



---

## **Changements climatiques et évolution des crues dans les lacs interconnectés du système Faguibine, cercle de Goundam, Mali**

Mahamadou ABOCAR<sup>1</sup>\*, Abdoukadi Oumarou Touré<sup>2</sup>, Habiboulaye D. Maiga<sup>3</sup>, Mahamane Alboukader<sup>4</sup>

1. Institut de Pédagogie Universitaire (IPU), Bamako, Mali.
2. Faculté d'Histoire et Géographie/ Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, Mali.
3. Environment et Social Development Company-SARL (ESDCO), Bamako, Mali
4. Université des sciences sociales et de Gestion de Bamako, Mali

Auteur correspondant\*: Mahamadou ABOCAR,

### **Résumé :**

Les changements climatiques constituent la plus grande menace pour les ressources en eau dans le cercle de Goundam (région de Tombouctou). Ils ont fortement contribué à la dégradation des écosystèmes aquatiques notamment, dans les lacs interconnectés du Système Faguibine. L'objectif principal de la recherche est d'analyser l'historique des périodes de remplissages et d'assèchements des lacs interconnectés du système Faguibine face aux effets néfastes des changements climatiques. Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé une méthode mixte qui intègre les outils de collecte de données qualitatives et quantitatives utilisés durant trois mois d'enquête de terrain auprès des personnes ressources ayant vécu la grande sécheresse de 1973 et la consultation des ouvrages se rapportant au thème. Les résultats mettent en évidence les variabilités climatiques et leurs effets néfastes se manifestent par un dysfonctionnement très marqué depuis belle lurette, se caractérisant par des périodes de sécheresses récurrentes : la crue dure moins longtemps, l'eau monte moins haut et se retire rapidement. L'analyse des données hydrologiques met en évidence que l'assèchement périodique des lacs interconnectés du système Faguibine ne date pas des années 1970 mais bien avant contrairement à l'avis des personnes ressources enquêtées qui pensent que l'assèchement dans la zone d'étude date de la grande sécheresse des années 1970. Cette recherche a montré que la zone d'étude a connu à travers l'histoire des périodes de remplissage et de sécheresse.

**Mots clés :** Changements climatiques, lacs interconnectés, assèchement, Système Faguibine, remplissage.

**Digital Object Identifier (DOI):** <https://doi.org/10.5281/zenodo.15812878>

---

## Abstract

Climate change is the biggest threat to water resources in the Goundam cercle (Timbuktu region). It has strongly contributed to the degradation of aquatic ecosystems, in particular the lakes of the Faguibine system. The main objective of the research is to analyze the historical filling and drying periods of the interconnected lakes of the Faguibine system in the face of the adverse effects of climate change. To achieve this objective, we used a mixed method that integrates qualitative and quantitative data collection tools used during three field surveys of resource persons who experienced the great drought of 1973, and consultation of literature relating to the theme. The results show that climate change and its adverse effects have manifested themselves in a marked dysfunction since the 1970s, characterized by recurrent periods of drought: flooding lasts less time, water rises less and withdraws rapidly. Analysis of the hydrological data shows that the periodic drying-up of the interconnected lakes of the Faguibine system does not date back to the 1970s, but much earlier, contrary to the opinion of the resource persons interviewed, who believe that the drying-up in the study area dates back to the great drought of the 1970s. This research has shown that the study area has historically experienced periods of filling and drought.

**Key words:** Climate change, interconnected lakes, drying, Faguibine System, filling

### 1. Introduction

Les changements climatiques constituent l'un des défis majeurs du XXI<sup>ème</sup> siècle, avec des répercussions profondes sur les écosystèmes, les économies et les sociétés à l'échelle mondiale.

La zone sahélienne est l'une des régions les plus sensibles aux effets néfastes du réchauffement climatique caractérisée par des mutations climatiques se manifestant par une intensification des météorologiques extrêmes, une variabilité accrue des précipitations, une hausse des températures et une dégradation progressive des ressources naturelles perturbant les cycles hydrologiques.

Le Mali subit déjà les conséquences néfastes des changements climatiques. Selon une étude menée par le Ministère de l'Équipement et des Transports (METen 2007), le pays est confronté à une décroissance régulière de la pluie avec une grande variation spatio-temporelle, un rayonnement très dur toute l'année, une augmentation de température du Sud-Ouest vers le Nord-Est, et de fortes variations de l'évapotranspiration potentielle et des vents forts.

Véritable mer intérieure, les lacs interconnectés du système Faguibine étaient considérés comme le grenier des régions septentrionales du Mali et de certains pays limitrophes. Ils ont cessé de jouer ce rôle à cause d'un certain nombre de constats : les lacs renferment d'énormes potentialités agro-pastorales et halieutiques qui demeurent sous exploitées à cause de la baisse drastique du niveau de l'eau et une pluviométrie déficitaire (Abocar, M. 2024).

Zone de transition entre le désert du Sahara et les plaines inondables du Niger, les lacs interconnectés du système Faguibine subissent depuis plusieurs siècles des transformations environnementales et hydrologiques sans précédent, marquées par l'évolution de crues (Abocar, M. 2025).

Historiquement, les crues du fleuve Niger et de ses affluents ont façonné les paysages et les modes de vie de la zone lacustre. Ces crues saisonnières, liées aux pluies tropicales du bassin

supérieur du Niger, irriguaient les plaines fertiles, soutenant une agriculture de décrue vitale pour les populations locales.

L'analyse des études réalisées sur l'évolution des crues et nos enquêtes de terrain indiquent que les lacs interconnectés du système Faguibine ont à travers l'histoire plusieurs périodes de remplissage et d'assèchement accentuées par les variabilités climatiques extrêmes.

Aussi, l'évolution des crues dans la zone lacustre revêt une dimension à la fois environnementale et socio-économique. D'un côté, les inondations contribuent à la recharge des nappes phréatiques et au maintien des écosystèmes lacustres, comme les lacs interconnectés, essentiel à la biodiversité et aux activités de pêche. De l'autre, leur irrégularité croissante menace les infrastructures, les ressources naturelles, exacerbant l'insécurité alimentaire et les déplacements de population.

## 2. Méthodologie

### 2.1 Sites d'étude

Situé dans la 6<sup>ème</sup> région administrative du Mali, le Cercle de Goundam couvre une superficie de 94.248 km<sup>2</sup> entre les coordonnées de 16° et 17° de Latitudes et 3° et 4° de Longitude Ouest. Il limite dans sa partie Sud par les Cercles de Niafunké et de Diré, au Nord et à l'Est par le cercle de Tombouctou à 80 km, et fait frontière avec la Mauritanie dans sa partie Occidentale. Il comprend 16 communes pour une population totale de 219.900 habitants soit une densité de 2,33/ habitants/km<sup>2</sup> (PDSEC,2017). Le cercle comprend deux grandes zones climatiques : une zone sahélienne au Sud du 16<sup>ème</sup> parallèle de latitude Nord, où se concentre l'essentiel des ressources naturelles caractérisée par des écarts de température très importants. Une autre, saharienne inhabitée à cause du manque d'eau et la rareté de la végétation qui compromettent toute forme de vie humaine. Les lacs interconnectés sont un ensemble de (05) lacs d'une superficie de 86.000 hectares alimentés par les débordements du fleuve Niger à partir du marigot de Goundam. Il constitue la limite aval du Delta intérieur et fait partie de la zone lacustre. Les activités économiques dans la zone sont basées sur l'agriculture, l'élevage et la pêche et dépendent essentiellement de la crue et de la décrue.

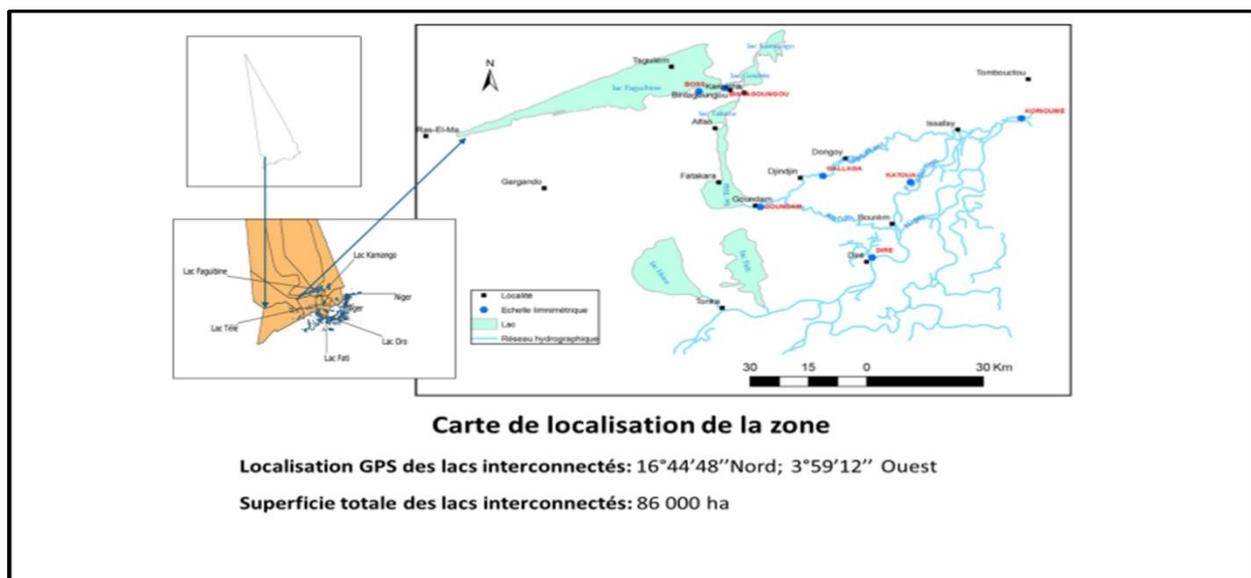


Figure 1: Présentation de la zone d'étude

Source : M. ABOCAR, 2025

## 2.2 Collecte des Données

Les données utilisées dans cette étude proviennent de différentes sources. Les données historiques de la station météorologique de Goundam couvrent la période allant de 1979 à 2021. Ces séries de données pluviométriques ont été complétées par des données de réanalyse ERA5-Land, qui offrent une résolution spatiale et temporelle plus fine, permettant de combler les éventuelles lacunes des données in situ.

Le prétraitement des données a impliqué plusieurs étapes pour garantir leur fiabilité et leur cohérence. Les séries ont d'abord été homogénéisées afin de corriger les éventuelles discontinuités dues à des changements dans les méthodes de collecte ou les appareils de mesure.

Pour ce faire, le test de Pettitt a été utilisé pour détecter les ruptures dans les séries temporelles, tandis qu'une méthode de double masse a permis de valider les ajustements.

Les données de température de la station de Goundam de 1979-2022 sont fournies par ERA5 et les données hydrologiques de la station limnimétrique de Goundam de la période 1960-2018 par la direction nationale de l'hydrologique.

Les données sur l'histoire de l'évolution des crues ont été obtenues à partir des recherches des anciens manuscrits et les enquêtes auprès des personnes ressources.

## 2.3 Traitement des données

Les données recueillies ont été saisies et traitées sur R et le logiciel Excel.

### 3. Analyse des résultats

#### 3.1 Détection de Ruptures et Analyse de Tendances

Afin de mieux comprendre les variations climatiques passées, nous avons utilisé une version modifiée du test de Pettitt pour détecter les ruptures climatiques significatives dans les séries temporelles de précipitations.

La statistique  $U_{t,T}$  est calculée comme suit :

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(y_j - y_i)$$

Une rupture est détectée à l'instant  $t$  où  $|U_{t,T}|$  est maximale. Ce test a été complété par des simulations Monte Carlo afin d'améliorer la robustesse des résultats et de quantifier les incertitudes associées.

Par ailleurs, l'indice SPI (Standardized Precipitation Index) a été calculé pour classer les périodes de sécheresse et d'abondance de précipitations, en tenant compte de la distribution statistique des données locales.

Un filtre de Hampel (Moyenne Mobile sur 5 ans) a été appliqué pour éliminer les valeurs aberrantes qui auraient pu fausser l'analyse des tendances, sans pour autant altérer les dynamiques sous-jacentes des séries.

### 3.2 Prédiction des précipitations

$$(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i L^i)(1 - L)^d y_t = (1 + \sum_{j=1}^q \theta_j L^j) \epsilon_t$$

- ARIMAX : Une variante de l'ARIMA incluant la température comme facteur externe pour mieux capter les interactions entre la température et les précipitations. Elle est calculée comme suit :

$$y_t = \beta X_t + \frac{(1 + \sum_{j=1}^q \theta_j L^j)}{(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i L^i)(1 - L)^d} \epsilon_t$$

### 3.3 Validation du modèle

Les performances des modèles ont été comparées en fonction de plusieurs métriques : l'erreur quadratique moyenne (RMSE), l'erreur absolue moyenne (MAE), l'échelle d'erreur moyenne absolue (MASE), et le coefficient de détermination ( $R^2$ ). Les résidus de chaque modèle ont été vérifiés pour s'assurer de l'absence d'autocorrélation et de la normalité des erreurs.

L'impact de la durée de la période d'entraînement initiale (5, 7.5, 10, 12.5, 15 ans) a été testé pour évaluer la stabilité des modèles.

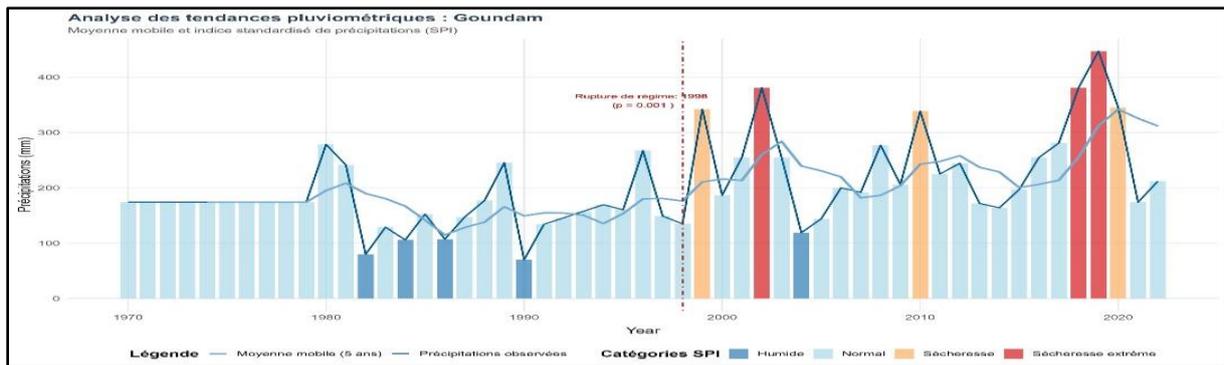
Pour chaque station, ces modèles ont été évalués à l'aide de techniques de validation croisée en "Rolling-Origin", où la fenêtre de données initiale 1 an est progressivement augmentée avec un pas d'un an jusqu'à 15 ans. Cette méthode permet d'évaluer la performance prédictive des modèles dans des conditions réalistes.

### 3.4 Résultats et Interprétation

Ruptures Climatiques et Tendances Historiques

- Goundam :

La rupture significative en 1998 ( $p = 0.001$  pour Goundam) indique un changement abrupt dans les régimes de précipitations. Ces dates coïncident avec des épisodes de sécheresse majeurs au Sahel, probablement liés à des phénomènes climatiques globaux (ex. El Niño) ou à des modifications locales (déforestation, pression agricole). Ces ruptures suggèrent une diminution durable des précipitations après 1998, ce qui implique des défis pour l'agriculture et la gestion de l'eau.



**Figure 2:** Tendances des précipitations au niveau de la station de Goundam

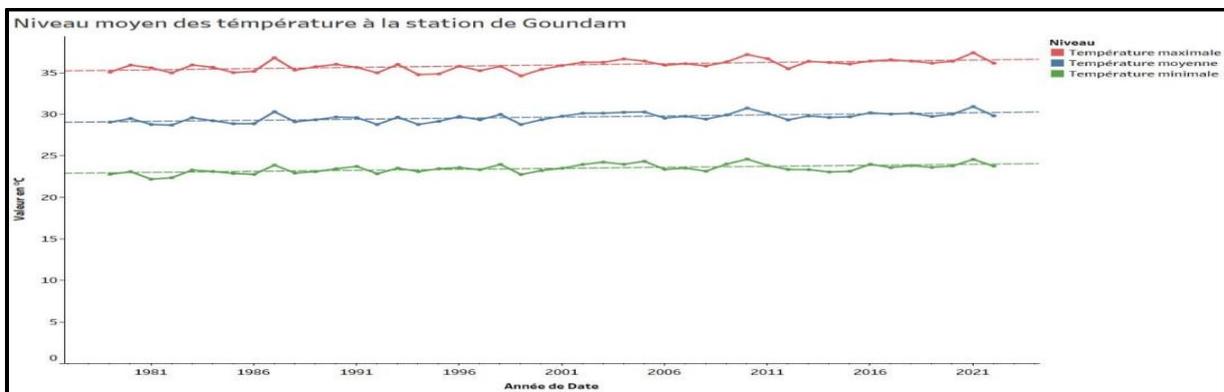
### 3.5 Analyse de sensibilité

Les performances des modèles s'améliorent avec une période d'entraînement plus longue, atteignant un plateau après 10 ans. Cela indique que :

- 10 ans de données sont suffisants pour capturer les tendances climatiques de base.  
Les modèles deviennent moins sensibles à l'ajout de données au-delà de cette période, sauf en cas d'événements extrêmes récents.

### 3.6 Evolution de la température

L'analyse des données indique une hausse des températures dans la zone d'étude à l'instar des GIEC sur la température dans toute la zone sahélienne.



**Figure 3:** Evolution des températures à la station de Goundam

### 3.7 Evolution et tendances hydrologiques

#### 3.7.1 Historique de remplissage et d'assèchement des lacs du système Faguibine

Les travaux de recherche menés sur les lacs du système Faguibine du XVI<sup>ème</sup> au XX<sup>ème</sup> siècle en rapport avec le remplissage et l'assèchement permettent de mieux comprendre l'évolution de cette partie de la zone lacustre située dans la région de Tombouctou.

Aussi, l'histoire nous enseigne que le Faguibine a connu des époques plus humides. Ainsi, à la fin du XV<sup>ème</sup> siècle que Sonni Ali Ber a envisagé le creusement d'un canal prolongeant le lac Faguibine vers l'Ouest afin d'utiliser des pirogues pour attaquer la ville de Oualata dans le Sud-est de la Mauritanie (Quensière 1994). Ensuite, toujours en alternance avec des périodes plus

sèches, d'importantes crues, touchant même la ville de Tombouctou, ont marqué l'époque du 16<sup>ème</sup> au 18<sup>ème</sup> siècle, correspondant à la « petite époque glaciaire » en Europe et inondant même la ville de Tombouctou.

Entre 1875 et 1895 des crues exceptionnelles ont rempli le lac Faguibine débordant sur les Daouanas. De 1924 à 1930, le lac vide s'est complètement rempli grâce à une succession de six années abondantes dont l'hydraulicité moyenne a été de 135% (hydraulicités respectives de 142% en 1924, 153% en 1925, 112% en 1926, 126% en 1927, 140% en 1928 et 135% en 1929). Entre 1951 et 1955, le lac a vu son niveau monter progressivement, car pendant cinq années consécutives l'hydraulicité a été excédentaire (moyenne 128%) l'ont entièrement rempli.

Ces cuvettes se situent dans l'extension occidentale de la grande dépression (« tayeurt ») dont le lac Télé actuellement l'unique partie inondée régulièrement des crues aussi importantes ne sont plus produits pendant le 20<sup>ème</sup> siècle et des tentatives pour rétablir la connexion entre le Lac Faguibine et les Daouanas lors des crues de 1929-1930 et 1955-1956 n'ont pas abouties (Brunet-Moret et al. 1986).

Le lac Faguibine s'est entièrement asséché en 1914 et en 1924, et à nouveau en 1944 et n'a connu que de très faibles inondations la fin des années 1970. De 1944 à 1950 le lac est resté complètement vide ou presque, par suite d'une hydraulicité moyenne nettement déficitaire.

Il est important de noter le lac Télé est lui-même presque vide, une année d'hydraulicité moyenne ne suffira pas à le remplir assez pour qu'il déborde dans le lac Faguibine. Celui-ci pourra donc continuer à s'assécher.

Entre 1910 et 1915, dans le souci de remédier à l'assèchement du système Faguibine l'ingénieur français M. Vitalis a décidé la construction d'un canal entre le lac Fati et le lac Télé pour faire à l'aridité qui frappe peu à peu de mort toute la région.

Après une série d'assèchement périodique ayant marquée les lacs du système Faguibine et les plaines de Daouanas, le lieutenant Villatte réalise une étude en vue de pallier l'assèchement qui frappe peu à peu de mort la région par un creusement d'un canal artificiel à partir du la Fati pour alimenter directement les lacs.

Dès 1915, la réalisation des travaux Vitalis commença par un aménagement sommaire du marigot de Goundam. Le curage du lit et l'élimination provisoire des petits seuils de Djindjin et Dongoï qui constituaient un obstacle à l'écoulement normal de la crue. Les travaux avaient coïncidé avec une crue moyenne en 1915 ayant permis le remplissage des fosses du Faguibine jusqu'à Ras-El-Ma. Depuis cette date, les travaux furent abandonnés à cause non seulement du coût excessif des travaux mais aussi de la volonté politique.

Le canal Vitalis est depuis englouti par l'avancée inexorable du désert même si les traces restent toujours visibles. Il est important de souligner que depuis la fin des années 1980 jusqu'à présent chaque année les populations en partenariat avec l'Etat et parfois les partenaires au développement entreprennent des travaux de curage manuel sur les autres marigots pour éviter la disparition totale des lacs du Système Faguibine.

Chudeau René en 1918, dans son ouvrage « la dépression du Faguibine » mentionnait que : « la configuration des divers lacs de la région varie chaque année suivant l'importance de la crue du fleuve ».

**Tableau 1** : Chronologie de l'évolution des périodes de remplissage et d'assèchement des lacs interconnectés du Système Faguibine du XIème siècle à 2024

Année	Crue	Sécheresse
XI è	Ras-el-Ma, tête de l'eau, en position occidentale	
1468	Le Niger dépasse Tombouctou de 175 km.	
1483	Le lac Faguibine a un niveau suffisant pour le canal de Sonni Ali, en direction de Oualata	
1592	Inondation de la ville de Tombouctou en décembre, crue exceptionnellement forte.	
1602-1603,1603-1604, 1605-1606, 1616-1617, 1617-1618, 1618-1619, 1672-1673, 1703-1704,1729-1730, 1733-1734, 1734-1738, 1766-1767,	Crues qui permettent d'alimenter le canal qui lie Kabara à Tombouctou	
1651-1652		Crue faible
D'une période indéterminée à 1850 ou 1870	Voie d'eau relie Ras-el-Ma à Bassikounou	
1853-1854	Alimentation du canal de kabara, forte crue qui inonde le hameau de Bintagoungou en bordure de Faguibine.	
1879-1880	L'inondation est parvenue à 10 Km à l'ouest de Ras-el-Ma.	
1883-1884	Inondation des Daounas (DaounaBéri et DaounaKayna).	
1893-1894	Forte crue, communication Kabara-Tombouctou, le Faguibine déborde à l'ouest (12Km).	
1894-1895	Forte crue, communication Kabara-Tombouctou, le Faguibine déborde à l'ouest (15km), les dépressions des Daounas et Tahakim sont inondées.	
1897-1898	Forte crue, communication Kabara-Tombouctou	
1898-1899		Annnonce de crues faibles, baisses du niveau des mares à Tombouctou, pas d'alimentation du canal de Kabara, baisse Faguibine.
1901-1902	Forte crue, jonction Tombouctou-Kabara.	
1902-1903	Crue excédentaire isolée atteint Ras-el-Ma.	
1903-1904	Inondation 10 Km à l'Est de Ras-el-Ma.	
1905-1906	Inondation 30 km à l'Est de Ra-el-Ma, mais jonction Tombouctou-Kabara	
1906-1907	Inondation 15 Km de Ras-el-Ma	
1908-1909	Inondation à 18km de Ras-el-Ma.	
1909-1910	Jonction Tombouctou-Kabara, inondation 30-40 Km à l'Est de Ras-el-Ma.	Puis assèchement temporaire du lac (1910).
1910-1911	Inondation de 30-40 Km à Ras-el-Ma.	

1911-1912	Inondation à 30 Km à l'Est de Ras-el-Ma.	
1912-1913	Inondation atteint Taguilèm	Assèchement temporaire (1913).
1913-1914		Flaque de 2 Km <sup>2</sup> dans le Faguibine, assèchement temporaire (1913).
1915-1916	Inondation 30-40 Km de Ras-el-Ma.	
1916-1917	Inondation atteint Ras-el-Ma.	
1917-1918, 1918-1919, 1919-1920		Crues faibles au Faguibine
1922-1923	Inondation partielle des lacs Gouber et Kamango.	
1923-1924		Assèchement temporaire du Faguibine
1924-1925	Reprises des crues.	
1926-1927		Légère crue déficitaire (Faguibine)
1927-1928	Inondation atteint Ras-el-Ma, inondation des lacs Gouber et Kamango, jonction Tombouctou-Kabara	
1928-1929	Inondation 8 Km à l'Est de Ras-el-Ma.	
1929-1930	Le Faguibine est plein.	
1930-1936		Baisse progressive du Faguibine.
1937-1941		Baisse accentuée du niveau du Faguibine.
1941		Assèchement du lac avec des crues quasi-nulles de 1940-1941.
1942-1950		Côte voisine de l'assèchement (Faguibine)
1955-1956	Crue qui permet le remplissage complet du Faguibine.	
1956-1957	Lac plein, inondation partielle des Daounas.	
1958-1972	Crues excédentaires, côte du lac voisine du remplissage (Faguibine)	
1973-1984		Crues déficitaires, assèchements temporaires en 1984 et 1985 (Faguibine).
1985-1986	Légère reprise des crues	Mais assèchement temporaire en 1986 (Faguibine)
1987-1993		Crues déficitaires, assèchement de plus de 80% de la superficie du Faguibine
1994-1995	Inondation atteint Adarmalane et couvre plus de 85% de la superficie du lac Faguibine	
1996-2003		Crues déficitaires avec l'assèchement de plus de 80% de la superficie du Faguibine.
2004-2005		Assèchement temporaire de la totalité du Faguibine en 2005.

2006-2015		Crues faibles au Faguibine, crues déficitaires
2016-2017		Crue très faible avec l'assèchement temporaire du Faguibine.
2018-2019	Reprise de la crue avec une inondation moyenne du Faguibine. Crue atteint M'bouna.	
2020-2021		Crue très déficitaire avec assèchement temporaire du Faguibine
2022-2023	Reprise de la crue avec une inondation moyenne du Faguibine. Crue atteint M'bouna.	
2023-2024		Crue très déficitaire avec assèchement temporaire du Faguibine

Source : Abocar, M. (2025) et Sidibé, H. (2014)

### 3.7.2 Baisse des débits au marigot de Goundam

Principale source d'alimentation des lacs du système Faguibine, le marigot de Goundam à l'instar du bassin du fleuve Niger est confronté depuis la fin des années 1970 à une baisse drastique des niveaux d'eau.

Plusieurs facteurs expliquent cette baisse du niveau des débits dans la zone d'étude qui sont entre autres : la faiblesse des pluies en amont aussi bien que dans la zone de Goundam exerce une forte influence sur le niveau de l'écoulement mais aussi sur les débits.

En plus des conditions pluviométriques médiocres qui influencent le cours normal du fleuve et ses défluent, les fortes températures et les vents contribuent également à la dégradation des ressources hydrauliques.

Les conséquences des sécheresses sur les écosystèmes et la grande variabilité interannuelle des hauteurs d'eau et débits sur le marigot de Goundam ont favorisé l'ensablement des chenaux d'alimentation.

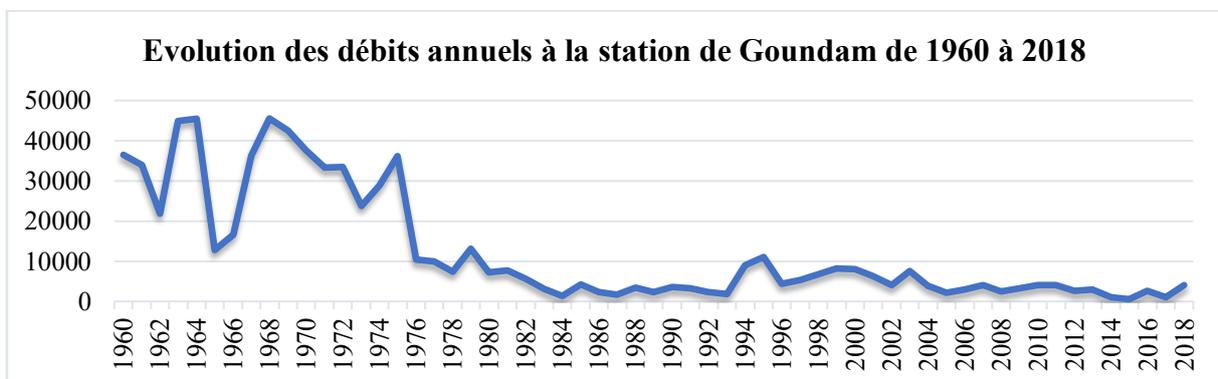


Figure 4: Evolution des débits annuels m<sup>3</sup>/s au marigot de Goundam

Source : Direction Nationale de l'Hydraulique, 2022 et 2023

L'analyse des débits moyens journaliers de la station limnimétrique de Goundam de 1960-2018 montre d'une part une forte variabilité interannuelle des débits et d'autre part une baisse drastique à la fin des années 1970.

Les années 1960 ont été marquées par une période humide excepté 1963, 1965 et 1973 par contre la période 1981-2018 a connu des débits extrêmement faibles excepté l'année 1994.

En plus des impacts des changements climatiques, il y a d'autres facteurs liés au nombreux ouvrages installés sur le fleuve et aussi les actions anthropiques autour des chenaux et lacs du système Faguibine.

Entre le Farabango situé sur le fleuve et le marigot de Goundam, il existe trois seuils dans la zone de Kondi (le seuil de Kondi, de Djindji et de Dongoï), et à l'entrée de Bintagougou, le seuil de Kamaïna qui constituent un obstacle majeur à l'alimentation du système Faguibine.

Dans les régions sud, les ouvrages hydro-électriques et agricoles, notamment le barrage de Sélingué sur le sankarani et celui de Markala sur le Niger jouent un rôle non négligeable dans la réduction de l'écoulement des eaux du fleuve Niger vers la zone lacustre.

Ainsi, En parlant de la faiblesse des crues dans les lacs du système Faguibine, le président de la coopérative des pêcheurs de Goundam nous informe que : « *Plusieurs localités qui n'avaient pas accès à l'eau par le passé en reçoivent abondamment aujourd'hui grâce aux multiples canaux d'irrigation, le barrage de Sélingué et les multiples motopompes installés de façon anarchique ; ainsi les lacs du système Faguibine qui constituait l'une des plus grandes réserves d'eau s'est asséchés au profit de ces milieux* ».

Les grandes sécheresses des années 1970 et 1985, ont décimé les écosystèmes des régions du nord en général et ceux du système Faguibine en particulier. Ces grands bouleversements écologiques ont favorisé la désertification et l'installation de la famine dans les villages exploitants du système Faguibine. Face à ces contraintes naturelles, suivies du tarissement total des lacs du système, les populations locales se sont adonnées à une exploitation abusive de ce qui reste des écosystèmes.

En plus de la déforestation, l'installation anarchique des populations sur les berges et les pratiques anachroniques pêcheurs, (les premiers détournent l'eau pour la petite irrigation et les seconds posent des nasses et installent des barrages artisanaux pour la capture des poissons), ont favorisé l'ensablement et l'obstruction des chenaux naturels. Par exemple au niveau du bras du marigot de Goundam à Inabédjé et Golbel, les populations riveraines ont installé des haies mortes au travers le lit des cours d'eaux, freinant l'écoulement normal des eaux vers les lacs.

Ces populations ont construit leurs habitats sur les berges et y déversent leurs ordures domestiques à l'intérieur du lit menant vers les lacs du système Faguibine. Il faut noter aussi la présence de carcasses d'animaux morts éparpillés çà et là dans les lits et à l'intérieur des lacs. A cela joute les nasses installées par les pêcheurs, les puisards réalisés par les éleveurs pour abreuver leurs animaux.



**Photo 1 :** Erosion des berges du marigot de Goundam

**Source :** Cliché personnel, 2024

### **3.7.3 Les lacs du système Faguibine : système d'alimentation**

Le marigot de Goundam constitue la source d'alimentation de tous les lacs de la rive gauche en amont de Diré à partir du Farabango. Cette alimentation se fait à sens unique : fleuve-lacs, sans exécutoire naturels. La vidange est assurée par les effets de l'évaporation et de l'infiltration. Pour apprécier l'importance de l'alimentation de ces lacs, le tableau ci-dessous nous donne le volume d'eau écoulé chaque année dans le marigot de Goundam de 1960 à 2018.

Ces valeurs ont été calculées à partir des débits annuels enregistrés sur le marigot de Goundam durant la période 1960-2018. Ces volumes correspondent à la quantité d'eau totale qui s'écoule chaque année dans les lacs Télé, Takara, Faguibine, Gouber, Kamango et les Daounas. Cependant, il faut un volume annuel de remplissage de  $1\,999\,900\,000\text{ m}^3$  ( Selon le schéma directeur de la zone lacustre-Aménagement des lacs de la rive gauche-Etude préliminaire 1983, P35) à leur côte maximum et  $762\,400\,000\text{ m}^3$  à leur côte minimum, soit un volume de remplissage annuel de  $981\,150\,000\text{ m}^3$ .

Cependant sur les cinquante-huit années d'observation en dehors de 1979, seulement 16 ont dépassé la moyenne de la période  $1058950736\text{ m}^3$ , ce qui atteste bien le déficit d'alimentation en eau que connaît les lacs depuis plus de 42 ans.

L'analyse des données montre que le volume d'eau le plus faible fut enregistré en 1984, la hauteur d'eau correspondante sur le marigot de Goundam était de 175 cm et 363cm à Diré.

Ainsi donc en 1984 comme 1983, le lac Faguibine était à sec de même que les Daounas qui s'alimentent par les débordements de dernier. Il s'en suit une réduction notoire des terres cultivables et des zones piscicoles dans les lacs interconnectés.

Le phénomène de la vidange des lacs résulte des effets conjugués de l'évaporation et de l'infiltration qui provoquent une baisse du plan d'eau de 7 à 8 mm/jour pendant la saison sèche d'Octobre à juin et même une partie de juillet. Pendant la saison humide, la perte se réduit à 4-5mm/jour du fait des pluies et du degré hydrométrique de l'air.

La baisse annuelle du plan d'eau dépend de la durée de l'infiltration et de l'évaporation et varie entre 1,70 et 1m.

Les lacs du système Faguibine ont ainsi un niveau très variable. Sous l'effet de la crue du fleuve, le niveau monte de novembre à janvier et peut dépasser 8 m en cas de forte crue, mais la montée est nulle durant les faibles crues. De février à novembre sous l'effet de l'évaporation, les lacs perdent en moyenne 1,40 m de tranche d'eau. Les variations interannuelles sont très fréquentes, fortes crues et faibles crues s'intercalant dans un véritable hasard.

De 1890 à 1984 ces lacs et en particulier le Faguibine et les Daounas, ont connu trois assèchements complets : 1914, 1941 et 1983, le lac Télé en 1915.

#### **4. Discussion**

Les ruptures de 1998 corroborent les travaux de Lebel et Ali (2009) sur les changements hydro-climatiques au Sahel. Contrairement à Sultan et al. (2005), qui identifient des ruptures multiples, notre étude se limite à une seule rupture, probablement due à la méthode de Pettitt (conçue pour un seul point de rupture).

Les ruptures détectées à Goundam en 1998 coïncident avec des événements climatiques majeurs documentés au Sahel. La sécheresse prolongée des années 1990-2000, amplifiée par El Niño (1997-1998), a entraîné une réduction drastique des précipitations dans cette région. Ces résultats s'alignent avec les études de Nicholson (2013) et Dai (2011), qui attribuent ces changements à :

- Une augmentation des températures de surface océaniques dans l'Atlantique Nord, perturbant les moussons.
- La désertification accélérée due à la déforestation et aux pratiques agricoles intensives.

La performance d'ARIMAX ( $RMSE = 0.326$ ) à Goundam révèle l'importance de la température comme variable exogène. Cependant, la faible valeur de  $R^2$  (0.222) indique que d'autres facteurs non inclus (ex. humidité des sols, couverture nuageuse) pourraient améliorer les prévisions.

Les séries de sécheresse vécues dans les lacs du système Faguibine à l'image de toute la bande sahélienne ont profondément affecté le secteur primaire. La zone d'étude située dans le cercle de Goundam, constitue une zone agro-pastorale et halieutique par excellence subissant également dans son principal secteur la persistance de phénomène climatique.

Cette persistance de la sécheresse provoque la dégradation de tous les écosystèmes naturels conduisant ainsi à la diminution du débit du fleuve, à la disparition de la végétation, la diminution des ressources halieutiques, pastorales et la perte des terres cultivables.

Elle provoque également une profonde modification du calendrier de toutes les activités agro-halieutiques et pastorales. On assiste de plus en plus à l'arrivée tardive des pluies et une mauvaise répartition spatio-temporelle. La sécheresse est de plus en plus dans la première moitié de la saison pluvieuse (mai, juin, juillet), période des semis mais aussi de rareté des pâturages. La sécheresse créant un déficit pluviométrique, perturbe fortement les activités des exploitants des lacs du système Faguibine.

Les grandes sécheresses de 1973 et 1984 ont bouleversé tous les écosystèmes entraînant un assèchement progressif et continu des lacs interconnectés. Ainsi, les potentialités agropastorales et halieutiques des lacs interconnectés du système Faguibine (86.000 ha) et Daounas (20.000 ha), s'élevant 106.000 ha sont réduites à moins de 3.000 ha sous l'effet des sécheresses et de la climatic. Ce phénomène entraîne des impacts négatifs sur tous les systèmes de production de la zone d'étude.

Ces résultats corroborent avec les travaux de certains chercheurs. Ainsi, selon une étude réalisée par le Premier Plan Nation d'adaptation aux changements climatiques (2021), lac Tchad a connu d'importants changements ces dernières décennies. Il y a 50 ans, il était comparable à une mer intérieure d'une superficie de 20 000 km<sup>2</sup>. Les sécheresses répétées des années 1970 et 1980 ont entraîné son assèchement rapide jusqu'à réduire sa superficie à environ 2 000 km<sup>2</sup>.

Cependant nos résultats sont en contradiction avec chercheurs qui situent l'origine des sécheresses en Afrique à partir du XX<sup>ème</sup> siècle. Ainsi, selon (Welcome, 1979), L'apparition de la sécheresse en Afrique à partir des années 1970 est à l'origine d'une diminution des surfaces en eau et de leur durée d'inondation. Les plaines inondées à la crue (moyenne des surfaces inondées de juillet à décembre) sont ainsi passées de 25.000 km<sup>2</sup> en 1966 à 7500 km<sup>2</sup> en 1989. Certains lacs dont le remplissage s'effectue par le débordement du fleuve Niger se trouvent ainsi à sec depuis plusieurs années. A titre d'exemple, en période de bonne inondation (1969) les lacs couvrent une superficie de 3100 km<sup>2</sup> à la crue contre 2400 km<sup>2</sup> à l'étiage.

A titre d'exemple, en période de bonne inondation (1969) les lacs couvrent une superficie de 3100 km<sup>2</sup> à la crue contre 2400 km<sup>2</sup> à l'étiage (Welcome, 1979), alors qu'en 1984-1985 où la crue du Niger est à son plus bas niveau depuis le début du siècle, les lacs de la rive droite sont asséchés. Ces lacs constituaient en période d'étiage des lieux d'activité privilégiés pour de nombreuses unités de pêche établies en amont, qui se déplaçaient en fonction de la saison et des migrations des poissons.

## **Conclusion**

L'évolution des crues dans les lacs interconnectés du système Faguibine illustre à quel point les effets des changements climatiques sont tangibles, tant sur le plan environnemental qu'économique et social.

Confronté à une variabilité accrue des précipitations, à la montée des températures et à la régression progressive de ses zones humides, ce système hydrologique témoigne des effets conjoints du changement climatique et des activités anthropiques. La raréfaction des pluies ainsi que leur imprévisibilité ont modifié le régime hydrique dans les lacs interconnectés du système Faguibine, provoquant des épisodes de crues plus intenses ou plus précoces, ou, au contraire, une sécheresse prolongée qui fragilise l'équilibre écologique et les communautés humaines qui en dépendent.

L'assèchement périodique du système Faguibine ne date pas des années de 1970, mais la recherche historique fonctionnement du système a révélé des assèchements partiels ou totaux pendant les années 1910,1940, 1984, 2005, 2021.

Enfin, la résilience dans les lacs interconnectés du système Faguibine dépendra de notre capacité à adapter nos pratiques et à protéger cette ressource vitale dans un contexte climatique en mutation.

## Références

**ABOCAR, M. (2025).** Changements climatiques et systèmes de production des lacs interconnectés du système Faguibine au Mali. Thèse de doctorat, IPU, Mali, 310 p.

**ASSABA, M. (2015).** Etude de faisabilité du projet d'appui à la restauration du système Faguibine, Rapport hydrologique provisoire, Hydroplan, 50 p.

**BRUNET, M., CHAPERON., LAMAGAT J.P., MOULINIER M. (1986b).** Monographie hydrologique du Niger, tome II-cuvette et Niger moyen. Éditions de l'ORSTOM, collection Monographies hydrologiques n°8, 510p.

**GIEC (2022).** Fiche régionale : Impacts, options d'adaptations et domaines d'investissement pour une Afrique de l'Ouest résiliente au changement climatique, sixième rapport d'évaluation du GIEC, CDKN/ACDI, 20p.

**HAMERLYNCK, O.; CHIRAMBA, T.; PARDO, M. (2009).** Gestion des écosystèmes du Faguibine (Mali) pour le bien-être humain : adaptation aux changements climatiques et apaisement des conflits, Nairobi : UNEP/ PNUE. 42p

**HYDROPLAN (2015).** Rapport final de l'Étude de Faisabilité de la 2<sup>ème</sup> phase du Projet d'Appui à la Restauration du Système Faguibine (PARF II)

**JEAN-PIERRE, L. (2013).** Eléments d'Hydrologie de Surface, Polytech nice-sophia, pp 134-198

**Lebel, T., & Ali, A. (2009).** Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime. *Journal of Hydrology*, 375(1-2), 52–64.

**MEPDD (2021).** Premier plan national d'adaptation au changement climatique de la République du Tchad, 110 p

**Nicholson, S. E. (2013).** The West African Sahel: A Review of Recent Studies on the Rainfall Regime and Its Interannual Variability. *Reviews of Geophysics*, 51(3), 349–383.

**OMVF (2012).** Note sur la problématique de l'alimentation des lacs du système Faguibine compte tenu des changements climatiques et de tous les ouvrages existants et/ou en projet sur le fleuve Niger, 3p.

**PDSEC (2017).** Programme de Développement Economique Social et Culturel du Conseil de Cercle de Goundam 2017-2021, Région de Tombouctou (Mali), 59 p.

**QUENSIERE, J. (1994).** La pêche dans le Delta central du Niger, Paris, Orstom /Karthala, pp.25-401

**TOURE, A.O. (2017).** Vulnérabilité des ressources halieutiques aux impacts des changements climatiques dans le delta central du Niger : analyse des stratégies d'adaptation des pêcheurs sur le *Diaka* dans le cercle de Ténenkou. Thèse de doctorat, Ex-ISFRA, Mali-Bamako, 291 p.