

Impacts des pressions anthropiques et des changements climatiques sur les parcs agroforestiers de l'Ouest du Niger

[Impacts of anthropogenic pressures and climate change on agroforestry parks in western Niger]

Ibrahim Biga¹, Issiaka Issaharou Matchi², Laouali Abdou², Idrissa Soumana¹, and Ali Mahamane²

¹Département de Gestion des Ressources Naturelles (DGRN), Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), Niamey, Niger

²Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Diffa, Diffa, Niger

Copyright © 2021 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: Despite their socio-economic and environmental importance, agroforestry parks undergo various pressures which threaten their existence. The study objective is to study the sustainability of agroforestry parks in the municipalities of Gothèye, Tagazar and Torodi in order to find out which of the anthropogenic or climatic factors impacts them most. For this purpose, two types of data were collected, namely dendrometric data through a floristic inventory and rainfall data acquired from the National Directorate of Meteorology. Our results on climate characterization from SPI and their trend have shown the return of favorable (wetter) conditions to vegetation development. Thus, a year of rupture was highlighted by the Pettitt test in 1991 for the municipality of Tagazar, confirming the positive evolution of rainfall. The eight (8) identified parks types are heavily anthropized with an anthropization rate of at least 64% varying from one park to another. The anthropizing factors that weigh the most on these parks are logging (energy and pastoral). The most viable parks are those of Tagazar and Gothèye unlike those of Torodi which are experiencing advanced degradation. Thus, our results suggest that parks are more affected by anthropogenic than climatic actions. For the sustainability of these parks, it is important to take inclusive measures that allow all stakeholders to be involved in the management and exploitation of park resources.

KEYWORDS: Sustainability, Pressures, Rainfall, Agroforestry parks, Niger.

RESUME: Les parcs agroforestiers malgré leurs importances socio-économiques et environnementales subissent diverses pressions qui menacent leurs existences. Cette étude a pour objectif d'étudier la durabilité des parcs agroforestiers des communes de Gothèye, Tagazar et Torodi afin de savoir lequel des facteurs anthropique ou climatique les impacte plus. Pour cela deux types de données ont été collectées à savoir les données dendrométriques à travers un inventaire floristique et celles pluviométriques acquises auprès de la Direction Nationale de la Météorologie. Nos résultats sur la caractérisation climatique à partir du SPI et de leur tendance ont montré le retour des conditions favorables (plus humides) au développement de la végétation. Ainsi, une année de rupture a été mise en exergue par le test de Pettitt en 1991 pour la commune de Tagazar confirmant l'évolution positive de la pluviométrie. Les huit (8) types de parcs identifiés sont fortement anthropisés avec un taux d'anthropisation d'au moins 64% qui varie d'un parc à un autre. Les facteurs d'anthropisation qui pèsent le plus sur ces parcs sont les coupes de bois (énergie et pastorale). Les parcs les plus viables sont ceux de Tagazar et Gothèye contrairement à ceux de Torodi qui connaissent une dégradation avancée. Ainsi nos résultats suggèrent que les parcs sont plus impactés par les actions anthropiques que climatiques. Pour la durabilité de ces parcs il est important de prendre des mesures intégratrices permettant à tous les acteurs d'être associés à la gestion et à l'exploitation des ressources des parcs.

MOTS-CLEFS: Durabilité, Pressions, Pluviométrie, Parcs agroforestiers, Niger.

1 INTRODUCTION

Le Niger, pays sahélien, couvre une superficie de 1 267 000 km² dont les trois quarts sont désertiques. Il est subdivisé en 8 régions, 36 départements et 266 communes. Sa population, très jeune avec 49,2% de moins de 15ans, était estimée en 2017 à 20 651 070 habitants [1]. La démographie est marquée par un accroissement rapide de la population avec un taux d'accroissement de 3,3% et 3,9% par an pour les périodes 1988-2001 et 2001-2012 [1]. Cette croissance démographique accélérée entraîne une augmentation des besoins en bois énergie et bois d'œuvre, en surfaces cultivable et habitable au détriment des forêts. En effet, plusieurs études conduites sur les formations forestières nigériennes indiquent l'amenuisement de leur superficie [2].

Parallèlement à ce phénomène de déboisement, il s'est développé le maintien et l'entretien des arbres dans les champs à travers la régénération naturelle assistée développée et vulgarisée par l'Etat et ses partenaires. Cette pratique agroforestière, mieux développée dans le centre-sud du Niger a permis une progression en surface et en densité des arbres dans les champs entretenus par les exploitations agricoles [3]. Ces parcs, façonnés par les exploitations agricoles, jouent un rôle fondamental dans le quotidien des populations rurales. Ils contribuent à l'alimentation animale et humaine et aux revenus des ruraux à travers la cueillette et la vente de produits ligneux et non ligneux [4]. En plus de ces valeurs alimentaire et économique, ces parcs contribuent également à la satisfaction des besoins en produits médicinaux, en bois de service et d'énergie et à la lutte contre les changements climatiques, la protection et la fertilité des sols [5].

Malgré l'importance de ces parcs agroforestiers, ces derniers subissent une forte pression d'origines anthropique et climatique [6], [7], [8]. Dans ce contexte, l'on doit se poser la question de la pérennité de ces parcs et de leurs services socio-économiques et environnementaux; et de savoir lequel des facteurs de pressions les impacte le plus. Pour ce faire, il est important de conduire des études relatives à la viabilité et à la durabilité de ces agrosystèmes et par conséquent de dégager les principaux facteurs de leur dégradation. La présente étude qui adhère parfaitement à cette démarche a pour objectif d'étudier la durabilité des parcs des communes de Gothèye, Torodi et Tagazar face aux pressions anthropiques et climatiques. Pour atteindre cet objectif, il sera question de faire la typologie des parcs agroforestiers, d'analyser les impacts climatiques (pluviométrie) et anthropiques sur ces derniers.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

Située dans l'extrême Ouest du Niger, la région de Tillabéry est comprise entre les latitudes 11°50' N et 15°45' N et longitudes 0°10' E et 4°20' E. Elle est divisée en six départements composés de quarante-cinq communes [9]. Il s'agit des communes de Gothèye (164 346,59 ha), Torodi (531625,16 ha) et Tagazar (139785,78 ha) (Fig.1.) [2]. Le climat de la zone d'étude est de type Sahélien avec des précipitations moyennes annuelles de 200 à 500 mm par an pour les communes de Gothèye et Tagazar et Sahélo-soudanien pour celle de Torodi avec une pluviométrie qui varie entre 400 et 650 mm. L'Agriculture est la première activité des populations. Elle est à dominance pluviale et extensive. Les parcs agroforestiers, objet de cette étude, sont intensivement cultivés pour la production de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) qui est en association avec le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Ces deux spéculations sont les principales ressources alimentaires de la zone d'étude.

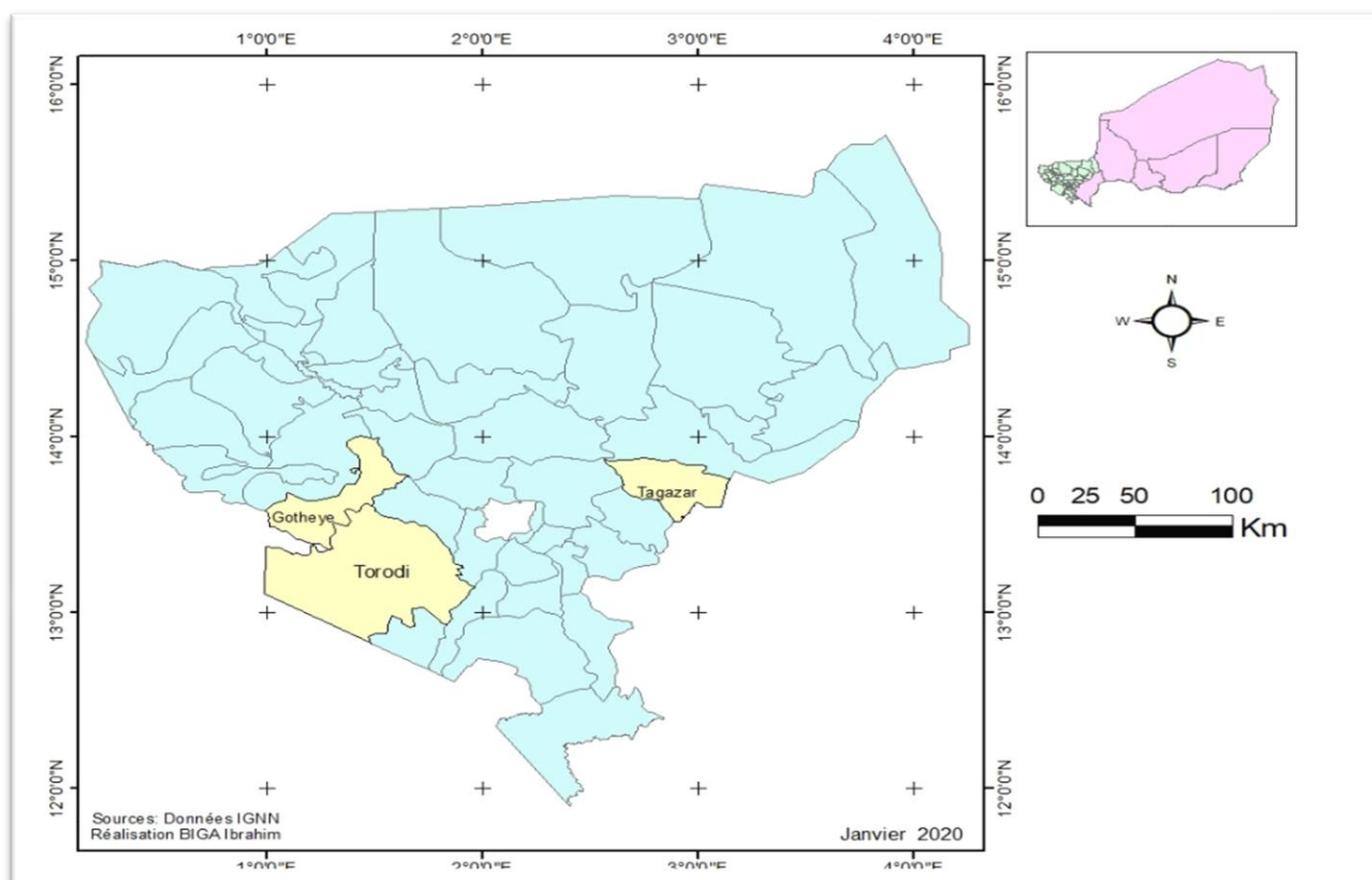


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

2.2 COLLECTE DE DONNÉES

L'inventaire a été conduit de façon aléatoire dans des placettes de 2500 m² (50 m x 50 m) délimitées dans chaque site. Un total de 168 placettes réparties en 70 à Gothèye, 40 à Torodi et 58 à Tagazar. Dans chaque placette tous les individus ligneux de diamètre supérieur à 4 cm ont fait l'objet de mesures. Sur chaque individu, il a été mesuré la hauteur totale à l'aide d'une perche graduée, le diamètre du tronc à 1,3 m du sol à l'aide de compas forestier. Deux diamètres perpendiculaires du houppier par projection au sol ont été mesurés à l'aide d'un mètre ruban. La régénération naturelle a été identifiée et inventoriée dans 5 quadras de 25 m² (5 m x 5 m) au niveau des quatre angles et au centre de la placette [10]. Dans cette étude est considéré comme régénération tout individu ligneux dont le diamètre est inférieur à 4 cm [10]. Les différents facteurs de perturbation anthropiques (abattage, élagage, émondage, étêtage, écorçage, prélèvement de racine) et climatiques (dépérissement et mortalité) ont également été recensés sur chaque individu.

Des données pluviométriques sur la période 1970 à 2019 pour les communes de Gothèye, Torodi et 1978 à 2019 pour Tagazar ont été acquises auprès de la Direction Générale de la Météorologie Nationale du Niger. Ces données ont servi à calculer les indices de précipitations standardisés et les tests de tendances afin de compléter l'impact du climat sur des parcs.

2.3 TRAITEMENTS DES DONNÉES

2.3.1 TYPOLOGIE DES PARCS

Le principe d'une méthode de groupement ou de classification est de rassembler des objets qui ont un degré de similarité suffisant pour être réunis dans un même ensemble [11].

Pour faire la typologie des parcs, nous avons utilisé les matrices de données de présence/absence des 168 relevés (40 à Torodi, 58 à Tagazar, et 70 à Gothèye) de végétation effectués. Ensuite, les trois matrices de données de présence/absence correspondant à chaque commune ont été utilisées pour faire la classification hiérarchique ascendante (CHA) avec le logiciel MINITAB14. Les dendrogrammes issus de cette classification par commune ont permis l'identification des groupements ou types de parcs agroforestiers à un seuil de l'indice de similarité basée sur la distance euclidienne par la méthode de Ward.

Cette classification a permis d'établir la typologie des parcs de la zone d'étude. Pour chaque parc, il a été calculé les paramètres ci-dessous.

2.3.2 PARAMETRE DE LA DIVERSITÉ SPECIFIQUE

- **Indice de diversité de Shannon (H') en bits**

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

Pi étant la fréquence de l'espèce i dans le peuplement, S le nombre d'espèces.

Pour $H' \leq 0,5$ = diversité très faible, $H < 2,5$ = faible; $2,5 \leq H < 4$ = moyen; $H \geq 4$ = élevé.

- **Equitabilité de Pielou (E)**

$$E = \frac{H'}{\log_2 S}$$

H' = indice de Shannon, S = nombre total des espèces, $\log_2 S = H_{max}$

- **Richesse spécifique**

La richesse spécifique totale (S) est le nombre total d'espèces par parc

2.3.3 PARAMETRE DE LA VEGETATION LIGNEUSE

- **Indice de valeur d'importance (IVI)**

$$IVI = \text{Domr} + \text{Dr} + \text{Fr}$$

Domr étant la dominance relative, Dr la densité relative, Fr la fréquence relative, Sa valeur varie de 0 à 300 %. Une espèce est écologiquement importante, si son IVI ≥ 10 pour 300.

Cet indice a permis la nomination de chaque groupement ou parc. Les deux premières espèces du groupement ayant les plus forts taux de l'IVI définissent de facto les espèces indicatrices ou caractéristiques du parc.

- **Recouvrement moyen (RM) en %**

$$RM (\%) = \frac{\pi \sum_{i=1}^n \times d_{mi}^2}{4s} \times 100$$

S étant la superficie de la placette (m²), dmi le diamètre moyen du houppier de l'individu i (m)

- **Densité moyenne (D) observée**

$$D = \frac{n}{S}$$

n étant le nombre d'individus inventoriés dans la placette, s la superficie de la placette en ha.

- **Surface terrière (G)**

$$G = \frac{\pi}{4000 S} \sum_{i=1}^n d_i^2$$

- **Taux régénération du peuplement (TRP)**

$$\text{TRP} = \frac{\text{Effectifs des jeunes plants du peuplement}}{\text{Effectif des sujets adultes du peuplement}} \times 100$$

2.3.4 INDICATEUR DE PRESSIONS

2.3.4.1 PRESSIONS ANTHROPIQUES

L'analyse des pressions anthropiques sur les ligneux des parcs agroforestiers a été faite sur la base de l'indice d'anthropisation calculé à partir des dégâts subis par les ligneux. Dans cette étude, il a été considéré comme dégâts anthropiques les coupes (abattage, élagages, émondages, étêtage), les écorçages, les prélèvements de racine constatés au niveau de chaque individu inventorié du peuplement. L'indice d'anthropisation d'une espèce (I_d), exprimé en pourcentage, a été calculé selon la formule utilisée par [8]. Il est égal au rapport entre le nombre d'individus adultes de l'espèce présentant au moins un des dégâts cités plus haut sur le nombre total d'individus adultes de cette même espèce dans le peuplement inventorié.

$$I_d = \frac{\text{Nombre d'individus adultes présentant au moins un dégât}}{\text{Nombre total d'individus}} * 100$$

2.3.4.2 PRESSIONS CLIMATIQUES

Au Niger, à l'instar des autres pays du Sahel, la pluviométrie est de loin le facteur le plus limitant pour les écosystèmes et les populations. Par conséquent, il est le paramètre le mieux indiqué pour l'analyse de la variabilité du climat au Sahel et en particulier au Niger ([12], [13]). Pour ce faire les pressions d'ordre climatique ont consisté à l'analyse de la variation pluviométrique à travers l'indice standardisé de précipitation ou Standardised Precipitation Index (SPI) sur la base de la période de référence de 1981 à 2010 recommandée par l'Organisation Mondiale de la Météorologie. L'indice SPI a été conçu pour quantifier le déficit de précipitations à différentes échelles de temps et se mesure selon le tableau 1 [14]. Ainsi, nous avons calculé le SPI annuel sur la base des précipitations annuelles pour chacune des trois communes d'étude, notamment pour les communes de Gothèye et Torodi sur une série de 50 ans (1970 à 2019) et une série de 42 ans (1978 à 2019) pour celle de Tagazar. Ces données pluviométriques annuelles utilisées ont été obtenues auprès de la Direction de la Météorologie Nationale du Niger. Cet indice a été calculé par la formule ci-dessous

$$IPS = \frac{X_i - Y}{S}$$

Où X_i désigne la pluviométrie de l'année i , Y la pluviométrie moyenne sur la période de référence de 1981 à 2010 recommandée par l'OMM et S l'écart-type de la pluviométrie sur la même période de référence.

Tableau 1. Classification du SPI selon OMM

Valeur SPI	Catégorie
2,0 et plus	Extrêmement humide
De 1,5 à 1,99	Très humide
De 1,0 à 1,49	Modérément humide
De -0,99 à 0,99	Proche de la normale
De -1,0 à -1,49	Modérément sec
De -1,5 à -1,99	Très sec
-2 et moins	Extrêmement sec

Les tests de [15] et de [16] ont également été utilisés pour caractériser les fluctuations pluviométriques. Le test de Pettitt permet de détecter des ruptures dans les séries chronologiques qui ne sont pas homogènes par l'intermédiaire des calculs statistiques. L'hypothèse H_0 testée est qu'il n'y a pas de rupture. La valeur p de la statistique permet de savoir si cette rupture est statistiquement significative au seuil de 0,05 [17].

Quant au test de Mann-Kendall, il permet d'étudier la présence ou l'absence de tendance dans une série chronologique donnée en dégageant l'existence ou non d'une tendance linéaire à la hausse ou à la baisse sur cette série [18]. L'hypothèse H_0

testée est qu'il n'y a pas de tendance. Si la P_{value} est inférieur à 5%, seuil de significativité choisi, l'hypothèse H_0 est rejetée et on conclut à l'existence d'une tendance significative. Tous les tests, graphiques et procédures statistiques ont été réalisés avec le logiciel XLSTAT 2020.

En plus de cet indice et tests, le dépérissement et les mortalités sur pied des arbres qui ne présentent aucun signe d'anthropisation ont également été considérés comme dégâts dû aux changements climatiques. Le taux de mortalité (TM) d'une espèce est le rapport entre le nombre d'individus morts d'une espèce sur le nombre total des individus de cette même espèce [8].

$$TM = \frac{\text{Nombre d'individus morts d'une espèce}}{\text{Nombre total d'individus de cette espèce}} \times 100$$

3 RESULTATS

3.1 TYPOLOGIE DES PARCS

Les matrices de données en présence/absence des trois communes soumises à la classification hiérarchique ascendante ont permis de discriminer les parcs agroforestiers de la zone d'étude. Sur l'ensemble de la zone d'étude, il n'a été constaté que des parcs mixtes où sont conservés et gérés par les producteurs plusieurs espèces agroforestières. Sur l'ensemble de la zone d'étude 8 types de parcs ont été identifiés dont deux à Torodi et trois à Tagazar et à Gothèye chacune.

3.1.1 COMMUNE DE GOTHEYE

Sur la base de 70 relevés et 23 espèces, trois types de parcs ont été individualisés au seuil de l'indice de Sorensen (Fig.2.). Il s'agit du:

- **Parc I ou Parc mixte à *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile et *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev.** Il a été identifié à partir de 47 relevés et 22 espèces. Les espèces compagnes qui ont les plus grandes valeurs de IVI donc écologiquement importantes sont: *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst, *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Delile, *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst, *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC. Il est caractérisé par une densité moyenne de $35 \pm 18,99$ individus / ha, de $1,02 \pm 0,016$ m² /ha de surface terrière moyenne et un indice de Shannon de 2,55 bits.
- **Parc II ou Parc mixte à *Hyphaene thebaica* (L.) Mart et *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev.** Ce parc a été discriminé sur la base de 11 relevés constitués de 7 espèces. A côté des deux espèces caractéristiques qui portent le nom du parc coexistent d'autres espèces compagnes dont celles qui ont les valeurs IVI supérieures ou égales à 10: *Balanites aegyptiaca* et *Combretum glutinosum* Perr. ex DC. Il a une densité moyenne $26,55 \pm 8,44$ individus/ha, une surface terrière moyenne de $0,31 \pm 0,01$ m² / ha et un indice de Shannon de 2,55 bits.
- **Parc III ou Parc mixte à *Balanites aegyptiaca* et *Combretum glutinosum* Perr. ex DC.** Ce troisième type de parc de la commune de Gothèye a été identifié à partir de 12 relevés et 8 espèces. Les espèces compagnes qui ont des valeurs de IVI supérieures ou égales à 10 sont: *Guiera senegalensis* J. F. Gmel., *Piliostigma reticulatum*, *Sclerocarya birrea*. Il est caractérisé par une densité moyenne de $34,67 \pm 15,85$ individus/ha, une surface terrière moyenne de $0,21 \pm 0,01$ m²/ha et un indice de Shannon de 1,87 bits.

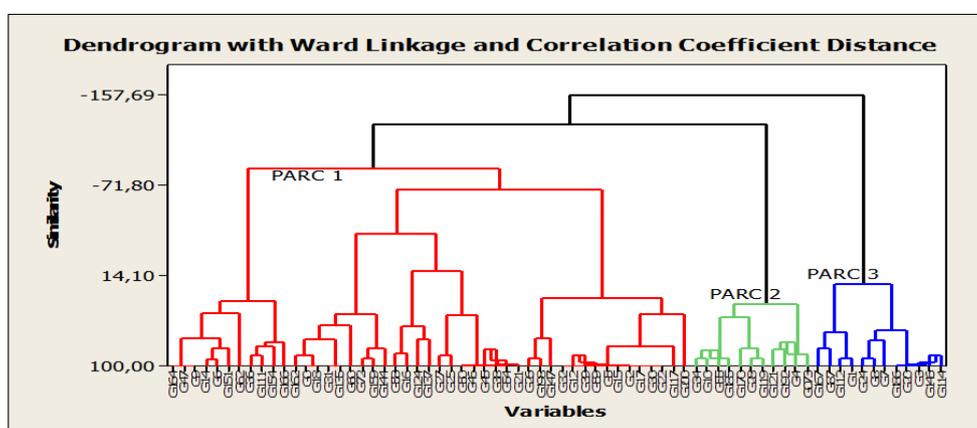


Fig. 2. Identification des parcs agroforestiers de la commune de Gothèye

3.1.2 COMMUNE DE TAGAZAR

Sur la base de 58 relevés et 28 espèces, trois groupements ont été individualisés au seuil de l'indice de Sorensen (Fig. 3.). Il s'agit des:

- **Parc IV ou Parc mixte à *Combretum glutinosum* Perr. ex DC et *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev.** Ce premier parc de la commune de Tagazar a été défini sur la base de 14 relevés et 11 espèces dont les plus importantes portent son nom. Parmi ces espèces les plus écologiquement importantes figurent: *Piliostigma reticulatum*, *Ziziphus mauritiana* Lam., *Sclerocarya birrea* et *Balanites aegyptiaca*. Ce parc a une densité moyenne de $33,71 \pm 18,34$ individus/ha, une surface terrière moyenne de $0,29 \pm 0,009$ m²/ha et un indice de Shannon de 2,47 bits.
- **Parc V ou Parc mixte à *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev. et *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance ex F. White.** Ce cinquième parc a été constitué à partir de 15 relevés et 18 espèces. Les espèces écologiquement importantes après celles qui ont servi à le nommer sont: *Piliostigma reticulatum*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* *Sclerocarya birrea*, *Annona senegalensis* Pers., *Acacia nilotica*, *Bauhinia rufescens* Lam, *Hyphaene thebaica*, *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn. Il est caractérisé par une densité moyenne de $38,93 \pm 25,40$ individus/ha, une surface terrière moyenne de $0,67 \pm 0,05$ m²/ha et un indice de diversité de Shannon de 3,57 bits.
- **Parc VI ou Parc mixte à *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev. et *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile.** Ce troisième type de parc de la commune de Tagazar a été défini sur la base de 29 relevés et 19 espèces. Sur les espèces recensées, les plus caractéristiques du groupement donc qui ont les plus grandes valeurs d'IVI sont *Faidherbia albida* et *Balanites aegyptiaca*. Les espèces compagnes ayant un IVI supérieur ou égal à 10 sont: *Hyphaene thebaica*, *Neocarya macrophylla*, *Acacia nilotica*, *Annona senegalensis*. Il a une densité moyenne de $47,45 \pm 28,36$ individus/ha, une surface terrière de $1,67 \pm 0,04$ m² / ha et un indice de Shannon de 2,77 bits.

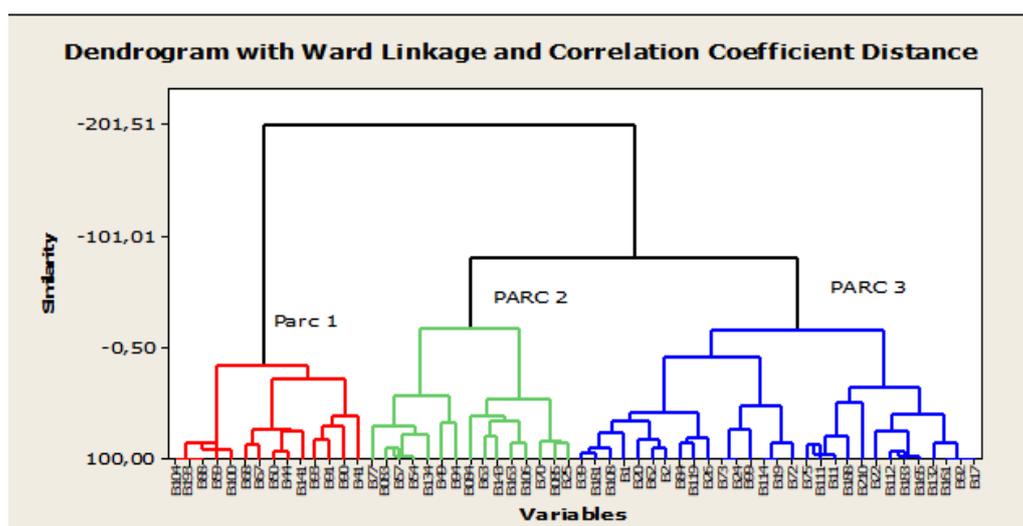


Fig. 3. Identification des parcs agroforestiers de la commune de Tagazar

3.1.3 COMMUNE DE TORODI

Le dendrogramme issu de la CHA des 40 relevés et 42 espèces des parcs agroforestiers de la commune de Torodi a permis de mettre en exergue deux types de parcs au seuil de l'indice de similarité de Sorensen (Fig. 4.). Il s'agit des:

- **Parc VII ou Parc mixte à *Piliostigma reticulatum* (DC.) et *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile.** Ce septième parc est composé de 16 relevés et de 28 espèces. A côté de ces deux espèces caractéristiques figurent d'autres dont celles qui sont écologiquement importantes (IVI supérieur ou égal à 10). Il s'agit de: *Combretum glutinosum*, *Vitellaria paradoxa*, *Combretum micranthum* G. Don., *Diospyros mespiliformis*. Ce parc a une densité moyenne de $45 \pm 19,84$ individus/ha, une surface terrière de $0,86 \pm 0,07$ m² / ha et un indice de Shannon de 3,91bits.
- **Parc VIII ou Parc mixte à *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile et *Hyphaene thebaica* (L.) Mart..** Ce huitième type de parc a été individualisé sur la base de 24 relevés et de 30 espèces. Parmi les espèces compagnes les plus écologiquement importantes sont: *Diospyros mespiliformis*, *Acacia nilotica*, *Sclerocarya birrea*, *Combretum micranthum*. Ce parc a une densité moyenne de $43,5 \pm 22,38$ individus/ha, une surface terrière de $1,68 \pm 0,09$ m² / ha et un indice de Shannon de 3,13 bits.

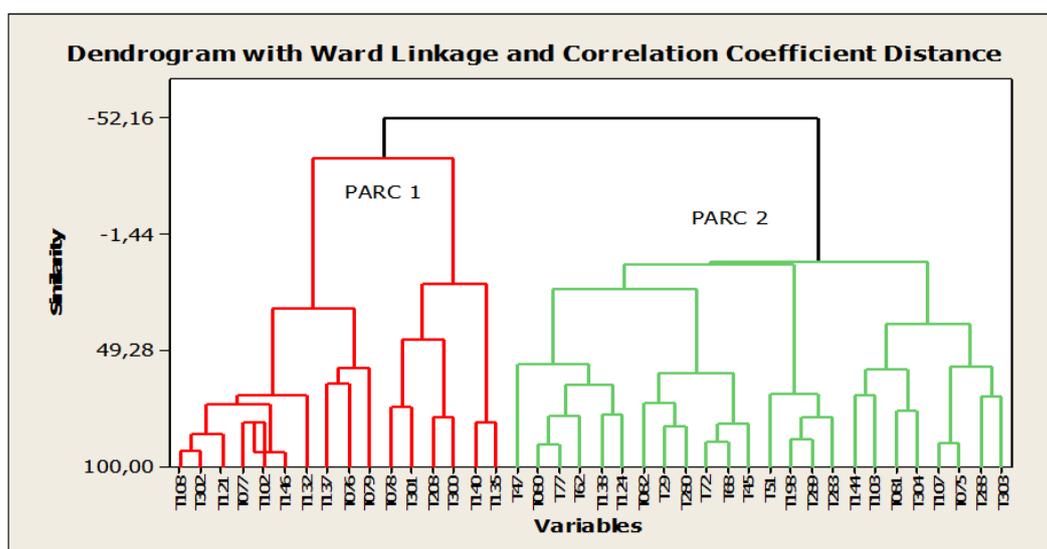


Fig. 4. Identification des parcs agroforestiers de la commune de Torodi

3.2 PRESSIONS SUR LES PARCS

3.2.1 PRESSIONS ANTHROPIQUES

3.2.1.1 TAUX D'ANTHROPISATION

L'analyse du tableau 2. montre une forte anthropisation de la zone d'étude qui varie d'une commune à une autre. La moyenne du taux d'anthropisation moyen le plus élevé a été observé dans les parcs agroforestiers de la commune de Torodi ($86,6 \pm 4,9$ %) suivi de ceux de Tagazar ($74,7 \pm 22,1$ %). Les parcs de la commune de Gothèye sont les moins anthropisés avec une moyenne du taux d'anthropisation moyen de $64,9 \pm 8,9$ %.

Il a été recensé lors de cette étude trois types de pression anthropiques sur les ligneux des parcs agroforestiers à savoir les coupes (élagage/émondage, coupe rase, étêtage), les écorçages et le prélèvement des racines (Photo 1.). De ce tableau 2, il ressort que les parcs, quelle que soit la commune, subissent plus de coupes (élagage/émondage) que les autres types de pressions. Le prélèvement d'écorce par les populations occupe la deuxième place des pressions anthropiques.

Tableau 2. Taux d'anthropisation et types de pression anthropique des parcs agroforestiers

Communes	Parcs	EE	% EE	ET	CR	EC	%EC	PR	NI	IH	TAM	MTAM
Gothèye	Parc I	228	98,3	1	1	10	4,3	1	383	232	$74,5 \pm 23,6$	$64,9 \pm 8,9$
	Parc II	40	90,9	1	3	1	2,3	0	72	44	$63,1 \pm 37,5$	
	Parc III	60	100	0	0	0	0	1	100	60	$57 \pm 30,5$	
Torodi	Parc IV	149	94,3	2	2	5	3,2		177	158	$90,1 \pm 21,3$	$86,6 \pm 4,9$
	Parc V	188	93,5	4	3	11	5,5	0	258	201	$83,18 \pm 29,7$	
Tagazar	Parc VI	103	96,3	0	1	3	2,8		107	107	100	$74,7 \pm 22,1$
	Parc VII	69	97,2	0	0	15	21,1	0	146	71	$59,4 \pm 34,7$	
	Parc VIII	185	75,5	1	0	12	4,9	0	344	245	$64,6 \pm 38,4$	

EE = Emondage/Elagage; ET = Etêtage; CR = Coupe rase; EC = Ecorçage; PR = Prélèvement de racine; NI = Nombre d'individus; IH = Impact humain, TAM (%) = Taux d'anthropisation moyenne; MTAM (%) = Moyenne du taux d'anthropisation moyen.



Photo 1. Pressions sur les ligneux: A = Emondage/Elagage; B = Ecorçage; C = Etêtage; D = Prélèvement de racine.

Source: Inventaire des Parcs agroforestiers

3.2.1.2 LIGNEUX FORTEMENT ANTHROPISE

L'analyse de la fig. 5. présente les espèces les plus anthropisées des parcs agroforestiers des trois communes de la zone d'étude. Toutes ces espèces ont au moins 55 % de taux d'anthropisation. Les espèces les plus anthropisées à l'échelle des trois communes sont: *Acacia nilotica*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Faidherbia albida*, *Piliostigma reticulatum* et *Hyphaene thebaica*.

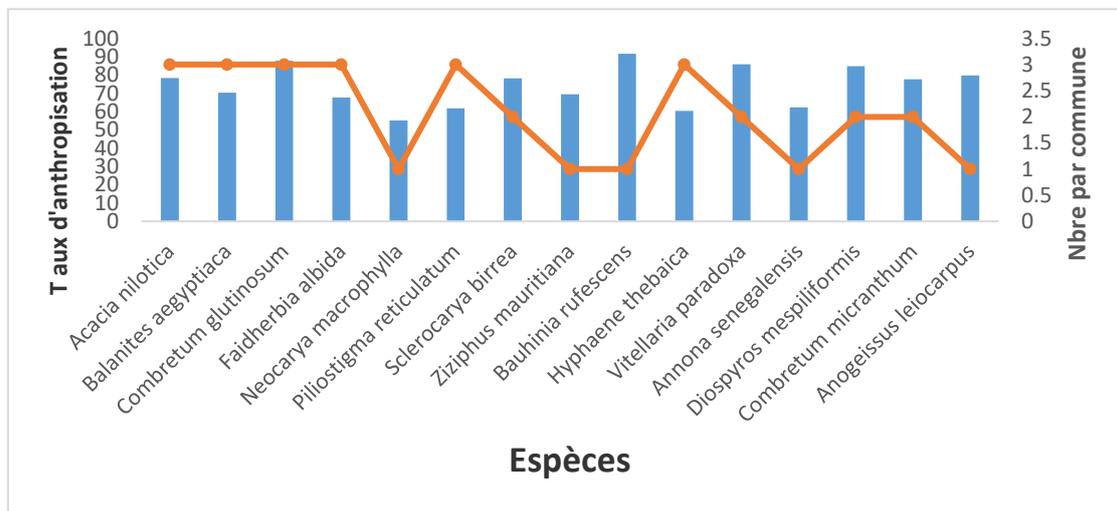


Fig. 5. Taux d'anthropisation des principaux ligneux par commune

3.2.2 PRESSIONS CLIMATIQUES

3.2.2.1 MORTALITES ET DEPERISSEMENTS DES LIGNEUX

Dans la commune de Tagazar, il a été observé lors de l'inventaire de la flore des parcs agroforestiers huit (8) pieds mort de *Faidherbia albida* qui présentent tous des impacts humains à travers les coupes sévères (Photo 2.). Par conséquent ces mortalités ne peuvent pas être liées aux changements climatiques. Le taux de mortalité de l'espèce est de 6 %. Le dépérissement n'a été observé que sur quelques pieds de l'espèce *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss



Photo 2. Mortalités de quelques pieds de *Faidherbia albida*

3.2.2.2 EVALUATION DE L'INTENSITÉ DE SÈCHERESSE DANS LES TROIS COMMUNES AVEC LE SPI

3.2.2.2.1 COMMUNE DE TAGAZAR

L'analyse de l'indice standardisé de précipitation (SPI) pour la commune de Tagazar indique une période sèche bien marquée de 1978 à 1991 avec deux périodes humides en 1983 et 1988. Après cette période de sécheresse succède une grande variabilité de la pluviométrie dans le temps avec une alternance marquée par des périodes humides et sèches. Ce qui confère à la période de 1992 à 2019 un retour à des conditions pluviométriques plus favorables que la précédente. Cette situation explique l'évolution ascendante de la courbe de tendance de la SPI (Fig. 6.).

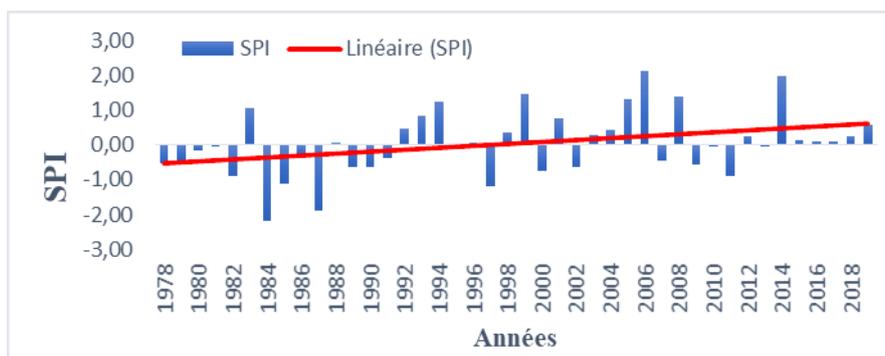


Fig. 6. Evolution de l'indice standardisé de précipitation (SPI) annuel à Tagazar de 1978 à 2019

Durant la période de 1978 à 2019, la commune de Tagazar a été émaillée à 73,81% par des années proches de la normale. Les périodes extrêmement sèche, très sèche et modérément sèche ne présentent que 9,52% des 42 ans soit 4 ans. La période humide (modérément humide, très humide et extrêmement humide) constitue 16,67 % de la période couverte par l'étude ().

Tableau 3. Fréquences des catégories du SPI à Tagazar de 1978 à 2019

Catégorie SPI	Années	% Années
Proche de la normale	31	73,81
Modérément humide	5	11,90
Extrêmement humide	1	2,38
Très humide	1	2,38
Extrêmement sec	1	2,38
Très sec	1	2,38
Modérément sec	2	4,76
Total général	42	100

3.2.2.2.2 COMMUNE DE GOTHÈYE

L'analyse du SPI dans la commune de Torodi présente une succession d'années sèches et humides bien marquées avec un pas de 4 ± 2 ans sur la période de 1970 à 1988. Après cette période la pluviométrie devient erratique et évolue en dent de scie jusqu'en 2019. La courbe de tendance de la SPI montre une évolution ascendante montrant le retour des années plus humides que sèches (Fig. 7.).

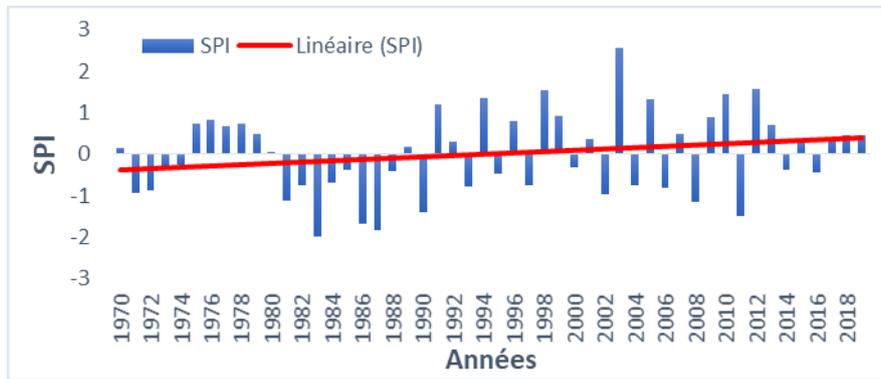


Fig. 7. Evolution de l'indice standardisé de précipitation (SPI) annuel à Gothèye de 1978 à 2019

Comme à Tagazar, la commune de Gothèye a été caractérisée par plusieurs années proches de la normale (72 %) et 14 % d'années modérément sèches à très sèches et 14 % d'années humides (Extrêmement humide modérément humide et très humide) ().

Tableau 4. Fréquences des catégories de SPI à Gothèye

Catégorie SPI	Nbre Années	% Années
Extrêmement humide	1	2
Modérément humide	4	8
Très humide	2	4
Proche de la normale	36	72
Très sec	4	8
Modérément sec	3	6
Total général	50	100

3.2.2.2.3 COMMUNE DE TORODI

L'analyse de la courbe du SPI dans la commune de Torodi montre globalement une évolution en dent de scie sur la période des 50 ans qui s'est accentuée après la sécheresse de 1984. La courbe de tendance du SPI a une évolution ascendante montrant le retour des années plus humides que sèches (Fig. 8.).

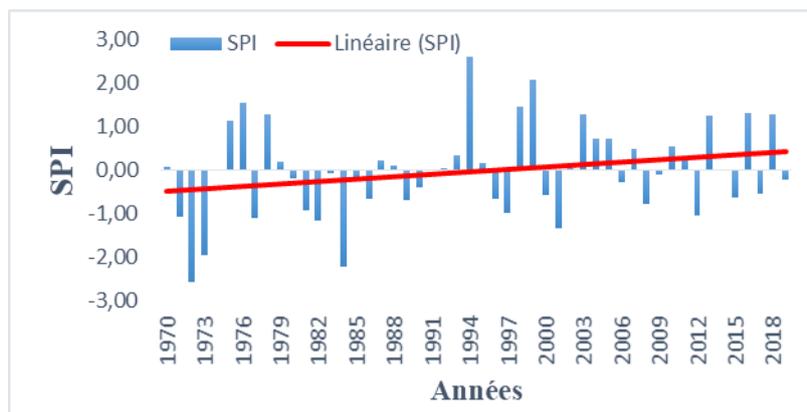


Fig. 8. Evolution de l'indice standardisé de précipitation (SPI) annuel à Torodi de 1978 à 2019

Les années proches de la normale représentent 64 % des 50 ans tandis que les années sèches ne font que 16 % et celles humides 20 % ().

Tableau 5. Fréquences des catégories de SPI à Torodi

Catégorie du SPI	Nbre Années	% Années
Extrêmement humide	2	4
Très humide	1	2
Modérément humide	7	14
Proche de la normale	32	64
Très sec	3	6
Modérément sec	5	10
Total général	50	100

3.2.2.3 TENDANCE ET RUPTURE DE LA PLUVIOMÉTRIE DANS LA ZONE D'ÉTUDE.

Le test de Mann Kendall sur la période de 1970 à 2019 montre une tendance à la hausse de la pluviométrie mais non significative au seuil de 5% pour les communes de Gothèye et Torodi. Cependant à Tagazar une augmentation significative ($P\text{-value} = 0,01 < 0,05$) de la pluviométrie a été observée au seuil de 5% sur la période de 1978 à 2019 (Fig. 9. B).

Nos résultats montrent aussi qu'une rupture dans la série chronologique de 1978 à 2019 a été détectée en 1991 seulement dans la station de Tagazar (Fig. 9. E). Le test de Pettitt confirme le test de Mann Kendall avec l'existence d'une rupture et d'une tendance significative à Tagazar contrairement à Gothèye et Torodi qui ne présentent ni de tendances significatives ni de ruptures.

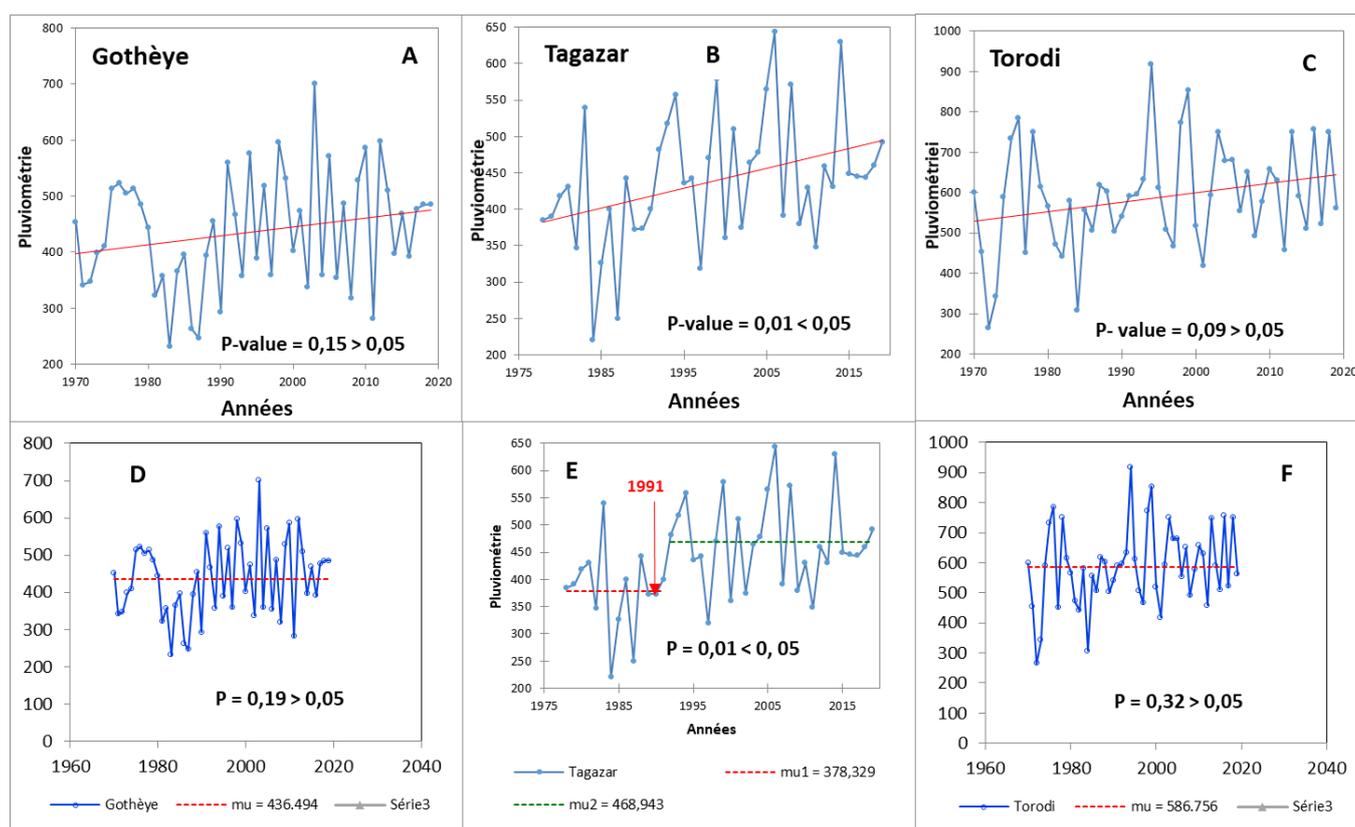


Fig. 9. Tests de Mann Kendall (ABC) et de Pettitt (DEF) pour Gothèye, Tagazar et Torodi

3.3 RÉPARTITION DES COMMUNES SELON LES PARAMÈTRES STRUCTURAUX DE LEUR PARC

Les paramètres dendrométriques et écologiques des parcs soumis à une analyse en composantes principales montrent que les deux premiers axes concentrent 100 % de l'information contenue dans le tableau. L'axe I concentre 81,1% et l'axe II 18,9 %. (Fig. 10.).

L'analyse des corrélations avec l'axe 1 montre que les variables Richesse Spécifique (0,85), Densité moyenne (0,99), Surface terrière (0,98), Recouvrement moyen (0,98), Indice de Shannon (0,98), Equitabilité de Piélou (0,84) et le taux d'anthropisation (0,97) ont une bonne corrélation positive avec l'axe 1. Avec l'axe II, elle montre que la variable Taux de régénération (0, 89) a une bonne corrélation positive avec l'axe 2.

La figure 6 montre que les parcs agroforestiers de la commune de Tagazar sont caractérisés par un taux de régénération, une Equitabilité de Piélou, un recouvrement moyen et une densité moyenne élevés. Par contre ceux de Torodi sont caractérisés par une richesse spécifique, une surface terrière, une densité moyenne, un indice de Shannon et un taux d'anthropisation élevés. Les parcs de Gothèye sont caractérisés par des paramètres structuraux et écologiques plus faibles que ceux des deux autres communes.

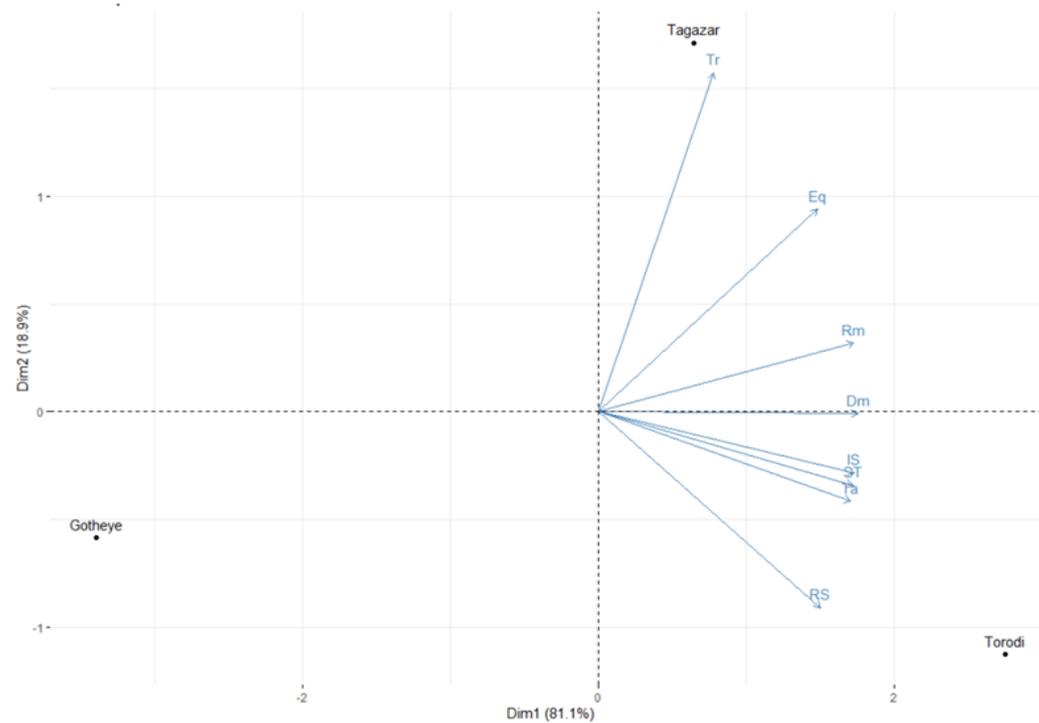


Fig. 10. Répartition des parcs agroforestiers de la zone d'étude en fonction des paramètres structuraux

RS = Richesse spécifique, Ta = Taux d'anthropisation moyen, ST = Surface terrière, IS = Indice de Shannon, Dm = Densité moyenne, Rm = Recouvrement moyen, Eq = Equitabilité de Piélou, Tr = Taux de régénération

4 DISCUSSION

4.1 ÉVOLUTION ET TENDANCE DE LA PLUVIOMÉTRIE

Les résultats de l'évolution de la pluviométrie mettent en évidence une succession d'années sèches et d'années humides plus ou moins marquées en fonction des périodes et des communes. La zone est caractérisée par 64 à 73,81% d'années proches de la normale, 9 à 14% d'années sèches et 14 à 20% d'années humides sur les périodes d'études. Une tendance générale se dégage sur l'ensemble des communes. En effet, les tendances générales des valeurs du SPI indiquent une hausse de la pluviométrie toutes communes confondues. Néanmoins, le test de Men-Kendall n'est significatif que pour la commune de Tagazar avec l'année 1991 comme date de rupture détectée par le test de Pettitt. Cette rupture pluviométrique est caractérisée par une hausse de la pluviométrie avec une moyenne pluviométrique de 468,94 mm pour la période 1992 à 2017 et 378,32 mm pour celle de 1978 à 1991. Cette absence de significativité des tests statistiques ne traduit pas l'absence d'une hausse pluviométrique prouvée par les valeurs du SPI, car l'absence de rupture dans une série pluviométrique ne signifie pas qu'il n'y a pas de variation du niveau des précipitations dans le temps, mais que cette variation, si elle existe, reste peu significative [19]. La moyenne pluviométrique des deux périodes de 1970 à 1991 et de 1992 à 2017 pour la commune de Torodi donne $536,91 \pm 135,22$ mm et $623,68 \pm 123,12$ mm soit une augmentation pluviométrique de 86,76 mm. Pour celle de Gothèye on obtient pour les mêmes périodes $398,24 \pm 96,71$ mm et $461,53 \pm 103,16$ mm soit une augmentation pluviométrique de 63,53 mm.

Cette tendance générale d'un retour à des conditions pluviométriques plus humides dans l'ouest du Niger confirme plusieurs études réalisées en Afrique de l'ouest bien que les périodes d'études soient différentes. La référence [13] ayant travaillé sur les précipitations annuelles du Sénégal sur la période de 1940 à 2013 arrive à la même conclusion d'un retour à des conditions plus humides dans sa zone d'étude. Il en est de même [20] dans le Sahel du Burkina Faso sur la période de 1990 à 2010. Une augmentation du cumul annuel total des pluies a été aussi observée depuis le milieu des années 1990 sur le centre et l'est du Sahel Burkina Faso, Mali et la partie ouest du Niger où se situent les sites d'observation de cette étude sur la période de 1950 à 2006 [21]. La référence [22] démontre également que l'Afrique de l'Ouest connaît plutôt depuis la fin du dernier millénaire un retour à des conditions pluviométriques plus humides.

4.2 IMPACT DE LA VARIABILITÉ PLUVIOMÉTRIQUE SUR LES PARCS

En faisant le dénombrement des années sèches selon les SPI calculés, on se rend aisément compte que seules les communes de Tagazar et Gothèye ont connu successivement des années de sécheresse durant la période d'étude (). La commune de Tagazar a connu successivement de 1978 à 2019 deux années sèches à savoir celle de 1984 et celle de 1985. Quant à celle de Gothèye, il s'agit des années 1986 et 1987. Ces périodes sèches successives peuvent avoir occasionné des impacts négatifs sur la végétation de ces deux communes. En effet cette aridité continue du climat réduit la disponibilité en eau utile et en nutriments, limitant le fonctionnement physiologique des arbres [23] entraînant de facto des mortalités importantes d'arbres non résistants à la sécheresse. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'une année isolée de sécheresse, même extrême peut être moins dramatique qu'une suite de deux années (ou plus) de sécheresse modérée [24]. Outre la sévérité, c'est alors dans la persistance de la sécheresse que réside le risque majeur pour la végétation car la pluviométrie est l'élément de contrôle déterminant de l'écosystème sahélien et de la modification de la végétation [24].

Tableau 6. Années sèches sur la période de 1970/1978 à 2019 sur la zone d'étude

Années	Tagazar	Gothèye	Torodi
1984	-2,2		-2,2
1985	-1,1		
1986		-1,7	
1987	-1,9	-1,8	
1990		-1,4	
1997	-1,2		
2001			-1,3
2008		-1,1	
2011		-1,5	
2012			-1,0

Les changements climatiques tels que la baisse de la pluviométrie et la hausse des températures ont entraîné beaucoup de dépérissement des forêts à l'échelle planétaire. Tous les continents sont touchés par cet impact négatif [25]. Mais la tendance à la hausse de la pluviométrie dans la zone d'étude devait normalement contribuer à la recharge des nappes phréatiques et par conséquent permettre le développement de la végétation [26] et amoindrir le dépérissement et la mortalité des ligneux en dehors des deux périodes successives de sécheresse. En effet, selon nos observations faites en 2019 sur l'ensemble de la zone d'étude aucun pied mort de ligneux dû au climat n'a été recensé (c'est-à-dire des pieds morts ne présentant aucun impact humain) lors de l'inventaire de la végétation des parcs. Les quelques pieds de *Faidherbia albida* asséchés ont tous été coupés.

Selon [23] l'impact des changements climatiques se traduit par une mortalité anormalement accrue des arbres. Ce qui n'est pas le cas de nos sites d'étude. Ces coupes sont - elles les seules causes de ces mortalités? N'y a-t-il pas d'autres facteurs tels les insectes xylophages et autres qui profitent de l'état des ligneux pour entraîner leur mort ? Une étude complète est nécessaire afin de cerner les causes exactes de la mortalité de *Faidherbia albida* dans la zone d'étude et plus précisément dans la commune de Tagazar. On pourra par exemple mener des enquêtes auprès des producteurs et éleveurs couplées avec des études sur l'influence de la hauteur, des périodes et des techniques de coupes pour la pérennité de cette espèce phare des parcs agroforestiers.

4.3 IMPACT DES PRESSIONS ANTHROPIQUES SUR LES PARCS

Les résultats de l'analyse des données dendrométriques sur la zone d'étude montrent une forte pression anthropique sur les parcs. En effet, tous les huit parcs ont un taux d'anthropisation au moins égal à 55%. Les facteurs d'anthropisation sont essentiellement liés aux coupes sur l'ensemble de la zone d'étude. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la zone d'étude fait partie du bassin d'approvisionnement en bois d'énergie domestique de la ville de Niamey [27]. A titre illustratif, la commune de Torodi en plus de sa propre consommation fournit à elle seule plus de 130 000 tonnes de bois de chauffe pour les besoins de la ville de Niamey [28]. A côté de cette exploitation de bois énergie figure l'exploitation artisanale et pastorale surtout dans la commune de Torodi qui est une zone à forte concentration de peulh éleveurs. A Tagazar en plus de ces types d'exploitation de bois figure celle des femmes qui l'utilisent intensément pour l'exploitation du natron.

Ces fortes pressions sur les parcs corroborent avec les résultats de [7] ayant travaillé sur les facteurs de pression sur les parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et à *Neocarya macrophylla* dans le Sud-ouest du Niger (Afrique de l'Ouest) et ceux de [6] ayant travaillé sur les différentes formes d'utilisation de l'espèce *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub. au Niger.

Cette pression croissante sur les parcs n'est pas sans conséquence sur les services socio-économiques et environnementaux des parcs signalés par plusieurs auteurs [29]. L'arbre qui est l'élément central du système agroforestier est entrain de perdre sa place du fait des fortes pressions anthropiques. En effet, l'Homme dans sa quête quotidienne de satisfaction de ses besoins fondamentaux face aux pertes agricoles se tourne vers les activités illégales de coupes de bois qui constituent une source de sécurité et de stratégies de diversification des revenus [29], [30].

Cela risquerait, si rien n'est fait, de compromettre la viabilité et la durabilité des parcs agroforestiers de la zone d'étude. Par conséquent, il est nécessaire d'asseoir des modes de gestion de l'arbre en milieu agricole et de concevoir des modèles d'exploitation de ces agrosystèmes pour les générations actuelles et futures s'impose.

4.4 VIABILITÉ ET DURABILITÉ DES PARCS

La hausse de la pluviométrie observée dans la zone d'étude doit normalement contribuer à la formation des plans d'eau et à la recharge des nappes phréatiques importante pour le développement des ligneux. En effet, il a été constaté une augmentation de la nappe phréatique au Sahel [31]. Le climat malgré qu'il soit responsable du dépérissement de plusieurs espèces ligneuses à travers la planète [25] ne semble pas être le principal facteur de dégradation de la végétation dans la zone d'étude.

En considérant les résultats de la répartition des parcs en fonction des paramètres structuraux et des conditions actuelles des pressions anthropiques et climatiques qu'ils subissent, nous pouvons affirmer que la viabilité et la durabilité des parcs de la zone d'étude diffèrent d'une commune à une autre. En effet, les parcs de la commune de Tagazar sont les plus viables car présentent les meilleurs taux de régénération, d'Equitabilité de Piélou, de recouvrement moyen et de densité moyenne. Après viennent ceux de Gothèye qui présentent les plus faibles taux de tous les paramètres structuraux. Les parcs de Torodi, malgré leur richesse spécifique, leur indice de Shannon et densité élevée présentent le plus fort taux d'anthropisation de la zone d'étude. Ces parcs subissent une forte pression pour l'affouragement du bétail, les prélèvements du bois de service et d'énergie. Les parcs de cette commune sont dans un état alarmant qui pourrait compromettre leur viabilité. Cette situation est amplifiée par le contexte d'insécurité générale de la zone qui empêche un contrôle adéquat des services de protection de la nature. Les coupes frauduleuses accentuées par les besoins croissants en bois énergie ont été signalés par plusieurs auteurs. La référence [32] en ait fait cas dans forêt classée de Toéssin au Burkina Faso et [8] dans les parcs agroforestiers à *Elaeis guineensis* Jacq. en Basse Casamance au Sénégal.

Ces parcs qui sont plus sous la foudre de l'Homme que du climat ont une durabilité incertaine si les taux d'anthropisation actuels se maintiennent. Pour leur durabilité, il urge de développer des approches qui permettent d'intégrer tous les acteurs concernés (exploitation familiale, vendeurs et coupeurs de bois, éleveurs et pasteurs, guérisseurs traditionnels) dans la gestion et l'exploitation des ressources. Des mesures telles que la régénération naturelle, la sensibilisation à une prise de conscience des éleveurs quant aux effets néfastes de la dégradation et de la disparition de la biodiversité végétale, la formation des éleveurs aux techniques de coupes, la culture de ligneux à usage multiple doivent être promus dans la zone d'étude.

5 CONCLUSION

L'étude a permis de distinguer huit (8) types de parcs dont deux (2) dans la commune de Torodi et trois (3) dans celles de Tagazar et Gothèye. Les paramètres structuraux et écologiques des parcs diffèrent dans une même commune et d'une commune à une autre. Malgré le retour à des conditions plus humides relevées par l'étude, ces parcs subissent des pressions qui risquent de compromettre leur survie. Parmi ces pressions, l'étude révèle que l'Homme est le véritable moteur de

dégradation de ces agrosystèmes. De ces pressions anthropiques, la coupe de bois et la pression pastorale sont les facteurs qui compromettent le plus l'avenir de ces parcs agroforestiers.

Les paramètres structuraux montrent que tous les parcs sont dans une situation compromettante. Cependant les parcs des communes de Tagazar et Gothèye sont plus viables que ceux de Torodi qui sont très hautement anthropisés. Pour la durabilité de ces parcs et de leurs services socio-économiques et environnementaux, il s'avère nécessaire de développer des approches qui permettent d'intégrer tous les acteurs concernés (exploitation familiale, vendeurs et coupeurs de bois, éleveurs et agropasteurs, guérisseurs traditionnels) dans la gestion et l'exploitation des ressources.

Des mesures telles que la régénération naturelle, la sensibilisation pour une prise de conscience des populations aux effets néfastes de la dégradation et de la disparition de la biodiversité végétale, la formation des éleveurs et agropasteurs aux techniques de coupes, la culture de ligneux à usage multiple doivent être promues dans la zone d'étude.

REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leurs remerciements au Projet de Recherche Développement pour la Sécurité Alimentaire et l'Adaptation au Changement Climatique (RED/SAACC) qui a permis la collecte de données et à M. Issia Moustapha Zarafi pour la relecture du manuscrit.

REFERENCES

- [1] INS, 2018, Annuaire statistique du Niger 2013-2017. Institut National de la Statistique, Niger. (Ed) 2018. 253 pp.
- [2] Biga I., Amani A., Soumana I., Bachir M. et Mahamane A., 2020, «Dynamique spatio-temporelle de l'occupation des sols des communes de Torodi, Gothèye et Tagazar de la région de Tillabéry au Niger», *Int. J. Biol. Chem. Scien.*, 14 (3), 949 – 965 pp.
- [3] Bagnian I., Adamou MM., Adam T et Mahamane A, 2013, « Impact des modes de gestion de la Régénération Naturelle Assistée des ligneux (RNA) sur la résilience des écosystèmes dans le Centre-Sud du Niger”, *Journal of Applied Biosciences*, 71, 5742 – 5752 pp.
- [4] Dan Guimbo I., Laouli A., Habou R., Mahamane A. et Abouta K.J.M., 2017, «Le pommier de cayor, espèce emblématique du dallol bosso (Niger)”, *Agronomie Africaine*, 29 (1), 13 – 19 pp.
- [5] Chevallier T., Cardinael R., Béral C., Chenu C. et Bernoux M., 2015, « L'agroforesterie permet-elle de concilier production agricole et atténuation du changement climatique ?”, *Forêt-entreprise*, 225, 49-54 pp.
- [6] Abdou L., Dan Guimbo I., Larwanou M., Maârrouhi M. et Mahamane A., 2014, «Utilisation de *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub dans le sud du département d'Aguié au Niger: les différentes formes et leur importance”, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8 (3) 1065-1074 pp.
- [7] Dan Guimbo I., Morou B., Rabiou H. et Larwanou M., 2016, «Facteurs de pression sur les parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et à *Neocarya macrophylla* dans le Sud-ouest du Niger (Afrique de l'Ouest) », *Journal of Applied Biosciences*, 107, 10407-10417 pp.
- [8] Ngom D., Camara B., Sagna B. et Gomis Z.D., 2018, «Cortège floristique, paramètres structuraux et indicateurs d'anthropisation des parcs agroforestiers à *Elaeis guineensis* Jacq. en Basse Casamance, Sénégal», *Journal of Animal & Plant Sciences*, 36 (3), 5919-5932 pp.
- [9] Lawan K.G., Maurizio B., Moussa M., 2014, Caractérisation Climatique de la région de Tillabéry, ANADIA Niger. 34 pp.
- [10] Thiombiano A., Glèglé Kakai R., Bayen P., Boussim J.I. et Mahamane A., 2016, «Méthode et dispositif d'inventaire forestiers en Afrique de l'Ouest: Etat des lieux et propositions pour une harmonisation», *Annales des Sciences Agronomiques* 15 (31), 1659-5009 pp.
- [11] Glèglé Kakai R., Salako V.K. et Lykke A.M., 2016, «Technique d'échantillonnage en étude de végétation», *Annales des Sciences Agronomiques* 1 (13), 1659 – 5009 pp.
- [12] Ali A., 2010, La variabilité et les changements climatiques au Sahel. Comprendre la situation actuelle de part l'observation, In: *Le Sahel face aux changements climatiques. Enjeux pour un développement durable*, Bulletin Mensuel, Centre Régional AGRHYMET, Numéro spécial, 17-20 pp.
- [13] Bodian A., 2014, «Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest)”, *Physio-Géo*, 8, 297 – 312 pp.
- [14] Svoboda M., Hayes M. et Wood D., 2012, Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé (OMM-N° 1090), Genève. 17 pp.
- [15] Pettitt A.N., 1979, “A non-parametric approach to the change-point problem” *Applied Statistics*, 28, 126-135 pp.
- [16] Mann H.B. et Whitney D.R., 1947, “On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other”, *Ann. Math. Statist*, 18 (1), 50 – 60 pp.

- [17] Debortoli N., Dubreuil V., Henke C. et Rodrigues F.S., 2012, Tendances et ruptures des séries pluviométriques dans la région méridionale de l'Amazonie brésilienne, In: Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Grenoble, 25, 201-206 pp.
- [18] Fossou RMN., Lasm T., Soro N., Soro T., Soro G., Delasme OZ., Baka D., Onetite OZ. et Orou R., 2015, «Variabilité climatique et son impact sur les ressources en eaux souterraines: cas des stations de Bocanda et de Dimbokro au Centre Est de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest)», Larhyss Journal, 21, 87-110 pp.
- [19] Faye C., Sow AA. et Ndong J.B., 2015, «Étude des sécheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale: caractérisation et cartographie de la sécheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal» physio-geo, 9, 17 – 35 pp.
- [20] Ouoba A.P., 2013, Changements climatiques, dynamique de la végétation et perception paysanne dans le Sahel burkinabè, Thèse de Doctorat unique de Géographie à l'Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 300 pp.
- [21] Ali A. and Lebel T., 2009, "The Sahelian standardized rainfall index revisited", International Journal of Climatology, 29 (12), 1705 - 1714 pp.
- [22] Descroix L., Mahe G., Olivry JC., Albergel J., Tanimoun B., Amadou I., Coulibaly B., Bouzou MI., Faran MO., Malam Abdou M., Souley YK., Mamadou I., Vandervaere JP., Gautier E., Diongue-Niang A., Dacosta H. et Diedhiou A., 2015, Facteurs anthropiques et environnementaux de la recrudescence des inondations au Sahel, In: Sultan B., Lalou R., Sanni MA., Oumarou A. et Soumaré, M.A. (Eds), Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest, Ed. IRD, 153-170 pp.
- [23] Adjonou K., Bellefontaine R. et Kokou K., 2009, «Les forêts claires du Parc national Oti-Kéran au Nord-Togo: structure, dynamique et impacts des modifications climatiques récentes», Sécheresse, 1 (5), 1 - 10 pp.
- [24] Diallo H., Bamba I., Barima YSS., Visser M., Ballo A., Mama A., Vranken I., Maiga M. et Bogaert J., 2011, « Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la végétation d'une zone protégée du Mali (Réserve de Fina, Boucle du Baoulé) », Sécheresse, 22,97 – 107 pp.
- [25] Allen CD., 2009, «Le dépérissement des forêts dû au climat: un phénomène planétaire croissant?» Unasylva, 60, 231 - 232 pp.
- [26] CNEDD, 2020, « Quatrième Communication Nationale sur les Changements Climatiques (QCN): Vulnérabilité et adaptation du secteur forestier du Niger aux changements climatiques », Version finale. 72 pp.
- [27] Montagne P., Coulibaly A., Nouhou A., Oumarou I., Djibo H., et Aboubacar I., 2017, Schéma Directeur d'Approvisionnement en Combustibles Domestiques de Niamey. Rapport d'étude du projet COGESO. 224 pp.
- [28] Assoumane G., 2017, Evolution comparée du couvert végétal en zone de brousse tigrée et en zone agricole 1992 à 2014 dans le bassin d'approvisionnement en bois énergie de Niamey, Thèse de Master à l'Université AgroParis Tech de Montpellier, Montpellier, 42 pp.
- [29] Sagna B., Ngom D, Diedhiou MAA., Camara B., Mamadou Goudiaby M., Mane AS et Lecoq Y., 2019, «Importance socioéconomique des parcs agroforestiers à *Elaeis guineensis* Jacq. dans la région de Cacheu (Guinée-Bissau) », Int. J. Biol. Chem. Sci., 13 (7), 3289 – 3306 pp.
- [30] Diatta AA., Ndour N., Manga A., Sambou B., Faye CS., Diatta L., Goudiaby A, Mbow C. et Dieng S.D., 2016, «Services écosystémiques du parc agroforestier à *Cordyla pinnata* (Lepr. ex A.Rich.) Milne-Redh. dans le Sud du Bassin Arachidier (Sénégal) » Int. J. Biol. Chem. Sci., 10 (6), 511 – 2525 pp.
- [31] Veronique C., 2014, Recharge des nappes phréatiques au Sahel: quantification par RMP. AMMA CATCH 2pp. [Online] Available: <http://www.amma-catch.org/spip.php>? Consulté le 07 janvier 2021.
- [32] Belem M., Zoungrana M. et Nabaloum M., 2018, «Les effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la forêt classée de Toéssin, Burkina Faso», Int. J. Biol. Chem. Sci., 12 (5), 2186 – 2201 pp.