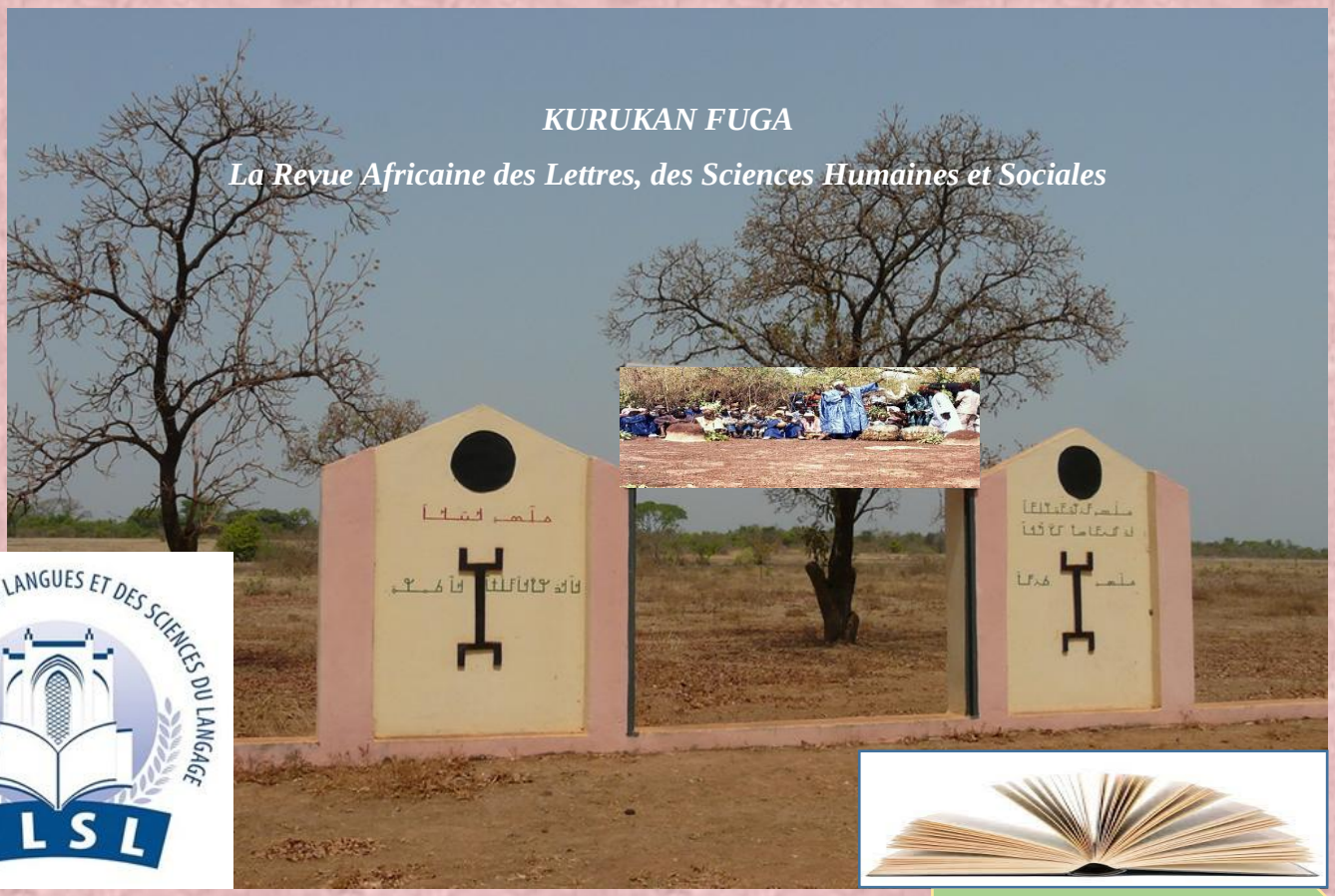
*KURUKAN FUGA*

*La Revue Africaine des Lettres, des Sciences Humaines et Sociales*

TREIZIEME NUMERO DE LA REVUE AFRICAINE DES LETTRES, DES SCIENCES

KURUKAN FUGA
VOL : 4-N°13
MARS 2025




ISSN : 1987-1465

Website : http://revue-kurukanfuga.net

E-mail : revuekurukanfuga2021@gmail.com

VOL : 4-N°13 MARS 2025

Bamako, Mars 2025

# *KURUKAN FUGA*

**La Revue Africaine des Lettres, des Sciences Humaines et Sociales**

**ISSN : 1987-1465**

**E-mail : revuekurukanfuga2021@gmail.com**

**Website : http://revue-kurukanfuga.net**

**Links of indexation of African Journal Kurukan Fuga**

| COPERNICUS | MIR@BEL | CROSSREF | SUDOC | ASCI | ZENODO |
|---|---|---|---|---|---|
| https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=129385&lang=ru | https://reseaumirabel.info/revue/19507/Kurukan-Fuga | https://search.crossref.org/search/works?q=kurukan+fuga&from_ui=yes | https://www.sudoc.abes.fr/cbs/xslt//DB=2.1/SET=4/TTL=1/SHW?FRST=5 | https://ascidatabase.com/masterjournallist.php?v=16126 | https://zenodo.org/communities/rkf/records?q=&l=list&p=1&s=10&sort=newest |



***DIRECTEUR DE PUBLICATION***

- *Prof. MINKAILOU Mohamed (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)*

***REDACTEUR EN CHEF***

- *Prof. COULIBALY Aboubacar Sidiki (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali) -*

***REDACTEUR EN CHEF ADJOINT***

- *SANGHO Ousmane,* ***Maitre de Conférences*** *(Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)*

***COMITE DE REDACTION ET DE LECTURE***

- **SILUE Lèfara, Maitre de Conférences, (Félix Houphouët-Boigny Université, Côte d'Ivoire)**
- ***KEITA Fatoumata,* Maitre de Conférences *(Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)***
- ***KONE N'Bégué,* Maitre de Conférences *(Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)***
- ***DIA Mamadou,* Maitre de Conférences *(Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)***
- ***DICKO Bréma Ely,* Maitre de Conférences *(Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)***
- ***TANDJIGORA Fodié,* Maitre de Conférences *(Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)***
- ***TOURE Boureima,* Maitre de Conférences *(Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)***
- ***CAMARA Ichaka,* Maitre de Conférences *(Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)***

- *OUOLOGUEM Belco,* Maitre de Conférences *(Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)*
- *MAIGA Abida Aboubacrine,* Maitre-Assistant *(Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)*
- DIALLO Issa, *Maitre de Conférences* (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)
- KONE André, *Maitre de Conférences* (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)
- DIARRA Modibo, *Maitre de Conférences* (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)
- MAIGA Aboubacar, *Maitre de Conférences* (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)
- DEMBELE Afou, *Maitre de Conférences* (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)
- *Prof. BARAZI Ismaila Zangou* (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)
- Prof. N'GUESSAN Kouadio Germain (Université Félix Houphouët Boigny)
- Prof. GUEYE Mamadou (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)
- Prof.TRAORE Samba (Université Gaston Berger de Saint Louis)
- Prof.DEMBELE Mamadou Lamine (Université des Sciences politiques et juridiques de Bamako,Mali)
- Prof.CAMARA Bakary, (Université des Sciences politiques et juridiques de Bamako,Mali)
- SAMAKE Ahmed,Maitre-Assistant (Université des Sciences politiques et juridiques de Bamako,Mali)
- *BALLO Abdou, Maitre de Conférences* (Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, Mali)
- *Prof.FANE Siaka* (Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako,Mali)
- *DIAWARA Hamidou, Maitre de Conférences* (Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako,Mali)
- *TRAORE Hamadoun, Maitre-de Conférences* (Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako,Mali)
- *BORE El Hadji Ousmane Maitre de Conférences* (Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako,Mali)
- *KEITA Issa Makan, Maitre-de Conférences* (Université des Sciences politiques et juridiques de Bamako,Mali)
- *KODIO Aldiouma, Maitre de Conferences* (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)
- *Dr SAMAKE Adama* (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)
- *Dr ANATE Germaine Kouméalo, CEROCE, Lomé, Togo*
- *Dr Fernand NOUWLIGBETO, Université d'Abomey-Calavi, Bénin*
- *Dr GBAGUIDI Célestin, Université d'Abomey-Calavi, Bénin*
- *Dr NONOA Koku Gnatola, Université du Luxembourg*
- *Dr SORO, Ngolo Aboudou, Université Alassane Ouattara, Bouaké*
- *Dr Yacine Badian Kouyaté, Stanford University, USA*
- *Dr TAMARI Tal, IMAF Instituts des Mondes Africains.*

## ***COMITÉ SCIENTIFIQUE***

- *Prof. AZASU Kwakuvi (University of Education Winneba, Ghana)*
- *Prof.ADEDUN Emmanuel (University of Lagos,Nigeria)*
- Prof. SAMAKE Macki, *(Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)*

- *Prof. DIALLO Samba (Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, Mali)*
- *Prof. TRAORE Idrissa Soïba, (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali)*
- *Prof. J.Y.Sekyi Baidoo (University of Education Winneba, Ghana)*
- *Prof. Mawutor Avoke (University of Education Winneba, Ghana)*
- *Prof. COULIBALY Adama (Université Félix Houphouët Boigny, RCI)*
- *Prof. COULIBALY Daouda (Université Alassane Ouattara, RCI)*
- Prof. LOUMMOU Khadija (Université Sidi Mohamed Ben Abdallah de Fès, Maroc.
- Prof. LOUMMOU Naima (Université Sidi Mohamed Ben Abdallah de Fès, Maroc.
- Prof. SISSOKO Moussa (Ecole Normale supérieure de Bamako, Mali)
- Prof. CAMARA Brahima *(Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)*
- *Prof. KAMARA Oumar (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)*
- Prof. DIENG Gorgui (Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal)
- Prof. AROUBOUNA Abdoulkadri Idrissa (Institut Cheick Zayed de Bamako)
- Prof. John F. Wiredu, University of Ghana, Legon-Accra (Ghana)
- Prof. Akwasi Asabere-Ameyaw, Methodist University College Ghana, Accra
- Prof. Cosmas W.K.Mereku, University of Education, Winneba
- Prof. MEITE Méké, Université Félix Houphouet Boigny
- Prof. KOLAWOLE Raheem, University of Education, Winneba
- Prof. KONE Issiaka, Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa
- Prof. ESSIZEWA Essowè Komlan, Université de Lomé, Togo
- Prof. OKRI Pascal Tossou, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- Prof. LEBDAI Benaouda, Le Mans Université, France
- Prof. Mahamadou SIDIBE, Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako
- Prof.KAMATE André Banhouman, Université Félix Houphouet Boigny, Abidjan
- Prof.TRAORE Amadou, Université de Segou-Mali
- Prof.BALLO Siaka, *(Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, Mali*

**TABLE OF CONTENTS**


| N° | Auteurs & Titres | Pages |
|---|---|---|
| 01 | ZAKARI Aboubacar,<br>ANALYSE SOCIOLOGIQUE DE LA TRAJECTOIRE D'INSERTION PROFESSIONNELLE DES DIPLOMES DE L'INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE DE L'UNIVERSITE ANDRE SALIFOU : CAS DES DIPLOMES DE LA FILIERE ASSISTANT DE DIRECTION (AD) PROMOTION 2016 | 01-12 |
| 02 | SORO Adama, SANOKO Bakary & Vamara KONÉ,<br>HYBRIDITY IN LESLIE MARMON SILKO'S CEREMONY: TRANSGRESSION, RESTORATION AND A PROSPECT OF HUMAN UNIFICATION | 13-26 |
| 03 | YAO Grégoire Anahet,<br>FROM IPSEITY TO OTHERNESS: A CONTRASTING FACET IN TRUMP'S CAMPAIGN SPEECH (2016) IN WISCONSIN | 27-36 |
| 04 | KOLO N'Golo, CAMARA Sekou,<br>ORPAILLAGE ET SECURITE ALIMENTAIRE AU MALI : CAS DE LA COMMUNE RURALE DE M'PESSOBA | 37-49 |
| 05 | BERTHE Lassina, DIALLO Issa, OUATTARA Issa,<br>EFFETS DE LA DEPIGMENTATION SUR LES FEMMES UTILISATRICES A L'HÖPITAL DERMATOLOGIQUE DE BAMAKO | 50-61 |
| 06 | KOIVOGUI Boye, COULIBALY Modibo Zoumana, DIANE Lanfia, KABA Moussa,<br>UTILISATION DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE COMMUNICATION (TIC) DANS LES ACTIVITES AGRICOLES DE LA COMMUNE RURALE DE KARIFAMORIAH, PREFECTURE DE KANKAN, EN GUINEE | 62-76 |
| 07 | TOGOLA Bakaye,<br>INVESTIGATING THE IMPACT OF WESTERN IMPERIALISM IN THE SAHEL: THE CASE STUDY OF THE ALLIANCE OF SAHEL STATES (AES) | 77-87 |
| 08 | DOUYON Amadou, TRAORÉ Adama & GOITA Yacouba,<br>PERFORMANCES SCOLAIRES AU D.E.F DANS L'ACADEMIE D'ENSEIGNEMENT DE MOPTI (2012-2022) : ANALYSE DES DISPARITES DE GENRE ET IMPLICATIONS POUR LES POLITIQUES EDUCATIVES | 88-98 |
| 09 | TRAORÉ Nassoum Yacine,<br>ANALYSE DES REPRÉSENTATIONS DU POUVOIR ET DE L'HOMME DANS LA CHANSON SANUNƐGƐNIN (PETIT FER EN OR) DE TARA BOUARÉ (KALA- MALI) | 99-111 |

| | | |
|---|---|---|
| *10* | *TOUGOUMA Dieudonné,*<br>*LES IMPLICATIONS ÉTHIQUES DES TECHNOLOGIES ÉMERGENTES : NJOH MOUELLE ET L'URGENCE D'UNE RÉGULATION SUPRANATIONALE* | *112-126* |
| *11* | *BOUGMA Moussa,*<br>*PAUVRETE ET ACCES DES ENFANTS A L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR A OUAGADOUGOU* | *127-140* |
| *12* | *TANGARA Oumar, DIARRA Mamy, DIARRA Karim, BAGAYOKO Thierno B,*<br>*ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DES ENTREPRISES INDUSTRIELLES DE LA REGION DE SEGOU : CAS DU CERCLE DE SEGOU, MALI* | *141-149* |
| *13* | *BA Cheick Oumar, ZONGO Alphonse Nongma,*<br>*IMPACTS DE LA SOCIETE MINIERE D'OR DE GOUNGOTO SUR LE DEVELOPPEMENT SOCIO-ECONOMIQUE LOCAL DANS LA COMMUNE RURALE DE KENIEBA, CERCLE DE KENIEBA* | *150-161* |
| *14* | *KOUMA Daouda, ZONGO Alphonse Nongma,*<br>*REPRESENTATIONS SOCIALES DU TRAVAIL ET DE LA MOTIVATION DES EMPLOYES : CAS DE LA SOCIETE NATIONALE D'ÉLECTRICITE DU BURKINA A OUAGADOUGOU* | *162-176* |
| *15* | *LE BI Le Patrice,*<br>*ADVOCATING FOR AN INNOVATIVE AND OPEN PERCEPTION OF EXTENSITY AS A FULLY-FLEDGED GRAMMATICAL CATEGORY* | *177-191* |
| *16* | *TANGARA Modibo,*<br>*LE DISCOURS D'ACCOMPAGNEMENT DE NOUVEAUX CIRCONCIS CHEZ LES BAMANAN DU MAASINA : ÉTUDE ETHNOLINGUISTIQUE ET STRUCTURALE* | *192-201* |
| *17* | *AROU Oumarou,*<br>*PERSISTANCE DU PALUDISME AU MALI : L'EXEMPLE CHEZ LES FEMMES ENCEINTES DE L'ASSOCIATION DE SANTÉ COMMUNAUTAIRE DE BANCONI (A. SA.CO.BA)* | *202-215* |
| *18* | *COLY Roger, SENE Abdourahmane Mbade,*<br>*INFRASTRUCTURES MODERNES ET ENCLAVEMENT PERSISTANT : LE PARADOXE DU DEVELOPPEMENT DES TRANSPORTS DANS LA REGION DE ZIGUINCHOR (SENEGAL)* | *216-232* |
| *19* | *DIDE Kamondan Vincent,*<br>*LA PAROLE OUTRAGEUSE EN PAYS WE : TYPOLOGIE ET ESTHETIQUE D'UN GENRE* | *233-244* |
| *20* | | *245-261* |

| | | |
|---|---|---|
| | ***MOUTORE Yentougle,***<br>***TERRORISME ET VULNERABILITE URBAINE A DAPAONG (TOGO)*** | |
| ***21*** | ***AWADE Essodina & BAWA Dangnisso***<br>***IDENTIFICATIONS DES FACTEURS DE DEGRADATION DES SOLS DANS LE BASSIN VERSANT DE KPELOU ET LUTTE ANTIEROSIVE (NORD-EST DU TOGO)*** | ***262-276*** |
| ***22*** | ***TINTO Boureima , LOMPO Mamadou, SANOU Kwéssé Moïse & ADOUABOU Basile Aoupoaoune,***<br>***CARTOGRAPHIE DES FEUX DE BROUSSE DE LA RESERVE DE BIOSPHERE TRANSFRONTALIERE DU W/BURKINA FASO*** | ***277-290*** |
| ***23*** | ***KANOUTE Bassy,***<br>***IMPACT DE LA MALNUTRITION SUR LE DEVELOPPEMENT PHYSICO-COGNITIF DES ENFANTS AU MALI*** | ***291-301*** |
| ***24*** | ***BASSANE Ernest,***<br>***SOUPIRS OU DE LA POÉSIE DE LA RÉSILIENCE CHEZ KADIATA DICKO : DU COMBAT DES ARMES AU COMBAT DES MOTS*** | ***302-311*** |
| ***25*** | ***DEMBELE Souleymane, CISSE Mahamadou & GUIROU Alibourou,***<br>***DETERMINANTS DE LA CORRUPTION DANS LE CADRE DE LA DECENTRALISATION DANS LA COMMUNE II DE BAMAKO ET DE BAGUINEDA*** | ***312-326*** |
| ***26*** | ***TOGOLA Ousmane Mamadou,***<br>***COMMERCE BILATERAL ENTRE LA REPUBLIQUE DE GUINEE CONAKRY ET LE MALI DE 2000 A 2020*** | ***237-345*** |
| ***27*** | ***MARIKO Bourama,***<br>***RETHINKING ANCIENT EGYPTIAN CIVILIZATION BEYOND GREEK AND ROMAN LENSES FROM A POSTCOLONIAL PERSPECTIVE*** | ***346-370*** |
| ***28*** | ***DIAWARA Nana Kadidia,***<br>***ÉTHIQUE : FORMATION ET EMPLOYABILITE*** | ***371-380*** |
| ***29*** | **COULIBALY Zakaria & TOGOLA Souleymane,**<br>**DISMEMBERMENT OF SLAVE FAMILIES IN THE PERIOD OF SLAVERY: CAUSES AND ULTERIOR OBJECTIVES IN THE NARRATIVES OF *OLAUDAH EQUIANO* AND *FREDERICK DOUGLASS*** | ***381-389*** |
| ***30*** | ***MAIGA Aboubacar Ab., SANOGO Adama & TOGOLA Hawa Boubacar,*** | ***390-406*** |

| | | |
|---|---|---|
| | ***L'IMPLICITE DANS LE DISCOURS LITTERAIRE : UNE ANALYSE DES ENJEUX IMPLICITES A TRAVERS LES PRESUPPOSES ET LES SOUS-ENTENDUS*** | |
| ***31*** | **BADO Baguima Sylvain,**<br>**SAVOIRS PAYSANS ET PRATIQUES CULTURALES, UN ART AU CŒUR DES MYTHES *LYELA*** | ***407-417*** |
| ***32*** | ***TRAORE Assa Dramane,***<br>***LES DANGERS DE L'AU-DELA ET LEURS ESQUIVES DANS LES TEXTES FUNERAIRES DE L'ÉGYPTE ANCIENNE*** | ***418-433*** |
| ***33*** | ***OUADJA N'Nigmatoui & DIPO Ilaboti,***<br>***LES RITES FUNERAIRES CHEZ LES BIKPAKPAAM AVANT LA CONQUETE COLONIALE*** | ***434-443*** |
| ***34*** | ***DEMBELE Dabéré, BAMBA Fatogoma & MOUSSA Djibrilla***<br>***ESTIMATION D'UN SEUIL D'ALERTE DE RISQUE D'INONDATION PLUVIALE EN COMMUNE IV DU DISTRICT DE BAMAKO*** | ***444-456*** |
| ***35*** | ***DIAKITE Youssouf,***<br>***ANALYSE DES FACTEURS DE GRAVITE DU CHOC D'ACCIDENTS DE LA ROUTE ET DE TRAUMATISMES A BAMAKO*** | ***457-466*** |
| ***36*** | **DANSIRA Diafily,**<br>**ANALYZING TYPES OF CODE SWITCHING IN CAMARA LAYE'S *DRAMOUSS*** | ***467- 475*** |
| ***37*** | ***LIGAN Charles Dossou,***<br>***LANGUES NATIONALES ET VULGARISATION DES RESULTATS DE RECHERCHE : LA VOIE DE LA TERMINOLOGIE*** | ***476- 487*** |
| ***38*** | ***SANOU Maïmouna,***<br>***LA PEUR DE VIEILLIR, ENTRE REPRESENTATIONS SOCIALES ET PRATIQUES ENVERS LES PERSONNES AGEES EN INCAPACITES FONCTIONNELLES GRAVES A BOBO-DIOULASSO, AU BURKINA FASO*** | ***488-502*** |
| ***39*** | ***KONE Kassoum,***<br>***LA CONTRACEPTION A L'EPREUVE DES DISCOURS ET REPRESENTATIONS SOCIALES A KOUMANTOU*** | ***503-512*** |
| ***40*** | ***TOURE Abdoulaye, MAIGA Abdoulaye et TRAORE Dramane L***<br>***CAPITAL SOCIAL ET CROISSANCE ECONOMIQUE AU MALI : ANALYSE DE LA DYNAMIQUE A LONG TERME*** | ***513-531*** |

Vol. 4, N°13, pp. 418– 456 Mars 2025
Copy©right 2025 / licensed under CC BY 4.0
Author(s) retain the copyright of this article
ISSN : 1987-1465
**DOI** : https://doi.org/10.62197/SKXY1222
**Indexation** : Copernicus, CrossRef, Mir@bel, Sudoc, ASCI, Zenodo
Email : RevueKurukanFuga2021@gmail.com
Site : https://revue-kurukanfuga.net

*La Revue Africaine des Lettres, des Sciences Humaines et Sociales* ***KURUKAN FUGA***

# ESTIMATION D'UN SEUIL D'ALERTE DE RISQUE D'INONDATION PLUVIALE EN COMMUNE IV DU DISTRICT DE BAMAKO

***DEMBELE Dabéré,***

*Doctorant, inscrit à l'Institut de Pédagogie Universitaire (IPU), Bamako, Mali (dabere.dembele@gmail.com)*

***BAMBA Fatogoma,***

*Professeur titulaire à l'Ecole Nationale d'Ingénieur (ENI-ABT) 410, Ave Al Quads, Bamako, Mali, email : (bamba.fatogoma@yahoo.fr)*

***&***

***MOUSSA Djibrilla,***

*Directeur Général du Centre de formation professionnelle de Sénou, Bamako, Mali (djibrillam@yahoo.fr)*

**Résumé**
Les populations du District de Bamako et particulièrement celles de la commune IV sont exposées aux risques d'inondations pluviales et fluviales qui sont les causes de pertes en vies humaines, matérielles et financières, nécessitant la détermination d'outils de prévention tels que les seuils d'alerte du risque d'inondation. A notre connaissance, la méthode d'estimation de seuil d'alerte à partir des données excédant un seuil déterminé est très peu utilisée au Mali. Nous avons utilisé cette méthode pour estimer les seuils d'alerte de risque d'inondation pluviale, en utilisant la méthode des excédents au-dessus d'un seuil de la théorie des valeurs extrêmes. Nous avons trouvé pour Bamako, la Commune IV, 64mm comme seuil d'alerte du risque d'inondation pluviale. Nous avons trouvé que pour le même seuil, 64mm, les valeurs des estimations du maximum de vraisemblance des paramètres de forme et d'échelle de la Distribution Généralisée de Pareto (DGP) varient suivant l'indépendance ou la dépendance dans le temps des valeurs observées au-dessus de ce seuil. Le test d'indépendance a trouvé que la meilleure méthode d'estimation du seuil d'alerte est celle qui considère que les données observées de ce seuil sont dépendantes dans le temps.
**Mots clés : Seuil d'alerte d'inondation, Théorie des valeurs extrêmes, Indice Extrémal.**

**********

**Abstract**
The populations of Commune IV of the District of Bamako, particularly those from the Commune IV of the District are exposed to the risks of rainfall flooding which are the causes of loss of human, material and financial lives. Estimating the flood risk threshold is an element of the mechanism for strengthening the resilience of populations to floods. To our knowledge, the method of estimating the alert threshold, based on data exceeding a determined threshold, the most used in the world, is not used in Mali. This method allowed us to estimate the rainfall flood risk alert threshold in Commune I. We found 64mm different from 55mm estimated by some

meteorology agents. We found that for the same threshold, 64mm, the values of the maximum likelihood estimates of the shape and scale parameters of the Pareto Generalized Distribution (PGD) vary depending on the independence or dependence over time of the observed values above this threshold. The independence test found that the best method estimation of the alert threshold is that which considers that the observed data of this threshold are dependent over time.
**Key words : Flood warning threshold, Extreme value theory, Extremal Index.**

**Cite This Article As : DEMBELE D., BAMBA F. & MOUSSA D. (2025). "ESTIMATION D'UN SEUIL D'ALERTE DE RISQUE D'INONDATION PLUVIALE EN COMMUNE IV DU DISTRICT DE BAMAKO. »** ***Kurukan Fuga*****, 4(13), 444–456. https://doi.org/10.62197/SKXY1222**

## INTRODUCTION

Les dix dernières années, les populations de la Commune IV du District de Bamako ont été exposées aux inondations qui ont entrainé d'énormes pertes en vies humaines, biens matériels et en habitations. D'après (Bréhima, C., 2004, p.2), en 2003, les inondations ont causé d'énormes dégâts au Mali (20 pertes en vies humaines, 6052 habitations détruites, 12000 hectares de champs inondés, des routes et des ponts détériorés. Les inondations du 28 Août 2013, ont causé beaucoup de dégâts à Bamako et surtout en commune IV. D'après (Ballo, 2013, p.1), les dommages enregistrés sont impressionnants : 3 décès, 168 maisons effondrées, 789 ménages (regroupant 7077 personnes) sinistrés, des ponts, des vivres et ustensiles de cuisines, des moyens de locomotion, du bétail et de la volaille, des documents administratifs. Ces inondations ont été provoquées par une pluie diluvienne de 85mm, quantité nette supérieure à 55mm que certains techniciens estiment comme normal. Selon le gouvernement du Mali, ministère de la Sécurité et de la Protection Civile (2019, p. 9), en 2018, les crues et les inondations consécutives aux fortes pluies ont causé la mort de 14 personnes et des dégâts importants : plus de 5 000 maisons ont été détruites, plus de 2 000 autres endommagées et plus d'une centaine de points d'eau ont été pollués. Les communautés pastorales ont été particulièrement touchées, ayant perdu plus de 3 000 animaux.

Compte tenu de la récurrence et de l'ampleur des dégâts causés par les inondations en zones urbaines, renforcés par le nouveau contexte de changement climatique, il nous a semblé plus opportun et réaliste d'estimer le seuil d'alerte d'inondation pluviale, pour mieux prévenir ou atténuer les effets néfastes des inondations. Par ailleurs, il ressort qu'au Mali, il n'y a pas encore eu d'estimation scientifique de seuil d'alerte efficace de risque liées aux inondations pluviales pouvant servir à une prévention de ces aléas dans la Commune IV du District de Bamako surtout en utilisant la théorie des valeurs extrêmes avec la méthode des excédents au-dessus d'un seuil. En plus, l'indice extrémal est rarement estimé dans les modélisations au Mali. Pour cela, nous avons répondu à la question suivante : Est-ce que le seuil, de 55 mm d'alerte aux risques d'inondation pluviale en Commune IV du District de Bamako, estimé comme normal par certains spécialistes de la météorologie est efficace ?

Pour l'estimation du seuil d'alerte du risque d'inondation, beaucoup d'auteurs utilisent la méthode de la moyenne des maximas annuels avec la loi de Gumbel.

Ainsi, il nous a paru opportun d'estimer un seuil d'alerte de risque d'inondation pluviale en utilisant la méthode des excès au-dessus d'un seuil correspondant au modèle de la distribution généralisée de Pareto (DGP).

Le but de notre étude est de contribuer à mieux cerner l'estimation du seuil d'alerte de risque d'inondation pluviale en utilisant la méthode de la théorie des valeurs extrêmes et de tester l'efficacité du seuil utilisé par les agents techniques de la météorologie et celui estimé à partir de la moyenne annuelle des maximas.

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Zone de l'étude

La commune IV (Figure 1) est limitée à l'est par la commune III, au nord et à l'ouest par le cercle de Kati et au sud par le fleuve Niger. Située sur la rive gauche du fleuve Niger et à l'extrême ouest du District de Bamako, la commune IV s'étend sur une superficie de 3 768 ha soit 14,11% de la superficie du district de Bamako avec une population estimée à 550 712 habitants (DRPSIAP, 2019). La commune IV repose sur le socle granitique et schisteux du précambrien, recouvert par une couverture sédimentaire de grès. Elle est entièrement située dans un vaste ensemble morphologique du plateau Mandingue. Le relief est dominé par quelques collines qui se situent dans sa partie Ouest et Nord, notamment le Lassa *koulou*, le *koulouni yèlèko* et le *koko koulou* qui sont des formations gréseuses constituant les dernières marches des Mandingues, et la vallée du Niger (Sibiribougou, Kalabambougou, Sébénikoro). Ces collines constituent des contraintes naturelles pour l'accessibilité de certains quartiers comme Lassa. Le climat est de type soudanien marqué par l'alternance d'une saison pluvieuse appelée hivernage avec une pluviométrie comprise entre 800 et 1200mm/an, et saison sèche. La saison des pluies s'étend sur 5 mois de juin à octobre. La saison sèche repartie en deux périodes, une période froide (de Novembre à Janvier) et celle chaude (de février à mai). La commune IV est traversée au sud par le fleuve Niger, au centre par la rivière « *Woyowayanko* » source de nombreuses inondations. La rivière de *Farako* ou *Diafaranako* tire sa source des collines de Lassa pour aboutir au fleuve Niger. Il y a également le *Souroutoumba* de *Sibiribougou*.

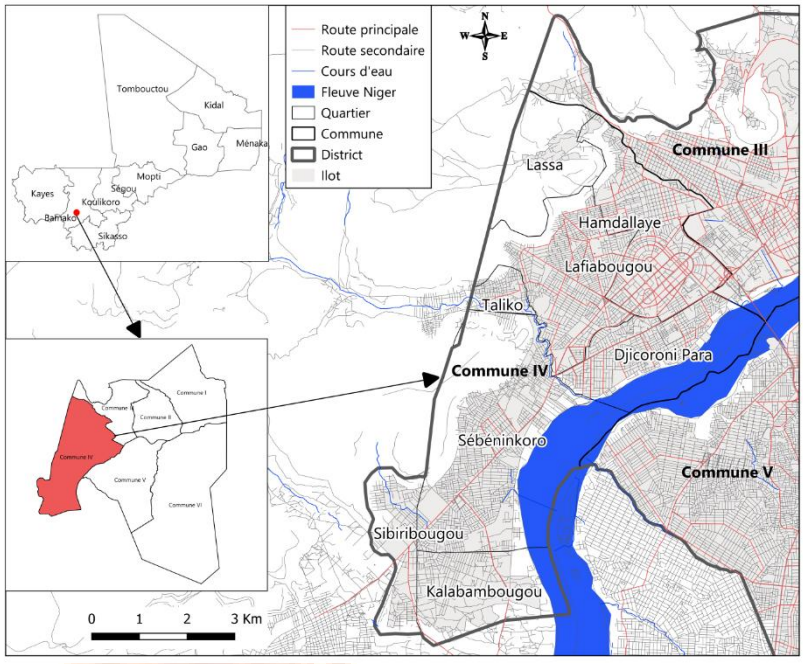



*Figure 1 : Carte de localisation de la commune IV de Bamako*

### 2.2 **Approche méthodologique :**

### 2.2.1. Collecte et traitement des données

Les données pluviométriques journalières sont collectées auprès de MALI-METEO sur la période de 1981 à 2010. Les données manquantes sont remplacées par la moyenne des données des jours $(n_{i-1}+n_{i+1})/2$. Nous avons utilisé le logiciel R (URL https://.R-project.org/) pour les lire et les traiter par un programme que nous avons élaboré nous-mêmes. Nous avons ensuite analysé les données pluviométriques collectées pour évaluer le seuil d'alerte par la méthode d'analyse des valeurs extrêmes des données suivant la distribution généralisée de Pareto (DGP).

L'approche méthodologique est basée sur une revue documentaire, la collecte des données, l'estimation du seuil d'alerte d'inondation hydrologique par la méthode de la théorie des valeurs extrêmes, et la comparaison du seuil estimé avec 380 cm, utilisé par la DNH. Pour l'estimation du seuil, nous avons utilisé la théorie de valeurs extrêmes basée sur une théorie asymptotique pour donner les modèles qui cartographient les données extrêmes (Coles, 2001, p.45-73) et précisément la méthode des excès au-dessus d'un seuil (Embrecht et al., 1997, p.152-179) ; (Reiss, Thomas, 2001, p.3-38) et (Coles, 2001, p.74-104). Cette méthode est appelée POT (peaks over the threshold : points au-dessus du seuil) qui utilise la distribution généralisée de Pareto.

Selon la théorie des valeurs extrêmes, si x= ($x_1$, $x_2$, . . .,$x_n$) est une série de variables indépendantes et identiquement distribuées (i.i.d), $u$ un seuil élevé, la distribution des valeurs de x qui excèdent le seuil $u$ est définie par :

$$F_u(y) = P\{X - u = Y \leq y \backslash X > u\} = \frac{F(y+u)-F(u)}{1-F(u)} \qquad (1)$$

qui représente la probabilité que la valeur de $x$ soit supérieure au seuil $u$ d'une valeur $y$ sachant que $x$ dépasse le seuil $u$.

Les théorèmes de Balkema et de Haan (1974) et de Pickands (1975) orientant l'approche méthodologique montre que, pour un seuil suffisamment élevé $u$, la fonction de distribution des excès en (2.1) peut s'ajuster à la DGP (Distribution Généralisée de Pareto) de telle sorte que, plus le seuil est élevé, plus la distribution des excès $F_u(y)$ converge vers la DGP, qui est définie par :

(2)

où x est le paramètre de forme et b est le paramètre d'échelle dépendent du seuil $u$ et de la distribution F(x) de la série des données x.

Supposons que $\{x_i; i = 1,2 ...\}$ est une série non stationnaire. Pour la rendre stationnaire, selon (Leadbetter, 1983), elle est transformée par une fonction. Le paramètre liant la fonction F(x) de $\{x_i; i = 1,2 ...\}$ et celle des valeurs résultantes de la transformation, $\theta$ est appelé l'indice extrémal de la série $\{x_n\}$. $\theta$ peut prendre toutes les valeurs dans l'intervalle [0 ; 1] et $\theta^{-1}$ est interprété comme la taille moyenne des excès de cluster sur un certain seuil élevé. Lorsque $\theta = 0$, il correspond à une forte dépendance (des clusters de taille infinie), mais toutes les valeurs ne peuvent pas être les mêmes. Alors que, quand $\theta = 1$, ceci correspond à une indépendance asymptotique des extrêmes, mais cela ne signifie pas que la série est complètement indépendante. Dans le cas des séries non-stationnaires, il y a également un changement systématique de la tendance en fonction du temps en raison du cycle pluviométrique. Dans ce cas, la série suit une distribution DGP en prenant $b(t) = \exp(b_0 + b_1 t)$, où la fonction

exponentielle est utilisée pour assurer que la positivité de b soit respectée pour toutes les valeurs de temps.

Les paramètres de forme des valeurs extrêmes sont difficiles à estimer avec précision, il est donc généralement irréaliste d'essayer de modéliser le paramètre de forme x comme une fonction du temps. Selon (Coles, 2001, p.75-80), pour un seuil élevé *u*, l'estimateur de la queue est donné par :

$$\hat{F}(x) = 1 - \frac{N_u}{n}\left(1 + \hat{\xi}\,\frac{x-u}{\hat{\beta}}\right)^{-\frac{1}{\hat{\xi}}} \qquad (3)$$

où $N_u$ est le nombre de dépassements et *n* est la taille de l'échantillon.

Pour une probabilité $q$ donné, un quantile $\hat{x}_q$ est estimé en inversant l'estimateur de la queue dans l'équation (2.5) :

$$\hat{x}_q = u + \frac{\hat{\beta}}{\hat{\xi}}\left(\left(\frac{n}{N_u}(1-q)\right)^{-\xi} - 1\right) \qquad (4)$$

Si les données ne sont pas i.i.d alors le quintile $x_q$ dépendra de l'indice extrémal q et l'expression (4) sera :

$$\hat{x}_q = u + \frac{\hat{\beta}}{\hat{\xi}}\left(\left(\frac{n\theta}{N_u}(1-q)\right)^{-\xi} - 1\right) \qquad (5)$$

### 2.2.2. Outils d'analyse

Nous avons élaboré un programme susmentionné à la section 2.2.1, en utilisant le logiciel R, pour les analyser. Un des outils d'analyse des données du programme est la fonction de la moyenne des excès qui est définie par :

$$e_n(u) = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - u)}{\sum_{i=1}^{n} I_{\{x_i > u\}}} \qquad (6)$$

où $I = 1$ if $X_i > u$ et 0 sinon. Si le MEF (Mean Exces Function : fonction de la moyenne des excès) empirique a une pente positive au-dessus d'un certain seuil *u*, c'est une indication que les données suivent la DGP avec un paramètre de forme x positive.

Les données hydrologiques ont été collectées sur la période de 1981 à 2018, soit sur une durée de 38 ans. Nous avons utilisé le logiciel R pour les analyser.

Le modèle de traitement utilisé est la DGP définie par l'équation (2). Pour rendre stationnaire, les données ont été standardisées par une transformation des paramètres de la moyenne arithmétique et de l'écart-type.

En cas de non-stationnarité de la série standardisée, cela peut indiquer qu'il y a un changement systématique de la tendance en fonction du temps en raison du cycle hydrologique. Dans ce cas, la série standardisée est transformée par la fonction $b(t) = \exp(b_0 + b_1 t)$, où la fonction exponentielle est utilisée pour assurer que la positivité de b soit respectée pour toutes les valeurs temporaires.

### 2.2.3. Analyse des données

Nous avons ensuite analysé les données hydrologiques collectées pour estimer le seuil d'alerte par la méthode d'analyse des valeurs extrêmes des données suivant la DGP**.** Le plan d'analyse consiste à i) sélectionner le seuil par la méthode de la moyenne des excès définie par l'équation (6) ; ii) estimer la queue de la distribution de probabilité des données par l'équation (3) ; iii) estimer le quintile $\widehat{x}_q$ pour une probabilité $q$ donné dans l'équation (4) en inversant l'estimateur de la queue dans l'équation (1) ; iv) estimer l'indice extrémal dont dépend le quintile $\widehat{x}_q$ par l'expression (5), si les données ne sont pas i.i.d.

## 3. Résultats et Discussion

### 3.1. Analyse des données pluviométrique stationnaires

Supposons que la série de la distribution des valeurs extrêmes est stationnaire, c'est-à-dire que la pluviométrie de demain ne dépend pas de celle d'aujourd'hui.

Pour déterminer la distribution des données, l'approche la plus efficace est de modéliser le comportement des valeurs extrêmes des données pluviométriques au-dessus d'un seuil élevé en utilisant la distribution DGP définie en (2).

Considérons que la série originale $x_1$, $x_2$, ..., $x_n$, des données pluviométriques est normalisée pour réduire l'effet de volatilité dans les séries en utilisant la moyenne et l'écart type de cette série.

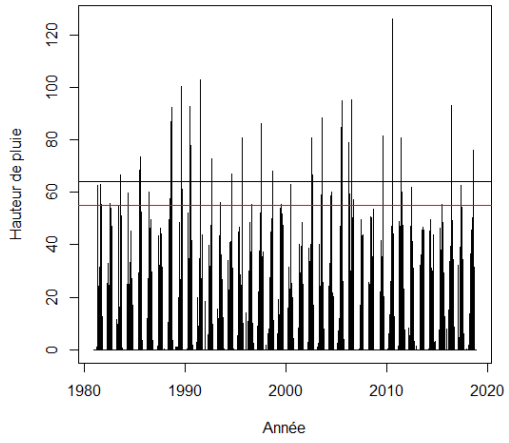



*Figure 2: : Les données pluviométriques à Bamako de 1981 à 2018*

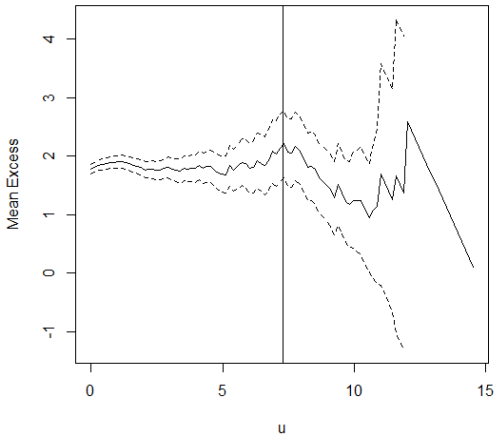



*Figure 3: la courbe de la moyenne résiduelle des excès de la série des données pluviométriques*

La figure 2 présente les données pluviométriques à Bamako de 1981 à 2018 illustrant le dépassement des seuils. La fonction de la moyenne résiduelle des excès de la série normalisée est indiquée sur la figure 3. La courbe est initialement linéaire, mais présente une courbure importante dans l'intervalle $0 \leq u \leq 10$, où u correspond au seuil probable $u_0$. Pour u < 7,3, le graphique est raisonnablement linéaire lorsqu'il est jugé par rapport à l'intervalle de confiance. Donc, nous proposons que $u$ soit fixé à 7,3 et corresponde à $u_0 = 64$. Ce choix conduit à 30 excès au seuil $u_0$ dans la série de longueur 13879.

La validité du seuil $u_0 = 64$ peut être justifiée plus en détail en vérifiant la stabilité des estimations des paramètres d'échelle et de forme de DGP. Cela demande une estimation de ces paramètres pour u variant dans l'intervalle [4 ; 10] partagé en 100 parties. La figure 4 ci-dessous montre la représentation graphique des paramètres d'échelle et de forme en fonction du seuil u et donne u = 7,3. Ce qui est identique au seuil u = 7,3 donné par la fonction de la moyenne résiduelle des excès. Nous retenons u = 7,3 correspondant au seuil $u_0 = 64$.

La figure 4 ci-dessous montre la représentation graphique des paramètres d'échelle et de forme en fonction du seuil u comme mentionné plus haut.

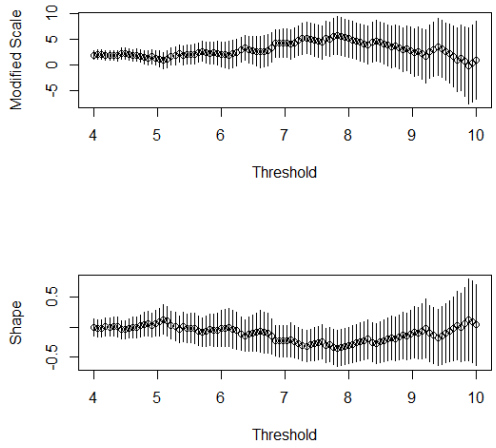



*Figure 4: : Estimation des paramètres de la DGP contre le seuil des données pluviométriques*

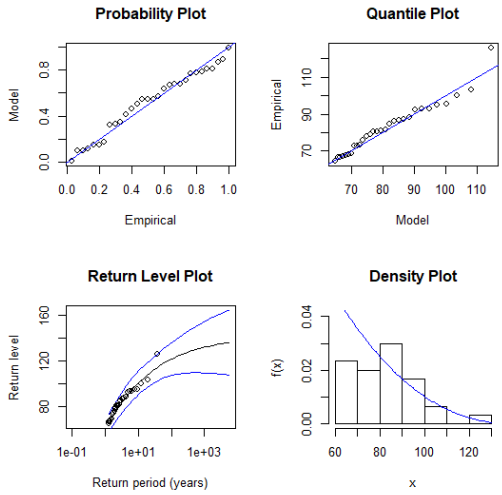



*Figure 5: Test de la fonction de distribution estimée*

La figure 4 montre l'estimation des paramètres de la distribution généralisée de Pareto (DGP) contre le seuil des données pluviométriques. En se référant au seuil u0 = 64mm, la probabilité de dépassement est de 30/13879 = 0,002. Les estimations des paramètres de la DGP sont $(\hat{\sigma}, \hat{\xi}) = (23{,}592 - 0{,}301)$ avec des écart-types presque nuls. La figure 4 montre une grande incertitude dans le choix du modèle parce que les paramètres ne sont pas stables.

La figure 5 ci-dessus représente le test de la fonction de distribution estimée. Dans la figure 5, l'ajustement de la courbe de la fonction des quantiles et de la courbe de la fonction de probabilité semblent peu convaincantes en raison de l'écart par rapport à la droite. La courbe de la fonction du « niveau de retour » montre une grande incertitude qui s'accrut pour quelques valeurs extrêmes qui sont au bord de l'intervalle de confiance montrant ainsi une incertitude dans l'estimation des paramètres.

Rappelons que la courbe de la fonction du « niveau de retour » prend en compte non seulement la distribution des extrêmes à travers la DGP mais aussi la dépendance à l'extrême dans la série à travers l'estimation de l'indice extrémal.

On peut ainsi dire que la variabilité dans la série des données pluviométriques est élevée et un tel comportement, ne peut être pris en compte par la théorie des variables aléatoires non stationnaires.

La valeur estimée de vraisemblance négative du paramètre de forme tracée en fonction du paramètre de forme estimé dans la figure 6 ci-dessous montre que le paramètre de forme est entre -0,6 et 0,1.

La figure 6 montre aussi que l'incertitude de la distribution estimée est reflétée dans l'intervalle de confiance par une asymétrie considérable dans la surface du profil de ressemblance.

Cette incertitude dans l'estimation de la distribution est due à la non stationnarité des données.

### 3.2. Résultats d'analyse des données pluviométriques non stationnaires

La figure 6 montre un intervalle de confiance asymétrique de l'estimation de vraisemblance du paramètre de forme parce que la distribution de la série des données pluviométrique n'est pas stationnaire. Ce qui se justifie par les périodes de pic et de tendance dans le temps de la série des données pluviométriques observées au niveau de la figure 4.

Pour rendre cette distribution stationnaire, la série des données est transformée par la fonction b(t) = exp ($b_1$ + $b_2$t), où t est le nombre de jours. L'estimation de la fonction b est $\beta(t) =$ exp ( $2{,}947 + 0.00006t$) pendant que $\hat{\xi}(t) = -0.516t$.

Le test de stationnarité donne D = 1,242> 0,103 correspondant à la valeur $\chi^2$ (2) montrant ainsi qu'il y a une différence entre les deux distributions. On considère la distribution non stationnaire.

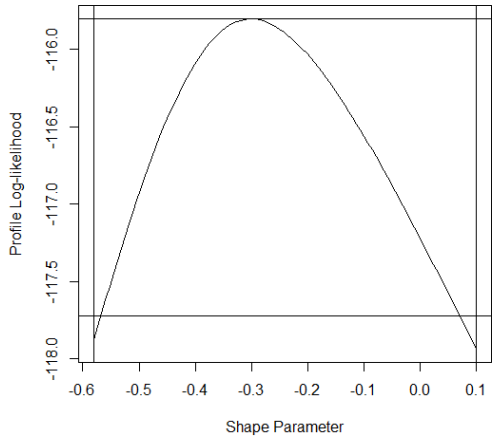



Figure: 6Test du paramètre de forme (shape parameter)

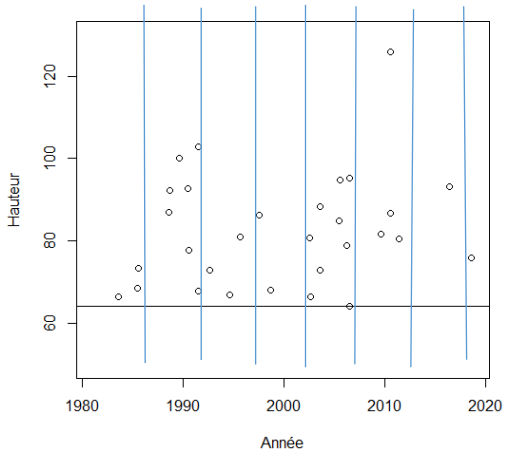



Figure 7 : Dépendance de la série dans le temps des données pluviométriques

### 3.3. Résultats d'analyse des données pluviométriques dépendantes dans le temps

La différence trouvée entre les deux distributions de la série non stationnaire et de la série stationnaire est aussi due à la dépendance dans le temps de la série des données, mais ne montre pas que la série transformée est indépendante et identiquement distribuée. En effet, les données tracées sur la figure 7 ci-dessus, montrent des clusters des données dans le temps.

Nous avons procédé à une déclustérisation de la série des données pluviométriques pour obtenir un ensemble d'excédents au seuil qui sont approximativement indépendants. L'indice extrémal de la série est estimé par $\hat{\theta} = \frac{8}{30} = 0{,}267$ ; montrant ainsi une relative dépendance dans les excédents au-dessus du seuil 64mm.

L'évaluation du seuil de risque d'inondation pluviométrique est résumée dans le tableau 38 pour les cas de données statistiques stationnaires, non stationnaires et dépendantes dans le temps.

Tableau 38 : Résumé de l'évaluation des paramètres de la DGP pour la série pluviométrique.

| Paramètres de distribution | Séries stationnaires | Séries non stationnaires | Séries dépendantes |
|---|---|---|---|
| Seuil optimal | 64 | 64 | 64 |
| Nombre d'excès | 30 | 30 | 30 |
| Taux d'excédence | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Nombre de clusters | | | 8 |
| Indice extrémal | | | 8/30 = 0,267 |
| Log de vraisemblance négatif | 115,804 | 114,562 | 114,562 |
| Maximum de vraisemblance de l'estimation du paramètre d'échelle | 23,592 | exp (2,947 + 0,00006t) | exp (2,947 + 0,00006t) |
| Maximum de vraisemblance de l'estimation du paramètre de forme | -0,301 | -0,516 | -0,516 |
| Ecart-type du paramètre d'échelle | 5,214 | 0,256 ($b_0$) 0($b_1$) | 0,256 ($b_0$) 0($b_1$) |
| Ecart-type du paramètre de forme | 0,136 | 0,203 | 0,203 |
| Test Khi$^2$ | | | D = 1,242> 0,103 |

Le tableau 1 montre que pour le même seuil (le même nombre d'excès), les valeurs des estimations du maximum de vraisemblance des paramètres de forme et d'échelle de la DGP varient suivant les cas de données stationnaires, non stationnaires et dépendantes dans le temps. Le meilleur choix de la DGP est donc le cas des séries dépendantes dans le temps.

Nous avons analysé le comportement de la série des données au-dessus du seuil (série stationnaire, non stationnaire et indépendante) et avons trouvé que le meilleur choix de la distribution généralisée de Pareto (DGP) est le cas des séries dépendantes dans le temps. Nous

avons estimé l'indice extrémal montrant ainsi une dépendance dans les excédents au-dessus du seuil 64mm.

### 3.4. Discussion

Des études similaires sur l'estimation du seuil d'inondation à Abidjan ont été réalisées par Gneneyougo Émile Soro, Amidou Dao, Vamoryba Fadika, Té Albert Goula Bi et Bernard Srohorou (2016, p.3), à travers l'approche des valeurs supérieures à un seuil et ont trouvé que les seuils optimaux d'estimation des pluies journalières extrêmes sont compris entre 32 mm et 55mm. Fofana Mohamed, Adounkpe Julien, Larbi Isaac, Hounkpec Jean, Koubodana H. Djan'na, Toure Adama, Bokar Hamadoun, Dotse Sam-Quarcoo, Limantol Andrew Manoba, (2022, p.8) ont trouvé que les évènements pluviométriques responsables des inondations à Bamako varient de 44mm à 76mm et que la valeur au-delà de laquelle une inondation pourrait survenir dans la ville de Bamako est de 47mm. Notre seuil d'alerte de risque d'inondation pluviale trouvé qui est de 64mm se situe entre cet intervalle 44-76mm ce qui confirme la pertinence de nos résultats. Cette variation des seuils selon les localités et les positions géographiques est confirmée par les résultats obtenus en Côte d'Ivoire par Lassina KONATE, Boyossoro Hélène KOUADIO, Bernard Kouakou DJÈ, Gabriel Etienne AKE, Vami Herman N'Guessan Bi, Lorng GNAGNE, Moïse Koffi KOUAME, and Jean BIEMI, (2016, p.12) qui ont trouvé que les valeurs de seuils de pluies intenses (50mm, 70mm et 100mm) sont significatives et représentatives des dégâts d'inondations liés à ces pluies propres au District d'Abidjan (les hauts plateaux, les moyens plateaux, et les vallées profondes). De nombreux chercheurs du domaine hydrologique utilisent de méthodes variées pour l'estimation du seuil des précipitations extrêmes pouvant causer des inondations (Langousis, A., A. Mamalakis, M. Puliga, and R. Deidda 2016, p.3). Nous notons que la méthode de la moyenne des maximas obéissant à la loi Généralisée des Valeurs extrêmes (GEV) ou loi de Gumbel est utilisée par beaucoup d'auteurs pour sa simplicité comme l'a reconnu Aurélie Muller (2006, p.66), Albert, G. B. T., Brou, K., Yao, T.B., Savane, I., Vamory, F., & Bernard, S. (2007, p.19), Kan Martin Kouassi et al., (2019, p.15-17) et, al. (2016), ont trouvé que les valeurs de seuils de pluies intenses (50mm, 70mm et 100mm) sont significatives et représentatives des dégâts d'inondations liés à ces pluies propres au District d'Abidjan (les hauts plateaux, les moyens plateaux, et les vallées profondes). Les résultats obtenus par certains auteurs au Rwanda, comme ceux d'Iradukunda, M., (2022, p.9) qui a utilisé la méthode de la distribution généralisée de Pareto avec le modèle des excès au-dessus, et trouvé 31mm, 23,5mm et 35mm comme seuil pouvant déclencher des inondations respectivement à Addis-Abeba, Khartoum et Nairobi.

La pertinence du choix de la méthode de Pareto utilisée, pour estimer le seuil d'alerte d'inondation est soutenue par Coles et al, 2003 ; Koutsoyannis, 2004 a&b ; Álvaro José Back, et al. 2021) Souanef, N. (2015, p.46-61), Amani Michel Kouassi et al, (2018, p.2).

Nous avons estimé l'indice extrémal montrant ainsi une dépendance dans les excédants au-dessus du seuil 64mm. Nous, nous estimons que l'utilisation de la théorie des valeurs extrêmes dite de Pareto pour l'estimation du seuil d'alerte d'inondation pluviométrique est plus efficace que l'utilisation de la moyenne annuelle des maxima au-dessus d'un seuil. Cela est confirmé par (Bezak, N., Brilly, M., and Šraj, M., 2014, p.1) qui ont trouvé que la méthode POT a donné de meilleurs résultats que la méthode de la série des maximas annuels. Thomas Rodding Kjeldsen et Ilaria Prosdocimi, (2023, p.1), ont aussi une préférence pour théorie de valeurs extrêmes observées au-dessus d'un seuil déterminé.

En nous référant à Pan et Rahaman (2021, p.4), nous, nous estimons que l'utilisation de la méthode des excédents pour estimer un seuil en utilisant la théorie des valeurs extrêmes dans

la détermination du seuil d'alerte d'inondation pluviale à Bamako (Commune IV) est plus efficace que l'utilisation de la moyenne annuelle des maximas au-dessus d'un seuil.

## 4. Conclusion

En traitant la problématique concernant l'estimation de seuil d'alerte du risque d'inondation dans la Commune IV du District de Bamako, nous avons vérifié l'efficacité du seuil d'alerte d'inondation pluviométrique 55mm et la dépendance des données pluviométriques observées au-dessus du seuil estimé 64mm.

Nous avons estimé l'indice extrémal pour déterminer la dépendance des données au-dessus d'un seuil après avoir utilisé la méthode, des excès au-dessus d'un seuil, de la théorie des valeurs extrêmes pour estimer le seuil d'alerte d'inondation pluviale en Commune IV. Elle nous a permis de comparer le seuil estimé avec le seuil d'alerte d'inondation pluviale des spécialistes de la météorologie. Nous avons trouvé qu'il est différent du seuil estimé. Nous avons trouvé qu'il y a une relative dépendance dans les excès au-dessus du seuil pour les données pluviométriques.

Nous estimons que les résultats de la présente recherche pourront servir de base solide pour toute étude visant à estimer le seuil d'alerte d'inondation pluviale au Mali en vue de renforcer le dispositif de prévention des risques de catastrophes liées aux inondations.

## Références


[1] **Abert Goula Bi Tié, Brou Konan, Yao Telesphore Brou, Savane Issiaka, Vamoryba Fadika, & Bernard Srohourou (2007).** Estimation des pluies exceptionnelles journalières en zone tropicale : cas de la Côte d'Ivoire par comparaison des lois lognormale et Gumbel, Hydrological Sciences Journal, 52 :1, 49-67, DOI : 10.1623 /hysj.52.149. p.49-66

[2] **Álvaro, J. B., Bonfante, F. M. (2021).** Evaluation of generalized extreme value and Gumbel distributions for estimating maximum daily rainfall. pp 654-664. 244p.

[3] **Aurélie Muller (2006).** Comportement asymétrique de la distribution des pluies extrêmes en France. Mathématiques [math]. Université Montpellier II – Sciences et Techniques du Languedoc, 2006. Français. FfNNT : ff. fftel-00122997f. Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier II. Statistique appliquée et Hydrologie. Ecole doctorale, Information, Structures, Sytèmes. Soutenue le 24 novembre 2006.

[4] **Balkema, A and Haan, L (1974):** Residual Life Time at Great Age. The Annals of Probability, 2, 792-804.

[5] **Ballo, S. (2013).** Dynamiques urbaines et inondations à Bamako : étude d'un processus de vulnérabilité en commune IV du district, article, p.1-11

[6] **Bezak, N., Brilly, M., and Šraj, M., (2014).** Comparison between the peaks-over-threshold method and the annual maximum method for flood frequency analysis. Hydrological Sciences Journal, 59 (5), 959–977

[7] **Coles, S.G. (2001):** An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. Springer Series in Statistics., https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3675-0

[8] **Deidda, R., Mamalakis, A., Langousis, A. (2015).** Comparison of Threshold Detection Methods for the Generalized Pareto Distribution (GPD) : Application to the NOAA-NCDC Daily Rainfall Dataset. NASA Astrophysics Data System (ADS). 2015-04-01. https://www.science.gov/topicpages/p/pareto+distribution+gpd

[9] **Demetris Koutsoyiannis (2004)** : Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: I. Theoretical investigation / Statistiques de valeurs extrêmes et estimation de précipitations extrêmes: I. Recherche théorique, Hydrological Sciences Journal, 49:4, -590, DOI: 10.1623/hysj.49.4.575.54430

[10] **Demetris, K. (2004).** Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: II. Empirical investigation of long rainfall record. Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques, 49 (4) August 2004.

[11] **Fofana Mohamed, Adounkpe Julien, Larbi Isaac, Hounkpec Jean, Koubodana H. Djan'na, Toure Adama, Bokar Hamadoun, Dotse Sam-Quarcoo, Limantol Andrew Manoba, 2022.** Urban flash flood and extreme rainfall events trend analysis in Bamako, Mali « Analyse des tendances des crues éclaires urbaines et des épisodes de précipitations extrêmes à Bamako, Mali » Environnemental Challenges 6 (2022) 100449, journal homepage: www.elsevier.com/locate/envc

[12] **Gneneyougo Émile Soro, Amidou Dao, Vamoryba Fadika, Tié Albert Goula Bi et Bernard Srohorou (2016) :** Estimation des pluies journalières extrêmes supérieures à un seuil en climat tropical : cas de la Côte d'Ivoire, Physio-Géo Volume 10 (2016).

[13] **Iradukunda, Médiatrice (2022) :** Seuil de précipitations déclenchant des inondations. Mémoire de Master. Institut africain des sciences mathématiques (AIMS), Rwanda.

[14] **Kan Martin Kouassi., N'Diaye Herman Meledje., Yao Blaise Koffi., Kouakou Lazare Kouass., Kouassi Ernest Ahoussi., Yéi Marie Solange OGA., Jean Biemi et Nagnin Soro. (2019).** Modélisation statistique des extrêmes de pluies à différentes échelles de temps : comparaison des approches théorique et pratique. p.368-388.

[15] **Kolaković, S., Mandić, V., Stojković, M., Jeftenić, G., Stipić, D., Kolaković, S. (2023) :**Estimation of Large River Design Floods Using the Peak-Over-Threshold (POT) Method. Flood Risk Management and Civil Infrastructure. Sustainability 2023, 15(6), 5573; https://doi.org/10.3390/su15065573.

[16] **Kouassi, A. M., Relwindé, A.-K. N., Koffi, B. Y., Koffi, F. K., Biemi, J. (2018).** Modélisation statistique des pluies maximales annuelles dans le district d'Abidjan (sud de la Côte d'Ivoire). Statistical modelling. Maximum annual rainfall in the Abidjan district (southern Ivory Coast), an article of Journal /Water Science Volume 31, Number 2, 2018, p.147-160.

[17] **Koungbanane, D., Zahiri, P. E., Sourou. H., Henri S. Totin V., Amoussou. E., Lare. L. Y., Koubodana. H. D. (2020).** Analyse fréquentielle et détermination des seuils pluvio-

hydrologiques de risques d'inondation dans le bassin-versant de l'Oti au Togo. Afrique SCIENCE 17(1) (2020) pp.73 – 88. ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.net

[18] **Langousis, A., A. Mamalakis, M. Puliga, and R. Deidda (2016):** Threshold detection for the generalized Pareto distribution:Review of representative methods and application to the NOAA NCDC daily rainfall database, W*ater Resources.Research., 52, doi:10.1002/2015WR01850.* « Détection de seuil pour la distribution de Pareto généralisée : examen des méthodes représentatives et application à la base de données de précipitations quotidiennes NOAA NCDC ».

[19] **Lassina Konaté, Boyossoro Hélène Kouadio, Bernard Kouakou Djé, Gabriel Etienne Aké, Vami Herman N'Guessan Bi, Lorng Gnagne, Moïse Koffi Kouamé, and Jean Biémi, (2016).** Caractérisation des pluies journalières intenses et récurrences des inondations : apport des totaux glissants trois (3) jours à la détermination d'une quantité seuil d'inondation (District d'Abidjan au Sud-Est de la Côte d'Ivoire). International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 17 No. 3 Aug. 2016, pp. 990-1003 © 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals http://www.ijias.issr-journals.org/. ISSN: 2028-9324 Vol. 17 No. 3, Aug. 2016. p.1-14

[20] **Leadbetter, MR (1983):** Extremes and Related Properties of Random Sequences and Processes. eBook ISBN (978-1-4612-5449-2) XII, 336

[21] **Mwingnè Da (2022) :** Vulnérabilité urbaine au Sahel : Ouagadougou (Burkina Faso) et Bamako (Mali) sous le poids des inondations. Géographie. Université Paris-Saclay ; Université Joseph Ki-Zerbo (Ouagadougou, Burkina Faso), 2021 Français. ffNNT :2021UPASU007ff. fftel-03545231f

[22] **P. Embrechts, C. Kluppelberg, Mikosch (1997):** Modelling Extremal Events for Insurance and Finance, Springer-Verlag. 645 pp (1.04 kg). ISSN

[23] **Pan., Rahman. A. (2021).** Comparison of Annual Maximum and Peaks Over Threshold Methods with Automated Threshold Selection in Flood Frequency Analysis: A Case Study for Australia. Published at Natural Hazards on November 10th, 2021. See the published version at https://doi.org/10.1007/s11069-021-05092-y.

[24] **Pickands (1975):** "Statistical Inference Using Extreme Order Statistics." Ann. Statist. 3 (1) 119 - 131, January, 1975.

[25] **R-D Reiss and M. Thomas (2001), Coles S.G (2001):** Statistical Analysis of. Extreme Values with Applications to Insurance, Finance. Hydrology and Other Fields. Third Edition.

[26] **Souanef, Nassima (2015)** Analyse fréquentielle des débits max de crues de L'Oued Abiod. Master's thesis, Université Mohamed Khider - Biskra.

[27] **Thomas R. K., Ilaria P., 2023.** Use of peak over threshold data for flood frequency estimation: An application at the UK national scale. « Utilisation des données pics au-dessus d'un seuil pour l'estimation de la fréquence des inondations : une application à l'échelle nationale du Royaume-Uni. Journal of Hydrology 626 (2023) 130235. p.1-9.