

Changements de la couverture forestière dans l'île d'Anjouan entre 1995 et 2014

Guy Boussougou Boussougou, Yao Téléphore Brou, Ibrahim Mohamed

► **To cite this version:**

Guy Boussougou Boussougou, Yao Téléphore Brou, Ibrahim Mohamed. Changements de la couverture forestière dans l'île d'Anjouan entre 1995 et 2014. Spatial Analysis and GEomatics conference, SAGEO 2015, Nov 2015, Hammamet, Tunisie. Proceedings of the Spatial Analysis and GEomatics conference, SAGEO 2015, 2015. <hal-01478236>

HAL Id: hal-01478236

<http://hal.univ-reunion.fr/hal-01478236>

Submitted on 10 Mar 2017

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

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

Changements de la couverture forestière dans l'île d'Anjouan entre 1995 et 2014

Guy Boussougou Boussougou¹, Yao Télesphore Brou², Ibrahim Mohamed³

1. UMR ESPACE-DEV / SEAS-OI, Université de La Réunion,
40, Avenue de Soweto (IUT), 97410 Saint Pierre

guyboussougou@yahoo.fr

2. UMRESPACE-DEV (IRD, UM2, UAG, UR)

3. Université des Comores

Résumé : La production agricole liée à la croissance démographique est l'un des principaux moteurs de dégradation forestière dans le monde. Dans l'union des Comores la déforestation est particulièrement attribuée à l'agriculture sur brûlis mais aussi aux cultures sous forêts et aux autres usages de la forêt comme la production de bois d'œuvre. Sur la période récente, il existe très peu d'informations statistiques et cartographiques sur l'évolution spatio-temporelles des forêts comorienne. L'objectif de cette étude est donc de mettre en évidence, sur la période 1995-2014, les changements de la couverture forestière à partir d'images satellites hautes résolutions spatiales sur l'île d'Anjouan, la plus touchée par le phénomène de la déforestation des îles de l'union des Comores. L'analyse des résultats montre que de 1995 à 2014, les forêts denses d'Anjouan ont diminuées de 7311 hectares à un rythme de 8% par an. La mise en relation des facteurs d'origines anthropiques avec les cartes d'occupation du sol indique que la dynamique de l'occupation des sols dans cette île est due à des multiples facteurs dont la croissance rapide de la population. Les pressions sur les terres deviennent en effet de plus en plus importantes à cause de l'augmentation de la demande en produits agricole.

Abstract: Agriculture production linked to population growth is one of the main motors of forest degradation in the World. In the Union of the Comoros, deforestation is particularly attributed to slash-and-burn farming as well as cultures in the forest and other uses of the forest such as charcoal production. In recent times, very few statistic and cartographic information is known concerning the spatiotemporal evolution of Comorian forests. The aim of this study is to highlight the changes in the forest cover by the use of high resolution spatial satellite images, on the period of 1995 to 2014, on the Isle of Anjouan: the most affected by the deforestation phenomena. The analysis of the results showed that from 1995 to 2014, the dense forests of Anjouan diminished by 7311 hectares at a rate of 8% per year. Linking the original anthropogenic factors and land-use maps show that the dynamics of the land-use are due to multiple factors like the rapid growth of the population. More and more pressure is applied on the lands due to the increased demands of agricultural products.

Mots-clés : Ile d'Anjouan, Télédétection, occupation des sols, Pression agricole.

Keywords: Island of Anjouan, remote sensing, land use, agricultural pressure.

1. Introduction

L'extension des zones agricoles liée à la croissance démographique est l'un des principaux moteurs de dégradation de la couverture forestière dans le monde. Cette situation est particulièrement visible dans les pays en voie de développement où les espaces forestiers subissent de nombreuses pressions à cause d'une faible gestion de ressources naturelles. D'après la FAO en 1980, 45 % du déboisement dans les zones de forêts denses et humides est due à l'agriculture itinérante (avec rotation de cultures)(FAO, 2007). En Afrique tropicale humide, l'expansion de différentes formes d'agriculture (et de l'élevage) aurait contribué à 85% de déforestation(Lanly, 2003).La déforestation est accentuée par d'autres pratiques comme la surexploitation du bois lié à la coupe de bois énergie (charbon de bois) et l'expansion urbaine.

A l'instar des pays tropicaux en voie de développement, l'Union des Comores est un pays où les ressources naturelles se détériorent de plus en plus sous l'action conjuguée des hommes (pressions anthropiques) et des phénomènes naturels (érosion des sols, cyclones, éruptions volcaniques...). La plupart des forêts comoriennes appartiennent au domaine de l'État. Cependant le manque de ressources humaine et financières de l'Union, amène les communautés villageoises périphériques à gérer les forêts se trouvant dans leur terroir comme étant un lieu où elles exercent des droits d'usage coutumiers, reconnus ou non par la loi. Ce qui a pour conséquence une exploitation non contrôlée des ressources forestières et donc une perte importante de la faune et la flore. Des nombreuses études montrent que la grande partie de dégradation forestière dans l'Union des Comores est attribuée aux différents types d'agricultures pratiquées (agriculture sur brûlis, agriculture sous forêts avec des cultures de rentes ou vivriers).L'étude des photographies aériennes datant de 1949, 1974 et 1984 (AGRAR, 1987) a montré que les forêts naturelles disparaissent au rythme de quelques 438 ha par an au détriment des espaces agricoles. Pendant ces années on a constaté une régression de 110 hectares environ par an des plantations forestières dû au défrichage au profit de l'agriculture vivrière. Moulaert (1998) a également montré, que la superficie forestière intacte d'altitude à Mohéli a diminuée de 26% en 13 ans de 1983 à 1996, au profit des cultures. La Grande Comores quant à elle a perdu 53% de sa superficie forestière pendant cette même période.

Parmi les trois îles que compte l'Union des Comores, l'île d'Anjouan reste la plus touchée par le phénomène de déforestation. Les forêts de l'île abritent de nombreuses espèces endémiques des Comores. Ces espèces se trouvent aujourd'hui très menacées à cause des pressions humaines sur les forêts (ECDD, 2014).

C'est dans ce contexte de dégradation forestière que le gouvernement comorien a adressé à la ¹FAO en 2008 une requête demandant l'appui à la formulation d'un projet. Ce projet devrait permettre le développement d'une politique de gestion rationnelle des forêts et la préparation de l'Inventaire Forestier National (IFN). Or

¹Food and Agriculture Organization of the United Nations

Copyright © by the paper's authors. Copying permitted for private and academic purposes. Proceedings of the Spatial Analysis and GEomatics conference, SAGEO 2015.

très peu d'informations existent sur l'état actuel de l'occupation des sols et la dynamique récente des forêts sur les îles Comorienne.

L'objectif de cette étude est donc de mettre en évidence les changements de couverture forestière au cours des 20 dernières années (1995-2014) et d'analyser les causes de leurs évolutions. L'étude s'articulera de la manière suivante : Premièrement une présentation des données et méthodes utilisées dans ce travail, deuxièmement les résultats obtenus qui feront par la suite l'objet d'une discussion pour tenter d'expliquer les dynamiques forestières observées pendant l'étude.

2. Données et méthodes

Présentation de la zone d'étude

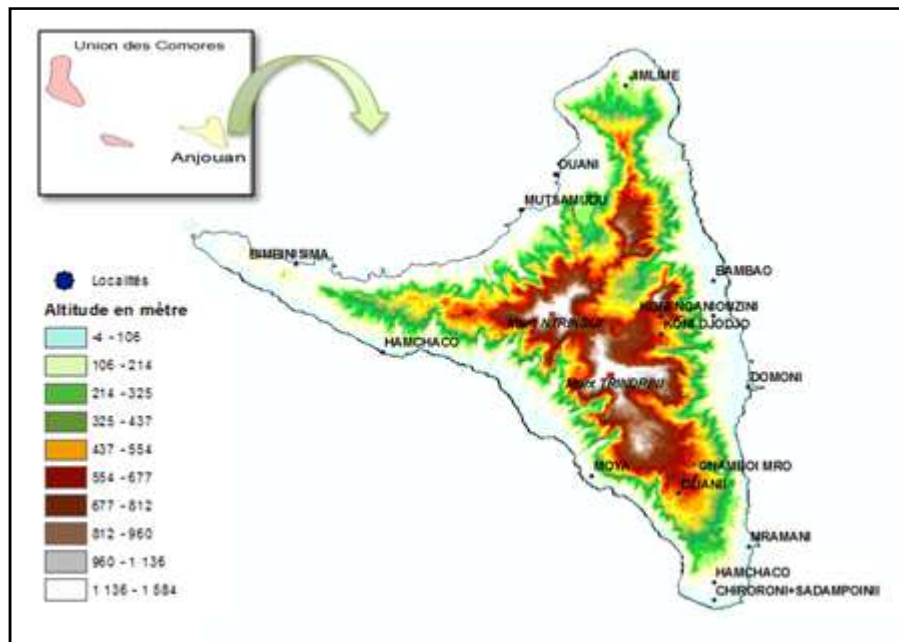


Figure 1 : carte de localisation de la zone d'étude

L'île d'Anjouan est la deuxième plus grande île de l'Union des Comores, elle se situe entre 12°00'-12°28'S et 44°07'-44°38'E dans le canal du Mozambique. Elle est à 82 km à l'Est de la Grande-Comore et à 42 km à l'Est de Mohéli. Les deux sommets principaux culminent à 1595 mètres pour le mont Ntringui et à 1474 mètres pour le mont Trindrini. Le climat est du type tropical humide avec deux saisons : une saison chaude et humide, de décembre à avril et une saison fraîche et sèche, de mai à novembre. Il pleut en moyenne 1500 mm par an.

2.2. Données

Les Comores, comme plusieurs pays sous-développés, disposent de très peu d'image satellite haute résolution ancienne. Le manque de moyen, mais surtout des techniciens qualifiés pour le traitement de ses données, justifie ce constat. Le choix des données de télédétection dans ce travail, à été donc fait, en fonction de leurs disponibilités et qualités.

L'ensemble de données utilisées dans cette étude sont : des données satellites de type SPOT, une carte topographique, des points de relevé GPS, un modèle numérique de terrain (MNT) et des données démographiques. Les images satellites SPOT (3 et 5) ont été acquises respectivement en 1995 et 2014 et contiennent très peu de nuages. L'image SPOT5 a été obtenue auprès de la station ²SEAS-OI et l'image SPOT3 au département SIG des Comores du ministère de l'environnement. Le MNT (SRTM) de 90 m de résolution à été téléchargé sur le site de la NASA. La carte topographique IGN datant de 1995 et les données démographiques (le recensement complet le plus ancien datant seulement de 2003) ont été fournies par le ministère de l'environnement des Comores. Les points GPS proviennent de relevés terrain effectués au cours d'une mission de terrain en 2014 (mois de janvier).

Tableau 1 : Caractéristiques des images satellites SPOT de l'étude

Capteurs	Résolution	Date d'acquisition	Saison
SPOT 3	20 m, en ms	22/05/1995	sèche
SPOT 5	10 m, en ms	14/09/2014	sèche

2.3. Méthodes

Prétraitements des images satellites :

Les images satellites SPOT 3 et 5, ont été dans un premier orthorectifiées à partir du MNT à 90 mètres. Ensuite dans un second temps ils ont subies un géo référencement par rapport à la carte IGN datant de 1995, par la méthode du plus proche voisin. Le RMS (Root Mean Square) obtenu est inférieur à 0.5 mètres. Le système de coordonnées de référence choisi est le WGS84/UTM, zone 38 S. Afin de rendre les deux images SPOT comparables, l'image SPOT 5 (10 m de résolution en ms) a été ré-échantillonnée à la résolution de l'image SPOT 3 de 20 mètres. Les masques mer et nuages ont été créés pour accélérer la durée des traitements et pour éviter toutes interférences avec les classes d'occupations du sol.

²Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellite dans l'Océan Indien, opérationnel depuis 2012.

Traitements des images satellites :

Disposant, des coordonnées géographiques GPS qui renseignent sur le type d'occupation des sols, récolté sur terrain en 2014 et une carte topographique IGN de 1995 qui donne l'état de la couverture terrestre en cette date, une classification supervisée par la méthode du maximum de vraisemblance (Ronald, 1922) est privilégiée. Cette méthode de classification suppose que les statistiques pour chaque classe dans chaque bande de l'image sont normalement distribuées et que la probabilité qu'un pixel donné appartienne à une classe spécifique (Richards, 1999). Les zones d'entraînements pour les classifications sont basées sur les relevés de terrain et sur la carte IGN.

La définition des classes thématiques s'est, par ailleurs, appuyée sur les travaux d'AGRAR (1987), Amir (2010), Nourdine (2014) ainsi que sur la carte topographique de l'IGN. Sept classes d'occupation des sols ont été identifiées : la forêt dense ; la forêt dégradée, l'agroforesterie (mélange de cultures vivrières et de cultures de rentes comme le girofle, le ylang-ylang, le coco), les terres agricoles (tous types d'agriculture), les zones construites (route bitumées, bâtis), les surfaces en eaux douces (eaux continentales) et les sols nus (sol, sables, roches volcaniques).

Évaluation des classifications dirigées :

La pertinence et la précision des classifications sont évaluées à l'aide des matrices de confusion entre les données de vérité-terrain et celles des traitements des images satellitaires, par le calcul d'un certain nombre d'indices à partir de la matrice de confusion. La matrice de confusion est une matrice carrée de taille égale au nombre de classes.

Dans cette étude, les différents indices qui ont servi à évaluer les classifications sont : 1) Précision globale : elle correspond au nombre de pixels correctement classifiés par rapport au nombre total de pixels d'entraînement. Elle s'est effectuée par le calcul du coefficient kappa (Kenny et al, 2006) ; 2) Précision de l'utilisateur : C'est le pourcentage des pixels d'un groupe issu de la classification, correctement classés vis-à-vis de la référence (vérités terrain) ; 3) Précision réalisateur : Correspond au pourcentage de pixels d'une classe de référence correctement classés par télédétection ; 4) l'erreur de déficit : elle correspond au pourcentage de pixels d'une classe de référence affectés à d'autres classes par la classification.

Analyse des changements forestiers et mise en relation avec les données exogènes :

La mise en relation des cartes d'occupation des sols avec les données démographique et altimétrique permet de mettre en évidence le contexte des pressions humaines sur les terres forestières :

-L'analyse des changements de la couverture forestière est basée sur le croisement des cartes d'occupation des sols de 1995 et de 2014. Le taux de déforestation (proportion de forêt qui disparaît chaque année) est calculé selon la formule de Calos (Calos et al, 2001) : $T = (1 - (S2/S1)^{1/n}) * 100$ (1)

³Institut géographique national

(Où t = taux de déforestation ; $S1$ = superficie forestière à la date 1 ; $S2$ superficie forestière à la date 2 ; n = nombre d'année entre les deux dates).

-La densité de la population de l'île d'Anjouan en 2003 et 2014, est calculée par la formule : $Densité = population / superficie(2)$ et interpolée par la méthode « Kriging » (Isaaks ,1989) sur une grille de 1km par 1km.

-Le lien entre forêts et l'altitude, s'est effectué par la superposition et le croisement des couches de classes d'altitude avec la couche forêt, pour montrer la variation de la superficie d'espaces forestières en fonction du relief.

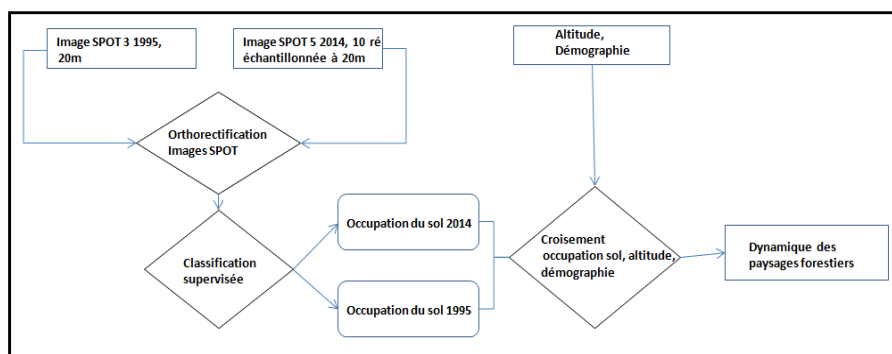


Figure 2 : Schéma simplifié de la méthodologie de l'étude

3. Résultats et discussions

3.1. Validation des classifications

Les classifications ont été évaluées à l'aide des matrices de confusions (Godard, 2005) établie grâce à la comparaison entre les données de vérité-terrain et les données issues des classifications des images satellitaires. L'indice de Kappa a permis d'avoir la précision totale des classifications (tableaux 2 et 3). La précision globale obtenue à l'issue de la classification est de 92,90% pour l'image de 1995 et de 91,85% pour l'image de 2014. Ce qui signifie que plus de 90% des pixels des images ont été correctement classés conformément aux données de vérité-terrain.

Tableau 2 : Matrice de confusion de la classification 1995

Classes	TC	AF	BA	FD	EA	FDE	SL	TO	PR%	ED%
TC	8	6	0	0	0	0	0	14	57	43
AF	2	32	0	4	0	0	0	38	84	16
BA	1	2	21	0	0	0	0	24	87	13
FD	0	0	0	56	0	0	0	56	100	0
EA	0	0	0	0	35	0	0	35	100	0
FDE	0	0	0	4	0	96	0	100	96	4
SL	0	0	0	0	0	0	63	63	100	0
TO	11	40	21	64	35	96	63	330		
PU%	73	80	100	88	100	100	100			
EE%	23	20	0	12	0	0	0			

Kappa(1995)=92,90%

Tableau 3 : Matrice de confusion de la classification 2014

Classes	TC	AF	BA	FD	EA	FDE	SL	TO	PR %	ED %
TC	17	0	0	0	0	0		17	100	0
AF	3	38	0	8	0	6	0	55	69	31
BA	8	8	39	0	0	0	0	47	83	17
FD	0	6	0	76	0	0	0	82	93	8
EA	0	0	0	0	80	0	0	80	100	0
FD	0	0	0	0	0	114	0	114	100	0
FDE	3	0	0	0	0	0	105	108	97	3
TO	31	44	39	84	80	120	105	503		
PU %	55	86	100	90	100	95	100			
EE%	45	14	0	10	0	5	0			

Kappa(2014)=91,85%

TC= terres cultivée, AF=agroforesterie, BA=batis, FD=forêt dégradée, FDE=forêt dense, EA=eau, SL=sol, PR=précision réalisateur, PU=précision utilisateur, ER=erreur déficit, EE=erreur excédent, ED=excédent déficit, TO=total

3.2. Dynamique d'occupation du sol entre 1995 et 2014

Les classifications dirigées des images SPOT 3 et 5 respectivement de 1995, et 2014 ont permis d'obtenir les cartes d'occupations des sols représentées dans la figure 3. La figure 3 montre les différentes situations d'occupation des sols dans l'île d'Anjouan entre 1995 et 2014. On note une disparition importante des forêts denses au profit des zones l'agriculture, ainsi qu'une densification des zones d'habitations.

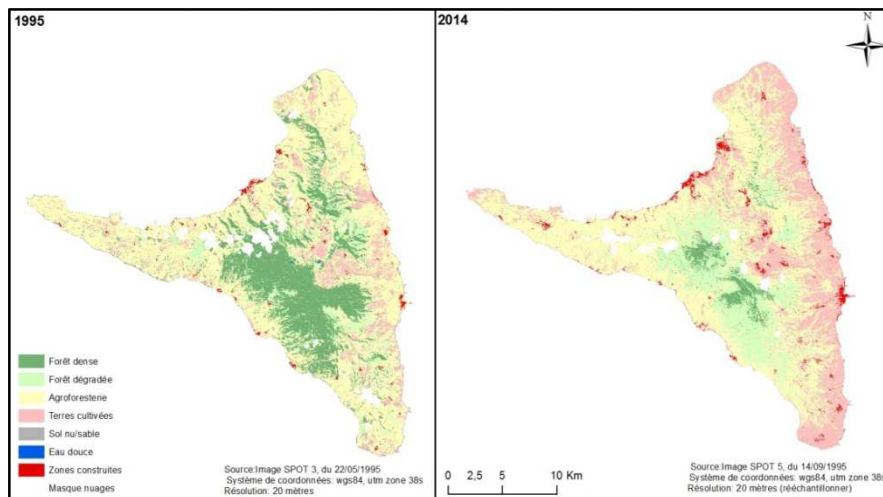


Figure 3 : Carte d'occupation des sols d'Anjouan entre 1995 et 2014

Copyright © by the paper's authors. Copying permitted for private and academic purposes. Proceedings of the Spatial Analysis and GEomatics conference, SAGEO 2015.

Le tableau 4 montre le changement de couverture de solet le taux d'évolution entre 1995 et 2014 dans l'île d'Anjouan. La surface de forêt dense qui occupait près de 22 % en 1995 est passée à 4%, soit une diminution de 18 %. Avec un taux de déforestation de 8% par an, la perte de forêt dense a entraînée l'augmentation des forêts dégradées passant ainsi de 8 % en 1995 à 15 % en 2014.

Dans cette même période, on remarque une baisse des surfaces d'agroforesterie particulièrement au sud et au nord-est de l'île. Ces surfaces sont passées de 51% à 41%

En revanche les terres cultivées ont vu leurs surfaces augmentées de 19 % dans cette même période. Ce phénomène est bien visible dans la partie Sud et Est du territoire Anjouanais.

Concernant les surfaces en eaux douces et les sols nus, ceux-ci ont diminué pendant la période d'observation de près de 50 % et de 90 %. Les surfaces en eau douce sont ainsi passées de 5,07 hectares à 2,76 hectares. Les sols nus étant passés quant à eux de 1689 à 126,80 hectares. Les zones d'habitation ont quant à elles connu une augmentation de près de 50 %, passant de 334 hectares en 1995 à 782,7 hectares en 2014.

Tableau 4 : couverture terrestre et taux d'évolution des classes d'occupation du sol

Classes occupation des sols	1995		2014		Ch-C (ha)	Ch-C (%)	Taux-E (%)	Ch / an (%)
	C-T (ha)	C-T (%)	C-T (ha)	C-T (%)	1995-2014	1995-2014	1995-2014	1995-2014
Forêt	9012	21,58	1701	4,08	-7311	-17,50	-4,30	-0,92
Forêt dégradée	3 450	8,26	6337	15,19	2 887	6,93	0,46	0,36
Agroforesterie	21110	50,54	19380	46,44	-1730	-4,10	-0,09	-0,22
Terres cultivées	4788	11,46	12550	30,07	7762	18,61	0,62	0,98
Eau douce	5,07	0,02	2,76	0,01	-2	-0,02	-0,84	0,00
Sol nu	1689	4,04	126,8	0,30	-1562	-3,74	-12,32	-0,20
Zones	335	0,8	782,7	1,88	447,9	1,07	0,57	0,06

construites			7					
Masque nuages	1 376	3,29	850,7	2,04	-525	-1,26	-0,62	-0,07
Total	41764	100	41730	100				

C-T= couverture terrestre ; ha=hectare, Ch-C= Changement de couverture ; Taux-E=Taux d'évolution ; Ch=Changement.

3.3.Facteurs explicatifs de la perte de forêt dense à Anjouan entre 1995 et 2014

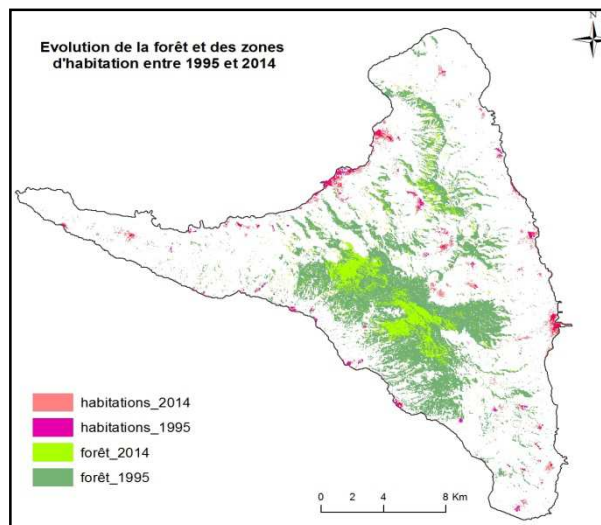


Figure 4 : Carte de forêts denses en 1995 et 2014

La figure4 montre la situation de la forêt dense d'Anjouan en 1995 et en 2014. Le recul des surfaces forestières est bien visible sur la carte. En effet, en 19 ans la superficie forestière est passée de 9012 hectares à 1701 hectares, soit une perte de près de 80%. Ce recul spectaculaire des surfaces forestières peut être attribué à la croissance rapide des populations, comme certaines études le démontrent (Sibet, 1996 ; PANA, 2006). En effet, l'île est la plus dense (densité au km²) de l'union des Comores, avec une population estimée à 298155 habitants en 2014 (RGPH, 2003). Cette population est inégalement répartie sur le territoire, avec des zones fortement peuplées (Nord-Ouest, Sud) par rapport à d'autres (ouest et Centre) (Figure 5).

La population est passée de 224535 habitants en 2003 à 298155 habitants en 2014 (RGPH, 2003) intensifiant ainsi la pression foncière. La forte croissance démographique a donc été largement compensée par l'extension des surfaces cultivées (Abreu, 2009). Ce qui entraîne une pression sur les terres de telle sorte qu'il devient difficile pour un paysan d'Anjouan d'obtenir une surface à cultiver ; en effet la densité par kilomètre carré cultivable ne cesse d'augmenter depuis les années 1988 (Bastimi, 1984).

Bien que ne disposant pas de données démographique de l'année 1995 dans cette étude, la pression foncière sur l'île due aux densités élevées des populations entre 2003 et 2014 est illustrée par la figure 5. Un renforcement des densités entre 2003 et 2014y est observable. Les foyers de peuplements habituellement localisés dans le Sud et le Nord-Ouest d'Anjouan se sont, en effet, fortement densifiés au cours de cette période. Un renforcement des densités s'est produit, par ailleurs, dans des zones habituellement vides. Cette densification se fait des côtes vers les régions intérieures de l'île. Aucune région de l'île n'est épargnée par la densification du milieu. Seuls les massifs montagneux à pentes trop raides et hostiles à l'installation de villages sont préservés de ces pressions (Figures 5 et 6).

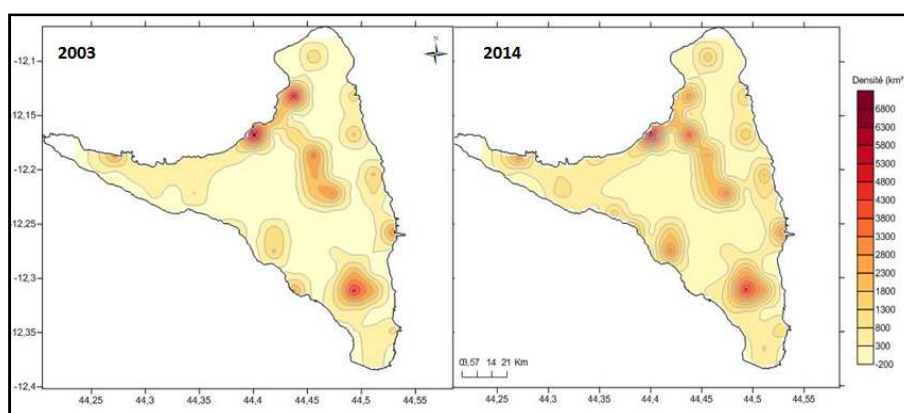


Figure 5 : Répartition des densités au km² à Anjouan en 2003 et 2014

Les fortes densités ont entraîné des pressions sur les terres à tel point que toutes les terres potentiellement arables sont presque utilisées, ce qui signifie que les nouvelles terres agricoles se sont créés au fil de temps au détriment des zones forestières (ECDD, BCSF, Durrell, 2013). La densité de la population très élevée de certaines régions d'Anjouan, entraîne l'érosion des sols et la diminution des terres cultivables comme dans la partie Sud à Nyoumakele (Hassani-El-Barwane, 2010).

La croissance rapide de la population et la densité élevée au km² à donc eu pour conséquence, l'expansion des zones agricoles. Cette expansion agricole tire sous origine du début des années 70. En effet, sous le premier mandat d' d'Ali Soilih en 1975, l'agriculture était fortement encouragée, avec la possibilité de mettre en cultures des forêts (Héron, 2005). Dès lors la production agricole n'a cessé d'augmenter, particulièrement sur l'île d'Anjouan, qui alimente les deux autres îles en produits agricole. En 2004, le secteur agricole représentait pratiquement trois quarts des emplois et plus de 40 % du PIB de l'Union des Comores (FAO, 2007). D'après cette même étude, 50% de la population de l'Union des Comores vit en dessous du seuil de mal nutrition et l'agriculture assure la plus grande partie des exportations, constituées à plus de 90% de clou de girofle, de vanille et surtout

d'huile essentielle d'ylang-ylang dont les Comores assurent 60% de la production mondiale.

A côté de l'impact de l'agriculture sur les forêts, on note les activités non agricoles, comme la coupe des arbres qui constituent une source de revenu pour les paysans. En effet, n'ayant aucun revenu pour subvenir aux besoins de leurs familles, certains paysans non agriculteurs n'ont comme seul autre moyens de subsistance que la coupe de bois, qui est utilisée, soit pour du bois d'œuvre (fabrication des meubles, pirogues..), soit pour de l'énergie (charbon de bois et bois de chauffe). La production de charbon et la culture sur brûlis représentent des menaces majeures, en particulier au regard de la rapidité de la croissance démographique, mesurée au-delà de 2.5 % par an aux Comores (UNESA, 2005).

Les espèces ligneuses sont utilisées dans le secteur domestique (78 % d'énergie du pays), dont c'est la principale source d'énergie, et dans les distilleries d'ylang-ylang. La coupe de bois qui se faisait auparavant manuellement (à la hache), est aujourd'hui automatisée (tronçonneuse)(Abderemane, 2007), intensifiant ainsi la coupe de bois. L'intensification de ces pratiques est inquiétante car elle cause la détérioration des derniers vestiges de végétation naturelle dont des grands arbres, habitat notamment des espèces endémiques d'Anjouan telles que leRoussette de Livingstone et du lémurien de l'espèce de lémons mongos (Granek, 2000).

Parallèlement, les conditions climatiques observées ses dernières années pourraient accentuer la dégradation des massifs forestiers. Selon le dernier rapport ⁴PANA, les agriculteurs s'accordent à dire que le climat est « dérégulé ».Ce caractère anormal du climat est illustré par de nombreuses observations empiriques. Ils observent un décalage des saisons, entraînant ainsi une perturbation du calendrier agricole.L'évolution des conditions climatiques a pour conséquences environnementales le déplacement des périodes de végétation, la précocité de la floraison des arbres, le retard dans la maturation des fruits ainsi que des changements dans les aires de distribution géographique d'un certain nombre d'espèces végétales et animales (PANA,2006).

Malgré les multiples pressions que subit l'île d'Anjouan, on observe encore de nos jours quelques forêts denses, appelées « forêt galerie » qui abritent les espèces animales et végétales menacées. La sauvegarde de ces forêts est permise grâce au relief très accidentée de l'île.

La figure 6, permet de voir que seules les forêts situées à une altitude très élevées et sur les pentes fortes sont préservées. En comparant les deux situations, on note que, pour les altitudes comprises entre 0 et 600 mètres, le pourcentage de forêt dense est nul pour l'année 2014, alors qu'il était, pour cette même altitude à environ 3% en 1995. L'étalement des zones d'habitations pourrait expliquer ce constat. En effet entre 1995 et 2014, on observe une expansion et une densification de la tache urbaine (Figure 4), réduisant ainsi les distances avec les forêts et facilitant la pénétration des populations dans les zones de forêt pour l'agriculture.

⁴Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques

Copyright © by the paper's authors. Copying permitted for private and academic purposes. Proceedings of the Spatial Analysis and GEOmatics conference, SAGEO 2015.

On remarque également que le pourcentage des forêts en haute altitude (supérieur à 900 mètres) a considérablement baissé en 2014. En 1995, 45% de forêt étaient situés à plus de 900m. En 2014, il n'en restait plus que 20%. Ce qui signifie que les paysans s'aventurent de plus en plus sur les massifs montagneux et que seules les pentes élevées bloquent encore leurs progressions.

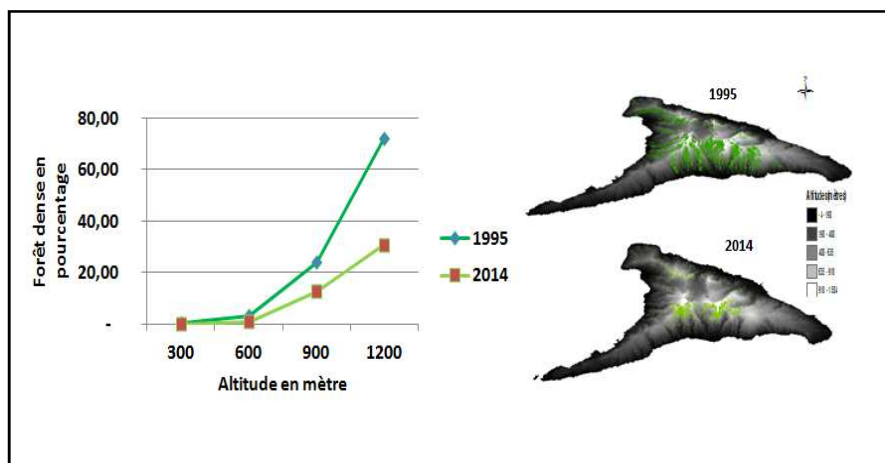


Figure 6 : Variation de la couverture forestière en fonction de l'altitude

4. Conclusion

Dans l'île d'Anjouan où très peu d'information spatio-temporelle existe sur l'évolution de la couverture terrestre, le recours de la télédétection a permis dans cette étude, de mettre en évidence les dynamiques d'occupation des sols, par le traitement des images SPOT 3 et 4 de 1995 et 2014.

Les résultats indiquent que les superficies forestières (forêt dense) de l'île d'Anjouan ont diminué de 18% pendant cette période. Cette diminution des superficies forestières s'est faite au profit des terres agricoles, qui quant à elles, ont subies une augmentation de 19%.

La forte croissance démographique et les densités élevées de population au km² pourraient expliquer les dynamiques d'occupation des sols observées pendant la période d'étude. En effet, la croissance rapide de la population, entraîne une pression de plus en plus importante sur le domaine forestier du fait de l'augmentation de la demande en produit vivrier.

Les derniers massifs forestiers, et donc des espèces endémiques observables de nos jours, doivent leurs sauvegardes au relief très accidenté de certaine région de l'île.

Il est souhaitable d'étendre cette étude sur les deux autres îles de l'Union des Comores (Grande-Comore et Mohéli), en utilisant des images de résolution spatiale

plus fine de type PLEIADES (0.5 mètres de résolution) et de modéliser l'évolution future des derniers massifs forestiers de ce pays sous l'action des pressions humaines de plus en plus intenses. Ces produits (cartes, tableaux) pourraient ainsi être mis à la disposition des gestionnaires et politiques afin de sensibiliser la population sur le risque de disparition complète des forêts.

Bibliographie

- ABDEREMANE, Andilyat MOHAMED(2007). Etude écologique de la Forêt du Mont Karthala:(Grande-Comore): Ethnobotanique. In : Typologie, Régénération naturelle, Evolution spatio-temporelle et Zonation potentielle en site de conservation, Antananarivo, mémoire de DEA en Biologie et écologie végétale, 139p.
- ABREU FUENTES, Yuselys,(2009). Diagnostic des systèmes d'élevage bovin et des pratiques de fumure animale dans les villages de Kowet et Ouzini, Anjouan, Union des Comores. Montpellier. 21p
- AGRAAR-UND HYDROTECHNIK GMBH(1987). Carte d'occupation des terres aux Comores(Rapport non publié)
- AMIR A. (2010). Contribution de la télédétection et des SIG au suivi de l'environnement et des risques naturels sur les îles Comores. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Information Géographique, Université Paris-Est & Université d'Antananarivo, 131 p.
- BATTISTINI R. & VERIN P(1984). Géographie des Comores. Paris : NATHAN, 142 p.
- Caloz, R. et Collet, C(2001).Précis de Télédétection, vol. 3 : Traitement numériques d'images de télédétection. Presses de l'Université du Québec et Agence universitaire de la Francophonie, Sainte-Foy, 386 p.
- CBD. (2000)- Stratégie nationale et plan d'action pour la conservation de la diversité
- Direction Générale du Recensement(2007). Résultats du recensement général de la population et de l'habitat en 2003, Moroni.
- ECDD, BCSF, DURRELL(2013). Engagement Communautaire pour le Développement Durable [en ligne]. Union des Comores. Disponible à l'adresse : www.ecddcomoros.org.
- FAO(2007).FAOSTAT,
<http://faostat.fao.org/desktopdefault.aspx?pageid=342&lang=es&country=45>
- Granek, Elise F (2000) « Conservation des habitats de Roussettes de Livingstone–Les Massifs Forestiers d'Anjouan et Moheli, Comores: Utilisation d'Indicateurs sociaux et écologiques ». http://pdxscholar.library.pdx.edu/esm_fac/13/?utm_source=pdxscholar.library.pdx.edu%2Fesm_fac%2F13&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages.
- Godard V.(2005). Typologie des paysages forestiers du sud du massif de Fontainebleau après la tempête de décembre 1999. Évaluation des dégâts forestiers à l'aide d'un semis de points et d'imagerie satellitale optique. Revue Internationale de Géomatique, p 281-302

- HASSANI-EL-BARWANE, Mouhssini(2010). Le système foncier comorien de 1841 à 1975 [en ligne]. S.l. : Institut d'Optique Graduate School. [Consulté le 11 juin 2015]. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01077856/document>.
- HÉRON, Raphaëlle(2005). Etat comorien et le developpement agricole. Union des Comores.
- Isaaks, E. H., and Srivastava, R. M. (1989), *An Introduction to Applied Geostatistics*, Oxford University Press, New York, 561 pp.
- John Aldrich, « R.A. Fisher and the making of maximum likelihood 1912-1922 », *Statistical Science*, vol. 12, no 3,1997 ,p. 162-176
- Kenny, D. A., Kashy, D. A. et Cook, W. L.,(2006). *Dyadic data analysis*. New York: Guilford Press.41p
- LANLY, J. P(2003). Les facteurs de déforestation et de dégradation des forêts. In : XII World Forestry Congress. Invited paper. <http://www.fao.org/docrep/article/wfc/xii/ms12a-e.htm>. S.l. : s.n. 2003.
- MAS, J.F(2000). Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement. *Journal Canadien de Télédétection*,vol. 26, n° 4, pp. 349-362.
- Moulaert, Nathalie(1998). "Etude et conservation de la forêt de Mohéli (RFI des Comores), massif menacé par la pression anthropique." Communauté française de Belgique: Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique
- Ministère du Développement Rural, de la Pêche, de l'Artisanat et de l'Environnement-MDRPAE(2006). Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques (PANA). Union des Comores
- NOURDDINE, Mirhani(2014). Dynamiques d'évolution des géosystèmes en milieu tropical humide insulaire: Approche par les bassins versants d'Anjouan aux Comores [en ligne]. S.l. : Université d'Angers; Université de Toliara. [Consulté le 7 juin 2015]. Disponible à l'adresse : <http://hal.univ-nantes.fr/tel-01044456/>.
- PNUD (2006).Rapport national sur le développement humain (Union des Comores).http://www.km.undp.org/doc/rndh_06.pdf (consulté le 29/10/2010).
- Richards, J.A., 1999, *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer-Verlag, Berlin, p. 240.
- SAIDO(2005). RAPPORT NATIONAL SUR L'ETAT DES RESSOURCES GENETIQUES ANIMALES. Union des Comores.
- SIBELET N., 1995, L'innovation en milieu paysan ou la capacité des acteurs locaux à innover en présence d'intervenants extérieurs, Nouvelles pratiques de fertilisation et mise en bocage dans le Niumakélé (Anjouan, Comores), mémoire de thèse, Institut National Agronomique Paris-Grignon.
- United Nations Economic and Social Affairs (2005). "Trends in Total Migrant Stock: The 2005 Revision.