brousse, la pression foncière accrue et la perte progressive d'autorité de la part des chefs de villages.

Néanmoins les activités humaines ne sont pas à elles seules responsables de la dégradation des forêts. Dans la forêt classée de Tchaourou, les phénomènes naturels comme les chablis causés par les aléas climatiques font aussi partie des facteurs de dégradation de la forêt. F. Y. Assongba et *al.*, (2014; p: 10) ont trouvé aussi que les chablis ont une proportion de 5 % dans causes des trouées dans les forêts de Kodjizou et de Bahazoun.

4 CONCLUSION

La présente étude met en évidence la pertinence de la télédétection dans le cadre l'analyse de la dégradation des forêts. Le but de cette recherche est l'évaluation de la dégradation subit par la forêt classée de Tchaourou à partir des images satellitaires. Pour atteindre ce but, les images de Landsat (LT04_1990, LE07_1999, LE07_2009 et LC80_2019) ont été utilisées. L'analyse et l'interprétation de ces images après traitement ont révélé que les pressions humaines sur les ressources naturelles sont les principales causes de la déforestation.

Les images satellitaires ont été d'une grande importance puisqu'elles offrent une vue d'ensemble du territoire forestier étudié. Elles ont permis une rapide appréciation de la distribution des différentes unités d'occupations du sol à l'intérieur de la forêt. La cartographie finale des types forestiers a démontré que la télédétection se révèle être un moyen rapide et fiable d'acquisition, d'analyse et de comparaison des données sur le paysage.

REFERENCES

- [1] Assongba Y. Faustin, Deleke Koko Ines, Djego Gaudence Julien, Sinsin A. Brice, 2014: Effet des trouées sur la régénération du *dialium guineense* dans les forêts de kodjizou et bahazou au Sud Bénin. *Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin.* 26 p.
- [2] Hajar Benelcadi, 2014: Apport de l'analyse texturale des images radar à haute résolution spatiale pour la cartographie des forêts tropicales. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris-Est. 151 p.
- [3] Balbontin Darío Toro, 2016: Analyse de la détérioration de la forêt de la Cordillère de la Costa dans le sud chilien: géomatique et modélisation prospective appliquée sur une forêt patrimoniale de la province d'Osorno (41° 15' - 41° 00' latitude Sud). Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse. 411 p.
- [4] Brice Tente, Houndagba Cossi Jean,, Guedou Raoul, 2007: Dynamique des forêts classées dans le cours moyen de l'Ouémé au Bénin Kétou, Dogo et Ouémé-Boukou. IRD Éditions Institut de Recherche pour le Développement. *Collection Colloques et séminaires Paris.* ISSN: 0767-2896 ISBN: 978-2-7099-1634-9. Pp. 370.
- [5] Kokou Kouami, Sokpon Nestor, 2006: Bois et forêts des tropiques: *les forêts sacrées du couloir du Dahomey.*N° 288 (2). Pp.23.
- [6] Mama Adi, Bamba Issouf, Sinsin Brice, Bogaert Jan, De Cannière Charles, 2014: Le point sur déforestation, savanisation et développement agricole des paysages de savanes- forêts dans la zone soudano - guinéenne du Bénin. Bois et forêts des tropiques, N° 322 (4) 65 *savanes-forêts au bénin.* Pp. 65.
- [7] Simula Markku et Eduardo Mansur, 2011: Une approche commune pour mesurer la dégradation des forêts peut conduire à des solutions exceptionnelles pour la combattre. *Unasyva* ISSN 0251-1053. Pp. 4-5.
- [8] Sambiéni Raoul Kouagou, Toyi Mireille Scholastique et Mama Adi, 2015: Perception paysanne sur la fragmentation du paysage de la Forêt classée de l'Ouémé Supérieur au nord du Bénin. [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 15, numéro 2, Document généré le 17 jan. 2018 11: 16. 17 p.
- [9] <http://earthexplorer.usgs.gov>.