

## Aménagement hydro-agricole et dynamique spatio-temporelle des unités d'occupation des terres dans le bassin versant de Tapoa, Burkina Faso

### [ Hydro-agricultural fitting out and spatio-temporal dynamics of land use units in the Tapoa watershed, Burkina Faso ]

Yonkeu Samuel<sup>1,2</sup>, Belem Mamounata<sup>3</sup>, and Malkouma Hassane Dabiemo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Maître de Conférences, Département Environnement, Université Senghor Alexandrie, Egypt

<sup>2</sup>Université Aube Nouvelle, 06 BP9283 Ouagadougou 06, Ouagadougou, Burkina Faso

<sup>3</sup>Maître de Recherche, Ecologue, Ethnobotaniste, Muséum d'Histoire Naturelle, Herbarium National, Institut National d'Environnement et de Recherches Agricoles, Centre National de Recherches Scientifiques et Technologiques, Ouagadougou, Burkina Faso

<sup>4</sup>Doctorant en Environnement, Muséum d'Histoire Naturelle, Herbarium National, Institut National d'Environnement et de Recherches Agricoles, Centre National de Recherches Scientifiques et Technologiques, Sciences et Technologies - Université Aube Nouvelle, 06 BP9283 Ouagadougou 06, Ouagadougou, Burkina

---

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:** Hydro-agricultural fitting out seen as a main solution to the problems of rainfall deficits represent a source of degradation of the plant cover. The aim of this study was to understand the dynamics of land use units linked to hydro-agricultural fitting out in the Tapoa watershed. The methodology deployed consisted in the diachronic analysis of multi-date images of Landsat Thematic Mapper from 1975, 1998 ETM+ and OLI-TIRS from 2018. Several scenes were used and a difference period of 43 years divided into two periods allowed us to compare the evolution of land use units within the limits of the Tapoa watershed. The results show an increase in crop areas compared to other natural units. The cultivated areas which occupied 5.4% of the watershed surface in 1975, reach 22.54%. For the savannahs' area, it decreased from 83% to 61.98% in the period 1975-2018. These observed changes are largely linked to the development of human activities induced by the Tapoa hydro-agricultural fitting out. The regression of plant units to the benefit of anthropized spaces testifies the degradation of natural plant cover. This development, although having positive socio-economic benefits, is a degradation factor of the natural environment of the area. However, it cannot be the only factor in the deterioration and their dynamics.

**KEYWORDS:** Dam, dynamics, environmental degradation, land use units, watershed, Tapoa, Burkina Faso.

**RESUME:** Les aménagements hydro-agricoles vus comme une panacée aux problèmes de déficits pluviométriques représentent une source de dégradation du couvert végétal. Cette étude a eu pour objectif d'appréhender la dynamique des unités d'occupation des terres en liens avec l'aménagement hydro-agricole dans le bassin versant de la Tapoa. La méthodologie déployée a consisté à l'analyse diachronique d'images multi-dates de Landsat Thematic Mapper de 1975, 1998 ETM+ et OLI-TIRS de 2018. Plusieurs scènes ont été utilisées et une période d'écart de 43 ans répartie en deux périodes séquentielles a permis de comparer l'évolution des unités d'occupation des terres dans les limites du bassin versant de la Tapoa. Les résultats révèlent une progression des zones de cultures par rapport aux autres unités naturelles. Les superficies cultivées qui occupaient 5,4% en 1975, atteignent 22,54% de la superficie du bassin versant. Quant à la superficie des savanes, elle a connu une régression de 83% à 61,98% dans la période 1975-2018. Ces changements observés sont en grande partie liés au

développement des activités humaines induits par l'aménagement hydro-agricole de la Tapoa. La régression des unités végétales au profit des espaces anthropisés témoigne de la dégradation du couvert végétale naturelle. Cet aménagement bien qu'ayant ses apports positifs sur le plan socio-économique, est un facteur de dégradation de l'environnement naturel de la zone. Cependant, il ne saurait être le seul facteur de la dégradation et leurs dynamiques.

**MOTS-CLEFS:** Barrage, dynamique, dégradation de l'environnement, unités d'occupations des sols, bassin versant, Tapoa, Burkina Faso.

## **1 INTRODUCTION**

La dynamique est un changement résultant d'un jeu de force qui peut se caractériser par l'évolution de l'occupation du sol. Elle est souvent observée par l'extension spatiale et l'ensemble de ses composantes. La dynamique désigne une modification ou un remplacement d'une unité de paysage par une autre sur une période donnée [1]. C'est également, le changement d'un phénomène d'un temps t1 à un autre temps t2. La dynamique des unités d'occupation des sols est un facteur qui révèle la tendance d'évolution de l'environnement dans une zone donnée.

Les activités humaines de façon générale et en particulier les aménagements hydrauliques liés aux besoins d'intensification du secteur agricole, constituent des sources de détérioration préjudiciables à l'environnement [2]. L'utilisation de la télédétection et des Systèmes d'informations géographiques pour l'analyse de l'évolution de l'environnement à travers la détection des changements des unités d'occupation des terres tient du fait que tout changement dans l'occupation du sol résulte d'un changement dans les valeurs spectrales [3]. Elle permet d'avoir des données quantitatives et spatiales à l'échelle d'un territoire. Selon AGBODAN et al [4]; l'analyse diachronique permet de mettre en évidence de façon condensée les différentes formes de conversion subies par les unités d'occupation des terres dans une période et de décrire les changements intervenus.

Les travaux d'aménagements hydro-agricoles associés à l'évolution des paramètres climatiques que sont la pluviométrie et la température, tendent à accentuer les changements enregistrés dans la répartition des unités d'occupation telles que la flore et les espaces agraires. Dans le bassin versant de la Tapoa, et partant dans toute l'espace du bassin versant de Mékrou, la péjoration pluviométrique observée depuis plus d'une vingtaine d'année, perturbe fondamentalement toutes les activités humaines [5]. A cela s'ajoute le phénomène des changements climatiques qui influe sur la dégradation du couvert végétal, créant ainsi une reconfiguration de certaines composantes environnementales à savoir les champs, les habitations, les espèces floristiques.

En outre, les travaux du Global Water Partnership (GWP) dans le cadre du « projet Mékrou » révèlent que l'environnement y connaît de fortes dynamiques traduites par une recomposition des espaces occupés par certaines unités terrestres.

Les aménagements hydro-agricoles, au-delà de leurs apports bénéfiques, sont des pratiques qui contribuent à la modification de l'environnement, comme on peut le constater dans plusieurs projets de ce type, réalisés en Afrique de l'ouest [6], [7].

Le barrage de la Tapoa ayant été construit en 1961, suivi de plusieurs travaux d'aménagement et d'extension entre 1972 et 2016, constitue une opportunité de développement d'activités économiques pour les populations riveraines. Toutefois, il n'en demeure pas moins qu'il ait été la source de transformation de l'environnement d'accueil. Il convient donc de se demander quelles ont été les répercussions de cet aménagement sur l'évolution des unités d'occupation des terres. Une étude de la dynamique de l'occupation des terres dans la période 1972-2018 a permis de saisir toute la dynamique de l'environnement du bassin versant de la Tapoa, et ses implications.

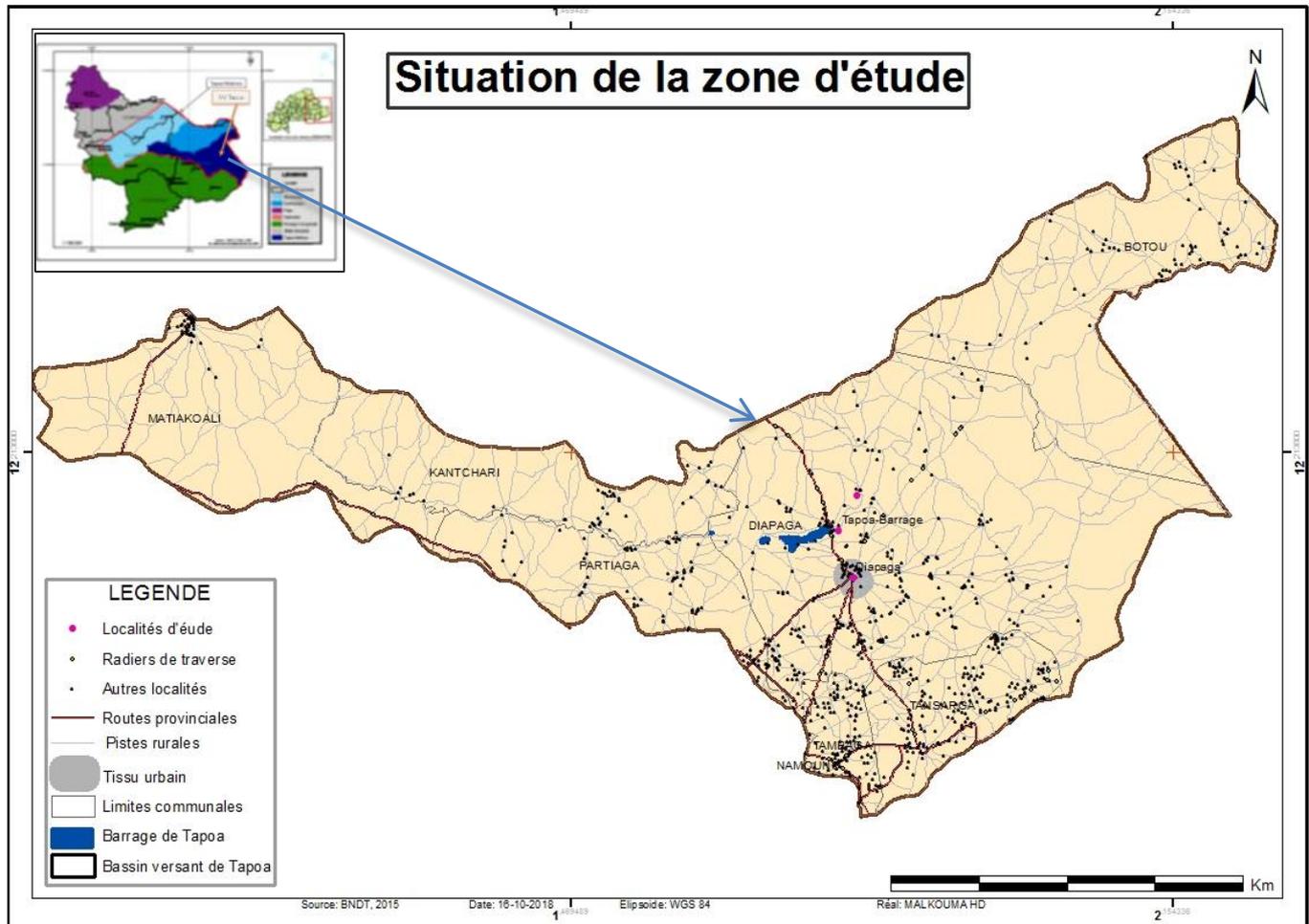
## **2 MATÉRIELS ET MÉTHODES**

### **2.1 LA PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

La zone d'étude est l'espace géographique du sous bassin versant de la Tapoa, faisant partie intégrante du bassin versant de Mékrou. Le bassin de la Tapoa est situé à l'extrême Est du Burkina Faso (Figure 1). Le choix de cette zone tient au constat que ce sont les eaux dudit bassin versant qui sont drainées par le cours qui porte le même nom et sur lequel a été réalisé l'aménagement qui fait l'objet de la présente étude.

### 2.1.1 LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le bassin versant de la Tapoa s'étend sur une longueur d'environ 100 kilomètres et une largeur de près de 24 kilomètres, soit une superficie estimée à plus de 2400 km<sup>2</sup>.



**Fig. 1. Localisation de la zone d'étude**

En effet, l'ensemble du territoire du bassin versant correspond à près de 30% de l'espace de gestion des ressources en eau de l'Agence de l'eau du Gourma qui s'étend sur 50 238km<sup>2</sup> [5].

Ce bassin est caractérisé dans sa partie Est par l'existence de parcs et de réserves partielles qui s'étendent jusqu'aux frontières du Niger et du Bénin. De forme très allongée, celui-ci est drainé dans son ensemble par un cours d'eau dont la pente moyenne est inférieure à 10% [8]. En ce qui concerne l'aménagement, il est localisé entre les 11°22' et 12°50' de latitude Nord et les méridiens 1°10' et 2°25' de longitude Est. Celui-ci appartient à la zone climatique soudano-sahélienne, marquée par une saison pluvieuse qui s'étend en général du mois de Mai à Octobre avec un léger décalage entre les parties Nord et Sud. Les données des paramètres climatiques (pluviométrie et température) présentent l'évolution climatique entre 1997 et 2015. En effet, la zone d'étude est située entre les isohyètes 700 mm au nord et 1000 mm, où les hauteurs d'eau des dix dernières années ont varié entre 654,4mm et 1072,9mm avec une moyenne de 859,1mm, situé au-dessus de la moyenne nationale qui fluctue entre 700 et 800 mm [9], [2].

### 2.1.2 PARAMÈTRES CLIMATIQUES

Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude montrent une variation interannuelle et spatiale de la pluviométrie dont l'alternance est guidée par le déplacement du front inter tropical ou convergence intertropical guidée et insufflée par les vents de mousson et de l'harmattan.

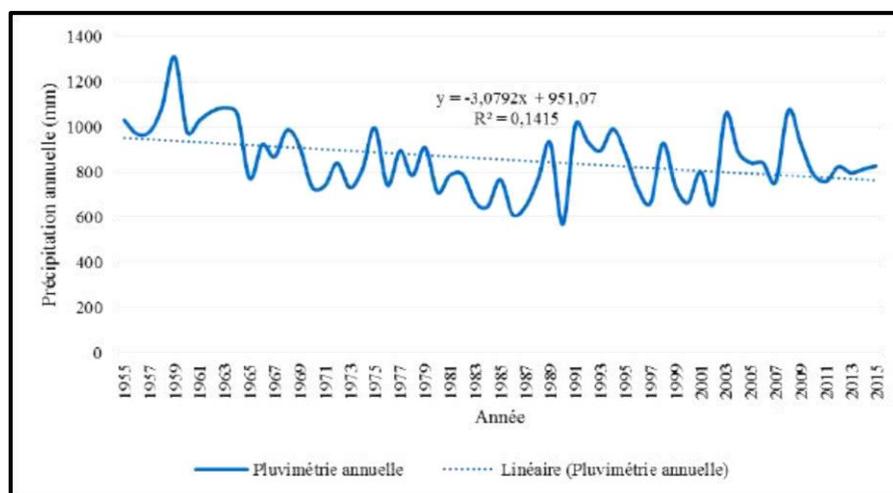


Fig. 2. Les Variations interannuelles des précipitations de la station de Fada N'Gourma de 1955 à 2015

Source: GANSOANRE, 2018

Les températures minimales moyennes sont enregistrées aux mois de Janvier et de Février avec une valeur qui peut souvent atteindre 15°C. Les moyennes maxima sont de 34°C et les minima de 23°C. Les basses températures enregistrées s'expliquent par l'action de l'alizé de l'anticyclone saharien soufflant du Nord-est vers le Sud-ouest du pays. L'autre dite de saison chaude constitue la période de grande chaleur avec des températures avoisinant le cap de 40°C. Les températures sont dans l'ensemble élevées, avec une moyenne annuelle d'environ 28°C dans la zone d'étude.

### 2.1.3 DONNÉES SOCIOÉCONOMIQUES

La population de la zone du Bassin versant de la Tapoa est plus ou moins homogène. En effet, elle est occupée à plus de 66% par les Gourmantché, reconnus comme les premiers occupants de la région Est. Toutefois, cette homogénéité est de plus en plus perturbée par la présence d'autres ethnies installées dans les zones de fort potentiel fourrager pour l'alimentation du bétail (Peulh: 12,9%) et dans les espaces à fort densité humaine et à fort potentiel agricole (Mossi: 15,6%). Les autres groupes ethniques, représentent un peu plus 5 % de la population de la zone d'étude composés de Haoussa, Djerma et de Bella venus essentiellement des pays voisins que sont le Niger et le Mali. L'arrivée de ces populations allochtones est particulièrement en lien avec la dégradation des conditions climatiques dans leurs zones d'origines et la recherche d'espace cultivable (Sahel, Nord et plateau central).

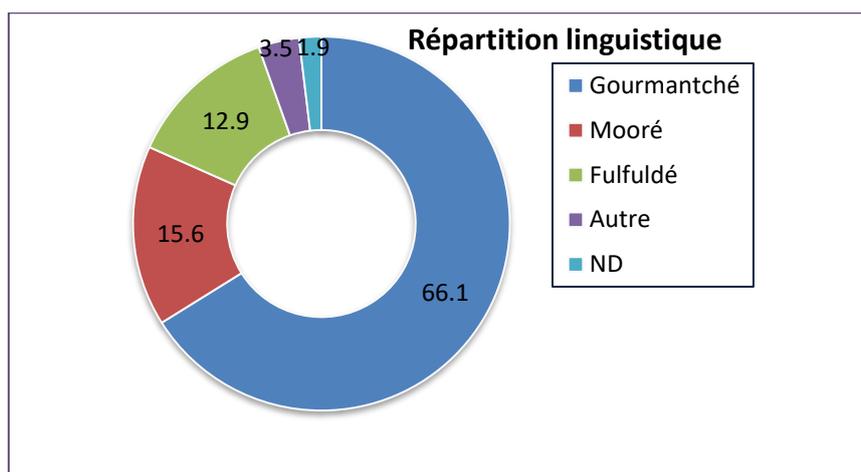


Fig. 3. Répartition ethnique

Source: PCD-Monographie Diapaga-Est/Tapoa

Les activités socioéconomiques notamment l'agriculture et l'élevage sont, d'une manière générale, guidées par la répartition et la disponibilité des ressources naturelles. Le système de production dominant est de type extensif, déterminé par des pratiques itinérantes et est orienté essentiellement vers la subsistance. Les champs exploités majoritairement en sorgho, mil, maïs et riz (bas-fonds) sont abandonnés seulement après 3 à 5 années d'exploitation pour de nouvelles terres. Ce système occupe plus de 93,7% de la population locale [10]. Toutefois, on note ces dix dernières années une tendance générale à la baisse des superficies emblavées qui se traduit par la saturation progressive de l'espace agricole; ce qui a une incidence sur les pratiques agricoles dans le bassin versant.

Les cultures de contre saison contribuent fortement à l'amélioration des conditions de vie des populations riveraines. L'aménagement hydro-agricole de la Tapoa constitue le plus grand site de production de ces cultures de contre saison dans la zone. Ces cultures d'appoints permettent aux exploitants de réaliser plus de 75 millions de gain par saison dans la région de l'Est. Selon la Direction Régional des Aménagements hydro-agricole de la région de l'Est du Burkina Faso, les exploitants du périmètre de Boudiéri dans la province de la Tapoa, avec 25 hectares exploités, plus de 75 millions sont engrangés par campagne de saison sèche.

Seconde activité socioéconomique, l'élevage est marqué par son caractère extensif. Il occupe environ 7% des chefs de ménage qui l'exercent comme activité principale [5]. On estime à 19% la part des revenus des populations rurales de la zone d'étude, issus du secteur de l'élevage; ce qui est non négligeable pour leur permettre de faire face aux déficits alimentaires et aux dépenses sociales.

#### 2.1.4 CARACTÉRISTIQUES BIOPHYSIQUES

Des caractéristiques du milieu biophysique, les formations végétales sont à dominance savanicole. En effet, elles sont marquées par la présence de savanes arborées et surtout arbustives composées essentiellement d'espèces appartenant à la famille des Combretaceae, des Mimosaceae, des Anacardiaceae, des Rubiaceae et des Caesalpinaceae. La strate herbacée est dominée par des graminées annuelles en cohabitation avec les Cyperaceae (*Cyperus sp.*, *Kyllinga sp.*, *Scleria sp.*) et les Fabaceae [11], [12], [13], [14].

Quant à l'hydrographie, le bassin versant a un réseau hydrographique relativement dense. Le principal cours d'eau qu'est la Tapoa, a un régime temporaire et alimente le barrage de la Tapoa. Dans le cadre de cette étude, la connaissance des unités d'occupation des terres est un facteur important et s'inscrit dans la perspective de prendre en compte l'effet de l'aménagement hydro-agricole dans l'évolution de l'environnement naturel.

## **2.2 MÉTHODES ET OUTILS**

### **2.2.1 LA COLLECTE DES DONNÉES**

Cette étude a utilisé des images satellitaires, traitées à partir des Systèmes d'Information Géographique (SIG). Un SIG est un système informatique de matériels, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion [15].

En effet, les données numériques utilisées dans la présente étude sont d'ordres satellitaires et géographiques. Des images multi-dates de Landsat Thematic Mapper (TM) de 1975 et 1998 ETM+ et OLI-TIRS de 2018 de plusieurs scènes ont été utilisées. Ces images ont été obtenues auprès du Secrétariat Permanent du CNDD du Ministère de l'environnement, de l'économie verte et du changement climatique. Elles ont été préférées aux prises de vue aérienne (PVA) et autres images satellitaires en raison de la méthode diachronique utilisée et surtout de la facilité d'accès. Aussi, faut-il ajouter leur disponibilité, leur qualité, leur résolution spatiale (30m) et l'existence d'images pour des périodes correspondant aux travaux de réfection du barrage et d'aménagement du périmètre. Un intervalle d'écart de 43 ans (1975-2018) réparti en deux périodes séquentielles d'au moins 20 ans a permis de comparer l'état de l'environnement à travers l'évolution des unités d'occupation des terres situées dans les limites du bassin versant de la Tapoa (1975-1998, 1998-2018 et 1975-2018). En plus, des données Shape file (Shp) de types pédologiques, divisions administratives du Burkina Faso de l'Institut Géographique du Burkina (IGB) ont été utilisées. Ces données ont servi à mieux appréhender les changements environnementaux intervenus dans le temps en lien avec l'aménagement hydro-agricole.

Le bassin versant de la Tapoa est la zone d'étude définie comme cadre géographique d'étude. A cet effet, il a été indispensable de déterminer les limites de ce bassin versant; ce qui a servi de référence pour le « clipage » et l'analyse du changement intervenus dans les unités d'occupation des terres.

La vérification de terrain et le repérage des unités identifiées au bureau s'est basée sur la connaissance de la zone d'étude.

Toutes ces données ont permis d'appréhender l'évolution des unités dans la période 1975-2018 et leurs implications socio-environnementales consécutives à l'aménagement.

### **2.2.2 LE TRAITEMENT ET L'ANALYSE DES DONNEES**

Les données obtenues ont été traitées grâce aux systèmes d'information géographique pour la télédétection et la cartographie. Les données statistiques et leurs analyses sont rendues possibles grâce aux logiciels et aux applications utilisés dans le traitement des données collectées.

Ainsi, le logiciel Envi 4.7 a servi aux traitements des images satellitaires: composition colorée, classification supervisée, combinaison, vectorisation. Le logiciel Arcgis10.3 a servi pour les travaux cartographiques et les analyses SIG et à l'analyse des changements de l'occupation des terres dans le bassin versant de la Tapoa. Microsoft office Excel a permis de générer les tableaux, les matrices de transition des unités d'occupation des terres, les graphiques. Microsoft office Word a permis de faire les traitements de texte.

La collecte des données de reconnaissance des unités d'occupation à travers les nombreuses visites de sites a facilité la classification. La précision de la classification a été évaluée à travers l'indice de Kappa de 89 % à 90 % pour les images de 1975, 1998 et 2018, suffisant pour valider les résultats et être utilisés pour la présente étude.

Ainsi, la détection des changements aux différentes dates ci-dessus mentionnées a permis l'analyse de l'évolution de l'environnement naturel de la zone du bassin versant de la Tapoa à travers les changements des unités d'occupation des terres. En effet, la conversion d'une unité d'occupation à une autre décrit une amélioration ou une dégradation des unités identifiées. La variation du compte numérique entre 1975, 1998 et 2018 des valeurs de pixel de chaque unité à travers le logiciel Arc GIS 10.3 traduit le sens donné à l'évolution de l'environnement concerné.

L'analyse de la matrice de transition permet d'établir trois cas de situations possibles:

- Une situation de stabilité des unités d'occupation des terres, représentée par les cellules grises, placée en diagonale dans le tableau
- Une situation de perte des unités d'occupation des terres, représentée par les cellules situées en haut de la diagonale grisée.
- Une situation de gain des unités d'occupation des terres, représentée par les cellules en dessous de la diagonale grisée. Les résultats obtenus de cette opération sont présentés sous forme de cartes et de tableaux.

### 3 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

#### 3.1 DYNAMIQUE DES UNITÉS D'OCCUPATION DU SOL DU BASSIN VERSANT DE LA TAPOA

La cartographie des unités d'occupation des terres présente l'évolution des unités d'occupations des terres dans le bassin versant de la Tapoa.

La figure 4 ci-dessous révèle une réduction des superficies du couvert végétal au profit des unités artificielles avec une augmentation des superficies cultivées, des plans d'eau, de l'habitat.

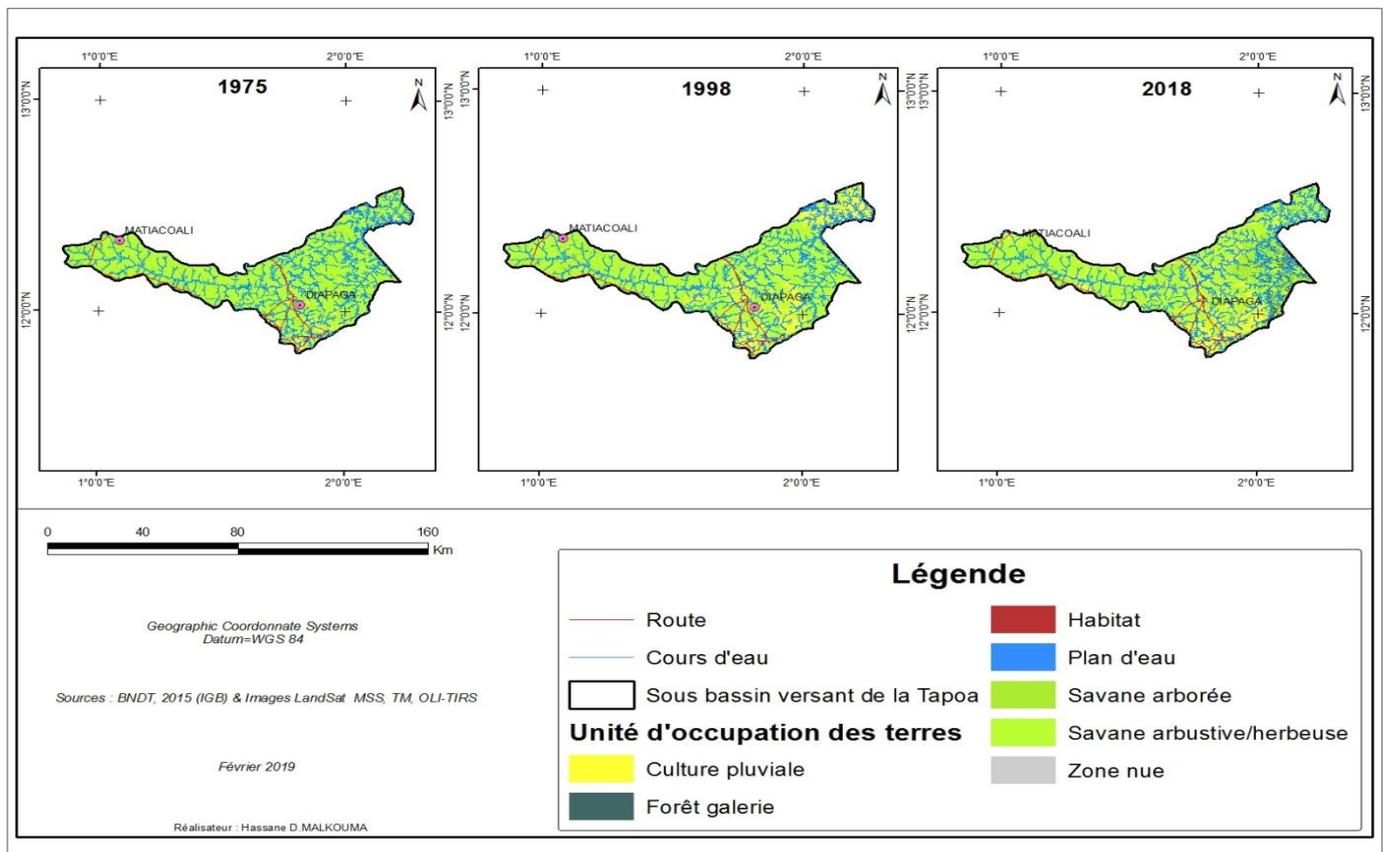


Fig. 4. Dynamique de l'occupation des terres entre 1975,1998 et 2018

Sur l'ensemble des périodes étudiées, il ressort plusieurs observations sur la répartition des unités d'occupation des terres suivant les années.

En 1975, les zones de savanes arborées-arbustives/herbeuses sont prédominantes avec un aspect plus ou moins continu sur l'ensemble du bassin versant. Celles-ci sont de part et d'autre entrecoupées par des îlots de forêts galeries, particulièrement marqués dans la partie centrale, Est et Nord-Est du bassin versant de la Tapoa. Cependant, la partie sud du bassin versant, laisse apercevoir des îlots de zones de cultures plus ou moins importantes, parsemées de cours d'eau. Leur continuité est plutôt observée à l'extrême sud. La présence de sols nus/rocheux est quasiment inobservable à l'échelle du bassin versant. On note

la présence d'un plan d'eau situé dans la partie centrale, correspondant à celui de la Tapoa, sur lequel est construit le barrage depuis les années 60.

En 1998, l'analyse de la carte fait observer l'apparition d'importantes zones de cultures, plus perceptibles dans le Sud, au centre et à l'extrême Nord-Est. Les zones de cultures ont connu une extension, particulièrement dans les environs du barrage construit sur le cours de la Tapoa. On note également une régression des forêts galeries plus ou moins visibles le long des cours d'eau.

En 2018, l'occupation des terres révèle des zones de culture plus importantes, disséminées sur l'ensemble du bassin versant, excepté l'extrême Est où la présence des forêts galeries semble se renforcer. A divers endroits (sud et sud-est), les formations de savanes qui étaient très fournies en 1975 ont été réduites, laissant place aux zones de cultures et sols nus/rocheux qui ont gagné plus de superficies en 2018. Les zones d'habitations faiblement identifiées en 1975 et 1998, apparaissent plus marquées et visiblement distinguées à proximité de l'aménagement. Dans la partie Est du bassin versant, l'aspect relativement homogène de la végétation s'explique par l'existence de zones protégées.

L'augmentation de la superficie des champs et des habitats et plus ou moins des zones nues, exprime une certaine emprise humaine sur le couvert végétal, liée en partie aux activités économiques développées autour du barrage et du périmètre irrigué. Elle témoigne d'une réduction du couvert végétal dans l'espace du bassin versant, plus prononcée à proximité de l'aménagement.

L'analyse de ces trois cartes indique donc une tendance à la dégradation des unités naturelles au profit des cultures, des habitats humains et dans la moindre mesure des sols nus dans les environs de l'aménagement.

Cependant, cette tendance d'évolution des unités, présentée sur La figure 4 ne donne pas une précision sur les évolutions quantitatives de chaque unité d'occupations des sols.

Une analyse statistique de l'évolution des superficies permettra de mieux cerner leurs dynamiques quantitatives.

### 3.2 EVOLUTION DES UNITES D'OCCUPATION DES SOLS

Le tableau 1 présente l'évolution en hectares des unités d'occupation des terres dans le bassin versant de la Tapoa entre 1975 et 2018.

**Tableau 1. Evolution en hectares des unités d'occupation des terres dans le bassin versant entre 1975 et 2018**

Unités	1975		2018	
	Superficie en ha	%	Superficie en ha	%
Cultures	24300.7	5.4	100488.79	22.54
Forêt galerie	1935.0	0.4	17332.74	3.89
Habitat	0	0	177.96	0.04
Plan d'eau	580.9	0.1	879.39	0.20
Savane arborée	47276.7	10.6	50154.96	11.25
Savane arbustives arbustive/herbeuse	372271.5	83.4	276312.30	61.98
Zone nue	121.2	0.0	489.16	0.11

L'analyse de la proportion de chaque unité, révèle une augmentation très nette des zones de cultures par rapport aux autres unités. En effet, d'une superficie de 5,4% en 1975, l'espace occupé par les cultures atteint 22,54% tandis que les savanes qui atteignaient plus de 83% de la superficie totale du bassin versant n'occupent que 61,98% en 2018.

La matrice de transition ci-dessous (Tableau 2) présente comment ces unités d'occupation ont évolué entre 1975 et 2018.

Tableau 2. Matrice de transition des unités d'occupation du bassin versant entre 1975 et 2018

Unité d'occupation des terres 1975	Unités d'occupation des terres 2018							Total 1975
	Culture pluviale	Forêt galerie	Habitat	Plan d'eau	Savane arborée	Savane arbustive herbeuse	Zone nue	
Culture pluviale	18289,06	83,71	128,41	23,03	295,68	5476,60	2,98	24299,47
Forêt galerie	278,93	439,85		41,25	123,88	1049,84	1,26	1935,00
Plan d'eau	4,98	28,66		513,63	6,50	27,17		580,94
Savane arborée	8248,61	1884,07		96,81	5928,51	31112,00	6,75	47276,75
Savane arbustive/herbeuse	74116,37	14896,39	49,55	204,67	43784,31	238766,09	454,08	372271,48
Zone nue	60,46	0,07			17,90	22,42	20,36	121,21
<b>Total 2018</b>	<b>100998,4</b>	<b>17332,7</b>	<b>177,96</b>	<b>879,39</b>	<b>50156,8</b>	<b>276454,1</b>	<b>485,4</b>	<b>446484,8</b>

L'analyse des comptes numériques du tableau 2 montre que les unités d'occupation des terres du bassin versant ont connu un changement entre 1975 et 2018. Cela s'explique par l'importance des dynamiques spatiales entre unités naturelles et anthropiques d'une part, et des interactions entre les communautés locales et leur environnement d'autre part. Ainsi, entre 1975 et 2018, la destruction des forêts galeries a été plus au profit des savanes arbustives/herbeuses (1049,84ha) alors que l'extension des superficies de plan d'eau se sont réalisées au détriment des forêts galeries (28,66 ha) et des cultures (4,98 ha). En ce qui concerne l'augmentation des superficies des zones nues, elles ont été au détriment des cultures (60,46ha), des savanes arborées et des forêts galeries (0,007ha).

Ces changements observés sont en grande partie liés au développement des activités humaines dans le bassin versant et plus particulièrement autour de l'aménagement. L'évolution du couvert végétal, présentée par la régression des unités végétales soutient l'impact de la présence de l'aménagement sur l'environnement.

La figure 5 présente l'évolution moyenne annuelle des unités d'occupation des sols entre 1975 et 2018.

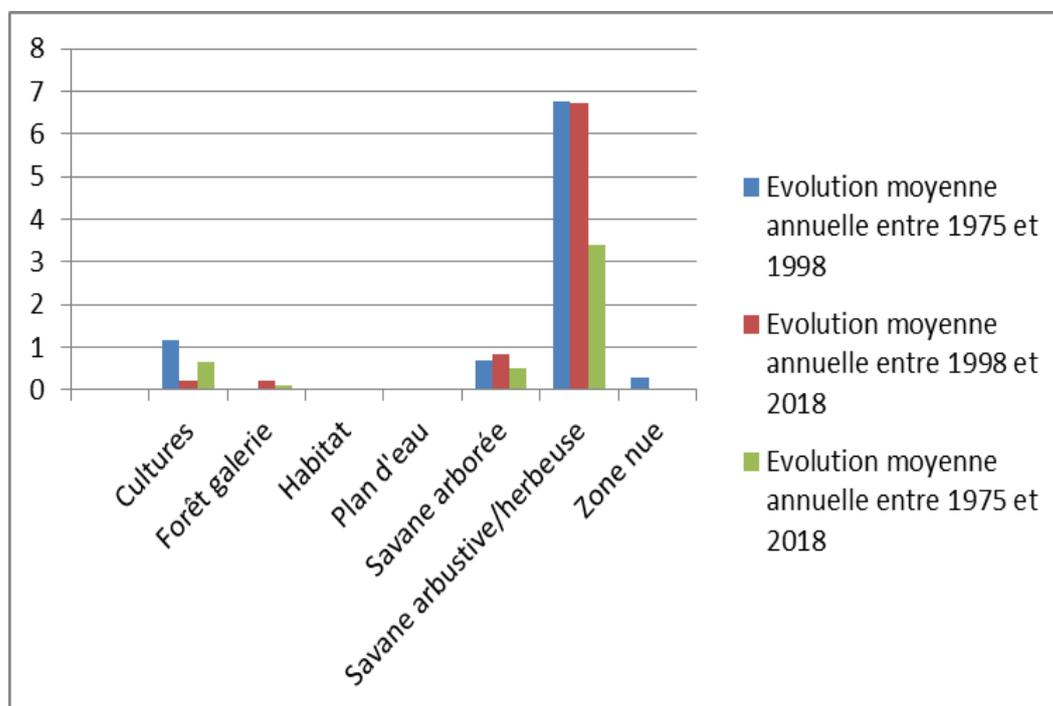


Fig. 5. Evolution moyenne annuelle des unités d'occupation des sols entre 1975 et 2018

Entre 1975 et 1998, certaines unités ont été marquées par une évolution moyenne annuelle plus consistante tandis que d'autres ont été quasiment au statu quo. En effet, lorsque l'on considère la période de 1975-2018, ce sont les unités de savanes

arbustives/herbeuses et les zones de cultures qui ont connu une évolution négativement plus rapide par rapport aux autres unités. Elles ont perdu annuellement 3,38% de leurs superficies dans la zone d'étude. Les zones de cultures ont connu une progression moyenne annuelle de 0,64%. Si l'on considère l'ensemble des unités d'occupation de terres identifiées dans le bassin versant de la Tapoa, trois ont connu une progression annuelle relativement faible. Il s'agit de l'habitat (0,0009%), les plans d'eau (0,007%) et les forêts galeries (0,1%) alors que les zones de cultures ont connu une progression très marquée.

Malgré les efforts de préservation des ressources naturelles dans les zones protégées, le processus de dégradation se poursuit. Celui-ci est accentué par la présence de l'aménagement qui favorise l'extension des cultures. A proximité du barrage, les superficies végétales connaissent une dégradation, car englouties par les exploitations agricoles, aussi bien sur le périmètre irrigué que dans les zones hors périmètre à cause de la pression foncière accentuée par les arrivées massives des migrants installés sur le périmètre. Toute chose qui contribue à la dégradation des savanes et du tapis herbacé, justifiant ainsi les répercussions de l'aménagement sur l'environnement du bassin versant de la Tapoa.

## **4 DISCUSSIONS DES RÉSULTATS**

### **4.1 EVOLUTION DES SUPERFICIES CULTURALES**

Les résultats présentés révèlent une emprise spatiale des cultures sur les formations végétales, en raison du développement des activités agricoles au cours de la période 1975-2018. En effet, les zones de cultures ont continuellement gagné en superficies passant ainsi de 24300 hectares en 1975, puis de 95014, 23 hectares en 1998 à plus de 100488,79 hectares en 2018. Ainsi, les zones de cultures représentaient 22,54% de la superficie totale dudit bassin versant en 2018.

L'augmentation de la superficie des champs exprime une certaine pression humaine sur le milieu naturel, se manifestant par une régression des unités naturelles. L'accroissement des superficies des champs au détriment des formations végétales naturelles a également été constaté par BELEM *et al* [16] qui ont montré que les superficies des champs ont progressé de 2,26 à 6,4% entre 1992 et 2013 dans la réserve de biosphère de la mare aux hippopotames. De leur point de vue, cette destruction de la végétation est liée au développement des champs de cultures à proximité de la réserve, démontrant l'intrusion des populations riveraines; de la modification des conditions climatiques mais dans les aménagements conçus autour de ces milieux. Dans le cas de l'aménagement de la Tapoa, l'augmentation de la population riveraine a été suivie par une demande accrue en terres agricoles autour du périmètre irrigué; ce qui justifie les actions de déboisement et la disparition du couvert végétal et des sous-bois. Des études telles que celles de OUEDRAGO *et al* [17] et SOUNGALO *et al* [18] ont souligné la régression des formations forestières des forêts classées du Burkina Faso.

La période 1975-2018 a été marquée par la réalisation de plusieurs travaux de réfection du barrage et d'extension des superficies aménagées sur le périmètre irrigué. Ces opérations exécutées au cours des années 1978, 2000 et 2016 ont directement porté préjudice à la végétation à travers les déboisements et favorisé l'extension des zones de cultures. De tels travaux ont favorisé l'extension progressive des superficies exploitées aussi bien sur l'emprise du périmètre qu'autour des zones situées dans la zone du barrage de la Tapoa. Les superficies irriguées exploitées qui étaient de 15 hectares au cours de la campagne sèche de 1972, atteignait plus de 110 hectares à la campagne de 2012. Au cours de la campagne 2018/2019, les superficies occupées par les cultures irriguées avoisinent 200 hectares à la campagne 2018/2019. De nombreux migrants, ce sont donc installés dans la zone du bassin versant, accentuant la demande en terres agricoles.

Pour GANSAONRE [2] et BELEM *et al* [16] l'augmentation de la superficie des champs exprime une certaine emprise humaine sur l'environnement et témoigne de la réduction du couvert végétal du milieu.

Le nombre des exploitants installés dans le périmètre irrigué était en dessous de 150 personnes en 2012 dont plus de 90% exploitent simultanément cultures pluviales et irriguées. La demande croissant des espaces de cultures favorise l'empiètement sur les espaces végétalisés. L'extension des cultures est l'une des spécificités caractéristiques du bassin versant de la Tapoa. La zone du bassin versant a connu une augmentation de sa population au cours de la période 1975-2018. Zone qui était reconnue pour sa faible densité dans les années 1970, sa population dépasse aujourd'hui les 500.000 habitants. La présence du lac de retenue avec une disponibilité permanente d'eau, et l'aménagement du périmètre irrigué ont considérablement accru la mobilité des migrants vers la zone ce qui a, d'une manière indirecte, eu des répercussions sur les formations végétales.

Du fait de la dominance des agriculteurs (plus de 93, 7%) la demande en terres cultivables est importante [10]. Les pratiques culturales extensives des populations accentuent sans doute la progression des terres cultivées. En effet, les champs sont abandonnés seulement après 3 à 5 années d'exploitation pour de nouvelles terres. Cependant, les paysans jadis orientés vers l'agriculture pluviale extensive sont de plus en plus éprouvés par les irrégularités pluviométriques, se traduisant par des poches

de sécheresses répétitives. Plusieurs paysans qui avaient abandonné le périmètre irrigué font leur retour dans l'aménagement où la mobilisation de l'eau est plus ou moins maîtrisée.

L'empiètement des superficies cultivées sur les zones boisées pourrait constituer un indice de destruction des unités végétales et partant de l'environnement. Dans l'espace du bassin versant de la Tapoa, les superficies affectées aux cultures ont connu une croissance importante. De 1975 à 2018, les zones de cultures sont passées de 24.300,7 hectares à 100.489 ha; ce qui justifie la conversion des espaces savanicoles et des galeries en zones anthropisées, occupées essentiellement par les cultures et les habitations. Durant la période 1975-2018, le fait marquant dans l'évolution des unités d'occupation des terres du bassin versant est l'apparition lente des zones d'habitation. Celle-ci peine à être perceptible à l'échelle du bassin versant durant toute la période 1975-1998. A partir de 2018, les superficies occupées par les habitations est perceptible sur la carte d'occupation à l'échelle d'étude. Bien que cela ne soit pas synonyme d'absence totale d'habitats, la situation révèle néanmoins une faible densité humaine qui s'est poursuivie jusqu'en 2018. C'est une caractéristique spécifique à la zone d'étude. De nos jours, on constate que l'agriculture de saison sèche ou de contre saison est une pratique de plus en plus adoptée dans la zone du bassin versant et particulièrement accrue autour de la retenue d'eau de Tapoa alors qu'avant la construction du barrage, elle était peu pratiquée par les populations de la zone. Une étude réalisée dans la région de l'Est burkinabè en 2014/2015, a estimé au moins 245 sites aménagés et dont plus de 50% de ces sites étaient localisés sur le bassin versant de Mekrou-Tapoa [5].

#### 4.2 DYNAMIQUE DES UNITES VEGETALES À L'ECHELLE DU BASSIN VERSANT

Les défrichements soutenus et l'extension des parcelles de culture sont consécutifs à l'arrivée d'une horde de migrants à la recherche de terres plus fertiles. Or l'esprit qui anime les migrants est de dégager toujours des surplus agricoles commercialisables [19].

Dans le bassin versant de la Tapoa, on constate que quelle que soit la période considérée notamment 1975-1998, 1998-2018, 1975-2018, les savanes arbustives et herbeuses occupent plus de 70% de la superficie totale. Cela est justifié à travers l'analyse de la matrice de transition. L'ampleur des savanes arbustives est plus importante par rapport à d'autres unités dans le bassin versant de la Tapoa. A l'image de ce dernier, d'autres zones aménagées comme la réserve de biosphère de la mare aux hippopotames connaissent une dominance des savanes arbustives. Selon BELEM *et al* [16], la réserve connaît une réduction des formations forestières fermées telles que les forêts claires au profit des savanes arbustives qui deviennent dominants et des parcs agroforestiers.

La région de l'Est est caractérisée par une végétation constituée de savane arborée qui se dégrade par endroits pour donner lieu à des savanes arbustives [5], [2]. La réalité vécue dans le bassin versant de la Tapoa, confirme cette affirmation étant donné que la production agricole extensive est la plus privilégiée par les populations rurales.

L'augmentation des unités de savanes arbustives est liée à l'effritement des savanes arborées. Par contre, elles s'amenuisent du fait de l'empiètement des zones de cultures et des zones nues. Dans le bassin versant de la Tapoa, la dominance des agriculteurs (plus de 80%) induit sur la demande foncière.

En outre, les besoins de pâture pour leurs bétails est un facteur qui contribue à la dégradation du couvert végétal. Les activités pastorales sont un facteur de pression sur les formations végétales du bassin versant de la Tapoa. Ainsi, l'installation de nouvelles familles des migrants et la recrudescence du cheptel sur le bassin versant de la Tapoa entre 1975 et 2018 ont été à l'origine de la disparition de 95959,2 hectares de savanes arbustives et herbeuses et 15397,74 hectares de formations galeries. Il va donc sans dire que cela a modifié la physionomie actuelle du bassin versant par rapport à celle de 1975. Ce sont les techniques de production agricoles qui sont les véritables causes de la dégradation du couvert végétal. L'année 2000 a connu une arrivée massive de migrants venus principalement du Plateau central burkinabè, de la Gnagna et des communes rurales voisines de Diapaga. Ces migrants ont bénéficié d'une facilité d'accès aux parcelles sur le périmètre et un accompagnement dans le labour des parcelles. Plusieurs d'entre eux ont également réalisé de nouvelles défriches avec l'accompagnement de certains autochtones. De nombreux autochtones qui avaient bénéficié des attributions antérieures de parcelles à la suite des aménagements antérieurs avaient cédés leurs parcelles à des migrants, abandonnant le périmètre au profit des cultures pluviales. L'exploitation du périmètre était donc reléguée au second plan surtout avec le développement de la culture du coton qui constituait une importante source de revenus.

Plusieurs parcelles abandonnées par les autochtones se sont donc retrouvées exploitées des migrants très souvent après une simple demande auprès des anciens bénéficiaires. Ces migrants en plus de l'exploitation, s'investissent également dans les cultures pluviales dans les zones hors périmètre; ce qui accentuent la dégradation des savanes arbustives, de la strate herbeuse et des formations galeries. Cette situation est particulièrement vécue dans les espaces à l'extérieur des aires protégées du bassin versant. L'accroissement de la population dans le bassin versant favorise des défriches dans les savanes

arbustives, exacerbées par la pression foncière sur les nouvelles terres agricoles, synonyme de dégradation des espaces naturels.

Le bassin versant de la Tapoa constitue par excellence un couloir de transit pour les éleveurs transhumants au regard du potentiel fourrager. Ce couloir s'étend jusqu'aux proximités du Parc W et dans les zones villageoises qui les prolongent [20]. En raison des fortes potentialités en terres agricoles, la partie de ce bassin est devenue une zone d'attraction pour les migrants agriculteurs en provenance de la province de la Gnagna, des régions du Plateau Central, du Sahel et des pays voisins tels que le Niger. La tendance à la régression du couvert végétal particulièrement des savanes arbustives sont le fait des dynamiques migratoires impulsées par les besoins d'accroissement des superficies agricoles [17], [2]. L'accroissement des superficies des cultures entre les années 1975 et 2018 ont particulièrement affecté la redistribution des unités d'occupation des terres avec une dominance des unités anthropiques. Les superficies des savanes arbustives/herbeuses ont connu une régression progressive se traduisant particulièrement par leurs conversions en zones nues dans la période 1975-2018. Cela est lié au fait que ces unités sont plus exposées aux pressions agricoles et pastorales dans la zone. Les savanes arbustives et herbeuses sont celles qui sont le plus accessibles aux populations locales dans la zone du bassin versant de la Tapoa.

De nombreuses espèces végétales accessibles sont le plus souvent exploitées par les populations pour satisfaire leurs besoins basiques notamment la médecine traditionnelle, l'alimentaire, le bois et le charbon de bois [2]. De plus, les savanes arbustives et herbeuses, riches en fourrage, situées à proximité de la retenue d'eau de la Tapoa, sont des lieux de passage des troupeaux pour les besoins d'abreuvement du bétail surtout pendant la saison sèche. Ces migrations des pasteurs et leurs bétails constituent une source de dégradation de la strate herbeuse.

L'évolution des superficies cultivées associée à la densité du bétail dans la zone constituent une menace pour l'environnement. Dans le bassin versant de la Tapoa tout comme au plan national, les récentes augmentations de la production agricole constatées ces dernières décennies sont plutôt, le fait d'une extension des terres cultivées, la réduction de la durée des jachères que de l'augmentation des rendements des cultures. En outre, plusieurs espèces végétales sont constamment utilisées pour la préparation des mets locaux, de la médecine traditionnelle, les PFNL, etc. La pression sur ces ressources conduit ainsi à une situation de dégradation des unités les plus sollicitées par les populations locales.

D'une manière générale, l'on note un phénomène de dégradation généralisée de la végétation dans l'ensemble du bassin versant de la Tapoa. Cette tendance est confirmée car au niveau national elle est marquée par une diminution annuelle des superficies végétales de l'ordre de 6,2 % [21].

L'implantation du barrage de la Tapoa et son aménagement sont des facteurs qui portent un impact aux formations végétales du bassin versant. L'arrivée massive des migrants, particulièrement dans les années 2000, avec l'extension des superficies aménagées est un facteur non négligeable de cette régression végétale.

Et comme reconnaissait déjà [19], l'implantation du barrage en lui-même a porté un coup dur à la végétation non seulement en phase de construction mais aussi à la suite des opérations d'aménagements consécutives du périmètre irrigué.

On peut dire que cette présence du barrage et son aménagement a concouru à l'affaiblissement des unités végétales et de leurs diversités biologiques. Le développement des activités autour de l'aménagement hydro-agricole de la Tapoa a donc un effet sur les changements de l'environnement naturel du bassin versant de la Tapoa. Les activités agricoles ont contribué à d'importantes modifications de la couverture végétale qui s'opèrent principalement avec le détriment des zones boisées [2]. Les mauvaises pratiques des riverains sur l'aménagement hydro-agricole telles que les occupations anarchiques et l'exploitation des berges en aval et en amont du barrage détruisent davantage les formations végétales. L'augmentation des populations sur les berges, occasionnent des défrichements incontrôlés qui induisent une pression sur l'environnement du site, source d'une régression de la diversité biologique. L'augmentation des superficies exploitées en cultures irriguées au-delà de la zone aménagée, accentue le risque de disparition de la végétation le long du cours d'eau de la Tapoa. Cette tendance est en grande partie liée au développement des plantations qui se développent autour de la retenue d'eau.

Paradoxalement, sur la même période, les savanes arborées ont vu leurs superficies augmentées de 2878,2 hectares. Cela s'explique par le fait que les aires protégées du bassin versant sont particulièrement dominées par des formations arborées qui bénéficient des efforts de protection menées par les acteurs de la conservation de la nature. Toutefois, une analyse de l'évolution des savanes arborées entre les années 1975 et 1998, révèle une tendance à la dégradation des superficies des formations arborées dans le bassin versant de la Tapoa. Cela se justifie par les sécheresses successives des années 1980-1987 qu'a connu le pays, surtout liés aux déficits pluviométriques à l'instar de la sous-région ouest africaines. Certains auteurs comme [2], justifient cette augmentation par l'importance des actions entreprises dans la zone particulièrement dans les aires protégées.

Faut-il le rappeler, le bassin versant de la Tapoa concentre une forte potentialité d'aires protégées car environ un quart (¼) de sa superficie est couverte de parcs et de réserves partielles notamment le Parc National W, la réserve de Tapoa-Djerma.

Cette augmentation des superficies des savanes arborées avait été constatée par [19] dans le bassin versant de Kompienga. Cependant, les raisons avancées étaient d'ordres traditionnels du fait que dans la plupart des sociétés traditionnelles africaines où les croyances religieuses sont à dominance animiste, les fétiches censés protéger les populations locales sont dans des zones boisées denses. Ces formations sont alors considérées comme des bois sacrés et par conséquent protégées, ce qui contribue à leurs préservations par les populations. Dans la société gourmantché, majoritaire dans la zone d'étude, ce type de conception de la religion animiste est encore pesant. Cette raison peut favoriser la préservation des savanes arborées.

Cependant, elle ne peut être la seule raison soutenable pour justifier ce fait d'accroissement des unités de savanes dans le bassin versant de la Tapoa. Il faut également noter que plusieurs essences utilitaires sont protégées par les populations locales en raison des services qu'elles offrent. Ce sont entre autre *Vitellaria paradoxa* ou *Butyrospermum paradoxum* (C.F. Gaertn.) Hepper, *Parkia biglobosa* (Jacq) R. Br, *Lannea microcarpa* Engl. K.Krause. *Adansonia digitata* Linn., *Tamarindus indica* Linn, *Faidherbia albida* (Del). A Chev.

En outre, la densité du réseau hydrographique dans le bassin versant pourrait favoriser le rapide développement des arbres le long des cours d'eau comme celui de la Tapoa. Le barrage de la Tapoa est une zone humide d'intérêt international qui bénéficie sans doute d'une attention particulière dans la protection et la surveillance des activités à proximité. Depuis 2012, ce barrage a été inscrit sur la liste des sites RAMSAR sous le numéro 1876 en raison de l'importance de l'écosystème. Les berges de ce barrage sont couvertes par un peuplement relativement dense de *Vetiveria nigriflora* (Benth) Stapf qui participe au renforcement du couvert végétal.

La protection de la retenue d'eau contre les activités économiques dégradantes est une action d'une grande importance entreprise par le comité local de l'eau de la Tapoa. Entre 2012 et 2015, la structure a bénéficié de 15 336 260 FCFA pour mener des activités sur l'aménagement avec l'appui de l'Agence de l'Eau du Gourma.

On note également la multiplicité des vergers de manguiers, goyaviers, des bananeraies, qui se sont développées tout le long des cours d'eau qui participent au renforcement des formations arborées. Ce cours d'eau se distingue dans la province de la Tapoa par l'importance des plantations fruitières qui colonisent les berges en amont et en aval.

#### 4.3 REPERCUSSION SUR LES ASPECTS SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX

Les récentes augmentations de la production agricole dans la sous-région ouest-africaine constatées ces dernières décennies sont plus le fait d'une extension des terres cultivées que d'une augmentation des rendements [21].

La population de la zone du bassin versant de la Tapoa, majoritairement dominée par les Gourmantché, est principalement constituée d'agro-pasteurs pour qui les ressources végétales contribuent à la sécurité alimentaire. En effet, plusieurs espèces représentent une importance capitale du fait de l'exploitation des produits forestiers non ligneux (PFNL), du bois de chauffe et des usages médicinaux traditionnels. Parmi ces espèces, *P. biglobosa*, *T. indica* et *Vitellaria paradoxa* (C.F. Gaertn.) Hepper sont parmi les espèces végétales les plus touchées. Elles sont constamment mentionnées par les populations comme étant utilisées pour la préparation des mets locaux, la commercialisation et les soins de santé. La réduction de ces espèces végétales est une perte pour les populations locales qui les utilisent.

La dégradation du couvert végétal est due aux activités humaines [22]. Cet effet multiple sur la végétation en raison de la multiplicité des activités humaines consécutives à l'aménagement de la Tapoa, a une incidence sur les habitudes des communautés locales. La progression des fronts agricoles est réactivée par le barrage et affecte la situation socio-économique et environnementale des populations [23].

La péjoration climatique avec son cortège de précarisation des conditions de vie des populations rurales va certainement renforcer la compétition foncière entre autochtones et migrants dans le bassin versant de la Tapoa et particulièrement dans les environs de l'aménagement; ce qui accentue la multiplication des voisinages conflictuels entre usagers de la zone d'étude. Dans la région de l'Est, les contraintes d'accès au foncier et aux pâturages constituent les plus grands freins avec pour conséquence des conflits permanents entre agriculteurs et éleveurs. Or il est admis que l'essor des conflits liés aux usages de l'espace est parfois présenté comme une évidence, qui marquerait l'avènement de nouvelles pratiques sociales, ou d'inéluctables évolutions territoriales. Ce sont des révélateurs des mutations et des changements qui se produisent dans les territoires [24].

## 5 CONCLUSION

La dynamique des unités d'occupation des terres consécutive à l'aménagement hydro-agricole révèle une dégradation des unités naturelles au profit des unités anthropiques dans le bassin versant de la Tapoa. Cet aménagement malgré ses apports, joue donc un rôle important dans la dégradation de l'environnement de la zone d'étude. La méthodologie déployée a permis de comprendre que cette dynamique se caractérise par une destruction progressive des savanes arbustives et herbeuses dans la période 1975-2018 dans la zone du bassin versant. Toutefois, il a été noté un renforcement des savanes arborées qui bénéficie des actions de protection dans les aires protégées. L'aménagement hydro-agricole de la Tapoa a favorisé la progression des zones de cultures au cours de la période 1975-2018. Cela se manifeste par une extension des superficies cultivées au détriment des unités savanicoles, majoritairement dominantes dans la zone d'étude. Il est donc évident que la construction du barrage et son aménagement a des répercussions sur l'environnement du bassin versant de la Tapoa.

La réduction des unités naturelles, accentuée par les activités développées autour du barrage, s'expliquent par les extensions des terres exploitées à des fins économiques et alimentaires des ménages. La dégradation continue de la végétation ligneuse pourrait donc avoir des conséquences économiques sur des populations du fait de leur forte dépendance à l'exploitation de cette ressource [1]. Face à cette situation, il est judicieux d'investiguer sur les mesures de protection de la nature à mettre en œuvre dans le bassin versant afin de minimiser le phénomène d'extinction du couvert végétal qui se profile à l'horizon si rien n'est fait dans la zone surtout avec l'intérêt grandissant des populations pour l'exploitation du barrage de la Tapoa.

## REFERENCES

- [1] Pounyala Awa Ouoba, Evariste Constant Da Dapola et Souleymane Pare. « Perception locale de la dynamique du peuplement ligneux des vingt dernières années au Sahel burkinabé », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 14 Numéro 2 | septembre 2014, mis en ligne le 10 septembre 2014, consulté le 03 mai 2019. URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/15131>; DOI: 10.4000/vertigo.15131.
- [2] GANSAONRE Raogo Noël. Perception de la dynamique du couvert végétal à la périphérie du parc W/Burkina Faso, *Revue de géographie de l'Université de Ouagadougou*, n°7, vol. 1, pp. 1-25, 2018.
- [3] HOUNTONDI Yvon-Carmen Houéhanou. Dynamique environnementale en zones sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest: Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal. Thèse de doctorat, 153 pages. Faculté des sciences. Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège, 2008.
- [4] AGBODAN Kodjovi Mawuégnigan Léonard<sup>1</sup>, AKPAVI Sêmihinva, AMEGNAGLO Kossi Béssan, AKODEWOU Amah, DIWEDIGA Badabaté, KODA Donko Koudzo, AGBODAN Kokou Agbékonyi, BATAWILA Komlan, AKPAGANA Koffi. Connaissances écologiques locales sur les indicateurs de dégradation des sols utilisées par les paysans dans la zone guinéenne du Togo (Afrique de l'ouest). *REV. RAMRES - VOL.07 NUM.00. 2019 \* ISSN 2424-7235*.
- [5] Global Water Partnership/Afrique de l'Ouest. « Analyse de l'utilisation actuelle des ressources en eau et définition de la situation de référence sur la portion du territoire du Burkina se situant dans le bassin de la Mékrou et les études des plans GIRE existants, des politiques et stratégies de croissance verte et de gestion des situations de sécheresse et d'inondation, des politiques et stratégies énergétiques et de la lutte contre la pauvreté au Burkina Faso », 43 pages, Projet Mékrou-Burkina Faso, 2016.
- [6] SAMOURA Karim. Contributions méthodologiques à l'évaluation environnementale stratégique de l'exploitation du potentiel hydroélectrique des bassins côtiers en milieu tropical: cas du Konkouré, en guinée. Thèse de doctorat. Université du Québec à Montréal, 304 pages, 2011.
- [7] Fowe T., Karambiri H., Paturel Jean-Emmanuel, Poussin Jean-Christophe, Cecchi Philippe. Water balance of small reservoirs in the Volta basin: a case study of Boura reservoir in Burkina Faso. *Agricultural Water Management*, 2015, 152, p. 99-109. ISSN 0378-3774.
- [8] SAWADOGO M. Etude de la reconstruction du barrage de la Tapoa dans la région de l'Est, Mémoire de Master en Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2IE-AC3E, Ouagadougou, Burkina Faso, 79 pages, 2014.
- [9] SAWADOGO Abdoul Bassit. Dynamique spatio-temporelle des feux de brousse dans le corridor forestier de la boucle du Mouhoun, Mémoire de Master professionnel en SIG-AGEDDD/ Gestion de l'environnement et développement durable, Département de géographie. Université de Ouaga I Pr. Joseh Ki Zerbo, 114 pages, 2018.
- [10] SAWADOGO Hamado. Using soil and water conservation techniques to rehabilitate degraded lands in Northwestern Burkina Faso. *VL 9, DO: 10.3763/IJAS.2010.0552, International Journal of Agricultural Sustainability*.
- [11] GUINKO Sita, 1984. Végétation de la Haute-Volta. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Bordeaux III, 394 p. + annexes.

- [12] Daniabla Natacha Edwige THIOMBIANO, NIEYIDOUBA Lamien, Ana M. CASTRO-EULER, Barbara VINCETI, Dolores AGUNDEZ, Issaka Joseph BOUSSIM. Local Communities Demand for Food Tree Species and the Potentialities of Their Landscapes in Two Ecological Zones of Burkina Faso, 2013 N°3, 79-87; Published Online July 2013 in SciRes Vol3, Open Journal of forestry. (<http://www.scirp.org/journal/ojf>) <http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2013.33014>.
- [13] Marco SCHMIDT, Holger KREFT, Adjima THIOMBIANO, Georg ZIZKA; Herbarium collections and field data-based plant diversity maps for Burkina Faso. *Diversity and Distributions*, (Diversity Distrib.) 11, 509–516. DOI: 10.1111/j.1366-9516.2005.00185.x, 2005.
- [14] OUÉDRAOGO (K), 2009. Evaluation des coûts additionnels et des bénéfices du Parc W/Burkina Faso pour les communautés agropastorales locales: cas des agropasteurs et des transhumants du terroir riverain de Kotchari. Diplôme d'ingénieur du développement rural, IDR/UPB, 52p.
- [15] GUELBEOGO (S), 2017. Dynamique des ressources naturelles dans le bassin versant du lac Bam. Mémoire de Master professionnel en Système d'information géographique/Environnement et développement durable. Dept de Géographie, Université Ouaga I Pr. Joseph Ki Zerbo, 119 pages.
- [16] BELEM M., NABALOU M., DA D. Evariste C. 2017. Dynamique de l'occupation des terres dans la Réserve de Biosphère de la Mare aux Hippopotames, Poster présenté au 3è SIST 3è SIST, CNRST/CORAF, Ouagadougou du 4 au 8 Décembre.
- [17] Arnaud OUEDRAOGO, Evariste Constant Dapola DA, Awa Pounyala OUOBA. Perception locale de l'évolution du milieu à Oula au Nord du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol 11, N°1, 2017 Int. J. Biol. Chem. Sci. 11 (1): 144-156, <http://ajol.info/index.php/ijbcs> <http://indexmedicus.afro.who.int>, (February 2017).
- [18] SOUNGALO Soulama, Abel KADEBA, Blandine M.I. NACOLMA, Salifou TRAORE, Yvonne BACHMANN, Adjima THIOMBIANO. Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique. *Journal of Applied Biosciences* 87: 8047–8064, ISSN 1997-5902, 2015.
- [19] DIPAMA Jean-Marie. Les impacts du barrage hydro-électrique sur le bassin versant de la Kompienga (Burkina Faso). Thèse de Doctorat Géographie tropical. Université de Montaigne Bordeaux III, 398 pages, 1997.
- [20] AMADOU BOUREIMA et BOUTRAIS (J), 2012. Logiques pastorales et de conservation de la nature: les transhumances et le parc du w (Niger, Burkina Faso, Bénin). *Presses de Sciences Po « Autrepart »* 2012/1 N° 60 | pages 55 à 75.
- [21] SP/CONEED. Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable. <http://www.onedd-burkina.info/index.php/2012-09-21-16-57-47>.
- [22] Julien AVAKOUDJO, Adi MAMA, Ismaïla TOKO, Valentin KINDOMIHOU, Brice SINSIN. Dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au nord-ouest du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. December 2014. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). <http://indexmedicus.afro.who.int>.
- [23] Jean OUEDRAOGO, Elisée OUEDRAOGO, Hassan Bismarck NACRO. Effet de l'interaction entre des modes de gestion de fertilité et la macrofaune sur la productivité du niébé et du sorgho en zone nord soudanienne du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. Int. J. Biol. Chem. Sci. 8 (1): 104-114, February 2014.
- [24] TORRE André. Conflits environnementaux et territoires, in Zuideau B. (ed), *Développement Durable et Territoire*, Presses Universitaires du Septentrion, 518p, 2010.