

ANALYSE STATIQUE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES DE LA VILLE DE KOLWEZI DE 1953 A 2010

Cauchy LUMBWE MUKUNA¹, Albert KALAU², and Luc LUMANJE¹

¹Licencié en statistique, Assistant à l'ISTA Kolwezi,
Section Géologie et Mines, RD Congo

²Licencié en Géologie, Chef des travaux à l'ISTA Kolwezi,
Section Géologie et Mines, RD Congo

Copyright © 2018 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: The evolution of the rainfall level of the city of Kolwezi (DRC) from 1953 to 2010 allowed us to distinguish the period of low precipitation from that of heavy precipitation. The frequency polygon of the Kolwezi rainfall distribution is an asymmetric curve spread to the right and shows that a normal log-law would be suitable as a probability model. This law is that of GALTON. For the estimation of the parameters of the nonlinear model having no indication of the errors of the measurements, we used the method of least squares whose optimization was made using a software algorithm MATLAB.

KEYWORDS: rainfall, surface hydrology, rainfall, rainfall, rainfall, histogram, frequency polygon, probability model, estimated parameters.

RÉSUMÉ: L'évolution du niveau pluviométrique de la ville de Kolwezi (RDC) de 1953 à 2010 nous a permis de distinguer la période de faibles précipitations à celles de fortes précipitations. Le polygone de fréquences de la distribution pluviométrique de Kolwezi est une courbe dissymétrique étalée vers la droite et montre qu'une loi log normale conviendrait comme modèle de probabilité. Cette loi est celle de GALTON. Pour l'estimation des paramètres du modèle non linéaire n'ayant aucune indication sur les erreurs des mesures, nous avons fait recours à la méthode de moindres carrés dont l'optimisation a été faite à l'aide d'un algorithme du logiciel MATLAB.

MOTS-CLEFS: pluviométrie, hydrologie de surface, précipitations, appareillages pluviométrique, niveau pluviométrique, histogramme, polygone des fréquences, modèle de probabilité, paramètres estimés.

1 INTRODUCTION A L'HYDROLOGIE DE SURFACE

1.1 DEFINITIONS

D'une façon très générale, l'hydrologie peut se définir comme l'étude du cycle de l'eau et l'estimation de ses différents flux :

- la climatologie pour la partie aérienne du cycle de l'eau (précipitations, retour à l'atmosphère, transferts, etc.);
- l'hydrologie de surface au sens strict pour les écoulements à la surface des continents ;
- l'hydrodynamique des milieux non saturés pour les échanges entre les eaux de surface et les eaux souterraines (infiltration, etc.);
- l'hydrodynamique souterraine pour les écoulements en milieux saturés.

L'hydrologie de surface est la science qui traite essentiellement des problèmes qualitatifs et quantitatifs des écoulements à la surface des continents. Ces problèmes se ramènent généralement à des prévisions (associer à une date une certaine grandeur) ou des prédéterminations (associer à une grandeur une certaine probabilité) de débits ou de volume en un point ou sur une surface.

1.2 SCIENCES UTILISEES

L'étude de la partie "écoulement superficiel" du cycle de l'eau nécessite quand même de connaître les autres parties de ce cycle. L'hydrologie de surface est une science appliquée qui fait appel à des connaissances dans des domaines divers.

SCIENCES ET TECHNIQUES	DOMAINES D'APPLICATION
Météorologie et climatologie	Etude des pluies et du retour à l'atmosphère
Géologie, Géographie, et pédologie	Analyse du comportement hydraulique du bassin
Hydraulique	Mesure et étude des écoulements à sa surface libre
Statistique	Traitement des données, simulations
Calcul numérique	Propagation de crue, modélisations et optimisations
informatique	Instrument de travail pour les calculs numériques et stockage des données

1.3 DOMAINES D'APPLICATION

Les domaines d'application de l'hydrologie de surface sont également variés. Parmi les plus importants et les plus classiques, on notera :

- l'agriculture : irrigation, drainage ;
- L'étude des ressources en eau : eau potable, eau pour l'industrie ;
- La lutte contre la pollution : étude de (déchets) débits, d'étiage évacuant les affluents, les calories ;
- L'énergie hydraulique ;
- Le transport solide (dépôt ou érosion) ;
- La navigation ;
- Les loisirs ;
- La sécurité des biens et des personnes : protection contre les crues.

1.4 MECANISMES DE FORMATION DES PRECIPITATIONS

La pluviométrie est la science qui s'occupe de pluies quant à leur forme et leur quantité.

Les nuages sont à la base de la formation de pluies. Nous avons par exemple les nuages "cumulo-nimbus" qui sont des nuages noirs se déversant en pluies.

Quant aux nuages, on distingue deux morphologies de base : les nuages stratiformes et cumuliformes. On les distingue généralement en fonction de leur altitude : les nuages moyens, inférieurs et à développement variable. La formation des précipitations nécessite la condensation de la vapeur de l'eau atmosphérique. La saturation est la condition essentielle à la condensation.

Divers processus thermodynamiques sont susceptibles de réaliser la saturation des particules atmosphériques initialement non saturés et provoquent leur condensation.

Il existe quatre types de saturation et condensation à savoir :

- la saturation et la condensation par refroidissement isobare ;
- la saturation et la condensation par détente adiabatique ;
- la saturation et la condensation pour effort des vapeurs d'eau ;
- La saturation par mélange et par perturbation.

1.5 TYPES DES PRECIPITATIONS

Il existe trois types de précipitations :

- Les précipitations correctives ;
- Les précipitations orographiques ;
- Les précipitations frontales.

1.5.1 LES PRÉCIPITATIONS CORRECTIVES

Elles résultent d'une ascension rapide des masses d'eau dans l'atmosphère. Elles sont associées aux cumulus et cumulonimbus, à développement vertical important et sont générées par le processus. Elles sont en général orageuses de courte durée (moins d'une heure), de forte intensité et de faibles expansions spatiales.

1.5.2 LES PRÉCIPITATIONS OROGRAPHIQUES

Orographique vient du mot grec "cross " qui signifie montagne. Ce type de précipitations résulte de la rencontre entre une masse d'air chaude et une barrière topographique particulière. Ce type de précipitations n'est pas spécialement mobile et se produit au niveau des massifs montagneux.

Les caractéristiques de ces précipitations orographiques dépendent de l'altitude, de la pente et de son orientation mais aussi de la distance séparant l'origine de la masse. Ces précipitations présentent une intensité et une fréquence assez régulières.

1.5.3 LES PRÉCIPITATIONS FRONTALES OU DU TYPE CYCLONIQUE

Elles sont associées aux surfaces de contact entre deux masses d'air de température, de gradient thermique vertical, d'humidité et de vitesses de déplacement différentes que l'on nomme "front". Le front froid crée des précipitations brèves, peu étendues et intenses. Le front chaud pénètre dans une région occupée par une masse d'eau froide.

1.6 MESURES DES PRÉCIPITATIONS

Les mesures des précipitations intéressent des secteurs d'activités assez divers mais principalement la métrologie, l'agriculture, l'hydrologie.

Elles sont désignées par les hauteurs des précipitations ou les hauteurs pluviométriques.

Les hauteurs de pluies enregistrées seront comparables entre elles et liées par une relation stable mais inconnue à la hauteur de pluies réellement tombées.

Cet handicap est acceptable dans la plupart des cas puisque les hauteurs de pluie mesurées seront mises en relation avec les écoulements par des modèles statistiques ou par des modèles déterministes issus de différentes observations.

1.7 APPAREILLAGES PLUVIOMÉTRIQUES

1.7.1 LE PLUVIOMÈTRE

C'est un instrument de base de la mesure de la précipitation liquide ou solide. Il indique la quantité d'eau totale précipitée et recueillie à l'intérieur d'une surface calibrée dans un intervalle de temps séparant deux relevés.

1.7.2 LE PLUVIOGRAPHE

C'est un instrument captant la précipitation de la même manière que le pluviomètre mais avec un dispositif permettant de déterminer le temps autrement dit les intensités.

1.8 PUBLICATION DES RÉSULTATS

La publication des données pluviométriques est assurée par une station pluviométrique exploitée à l'échelle journalière.

En fin du mois ou plus précisément en fin d'année, on établit un annuaire pluviométrique où figurent pour chaque poste :

- Les pluies journalières (de 6h TU à 6h TU) ;
- Les totaux mensuels ;
- Les totaux annuels ;
- Le nombre de jours de pluies et des informations particulières sur les phénomènes exceptionnels qui se sont produits pendant l'année.

Les dépouillements des hyetogrammes à une échelle plus fixe de temps, ne font pas l'objet d'une publication systématiquement.

En France : les principaux enregistrements pluviométriques sont disponibles sur la banque "PLUVIO " gérée par la Météofrance. Les résultats sont accessibles pour le réseau téléphonique à travers le logiciel colchique.

2 PRESENTATION DES DONNES PLUVIOMETRIQUES DE LA VILLE DE KOLWEZI DE 1953 A 2010

2.1 LIEU DE LA COLLECTE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES

Les données pluviométriques que nous disposons, ont été collectées a la sous-station Kolwezi Oliveira (KOV) et ont porté sur 57 ans ; soit de 1953 à 2010 et sont représentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Données pluviométriques de la ville de Kolwezi

années	hauteurs des pluies (mm)	années	hauteurs des pluies (mm)	années	hauteurs des pluies (mm)
1953-1954	996	1974-1975	895,1	1995-1996	1018,23
1954-1955	1102,2	1975-1976	1163,5	1996-1997	1164,95
1955-1956	120 2	1976-1977	1331,5	1997-1998	1343,91
1956-1957	1043	1977-1978	1462,7	1998-1999	1019,46
1957-1958	819.07	1978-1979	1748,1	1999-2000	1186,06
1958-1959	1190	1979-1980	1114,4	2000-2001	1494,65
1959-1960	1223	1980-1981	1138,3	2001-2002	1378,96
1960-1961	1317	1981-1982	1026,4	2002-2003	1295,08
1961-1962	1278	1982-1983	1241,2	2003-2004	1020,5
1962-1963	1191,6	1983-1984	1053,2	2004-2005	1289,21
1963-1964	1370	1984-1985	1187,2	2005-2006	112,45
1964-1965	1290	1985-1986	905,1	2006-2007	1520,93
1965-1966	1278	1986-1987	1809,2	2007-2008	1040,25
1966-1967	1198	1987-1988	1056,7	2008-2009	971,88
1967-1968	1337	1988-1989	1230,5	2009-20010	1048,56
1968-1969	1143	1989-1990	1198,1		
1969-1970	1296	1990-1991	882		
1970-1971	1325	1991-1992	1204,5		
1971-1972	131,1	1992-1993	1005		
1972-1973	1178	1993-1994	872,99		
1973-1974	1127,9	1994-1995	1153,94		

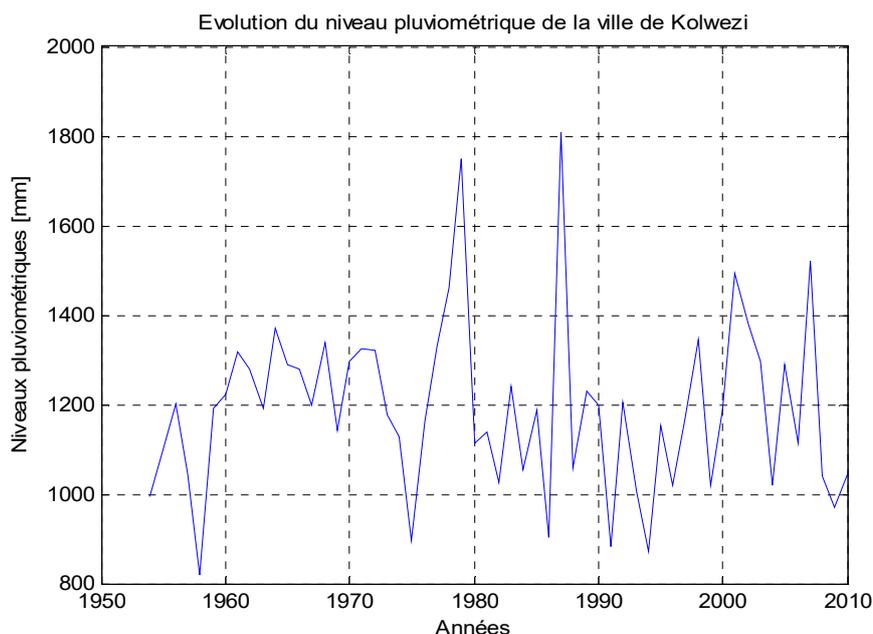


Figure 1: Evolution du niveau pluviométrique de la ville de Kolwezi

2.2 EVOLUTION DU NIVEAU PLUVIOMÉTRIQUE DE LA VILLE DE KOLWEZI DE 1953-2010

En nous référant aux données du tableau 1. , l'évolution du niveau pluviométrique de la ville de Kolwezi pendant 57 ans est représentée par la figure 1.

Ces données couvrent la période allant de l'année 1953 à l'année 2010.

L'analyse de cette chronique permet de distinguer les périodes de fortes précipitations (1978-1979 et 1986-1987) de celles caractérisées par les précipitations les plus faibles (1957-1958 et 1993-1994).

2.3 TRACÉ DE L'HISTOGRAMME ET DU POLYGONE DE FRÉQUENCES

2.3.1 GROUPEMENT DES DONNÉES EN CLASSES RÉELLES

Le nombre d'années étant supérieur à 30, nous procédons au groupement de ces données en classes réelles en utilisant la méthode la plus objective qui est celle de LIORZOU.

2.3.1.1 ETAPES DE LA MÉTHODE DE LIORZOU

Elles nous permettront de déterminer le nombre de classes réelles, l'amplitude de celles – ci ainsi que les limites inférieure et supérieure de la première et de la dernière classe réelle et trouver leurs valeurs en utilisant les données du tableau 1.

NOMBRE DES CLASSES RÉELLES

$$k = 1 + \frac{10 \log n}{3}$$

$$k = 1 + \frac{10 \log 57}{3}$$

$$k = 1 + \frac{10 \log n}{3}$$

$$k \cong 7 \text{ classes réelles}$$

ETENDUE DE LA POPULATION

$$d = X_{max} - X_{min}$$

$$d = 1809,2 - 819,07$$

$$d = 990,13 \text{ mm}$$

AMPLITUDE DES CLASSES RÉELLES

$$a = \frac{d}{k-1}$$

$$a = \frac{990,13}{7-1}$$

$$a = \frac{990,13}{6}$$

$$a = 165,0216667 \text{ mm}$$

$$a \approx 165,02 \text{ mm}$$

ETENDUE DE TRAVAIL D*

$$d^* = a \cdot k$$

$$d^* = 165,02 \times 7$$

$$d^* = 1155,14 \text{ mm}$$

LIMITES INFÉRIEURE ET SUPÉRIEURE DE LA PREMIÈRE CLASSE

$$Li = X_{min} - \frac{a}{2} \text{ ou la hauteur minimale}$$

$$Li = 819,07 - \frac{165,02}{2}$$

$$Li = 819,07 - 82,51$$

$$Li = 736,56 \text{ mm}$$

$$Ls = Li + d^* \text{ ou la hauteur maximale}$$

$$Ls = 736,56 + 1155,14$$

$$Ls = 1891,7 \text{ mm}$$

$$\text{ou } Ls = X_{max} + \frac{a}{2}$$

$$Ls = 1809,2 + \frac{165,02}{2}$$

$$Ls = 1891,71 \text{ mm}$$

$$Ls \cong 1891,7 \text{ mm}$$

2.3.2 TABLEAU DE GROUPEMENT DES DONNÉES EN CLASSES RÉELLES

En groupant les données du tableau 1 en classes réelles par la méthode de LIORZOU, nous obtenons le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2: limites réelles des classes

Nº	Limites réelles des classes : LRC	Milieus des classes : X_i	Effectifs absolus X_{ii}
1	[736,56 - 901,58 [	819,07	4
2	[901,58 - 1066,6 [	984,09	14
3	[1066,6 - 1231,62[	1149,11	20
4	[1231,62-1396,64[	1314,13	14
5	[1396,64-1561,66[	1479,15	3
6	[1561,66-1726,68[	1644,17	1
7	[1726,68 - 1891,7[	1809,19	1
			N = 57

3 TRACE DE L'HISTOGRAMME ET DU POLYGONE DES FREQUENCES

3.1 HISTOGRAMME DE LA DISTRIBUTION PLUVIOMETRIQUE À KOLWEZI

L'histogramme de la distribution pluviométrique à Kolwezi pendant 57 ans, est représenté par la figure 2.

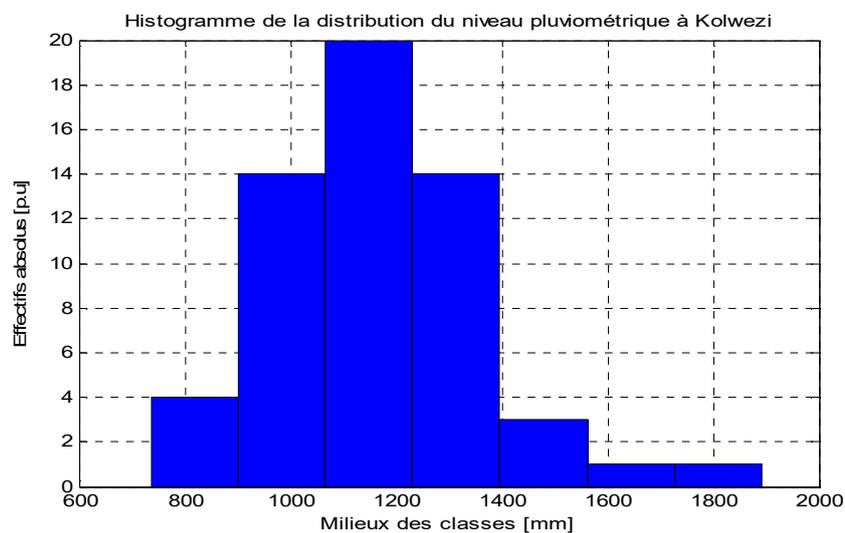


Figure 2: Histogramme de la distribution du niveau pluviométrique a Kolwezi

3.2 POLYGONE DE FRÉQUENCES DE LA DISTRIBUTION DU NIVEAU PLUVIOMETRIQUE À KOLWEZI

En reliant les milieux des rectangles contigus, nous obtenons le polygone de fréquences représenté par la figure 3.

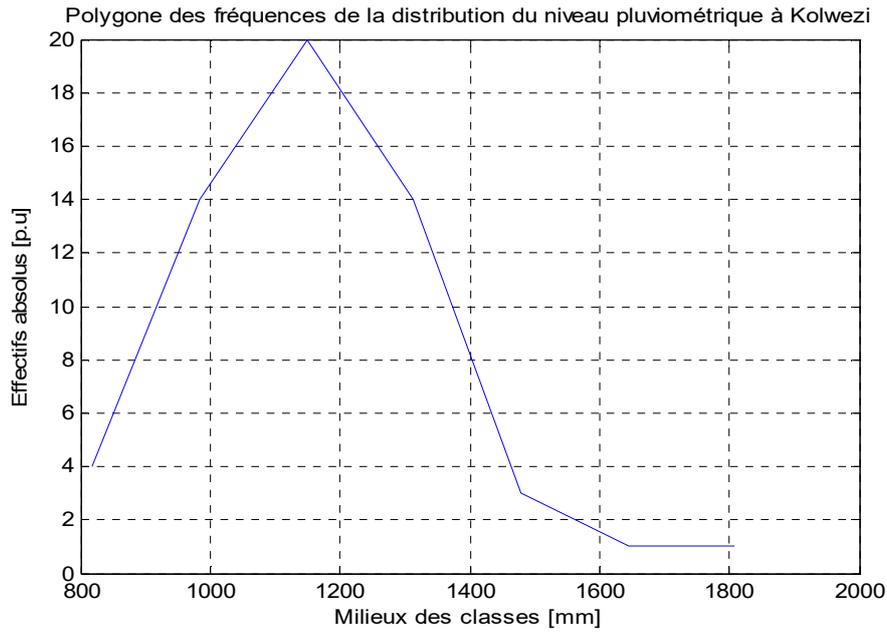


Figure 3: Polygone des fréquences de la distribution du niveau pluviométrique a Kolwezi

L’observation de ces graphiques nous indique qu’une loi logarithmique normale conviendrait mieux comme modèle de probabilité. Cette loi est aussi appelée loi de Galton ou de GIBRAT-GAUSS.

4 DÉTERMINATION DE LA HAUTEUR MOYENNE DES PRÉCIPITATIONS ET DE LA HAUTEUR MÉDIANE ET DU MODE.

La hauteur moyenne, la médiane et le mode sont calculés à partir des formules ci – dessous :

- $\bar{X} = \bar{X}_p = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^7 n_i X_i$;
- $\check{X}_e = L_i + a \left(\frac{\frac{N}{2} - n_{cc} \text{ inf}}{n_i} \right)$;
- $\check{X}_m = L_i + a \left(\frac{\Delta_1}{\Delta_1 - \Delta_2} \right)$

Et leurs valeurs seront déterminées à partir des données du tableau 3.

Tableau 3: LRC sur la pluviométrie de Kolwezi

N ^o	LRC	X _i	n _i	n _{cc}	X _i
1	[736,56 - 901,58[	819,07	4	4	3276,28
2	[901,58 - 1066,6[	984,09	14	18	13777,26
3	[1066,6 - 1231,62[	1149,11	20	38	22982,2
4	[1231,62-1396,64[	1314,13	14	52	18397,82
5	[1396,64-1561,66[	1479,15	3	55	4437,45
6	[1561,66-1726,68[	1644,17	1	56	1644,17
7	[1726,68-1891,7[	1809,19	1		1809,19
			N=57		$\sum_{i=1}^7 n_i X_i = 66324,37$

5 HAUTEUR MOYENNE

$$\begin{aligned} h_{moy} &= \frac{66324,37}{37} \\ &= 1163,585439 \\ h_{moy} &\simeq 1163,59 \text{ mm} \end{aligned}$$

6 HAUTEUR MÉDIANE

$$\begin{aligned} \frac{N}{2} &= \frac{57}{2} = 28,5 \\ \mathcal{M}_{ed} &= 1066,6 + 165,02 \left(\frac{28,5 - 18}{20} \right) \\ \mathcal{M}_{ed} &= 1153,2355 \\ \mathcal{M}_{ed} &= \check{X}_e \simeq 1153,24 \text{ mm} \end{aligned}$$

7 MODE \hat{X}

La classe modale est celle qui correspond à l'effectif absolu le plus élevé qui est 38 ; soit la classe réelle [1066,6-1231,62[qui est considérée comme classe modale.

$$\begin{aligned} \hat{X} &= 1066,6 + 165,02 \frac{6}{6+6} \\ \hat{X} &= 1066,6 + 165,02 \\ \hat{X} &= 1149,11 \text{ mm} \end{aligned}$$

COMPARAISON DES PARAMÈTRES DE POSITION

Elle nous permettra de voir si la courbe ou le polygone de fréquences est symétrique ou dissymétrique.

$$\hat{X} < \check{X}_e < \bar{X}_p$$

L'étalement du polygone des fréquences de la distribution vers la droite est justifié par cette double inégalité.

En utilisant l'algorithme du logiciel Matlab, nous avons le même histogramme de fréquence et polygone des fréquences trouvés en appliquant la méthode de LIORZOU.

8 ESTIMATION DES PARAMÈTRES DU MODÈLE

La densité de probabilité de la loi choisie est donnée par l'expression suivante :

$$p(x) = \frac{\lambda \log_{10} e}{x \sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\log_{10} X - \log_{10} \check{X}_e)^2}{2\sigma^2} \right]$$

Où la densité de probabilité $p(x)$ représente l'effectif en grandeur réduite et la variable aléatoire X_i n'est autre que le milieu de la classe pluviométrique.

Les trois paramètres du modèle à déterminer sont : λ , σ et \check{X}_e

Avec : $-\lambda$: Indice impulsif

$-\sigma$: Ecart-type

$-\check{X}_e$: Mediane

CALAGE DU MODÈLE SUR LES DONNÉES EXPERIMENTALES

La courbe de calage du modèle est représentée par la figure 4.

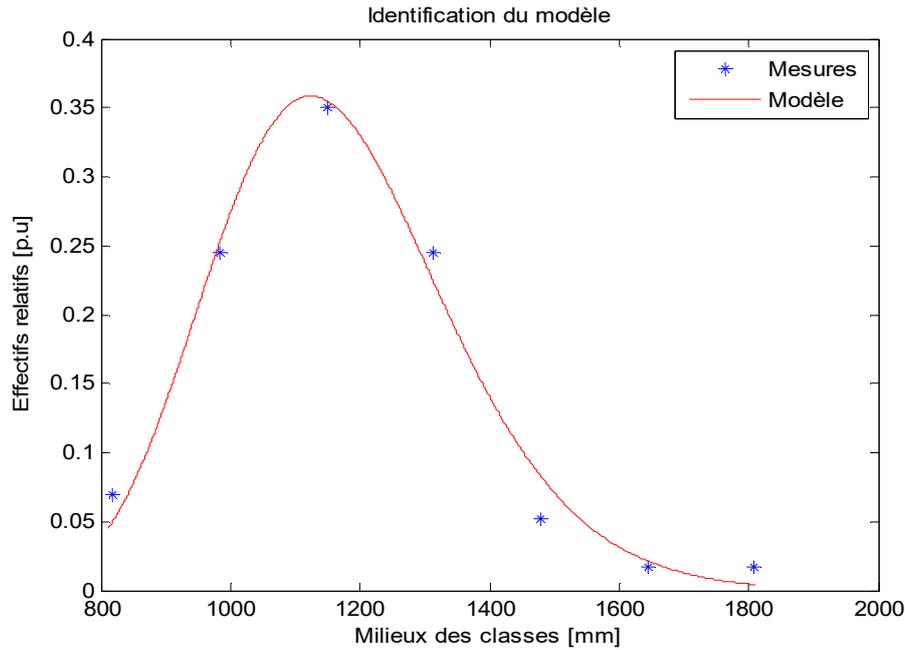


Figure 4 : identification du module

Le modèle étant non linéaire et n’ayant aucune indication sur les erreurs de mesures (bruits et/ou écart-types), nous avons eu recours à la méthode de moindres carrés non linéaires pour l’estimation de ces trois paramètres. L’optimisation a été réalisée à l’aide d’un algorithme basé sur la fonction lsqcurvefit (least squares curve fit) ou lsqnon (least squares non linear) du logiciel Matlab

La courbe de calage du modèle représentée par la figure 4 ci-dessus indique une bonne adéquation entre les mesures et le modèle identifié.

Comme résultat, le tableau 4 ci-dessous fournit les valeurs des estimées optimales des paramètres obtenues.

Tableau 4: Paramètres optimaux

Paramètres	Valeur estimée
$\hat{\lambda}$	163.8157 mm ²
σ	0.0695 mm
\hat{x}_e	1153.7 mm

9 CONCLUSION GÉNÉRALE

En nous référant aux données récoltées à la station Kolwezi Oliveira virgule, l’évolution du niveau pluviométrique montre qu’il y a eu de fortes précipitations entre les années 1978-1979 et 1986-1987 ainsi que des faibles précipitations entre les années 1957-1958 et 1993-1994.

Nous pouvons aussi confirmer que la destruction de la foret NGONZO située à proximité du village WALEMBA a partir des années 1990, avait été la cause de faibles précipitations

Les faibles précipitations sont toujours à la base de la mauvaise récolte, de la famine, du mauvais rendement des cultures maréchaïres, de la démotivation des agronomes et des cultivateurs.

Le polygone des fréquences de la distribution des données pluviométriques est une courbe dissymétrique étalée vers la droite car $\hat{X} < \check{X}_e < \bar{X}_p$ et dont la densité de probabilité est celle de la loi de lognormale. Ou loi de Galton ou de Gibrat, Gauss.

Le modèle étant non linéaire, l’estimation des 3 paramètres de la loi lognormale se fait par la méthode des moindres carrés non linéaires.

L'optimisation a été réalisée à l'aide de l'algorithme basé sur la fonction Isqcurvefit ou Isqnon du logiciel Matlab. La courbe de calage du modèle donné, indique une bonne adéquation entre les mesures et le modèle identifié. Les paramètres estimés ainsi obtenus sont $\hat{\lambda} = 163,8157 \text{ mm}^2$, $\hat{\sigma} = 0,0695 \text{ mm}$, $\hat{x}_e = 1153,7 \text{ mm}$.

La recommandation à apporter pour que cette publication représente une réalité attendue est d'éviter la destruction des forêts pour qu'il y ait abondance des pluies et que le polygone des fréquences de la distribution du niveau pluviométrique soit normal ou symétrique.

REFERENCES

- [1] BLAVOUX, B, et MUDRY J,(1986) : «influence des pluies estivales sur la qualité des réserves de l'aquifère karstique sous climat méditerranéen : le rôle du sol et de l'épikarst dans la concentration des chorures». Bulletin société Géologique France Paris 8, t.2, 4 :685 p.
- [2] GILLERT, P,(1993) : L'eau du manteau terrestre», la recherche n° 24, p 676-685.
<https://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours-qge/du-134htm>.
- [3] NEWSON M, (1994): Hydrology and the river environment Clarendon Univ, oxford ,275p.
- [4] J.P. LABORDE(2000) : Elements d'hydrologie, Cours, Univ. Nancy, 191p.