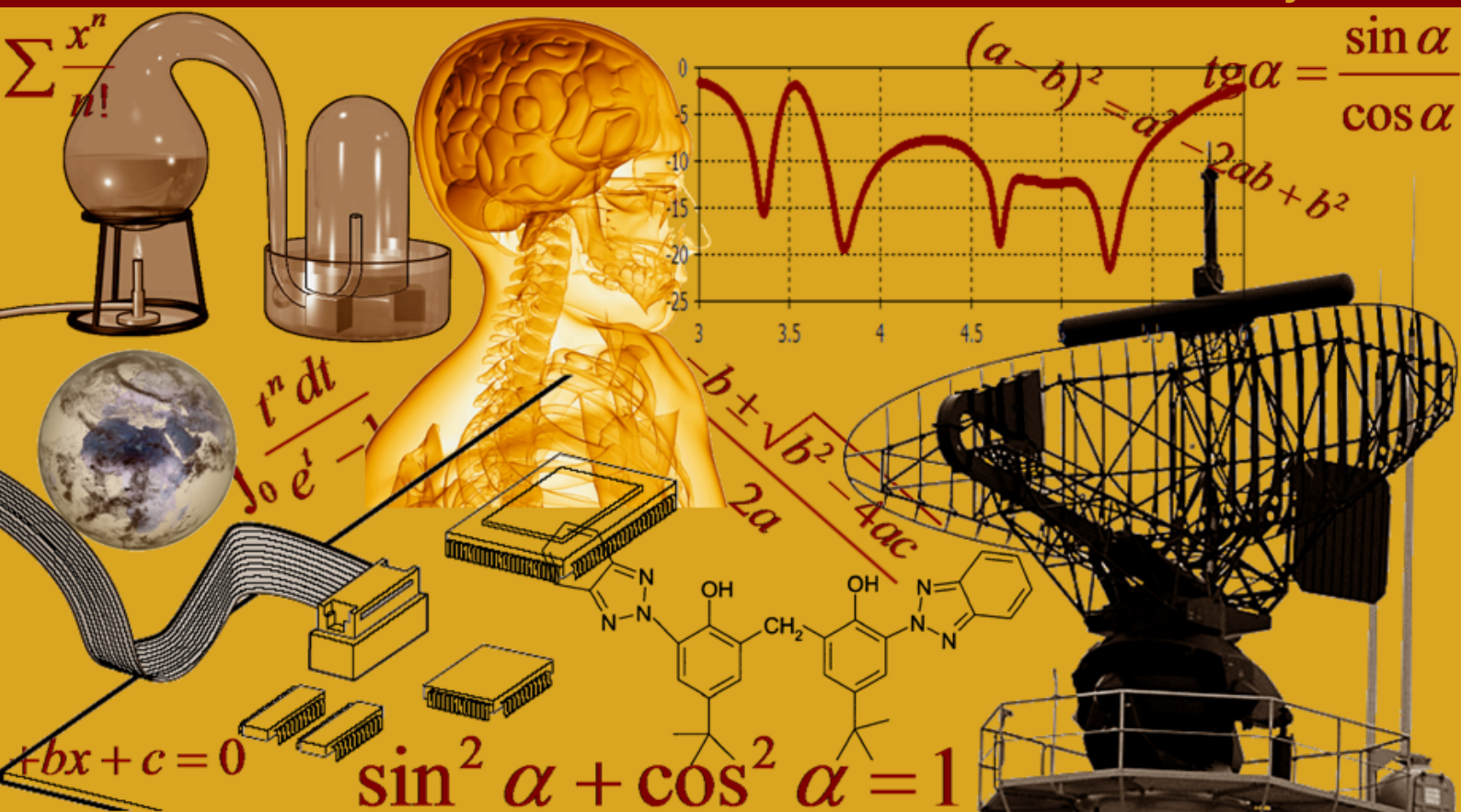


# INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 23 N. 2 May 2016



International Peer Reviewed Monthly Journal



## ***International Journal of Innovation and Scientific Research***

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2351-8014) is an open access, specialized, peer-reviewed, and interdisciplinary journal that focuses on research, development and application within the fields of innovation, engineering, science and technology. Published four times per year in English, French, Spanish and Arabic, it tries to give its contribution for enhancement of research studies.

All research articles, review articles, short communications and technical notes are sent for blind peer review, with a very fast and without delay review procedure (within approximately two weeks of submission) thanks to the joint efforts of Editorial Board and Advisory Board. The acceptance rate of the journal is 75%.

Contributions must be original, not previously or simultaneously published elsewhere. Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

## *Table of Contents*

Automatic Event Detection and Classification Based on Ball Trajectory in Broadcast Tennis Video Using SVM and HMM	233-242
LE PROCESSUS DE LA RECONCILIATION EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO ET LA PERSISTANCE DE CONFLITS VIOLENTS A L'EST	243-253
Tumeur de krukenberg : A propos d'un cas et revue de littérature	254-258
EMPIRICAL STUDY ON NURSES INTENTION TO LEAVE MEDIATED BY PERSON - ORGANIZATION FIT AT MULTI-SPECIALITY HOSPITALS, BANGALORE	259-267
Profil hématologique et nutritionnel chez les malades béta thalassémies majeur (BTM) au service d'hématologie et d'oncologie pédiatrique SHOP Hôpital d'enfant de Rabat, Maroc	268-273
Construction d'une échelle de mesure évaluant la satisfaction du personnel des administrations publiques: Cas du Maroc	274-288
Antioxidant Capacity of Methanol Extract of Turkish Endemic Species <i>Origanum haussknechtii</i>	289-292
ENERGY BALANCED CLUSTERING ALGORITHMS ON LEACH PROTOCOL FOR WSN	293-302
On Composite Convolution Operators with Weight	303-309
ESTIME DE SOI DES ENFANTS ET ADOLESCENTS ISSUS DES MERES CELIBATAIRES DANS LA VILLE DE GOMA	310-317
Diseño de una aplicación para enseñar programación a estudiantes universitarios usando la metodología incremental y el modelo de diseño instruccional ADDIE	318-325
Influence des états de surface sur la distribution des éléments traces métalliques dans le pédopaysage: Cas du plateau de Penga-Penga (Lubumbashi, Haut-Katanga / RD Congo)	326-335
Impacts des rejets liquides de la Société de Terril de Lubumbashi (STL) sur la qualité des eaux de la rivière Lubumbashi: Cas du bassin versant de la Kafubu (Lubumbashi, Haut-Katanga / RD Congo)	336-345
Impact des émissions atmosphériques (SO <sub>2</sub> ) rejetées par la cheminée de l'usine pyro-métallurgique de la Gécamines sur les sols à Lubumbashi: Cas du quartier Penga-Penga (Lubumbashi, Haut-Katanga / RD Congo)	346-355
Neuro-Fuzzy Classification Techniques for Sentiment Analysis using Intelligent Agents on Twitter Data	356-360
REFUS D'EXISTENCE DU GENOCIDE COMMIS CONTRE LES TUTSI EN 1994 AU RWANDA A SA RECONNAISSANCE PAR L'ONU	361-371
An Innovative approach of EM Algorithm for Restoration of Noisy Video Frame Images in a Video Sequence	372-379
Performance Investigation of Six Artificial Neural Networks for Different Time Scale Wind Speed Forecasting in Three Wind Farms of Coimbatore Region	380-411
Contribution à l'étude de la biodiversité et de l'écologie des Araignées du sol dans un champ cultivé de <i>Manihot esculenta</i> Crantz (Euphorbiaceae) à Kisangani, RD Congo	412-418
Valeur nutritive et teneur en acide cyanhydrique de huit espèces végétales consommées par <i>Okapia johnstoni</i> (Mammalia: Giraffidae) en République Démocratique du Congo	419-427
Reproduction et structure des populations des Sciuridae (Rodentia, Mammalia) de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD Congo)	428-442
Cartographie de l'occupation de sol des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun par réseaux de neurones appliqués à une image LANDSAT 8 OLI	443-454
SUR UNE APPLICATION « SINGULIÈRE » DU THÉORÈME DE ROUCHÉ-FONTENÉ EN GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE	455-465
Effect of Longitudinal Surface Roughness on the Performance of a Shliomis Model Based Ferrofluid Circular Squeeze Film Considering Couple stresses Effect	466-475
Diversité et répartition des ophidiens (Reptilia) des quelques aires protégées de la province Orientale en République Démocratique du Congo	476-484

## Automatic Event Detection and Classification Based on Ball Trajectory in Broadcast Tennis Video Using SVM and HMM

*M. Archana and M. Kalaiselvi Geetha*

Department of Computer Science and Engineering,  
Annamalai University,  
Chidambaram, Tamil Nadu, India

Copyright © 2016 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:** An identifying event in sports video has many efforts of sports applications. In this paper, proposed a system for automatic detection of key events in Broadcast Tennis Video (BTV). The ultimate goal is to detect the events of complete tennis match. The detected tennis events are fault, rally and net approach, there are also other events in BTV, they all are considered as secondary one. To detect the events of tennis by analyzing the player's position and ball tracking. The experiments done in different tennis tournament, which has the events (fault, rally and net approach), the some of the visual features are extracted from MHI (Motion History Image) and modelled by Support Vector Machines (SVM) and Hidden Markov Model (HMM) for recognizing tennis events. In result HMM gives a higher accuracy rate of 96.66% when compared to SVM rate of 86.42%.

**KEYWORDS:** Ball trajectory, event detection and classification, MHI (Motion History Image).

### 1 INTRODUCTION

In recent years, the significant increase of sports video is seen in internet and rapid increase in computer vision. Most of the researches are highlight detection, text recognition, scene identification and classification, structural tactics analysis, summarization of videos for broadcast tennis videos [1, 2]. In this paper, thoroughly investigate an automatic event detection and classification of broadcast tennis video [3]. According to the tennis rules and regulations, tennis events can be categorized into the following types:

#### **FAULT:**

Player 1 serves successfully, and player 2 fails to attend / return the ball, then considers as first serve fails, and the camera focus changes immediately out of the court view.

#### **RALLY:**

Player 1 serves successfully and also the player 2 returns successfully, it continued until any one of them fails to attend the ball.

#### **NET APPROACH:**

Player 1 serves successfully and the player 2 returns successfully [4]. One or both of them approach the net to stress his/her opponent.

## 2 RELATED WORK

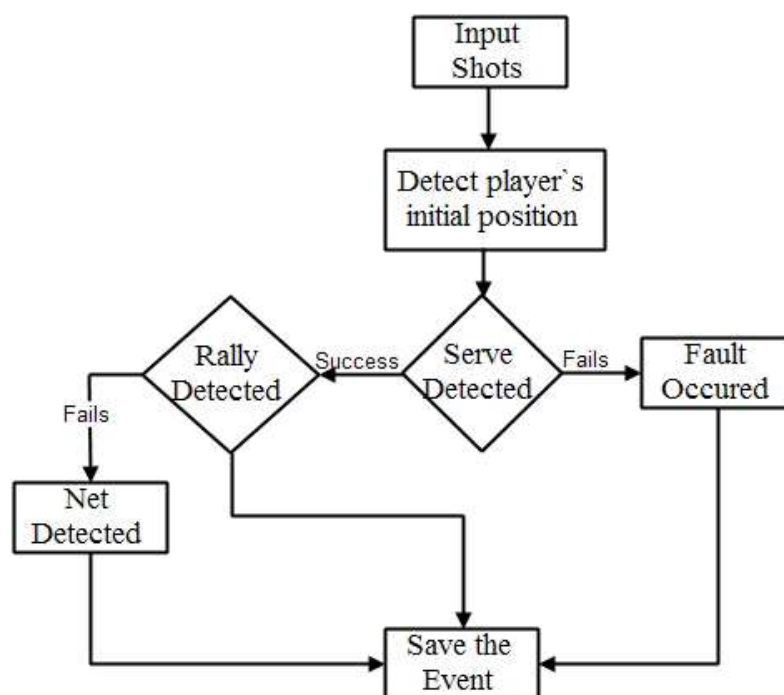
[5] Have proposed a scheme called motion representation. A set of motion filters is used, based on these features classify using HMM the basketball video into 16 events and achieved 75% of accuracy. [6] Have addressed content based retrieval on broadcast videos. Different types of tennis strokes are recognized based on different feature using HMM. To recognize and classify the tennis strokes by using the knowledge based techniques.

[7] Have presented a technique to detect the tactic information in soccer video from the goal events. The goal events are detected using web-cast text and achieve best results on two tactic representation of players and ball multiple trajectories to discover the tactic.

[8] Have proposed a system to detect the events in baseball using scoring and last pitch. Event detection and event boundary detection is done using text recognition and processing speed of the ball respectively. The high caption recognition accuracy is achieved by the domain knowledge model, finally event boundary extraction is achieved by visual-based recognition.

## 3 PROPOSED APPROACH

The proposed approach is shown in fig.1. The given input video is divided into frames, then court – view frames are taken for consideration. The object player and the ball are identified using background subtraction method. After detecting the ball and player, followed event is detected using the contour.



*Fig. 1. Illustration of the proposed work*

## 4 EVENT DETECTION

### 4.1 SMOOTHING THE IMAGE

Some noises are appearing very distinct and its pixel values are varied from its neighboring pixels, to eliminate the noises by changing its pixel value to the median of neighboring pixel values.

4.2 BACKGROUND MODEL

The ultimate aim of the background model is create a background in the Broadcast Tennis Video, which does not have a static background because of the moving cameras. The background model is created as,

$$B_G(x, y) = \frac{\sum_{k=1}^{n-1} I_t(x, y)}{F} \tag{1}$$

Where  $B_G(x, y)$  is the intensity of the background model,  $I(x, y)$  is the intensity of the pixel,  $t$  represents frame number and  $K$  represents number of the frames used to create a background model.

4.3 FRAME DIFFERENCE

Frame difference is to find the objects between the frames. Motion objects are extracted by pixel-wise differencing of successive frames. Motion information  $T_k$  or difference image is calculated by using Eq.

$$T_k = \begin{cases} 1, & \text{if } D_k(i, j) > t \\ 0, & \text{otherwise;} \end{cases} \tag{2}$$

Where  $D_k$  is the difference image and  $t$  is threshold using Eq 3.

$$D_k(i, j) = |I_k(i, j) - I_{k+1}(i, j)| \tag{3}$$

$$1 \leq i \leq w, 1 \leq j \leq h$$

4.4 CONTOUR DETECTION METHOD

To detect the ball contour and player initial position, present image as A and the next image as B are considered,

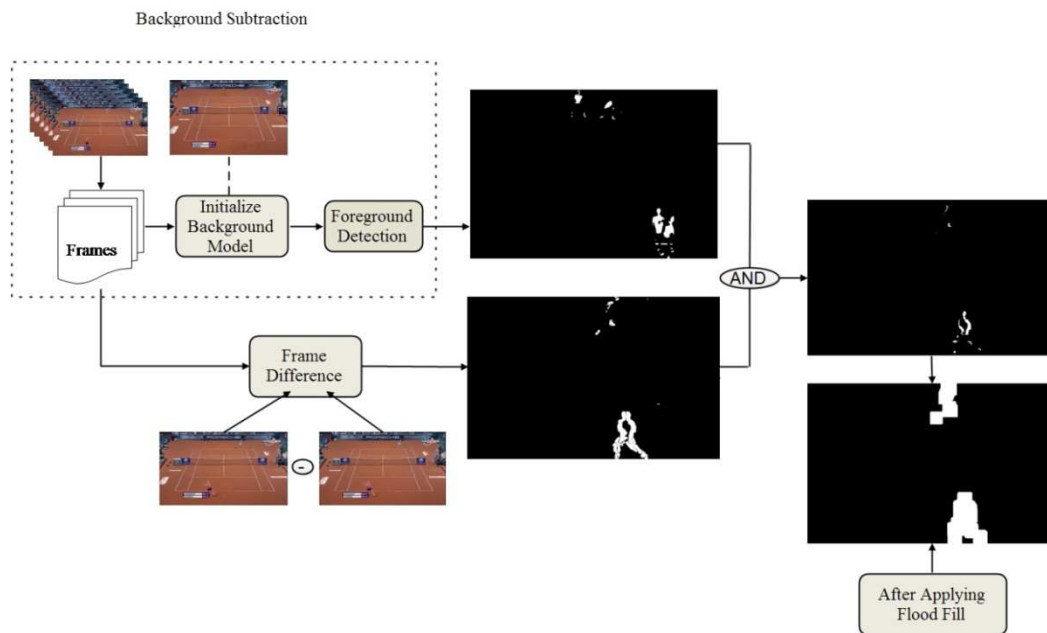


Fig. 2. Contour Detection method

- Frame difference of A and B is done and obtained C as result.
- The background model is created among the given frames and represent as D.
- The AND operation is done between C and D.
- Based on the size of the detected contour, the ball is identified and follows the motion of the ball.
- The biggest blob is splited, which is a part of the human body.

Apply flood fill techniques to complete the region as the human along with a tennis racket.

#### 4.5 BALL TRACKING

The ball candidates are detected based on the aspect ratio, size, and compactness using the approach as described in section 4.4. To track the ball, the centroid is computed for the detected contour then follows the motion and finally, the ball is tracked [9].

#### 4.6 PLAYER TRACKING

Player contour is detected using the approach as described in section 4.4. The largest blob is detected which belongs to parts of the human body. The other part of the human body is also detected based on the flood fill technique to reconstruct the player [10]. To track the player moving along with a camera to follow the action, divide the frame as upper and lower. The upper layer is a challenging task of tracking because of the upper player's size is too small and for lower layer is tracked using existing technique such as background subtraction.

### 5 TRACKING BASED EVENT DETECTION

#### 5.1 FAULT EVENT

In the fault event, the player 1 serves successfully, where player 2 fails to attend the ball. In order to detect the event, the player initial position is founded while serve, the player's contour height is too high compared to normal player contour, then based on that, the serve frames are detected [11]. There is any motion of ball contour, then follow the contour and track it. If a fault occurred there is no motion of the ball, hence the event is detected Fig. 3. Illustrates the fault occurred frames. The fault event is detected using the motion of the ball and player's initial position only.



Fig. 3. Fault Occurred Frame

#### 5.2 RALLY EVENT

In the rally event, the player 1 serves successfully and also player 2 returns successfully, to any one fails. In order to detect the event, the ball is identified using background subtraction method. Once the player serves, the ball is going to track and then follows the motion and hence the event is detected [12]. The rally event is detected using the motion of the ball and the number of hit counts, if the count is occurred, the event is happening Fig. 4. Illustrates rally sequence.



Fig. 4. Rally Frame

### 5.3 NET APPROACH

In the net approach event, the player 1 serves successfully and the player 2 also returns successfully. If any one of them through the ball to make the net stress, the event has occurred Fig. 5. Shows Net approach frames. In order to detect this event, along with ball tracking the net region is also monitored [13]. If any stress in net region by players, the event is happening.

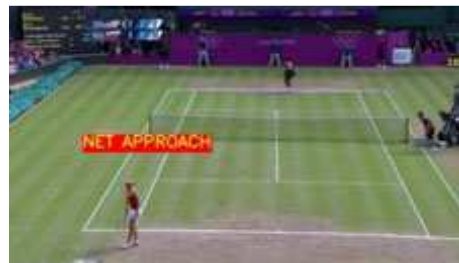


Fig. 5. Net Approach Frame

## 6 FEATURE EXTRACTION

### 6.1 MOTION HISTORY IMAGE (MHI)

In order to capture motion feature, motion information is considered as foreground object motion and background motion. The MHI is used for human motion recognition and analysis. It is a cumulative gray scale image which represents the motion information [14]. It holds a history of temporal variations at each pixel location, which then decay over time. MHI variants and representation are presented in the figure. In MHI image the motion stream or sequence of motion is incorporated by using each pixel intensity. MHI is obtained by using:

$$H_{\tau}(x, y, t) = \begin{cases} \tau, & \text{if } \phi(x, y, t) = 1 \\ \max(0, H_{\tau}(x, y, t-1) - \delta), & \text{otherwise;} \end{cases} \quad (4)$$

Here  $(x, y)$  and  $t$  show the position and time,  $\phi(x, y, t)$  signals the presence of motion in the current video image, the duration  $\tau$  decides the temporal extent of the movement,  $\delta$  is the decay parameter.

The update function  $\phi(x, y, t)$  for every new video frame analyzed in the sequence and is defined by,

$$\phi(x, y, t) = \begin{cases} 1, & D(x, y, t) > \epsilon; \\ 0, & \text{otherwise;} \end{cases}$$

Some possible image processing techniques for defining this update function  $\phi(x, y, t)$  are background subtraction, image differencing and optical flow. The MHI in this work is generated from a binarized image, obtained from frame subtraction, using a threshold  $\epsilon$  and  $D(x, y, t)$  are computed. In Fig. 6. Shows the MHI samples.

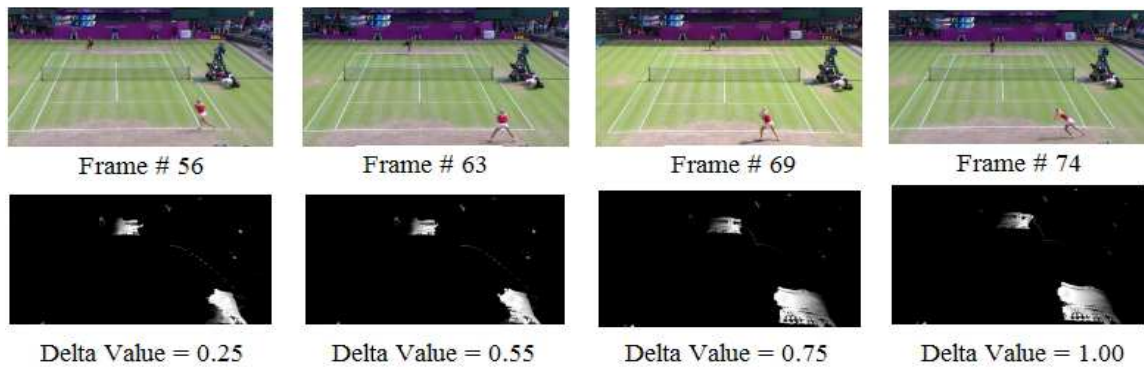


Fig. 6. MHI Sample Images

## 6.2 HISTOGRAMS OF ORIENTED GRADIENTS (HOG)

In order to detect the player pose in MHI image, the Histograms of Oriented Gradients (HOG) are considered. Player pose detection in images is a challenging task because of the various ways of appearance and the wide range of poses [15]. To solve this robust feature is needed, in which allows the player form cleanly in addition to background under different illuminations. For this HOG descriptor performs excellent compared to other exciting feature such as SIFT descriptors.

A typical method is to apply a one-dimensional discrete differential mask as the horizontal orientation ( $D_x = [-1 \ 0 \ 1]$ ) and vertical orientation ( $D_y = [1 \ -1 \ 0]^T$ ).

$$\text{Convolution mask of horizontal orientation: } I_x = H(x, y, t) * D_x \quad (5)$$

$$\text{Convolution mask of vertical orientation: } I_y = H(x, y, t) * D_y \quad (6)$$

$$\text{Size of gradient: } |G| = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} \quad (7)$$

$$\text{Orientation of gradient: } \theta = \arctan \frac{I_y}{I_x} \quad (8)$$

$$\text{Signed gradient: } \alpha_{Signed} = \begin{cases} \alpha & \alpha \geq 0 \\ \alpha + 360 & \alpha < 0 \end{cases} \quad (9)$$

$$\text{Unsigned gradient: } \alpha_{Signed} = \begin{cases} \alpha & \alpha \geq 0 \\ \alpha + 180 & \alpha < 0 \end{cases} \quad (10)$$

When the image is created, convolution masks of the horizontal and vertical orientations (Equations (5) and (6), respectively) are applied to the image, and the orientation and gradient size are calculated. Second, histograms of the divided cells are calculated. Each pixel value in the cell is calculated as the orientation of the gradient through an advanced gradient calculation. These values are spread on orientation histogram bands, which are set as the number of bins. Cells are comprised of rectangular shapes in the image [16]. As an expression of the gradient, the histogram bands are evenly distributed from 0 to 360 degrees (Equation (9)) or from 0 to 180 degrees (Equation (10)). MHI image are received as the input and the HOG feature is then created. This process is shown in Fig.7. In addition, in our system, the number of cells is three (3x 3) and the number of bins is nine. In therefore create a 81-dimensional vector and also varied the cells as (4 x4) and (5x5) and examined.

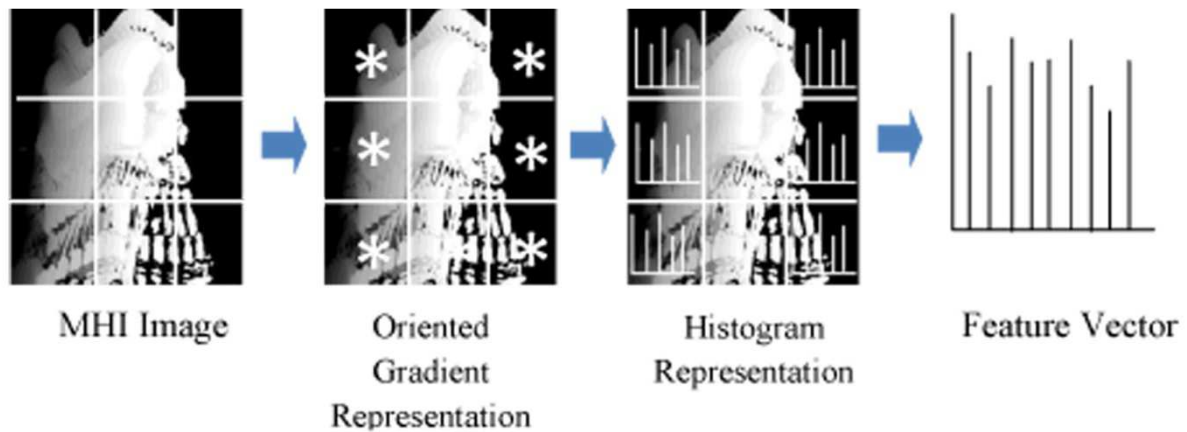


Fig. 7. Extraction process of MHI-HOG feature vector.

## 7 EXPERIMENT RESULT

For experiments, different BTV from broadcast channels from Australian Opens, Wimbledon Opens, French Opens and US Opens are recorded and are shown in Fig. 8. The sequences of tennis videos are red, clay, artificial and grass courts. The dataset consists of 73 clips for single (10 to 35 secs) at 25 fps, as shown in Table. 1.

Table 1. Dataset used for experiments

Datasets	Single(min)	No. of plays
Australian Opens	115	96
Wimbledon Opens	102	94
French Opens	93	92
Us Opens	90	80



Fig. 8 Example video frames

### 7.1 RESULTS WITH DISCUSSION

The HOG feature is extracted from MHI image, by varying the cell size of 3x3, 4x4, 5x5 and 6x6, the feature dimensions are 91, 125, and 225,324 respectively. The dimensions are reduced by applying Principal Component Analysis (PCA) to 36, 31, 16 and 36 where the size of the cell is from 3x3, 4x4, 5x5 and 6x6 respectively. The response of these dimensions the accuracy is measured and analyzed in Fig.9. Based the accuracy finally consider the 5x5 cell size it gives the highest accuracy when compared to others is illustrated in Fig. 9.

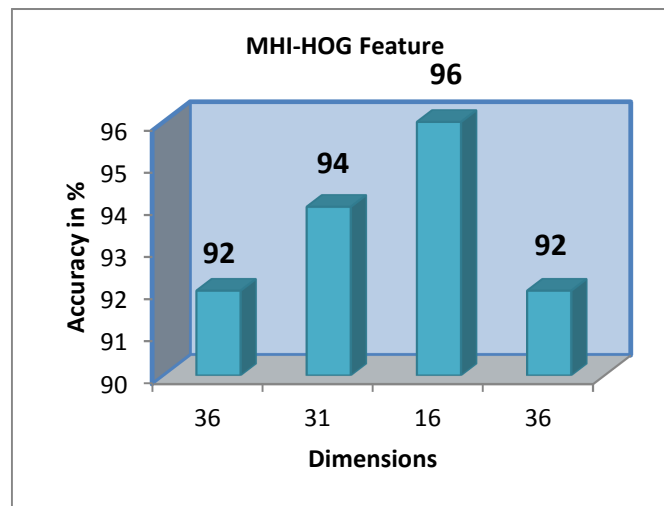


Fig. 9. HOG performance

## 8 PERFORMANCE MEASURE

Performance of classification is measured by using the matrices like Precision, Recall and F-measure. The accuracy can be computed by, the correctly recognized samples are true positives (TP), the incorrectly recognized samples are false positives (FP), correctly recognized which are not belong to the class are true negatives (TN), incorrectly recognized either assigned to the class are false negatives (FN). Recall gives how good an event is identified correctly. Specificity gives a measure of how good a method is identifying negative activity correctly. Precision is a measure of exactness and F-measure is the harmonic mean of Precision and Recall. Finally, Accuracy (A) shows the overall correctness of the event recognition. The statistical measures of Sensitivity (Recall), Specificity, Precision, F-measure and Accuracy is defined as

$$\text{Precision} = \frac{\text{No. of TP}}{\text{No. of TP} + \text{No. of FP}}$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{No. of TP}}{\text{No. of TP} + \text{No. of FN}}$$

$$F_{\text{measure}} = \frac{2 * \text{precision} * \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}$$

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TN + FP + TP + FN}$$

Table 2 Performance measure of various tennis events

Classifier	Events	Precision	Recall	F-measure
SVM	Fault/Double fault	73.2	62.0	66.6
	Net Approach	68.1	64.8	65.2
	Baseline Rally	78.2	68.2	72.4
HMM	Fault/Double fault	94.9	99.1	96.9
	Net Approach	92.0	90.3	91.1
	Baseline Rally	93.2	88.8	90.9

Table 3 Confusion matrix for HMM in %

Events	Fault/Double fault	Net Approach	Baseline Rally
Fault/Double fault	<b>96.4</b>	4.5	2.1
Net Approach	6.3	<b>95.0</b>	1.7
Baseline Rally	2.6	4.2	<b>96.2</b>

Table 4 Confusion matrix for SVM in %

Events	Fault/Double fault	Net Approach	Baseline Rally
Fault/Double fault	<b>73.2</b>	19.5	7.3
Net Approach	18.6	<b>68.1</b>	13.3
Baseline Rally	4.6	17.2	<b>78.2</b>

## 9 CONCLUSION

In this proposed method for event detection and classification in Broadcast Tennis Video (BTV) using HOG feature from MHI. The events such as fault, rally and net approach are detected using the proposed method. Then from that detected event the MHI is generated which represents a motion and position of the player and HOG feature is extracted. This feature evaluated using SVM, gives an accuracy around 86% only because of conflict between the fault and net approach events. To achieve better results, go for HMM gives accuracy around 96% also performs well and also achieved good recognition results for all events.

## REFERENCES

- [1] Xu, G., Ma, Y.F., Zhang, H.J. and Yang, S, "A HMM based semantic analysis framework for sports game event detection," In *Image Processing, International Conference on ICIP Proceedings*, Vol. 1, pp. 1-25, 2003.
- [2] Almajai, I., Kittler, J., de Campos, T., Christmas, W., Yan, F., Windridge, D. and Khan, A, "Ball event recognition using HMM for automatic tennis annotation," *17th IEEE International Conference on in Image Processing (ICIP)*, pp. 1509-1512, 2010.
- [3] Johnson, D.O. and Agah, A, "Recognition of Marker-less human actions in videos using hidden Markov models," *In Proceedings of the ICAI*, pp. 95-100, 2011.
- [4] Jiang, Y.G., Bhattacharya, S., Chang, S.F. and Shah, M, "High-level event recognition in unconstrained videos," *International Journal of Multimedia Information Retrieval*, Vol. 2, no. 2, pp.73-101, 2013.
- [5] Tien, M.C., Wang, Y.T., Chou, C.W., Hsieh, K.Y., Chu, W.T. and Wu, J.L, "Event detection in tennis matches based on video data mining," *IEEE International Conference In Multimedia and Expo*, pp. 1477-1480, 2008.
- [6] Xu, G., Ma, Y.F., Zhang, H.J. and Yang, S, "Motion based event recognition using HMM. In *Pattern Recognition*," 2002. *16th International Conference on IEEE Proceedings*. (Vol. 2, pp. 831-834). 2002.
- [7] Petkovic, M., Jonker, W. and Zivkovic, Z, "Recognizing Strokes in Tennis Videos using Hidden Markov Models," *In VIIP*, pp. 512-516, 2001.
- [8] Kijak, E., Gravier, G., Gros, P., Oisel, L. and Bimbot, E, "HMM based structuring of tennis videos using visual and audio cues," *International Conference on ICME'03. Proceedings in Multimedia and Expo*, Vol. 3, pp. 300-309, 2003.
- [9] Gravier, G., Demarty, C.H., Baghdadi, S. and Gros, P, "Classification-oriented structure learning in Bayesian networks for multimodal event detection in videos," *Multimedia tools and applications*, Vol. 70, no. 3, pp.1421-1437, 2014.
- [10] Vis, J.K., Kosters, W.A. and Terroba, A, "Tennis patterns: player, match and beyond," *In 22nd Benelux Conference on Artificial Intelligence (BNAIC 2010), Luxembourg*, pp. 25-26, 2010.
- [11] Zhu, G., Xu, C., Huang, Q., Gao, W. and Xing, L, "Player action recognition in broadcast tennis video with applications to semantic analysis of sports game," *International conference on Multimedia In Proceedings of the 14th annual ACM*, pp. 431-440, 2006.
- [12] Zelnic-Manor, L. and Irani, M, "Event-based analysis of video," *IEEE Computer Society Conference In Computer Vision and Pattern Recognition, Proceedings of the CVPR*, Vol. 2, pp. 120-123, 2001.
- [13] Zhu, G., Xu, C., Gao, W. and Huang, Q, "Action recognition in broadcast tennis video using optical flow and support vector machine," *In Computer Vision in Human-Computer Interaction Springer Berlin Heidelberg*, (pp. 89-98), 2006.

- [14] Chang, C.K., Fang, M.Y., Kuo, C.M. and Yang, N.C, "Event detection for broadcast tennis videos based on trajectory analysis," *2nd International Conference in Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)*, pp. 1800-1803, 2012.
- [15] Xu, C., Zhang, Y.F., Zhu, G., Rui, Y., Lu, H. and Huang, Q, "Using webcast text for semantic event detection in broadcast sports video," *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 10, no. 7, pp.1342-1355, 2008.
- [16] Kapela, R., Świetlicka, A., Rybarczyk, A. and Kolanowski, K, "Real-time event classification in field sport videos," *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 35, pp.35-45, 2015.

## LE PROCESSUS DE LA RECONCILIATION EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO ET LA PERSISTANCE DE CONFLITS VIOLENTS A L'EST

*MUKUNDA RAMAZANI Chrispin and NDASUMBWA NDAHE Benedict*

Sciences sociales, Gestion et administration des projets, ISAM-Bukavu, RD Congo

Copyright © 2016 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:** La RD Congo reste toujours un pays en conflits internes et externes. Ce spiral des conflits récurrents détruit l'organisation politique, sociale et économique de l'Est, ils vont jusqu'à affecter les rapports sociaux. Une seule voie reste, la voie de la réconciliation pour rétablir la cohésion Nationale. La manière par la quelle cette réconciliation a été expérimentée dans le processus de la paix témoigne toujours la persistance de conflits. Une telle situation résume qu'il est difficile de construire la paix et penser à un développement harmonieux. Car la RD Congo reste un pays fragile et les vraies motivations pour gérer la république dans le plan de la Justice, de la vérité, du pardon et de la réconciliation pour la paix durable reste hypothétique au risque d'éclatement des nouvelles violences.

**KEYWORDS:** Réconciliation, République Démocratique du Congo, Conflits, Violence.

### 1 INTRODUCTION

L'histoire du Congo, un pays vaste au cœur de l'Afrique apparaît dans les étapes vues comme théâtre et des convulsions contemporaines. Elle est comme une intelligence nouvelle d'une crise de maturation d'un pays qui demeure malgré tout, la pierre angulaire du décollage économique de l'ensemble, non seulement de pays de la région, mais aussi d'autres puissances mondiales. L'itinéraire du Congo post colonial avait le mérite de faire prendre conscience que l'indépendance était en réalité un processus et non un état événementiel et que celui-ci connaissait une progression à chaque étape de croissance de sens de responsabilité des acteurs politiques.

La démocratie en est un des évidences de ces moments. Sa quête si laborieuse est d'une importance capitale, car au-delà d'un simple éveil politique, elle conduit au tout dernier combat de la décolonisation. Certes, la maturation de la démocratisation s'est ouverte sous signe de la violence, une violence provoquée par le combat d'arrière garde d'un régime en décomposition mais suscitée également pour la rigueur des choix fondamentaux auxquels la nation se trouve acculée.

La RDC est un pays qui reste toujours en conflits internes et externes. Ces conflits récurrents détruisent l'organisation politique, sociale, économique de l'Est, ces conflits vont jusqu'à affecter les rapports sociaux. Le cas les plus illustratifs dont les massacres de Mutarule au Sud-Kivu et de Beni au Nord Kivu en 2015. Une seule voie reste la voie de la réconciliation pour rétablir la cohésion Nationale<sup>1</sup>. Mais alors la question qui se pose tout autour de cette réflexion est celle de savoir : si on peut parler de la cohésion dans les pays post-conflit sans qu'il y ait la réconciliation individuelle ou interethnique ?. C'est ce contraste qui constitue le nœud de notre travail dont le processus de la réconciliation en RDC et l'analyse de la persistance de conflits violents à l'Est du Congo. Son objectif est d'analyser la perception de la population surtout intellectuelle sur le processus de la réconciliation qui a été expérimenté au pays. Il devra par la suite scruter la dynamique de cette spirale de

---

<sup>1</sup> La cohésion Nationale fait appel à d'autres notions sociologiques comme intégration sociale, socialisation des individus dans des valeurs bien partagées par une collectivité des personnes.

conflits en vue de faire éclater la corrélation possible entre les effets pervers et le respect et/ou la violation des droits humains.

En effet, comme on le sait, le conflit congolais s'est enlisé dans le temps, dans la durée. Dix-neuf ans ! et il continue. Ces foyers de tensions sont généralement localisés au Nord-Kivu, au Sud-Kivu et en province orientale. Il a, en fait permis aux groupes armés ayant contrôlé différentes villes et localités de créer leur propre « droit » comme attribut de leur « totipotence ».<sup>2</sup>

Cependant, comme on le sait déjà avec F. GRUNEWALD, les acteurs de la violence devenus détenteurs du pouvoir, tentent d'établir un semblant de règles qui les arrangent et de l'appeler « droit ». C'est souvent, conclut-il en parodiant, sans doute Jean de la Fontaine : « Le droit du plus fort »<sup>3</sup>

Cette catégorie de droit, on s'en doute, contraste fort bien avec les droits humains, quotidiennement bafoués par les parties en conflits.

Dans la mesure où nous partons de l'hypothèse qui résulte de notre ferme conviction que la réconciliation véritable serait la piste idoine susceptible de consacrer la construction d'une paix stable, durable et de la cohésion nationale en RDC.

Nous tacherons dans ce travail de retracer quelques épisodes sur le processus de paix en RDC. Un cheminement long et difficile par lequel les congolais sont passés pour réaliser leur réconciliation après les deux fameuses guerres de 1996 et 1998 jusqu'à l'accord global et inclusif du 17 décembre 2002 à Pretoria entre les belligérants l'un des premiers signes de la réconciliation.<sup>4</sup>

Une deuxième partie du travail abordera les questions relatives à la persistance des conflits violents à l'Est du Pays. Elle procédera par une analyse critique et une interprétation des données d'enquêtes sur la perception de conflits et de la paix à l'Est plus particulièrement au Sud-Kivu.

Ainsi, pour vérifier notre hypothèse et donc pour atteindre l'objet et l'explication de notre étude, la prospective et l'analyse des systèmes prônés par Yves BAREL<sup>5</sup>, Economiste, Historien, Philosophe et Epistémologue a été notre ligne directrice pour conduire la méthodologie de cette réflexion.

La complexité du domaine alors étudié exige la mise en œuvre d'une méthode qui soit une sorte de grille de lecture d'une réalité sociopolitique à la fois dense et diffuse.

## **2 QUELQUES EPISODES SUR LE PROCESSUS DE PAIX EN RDC.**

### **2.1 LA LUTTE CONTRE LA DICTATURE DE LA DEUXIEME REPUBLIQUE DE JOSEPH DESIRE MOBUTU**

Les causes qui sous-tendent les conflits sont multiples et diversifiées. Pour le Professeur LABANA cité par J. LUNANGA qui généralement focalise ses recherches sur les relations internationales (conflits entre Etats), trois causes sont à la base du déchirement du tissu relationnel entre et/ou au sein des Etats. Il s'agit de :

- a) Les causes politiques : lutte pour l'indépendance, la conquête d'un territoire, les revendications nationalistes, le partage de pouvoir, la chute d'un régime, l'implication des Etats voisins, etc. ;
- b) Les causes économiques : la conjoncture économique internationale, la démographie incontrôlable, la chute du niveau de vie, l'action des groupes d'intérêts privés, etc. ;

---

<sup>2</sup> J. LUNANGA W., *Géopolitique et conflits identitaires en République Démocratique du Congo, Kinshasa, éd. Compodor, 2009, p.25.*

<sup>3</sup> *Idem, p.25.*

<sup>4</sup> *Nous parlons de deux premières guerres car ce sont elles les plus connues par le peuple Congolais du fait : celle de 1996 par l'AFDL a déboulonné la dictature Mobutienne de 32 ans et celles de 1998 par la RDC a fait presse parce que s'est vite transformée en une guerre de toute l'Afrique en faisant intervenir les groupes armés venus de la Namibie, l'Afrique du Sud, Rwanda, Ouganda, Angola, Burundi et Zimbabwe.*

<sup>5</sup> Yves BAREL, *Prospective et analyse du système in : « Travaux et recherches de prospective, Coll. Schéma général de l'aménagement de la France », n°14, février 1971, p.175.*

c) Les causes sociales : les problèmes ethniques, la question religieuse<sup>6</sup>, etc.

La dictature a pesé lourdement sur le peuple congolais. Le système de pouvoir mis en place cinq ans après l'indépendance va chuter le 24 novembre 1990 où son maître va piquer une crise et essuyer des larmes en public.

Une année après, le fameux discours de Mobutu qui prône le multipartisme au pays, un événement qui a marqué un nouveau tournant dans l'histoire politique du Congo.

L'ouverture de la Conférence Nationale Souveraine « CNS » en 1991, un acte perçu comme un pas vers un dialogue entre congolais et les autorités dans le but d'améliorer la gestion du pays.

La CNS a été identifiée comme une étape de prévention de conflits, car c'était la première fois depuis l'indépendance que les congolais se réunis pour une réflexion critique sur les grandes questions qui, à la longue, pouvait créer des tensions qui débouchèrent aux guerres.

A la grande surprise, ce processus n'a pas pu atteindre ses objectifs. Cette affaire a continué à assombrir le pays.

A en croire, l'historien I. NDAYWEL é NZIEM, Mobutu ne réalisait pas à suffisance, combien la conjoncture internationale avait changé depuis la fin de la guerre froide. Le Zaïre de Mobutu avait cessé d'être un enjeu majeur, une nouvelle politique américaine avait pris la relève qui faisait de lui le gendarme de la région<sup>7</sup>.

De l'autre côté, les opposants disaient qu'il n'y avait plus moyen de comprendre le système du pouvoir en place pour ce faire de concession. Car l'un d'entre eux s'écriait en disant : « classe dirigeante de la Société Zaïroise ; tu n'auras jamais de programme politique de redressement national acceptable ni convenable du bonheur de la multitude dont tu as un tel mépris au point de te conduire sur un sol comme dans un pays conquis auquel ne te lie aucun lien d'affection ». Dans cette logique, seul le processus révolutionnaire pouvait venir de bout. C'est ainsi que Laurent Désiré KABILA va soulever un mouvement « AFDL » armé contre le pouvoir de Mobutu.

Ce groupe rebelle était appuyé à vrai dire crée par les gouvernements Rwandais et Ougandais. Le Leaders de l'AFDL, Kabila fut soutenu jusqu'à son arrivé à Kinshasa et à la Présidence<sup>8</sup>.

## 2.2 LA LUTTE CONTRE L'AFDL DE LAURENT DESIRE KABILA

Depuis la chute de Mobutu en mai 1997, le Congo vit un cycle infernal des guerres violentes qui ont pour conséquences, les pertes des vies humaines, le pillage systématique, le non respect des droits de l'homme, les assassinats ciblés, les incendies des villages, les fuites de cerveau vers l'étranger, des destructions méchantes de l'environnement, les pertitions scolaires des enfants, l'exode rural et la destruction des unités de production et de transformation, pour ne citer que cela. Pour F. NGONGO KILONGO<sup>9</sup> une question revient toujours en tête : Pourquoi ces conflits et ces chaos indispensables ? Selon elle, la réponse reste : « qu'il y a des réseaux occultes, les multinationales et les Chefs d'Etats qui se livrent à la prédation minière, au financement de l'instabilité et de la pauvreté de ce pays.

Cette idée rencontre le propos du Professeur LABANA ci-haut énumérés comme causes de conflits en RDC. C'est au rapport de Global Witness d'ajouter : « face au fusil, que peut-on faire ? La guerre et la militarisation du secteur minier dans l'Est du Congo »<sup>10</sup> ; depuis 18 ans les minerais du Nord et Sud-Kivu constituent ainsi un véritable pôle d'attraction pour les groupes rebelles et les fractions militaires.

En juillet 1998, la relation entre KABILA et ses alliés de l'Est : le Rwanda, l'Ouganda, connue d'interruption dit H. NGBANDA NZAMBO<sup>11</sup>, le fait qui déclenche ce mouvement est le renvoi des troupes militaires rwandaises et Ougandaises dans leurs pays.

<sup>6</sup> J. LUNANGA B.W., *op.cit*, p.88.

<sup>7</sup> I. NDAYWEL é Nziem, *Histoire du Congo*, éd. DUCULOT, Bruxelles, 1998, p.793.

<sup>8</sup> JASON STEARNS, *Du CNDP au M23, Evolution d'un mouvement armé dans l'Est du Congo*, Institut de la Vallée du RIFT/Projet USALAMA, 2012, p.13.

<sup>9</sup> F. NGONGO KILONGO, *Femme et Paix dans la ville de Bukavu de 1996-2006, réflexion théologique*, EDUCEP, Kinshasa, 2009, p.6.

<sup>10</sup> Global Witness : « face au fusil, que peut-on faire ? La guerre et la militarisation du secteur minier dans l'Est du Congo », juillet 2009, pp. 17-18.

<sup>11</sup> H. NGBANDA NZAMBO, *Crise organisée en Afrique Centrale*, DUBOIRIS, Paris, 2004, p.17.

Le Rwanda et l'Ouganda s'alignèrent derrière les nationaux pour faire la guerre à « l'AFDL ». Toutefois les recherches des voies de sortie étaient une nécessité impérieuse.

### **2.2.1 L'ACCORD DE LUSAKA**

L'accord sur le processus de Paix de LUSAKA a été signé en juillet 1999 en Zambie grâce aux efforts de certains Chefs d'Etats de la région et aux pressions occidentales. Mais le besoin de la Paix ressentie par les Congolais a rendu possible ces accords.

Le but poursuivi dans cet accord était d'obtenir un cessez le feu et le désarmement des forces négatives qui ménageraient la sécurité des pays voisins. L'accord de LUSAKA était signé par les dirigeants de l'AFDL au pouvoir et les troupes des belligérants : la RCD/Goma, le MLC de Thomas LUBANGA, le RCD/N de MBUSA NYAMWISI...le MLC de Jean-Pierre BEMBA.

Cet accord était piloté par les Etats-Unis à travers le diplomate HOWARD WOLPE. Tout en réaffirmant l'intégrité territoriale, la partition du pays en programme entre autre :

- Le retrait des troupes étrangères ;
- L'interposition des observateurs de l'ONU sur la ligne de front en plein milieu du territoire congolais.

Cet accord fut fondé sur l'hypothèse d'une guerre civile et faisait bon marché de la souveraineté congolaise.

En fait, il s'agissait d'une stratégie identifiée déjà par aimé CESAIRE dans son *disons sur le colonialisme qu'on leur apporte*. Dans cet accord, certaines dispositions s'avéraient totalement inacceptables pour l'opinion congolaise, ajoute E. MANASHI<sup>12</sup>.

D'autres parts, cet accord stipulait que « Tous les participants aux négociations inter congolais bénéficieront d'un statut identique » dans son 5<sup>ème</sup> chapitre, alinéa 2. En d'autres termes par cette classe, on avait contraint les congolais à se comporter comme si leurs agresseurs étaient des personnes honorables.

### **2.2.2 DIALOGUE INTER-CONGOLAIS**

Avant que les congolais arrivent en Afrique du Sud pour les ultimes concertations à la recherche des résolutions durables aux problèmes de la légitimité du pouvoir pour parvenir à une véritable réconciliation nationale à travers un dialogue national, les représentants des parties en conflits s'étaient rencontrés à plusieurs reprises en présence des témoins pour tenter de trouver les points de convergence et de baliser la voie vers les objectifs.

Plusieurs villes ont acceptées de donner aux congolais l'hospitalité et l'opportunité d'organiser leurs réunions. Ces différentes villes sont : ABUDJA, GENEVE, ADIS ABEBA, BRUXELLES, DODOMA, DURBAN, PRETORIA, GABERONE, LUANDA, LUSAKA, NAIROBI, PORT LOUIS, VICTORIA FALLS, WINDHOECK....

De ces différentes rencontres, sortirent un certain nombre d'accords qui sont surtout des principes qui allaient servir de base à l'organisation du dialogue national. On peut citer :

- Celui de réunir les délégués de toutes les forces sociales et politiques représentatives du Congo pour arriver à un accord globalement minimal et inclusif ;
- Le principe du respect des engagements pris lors des différents accords signés.

Le dialogue inter-congolais a poursuivi les objectifs suivants :

- a) La réconciliation nationale ;
- b) L'instauration d'un nouvel ordre politique pouvant garantir la bonne gouvernance et faciliter la reconstruction du pays ;
- c) Régler d'abord les aspects politiques internes de la crise congolaise en mettant en place les institutions de la transition crédibles avant les aspects externes de la crise.

---

<sup>12</sup> E.MANASHI, *Pourquoi ont-ils tué Laurent Désiré KABILA ?*, Harmattan, 2007, p.83.

### 2.2.3 RENDEZ-VOUS MANQUÉ DE SUN CITY

Les travaux du DIC ont démarré à SUN CITY en RSA le 25 janvier 2002 sous la direction du facilitateur neutre l'ancien Président du BOTSWANA, Monsieur KETUMIRE MASIRE désigné par l'accord de LUSAKA.

Les parrains et les initiateurs des accords imposèrent à plusieurs délégués moyennant corruption, promesse de plusieurs postes ministériels, intimidations et autre mensonge. Le 19 avril 2002, les travaux du DIC se clôturèrent dans la débâcle totale, terminés à queue de poisson, le facilitateur et le président de l'Afrique du Sud décida de poursuivre les négociations plus tard sous un format réduit afin d'aboutir à la conclusion d'un accord global et inclusif.

### 2.2.4 L'ACCORD GLOBAL ET INCLUSIF DE PRETORIA

Après SUN CITY et vues les difficultés qu'il avait à appliquer l'accord signé avec MLC de J. BEMBA, le gouvernement de KABILA cru bon d'initier les négociations directes avec le Rwanda et l'Ouganda. Ces négociations aboutirent à la signature d'autres accords antérieurs non appliqués et le retrait des troupes étrangères du territoire congolais. Sous les fortes pressions de la communauté internationale sur les belligérants, les forces qui tenaient au DIC réussirent à faire reprendre les négociations entre les congolais toujours en Afrique du Sud sous la médiation de MOUSTAPHA NIASSE ancien Ministre sénégalais, envoyé spécial du Secrétaire Général de l'ONU et du Président Sud-africain TABO MBEKI. Les négociations débouchèrent sur un autre accord Global et Inclusif de PRETORIA signé dans la nuit du 16 décembre 2002.

Cet accord servira de base aux négociations sur le partage du pouvoir pour la période de la transition et à l'élaboration de la constitution de la transition.

La formule monstrueuse de 1+4 cautionne la cohabitation entre les acteurs qui se méfiaient sans la réconciliation.

## 3 ANALYSE CRITIQUE ET EXPLOITATION DES OPINIONS

### 3.1 ADMINISTRATION DU QUESTIONNAIRE

Comme l'enquête est une création de récolte des données pour un sujet dans un milieu déterminé, à ce point, il importe de mentionner que notre questionnaire était composé de trois questions qui ont été canalisées et posées aux intellectuels dans le milieu scientifique à Bukavu sur le processus de la Paix et de la réconciliation : les causes de la persistance des conflits violents à l'Est de la RDC et enfin leurs positions pour la construction d'une Paix durable dans notre pays.

Signalons pour récolter ces données, nous avons utilisé la technique d'interview à la place des questions classiques pour gagner du temps.

Dans cette interview, notre échantillon était de 70 étudiants tirés du critère de la pluridisciplinarité<sup>13</sup> qui caractérise une étude sur la paix et les conflits. Cette démarche nous conduit à administrer les questions aux étudiants de l'UOB, de l'UCB, de l'UEA, de l'ISP, l'ISDR dans différentes facultés organisées pour avoir un regard croisé de cette élite sur le processus de la réconciliation en RDC.

### 3.2 LE DEPOUILLEMENT ET LA PRESENTATION DES RESULTATS

Dans ce paragraphe il est maintenant question de dépouiller les différents avis, de les analyser et de présenter les conséquences. Le cas échéant réinventer quelques stratégies pour lutter contre les causes négatives des conflits violents.

---

<sup>13</sup> *Revue internationale des sciences sociales, Revue trimestrielle publiée par UNESCO, Paris, volXXIX, 1997, p. 618.*

3.2.1 LA PERCEPTION SUR L'APPRECIATION DE PROCESSUS DE PAIX EN RDC

Question	Réponses	Effectif	%
Comment appréciez-vous le processus de la paix et réconciliation en RDC ?	Le Processus de Paix et Réconciliation a échoué car : - Nous observons la non effectivité de l'autorité de l'Etat sur l'ensemble du territoire national ; - L'émergence des milices armées locales à tendance communautaire qui occupent et contrôlent certaines entités administratives ; - Les violations des droits fondamentaux, les viols et violences basés sur le sexe ont élu domicile au Congo.	28	40
	- Les dirigeants politiques sont au pouvoir que pour leurs intérêts et non pour le bien du peuple ; - L'infiltration de l'armée congolaise par les éléments étrangers et qui occupent des postes stratégiques de commandement ; - Le plan de partition du pays reste l'objectif poursuivi par les ennemis de la Paix (Balkanisation).	28	40
	- La Paix et la Réconciliation est un processus. Il y a déjà des grandes avancées mais il reste beaucoup à faire ; - Malgré le processus et les accords, les congolais n'ont jamais matérialisé la Justice, la vérité, le Pardon le travail de la mémoire comme pilier de la réconciliation.	7	10
	- Le processus de la paix témoigne déjà les avancées significatives ; - Il faut rester fidèle sur le respect de la constitution et les échéances des calendriers électorales.	7	10
<b>TOTAL</b>		<b>70</b>	<b>100</b>

Source : nos enquêtes sur terrain en décembre 2013.

Commentaire :

De ce tableau, il ressort l'analyse suivante : 40% de nos enquêtes ont répondu, le processus a échoué car il y a encore la présence de milices armées à tendance tribale à l'Est du Pays.

Le non effectivité de l'autorité de l'Etat sur toute l'étendue nationale et la persistance des viols et violences sexuelles surtout à l'Est de la République du Congo. 40% de nos enquêtés continuent à affirmer que le processus a échoué, étant donné que les dirigeants politiques ne sont au pouvoir que pour leurs intérêts égoïstes et non pour le bien du peuple.

Les soldats étrangers occupent les postes stratégiques dans l'armée, 10% de nos unités d'enquête ont présumé pistonner deux pensées simultanément tout en répondant :

- La Paix et la Réconciliation est un processus. Il y a déjà des grandes avancées mais il reste beaucoup à faire ;
- Malgré le processus et les accords, les congolais n'ont jamais matérialisé la Justice, la vérité, le pardon, le travail de la mémoire comme piliers d'une véritable réconciliation pour une paix durable.

Enfin, les 10% restant soutiennent que le processus reste continu malgré les avancées déjà réalisées. Car le pays dispose d'une constitution comme le contrat social d'un peuple dans le cadre du processus de démocratisation auquel il a tant aspiré. Il y a déjà un cycle électoral respecté et des institutions légalement établies bien qu'au niveau provincial et communal résulte encore beaucoup d'irrégularités. L'unité nationale et l'unification du pays reste un acquis qu'il faudra consolider.

Tenant compte de ces réponses données par nos enquêtés et en rapport avec notre analyse orientée dans l'optique de la recherche de la paix et du développement dans un contexte post conflit, il en découle que tous ces résultats basculent. Car on ne peut jamais parler de la paix dans un tel Etat sans brandir les éléments forts de la réconciliation que sont : **la Justice, la vérité, le Pardon et le travail de la mémoire** comme piliers d'une véritable réconciliation, d'une paix et développement du

pays. En dépit de ces quatre piliers, il est impérieux de noter avec le Professeur ABEKYAMWALE EBUELA<sup>14</sup> que les bourreaux et les victimes ne sont jamais rencontrés et faire une face à face. C'est pourquoi renchérit,

- La première faiblesse est la manière par laquelle a été élaborée le principe du partage du pouvoir entre les composantes sans définir les profils des uns et des autres comme critères de sélection ;
- La deuxième faiblesse qui s'annonce comme une erreur grave, d'attribution d'une charge politique à une société civile censée pourtant n'ayant pas vocation ;
- La troisième faiblesse, c'est celle de l'absence totale de la vérité dans les négociations, on penserait que les composantes négociaient sur les positions et non sur les intérêts réels de la population. La preuve est que, chaque fois que les intérêts des uns et des autres étaient mises en cause, la seule solution était la menace de se retirer des institutions mises en place ;
- Quatrième faiblesse, la mise en place des institutions d'appui à la démocratie qui étaient mal gérées par manque d'objectif bien défini.

Le partage du pouvoir entre tous les acteurs visibles dans le paysage politique congolais (Gouvernement, groupes armés, opposition non armées et société civile) appelés composantes dans le discours officiels à PRETORIA le 17 décembre 2002 est l'ambiguïté de toutes les mesures prises et/ou envisagées pour ramener la paix.

Aux dires d'une journaliste congolais, ce partage « consacre l'impunité et l'immoralité au sommet de l'Etat et méconnaît le combat héroïque de résistance menée par le peuple contre l'occupation ». Bref, cette mesure octroie une sorte de prime de guerre aux belligérants. C'est pourquoi renchérit EBUELA ABI, l'œuvre de la célébrité de la réconciliation comme une réalité importée et /ou imposée revient à souligner par l'analyse de sa manifestation, qu'elle vient d'une tierce personne en lieu et place des victimes et des criminels<sup>15</sup>. Ainsi le processus de la paix en RDC, apparaît comme presque nul suivant les résultats d'enquête. Mais un échec ne doit pas nécessairement signifier l'abandon du processus. Nous pensons qu'il n'est pas tard pour faire. La convocation des assises de la Concertation nationale par le Président de République Joseph KABILA le 07 septembre 2014 et du Dialogue National qui est en cour nous donne raison.

### 3.2.2 LA PERCEPTION SUR LES CAUSES DE LA PERSISTANCE DES CONFLITS, VIOLS ET VIOLENCE A L'EST

Question	Réponses	Effectif	%
Pourquoi les conflits violents persistent-ils à l'Est de la RDC ?	Les conflits persistent suite à la persistance des étrangers au sommet du commandement de l'armée nationale, mais aussi au manque ou absence de l'autorité de l'Etat, à l'impunité, à la convoitise des ressources naturelles ainsi que la persistance de milices et troupes étrangers « FDLR » sur le territoire national.	35	50
	Les hommes politiques veulent se maintenir au pouvoir pour défendre leurs propres intérêts mais aussi cautionner la loi d'impunité (amnistie) car nombreux sont ceux qui ont été acteurs de pillage du pays, massacre des innocents, etc.	21	30
	Le pays actuellement unifié présente moins de risque pour la balkanisation. La marche vers la démocratisation est irréfutable, les élections sont régulièrement réalisées aux échéances prévues.	14	20
<b>Total</b>		<b>70</b>	<b>100</b>

Source : nos enquêtes de décembre 2013.

<sup>14</sup> ABEKYAMWALE EBUELA ABI, *La célébrité de la réconciliation en RD Congo*, CERUKI, Bukavu, 2008, p. 18.

<sup>15</sup> ABEKYAMWALE EBUELA ABI, *op.cit*, p.18.

Commentaire :

De la lecture de ce tableau, nous constatons que 50% de nos enquêtés répondent de cette manière : la persistance de conflits violents à l'Est de la RDC s'explique par la présence des étrangers au commandement des Forces armées congolaises. Ils souscrivent l'inefficacité et l'ineffectivité de l'autorité de l'Etat sur l'étendue du territoire national, la convoitise des ressources naturelles et la présence des milices étrangères et locales sur le sol congolais comme les raisons majeures de la persistance de conflits à l'Est de la RDC.

De même, 30% ont affirmé que les hommes politiques congolais veulent se maintenir au pouvoir pour sauvegarder leurs propres intérêts. Mais aussi une manière de cautionner l'impunité car nombreux d'entre eux sont incriminés de pillage et massacre que le pays a connu. Une manière d'obstruer la justice de faire son travail.

En enfin, 20% affirme une vision positive sur les avancées réalisées dans le processus de la Paix et de l'unité du Pays. Ils constatent que le risque de balkanisation est réduit. Cependant, il s'avère nécessaire de rester dans le respect de la constitution et les échéances électorales.

### 3.3 LA CREATION D'UNE COMMISSION VERITE ET RECONCILIATION

En RD Congo, l'instauration de la CVR décidée lors de la négociation de SUN CITY et de PRETORIA en 2002-2003 se justifiait par la volonté de rechercher la paix durable, effective grâce à une réconciliation sincère.

NGOMA BINDA et MUANDA UVIDI (cité par la Commission Justice et Paix), la CVR était donc conçue comme une instance citoyenne d'accompagnement de la transition et, spécifiquement d'appui à la démocratie encore au stade de balbutiement dans le pays<sup>16</sup>. Elle a voulue ajoutent-ils, ambitieuse d'une double mission qui a l'habituelle mission, de mettre la vérité à jour ajoutait celle de la promotion de la paix.

Cependant, les anciens membres de cette CVR, après en avoir analysé le fonctionnement et les résultats, ont montré que le volet « Vérité » a été négligée au profit de volet « Paix ». Instituée à l'exemple de celle d'Afrique du Sud, elle s'inscrivait dans le cadre de la « Justice transitionnelle » ; comme toutes les autres commissions similaires, elle poursuivait plusieurs objectifs que PRISCILLA B HAYNER décrit dans son ouvrage « unspeakable Truth. Confronting state terror and atrocity : « How truth commissions around the world are challenging the past and shaping the future »(New York and London, Rentledge: faire éclore la vérité "full confession of the truth", troquer la Justice contre le pardon ou pour reprendre les termes de K. MULLER, rechercher "le pardon contre la Justice" afin d'aboutir à la réconciliation nationale et bâtir un ordre nouveau. Les ambitions étaient nobles disons-le, mais les doutes très nombreuses quant à la chance de succès de cette mission<sup>17</sup>. La fin du complexe de supériorité qui fait croire à certains qu'ils sont nés pour diriger et les autres pour servir ou être soumis, l'investissement dans des projets de développement et non dans l'achat d'armes.

Ne pas s'orienter dans cette direction, OKONDA pense que « le processus de réconciliation nationale va rester inachevé »<sup>18</sup>

---

<sup>16</sup> Pole institut, « Gouvernance et Refondation de l'Etat en République Démocratique du Congo », acte de colloque international tenu à Goma, 2012.

<sup>17</sup> Commission Justice et Paix, *Regard croisé sur la lutte contre l'impunité, un échange d'expérience d'Amérique Latine, de la RDC et d'Europe pour appuyer le processus de la réconciliation en RDC une étude de Justice et Paix, 2008, p.5.*

<sup>18</sup> WETSH OKONDA M., *La commission vérité et réconciliation : une grenouille peut-elle avaler un éléphant ? Le potentiel*, n°3179 du 22 juillet 2014.

## 3.3.1 CONNAISSANCE SUR LES APPROCHES ET STRATEGIES POUR QUE LE PEUPLE CONGOLAIS ASPIRE A LA PAIX

Question	Réponses	Effectif	%
Comment construire la paix, restaurer l'autorité de l'Etat et relancer le développement en RDC ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Que l'Etat rentre dans ses principales fonctions régaliennes en assurant la sécurité des personnes et de leurs biens, paiement de fonctionnaires et des militaires ;</li> <li>- Le respect du principe de séparation de pouvoirs tel que prôné par MONTESQUIEU depuis la nuit du temps ;</li> <li>- Le retour imminent des troupes étrangères (milices) chez eux au Rwanda, au Burundi et en Ouganda ; et que la justice et le droit international soit mis en œuvre ;</li> <li>- La réforme institutionnelle : par l'adéquation du secteur sécuritaire, de l'administration locale et de l'appareil judiciaire congolais ;</li> </ul>	28	40
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eradiquer toutes les milices armées ;</li> <li>- Le respecter la constitution, donner l'autonomie à la Justice punitive, distributive et la justice restauratrice ;</li> <li>- Refonder l'Etat congolais et rétablir l'autorité de l'Etat sur toute l'étendue de la République ;</li> <li>- Eduquer les citoyens à la culture de la paix, la non-violence et les résolutions pacifique des conflits et au respect de droits de l'homme ;</li> <li>- Reconstruire une société civile neutre et libre de toute action constructive qui lutte pour les intérêts du peuple.</li> </ul>	42	60
Total		70	100

Source : nos enquêtes sur terrain en décembre 2013

#### Commentaire :

Ce tableau illustre que 40% de nos enquêtés ont proposé que pour construire la paix au Congo, il faut restaurer l'autorité de l'Etat et relancer le développement du pays. Il faudra en plus, que l'Etat rentre dans son rôle régalien qui consiste à protéger le peuple, à lui assurer la sécurité, c'est-à-dire la sécurité des personnes et de leurs biens, payer les fonctionnaires de l'Etat et les militaires car nous sommes tous témoins de ce que Pierre Rosenvallon a appelé « la crise philosophique de l'Etat providence »<sup>19</sup>, qui subit à la fois une crise de légitimité, une crise d'efficacité et une crise de solidarité au Congo. Par-dessus, il faut que la Justice et le droit international soit mis en route et qu'il y ait le respect de principe de la séparation de pouvoir qui a été prôné depuis la nuit du temps par MONTESQUIEU.

60% de nos enquêtés ont suggéré : la réforme institutionnelle car pensent-ils que le dilemme le plus insoluble pour le développement et la paix en RDC se situe peut-être au niveau de la vétusté de l'Etat Congolais qui s'explique par l'inadéquation du secteur sécuritaire, de l'administration locale et de l'appareil judiciaire.

Cette idée appuyée par l'institut de la vallée du RIFT dans son projet « USALAMA qui stipule : « le Gouvernement congolais a besoin d'une stratégie exhaustive pour réformer son secteur sécuritaire et son administration en accordant une attention particulière à l'Est du pays ».

Ils pensent également qu'il faut assainir toutes les milices armées tant étrangères que locales sur le territoire national. Respecter les prescrits de la constitution et donner l'autonomie à la justice punitive, restaurer la police et former une armée républicaine, refonder l'Etat congolais et rétablir l'autorité de l'Etat sur toute la République.<sup>20</sup> Constituer une société civile libre et neutre et une société politique capables d'éduquer les citoyens à la culture de la paix, de la non-violence et aux

<sup>19</sup> PIERRE ROSENVALLON, *La crise de l'Etat providence, seuil, Paris, 1981.*

<sup>20</sup> Institut de la vallée du RIFT/Projet USALAMA, *comprendre les groupes armés congolais : du CNDP au M23, évolution d'un mouvement armé dans l'Est du Congo, 2012, P70.*

résolutions pacifiques des différends (conflits) et au respect strict des droits de l'homme en vue de constituer une conscience collective et une citoyenneté responsable.

Signalons tout de même en passant que les objectifs de la justice dans le processus de la réconciliation ne sont pas uniquement punitifs si on se place dans ce cadre. Elle comporte alors une triple dimension : apporter une réparation aux victimes (Justice réparatrice) et permettre la réinsertion des anciens bourreaux aux côtés de ceux qui étaient leurs victimes (Justice restauratrice) après qu'ils aient purgé la peine qui leur a été imposée, après qu'ils aient placés face à leurs responsabilités (Justice punitive). En d'autres termes, les trois dimensions présentées ici se retrouvent le plus souvent : dans la sanction, la réparation et la réintégration.<sup>21</sup>

### **3.4 LA PAIX PAR L'INTÉGRATION RÉGIONALE**

L'intégration régionale passe pour une panacée dans la résolution de conflits internes aux Etats de la région des grands Lacs. Parmi les partisans de cette solution se trouvent ceux qui pensent que les richesses de la RDC doivent profiter à tous les peuples de la région. Il se profite derrière cette belle idée deux enjeux majeurs : permettre au Rwanda de venir à bout de ses problèmes politiques, démographique et économiques internes et mettre en place de nouvelles structures étatiques et économiques supranationales qui n'excluent pas.

Considéré dans le long terme et après l'installation des régimes démocratiquement élus dans tous les Etats de la région, ce projet susciterait moins d'appréhension.

En effet, ce sont les représentants des peuples de la région qui devraient mener les débats sur le visage de l'intégration régionale en consultant, au besoin, ces derniers par voie référendaire comme ce fut le cas pour le processus qui, en Europe, a conduit de l'Europe de six en 1957 à l'Europe de en 2004. Presser l'intégration dans le contexte actuel où les Etats sont dirigés par des dirigeants ethniques minoritaires, en général issus de la lutte armée, c'est vouloir les légitimer et les pérenniser. La mise en marche d'un tel est donc prématurée et non désirée par la majorité des congolais.

## **4 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

Le long de ce travail il a été question de présenter une appréciation de la réconciliation et de la paix en République Démocratique du Congo comme moteur du développement. Sans mettre à côté la persistance des violences et des conflits à l'Est. Cette étude nous a conduit dans les milieux universitaires à Bukavu pour avoir les avis et perception du monde scientifique sur ce processus. Ayant atteint notre objectif, nous avons débuté notre construction par une introduction qui nous a retracé la spirale de violences vécus dans le pays le long de ces deux décennies finissants, caractérisés par des troubles et des violences. Nous avons présenté quelques essais sur les pistes des solutions palliatives à la lumière des vertus morales et sociales.

En plus, des données de l'histoire qui retrace les causes lointaines et immédiates, nous avons épluché la crise au Congo en situant son étiologie dans son contexte socio-historique et politique. Nous avons présenté l'enchaînement des règnes, où le pouvoir était pris que par les armes « Coup d'Etat » les conséquences des violences engendrées par ces coup d'Etats (le génocide) fait écho. Les négligences des aspects d'une véritable réconciliation qui fait appel aux vertus de la morale sociale pour la paix et le développement sont absentes de la démarche. De même les raisons données par nos enquêtés montrent que nous sommes loin de l'efficacité et de l'effectivité de la réconciliation. La preuve est que les tensions sont encore à l'Est où on croit les raisons seraient ou sont les suivantes : la richesse géologique, zoologiques et agricoles fait qu'il soit envié de plusieurs : le moyen de légitimer le pouvoir au Congo manœuvrer par les super puissances, les conflits identitaires constituent une source de conflit.

Ainsi pour la paix et le développement de la RDC, il est d'une urgence de penser à une réconciliation effective de type classique, en passant par le dialogue comme poumon de la démocratie. Sinon, il n'est pas encore tard pour mieux faire.

L'actualité nous montre régulièrement que les accords de paix formels ne suffisent pas à établir une paix durable entre anciens adversaires : rien qu'en ce qui concerne la RDC, ni les accords de Sun City d'avril 2002 qui marquait la fin de la guerre

---

<sup>21</sup> *Commission Justice et paix, p.5.*

en RDC et posaient les bases de la période de transition politique, ni l'accord de paix de Goma de janvier 2008 conçu comme un « acte d'engagement » pour une cessation immédiate des hostilités dans les provinces du Nord et du Sud-Kivu, n'ont abouti à l'arrêt ni des combats, ni des violences massives contre les populations, ni les accords d'Addis-Abeba, ni non plus les accords de Kampala. Une lecture attentive de ces accords et l'observation de leur application soulèvent d'emblée une série de question sur l'efficacité à ramener la paix, mais surtout à la maintenir. Tout d'abord les accords de paix impliquent surtout les leaders, les peuples ou les citoyens. Les accords formels de paix sont certes nécessaires, mais ils ne sont pas suffisants. La paix ne peut être garantie uniquement par l'implication des leaders politiques et militaires parce qu'elle concerne l'ensemble de la population. A côté de ses représentants politiques, la population dispose de relais dans la société civile qui, de par sa position d'intermédiaire entre la population et les dirigeants, est un des acteurs de poids pouvant jouer un rôle important dans le retour à la paix et dans son maintien à long terme.

## SIGLES ET ABREVIATIONS

AFDL	: Alliance des forces de Libération.
CNS	: Conférence Nationale Souveraine.
CVR	: Commission Vérité et réconciliation.
DIC	: Dialogue inter-congolais.
FDLR	: Forces de libération du Rwanda.
ISAM	: Institut Supérieur des arts et métiers.
ISDR	: Institut Supérieur de développement Rural.
ISP	: Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu.
MLC	: Mouvement de libération du Congo.
ONU	: Organisation des Nations-Unies.
RCD/Goma	: Rassemblement Congolais pour la démocratie.
RCD/N	: Mouvement de libération du Congo de MBUSA NYAMWISI.
RD. Congo	: République Démocratique du Congo.
UCB	: Université Catholique de Bukavu.
UEA	: Université Evangélique en Afrique.
UOB	: Université Officielle de Bukavu.

## REFERENCES

- [1] ABEKYAMWALE EBUJELA, *La célébrité de la réconciliation en RD.Congo*, CERUKI, Bukavu, 2008.
- [2] BARLES YVES, *Prospective et Analyse de système in :Travaux et Recherche de prospective Coll, Schéma général de l'aménagement de la France* », n°14, février 1971.
- [3] Commission Justice et Paix, *Regards croisés sur la lutte contre l'impunité : un échange d'expérience d'Amérique Latine, de la RD.Congo et d'Europe pour appuyer le processus de la réconciliation en RD.Congo*.
- [4] EMMANUEL MANASH, *Pourquoi ont-ils tué Laurent Désiré KABILA ? Harmattan*, 2007.
- [5] Global Witness : « *Face au fusil, que peut-on faire ? la guerre et la militarisation du secteur Minier dans l'Est du Congo* », juillet 2009.
- [6] LUNANGA BUSANYA J., *Géopolitique et conflits identitaires en République Démocratique du Congo*, éd. Compodor, Kinshasa, 2009.
- [7] JANSON STEARNS, *Du CNDP au M23, évolution d'un mouvement armé dans l'Est du Congo*, Institut de la vallée du RIFT/Projet USALAMA, 2012.
- [8] NDAYWEL à Nziem I., *Histoire du Congo*, éd. DUCULOT, Bruxelles, 1998.
- [9] NGONGO KILONGO F., *Femme et paix dans la ville de Bukavu de 1996-2006, réflexion théologique*, EDUCEP, Kinshasa, 2009.
- [10] NGBANDA NZAMBO H., *Crimes organisés en Afrique centrale*, DUBOIRIS, Paris, 2004.
- [11] Pole Institute : « *Gouvernance et refondation de l'Etat en République Démocratique du Congo* », Acte du colloque international tenue à Goma, 2012.
- [12] PIERRE ROSENVALLON, *La crise de l'Etat providence*, Seuil, Paris, 1981.
- [13] *Revue internationale des sciences sociales*, Revue trimestrielle publiée par l'UNESCO, Paris, Vol. XXIX, 1997.
- [14] WETSH'OKONDA M., *La commission vérité et réconciliation : une grenouille peut-elle avaler un éléphant ?*, le Potentiel n°3179 du 22 juillet 2004.

## Tumeur de krukemberg : A propos d'un cas et revue de littérature

### [ krukemberg's tumor: about a case and review of literature ]

*Abdelkader Akharraz, Moulay El Mehdi ElHassani, Farid Kassidi, Jaouad Kouach, Driss Moussaoui,  
and Mohammed Dehayni*

Service de Gynécologie Obstétrique, Hôpital Militaire d'Instruction Mohamed V, Rabat, Maroc

Copyright © 2016 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:** Krukenberg's Tumors (TK) are defined as bilateral ovarian metastases from gastrointestinal cancer most often. They are rare and account 1 to 2% of ovarian tumors. We report a case of Krukenberg gastric original tumor in a female patient of 40 years old, G3P3, 3 living children, thyroidectomized with hormone replacement therapy, she was hospitalized for surgical exploration of two malignant abdominopelvic masses objectified in clinical examination and abdominopelvic ultrasound. Laparotomy had highlighted two ovarian tumors whose histology was in favor of ovarian metastases from carcinoma of digestive origin. Gastroesophageal Endoscopy showed a gastric adenocarcinoma with a signet-ring appearance of the pylorus and bulb gastric. Palliative chemotherapy was indicated. The patient died after four months. The treatment of this tumor remains palliative and is not codified. The progress of chemotherapy could improve the prognosis who is pejorative.

**KEYWORDS:** Krukenberg's tumor, gastric carcinoma, peritoneal carcinomatosis, gastroesophageal endoscopy.

**RESUME:** Les tumeurs de Krukenberg (TK) se définissent comme des métastases ovariennes bilatérales d'un cancer le plus souvent digestif. Elles sont rares et représentent 1 à 2 % des tumeurs ovariennes. Nous rapportons un cas de tumeur krukemberg d'origine gastrique chez une patiente, âgée de 40 ans, G3P3, 3 enfants vivants, thyroidectomisée sous traitement substitutif, était hospitalisée pour exploration chirurgicale de deux masses abdominopelviennes d'allure malignes objectivées à l'examen clinique et à l'échographie abdominopelvienne. La laparotomie avait mis en évidence deux tumeurs ovariennes dont l'étude histologique était en faveur de métastases ovariennes d'un carcinome d'origine digestive. La fibroscopie œsogastrique montrait un adénocarcinome gastrique en bague à chaton au dépend du pylore et le bulbe. Une chimiothérapie palliative était indiquée. La patiente décédait après quatre mois. Le traitement de cette tumeur demeure palliatif et n'est pas codifié. Des progrès de la chimiothérapie pourraient améliorer le pronostic de ces tumeurs qui reste sombre.

**MOTS-CLEFS:** tumeurs de krukemberg, cancer de l'estomac, carcinose péritonéale, fibroscopie œsogastrique.

#### 1 INTRODUCTION

Les tumeurs de Krukenberg (TK) se définissent comme des métastases ovariennes d'un cancer, le plus souvent digestif. Ce sont des tumeurs rares qui représentent 1 à 2 % des tumeurs ovariennes. Elles se caractérisent par la présence de cellules en « bague à chaton » remplies de mucus et une prolifération pseudo-sarcomateuse du stroma ovarien. Leur évolution est rapidement fatale [1].

## 2 OBSERVATION

Il s'agit d'une patiente de 41 ans, troisième geste et troisième part, ayant trois enfants vivants, thyroïdectomisée il y a 20 ans sous traitement substitutif, qui a consulté pour une pesanteur abdominale évoluant depuis environ 2 mois avec douleur pelvienne paroxystique, d'aggravation récente. L'examen clinique a retrouvé une volumineuse masse latérotérine faisant environ 14 cm douloureuse et rénitente. L'échographie pelvienne réalisée a montré une masse tissulaire rétro utérine faisant 10 cm sur 14 cm latéralisé à droite avec une ascite de grande abondance (fig.1). On a programmé la patiente pour une laparotomie exploratrice. On a réalisé une laparotomie médiane sus et sous ombilicale dont l'exploration chirurgicale a noté la présence d'une ascite de couleur jaune citrin de grande abondance, avec visualisation de deux tumeurs ovariennes dont le plus grand siège au dépend de l'ovaire droit faisant à peu près de 14 cm à son grand diamètre avec une tumeur de l'estomac et une carcinose péritonéale (fig.2). On a procédé à une hystérectomie avec annexectomie bilatérale (fig.3) avec omentectomie (fig.4), appendicectomie et cytologie du liquide péritonéal avec des difficultés chirurgicales dues au volume et la gêne fonctionnelle entraînée par ces masses ovariennes. L'examen anatomopathologique a montré une métastase ovarienne bilatérale d'un adénocarcinome gastrique à cellules en bague à chaton (tumeur krukenberg) avec extension épiploïque sans cellules suspectes de malignité au niveau de liquide péritonéal (fig.5). Un profil immunohistochimique oriente vers un primitif gastrique. Une fibroscopie gastrique avec biopsie, réalisé ultérieurement, met en évidence un processus antral ulcérobourgeant prenant le pylore et le bulbe gastrique dont la biopsie a montré un adénocarcinome en bague à chaton. La patiente a bénéficié de trois cures de chimiothérapie. Le décès survient quatre mois plus tard.



Fig. 1. Image échographique de la tumeur ovarienne droite

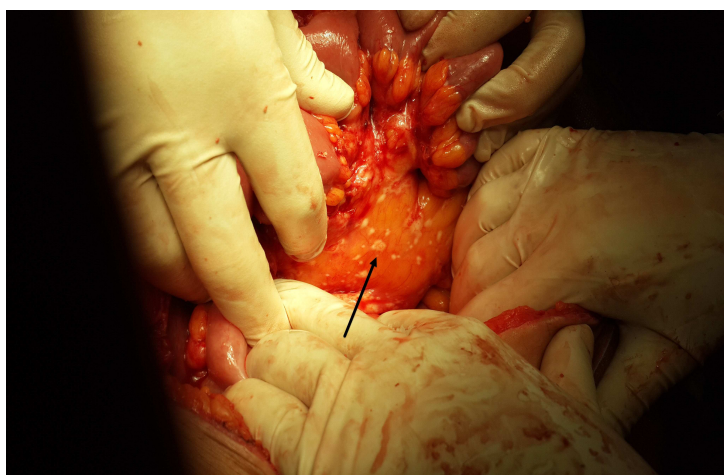


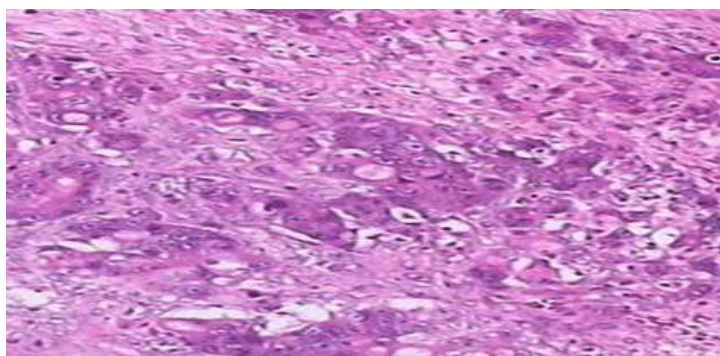
Fig. 2. Aspect de carcinose péritonéale (flèche noire) à l'exploration chirurgicale.



*Fig.3. La pièce d'hystérectomie avec annexectomie bilatérale*



*Fig.4. La tumeur ovarienne droite (flèches rouge) et la pièce d'omentectomie*



*Fig.5. Aspect histologique d'adénocarcinome ovarienne avec cellules en bague à chaton*

### 3 DISCUSSION

Les métastases ovariennes représentent de 5 à 15 % des tumeurs malignes ovariennes [1]. Les principaux cancers donnant des métastases ovariennes sont : l'estomac, le sein et le côlon [2]. Parmi les métastases ovariennes de cancer gastrique, il faut distinguer deux sous-types que sont les « tumeurs de Krukenberg » (TK) et les « intestinal type » (IT) car leurs aspects en imagerie et en histologie sont distincts [3]. Le terme TK, souvent utilisé par excès, possède une définition anatomopathologique stricte : présence de cellules en bagues en chatons représentant au moins 10 % du contingent tumoral [4], [5]. Soixante-quinze pour cent des TK ont pour primitif l'estomac ; plus rarement il peut s'agir du côlon, du sein, des voies biliaires et de l'appendice [5]. Les TK sont le type histologique le plus fréquemment rencontré des métastases ovariennes

d'un cancer gastrique. Plusieurs critères anatomopathologiques et cliniques distinguent les TK des « intestinal type ». L'aspect macroscopique des TK est volontiers à prédominance solide, sans nécrose tumorale [3], [5], se traduisant en IRM par un hypo signal T2 [4], [6]. Les IT, en revanche, ont un aspect mixte, solide et kystique et peuvent, comme chez cette patiente, mimer une lésion mucineuse primitive [5]. En effet, une lésion ovarienne de grande taille, multi loculée avec aspect « en nid d'abeille », présentant des loculées de signaux variables en T1 et T2, en fonction de la richesse en mucine, est évocatrice d'une lésion mucineuse [7]. La présence d'une composante solide en signal T2 intermédiaire au sein de la masse ovarienne gauche, se rehaussant selon une courbe de type 3 [8], oriente alors vers une lésion maligne de type cystadénocarcinome mucineux ou vers une métastase ovarienne [9], [10]. Plusieurs critères radiologiques ont été proposés pour différencier tumeurs mucineuses primitives et secondaires, parmi lesquels, le caractère bilatéral de l'atteinte et la taille des lésions. Les tumeurs mucineuses malignes primitives sont généralement de plus grande taille (> 10 cm) et très fréquemment unilatérales (> 80 %) [11] mais ces critères sont très discutés [5]. Des valeurs seuil de taille tumorale ont été proposées. Ceux-ci n'ont pas été confirmés par les études ultérieures, mais il est admis que les lésions unilatérales, de très grande taille sont généralement des lésions mucineuses primitives [5].

La chirurgie est le traitement de choix chaque fois que cela est possible ; elle consiste en une exérèse du cancer primitif digestif avec annexectomie bilatérale, hystérectomie totale, lymphadénectomie locorégionale et omentectomie quand la tumeur gastrique est découverte secondairement à la lésion ovarienne. Elle peut se faire en un ou deux temps selon l'état général de la patiente [18]. Malheureusement, ce traitement ne permet d'obtenir que de courtes rémissions [18]. Quant à la chimiothérapie et à la radiothérapie palliatives, elles n'ont pas encore fait la preuve de leur efficacité [17].

Le seul espoir réside dans l'adoption de mesures préventives qui consistent en :

- un examen gynécologique complet chez toute femme atteinte d'un cancer digestif au même titre que l'on recherche les métastases hépatiques, ganglionnaires et péritonéales [3],
- une recherche minutieuse de tout signe fonctionnel digestif accompagnant une tumeur ovarienne [3] avec la pratique d'une fibroscopie digestive et biopsies [6] au moindre doute,
- une exploration systématique des ovaires lors d'exérèse d'une tumeur digestive chez la femme [6], voire une annexectomie bilatérale [18],
- une exploration manuelle digestive per opératoire d'une tumeur ovarienne.

Le pronostic des TK reste sombre avec une moyenne de survie entre 2 et 12 mois [15] même après un traitement à visée curative. La survie a été de 4 mois chez notre patiente.

#### 4 CONCLUSION

La Tumeur de Krukenberg est une maladie rare. Le diagnostic est facilité par l'échographie pelvienne effectuée dans le cadre du bilan d'extension d'un cancer de localisation digestive ou extra digestive. Le pronostic reste sombre jusqu'à nos jours. Le seul espoir réside dans les mesures préventives susmentionnées.

#### REFERENCES

- [1] Brown DL, Zou KH, Tempany CM, Frates MC, Silverman SG, McNeil BJ, et al. Primary versus secondary ovarian malignancy: imaging findings of adnexal masses in the Radiology Diagnostic Oncology Group Study. *Radiology*, vol.1, no.219, pp.213-218, 2001.
- [2] Imaoka I, Wada A, Kaji Y, Hayashi T, Hayashi M, Matsuo M, et al. Developing an MR imaging strategy for diagnosis of ovarian masses. *Radiographics*, vol.5, no.26, pp.1431-1448, 2006.
- [3] Young RH. From Krukenberg to today: the ever present problems posed by metastatic tumors in the ovary. Part II. *Adv Anat Pathol*, vol.3, no.14, pp.149-177, 2007.
- [4] Koyama T, Mikami Y, Saga T, Tamai K, Togashi K. Secondary ovarian tumors: spectrum of CT and MR features with pathologic correlation. *Abdom Imaging*, vol.6, no.32, pp.784-795, 2007.
- [5] Young RH. From krukenberg to today: the ever present pro-blems posed by metastatic tumors in the ovary: part I. Historical perspective, general principles, mucinous tumors including the krukenberg tumor. *Adv Anat Pathol*, vol.13, no.5, pp.205-227, 2006.
- [6] Jung SE, Lee JM, Rha SE, Byun JY, Jung JI, Hahn ST. CT and MR imaging of ovarian tumors with emphasis on differential diagnosis. *Radiographics*, vol.22, no.6, pp.1305-1325, 2002.

- [7] Hussain SM, Outwater EK, Siegelman ES. MR imaging features of pelvic mucinous carcinomas. *Eur Radiol*, vol.10, no.6, pp.885-891, 2000.
- [8] Thomassin-Naggara I, Daraï E, Cuenod CA, Rouzier R, Callard P, Bazot M. Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging: a useful tool for characterizing ovarian epithelial tumors. *J Magn Reson Imaging*, vol.28, no.1, pp.111-120, 2008.
- [9] Bazot M, Nassar-Slaba J, Thomassin-Naggara I, Cortez A, Uzan S, Daraï E. MR imaging compared with intraoperative frozen-section examination for the diagnosis of adnexal tumors; correlation with final histology. *Eur Radiol*, vol.16, no.12, pp.2687-2699, 2006.
- [10] Bouic-Pagès E, Perrochia H, Mériegeaud S, Giacalone PY, Taourel P. MR Imaging of primary ovarian tumors with pathologic correlation. *J Radiol*, vol.90, no.3, pp.787-802, 2011.
- [11] Harrison ML, Jameson C, Gore ME. Mucinous ovarian cancer. *Int J Gynecol Cancer*, vol.18, no.2, pp.209-214, 2008.
- [12] Loizon P, Deixonne B, Pignodel Ch. Tumeur de Krukenberg d'origine biliaire. *Méd. Chir. Dig*, vol 19, no.8, pp.64-70, 1990.
- [13] Lorimer G, Reigner B, Rive C, Cronier P. Métastases ovariennes des cancers digestifs. Démarches diagnostiques et thérapeutiques. *J. Chir*, vol.12, no.3, pp.699 – 703, 1988.
- [14] Muller J, Krieffier P., Scepti M, Hopener C. Tumeur de Krukenberg à propos d'un cas. *Revue de la littérature. J. Chir*, vol.10, no.3, pp.527 – 532, 1987.
- [15] O'Brien P.H, Newton B.B, Netcal F. S., Rittenbury M. S. Oophorectomy in women with carcinoma of the colon and rectum. *Surgery gynaecology obstetrics*, vol.153, pp.827-830, 1981.
- [16] Rodier J.F., Janser J.C. Métastases ovariennes des cancers colorectaux : place actuelle de l'ovariectomie bilatérale prophylactique. *Ann. Chir*, vol.46, no.10, pp.932 – 935, 1992.
- [17] Savery L, Lasser P, Castaigne D, Michel G, Bognel C. Tumeur de Krukenberg : analyse d'une série de 28 observations. *J. Chir*, no.9-10, pp.427-431, 1996.
- [18] Zouari M, Ghorbel A, Ammous A, Rekik S. Tumeur de Krukenberg : à propos d'un cas. *La Tunisie Médicale*, vol.7, no.5, 1993.

## EMPIRICAL STUDY ON NURSES INTENTION TO LEAVE MEDIATED BY PERSON - ORGANIZATION FIT AT MULTI-SPECIALITY HOSPITALS, BANGALORE

*R. K. Prema<sup>1</sup> and V. Navaneetha Kumar<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Assistant Professor, Department of Management Studies,  
Adhiyamaan College of Engineering, Dr. M.G.R. Nagar, Hosur, TamilNadu, India

<sup>2</sup>Director, Department of Management Studies,  
Adhiyamaan College of Engineering, Dr. M.G.R. Nagar, Hosur, TamilNadu, India

Copyright © 2016 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:** *BACKGROUND:* Health is wealth. Life is more precious for everyone and health cannot be earned. In the health care organization, the nurse turnover may detract the quality of care. To mitigate such a problem, it is better to examine nurses' intentions to leave. *OBJECTIVES:* This study attempts to test the effects of workplace social context and job context and its relationship with the person - organization fit towards turnover intention of nurse's at multi-speciality hospitals, are the focus of the study. *METHODS:* A structured survey questionnaire measures the responses from 847 nurses of multi-speciality hospitals using stratified random sampling method. Descriptive analysis, Correlation, and ANOVA were used. Confirmatory Factor Analysis using AMOS 20.0 validated the measurement model. *RESULTS:* The results show that workplace social context and job context have a positive relationship with the person - organization fit, with  $r = .233^{**}$ ,  $r = .284^{**}$ , and  $p < .05$ . In turn, the person - organization fit has a significant negative relationship with intent to leave, as shown by  $r = -.383^{**}$ . The  $\chi^2$  statistics were significant and sensitive to sample size and model complexity. The fit indices were good and showed an acceptable fitting model. *CONCLUSION:* Job context has a greater impact than workplace social context on turnover intention of nurses through person - organization fit. Job context is closely related to person - organization fit. Higher the person - organization fit lowers the intent to leave among the nurses in multi-speciality hospitals.

**KEYWORDS:** Job Context, Nurses, CFA, Turnover Intention, Workplace social context.

### 1 BACKGROUND

Nursing personnel at hospitals matters more in delivering health care services. They give and save the lives of all. In the health care organization, the nurse turnover may detract the quality of care. People working in such environment are experienced to unpredictable situations and quit their job. Hospitals, in particular, are facing a workforce crisis. The turnover intention was reported to be highly correlated with actual turnover [1]. A high turnover among nurses may have unfavorable influences on the nursing system and the quality of nurses trained by extensive clinical experiences. [2]

According to the Bureau of Labor Statistics' employment projections for 2012-2022, which was released in December 2013, the need for 525,000 replacements nurses in the workforce bringing the total number of job openings for nurses due to growth and replacements to 1.05 million by 2022 [3]. The healthcare industry is experiencing phenomenal growth and is going to be a major sector that stimulates economic growth and contribute to employment. Over 40 million new jobs are expected to be generated by 2020, as per a report titled 'India's New Opportunities-2020' by the All India Management Association, Boston Consulting Group and the Confederation of Indian Industries (CII) [4].

Around the globe, the shortage of nurses has become a critical issue [5]. Considering more about this, the study attempts to explore the reasons for nursing personnel turnover at multi-speciality hospitals. While an abundance of research has addressed the issues of employee turnover intent to leave and turnover, this work has been conducted in the context of

nursing employees in healthcare Industry. High nursing turnover is likely to lead a shortage of nursing staff, skillful and experienced nurses. The global issue of nursing turnover has a negative impact on the healthcare organization performance and profitability [6], [7]. This motivates us to focus on the nurse's intent to quit from this industry in specific.

## **2 INTRODUCTION**

The consistent workforce in any organization paves the way for sustainable growth in the future. Literally, it is not the organization which makes a difference; it is the people who make a difference by their performance and commitment. Henceforth, prioritizing the workforce is the core concern of any organization which seeks sustainability.

Turnover and Intention to leave are two different concepts. Intention to leave involves individual's perception towards leaving while turnover involves the act of individuals actually leaving the organization or profession [8]. Turnover is referred as an individual's estimated probability that they will stay on employing organization [9]. Price suggested turnover intention construct as an alternative in measuring actual turnover. Intention to leave has a close link with the turnover. Thus, the use of turnover intention in predicting the actual turnover seems to be reasonable since some studies on turnover have demonstrated that turnover is the best predictor of voluntary turnover [10].

With a population of more than a billion challenges, health care is viewed as an amalgam of social, cultural, political and administrative biases that run within different layers of society. As nursing shortages grow and the need increases for enhanced recruitment and retention strategies, dysfunctional aspects of nursing turnover have been an implicit theme from several disciplines have been undertaken to better understand turnover behavior. It is imperative that nurses are retained to alleviate the effects of this shortage on quality nursing care.

Hence, the workforces which are directly involved in delivering the health care service to the customers were taken. Addressing the issue of the nurses' intent to leave particularly in multi-specialty hospitals is of higher concern rather than any other loophole in the organization. It is of right time addressing the issues, which paves the way for a healthy society.

### **2.1 OBJECTIVE**

The purpose of this research is to examine the turnover intent of nurses working in multi-specialty hospitals influenced by workplace social context and job context of the organization. The research also extends its support for understanding the influences of both constructs on person - organization fit and its causal relationship with turnover intention.

### **2.2 THEORETICAL FRAMEWORK**

Employee retention is important because having stayed with the company for a considerable period of time the employee becomes a repository of knowledge. The longer the employee stays these acquired skills can be disseminated down the line in a more accurate way. [11]. Retaining the best professional is of great significance to organizations because the cost of recruitment, selection, training. The on-boarding cost will be reduced thereby the expertise workforce will be available [12].

Turnover is the rotation of workers around the labor market, between firms, jobs, and occupations and between the states of employment and unemployment [13]. Turnover intention is defined as conscious, willfulness to seek for other alternatives in other organizations [14]. It is defined as the rate of change in working staff of an organization during a defined period [15].

Thus, if the workforce is not consistent, then the growth will be unstable. Appropriate staffing of health systems around the world is under increasing stress due in large part to economic and demographic pressures. The nurses who adopts may have differing values from the nurse who leaves. Nursing professionals are more of by practice than learning. The talent of nursing personnel lies not with their learning alone, but with their practice in dealing with diseases and patients. Hence, focusing nursing personnel in the health care is of great concern in serving and safeguarding the lives of society.

### **2.3 LITERATURE REVIEW**

There have been an abundance of studies on the intention to leave. However, the nursing shortage has now become a global issue and also a serious problem for the vast majority of post-industrialized countries, the issue is of significant relevance and is still need of special attention. [16], [17]. High income countries are also reporting nursing shortages. Having high turnover rate in nursing and losing a number of nurses to the private sector and foreign countries is of a serious issue in

this profession. Instead of looking at the workers, turnover itself it is better for the organization to detect the feeling of intent to leave among their employees, and thus, it could possibly minimize the turnover rate itself.

Mobley stated that the relationship between intention and turnover is consistent and stronger than the satisfaction-turnover relationship [18]. Much of the research on perceived opportunities has found to be associated with intentions to leave not actual turnover. Providing and identifying care, concern and fair treatment as a primary factor for joining and remaining within an organization. Study on intention to leave is crucial as earlier has research found that intent to leave and actual turnover were often correlated [19]. Using turnover intention constructs in predicting actual turnover is suitable, as studies on turnover had showed that turnover intention was not only the best practice of voluntary turnover, but also the strongest precursor of turnover [10], [20].

Employees quit their job in response to a one-time event or shock than because of accumulated job dissatisfaction. Reasons suggest that there are many factors in the job environment which influence the employee behavior such as supervisor relationship, freedom, autonomy, pay and benefits, external job market conditions, job satisfaction etc., Empirical investigations over the past three decades support strong associations between job satisfaction of employees in workplace and turnover intention [21]. Thus, the workplace that provides employees with physical, emotional and psychological resources necessary for role performance will have employees who are more engaged.

### 3 MATERIALS AND METHODS

#### 3.1 SAMPLE COMPOSITION

A structured survey questionnaire measures the responses from 847 nurses of multi-speciality hospitals at Bangalore using stratified random sampling method. The response rate is 97%. The respondents were all female, with an average age was 25 years old. Their average organizational tenure was between three and four years, and 78% were unmarried.

#### 3.2 MEASUREMENT SCALE USED IN THE STUDY

The measurement scales are self-reported and assessed using a 5-point Likert scale with different anchors. The instruments used to operationalize the constructs have been adopted from earlier research. Measures of workplace social context and job context covered four dimensions each, and the items were adapted from the Health Profession Stress Inventory (Wolf-Gang, 1988) the Nursing Stress Scale devised by (Gray-Toft and Anderson, 1981), (Karasek, 1979) and (Rizzo, House, and Lirtzman 1970, cited in Cook, Hepworth, Wall, & Warr, 1981) [22-25]. The dimensions of person - organization fit and turnover intention were assessed by using self-administered items referred from various reviews which fit into the study.

#### 3.3 ANALYTICAL PROCEDURE

Descriptive statistical analysis, such as means and standard deviations were used. Following this procedure, the internal consistency (Cronbach's Alpha) for the scales were used to measure the ratio of true score variance and observed score variance. Using IBM SPSS Statistics 20, factor analysis was run. Pearson Correlation was performed in order to identify the degree of relationship of variables; t-test and ANOVA were applied. Confirmatory Factor Analysis using AMOS 20.0 validated the measurement model. Following the recommendation of Hu and Bentler (1999) [26] to interpret the multiple fit indices, the researcher supplemented several fit statistics, such as  $\chi^2$  test, root-mean-square error of approximation (RMSEA) and standardized root-mean-square-residual (SRMR) with the goodness-of-fit index (GFI), the comparative fit index (CFI) and the Tucker-Lewis index (TLI). Therefore, to demonstrate adequate fit, the model should have a non-significant chi-square or meet the following targets for the incremental test; GFI, CFI, TLI, NFI, IFI, (.90 or greater), RMSEA (.06 or less) and SRMR (.09 or less).

The results of testing statistical hypotheses proposed in the study are as shown in the Fig 1.

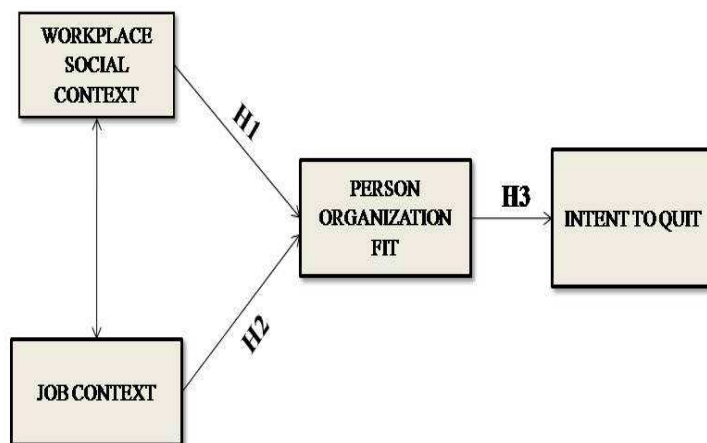


Fig 1: Proposed hypotheses model for the study

H1: Workplace social context will have a significant positive effect on the person - organization fit.

H2: Job context will have a significant positive effect on the person - organization fit.

H3: The person - organization fit will have a significant negative effect on the intention to quit.

#### 4 RESULTS

The Demographic profiles of the respondents were measured through adopting different items. Table 1: Presents some of the items on the respondents’ demographic profile. The respondents were all female, with an average age was 25 years old. Their average organizational tenure was between three and four years, and 78% were unmarried.

Table 1: Respondents’ demographic profile

S.NO	DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS	FREQUENCY	PERCENTAGE	
1	Designation	Nurse In-charge	71	8.6
		Staff Nurse	757	91.4
2	Age	<25	554	66.9
		26-30	214	25.8
		>31	60	7.2
3	Marital Status	Single	653	78.9
		Married	175	21.1
4	Parental Status	No Children	734	88.6
		Having Children	94	11.4
5	Employment Pattern	Continuous	715	86.4
		Interrupted	113	13.6
6	Educational Qualification	Certificate Course	19	2.3
		Diploma Course	152	18.4
		General Nursing Midwifery	231	27.9
		B.Sc Degree	426	51.4
7	Total Nursing Experience	<2	442	53.4
		3-4	230	27.8
		5-6	63	7.6
		7-8	33	4.0
		>9	60	7.2

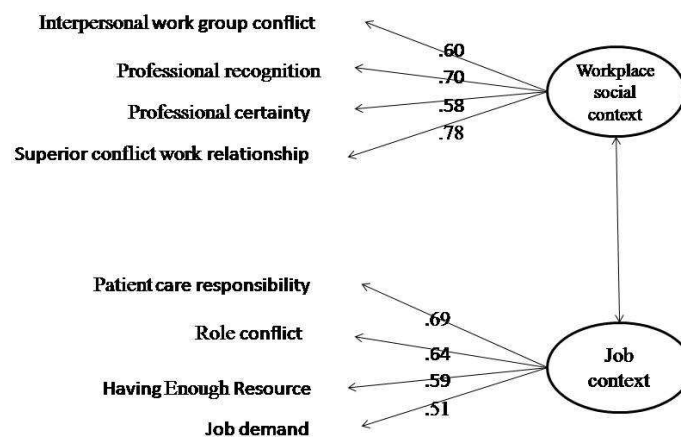
A little more than half of the respondents, 53% had two years of experience, while the majority of respondents, 86% had a continuous employment pattern; also 51% of the respondents had completed a college or higher degree.

Table-2 shows the descriptive statistics such as means and standard deviations, correlation, and Cronbach’s alphas among the study variables. Each of the workplace social context and job context antecedents had a significant relation to the person - organization fit. The results show that workplace social context and job context have a positive relationship with the person - organization fit, with  $r = .233^{**}$ ,  $r = .284^{**}$ , and  $p < .05$ . In turn, the person - organization fit has a significant negative relationship with intent to leave, as shown by  $r = -.383^{**}$  (Negative) and  $p < .05$ . Table: 2 show that the constructs have an acceptable reliability of .62 and above.

**Table 2: Descriptive Statistics, Correlations, and Cronbach’s Alphas**

Constructs	Mean	S.D	Cronbach’s Alpha	Correlation			
				1	2	3	4
Workplace social context	3.2828	.45043	.62	1			
Job Context	3.5290	.41980	.63	.481 <sup>**</sup>	1		
Person-Organization fit	3.4032	.85479	.86	.233 <sup>**</sup>	.284 <sup>**</sup>	1	
Turnover Intention	3.1296	.93050	.87	-.058	-.022	-.383 <sup>**</sup>	1

The dimensions of workplace social context are interpersonal workgroup conflict, professional recognition, professional certainty, superior conflict work relationship and the dimensions of job context are patient care responsibility, role conflict, having enough resources and job demand. The internal consistency  $\alpha$  value for the constructs with its sub-constructs were acceptable and shown in Fig 2.



**Fig 2 : shows the  $\alpha$  values of two major constructs with its sub-constructs**

**DEMOGRAPHIC VARIABLES AND TURNOVER INTENTION**

An independent samples t-test and an ANOVA were conducted to examine, if there is any relationship between the turnover intention and the demographic variables. Significant associations were found between turnover intention and demographic variables of age, marital status, parental status, educational qualification and total nursing experience. The eta squared test for these demographics indicates small to medium effect size of the variation in turnover intention scores. The associations between turnover intention and demographic variables of employment pattern were not significant. Results of t-test and ANOVA procedures are as shown in Table 3.

**Table 3: Turnover intention by demographic variables by demographic variables using t-test and ANOVA**

Variable	Mean	SD	F-value	P-value
<b>Marital status</b>				
Single	3.2002	0.89524	18.157	0
Married	2.8661	1.01168		
<b>AGE</b>				
<25	3.1815	0.9081	11.172	0.000
26-30	3.1969	0.85903		
31-35	2.7302	1.07778		
36-40	1.9238	1.03561		
>41	2.3036	0.90492		
<b>Parental status</b>				
No Children	3.181	0.8971	20.212	0.000
Having Children	2.728	1.08272		
<b>Employment Pattern</b>				
Continuous	3.1512	0.91987	2.85	0.092
Interrupted	2.9924	0.98842		
<b>Educational qualification</b>				
Certificate Course	2.7368	0.86013	7.086	0.000
Diploma Course	3.3017	0.89427		
General Nursing	2.9332	0.95894		
Midwifery				
B.Sc Degree	3.1922	0.91066		
<b>Experience in total</b>				
<2	3.1593	0.90354	12.344	0.000
4-Mar	3.2559	0.91039		
6-May	3.1859	0.76486		
8-Jul	3.1558	1.02043		
>9	2.3524	0.97512		

Confirmatory factor analysis was run for the constructs workplace social context and job context. AMOS 20.0 assessed the multiple fit indices of the constructs. The  $\chi^2$  statistics were significant for both the constructs workplace social context and job context with  $((\chi^2 / d.f)$  ie., CMIN = 2.926, 2.868,  $p < .05$ ), this statistic is sensitive to sample size and model complexity. The fit indices were good (GFI=.971, .968, CFI=.969, .934, NFI=.953, .903, TLI=.955, .909, RMSEA=.048, .048, SRMR=.033, .045) and showed an acceptable fitting model. The path estimates of the constructs were significant and went in the expected direction. Hence, the research model fits the conventional criteria for an acceptable model fitting. The items loaded with a significant t-value  $> 1.96$  on their corresponding latent constructs, indicating that convergent validity was obtained. Construct reliabilities ranged from .62 to .87. Overall discriminant validity was obtained. Table 4 summarizes the various goodness of the fit index of CFA for the constructs and demonstrates the best overall fit of the model to the data.

**Table 4 : shows the Goodness of fit measures for Confirmatory factor analysis of the constructs workplace social context and job context**

FIT INDICES	X2/DF	GFI	NFI	CFI	IFI	TLI	RMSEA	RMSR
<b>Recommended value</b>	<5.0	≥.8	≥.9	≥.9	≥.9	≥.9	≤.05 - .08	≤.1
<b>Workplace Social Context</b>	2.926	0.971	0.953	0.969	0.969	0.955	0.048	0.033
<b>Job Context</b>	2.868	0.968	0.903	0.934	0.935	0.909	0.048	0.045
<b>Type of fit</b>	OK	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good

#### 4.1 DISCUSSIONS AND IMPLICATIONS

Confirmatory factor analysis indicates that the measurement model of nurse's intent to leave from multi-specialty hospitals is valid for measuring the nurse's turnover intention. The model explained a large proportion of the variance in two endogenous variables, person -organization fit, and turnover intention. The correlation between the two constructs workplace social context and job context is good and expected to be a moderate positive correlation. The correlation between person - organization fit and turnover intention is negative.

Workplace social context and job context significantly affect person – organization fit. Workplace social context (i.e., interpersonal workgroup conflict, professional recognition, professional certainty, superior conflict work relationship), and job context (patient care responsibility, role conflict, having enough resources and job demand) were found to significantly influence person - organization fit. However, the superior conflict work relationship illustrated the lowest effect on workplace social context, while patient care responsibility has the highest effect on job context. The person - organization fit has a negative effect on turnover intention.

The findings of this study add important information to the theoretical understanding of the strong relationship between the person - organization fit and the intent to quit among nurses in a hospitality context. A study by McKnight, Phillips, and Hardgrave, 2009, found that workplace characteristics have a more important turnover factor [27]. The organizational workplace factors play a vital role in retention. A nurses' behavioral intention to stay on or leave her job is the immediate determinant of that behavior [28]. Hence, it could be seen that workplace characteristics and job characteristics were important determinants of nurse's intention to leave.

Consistent with the findings of Asharadi and Shahbazi, 2013, workplace characteristics relate negatively to turnover intention, as verified by the researchers' findings [1]. The hypothesized structural model showed that when the job context in multi-specialty hospitals is good, nurses fit more closely with the organization, and this can be seen to be comparatively higher than the workplace social context of the organization. When the nurses have a good person - organization fit, their intention to leave is low; on the other hand, when the nurses have a low person - organization fit, their intention to leave is high. These factors thus lead to turnover intention. The Confirmatory factor analysis model highlights the good causal relationship between the constructs with its sub-constructs. The correlation between the two constructs, i.e., workplace social context and job context is good, and a moderate positive correlation should be found.

#### 4.2 LIMITATIONS AND SCOPE FOR FUTURE RESEARCH

The research was limited to some aspects. First, the researcher found it difficult to gain permission for data collection from multi-specialty hospitals; hence, responses were obtained from only a few organizations. Second, despite the voluminous body of research on the nursing turnover, only a small proportion of this work examined the reasons behind the propensity of nursing personnel turnover intent in multi-specialty hospitals. Third, to collect the data, a self-administered questionnaire was used and hence, the study may have been subject to response bias from each respondent though the responses were collected in person by the researcher. Employees in service organizations are crucial in building a level of excellence in service; thus, the success of service organizations often depends upon its front-line employees' performances. Front-line employees are an important source of competitive gain in many service organizations. Inside an organization, there has always been a tension between employees' needs and organizational demands [29]. Hence, further research needs to focus on identifying the factors influencing turnover intention of nurses.

### 5 CONCLUSION

The study showed that the person - organization fit influences nurses' intentions to leave. The person - organization fit was obtained by providing the best job context for the nurses in the organizational environment. In addition, workplace social context factors will have a significant impact on the person - organization fit of nurses. Although several external factors induce employees to quit their job, nurses' turnover intent is determined by the level of comfort that a nurse has with their organization, patients, and their job role. Patients' assessment of quality depends mostly on the attitudes of workers [30]. When the space provided for them is good, they generally do not have the intent to leave, irrespective of the salary and workload. To be high functioning workplaces should maximize the use of their employees actual and potential skills [31]. Hence, the nurses intent to leave in multi-specialty hospitals is determined by the person - organization fit, which is precisely determined by the job context. Therefore, providing a better job context may motivate and influence the nurses to stay with their organization for a sustainable period of their good service. Retaining nurses in their current positions will reduce the

magnitude of consequences associated with the nursing shortage [32]. Thus, retaining nurses in the hospitals adds great value to the society.

## REFERENCES

- [1] Arshadi N, Shahbazi F. Workplace Characteristics and Turnover Intention: Mediating Role of Emotional Exhaustion. Elsevier. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*.2013; 600-645.
- [2] Kudo Y, Satoh T, Hosoi K, Miki T, Watanebe M, Kido S, et al., Association between Intention to stay on the Job and Job Satisfaction among Japanese Nurses in small and Medium-Sized private Hospitals, *Journal of Occupational Health*.2006;504-513.
- [3] American Association of Colleges of Nursing, Nursing Shortage Fact Sheet, ([www.aacn.nche.edu/media-relations/nursing-shortage](http://www.aacn.nche.edu/media-relations/nursing-shortage)) <http://www.bls.gov/news.release/ecopro.t08.htm>.
- [4] Healthcare, IBEF, Indian Brand Equity Foundation.2013.
- [5] Omar K, Majid AHA, Johari H. Job Satisfaction and Turnover Intention among Nurses, The Mediating role of Moral Obligation. *Journal of Global Management*.2013;5(1):44-55.
- [6] Hayes LJ, O'Brien-Pallas L, Duffield C, Shamian J, Buchan J, Hughes F, et al. Nurses Turnover-A Literature Review. *International Journal of Nursing Studies*.2006;237-263.
- [7] Hunt ST, Haymarket Professional, Nursing Turnover: Costs, Causes, & Solutions. Success Factors Inc., 2009. Web.
- [8] Hinshaw AS & Atwood JR. Nursing staff turnover, stress and satisfaction: Models, measures, and management. *Annual Review of Nursing Research* 1984;1:133-153.
- [9] Cotton JL & Tuttle JM. Employee turnover: A Meta – analysis and review with implications for research. *Academy of Management Review*.1986;11:55-70.
- [10] Price JL. Reflections on the determinants of voluntary turnover. *International Journal of Manpower*.2001;22(7):600-624.
- [11] Kujur Sabina, Retention Techniques in Corporate India.
- [12] Simon M, Muller BH, Hasselhorn HM. Leaving the organization or the Profession-A multilevel analysis of nurses intention. *Journal of Advanced Nursing*.2009;616-626.
- [13] Abbasi SM, Hollman WK, Turnover the Real Bottom line, *Public Personnel Management*. 2000;29(3):333-342.
- [14] Tett RP & Meyer JP, Job satisfaction, organizational commitment, turnover intention and turnover: path analyses based on meta – analytic findings. *Personnel Psychology*.1993;46(2): 259-293.
- [15] Rossano E. Factors associated with the Turnover intention of Ohio Co-operative Extension Country Agents.1985; Published doctoral Dissertation, The Ohio State University, Columbus.
- [16] Buchan J & Calman L. The global shortage of registered nurses: an overview of issues and actions International Council of Nurses. *The Global Nursing Review Initiative*;ISBN:92-95040-20-1.
- [17] Galletta M, Portoghese I, Penna MP, Battistelli A. Turnover intention among Italian nurses: The moderating roles of supervisor support and organizational support. *Nursing and health sciences*.2011;13(2):184-191.
- [18] Mobley WH, Griffeth RW, Hand HH, Meglino BM. Review and conceptual analysis of the employee turnover process. *Psychological Bulletin*.1979;86:493-522.
- [19] Castle NG, Engberg J, Men A. Nursing Home Staff Turnover: Impact on Nursing Home Compare Quality Measures. *The Gerontologist*.2007;47(5):650-661.
- [20] Allen DG, Shore LM, Griffeth RW. The role of perceived organizational support and supportive Human Resource Practices in the Turnover process. *Journal of Management*.2003;29(1):99-118.
- [21] Khan WA, Psychological conditions of personal engagement and disengagement at work, *Academy of Management Journal*.1990;33(4):692-724.
- [22] Wolfgang AP. The Health Profession Stress Inventory. *Psychological Reports*.1988;62:220-222.
- [23] Gray-Toff, Anderson JG, Stress among hospital nursing staff: its causes and effects. *Social Science and Medicine*.1981;15:639-647.
- [24] Rizzo J, House RJ, Lirtzman SI. Role conflict and ambiguity in complex organizations. *Administrative Science Quarterly*.1970;15:150-163.
- [25] Karasek RA. Job demands, Job decision latitude and mental strain: Implications for Job redesign. *Administrative Science Quarterly*.1979;24:285-306.
- [26] Hu LT, Bentler PM. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*.1999;6:1-55.
- [27] Mcknight DH, Phillips B, Hardgrave BC. Which reduces IT turnover intention the most: Workplace characteristics or Job characteristics. *Information and Management*.2009;167-174.

- [28] Lane IM, Prestholdt PH, Mathews RC. Organizational factors associated with the beliefs of nurses that influence turnover. *Journal of Organizational Behavior*.1991;12:641-649.
- [29] Sohrabizadeh S, Sayfour N. Antecedents and Consequences of Work Engagement among Nurses. *Iran Red Crescent Medical Journal*.2014;16(11).
- [30] Twum P, Xu2 L, Selotlegeng L, ChengY. Client's Perception of Quality of Health Care Under the National Health Insurance in a District Hospital in Ghana - A Cross-Sectional Study. *International Journal of Innovation and Scientific Research*.2015;19(1): 8-14.
- [31] Behdin N, Nancy L, Lorraine C, Michel L, Ellen R, Robert S, et al. Work ability and work related stress: A cross sectional study on obstetrical nurses in urban North Eastern Ontario. *Work*;52(1):115-122.
- [32] Cowden TL, Cummings GG. Nursing theory and concept development: A theoretical model of clinical nurse intent to stay in their current position. *Journal of Advanced Nursing*.2011.

## Profil hématologique et nutritionnel chez les malades béta thalassémies majeur (BTM) au service d'hématologie et d'oncologie pédiatrique SHOP Hôpital d'enfant de Rabat, Maroc

Amr Loutfi<sup>1</sup>, Samira Jache<sup>1</sup>, Mohamed El Hioui<sup>1</sup>, Mohamed Khattab<sup>2</sup>, and Ahmed Omar Touhami Ahami<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Équipe de Neurosciences Comportementale & Santé Nutritionnelle, Laboratoire de Biologie & Santé, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, BP 133 Kénitra 14 000, Maroc

<sup>2</sup>Service d'hématologie et d'oncologie pédiatrique SHOP Hôpital d'enfant de Rabat, Maroc

---

Copyright © 2016 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:** Beta thalassemia major (also known as Cooley's anemia) is an inherited red blood cell disorder that results in the complete absence or decreased synthesis of the beta globin chains of hemoglobin. Beta thalassemia is among the most common genetic diseases in Morocco and characterized by mild to severe anemia, delay of growth and puberty, enlargement of the spleen, cardiac disease and dysmorphic bone changes. Untreated newborns have a higher risk of death within the first two years of life.

*Aim:* The aim of this study is to evaluate the hematological and nutritional profile in young beta-thalassemia major patient in the Rabat commune.

*Material and Methods:* This retrospective study assessed 104 young beta-thalassemia major patient followed at the division of pediatric hematology-oncology, Rabat children's hospital, Morocco between October 2014 and 30 June 2015. Patients received regular transfusions every three weeks to maintain hemoglobin levels greater than 10 g/dl. To reduce iron overload, chelation therapy was considered to maintain the serum ferritin levels between 800-1000 ng/mL. Epidemiological, clinical and biological data were collected from medical records and transfusion files of patients. Furthermore, evaluation of the nutritional status and anthropometric measures such as weight-for-age and height-for-age of subjects were investigated.

*Results:* Data from medical records showed that the average age in our cohort is 11.42 years (the youngest age is 6 and the oldest age is 16). Low hemoglobin count (9.70 g/dl  $\pm$  1.20) indicated a severe anemia which result in an important microcytosis and hypochromia. Indeed, 39.5% of patient developed leukocytosis, 12.5% neutrophilia, 23% eosinophilia, 9.6% basophilie, 85% monocytopenia, and 28% lymphocytosis. The percentage of subjects presenting stunting and wasting were 39.4% and 19.2%, respectively in patients.

*Conclusion:* This study substantiates that beta thalassemia major young patients require a monitoring from birth, life-long transfusion support, reduction of overloaded iron, and regular nutritional assessment to prevent or reduce the risk of hematological and anthropometric complications.

**KEYWORDS:** Beta thalassemia major; Anemia; Iron overload; Morocco.

**RESUME:** La bêta-thalassémie majeure, ou anémie de Cooley, fait partie des hémoglobinopathies les plus fréquentes au Maroc. L'évolution spontanée en l'absence de traitement est le décès entre deux et cinq ans dans un tableau d'anémie extrême, de défaillance cardiaque, de retard massif de croissance et de dysmorphie majeure.

*Objectif:* l'objectif de cette étude était d'évaluer le profil hématologique et nutritionnel des enfants malades de bêta-thalassémie majeure.

*Sujets et méthodes:* Cette étude rétrospective (1 octobre 2014–30 juin 2015) portant sur 104 patients bêta-thalassémiques suivis au service d'hématologie et d'oncologie pédiatrique SHOP Hôpital d'enfant de Rabat Maroc.

Les données épidémiologiques, cliniques et biologiques ont été récoltées à partir des dossiers médicaux et transfusionnels des malades. Le protocole transfusionnel adopté visait à maintenir un taux d'hémoglobine > 10 g/dl par des transfusions régulières toutes les trois semaines. Un traitement chélateur en fer dans le but de maintenir une ferritinémie < 1500 ng/mL était introduit lorsque la ferritinémie dépassait 800 à 1000 ng/mL. Ainsi que l'état nutritionnel de l'enfant évalué par poids par âge et taille par âge.

**Résultats.** – l'âge moyen est de 11.42 ans  $\pm$  3.71 et des extrêmes à 6 et 16 ans. La répercussion de l'anémie sur le plan biologique, est intense, au-dessous de  $9.70 \pm 1.20$  d'Hb, avec une microcytose et une hypochromie très importante.

En ce qui concerne la lignée leucocytaire, 39.5% des malades souffrent de leucocytose, 12.5 % de neutophilie, 23% d'éosinophilie, 9.60% de basophilie, 85 % de monocytopenie et 28% de lymphocytose. La répercussion de bêta-thalassémie s'était traduite par un retard statural chez 39.4% par contre l'insuffisance pondérale a été notée chez 19.2%.

**Conclusion :** Les résultats de notre étude suggèrent que, la bêta-thalassémie majeure est un problème de santé le plus fréquente chez les enfants de moins marocain dans notre région.

**MOTS-CLEFS:** Bêta-thalassémie ; Hématologie ; Anémie et Maroc.

## INTRODUCTION

Dans les pays en voie de développement, le bêta-thalassémies représente un problème de santé publique, ce type d'anémie est une urgence médicale qui impose dans la majorité des cas des sanctions transfusionnelles sanguines. La bêta-thalassémie est une maladie autosomique récessive fréquente au niveau national. Les thalassémies, de transmission généralement autosomique récessive, constituent un groupe de maladies héréditaires caractérisées par une diminution de la production de l'hémoglobine (Hb) normale. C'est un problème de santé le plus répandue à l'échelle mondiale (270 millions de porteurs dans le monde), sont dues à un défaut de la production de chaînes  $\alpha$  ou  $\beta$  de la globine (Rund et al. 2005 ; Millot et al., 2011). On les retrouve plus fréquemment dans les pays de l'est méditerranéen et de l'Extrême-Orient et où elles touchent plus du quart de la population (Modell and Darlison 2008). Leurs formes cliniques sont très nombreuses, caractérisées par des degrés variables d'anémie microcytaire due à une insuffisance de production de l'hémoglobine (ter Kuileet al., 2004). Les bêta-thalassémies sévères (dites majeures) se caractérisent par une anémie (manque de globules rouges et d'hémoglobine). Celle-ci se traduit par une pâleur, une grande fatigabilité, parfois des vertiges et des essoufflements. L'anémie peut s'accompagner de diverses complications (problèmes de croissance, déformations osseuses...). Selon la gravité de l'anémie, les premiers signes vont apparaître dans la petite enfance (entre 6 et 12 mois) ou plus tardivement. Dans les formes majeures, des transfusions sanguines régulières systématiques sont nécessaires pour permettre une croissance et une activité normales (Eleftheriou, 2007). L'organisation mondiale de la santé (OMS, 2006) a publié des données concernant l'épidémiologie des thalassémies : plus de 90000 nourrissons naissent avec une thalassémie.

L'objectif de cette étude était d'évaluer le profil hématologique et nutritionnel chez les enfants dans un milieu hospitalier marocain, service d'hématologie et d'oncologie pédiatrique SHOP Hôpital d'enfant de Rabat.

## MATERIEL ET METHODES

Il s'agit d'une étude rétrospective portée sur un échantillon de 104 patients atteint bêta-thalassémies majeures hospitalisés dans l'hôpital du jour du centre d'hématologie et d'oncologie pédiatrique CHOP Hôpital d'enfant de Rabat durant la période allant de 1 octobre 2014 au 30 juin 2015. Pour chaque patient ont été réalisés :

La mesure anthropométrique a été basée sur la méthode normalisée d'organisation mondiale de la santé (OMS) et de Fonds des Nations Unies pour l'enfance. Le poids d'enfants habituel a été mesuré au 0.1 kilogramme le plus proche sur une échelle numérique à piles. La taille a été mesurée au 0.1cm la plus proche avec une balance à bande mobile de barre et d'acier. La taille-pour-âge et le poids-pour-âge ont été déterminés par Z-points et calculés avec Einfo 2000. Le déficit en taille a été défini par l'OMS pour Z-points de la taille-pour-âge au-dessous de -2 (WHO, 1995).

Une étude de l'héogramme qui permet d'une part, de poser le diagnostic de beta-thalassémie et d'autre part d'en donner les caractéristiques, le volume globulaire moyen (VGM), la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH), la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (TCMH) et l'hématocrite (Ht). Ainsi que les caractéristiques de la ligne leucocytaire. Le statut en fer a été déterminé par le niveau de ferritine sérique.

L'anémie était définie par un taux d'hémoglobine (Hb) inférieur à 11 g/dl et typée, selon le volume globulaire moyen (VGM), en anémie macrocytaire (VGM > 90 FL), normocytaire (80 FL ≤ VGM ≤ 90 FL) et microcytaire (VGM < 80 FL). En effet, selon la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (TCMH) dont la valeur normale varie de 32 à 36 picogrammes, on distingue les anémies hypochromes (TCMH < 32 picogrammes) et les anémies normochromes (36 < TCMH < 32 picogrammes). Elle était considérée comme sévère si Hb était inférieur à 7 g/dl, modérée si 7 g/dl ≤ Hb < 9 g/dl et légère si 9 g/dl ≤ Hb < 11 g/dl.

Pour l'analyse statistique, les données ont été saisies et analysées par le logiciel SPSS (version 17). La mesure de l'association entre les facteurs de risques potentiels et la thalassémie est réalisée selon un modèle de régression logistique utilisant la méthode descendante pas à pas (conditionnelle). Les résultats sont donnés sous forme de tableaux. La différence a été considérée significative pour la valeur  $p \leq 0,05$ . Les indicateurs anthropométriques (Z score) ont été calculés par Epi-info 2000.

## RESULTATS

104 patients présentant une. Il s'agit 51 filles et 53 garçons. 45.2% des patients proviennent du milieu rural alors que 54.8% sont issus de la zone urbaine.

L'âge moyen des patients est de 11.42 ans ± 3.71 et des extrêmes à 6 et 16 ans.

La distribution des malades par tranche d'âge dégage deux classes presque équiprobables

**Tableau 1. Caractéristiques générales des malades**

Caractéristiques	Effectif N	Pourcentage (%)
<b>Age des enfants (ans)</b>		
6-10 ans	46	44.3%
11-16 ans	58	55.7%
<b>Sexe</b>		
Masculin	53	51%
Féminin	51	49%
<b>Milieu de résidence</b>		
Rural	47	45.2%
Urbaine	57	54.8%

**Tableau 2. Valeurs moyennes des paramètres hématologiques des malades**

Paramètres	Garçons moyenne ±Ecart type	Filles moyenne ±Ecart type	Population Total moyenne ±Ecart type	p
<b>Nb d'hématies</b>	3.69±0.54	3.72±0.46	3.70±0.50	p>0.05
<b>Hémoglobine (g/dl)</b>	9.60±1.26	9.80±1.13	9.70±1.20	p>0.05
<b>Hématocrite</b>	28.26±3.97	28.80±3.67	28.52±3.82	p>0.05
<b>VGM (fl)</b>	77.04±6.57	77.46±4.44	77.24±5.60	p>0.05
<b>TCMH (pg)</b>	26.13±2.29	26.46±1.91	26.29±2.11	p>0.05
<b>CCMH (g/l)</b>	34.06±1.51	34.18±1.32	34.12±1.41	p>0.05
<b>Ferritine ng/ml</b>	4667±2868	4233±2990	4450±2923	p>0.05

**VGM** : Volume Globulaire Moyen ; **TCMH** : Teneur Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine ; **C.C.M.H** : concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine.

Le tableau 2 rapporte les valeurs moyennes des paramètres hématologiques des malades. tel que, le taux d'hémoglobine moyen est de 9,7 g/dl avec un écart type de 1,20.

Le taux moyen de ferritine est de 4667±2868 ng/ml chez les garçons et 4233±2990 ng/ml

**Tableau 3. Valeurs moyennes des paramètres de la lignée leucocytaire**

Paramètres	Garçons moyenne ±Ecart type	Filles moyenne ±Ecart type	Population Total moyenne ±Ecart type	p
Leucocytes	9.49±4.46	10.62±5.34	10.05±4.93	p>0.05
Neutrophiles	4.54±2.00	5.68±3.06	5.10±2.62	P=0.021
Eosinophiles	0.33±0.34	0.35±0.43	0.34±0.39	p>0.05
Basophiles	0.04±0.04	0.04±0.04	0.04±0.04	p>0.05
Lymphocytes	4.50±4.87	3.65±2.33	4.08±3.85	p>0.05
Monocytes	0.65±0.40	0.67±0.35	0.66±0.37	p>0.05

Une différence significative selon le sexe a été notée pour le nombre des polynucléaires neutrophiles (p=0,021). Pour les autres paramètres, aucune différence significative n'a été observée.

**Tableau 4. Classification des anémies selon les données hématologiques avant la transfusion.**

Le Taux d'hémoglobine			Volume Globulaire Moyen (VGM)			Teneur Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine T.C.M.H		
Valeur	N	%	Valeur	N	%	Valeur	N	%
Hb<7 g/dl	11	10.5%	VGM>98 $\mu\text{m}^3$	0	0%	T.C.M.H>33 pg	0	0%
7 g/dl≤Hb< 9 g/dl	80	77%	VGM 80-98 $\mu\text{m}^3$	33	32%	T.C.M.H 27-33 pg	40	38.5%
9 g/dl ≤ Hb< 11 g/dl	13	12.5%	VGM <80 $\mu\text{m}^3$	71	68%	T.C.M.H<27 pg	64	61.5%

Le tableau 4 montre que : La majorité de nos malades (77 %) ont un taux d'hémoglobine compris entre 7 g/dl≤Hb< 9 g/dl et 12,5 % des cas ont un taux d'hémoglobine compris entre 9 g/dl ≤ Hb< 11 g/dl. En outre, 10,5 % des malades ont un taux d'hémoglobine inférieur à 7 g/dl, alors que 68% présentent une anémie microcytaire (VGM <80  $\mu\text{m}^3$ ) et 61.5% présentent une anémie hypochrome (T.C.M.H<27 pg).

**Tableau 5. Etude comparée du statut anthropométrique selon le taux d'hémoglobine.**

	Anémie sévère		Anémie modère		Anémie légère		Population Total		P
	N	%	N	%	N	%	N	%	
<b>Insuffisance de taille (T/A &lt; -2 Z score)</b>									
- Oui	11	100 %	26	32.5%	04	30.7%	41	39.4%	p>0.05
- Non	00	0 %	54	67.5	09	69.3%	63	60.6%	
<b>Insuffisance pondérale (P/A &lt; -2 Z score)</b>									
- Oui	07	63.6%	13	16.2%	00	0 %	20	19.2%	P=0.035
- Non	04	36.4%	68	84.8%	13	100%	84	80.8%	

L'analyse de la relation entre l'anémie et la croissance staturo-pondérale, figurée dans le tableau 5, a montré que l'insuffisance staturale et pondérale (maigreur, ou faible poids pour l'âge) était fréquente chez les malades qui présente une

anémie sévère avant la transfusion. En outre, 39,4 % des malades souffrent du déficit statural (cote Z taille pour âge < -2,0) par contre l'insuffisance pondérale a été notée chez 19,2 % des malades.

## **DISCUSSION**

Dans la présente étude réalisée dans l'hôpital du jour au service d'hématologie et d'oncologie pédiatrique SHOP Hôpital d'enfant de Rabat. La population étudiée est constituée de 51 (49%) des filles et de 53 (51%) des garçons. L'âge moyen de notre population d'étude est de 11.42 ans  $\pm$  3.71 avec des extrêmes de 6 et 16 ans dont la moitié soit 49 % étaient d'origine rurale, ce milieu étant connu par la fréquence élevée de mariages consanguins.

Le taux de prévalence du déficit en taille (cote Z taille pour âge < -2,0) est de 39,4% dans l'échantillon. L'insuffisance pondérale touche 19,2% des enfants ce retard staturo-pondéral a été rapporté par Martinet Thompson (2013) et Romdhane *et al* (2014) et Trehan *et al* (2014). Il serait dû surtout à un taux d'Hb pré transfusionnel bas (9.70 g/dl $\pm$ 1.20) pour des enfants dont l'âge moyen est de 11.42 ans  $\pm$  3.71 ans alors que Perrimond, (2000) et Girot, (2006) et Chevet (2015) ont mentionnés que l'apport martial très important qu'introduisent ces transfusions itératives entraînait malheureusement une hémochromatose progressive avec, comme conséquence, un arrêt de la croissance, avec retard pubertaire.

Pour la lignée érythrocytaire il n'y pas de différence significatif selon le sexe. En outre, l'anémie modérée (77%) est plus élevée que celles des autres anémies chez les deux sexes avec une légère augmentation chez les garçons.

Les anémies microcytaires représentent à peu près deux tiers des anémies diagnostiquées (68%), alors que les anémies normocytaires ne représentent que (32%). L'anémie microcytaires se voit chez les deux sexes avec une légère augmentation chez les filles.

Les anémies hypochromes représentent (61.5%) des malades, alors que les anémies normochromes ne représentent que 38,5%. L'anémie hypochrome se voit chez les deux sexes avec une légère augmentation chez les garçons.

Ce phénomène, d'anémies microcytaire hypochromes est très souvent rapporté dans la littérature pour les thalassémies (Perrimond, 2000 ; Romdhane *et al.*, 2014 ; Trehan *et al.*, 2014).

En ce qui concerne la lignée leucocytaire une différence significative selon le sexe a été notée pour le nombre des polynucléaires neutrophiles, 39.5% des malades souffrent de leucocytose, 12.5 % de neutrophilie, 23% d'éosinophilie, 9.60% de basophilie, 85 % de monocytopenie et 28% de lymphocytose, en effet les transfusions répétées exposent les patients  $\beta$ -Thalassémiques à de nombreux risques tels que la transmission d'infection, l'allo-immunisation ou encore la surcharge en fer. Des réactions immunologiques variées peuvent survenir, dans n'importe quel contexte de transfusions (Joly, 2014; Chevet, 2015).

La ferritinémie très élevée chez tous nos malades (avec une moyenne 4667 $\pm$ 2868ng/ml) traduit une surcharge martiale (Taheret *al.*, 2009). Les malades ont été traités selon disponibilité par différents chélateurs (Desferal®, Ferriprox® et Exjade®). Malheureusement ses chélateurs ont des effets indésirables, gastro-intestinaux tels que nausée, vomissement et douleurs abdominales sont relativement fréquents, avec 20%, et 10% pour les réactions cutanées pouvant aller jusqu'à la vascularite leucocytoclastique. La déféripone orale provoque malheureusement des agranulocytoses (Infanti *et al.*, 2009).

L'hémochromatose expose à terme aux complications les organes endocriniens tels que l'hypophyse, la thyroïde, les cellules des îlots pancréatiques et les gonades notamment sont atteints. Parmi les organes parenchymateux, ce sont d'abord le cœur et le foie qui sont touchés. (Rundet *al.*, 2005; Infanti *et al.*, 2009 ; Chevet, 2015). Ainsi que, Cette étude montre que 39.4 % d'une population d'enfants hospitalisés présentent un déficit statural. Un tiers d'entre eux ont des apports énergétiques insuffisants à l'hôpital. La moitié de ces enfants ne sont pas suivis par une diététicienne. Notre étude concorde d'autres travaux qui rapportent que la malnutrition est un problème fréquent dans la pratique médicale courante (Hankardet *al.*, 2001 et Moyen *et al.*, 2011)

## **CONCLUSIONS**

La thalassémie a besoin de stratégies plus de sensibilisation du public et de prévention dans notre pays. Les programmes d'éducation et de dépistage prénatal obligatoire semblent être à l'ordre du jour.

La prévention de la thalassémie repose sur l'identification des sujets à risque par le biais de programmes de dépistage des porteurs ou par l'examen des antécédents familiaux et par la communication d'informations suffisantes sur le risque et les possibilités qu'on a de le réduire.

## REFERENCES

- [1] Alissa M, Alexis A. T, 2013. Thalassemiias. *Pediatric Clinics of North America*. Volume 60, Issue 6, Pages 1383-1391
- [2] Chevet E, 2015. Nouvelles pistes thérapeutiques dans la  $\beta$  Thalassémie. Thèse pour le Diplôme d'État de Docteur en Pharmacie, France. (p42/176).
- [3] Eleftheriou A. 2007 A propos de la thalassémie. Publie par la federation internationale de la thalassemie
- [4] Girot R, Hagège I, Deux J-F, Lionnet F. 2006. Traitement de la surcharge en fer dans les maladies hématologiques (hémochromatoses héréditaires exclues), *Hématologie*, vol. 12, n° 3
- [5] Hankard, J. Bloch, P. Martin, H. Randrianasolo, M.F. Bannier, S. Machinot, J.P. 2001. État et risque nutritionnel de l'enfant hospitalisé. *ArchPédiatr* ; 8 : 1203-8
- [6] Infanti L, Krapf R. 2009. Surcharge en fer secondaire aux transfusions. Le plus important en bref pour non-hématologues. *Forum Med Suisse*;9(23):417
- [7] Joly P, Pondarre C, Badens C. 2014. Les bêta-thalassémies : aspects moléculaires, épidémiologiques, diagnostiques et cliniques. *Ann Biol Clin* ; 72(6) : 639-68 doi:10.1684/abc.2014.1015
- [8] Millot.S, H Woimant, AL Ejeil et JL Charrier. 2011. A propos d'un cas de  $\beta$ -thalassémie : nouvelles implications de cette pathologie et de ses traitements en chirurgie buccale. published by EDP Sciences.
- [9] Modell.B. and Darlison.M. 2008. "Global epidemiology of haemoglobin disorders and derived service indicators." *Bulletin of the the World Health Organization*, 86(6): 480-487.
- [10] Moyena E, Ganga-Zandzoub P.-S, Cardorelle A.M., Njombo Mamadou C.I., Chenaud M, Atanda L.-H. 2011. Moyen Etat nutritionnel de l'enfant hospitalise au centre hospitalier de Tourcoing. *Archives de Pediatrie* ;18:461-462
- [11] OMS, 2006 Conseil exécutif EB118/5 Cent dix-huitième session, Thalassémie et autres hémoglobinopathies.
- [12] Perrimond. H ,b 2000.-thalassémie – manifestations cliniques. Service d'hématologie pédiatrique, Hôpital de La Timone, Marseille, France.Manuscrit n°2292/drépano 2.Journée "Drépanocytose et b-thalassémie", Société de pathologie exotique, Paris.
- [13] Romdhane.H, Amara.H, Abdelkefi.S, Souyeh.N, Chakroun.T, Jarrey.I, Bouslama.M ,Belhedi.S, Houissa.B, Boughammoura.L, JemniYacouba.S. 2014. Profil clinico-biologique et immunohématologique des patients atteints de B-thalassémie en Tunisie : à propos de 26 cas. *Transfusion Clinique et Biologique*.
- [14] Rund D, Rachmilewitz E. 2005. Beta-thalassemia. *N Engl J Med*;353:1135–46.
- [15] Taher A, El-Beshlawy A, Mohsen S. 2009. Efficacy of Derasirox,an oral iron chelateur, in heavily iron overloaded patients with beta-thalassemia: the escalator study. *Eur J Haematol* ;82:458–65
- [16] TrehanAmita, Nivedita Sharma, Reena Das, Deepak Bansal, R. K. Marwaha. 2015. Clinico investigational and Demographic Profile of Children with Thalassaemia Major. *Indian J Hematol Blood Transfus* 31(1):121–126.
- [17] Ter Kuile F.O., Parise M.E., Verhoeff F.H., Udhayakumar V. 2004. "The burden of co-infectionwith human immunodeficiency virus type 1 and malaria in pregnant women in sub-saharan Africa." *American Journal Tropical and Medicine Hygiene*, 71(2 Suppl): 41-54.
- [18] World Health Organization.1995. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Technical report series 854. Geneva.

## Construction d'une échelle de mesure évaluant la satisfaction du personnel des administrations publiques: Cas du Maroc

### [ Construction of a measurement scale assessing people satisfaction of public administrations: the case of Morocco ]

*Ellamrani Ben Hanana<sup>1</sup> and Souad Houfai<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Doctorant en Génie Industriel, Université Hassan II, Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique (ENSEM), Casablanca, Maroc

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering, Université Hassan II, Ecole Supérieure de Technologie (EST), Laboratoire de Mécanique, Productique et Génie Industriel (LMPGI), Casablanca, Maroc

---

Copyright © 2016 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 object of this research is to outline a method of building a measurement scale assessing staff satisfaction Moroccan public administrations. The measures were built from a survey of 237 functionaries in the Casablanca-Settat region. The methodology is based on the steps recommended by the paradigm of Churchill (1979), specifically its exploratory phase based on qualitative approach using semi-structured interviews and quantitative approaches based on exploratory factor analyzes and Cronbach's alpha. This paradigm allows building rigorously instruments standard questionnaire to measure multiple scales.

The results reveal a structure of staff satisfaction in 5 components with a total explained variance of 80,25%. Only the first component: Remuneration and career management restores 33,35% of the total variance. The size and skills training was excluded in this exploratory phase, it does not explain enough variance in satisfaction. The analysis of the reliability of the scales of the principal components shows that the items of each scale are correlated and coherent with each other and vary between 0,681 and 0,931. It is the same for the reliability of the total scale of which Cronbach's alpha of 0,841.

**KEYWORDS:** satisfaction, measurement scale, public administrations, dimensions of satisfaction, validity of the measurement scales.

**RESUME:** L'objet de cette recherche vise à exposer une méthode de construction d'une échelle de mesure évaluant la satisfaction du personnel des administrations publiques Marocaines. Les mesures ont été construites à partir d'une enquête menée auprès de 237 fonctionnaires dans la région du Casablanca-Settat. La méthodologie adoptée repose sur les étapes préconisées par le paradigme de Churchill (1979), plus précisément sa phase exploratoire qui repose sur des approches qualitatives à l'aide des entretiens semi-directifs et des approches quantitatives basées sur des analyses factorielles exploratoires et l'alpha de Cronbach. Ce paradigme permet de construire avec rigueur des instruments de mesure de type questionnaire à échelles multiples.

Les résultats révèlent une structure de la satisfaction du personnel en 5 composantes avec un total de variance expliquée de 80,25%. Seule la première composante : Rémunération et gestion de carrière restitue 33,35% de la variance totale. La dimension formation et compétences a été exclue dans cette phase exploratoire, elle n'explique pas suffisamment de variance de la satisfaction. L'analyse de la fiabilité des échelles des composantes principales montre que les items de chaque échelle sont corrélés et cohérents entre eux et varie entre 0,681 et 0,931. Il en est de même pour la fiabilité de l'échelle totale dont l'alpha de Cronbach est de 0,841.

**MOTS-CLEFS:** satisfaction du personnel, échelle de mesure, administrations publiques, dimensions de satisfaction, validité des échelles de mesure.

## 1 INTRODUCTION

L'administration publique Marocaine, à l'instar des administrations publiques des pays en voie de développement souffre de nombreuses faiblesses et dysfonctionnements qui sont liés à la rigidité, à la lenteur et à la bureaucratie et créent un malaise affectant la relation des Administrations publiques avec les citoyens. Elle n'est pas restée inactive devant cette situation, elle a tenté plusieurs démarches d'amélioration et de modernisation qui n'ont été d'aucune efficacité [1]. Elle est donc appelée à repenser son rôle, à moderniser ses techniques de gestion et à s'adapter aux changements qui s'opèrent autour d'elle afin de relever les défis du développement.

Dans le contexte du management par la qualité totale, il est important de réaliser que seul un personnel satisfait peut amener l'organisation à avoir des clients satisfaits. Une bonne gestion des ressources humaines et un management performant favorisent l'engagement, la motivation, la satisfaction et la fidélisation du personnel.

Les recherches sur la satisfaction du personnel qui sont réalisées surtout dans le secteur privé, intéressent de plus en plus le secteur public. En effet, l'enjeu de la qualité des services est au cœur des préoccupations des organisations gouvernementales qui doivent conserver dans leurs rangs une main-d'œuvre non seulement compétente, mais aussi mobilisée face aux objectifs organisationnels et à la qualité des services qu'elle offre pour faire face aux exigences croissantes de la clientèle.

En vue d'améliorer les services dans les administrations publiques, il est primordial que les gestionnaires et les décideurs publics aient à leur disposition des questionnaires valides afin d'évaluer la satisfaction de leur personnel.

Dans ce contexte nous allons construire un questionnaire destiné à mesurer la satisfaction du personnel des administrations publiques Marocaines, tout en rapportant les données qui permettent de juger la validité des questions utilisées sur la base des préconisations de la phase exploratoire du paradigme de Churchill [2]. Ce questionnaire servira comme une base pour les gestionnaires et les décideurs publics pour proposer des recommandations pertinentes afin d'améliorer la satisfaction au travail et par conséquent la qualité des services rendus aux usagers.

Dans cet article nous allons définir le concept de la satisfaction au travail ainsi que les mesures existantes, ensuite nous allons présenter la démarche méthodologique poursuivie pour la mise au point de l'échelle de mesure, et enfin nous allons exposer les résultats de cette démarche.

## 2 REVUE DE LITTÉRATURE

« Le salarié doit être considéré, dans une approche client-fournisseur, comme un client interne dont la satisfaction est essentielle à la réussite de l'entreprise. Il faut connaître ses attentes et, en particulier aujourd'hui, ses besoins d'équité, d'employabilité, d'épanouissement, d'éthique et d'écoute. [...] La motivation et l'implication des salariés, le développement et la mobilisation des ressources, compétences et habiletés qu'ils possèdent contribuent à la création de valeurs. » [3].

Les recherches sur la satisfaction au travail sont de plus en plus populaires au sein des départements de ressources humaines de toutes les organisations. Ce sujet prend une place importante parmi les préoccupations de gestion de la fonction publique. Les dirigeants souhaitent améliorer les services aux citoyens, tout en misant sur leurs employés [4]. Il en découle plusieurs stratégies et plans de gestion des ressources humaines visant à rendre les organisations plus efficaces et, ainsi, à augmenter la qualité des services offerts aux citoyens.

### 2.1 DEFINITION DU CONCEPT DE LA SATISFACTION AU TRAVAIL

Selon Locke [5], la satisfaction au travail est un « état émotionnel résultant de l'estimation de la mesure dans laquelle le travail permet à l'individu d'atteindre ou de faciliter l'atteinte des valeurs qu'il place dans le travail. Le sentiment de satisfaction est ainsi fonction de la relation perçue entre ce que l'individu veut retirer de son travail et ce que son travail lui offre » [5] cité par [6]. La satisfaction au travail est l'expression la plus utilisée et le phénomène le plus étudié dans la littérature portant sur le comportement organisationnel [6]. La définition de ce concept est similaire chez les différents auteurs. Celle de Locke, mentionnée précédemment, est la plus utilisée. En général, la satisfaction au travail découle d'un état subjectif, propre à chaque individu, qui analyse son emploi comme étant (ou non) satisfaisant et lui apportant (ou non) une relation positive. Ce phénomène est analysé selon un angle affectif ou cognitif [7]. Il s'agit d'un idéal de préférences que l'employé se fixe, en fonction de son expérience et de ses valeurs. Ce dernier compare donc ce qu'il a déjà eu, ce qu'il a pour le moment et ce qu'il pourrait éventuellement obtenir [8]. De plus, selon la littérature étudiée, la satisfaction au travail est considérée comme un des moteurs de la performance organisationnelle depuis longtemps [6].

## 2.2 THEORIES RELATIVES A LA MESURE DE LA SATISFACTION AU TRAVAIL

Les organisations dans lesquelles travaillent les gens affectent leurs pensées, leurs sentiments et leurs actions aussi bien au travail qu'en dehors. De même, les pensées, les sentiments et les actions des gens affectent les organisations dans lesquelles ils travaillent. Ainsi, le comportement organisationnel est un domaine de recherche concerné par deux types d'influences : celle des organisations du travail sur les gens et celle des gens sur les organisations du travail [7].

Les théories relatives à la mesure de la satisfaction du personnel sont nombreuses. Dès les années 1930, les chercheurs ont commencé à s'intéresser à l'impact de la satisfaction sur l'organisation du travail et sur la productivité organisationnelle [7]. Il était question de l'attitude, des émotions, de la vie personnelle, etc. : comment l'individu influence-t-il l'organisme et vice-versa ? Nous allons présenter quelques approches plus récentes, issues des différents courants en sociologie du travail.

### 2.2.1 L'APPROCHE DE DURRIEU : UNE APPROCHE PAR DIMENSIONS

Selon [9], l'approche par dimensions est nécessaire pour connaître réellement les sentiments des employés. Cette approche donne « une idée plus complète qu'une approche globale, un employé pouvant avoir des sentiments distincts sur les différents aspects de son travail » [6]. Ainsi, [6] propose trois catégories de dimensions dans le but d'élaborer un modèle de la satisfaction à trois niveaux : le premier lié au poste (évolution de la carrière, autonomie, conciliation travail-vie privée), le second lié à l'organisation (moyens matériels à disposition, rôle dans l'organisation, soutien matériel et professionnel, ambiance de travail, cohésion dans l'équipe de travail, importance de la rétroaction) et le troisième lié à l'environnement (positionnement de l'entreprise et conjoncture sectorielle) [6]. L'optimisation de la qualité de ces facteurs augmenterait donc la satisfaction des employés (voir figure 1).

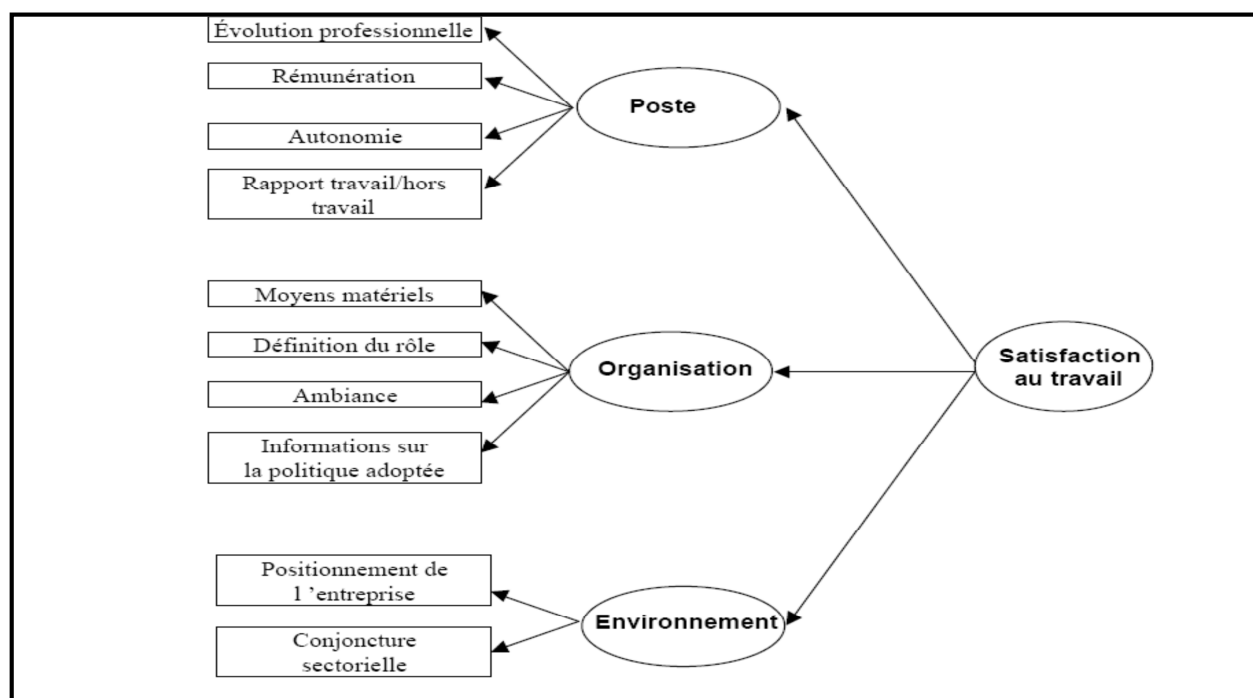


Figure.1. Modèle de la satisfaction au travail de Durrieu [6]

### 2.2.2 MODELE DE CLARK : UNE APPROCHE EXPLICATIVE DE LA SATISFACTION AU TRAVAIL

Dans une autre logique, Clark [10] développe un modèle explicatif de la satisfaction au travail (voir figure 2) selon lequel il existe cinq points essentiels à la compréhension du phénomène de la satisfaction au travail. Il fonde son approche sur les données obtenues de 14 000 travailleurs répartis dans 19 pays de l'OCDE. Il montre que : les heures travaillées et le salaire sont les variables les moins importantes pour caractériser un emploi ; il y a des corrélations significatives entre les différents résultats, comme le fait que les employés pour qui les promotions sont importantes ont les meilleures opportunités en ce sens ; la satisfaction au travail est fortement corrélée à la performance ; les emplois occupés par les femmes, les personnes âgées et les postes non syndiqués sont ceux où l'on retrouve les meilleurs résultats ; une évaluation

subjective des heures travaillées et du salaire exerce un impact marqué sur la satisfaction au travail [10]. Son analyse l’amène à développer une typologie des six aspects à considérer pour qualifier un emploi de satisfaisant : le salaire, les heures travaillées, les promotions et la sécurité d’emploi, le degré de difficulté, le contenu et les relations interpersonnelles.

Selon lui, la mesure de la satisfaction au travail permet de prédire les comportements de la main-d’œuvre sur le marché de l’emploi [10]. Il constate que les employés insatisfaits sont plus sujets à quitter prématurément l’organisation ; que la satisfaction au travail est négativement corrélée à l’absentéisme et positivement corrélée à la productivité ; et que les employés insatisfaits participent moins à la vie organisationnelle [10]. Sa théorie s’inscrit dans la lignée de l’École critique, en ce sens qu’il prône l’étude du phénomène dans sa globalité, tout en l’étudiant à l’aide de l’opinion directe des travailleurs.

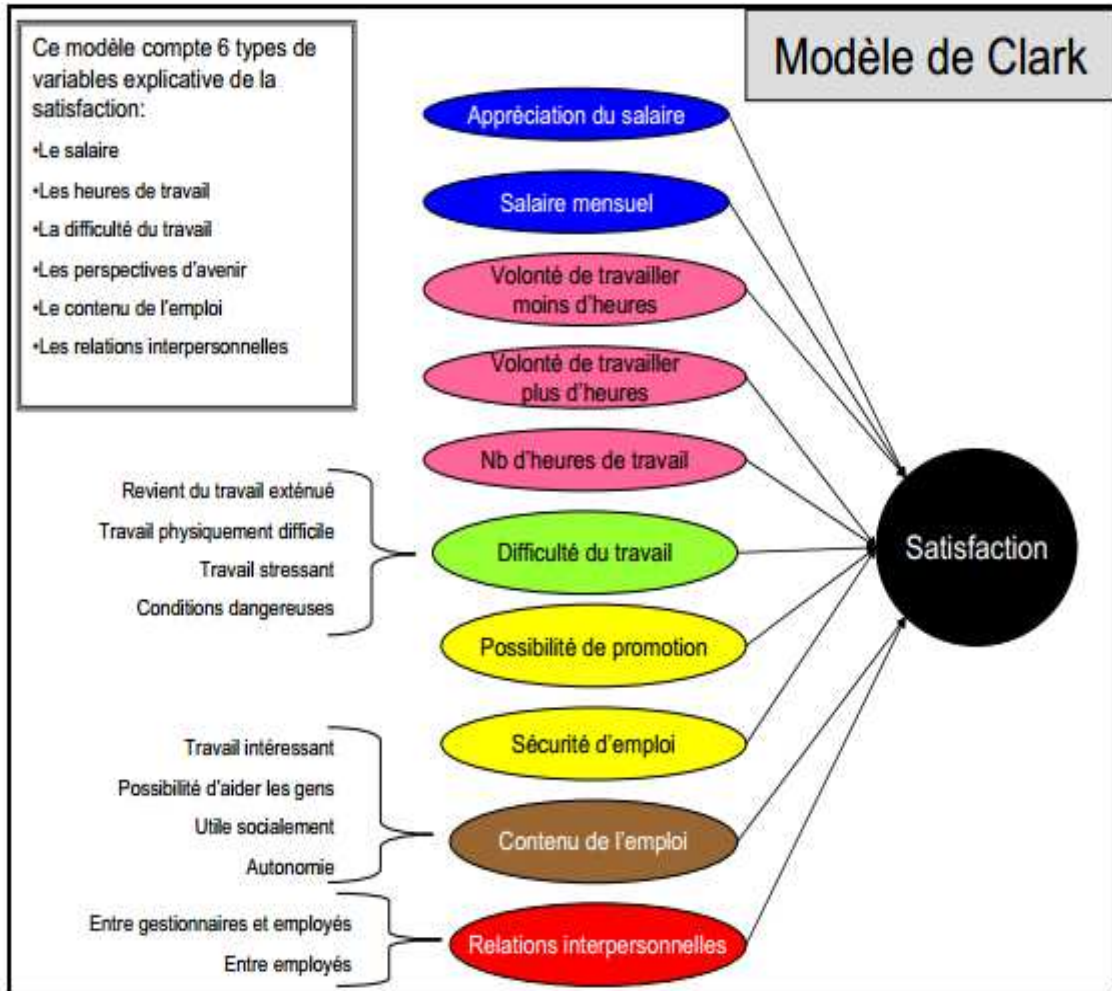


Figure 2 : Modèle explicatif de la satisfaction de Clark<sup>1</sup>

Il importe ici de noter la distinction fondamentale entre les deux modèles présentés précédemment. Dans le premier cas, l’approche de Durrieu est un modèle de mesure de la satisfaction par dimensions et rien dans sa logique ne permet d’expliquer la satisfaction. Pour sa part, le modèle de Clark développe des variables venant expliquer la satisfaction et cette dernière est mesurée globalement, plutôt que par dimensions.

<sup>1</sup> Cette figure a été produite par Monsieur Sylvain Sauvé, membre du réseau d’échange Mesure de la satisfaction de la clientèle du CEGO et coordonnateur de l’évaluation des besoins et de la satisfaction des clientèles, au Bureau de la qualité des services de Services Québec

### 3 METHODOLOGIE

La démarche méthodologique utilisée pour construire l'échelle de mesure de la satisfaction du personnel s'appuie sur le paradigme de Churchill [2]. Il s'agit d'un ensemble complet de méthodes utilisées pour valider un questionnaire à échelles multiples.

La démarche de Churchill s'inscrit dans la théorie de la mesure qui vise à tester les qualités des instruments de mesure. Elle est fondée sur le modèle de la vraie valeur [11].

<b>M</b>	=	<b>V</b>	+	<b>Es</b>	+	<b>Ea</b>
<b>Mesure obtenue</b>		<b>Vrai valeur</b>		<b>Erreur systématique</b>		<b>Erreur aléatoire</b>

Figure 3 : Le modèle de la vraie valeur [11].

L'objet d'un instrument de mesure est de tendre vers l'observation d'une mesure parfaite du phénomène étudié (vraie valeur).

La méthodologie de Churchill [2] permet de réduire l'erreur aléatoire (dépendant des circonstances de mesure) et l'erreur systématique (dépendant de l'instrument de mesure) afin de construire une échelle de mesure proche de la réalité [12].

Churchill préconise ainsi un protocole en trois grandes étapes :

- la définition du domaine conceptuel,
- une phase exploratoire où sont combinées les méthodes qualitatives (afin de générer des items) et quantitatives (pour purifier le modèle de mesure),
- et une phase de confirmation pour rendre le modèle fiable et valide. Complétée par d'autres chercheurs (Peter; Gerbin et Anderson ; Rossiter, cités par [13], la démarche de création et de validation d'une échelle de mesure peut être résumée par la figure 4 ci-dessous.

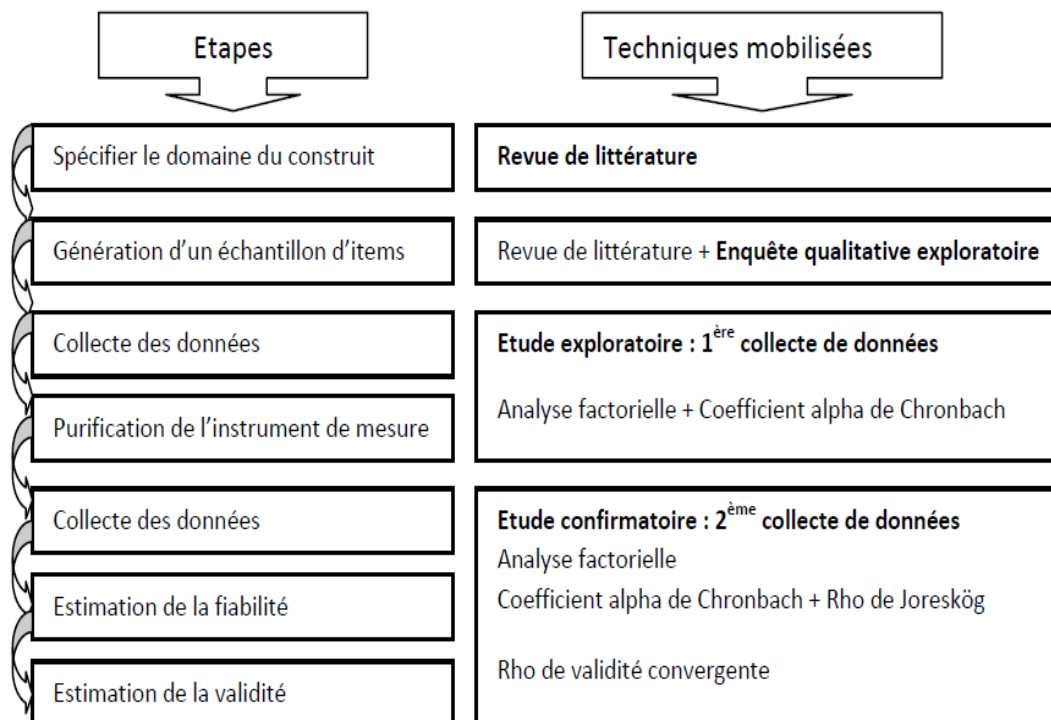


Figure 4 : Paradigme de Churchill

Cette recherche s'inscrit dans la phase exploratoire recouvrant 4 étapes : la spécification du domaine du construit, la génération des items, la collecte des données auprès d'un échantillon et la purification du modèle de mesure à travers la réalisation d'analyses factorielles exploratoires et l'utilisation de l'Alpha de Cronbach [14].

### 3.1 GENERATION DES ITEMS

Les items de l'échelle de mesure de la satisfaction du personnel ont été générés sur la base des échelles existantes dans la littérature compris celle des articles concernant le cadre conceptuel de la satisfaction au travail, des études de validation des questionnaires de satisfaction auprès du personnel du secteur public et privé, d'une part et des discussions avec les fonctionnaires de certaines administrations au niveau de la région du Casablanca-Settat, dans un souci d'enrichir les critères d'évaluation issus de la revue de littérature, d'autre part. Cela nous a permis de retenir 52 items concernant la mesure de la satisfaction du personnel. Ensuite, ces items ainsi générés ont été soumis aux avis d'un professeur du domaine et de plusieurs fonctionnaires professionnels afin de juger leur pertinence par rapport au concept à mesurer, ce qui a permis d'écartier 14 items, ainsi que la modification de certains énoncés afin d'améliorer leur compréhensibilité. En total 38 items ont été retenus pour l'évaluation de la satisfaction du personnel. Ils sont répartis sur 5 dimensions :

- La première dimension concerne les conditions, l'organisation et le contenu du travail (09 items);
- La deuxième dimension concerne la rémunération, la gestion de carrière et les connaissances sur les réglementations (09 items) ;
- La troisième dimension concerne l'information et la communication (08 items) ;
- La quatrième dimension concerne la formation et les compétences (06 items) ; et
- La cinquième dimension concerne les relations de travail (06 items).

Les items correspondant à chaque dimension ont été mesurés par des échelles du type Likert à cinq degrés :

- Le premier degré correspond à : Pas du tout d'accord ;
- Le deuxième degré correspond à : Pas d'accord ;
- Le troisième degré correspond à : Un peu d'accord ;
- Le quatrième degré correspond à : D'accord ; et
- Le cinquième degré correspond à : Tout à fait d'accord.

Le principe de ces échelles multiples consiste à proposer un ensemble d'énoncés qui sont supposés caractériser le construit. Chaque énoncé affirmatif est suivi de l'indication par le répondant de son degré d'accord ou de désaccord avec le jugement proposé.

### 3.2 LA COLLECTE DES DONNEES

La population visée par cette enquête était le personnel des administrations publiques de la région du Casablanca-Settat. Nous avons pris un échantillon de certaines administrations composé de 220 fonctionnaires.

L'opération s'est déroulée durant le mois de juillet 2015, nous avons essayé de faciliter l'énoncé des questions, d'informer sur le but de la recherche et de donner des explications de certains items lors de la distribution de ce questionnaire tout en insistant sur l'anonymat et la confidentialité de toutes les informations fournies. Nous avons distribué directement au personnel de l'échantillon les questionnaires, et nous avons donné suffisamment de temps pour répondre à ces questions et nous les faire retourner.

Nous avons distribué 237 questionnaires et nous avons reçu 207, soit un taux de retour de 87,34%. Puis nous avons annulé les questionnaires présentant des données manquantes qui sont en nombre de 17, ce qui nous a permis d'exploiter 190 questionnaires, soit un taux d'exploitation de 80,17% (tableau 1).

*Tableau 1 : Les taux de retour et d'exploitation des questionnaires*

Nombre de questionnaires distribués	Nombre de questionnaires retournés	Taux de retour des questionnaires	Nombre de questionnaires exploitables	Taux de questionnaires exploitables
237	207	87,34%	190	80,17%

### 3.3 LA PURIFICATION DES ECHELLES DE MESURE

L'analyse du questionnaire de satisfaction du personnel a été effectuée d'abord à travers une analyse factorielle et ensuite à travers les tests de fiabilité. Ce sont les deux étapes généralement préconisées par le paradigme de Churchill lors de la phase exploratoire [15].

Les données recueillies ont fait donc l'objet d'analyses exploratoires afin de déterminer la dimensionnalité de la satisfaction du personnel des administrations publiques Marocaines. En effet, l'analyse factorielles en composantes principales (ACP) est la méthode la plus pertinente pour synthétiser l'information et découvrir la structure sous-jacente d'un concept puisqu'il s'agit d'une méthode d'analyse des données multi-variées qui permet d'explorer simultanément les relations qui existent entre plusieurs variables [16].

Nous avons utilisé le test de Kayser Meyer Olkin (KMO) et le test de sphéricité de Bartlett Pour apprécier l'efficacité éventuelle de l'ACP. Le test KMO doit être supérieur à 0,5 et celui de Bartlett doit être significatif pour qu'une analyse factorielle soit réalisable ( $p < 5\%$ ) [17].

L'ACP permet de vérifier si l'échelle utilisée est uni ou multi dimensionnelle et détermine le nombre de dimensions composant cette échelle. Cette analyse est réalisée en appliquant notamment le critère de Kaiser selon lequel il est recommandé de garder les facteurs qui disposent d'une valeur propre (Eigenvalue) supérieure ou égale à 1. Ces facteurs doivent avoir un pourcentage de variance expliquée minimal pour être retenus. Philippeau, [18]<sup>2</sup> propose les seuils suivants :

- variance expliquée  $> 0,8$ , la variable est très bien représentée ;
- $0,65 < \text{variance expliquée} < 0,8$ , la variable est bien représentée ;
- $0,40 < \text{variance expliquée} < 0,65$ , la variable est moyennement représentée.»

L'ultime étape de l'analyse factorielle consiste à tester la stabilité de la structure des facteurs obtenue par l'examen de la matrice des corrélations. Si les facteurs sont fortement corrélés (corrélation supérieure ou égale à 0,3), alors une rotation oblique (Oblimin) est adéquate. Dans le cas inverse, il faut s'orienter vers une rotation orthogonale (Varimax) [17]. Nous avons choisi cette dernière méthode qui est utilisée très régulièrement dans la pratique du fait de l'absence d'une forte corrélation entre les facteurs.

L'analyse factorielle sera complétée par l'estimation de la fiabilité. Cette dernière constitue le critère utilisé pour juger de la qualité de la mesure [19]. La fiabilité d'un instrument de mesure représente sa capacité à reproduire des résultats similaires s'il était administré plusieurs fois à une même population [20]. Selon [21], un alpha compris entre 0,6 et 0,8 est acceptable pour une étude exploratoire. Toutefois, Nunnally (1978) [22] juge qu'un alpha de Cronbach est acceptable lorsqu'il est compris entre 0,6 et 0,7, pour [23] Un coefficient alpha de Cronbach supérieur à 0.70 permet de conclure une bonne consistance interne des échelles

La purification des échelles de mesure de la satisfaction du personnel a été réalisée sur SPSS version 21, et les principaux résultats seront présentés ci-dessous.

## 4 LES RESULTATS

La population constituant l'échantillon comprend 58,4% d'hommes et 41,6% de femmes. 73,1% appartiennent à la tranche d'âge 40-60 ans. 72,1% sont mariés. 46,8% ayant 1 à 3 personnes en charge. 58,9% ont accédé à la fonction publique par voie de concours contre 41,1% par recrutement direct. 27,9% sont des cadres supérieurs, 42,1% des cadres moyens et

<sup>2</sup> Cité par P. Roussel (1996).

30% des Agents. 91,6% sont titulaires et 8,4% sont temporaires, et 74,2% ont une ancienneté dans l'administration de plus de 10 ans.

#### 4.1 L'ANALYSE FACTORIELLE

La purification de l'échelle de mesure a nécessité la réalisation de 8 ACP successives. A chaque étape nous avons vérifié la pertinence d'une factorisation des données dès lors que nous retirions une variable de l'analyse (tableau 2).

Les résultats du test KMO sont supérieurs à 0,5 ce qui est acceptable [24]. Les tests de sphéricité de Bartlett indiquent à chaque fois un score élevé avec une significativité ( $P < 0,001$ ) ce qui nous permet de rejeter l'hypothèse d'absence de corrélation. Donc les corrélations ne sont donc pas toutes égales à zéro. Cela justifie donc l'utilisation de l'analyse en composantes principales, qui permet d'expliquer une grande partie de la variance avec un minimum de facteurs. Ces résultats permettent alors de conclure que les données sont à chaque fois factorisables.

Les 8 ACP ont conduit à exclure 24 items soit parce qu'ils étaient mal expliqués par les facteurs retenus du fait d'un score de communalité inférieur à 0,5, soit parce qu'ils étaient fortement et également chargés sur plusieurs facteurs [13].

**Tableau 2 : conditions de validité pour chaque ACP**

		ACP1	ACP2	ACP3	ACP4	ACP5	ACP6	ACP7	ACP8
Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.		<b>0,875</b>	<b>0,864</b>	<b>0,847</b>	<b>0,840</b>	<b>0,834</b>	<b>0,834</b>	<b>0,798</b>	<b>0,768</b>
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-deux approximé	<b>4429,764</b>	<b>3305,087</b>	<b>2863,346</b>	<b>2698,715</b>	<b>2475,804</b>	<b>2475,804</b>	<b>2069,494</b>	<b>1533,591</b>
	ddl	<b>703</b>	<b>406</b>	<b>300</b>	<b>253</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>153</b>	<b>91</b>
	Signification de Bartlett	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

Pour choisir le nombre de facteurs à extraire, nous devons analyser le tableau de la variance totale expliquée (tableau 3). En regardant la deuxième colonne, nous constatons que 11 facteurs (ou composantes) ont une valeur propre supérieure à 1. Nous les conservons donc pour l'analyse. Le premier facteur explique à lui seul 31,522 % de la variance totale des 38 variables de l'analyse. Mis en communs, les onze facteurs permettent d'expliquer 72,734 % de la variance. Les autres facteurs (12 à 38) ne sont pas retenus car ils n'expliquent pas suffisamment de variance et leurs valeur propre est inférieur à 1.

Tableau 3 : variance totale expliquée

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus			Somme des carrés des facteurs retenus pour la rotation		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	12,294	31,522	31,522	12,294	31,522	31,522	3,858	9,894	9,894
2	2,957	7,581	39,104	2,957	7,581	39,104	3,592	9,211	19,104
3	2,267	5,812	44,916	2,267	5,812	44,916	3,207	8,224	27,329
4	1,786	4,578	49,494	1,786	4,578	49,494	3,001	7,694	35,022
5	1,570	4,026	53,520	1,570	4,026	53,520	2,903	7,444	42,466
6	1,483	3,803	57,323	1,483	3,803	57,323	2,599	6,663	49,129
7	1,395	3,577	60,900	1,395	3,577	60,900	1,959	5,023	54,152
8	1,301	3,336	64,236	1,301	3,336	64,236	1,873	4,802	58,954
9	1,226	3,144	67,380	1,226	3,144	67,380	1,853	4,752	63,707
10	1,074	2,755	70,135	1,074	2,755	70,135	1,786	4,580	68,287
11	1,014	2,599	72,734	1,014	2,599	72,734	1,734	4,447	72,734
12	,932	2,389	75,123						
13	,845	2,166	77,289						
14	,783	2,007	79,296						
15	,722	1,853	81,148						
16	,655	1,680	82,828						
17	,575	1,475	84,303						
18	,518	1,327	85,630						
19	,496	1,272	86,902						
20	,462	1,185	88,087						
21	,439	1,127	89,214						
22	,400	1,026	90,240						
∞	---	---	---						

L'analyse en composantes principales, dans un premier temps, ne fait pas apparaître une structure factorielle claire car de nombreux items ont des contributions élevées sur plusieurs facteurs (tableau 4).

Tableau 4 : Matrice des Composantes<sup>a</sup>

	Composante										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Votre formation proposée est cohérente avec les besoins actuels de votre activité professionnelle	,720	-,087	-,121	-,070	-,038	,258	-,123	,103	,014	-,237	-,105
Vous obtenez une formation que vous jugez utile	,704	-,021	-,031	-,329	,100	,247	-,120	,009	,038	-,232	-,067
Vous disposez d'informations concernant les objectifs de votre service	,703	-,322	-,344	-,132	,044	-,239	-,009	-,150	,099	,130	,080
Vous avez facilement accès à l'information concernant les formations	,681	,139	,017	-,388	,233	,145	-,150	-,067	,016	-,173	,002
Vous disposez d'informations concernant les résultats de votre service	,676	-,322	-,305	-,161	,081	-,227	,033	-,255	,143	,058	,117
Vous choisissez votre formation	,663	-,041	,056	-,356	,141	,251	-,129	-,048	-,166	-,250	-,049
L'information circule bien au service	,653	-,290	-,053	-,114	,290	-,259	-,035	,149	,119	-,083	,029
Vous avez la possibilité d'utiliser vos compétences et aptitudes professionnelles	,648	-,227	-,123	-,042	-,247	-,008	-,157	,122	-,092	-,059	-,168
Vous êtes satisfait de la manière de déroulement des concours d'aptitude professionnelle	,639	,493	,114	-,112	,165	-,098	,095	-,182	-,049	,221	-,067
Vous êtes satisfait des documents relatifs à vos droits et devoirs mis à la disposition de votre administration	,635	,175	-,165	-,168	-,355	,104	-,070	-,046	,132	-,005	,124
Vous obtenez des informations de votre hiérarchie	,634	-,293	-,186	,134	-,001	,066	,228	-,060	,120	,068	-,315
Vous disposez d'informations concernant les stratégies de votre service	,634	-,331	-,366	-,132	-,002	-,123	,058	-,304	,171	,163	,128
Votre évolution professionnelle est satisfaisante	,629	,225	-,075	,021	-,375	-,151	-,163	,098	-,112	,151	,069
Votre supérieur hiérarchique est très attentif au bien être du personnel	,622	-,105	,127	,074	,021	,106	-,030	-,306	-,341	,089	-,203
La hiérarchie facilite la réalisation du travail	,611	-,026	,039	,130	-,172	,097	,016	-,352	-,256	,222	-,301
Votre charge de travail est adaptée	,609	,120	-,104	,393	,209	-,070	,078	-,099	-,236	-,205	,180
Vous êtes satisfait des concours d'aptitude professionnelle comme moyen d'avancement	,596	,459	,118	-,044	,203	-,117	-,005	-,046	-,100	,274	-,105
Vous avez choisi le travail que vous faites	,581	,109	-,265	,323	-,088	,283	,363	,198	,061	-,004	,122
Vous êtes satisfait de la manière dont votre travail est évalué	,571	,107	,026	,146	-,414	-,123	-,078	-,115	,103	-,274	-,189
Le travail dans votre service est organisé	,557	,010	,073	,343	,051	-,058	-,210	-,221	-,164	-,111	,304
Votre niveau de reconnaissance des responsabilités juridiques de votre emploi est satisfaisant	,543	,095	-,143	-,011	-,257	-,234	-,172	,324	-,220	-,063	,123
Votre salaire par rapport à vos besoins propre (charges liées à votre vie) est satisfaisant	,533	,509	,166	-,125	-,118	-,093	,069	,054	,317	-,071	,004
Vous avez choisi le service dans lequel vous travaillez	,517	,200	-,318	,294	-,095	,370	,320	,157	-,023	,020	,167
La possibilité de prendre des décisions de votre propre initiative	,511	,358	-,137	-,040	,295	-,132	,137	-,029	-,290	-,250	,213
Les effectifs dans le service sont suffisants	,508	-,118	-,165	,454	,021	-,102	-,022	-,027	,236	,083	,111
Vous obtenez des informations de vos collègues	,502	-,422	,043	-,030	,056	-,090	,211	,270	,093	,045	-,337

Pour procéder à l'épuration des échelles de mesure, deux règles reposant sur l'importance des variables initiales dans la formation des facteurs, apparaissent fréquemment dans les travaux de validation de questionnaires à échelles multiples:

- L'élimination des items ayant des contributions supérieures à 0,3 sur plusieurs facteurs, ou aucune contribution atteignant ce seuil sur l'un des facteurs principaux retenus [25]
- L'élimination des items ayant aucune contribution supérieure ou égale à 0,50 sur l'une des composantes principales identifiées ([11]; [21]). Cette élimination permet de conserver les items qui rendent compte de l'information la plus importante possible tout en condensant au mieux l'échelle. Ce dernier aspect vise à fournir un questionnaire allégé afin d'améliorer les taux de réponse du Questionnaire.

Au départ, l'ACP ne fait pas apparaître une structure factorielle claire. Aussi l'examen des contributions factorielles de chaque item sur les facteurs permet d'identifier les items qui sont mal représentés par les facteurs et qui doivent être éliminés.

Ensuite une deuxième itération a été réalisée par une analyse factorielle en composantes principales avec rotation varimax sur les items restants. Ce processus itératif a été reproduit jusqu'à l'identification d'une structure factorielle plus claire, c'est-à-dire que la procédure est arrêtée lorsqu'aucun item n'est à éliminer. Celle-ci a pris fin à la huitième itération.

Les résultats de l'ACP à la fin de la huitième itération donnent une structure factorielle à 5 dimensions qui restituent 80,25% de la variance totale, pour un coefficient KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) de 0,768, et montrent que l'ensemble des items présentent une bonne qualité de représentation (> 0,50) (tableau 5).

Tableau 5 : Variance totale expliquée

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus			Somme des carrés des facteurs retenus pour la rotation		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	4,669	33,351	33,351	4,669	33,351	33,351	2,772	19,799	19,799
2	2,207	15,764	49,115	2,207	15,764	49,115	2,682	19,157	38,957
3	1,982	14,159	63,274	1,982	14,159	63,274	2,518	17,987	56,944
4	1,225	8,753	72,027	1,225	8,753	72,027	1,729	12,353	69,297
5	1,151	8,222	80,249	1,151	8,222	80,249	1,533	10,952	80,249
6	,611	4,366	84,615						
7	,470	3,360	87,975						
8	,397	2,838	90,813						
9	,338	2,415	93,228						
10	,268	1,911	95,139						
11	,219	1,565	96,704						
12	,171	1,219	97,923						
13	,153	1,095	99,018						
14	,138	,982	100,000						

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

Nous désirons toutefois être certains de bien choisir le bon nombre de facteurs à extraire. Nous regardons donc le graphique des valeurs propres et examinons où se situe la rupture du coude de Cattell. Nous voyons un changement après le sixième facteur. Nous retenons donc nos cinq facteurs pour l'analyse.

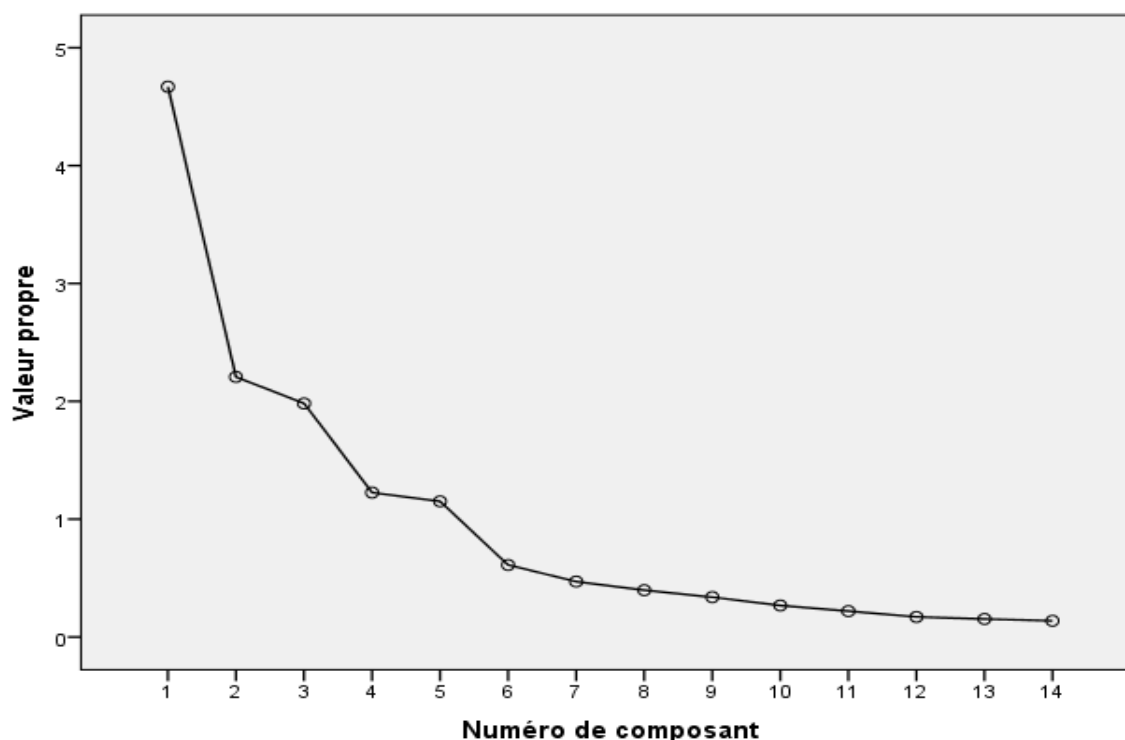


Figure 6 : Graphique des valeurs propres

Pour simplifier et clarifier la signification de chaque facteur, nous avons procédé à une rotation orthogonale Varimax qui permet d' « optimiser les saturations ou loadings dans chaque composante en maximisant les écarts entre saturations. L'objectif est d'obtenir au final des saturations proches de 1 ou de 0 (...) » [13]. (Tableau 6)

**TABEAU 6 : MATRICE DES COMPOSANTES APRES ROTATION<sup>a</sup>**

	Composante				
	1	2	3	4	5
Vous êtes satisfait de votre salaire par rapport à l'importance de votre travail	,886	-,010	,101	,123	,023
Vous êtes satisfait de votre rémunération	,861	-,012	,139	,022	,134
Votre salaire par rapport à vos besoins propre (charges liées à votre vie) est satisfaisant	,796	,122	,051	,169	,022
Vous êtes satisfait des concours d'aptitude professionnelle comme moyen d'avancement	,664	,211	,018	,141	,201
Vous disposez d'informations concernant les résultats de votre service	,112	,915	,159	,090	,076
Vous disposez d'informations concernant les objectifs de votre service	,099	,907	,117	,131	,112
Vous disposez d'informations concernant les stratégies de votre service	,049	,905	,111	,179	,075
Vos collègues sont amicaux	,077	,171	,926	,026	,069
Vos collègues s'encouragent mutuellement	,044	,044	,891	,038	,110
Vous êtes satisfait de la manière dont vos collègues s'entendent entre eux	,159	,160	,865	,038	,074
Vous avez choisi le service dans lequel vous travaillez	,172	,146	-,011	,904	,108
Vous avez choisi le travail que vous faites	,200	,208	,102	,876	,067
Les locaux sont adaptés	,071	,101	,091	,029	,867
Le matériel à votre disposition est adapté	,199	,103	,126	,139	,812

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

Méthode de rotation : Varimax avec normalisation de Kaiser. <sup>a</sup>

a. La rotation a convergé en 5 itérations.

Cette structure factorielle est claire et explique une part importante de l'information. Également, le tableau 6 indique que les items ont des contributions factorielles claires et supérieures à 0,50 sur chaque facteur commun. Chaque item associé à un facteur a une saturation forte sur ce seul axe factoriel. Ensuite, le processus d'épuration a été poursuivi par l'examen de la fiabilité des 5 dimensions dégagées par l'ACP.

#### 4.2 L'ANALYSE DE LA FIABILITÉ

La fiabilité de l'échelle de mesure est vérifiée en calculant l'alpha de Cronbach pour chaque facteur retenu et pour l'ensemble de l'échelle. (Tableau 7)

Les indices de fiabilité des facteurs retenus dans notre étude sont largement supérieurs à la norme de 0,6. Ils sont compris entre **0,681** et **0,931**. L'alpha de Cronbach est satisfaisant, donc les items sont corrélés et cohérents entre eux, ils peuvent être additionnés pour former un score d'échelle [11].

Quant à l'échelle totale, elle présente une bonne fiabilité avec un alpha de Cronbach de **0,842**.

La qualité de ce coefficient est une condition nécessaire pour pouvoir associer les items de ces cinq échelles au sein d'un même questionnaire afin de calculer ensuite un score globale de satisfaction à l'égard de la satisfaction du personnel.

**TABEAU 7 : STATISTIQUES DE FIABILITE**

	Alpha de Cronbach	Alpha de Cronbach basé sur des éléments normalisés	Nombre d'éléments
<b>Composante 1</b>	<b>0,841</b>	<b>0,842</b>	<b>4</b>
<b>Composante 2</b>	<b>0,931</b>	<b>0,931</b>	<b>3</b>
<b>Composante 3</b>	<b>0,900</b>	<b>0,900</b>	<b>3</b>
<b>Composante 4</b>	<b>0,681</b>	<b>0,681</b>	<b>2</b>
<b>Composante 5</b>	<b>0,852</b>	<b>0,852</b>	<b>2</b>
<b>Echelle totale</b>	<b>0,844</b>	<b>0,844</b>	<b>14</b>

Ainsi, il devient possible de conclure que tous les énoncés partagent une notion commune, c'est-à dire que chaque item présente une cohérence avec l'ensemble des autres énoncés de l'échelle à laquelle il appartient.

Une fois que les poids ont été bien identifiés dans la matrice, la structure des facteurs est établie à partir des variables qui ont un poids significatif à l'intérieur de la colonne de chacun de ceux-ci. À l'aide du questionnaire et du libellé exact des items, on doit regarder les variables associées et tenter de nommer le construit latent mesuré par le facteur. Ainsi cette nomination se présente comme suit :

Le facteur 1 représente : Rémunération et Gestion de carrière

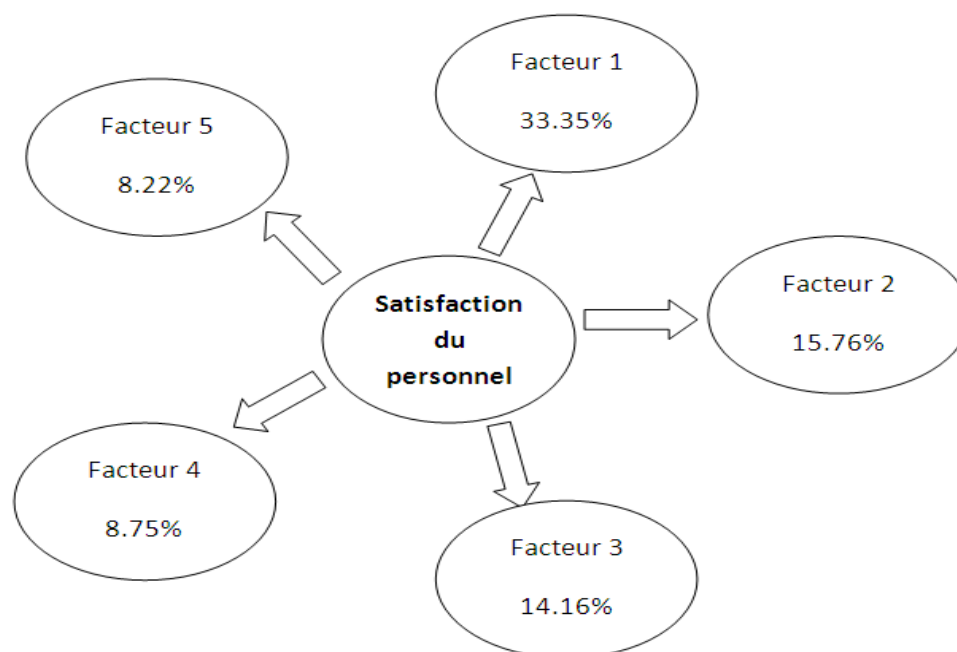
Le facteur 2 représente : Information sur le travail

Le facteur 3 représente : Relation dans le travail

Le facteur 4 représente : Choix du travail et du service

Le facteur 5 représente : Conditions de travail

Nous pouvons maintenant représenter les facteurs de la satisfaction du personnel des administrations publiques au Maroc ainsi que leur explication de la variance totale (figure 5)



**Figure 5: Les facteurs de la satisfaction du personnel des administrations publiques au Maroc**

## **5 DISCUSSION DES RESULTATS ET CONCLUSION**

L'objectif de cette recherche est de proposer un outil de mesure valide permettant d'évaluer la satisfaction du personnel des administrations publiques Marocaines. La génération des items s'est fondée sur la revue de la littérature ainsi que des discussions avec plusieurs fonctionnaires. Nous avons sélectionné 38 items censés mesurer cette satisfaction, ils sont répartis sur cinq dimensions.

Pour épurer notre échelle de mesure, nous avons procédé à l'analyse factorielle en composantes principales et à la fiabilité des échelles de mesure par le calcul du coefficient alpha de Cronbach. Les résultats révèlent une structure en 5 dimensions du construit de la satisfaction du personnel : Rémunération et Gestion de carrière (4 items), Information sur le travail (3 items), Relation dans le travail (3 items), Choix du travail et du service (2 items), et Conditions de travail (2 items). Au total 14 items ont été retenus et 24 exclus.

La dimension formation et compétences a été exclue dans cette phase exploratoire ce qui permet de dire que cette dimension contribue faiblement à l'explication de la satisfaction du personnel dans les administrations publiques Marocaines et que les fonctionnaires ne donnent pas d'importance à cette dimension du fait qu'elle est quasiment inexistante, la même chose pour l'utilisation des compétences. De plus la dimension « conditions, l'organisation et le contenu du travail » a été décomposée en deux facteurs : Choix du travail et du service, et Conditions de travail.

La dimension « Rémunération et Gestion de carrière » est la dimension la plus importante chez les fonctionnaires, elle permet d'expliquer à elle seule 33,35% de la variance totale.

Les résultats de cette phase exploratoire ont abouti au développement d'une échelle de mesure fiable. L'étape confirmatoire nous permettra donc de vérifier ces résultats et de tester la validité et la fiabilité du construit mesuré. Il s'agira notamment de tester dans quelle mesure l'échelle proposée permet effectivement de prédire la satisfaction du personnel des administrations publiques Marocaines.

Il nous paraît important de signaler quelques limites de cette recherche

- La taille de l'échantillon (n= 237) ne permet pas d'avoir un échantillon représentatif de la population étudiée surtout le nombre important des fonctionnaires, il ne garantit pas la stabilité des résultats. Il est possible qu'avec un plus grand échantillon les résultats seront améliorés et les tendances statistiques pourraient devenir plus significatives.
- La recherche a concerné seulement le personnel au niveau de la région du grand Casablanca-Settat, il faut élargir le champ d'étude incluant d'autres régions afin de confirmer les résultats obtenus.

Nous souhaitons à cet égard élargir le champ d'investigation à d'autres administrations publiques.

## REFERENCES

- [1] Benhanana .E, Houfaïdi. S, (2014), Application du modèle qualité (CAF) dans les administrations publiques: cas du Maroc, ScienceLib Editions Mersenne, 6, N ° 141114.
- [2] Churchill G.A. (1979), A paradigm for developing better measures or marketing constructs, *Journal of Marketing Research*, 16, 1 64 – 73.
- [3] Peretti, Jean-Marie, 2002. « Ressources humaines », Librairie Vuibert, Paris.
- [4] Vallée, Geneviève, 2007. « La gestion de l'attraction et de la rétention de la main-d'oeuvre au sein de la fonction publique québécoise », Document de recherche réalisé pour l'ARUC, innovations, travail et emploi, document no 2007-004.
- [5] Locke E.A. (1976), "The Nature and Causes of Job Satisfaction", dans Dunnette M.D. (ed), *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*, Chicago, Rand McNally, 1297-1349.A. R. Jennings, *Financial Accounting*, Cengage Learning EMEA, 2001.
- [6] Durrieu, François, 2000. Un Modèle Globale de la Satisfaction au Travail : Différence de Perception entre Commerciaux et Dirigeants », Document de travail, Université Ca' Foscari, Venezia, 24 novembre 2000.
- [7] Brief, Arthur P. et M. Weiss, 2002. "Organizational Behavior: Affect in the Workplace", *Annual Review of Psychology*, vol. 53, p. 279-307.
- [8] Lévy-Garboua, L., Montmarquette, C., & Simonnet, V. (2007), "Job satisfaction and Quits", *Labour Economics*, no 14, p. 251-268.
- [9] Spector, P. E., 1997. "Job satisfaction: Application, assessment, cause, and consequences", Thousand Oaks, CA: Sage, 96 pages.
- [10] Clarc, A. E., 2004. « What makes a good job? Evidence from OECD countries », Document de travail no 2004-28, Centre National de la Recherche Scientifique, École des Hautes Études en Sciences Sociales, École Normale Supérieure, Paris.
- [11] Evrard, Y.,Pras, B., Roux, E., Choffray, J.M. et Dussaix, A.M. (1993). *Market, études et recherches en marketing, fondements,méthodes*. Paris : Nathan, collection : Connaitre et pratiquer la gestion.
- [12] Evrard Y., Pras B. et Roux E. (2000), *Market : Etudes et recherches en marketing*, Dunod.
- [13] Jolibert A., Jourdan P. (2006), *Marketing research, Méthodes de recherche et d'études en marketing*, Dunod, Paris.
- [14] Cronbach, L.J. (1951), Coefficient alpha and the internal structure of tests », *Psychometrika*, 16, (3), 297-334.
- [15] Galtier V. (2005), Comment mesurer l'apprentissage de groupe ? Construction d'une échelle de mesure bi-dimensionnelle, Cahier n°348, Université Paris IX Dauphine, Centre de recherche DMSP.
- [16] Field A. (2009), *Discovering statistics using SPSS Third edition*, SAGE Publication, London.
- [17] Galtier V. (2003), Proposition d'une échelle de mesure contextualisée de l'apprentissage d'équipe : Une analyse exploratoire, Cahier n°321, Université Paris IX Dauphine, Centre de recherche DMSP.
- [18] Philippeau, G. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. Paris : ITCF.
- [19] Evrard Y., Pras B., Roux E. (2003), *Market Etudes et recherches en marketing*, 3ème édition, Dunos.
- [20] Roussel, P. (1996), « Application de l'analyse factorielle confirmatoire sous Lisrel à la validation d'un questionnaire », Actes de la XIIIème Journées Nationales des IAE, tome 2.
- [21] EVRARD Y., Pras B. et Roux E. ; 1997 ; *Market – Etudes et recherches en marketing*
- [22] (2ième édition) ; Paris : Nathan.
- [23] Nunnally J.C. (1978), *Psychometric theory*, New York, Mac Graw-Hill

- [24] Fayers, P.M. et D. Machin. Quality of life. Assessment, analysis and interpretation, Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 2000, 404p.
- [25] Kaiser H., Rice J. (1974), « Little Jiffy Mark 4 », Educational and Psychological Measurement, n°34, p. 111-117.
- [26] Blau, G., Paul, A. et St. John, N.(1993). On developing a general index of work commitment. Journal of Vocational Behavior, 42(3): 298-314.
- [27] Scarpello, V., Huber, V. et Vandenberg, R.J. (1988). Compensation satisfaction: its measurement and dimensionality. Journal of Applied Psychology, 73(2), 163-171.

## Antioxidant Capacity of Methanol Extract of Turkish Endemic Species *Origanum haussknechtii*

A. Köseoglu<sup>1</sup>, T. Taskin<sup>1</sup>, N. Sadikoglu<sup>2</sup>, and Leyla Bitis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Marmara University, 34668, Turkey

<sup>2</sup>Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, İnönü University, Malatya, Turkey

Copyright © 2016 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 aim of this study is to reveal antioxidant capacity of methanol extract of *Origanum haussknechtii* aerial parts. The antioxidant capacity of methanol extract were assayed with various methods, metal chelating capacity, DPPH free radical and ABTS radical cation scavenging activity, including total phenolic compound contents by Folin – Ciocalteu reagent (FCR). The obtained results were compared with standard antioxidants such as Ascorbic acid, BHT and EDTA. The methanol extract of *O.haussknechtii* aerial parts showed free radical scavenging activity similar to that of BHT. Also, this extract exhibited strong ABTS radical cation activity. As a conclusion of this study, the methanol extract of *O.haussknechtii* has beneficial effects on metal chelating, ABTS radical cation , DPPH radical scavenging abilities and may thus exert protection against oxidative damage.

**KEYWORDS:** *O.haussknechtii*, DPPH, ABTS, metal chelating, total phenolic contents.

### 1 INTRODUCTION

Antioxidants are compounds that can delay or inhibit the oxidation of lipids or other molecules by inhibiting the initiation or propagation of oxidizing chain reactions. In general, there are two basic categories of antioxidants, natural and synthetic [1].

Synthetic antioxidants, such as butylatedhydroxy anisole (BHA), butylatedhydroxy toluene (BHT) and tert-butyl hydroquinone (TBHQ), are widely used in food industry to retard or minimize oxidative deterioration of foods. However, consumers have rejected synthetic antioxidants due to their suspected toxic and carcinogenic effects [2].

Natural antioxidants properties are mainly attributed to their phenolic contents, thus their antioxidants action is similar to synthetic phenolic antioxidants. Phenolic compounds are well known as radical scavengers, metal chelators, reducing agents [3]. Therefore, natural antioxidants can protect the human body from free radicals and could retard the progress of many chronic diseases as well as lipid oxidative rancidity in foods [2].

The genus *Origanum* (Lamiaceae) is represented throughout the world by 41 species, and in Turkey by 23 species or 32 taxa, 21 being endemic to Turkey [4]. Members of the genus *Origanum* (Lamiaceae family) are among the most important aromatic plants in worldwide. Many *Origanum* species are characterized by a wide range of volatile secondary metabolites and by the existence of chemical differences with respect to both essential oil content and composition [5].

*Origanum* species are traditionally used as a spice and furthermore, they are used as an expectorant, antispasmodic, sweater, antiseptic in the treatment of gastrointestinal and respiratory tract diseases. *Origanum* species have recently been great of interest, in both academia and the food industry as potential natural additives, to replace synthetic products because of their good antimicrobial and antioxidant properties [4,6].

*Origanum haussknechtii* Boiss. (Lamiaceae) is an endemic species to Turkey, which can grow up to 50 cm long [7]. In Turkish folk medicine, the leaves of *Origanum haussknechtii* are used as herbal tea [8].

The aim of this study is to reveal antioxidant activity of methanol extract from *Origanum haussknechtii* aerial parts. The antioxidant activity of methanol extract were assayed with various methods, metal chelating, ABTS (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) free radical scavenging activity, including total phenolic compound contents by Folin – Ciocalteu reagent (FCR).

## **2 MATERIALS AND METHODS**

### **COLLECTION OF PLANT MATERIAL**

*Origanum haussknechtii* Boiss. aerial parts were collected from Erzincan, Turkey and was identified by Assist. Prof. Dr. Narin Sadıkoğlu. Voucher specimens are deposited in the herbarium of the Faculty of Pharmacy, İnönü University, herbarium code numbers: *Origanum* 2009/002.

### **PREPARATION OF THE EXTRACTS**

The aerial parts of *Origanum haussknechtii* were extracted with methanol by maceration at room temperature for 7 days stirring several times until the solvent become colorless. The liquid combined extracts were filtered and evaporated to dryness under reduced pressure at 50 °C in a rotary evaporator. The crude extract was then transferred to vial and kept at +4 °C. This crude extract was dissolved in solvent (methanol) and used for the assessment of antioxidant activity.

### **DPPH• RADICAL SCAVENGING ACTIVITY**

The DPPH• radical scavenging activity of methanol extract from *O.haussknechtii* aerial parts was measured by the DPPH• method proposed by Wei et al. [9]. According to the results of scanning the spectrum obtained in this study, DPPH• exhibited a strong absorption band ( $\lambda_{max}$ ) at 517 nm. A solution of DPPH• in methanol (0.1 mM) was prepared and 3.9 mL of this solution was added to 0.1 mL of extract in solution across a variety of concentrations. After thirty minutes, the absorbance value was read at 517 nm. A lower absorbance shows a higher occurrence of DPPH• radical scavenging activity. The  $IC_{50}$  value is inversely correlated to antioxidant ability of extract. A lower  $IC_{50}$  value reveals higher antioxidant activity.

### **ABTS<sup>•+</sup> RADICAL CATION SCAVENGING ACTIVITY**

The ABTS<sup>•+</sup> assay was performed according to the method developed by Re et al. [10]. This assay is based on the formation of the free radical cation ABTS<sup>•+</sup> by reaction of ABTS aqueous solution (7mM) with  $K_2S_2O_8$  (2.45 mM), at room temperature, under darkness, for 12–16 hours. This stock solution was diluted with methanol to an absorbance of  $0.700 \pm 0.020$  at 734 nm. The reaction mixture comprised 3.96 mL of ABTS<sup>•+</sup> solution and 0.04 mL of the extract at a variety of concentrations. After six minutes, the absorbance value was read off at 734 nm.

### **METAL CHELATING ACTIVITY**

The ferrous ions ( $Fe^{2+}$ ) chelating assay was performed according to the method developed by Dinis et al. and modified slightly [11]. The extract and standard (EDTA) (200 $\mu$ L) were added to 50  $\mu$ L of  $FeCl_2$  (2 mM) solution. The reaction was initiated by the addition 200  $\mu$ L of ferrozine (5 mM), left standing at ambient temperature for five minutes. Then, methanol was added to this mixture until a final volume of 4 mL was achieved. According to the results of scanning the spectrum obtained in this study, the absorbance of the this mixture showed a strong absorption band ( $\lambda_{max}$ ) at 562 nm. The mixture was left standing at ambient temperature for a further ten minutes. Then, the absorbance was measured at 562 nm.

### **DETERMINATION OF TOTAL PHENOLIC COMPOUNDS**

The amount of total phenolic compounds in the *O.haussknechtii* methanol extract was determined according to the method of Slinkard and Singleton [12]. 0.1 mL of extract solution was diluted with distilled water (4.6 mL). 0.1 mL of Folin-Ciocalteu reagent (diluted 1:3, v/v) was added. Then, 3 mL of  $Na_2CO_3$  (2.0 %) were added and the mixture was left standing at ambient temperature for 2 hours. The absorbance value was read at 760 nm. Results were expressed as milligrams of total

phenolics per gram extract (mg GAE/g extract). The calibration equation for gallic acid was absorbance =  $2.395x - 0.027$  ( $R^2 = 0.9995$ ).

#### STATISTICAL ANALYSIS

All data are the average of analyses in triplicate. The data were recorded as mean  $\pm$  standard deviation and analyzed by the Graphpad Prism 5 Demo. The significance of the difference between means was determined by Tukey's Multiple Comparison Test ( $P < 0.05$ ).

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

#### TOTAL PHENOLICS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY

The antioxidant activity of methanol extract from *O.haussknechtii* aerial parts was assayed with various methods, metal chelating, ABTS radical cation and DPPH free radical scavenging activity, including total phenolic compound contents by Folin – Ciocalteu reagent (FCR). The results obtained in this study are summarized in Table 1.

**Table 1. Metal chelating, DPPH radical scavenging, ABTS radical cation scavenging activities and the amount of total phenolic compounds (PC) (as gallic acid equivalents) of methanol extracts from *O.haussknechtii* aerial parts.**

Extracts/ Standarts	Metal chelating activity (%)	DPPH (IC <sub>50</sub> : mg/mL)	ABTS (IC <sub>50</sub> : mg/mL)	PC (mg/g extract)
Methanol extract	31.14 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	0.32 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.75 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	210.3 $\pm$ 0.5
EDTA	96.19 $\pm$ 0.7 <sup>b</sup>			
BHT		0.32 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>		
Ascorbic acid		0.09 $\pm$ 0.006 <sup>c</sup>	0.19 $\pm$ 0.005 <sup>b</sup>	

These values were the mean values of three replicates  $\pm$  standard deviation. Different superscript letters in each column exhibit significant differences in mean values at  $P < 0.05$  according to Tukey's Multiple Comparison test.

The free radical scavenging capacity of methanol extract of the plant was measured by DPPH assay. Butylated hydroxytoluene and ascorbic acid were used as standards. The DPPH radical scavenging capacity of the methanol extract and standards showed the following order: ascorbic acid (IC<sub>50</sub>:0.09 $\pm$ 0.006 mg/mL) > BHT (IC<sub>50</sub>:0.32 $\pm$ 0.03 mg/mL) = methanol extract (IC<sub>50</sub>: 0.32 $\pm$ 0.02 mg/mL). The methanol extract of *O.haussknechtii* aerial parts showed free radical scavenging activity similar to that of BHT.

The percentages of ferrous ion chelating capacity of mg/mL concentration methanol extracts from *O.haussknechtii* aerial parts and EDTA are shown in Table 1. The metal chelating activity of the methanol extract and the standard compounds at the mg/mL concentration are exhibited in the following order: EDTA (96.19 $\pm$ 0.7%)> methanol extract (31.14 $\pm$ 0.8%). The methanol extract showed lower metal chelating capacity than EDTA.

ABTS radical cation assay was used for the antioxidant capacity of plant extract. The ABTS radical cation scavenging capacity of methanol extract was measured according to the method of Re et al. [10]. Ascorbic acid was used as a standard. The ABTS radical cation scavenging activity of methanol extract is shown in Table 1. The ABTS radical cation scavenging effects of the methanol extract and standard are in the following order; ascorbic acid (IC<sub>50</sub>: 0.19 $\pm$ 0.005 mg/mL)>methanol extract (IC<sub>50</sub>: 0.75 $\pm$ 0.04 mg/mL). The methanol extract showed lower ABTS radical cation activity than ascorbic acid.

The total phenolic compounds in the methanol extract were determined from the regression equation of calibration curve ( $Y = 2.395x - 0.027$  ( $R^2 = 0.9995$ )) and expressed in gallic acid equivalents (GAE). The amount of total phenolic compounds in methanol extract are shown in Table 1.

On the other hand, to the best of our knowledge, there are only two reports in literature on the endemic *Origanum haussknechtii* [7,13]. It was reported that the composition of the water-distilled essential oil of *O.haussknechtii* was analysed by GC and GC/MS. p-cymene (15.56 %) and borneol (14.24 %) were characterised as the main constituents. Also, the antioxidant activities of water and methanol extracts from *O.haussknechtii* have been reported before [7]. In this study, the methanol extract of *O. haussknechtii* showed higher TBA test using the lipid peroxidation of liposomes and trolox equivalent antioxidant (TEAC) activity than the water extract. However, in our current study, the antioxidant capacity of methanol

extract of *O.haussknechtii* were assayed with different methods; DPPH free radical scavenging activity, metal chelating activity and ABTS radical cation scavenging activity. The antioxidant activity of methanol extract according to the results obtained from this study showed similar to with the literature [7]. Bioactive compounds in methanol extract were not identified in this study. In further studies, the phenolic compounds in methanol extract will be identified by ESI-Q-TOF LC/MS. The methanol extract of *O. haussknechtii* could be useful as an antioxidant agent in the future.

#### 4 CONCLUSION

The methanol extract of *O.haussknechtii* aerial parts showed free radical scavenging activity similar to that of BHT. Also, this extract exhibited strong ABTS radical cation activity. Therefore, after examining the toxic effects on different normal cell line of the methanol extract, it is believed that this extract might be a potential source of antioxidant agents.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This research was financially supported by the Marmara University Scientific Research Committee (Project No: SAG-C-YLP-101012-0324)

#### REFERENCES

- [1] W. Zheng, S.Y. Wang, Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs, *J. Agric. Food Chem.* 2001, 49, 5165-5170.
- [2] A.Z.M. Badee, R.K. Moawad, M.M. ElNoketi, M.M. Gouda, Antioxidant and antimicrobial activities of marjoram (*Origanum majorana* L.) Essential Oil, *Journal of Applied Sciences Research*, 2013, 9(2), 1193-1201.
- [3] P.C. Elena, J. Rocio, E.P. Julio, V. Manuel, Antioxidant activity of seed polyphenols in fifteen wild Lathyrus species from South Spain, *Food Sci. Technol*, 2009, 42, 705-709.
- [4] T. Askun, G. Tumen, F. Satil, M. Ates, *In vitro* activity of methanol extracts of plants used as spices against *Mycobacterium tuberculosis* and other bacteria, *Food Chemistry*, 2009, 116 (1), 289-294.
- [5] B. Aslim, *In vitro* antimicrobial activity of essential oil from endemic *Origanum minutiflorum* on ciprofloxacin-resistant *Campylobacter* spp., *Food Chemistry*, 2008, 107, 602-606.
- [6] S. Kordali, A. Cakir, H. Ozer, R. Cakmakci, M. Kesdek, E. Mete, Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene, *Bioresource Technology*, 2008, 99 (2008), 8788-8795.
- [7] N. Küçükboyacı, M. M. Hürkul, A. Köroğlu, M. Vural, A Preliminary Study on the Antioxidant activity of *Origanum haussknechtii* Boiss., *Turk J Pharm Sci.* 2014, 11(3), 355-360.
- [8] H. Cetin, A. Yanikoglu, A study of the larvicidal activity of *Origanum* (Labiatae) species from southwest Turkey, *Journal of Vector Ecology*, 2006, 31 (1), 118-122.
- [9] F. Wei, C. Jinglou, C. Yaling, L. Yongfang, C. Liming, P. Lei et.al., Antioxidant, free radical scavenging, anti-inflammatory and hepatoprotective potential of the extract from *Parathelypteris nipponica* (Franch.etSav.) Ching, *Journal of Ethnopharmacology*, 2010, 130, 521-528.
- [10] R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, C. Rice-Evans, Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Free Radical Biology & Medicine*, 1999, 26, 1231-1237.
- [11] TC. Dinis, VM. Maderia, LM. Almeida, Action of phenolic derivatives (acetoaminophen, salicylate and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers, *Arch. Biochem. Biophys*, 1994, 315, 9-61.
- [12] K. Slinkard, VL. Singleton, Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods, *American Journal of Enology and Viticulture*, 1977, 28, 49-55.
- [13] K. H. C. Baser, M. Kürkçüoğlu, G. Tuman, Composition of the essential oil of *Origanum haussknechtii* Boiss., *Journal of Essential Oil Research*, 1998, 10(2), 227-228.

## ENERGY BALANCED CLUSTERING ALGORITHMS ON LEACH PROTOCOL FOR WSN

*Dilip Charaan<sup>1</sup>, R. Ramesh<sup>2</sup>, and E. Uma<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Research Scholar, College of Engineering Guindy, Chennai-25, India

<sup>2</sup>Associate Professor, Dept of Electrical and Electronics Engineering, Anna University, Chennai-25, India

<sup>3</sup>Assistant Professor, Dept of Information Science and Technology, Anna University, Chennai-25, India

---

Copyright © 2016 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 rise of wireless sensor networks (WSN) is one of the leading innovations that postures different breed of intrusions, vitality and better performances in the nearing decades. However, in WSN, energy plays a vital role in transmitting data between sources. Also several communication protocols are available in cluster based for energy conservation and it varies depending on its application. Among the routing protocols, LEACH is chosen so that the vitality problem can be minimized. Few enhancements to improve its efficiency and ability to deliver data without packet loss is achieved to a greater extent. Increasing their energy through Solar means will prolong the network lifetime. Different enhanced LEACH protocols are collated to increase node alive rate, packet delivery ratio, and average residual energy, throughputs. The above parameters are derived for the R-LEACH, solar powered R-S-LEACH and SLEEP LEACH. The results are obtained using Network Simulator-2.

**KEYWORDS:** WSN, Clustering, LEACH, Solar powered, PDR, number of alive nodes, balanced network.

### 1 INTRODUCTION

Wireless Sensor Network (WSN) is an emerging technology for attracting the researchers with its challenges and different application domains. Wireless sensor network (WSN) is a self-organized network created by a large number of sensors that are deployed randomly in monitoring regional through wireless communication [2].

With its wide application in military observation, medicinal guide, logistics management, environmental observing, farming and other business regions, Wireless Sensor Networks has turned into the furthestmost technology in the field of correspondence and computer research. Sensor nodes depend on battery power supply, their correspondence capacity and energy battery limit are extremely constrained and so how to use the energy of nodes proficiently, adjust the network energy utilization and expand the network lifetime has turned into an essential configuration objective for wireless sensor networks [1].

WSN contains a battery operated sensor device with information handling and handing over parts. Sensor nodes can be utilized in a controlled situation, where inspection and surveillance are discriminated or in an uncontrolled situation. In the latter situation security for sensor nodes is very essential to a great extent. The expense lies on the parameters like battery, memory size etc. The sensor nodes are a system containing hundreds of nodes which upgrade the quality of the system. The sensor nodes do information handling and sense the conditions where they are placed. These also change the information into electronic signals and these signs get transmitted over radio waves to the base station (BS). It is uneconomical to send the respective information uncomplicatedly to the base station as sensor nodes are energy bound. The nodes surrounding the base station (neighboring sensors) produce large amount of information [7]. In these expansive systems, the amount of information created is colossal for the base station. To overcome this problem, information is collected at the nodes. Hence one among the node has to collect all the information and send it to the base station. If the network area is immense, only

one node acts as the Cluster Head (CH) it drains the battery in few milliseconds. So, the network cannot be operated. To overcome this problem, numerous routing protocols are proposed [4].

## 2 LEACH PROTOCOL AND ITS SIGNIFICANCE

The primary objectives of the wireless sensor networks routing protocol outline is to adjust system energy utilization and expanding the whole system lifetime. The lifetime of the network is examined by the viability of LEACH protocol in cluster head determination and proposes an enhanced clustering calculation. Indeed the effectiveness of information transmission and extending the system lifetime [4]. LEACH protocol, an emblematic hierarchical protocol is generally self-adaptive, self-organized and cost effective. If a network is painstaking there are many clusters and each cluster contains a cluster head as well as several non cluster heads [7]. Each cycle contains two stages: set-up phase and steady state phase.

### 2.1 SET-UP PHASE

During the setup phase, clusters are formed and one among them is selected as the Cluster Head. In the steady state phase, data is sensed which is then sent to the BS. LEACH protocol elects the CH from the cluster members randomly based on the energy level. CHs advertise themselves thereby forming a cluster. The CH using Time Division Multiple Access (TDMA) schedules the nodes under its cluster. The communication between various clusters is performed using the CH in a Code Division Multiple Access (CDMA) style. The CHs collect the data from the respective clusters and are aggregated before sending it to the base station (BS) or the CHs.

$$T(n) = \begin{cases} [p/(1-p)] * [r \bmod (1/p)] & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Here  $n$  denotes the identity of the nodes in the existing sensor network,  $p$  is the percentage of cluster head  $r$  is the present round number,  $G$  is the set of nodes that have not been elected as the cluster head in the last  $p-1$  rounds [2]. After determining the cluster head, it sends a broadcast message into the network, which has already recognized to be a cluster head. Each cluster member node decides to join with any nearby cluster according to the signal strength of the received message; in turn it sends a request message to the corresponding cluster head [11]. The cluster head receives all the messages sent by the nodes that are likely to join in the cluster, confirms them as members of the cluster. Later, it joins them in the routing table and allocated TDMA slots for the non cluster heads giving directions when it should transmit data.

### 2.2 STEADY STATE PHASE

The cluster members send data to the cluster head using single hop all through the allocated slot according to the TDMA table. The cluster head receives data altogether from all the nodes in the cluster. The CH fuses all the data into a single signal and transmits it to the base station. LEACH protocol comparatively has a trenchant function in energy consumption, while using the dynamic clustering in an active network. It maintains the data transmission in cluster which is responsible for reducing the energy consumed by communicating unswervingly in between the nodes and base station. Nonetheless, scarcity of energy in nodes occurs [6],[8].

## 3 NEED FOR ENHANCING TO R-LEACH

LEACH protocol uses the cluster head mechanism, the cluster heads are selected in random after several rounds of data transmission. The enduring energy of the nodes will have enormous difference in energy. Cluster heads or the nodes which are far away from the base station will devour additional energy in transmitting data of the same length comparatively. In case, if such nodes are selected as cluster heads, after some period of time they will scamper out of energy and become null. The network performance and the lifetime of the network get slumped if the number of null nodes increases.

Any source node communicates to its CH via intermediate node which might have low energy. The intermediate node with low energy may lose data packets when its energy falls below the threshold value and so the network load is said to be unbalanced. This intermediate node with low energy is termed as a Load node.

Therefore this network is called a balanced network, if this load node is replaced by another node with the highest energy in that cluster [9]. The substantial size and little energy that is stored in the sensor node which not only limits the processing speed but also the communication between two nodes.

#### 4 R-LEACH

Every source node communicates with its Cluster Head mainly through intermediate node which may have low energy. The intermediate node which has low energy might lose data packets when its energy falls below the threshold value, hence the network load is unbalanced. Therefore intermediate node with low energy is termed as the load node. Thus, this network is said to be a completely balanced network, if and only if this load node is replaced by an additional node with higher energy which is selected from the same cluster. It is of substantial size and small amount of energy is stored in the sensor node. The processing speed and communication between two nodes are limited.

The problem due to load node is considered and the solution for the former problem is determined. The new proposal is found to be more efficient than the conventional LEACH in many aspects. The results shown below are the simulation results which are determined using Network simulator 2. The proposed R-LEACH has a good Packet Delivery Ratio (PDR) and very good energy conservation capacity. The overall performance and lifetime of the nodes has increased which is followed life of the network. Energy of various nodes is tabulated and an experiment was conducted using the existing traditional LEACH and the proposed R-LEACH. The results show distinctly that the proposed method has low energy dissipation over time. This in turn increases the network lifetime and the data aggregation is found to be good. The algorithm for R-LEACH is explained below.

##### ALGORITHM FOR R-LEACH

```

1. The Cluster Head advertises them to be the same into the vast network in turn the Cluster Head sends the signal.
   CH → GRP: idCH, advmt
2. All the nodes in the network send their interest towards joining in the Cluster Head.
   Ai → CH : idAi , idCH, req_join
3. The Cluster Head sends the acknowledgement message along with their schedule for transmission
   CH →GRP: idCH, (. . . , hidAi , tAi , . . .), schedule
4. All the nodes transmit data to their Cluster Head during their stipulated schedule.
   Ai → CH : idAi , idCH, dAi
5. Determining the node with maximum energy
for((i=1;i<=n;i++))
do
MAX(E(Ai))
End for
Here E(Ai) stores the node with maximum energy.
6. In the network for any random nodes energy goes below the threshold then,
if(E(Ai) <= Ethreshold) where i → 1 to n
then
7. The nodes with more energy may be far away from the node that is about to fail. Nodes that are nearer to the node that is about to be fail has to be chosen for being efficient.
for((i=1;i<=n;i++))
do
MIN (dist(Ai,CH) )
End for
8. Now the energy in the nodes is in descending order and the distance in the ascending order.
9. Opting for the best
if [MAX(E(Ai) && MIN(dist) ]
then
CHnew=Ai where the node Ai has the maximum Energy E.
fi
done
10. The Cluster Head then aggregates the data and sends to the Base Station.
   CH → BS: idCH, idBS, F(. . . , dAi , . . .)

```

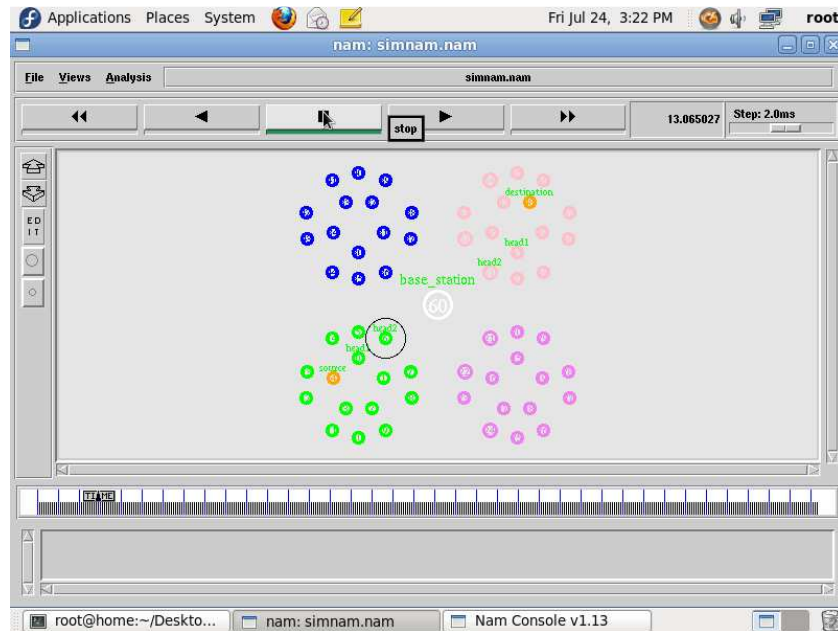


Figure 1 R-LEACH Cluster Formation & Communication

#### 4.1 ENERGY IN NODES

Nodes that are deployed in the sensor networks are homogeneous and they are found to be dependent on energy. The sensor networks are stationary and symmetric communication channel is utilized. The nodes with energy limitation affect the lifetime of the network. If a proper clustering technique is utilized, the network lifetime will get increased.

The energy of any sensor node can be defined as either total power consumed by any sensor node or power remaining for a sensor node after some cycles of transmission. Our proposed R-LEACH has good power conservation such that it results in prolonged network lifetime.

The energy consumed by any node for each cycle can be calculated by using the formula

$$E_{cur}(t) = \{E_{ini} - E_{res}(t)\} / D$$

where  $E_{ini}$  denotes initial energy of any node,  
 $E_{res}$  denotes residual energy of any node and  
 $D$  denotes current round of any node.

The energy level of load node is compared with the threshold value that has been already set. When the energy level is beyond threshold value then an alternate node replaces the load node. The inferences obtained from simulation for energy consumption of nodes are tabulated below.

#### 5 R-S- LEACH

The solar aware LEACH extends the lifetime of the sensor network by choosing the nodes that are connected with the solar panel. In the R-S-LEACH if the networks are grouped into  $k$  clusters thereby  $k$  cluster heads are formed respectively. In the first test, few nodes were connected with battery followed by the formation of clusters. In each and every cycle, a battery powered node was selected as the cluster head.

In the first case, 5 clusters were formed and those clusters had a CH. These Cluster Heads (CH) were managed to have a solar panel connected to it. Here the Cluster Head (CH) is found to have enough energy which is sufficient enough to act as the next Cluster Head. Since the LEACH protocol has a condition that once the node is selected it takes  $p$  rounds to become the next cluster. This protocol gives the chance for all the nodes to become the Cluster Head (CH) once for each and every round. As the initially elected CH is solar powered even if that particular node is exploited it gets ample amount of time to recharge and gets geared up to become the next cluster. Also these nodes were found to have energy to run successfully for few more rounds. The non Cluster Heads (nCH) alone will dissipate lot of energy when subjected to transmission.

As per the R-LEACH protocol, the nodes(Load node) connecting the Cluster Head to the BS or the BS to the CH are about to fail because of battery retreating below the threshold limit immediately a nearby energy filled node will act as the alternate node replacing the energy deficient load node. Finally, the transmission takes place without any problem and the chance for failure of this transmission network is very less. The results thus indicate that according to the R-S-LEACH, if a load node fails the alternate node will act as the same node , thereby continuing its task of transmitting unless the nCH nodes connecting the path fails due to energy deficiency. The steady improvement has been found especially in the network lifetime, thus the PDR has also increased.

**ALGORITHM**

1. The Cluster Head advertises them to be the same into the vast network in turn the Cluster Head sends the signal.  
CH → GRP: idCH, advmt
2. All the nodes in the network send their interest towards joining in the Cluster Head.  
A<sub>i</sub> → CH : idA<sub>i</sub> , idCH, req\_join
3. The Cluster Head sends the acknowledgement message along with their schedule for transmission  
CH →GRP: idCH, ( . . . , hidA<sub>i</sub> , tA<sub>i</sub> , . . . ), schedule
4. All the nodes transmit data to their Cluster Head during their stipulated schedule.  
A<sub>i</sub> → CH : idA<sub>i</sub> , idCH, dA<sub>i</sub>
5. Opting for the best  
if [ max(E(A<sub>i</sub>) && min(dist<sub>new</sub>) ]  
then  
nCH<sub>new</sub>=A<sub>i</sub> where the node A<sub>i</sub> has the maximum Energy E.  
fi  
done
6. The Cluster Head then aggregates the data and sends to the Base Station.  
CH → BS: idCH, idBS,F( . . . , dA<sub>i</sub> , . . . )
7. After P rounds if the residual energy is E<sub>res</sub> in conventional algorithms
8. If a solar panel is connected with initial energy E<sub>ini</sub>.  
Total energy in the node is given by E<sub>resd</sub>=E<sub>ini</sub>+ E<sub>sun</sub>  
E<sub>sun</sub> is the energy stored in the solar powered battery for the sunshine period  
sun<sub>period</sub>= sun<sub>stop</sub>-sun<sub>start</sub>
9. Resultant Residual energy after each round in total E<sub>tot</sub>= E<sub>resd</sub> - E<sub>loss</sub> where E<sub>loss</sub> is the energy utilized for each round, E is the initial energy given in the sensor node, E<sub>sun</sub> being the solar power and E<sub>resd</sub> the residual energy.
10. The traditional LEACH has a residual energy E<sub>res</sub> and the solar powered LEACH has a residual energy E<sub>resd</sub>.

The results always show E<sub>resd</sub> > E<sub>res</sub>. This means that the nodes that are solar powered have a better energy compared to the nodes without solar power. In the above case considering the energy in the nodes of each randomly formed dynamic network the Cluster Head (Node with maximum energy) is chosen and it is solar powered. After few rounds when the tests are performed, it is found that Energy<sub>c</sub> is always less than Energy<sub>avg</sub> as of in the traditional LEACH. After the Cluster Head is solar powered device the energy is found to be less (minor difference).

$$Energy_c < Energy_{avg} , \text{ where } Energy_{avg} = \sum_1^n Energy(i)$$

Secondly, few nodes, for example, 10 were chosen randomly in different geographical location and those nodes were connected with solar panel. Using the R-S-LEACH in the set-up phase the clusters were formed and almost in every round the battery powered nodes was elected as the Cluster Head (CH).The importance of the battery powered Cluster Head (CH) node is distinct.

$$Energy_c < Energy_{avg} , \text{ where } Energy_{avg} = \sum_1^n Energy(i)$$

In this case the residual energy in each random node is found to be nearly equal to the average energy for most of the nodes. Very rarely the present status of the energy in the nodes (Energy<sub>c</sub> ) is found to be less than the average energy (Energy<sub>avg</sub>).

Thirdly 60% of the nodes were solar powered which makes the nodes to be live for a longer period, thereby increasing the node alive rate. Most of the nodes (both CH and nCH possess a solar panel the communication takes place uninterruptedly).The sensor nodes always have surplus power, albeit discharging is high when the nodes are frequently exploited and it gets recharged immediately. Although all the nodes are connected with a natural energy source, the residual

energy remains high. Many nodes sustain for prolonged duration since the Cluster Head nodes are not only solar powered but also the non Cluster Head nodes. Eventually the systems lifetime increases, which not only increases the PDR but also the rate of alive nodes.

$$Energy_c > Energy_{avg} \parallel Energy_c \leq Energy_{avg}, \text{ where } Energy_{avg} = \sum_1^n Energy(i)$$

In this case most of the time all the nodes will have energy greater than the average energy in the cluster. When a random node is selected the energy in the node will be higher than the average energy. In very few nodes the present status of the residual energy is found to be less than or equal to the average energy.

Using the proposed R-S-LEACH the simulation was conducted and then the node density for various time intervals was plotted and the results clearly indicates the vast difference when compared to that of the traditional LEACH.

When compared with the above mentioned three cases, the last case has many sensor nodes connected to the solar panel, which works trenchantly when compared with the other two cases. Whereas in the first case few random nodes possess the solar panel and in the Second case only the Cluster Head and its alternate node are connected to the solar panel.

Table 1: Energy in Solar LEACH

R-S-LEACH (Solar powered nodes)	Initial Energy	Residual Energy	Average Energy
Case 1(Cluster Head)	50	35	38
Case 2(Random 10 nodes)	50	39	40
Case 3 (60% nodes)	50	45	46

## 6 SLEEP MECHANISM IN LEACH FOR WSN

After the nodes get split into groups or clusters, the nodes in each cluster will send their information in the stipulated time period one by one and after all the nodes finish sending information then the Cluster Head(CH) aggregates the data and then transmits to the Base Station (BS) .Similarly all the Cluster Heads perform the same. Finally, the Base Station (BS) will transmit the data. Here, the non Cluster Head (nCH) nodes transmit data only during their allocated time period. So the nodes can be made to sleep until their allocated time has arrived. If this procedure is followed for transmitting data then the nodes can conserve more energy.

### ALGORITHM

- The Cluster Head advertises them to be the same into the vast network in turn the Cluster Head sends the signal.  
CH → GRP: idCH, advmt
- All the nodes in the network send their interest towards joining in the Cluster Head.  
A<sub>i</sub> → CH : idA<sub>i</sub> , idCH, req\_join
- The Cluster Head sends the acknowledgement message along with their schedule for transmission  
CH →GRP: idCH, (. . . , hidA<sub>i</sub> , tA<sub>i</sub> , . . . ), schedule
- All the nodes transmit data to their Cluster Head during their stipulated schedule.  
A<sub>i</sub> → CH : idA<sub>i</sub> , idCH, dA<sub>i</sub>  
for((i=1;i<=n;i++))  
do  
A<sub>i</sub>=OFF  
done  
for((i=1;i<=n;i++))  
do  
if(schedule<sub>i</sub>==1)  
then  
A<sub>i</sub>=ON for t<sub>x</sub> time period  
fi  
if(A<sub>i</sub>!=schedule<sub>i</sub>)  
then  
A<sub>i</sub>=SLEEP  
fi
- The Cluster Head then aggregates the data and sends to the Base Station.  
CH → BS: idCH, idBS,F(. . . , dA<sub>i</sub> , . . . )

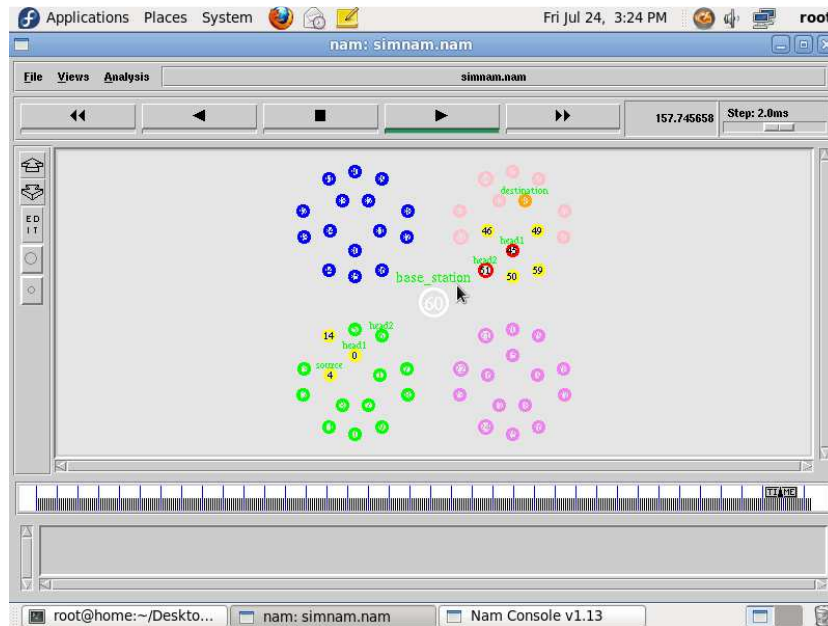


Figure 2: SLEEP-LEACH Cluster Formation & Communication

## 7 RESULTS AND DISCUSSIONS

The Simulation is performed using Network Simulator-2 also it is assumed that the nodes are randomly deployed in a square region. The Base Station is located in the centre of the deployed region. The other parameters are tabulated below.

Table 2: Simulation Parameters

Simulation Area	200*200
Nodes in number	100
Size of each packet	4000 bits
Energy in each node	1 joule
Cluster Head proportion	p=6%
Base station location	100,100
Number of nodes with 1.5 joules energy	5%
Number of nodes with Solar Panel connected	5%

The Energy consumed by each node using different protocols is listed below. The tabulations show that if the nodes are put in Sleep mode energy is conserved. Similarly when nodes are connected to a Solar panel even if nodes consume energy it automatically recharges. So an optimum level of energy is maintained normally. The Table 3 clearly explains the energy consumed by a Load node, Destination node and an alternate node.

Table 3: Energy Consumed in LEACH and its Descendents

Name of the Node	Traditional LEACH	R- LEACH	R-S-LEACH	SLEEP LEACH
Load Node	79	77	70	65
Destination Node	77	63	59	56
Alternate Node	-	69	65	-

The Figure 3 shown below distinctly explains the node alive rate. This graph is obtained by determining the number of nodes that are alive after each time period.

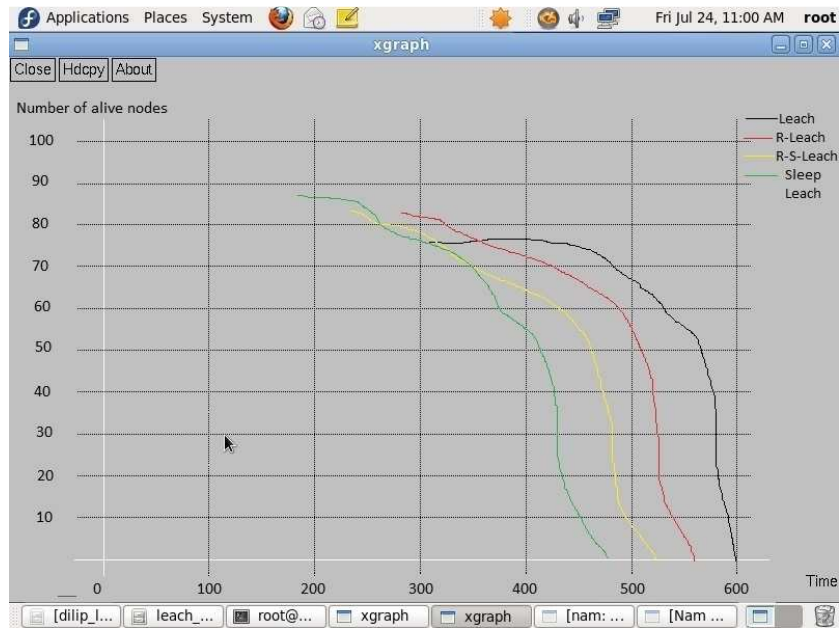


Figure 3: Node Alive rate

The Figure 4 is Number of nodes vs rounds. The output clearly shows that the R-LEACH, R-S-LEACH and SLEEP LEACH performs better than the traditional LEACH.

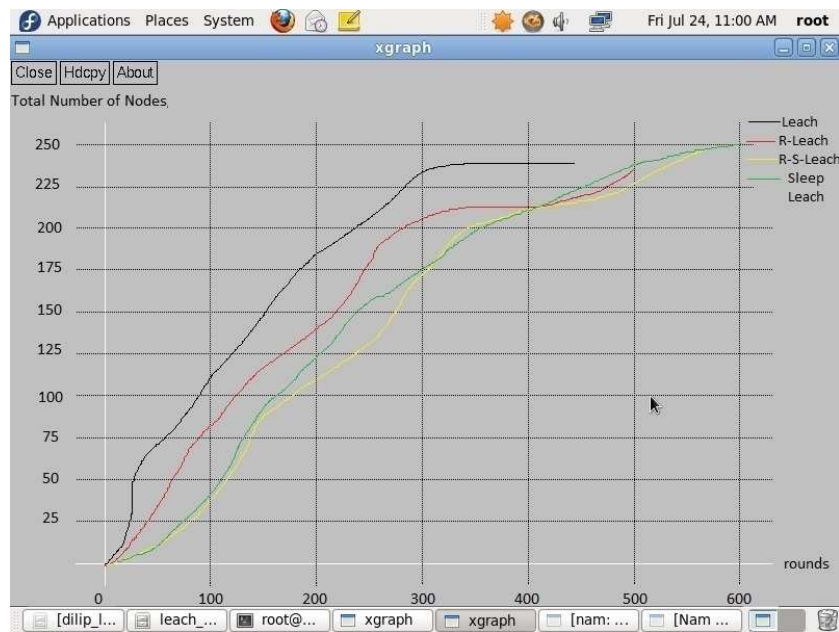


Figure 4: Number of Nodes vs Rounds

7.1 PACKET DELIVERY RATIO

The Packet Delivery Ratio is the ratio of number of data packets received at destination to the number of data packets sent from source. It is proved that R-LEACH has good PDR compared with the existing LEACH protocol. Further after enhancing the R-S-LEACH and SLEEP LEACH too performs better than the traditional LEACH. The observations made from simulation are tabulated below in the Table 4 and the simulation results for PDR are shown in the Figure 5.

Table 4: Energy in Nodes in Various LEACH.

Name of the Node	Traditional LEACH	R- LEACH	R-S-LEACH	SLEEP LEACH
Load Node	0.75	0.79	0.82	0.84
Destination Node	0.82	0.87	0.90	0.92
Alternate Node	-	0.86	0.91	-

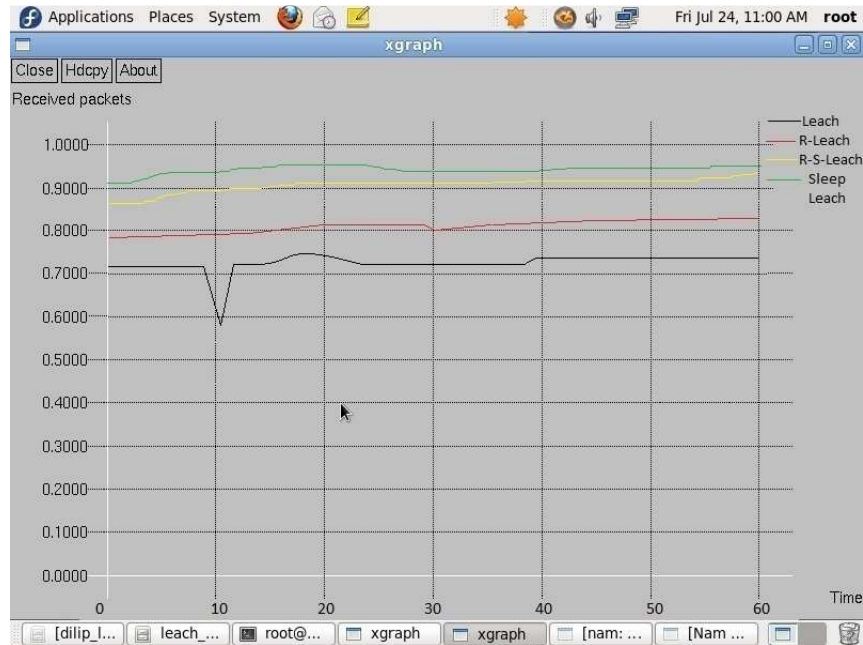


Figure 5: Packet Delivery Ratio

As the wireless sensor nodes are deployed at a remote location and are not maintained by any party, it is vulnerable to many intruders. Depending on the applications used for WSNs, security is the biggest challenges in WSNs and it is essential for WSNs before the design and especially for LEACH protocol usage. The routing protocols for WSNs need security services for transmitting data securely to the users through the network.

## 8 CONCLUSIONS

Energy efficiency is the main concern in designing protocols for WSNs. The efficient protocol which mainly considers energy is the LEACH as it adopts the cluster based routing. The whole sensor networks have been provided with a better energy conservation protocol by upgrading the conventional LEACH with new techniques. In future, a framework can be designed for different parameters like number of nodes, number of clusters and the protocol used. Even though LEACH is made energy efficient it is vulnerable to attacks. So security is essential for a wireless sensor network. The wireless sensor networks have the security requirement similar to the traditional wireless network. Since the nodes of a sensor networks are deployed in remote locations security is very important in upgrading the traditional LEACH. In future, a network which can bear any kind of attack can be designed over the upgraded LEACH by studying the drawbacks of existing security algorithms.

## REFERENCES

- [1] Akyildiz LF, Su W, Sankarasubramaniam Y, Cayirci E. "A survey on sensor networks", IEEE Communications Magazine, 40(8): 102~114. Vol.25, No.4, 2002, 114-124.
- [2] Zuo Chen, Kai Chen "An improved Multi hop Routing protocol for Large Scale Wireless Sensor Network Based on Merging Adjacent Clusters", Journal of Software, Vol 8, No 8, August 2013: 2080-2085
- [3] Sun Limin, Li Jianzhong, Chen Yu, —Wireless Sensor Networks , Tsinghua publishing company Beijing, 2005.
- [4] Wendi Rabiner, Heinzelman, Anantha Chandrakasan, and Hari Balakrishnan, —Energy-efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks, In: Proc. of 33rd Annual Hawaii Inter Cord on System Sciences, Hawaii, USA: IEEE Computer Society, 2000.

- [5] Li Han, —LEACH-HPR: An Energy Efficient Routing Algorithm for heterogeneous WSN IEEE 2010.
- [6] Huiling Zhou, Chi Zhang, Rongrong Qian "IMPROVEMENT OF LEACH PROTOCOL BASED ON UNEVEN CLUSTERING ALGORITHM",pp 22-26 Proceedings of IC-NIDC,2012
- [7] Beibei Wang ; Chong Shen ; Jing Li, "Study and improvement on LEACH protocol in WSNs", pp 1941-1943 . Automatic Control and Artificial Intelligence (ACAI 2012), International Conference, 2012
- [8] Tan Ming-hao et al "Multipath Routing Protocol with Load Balancing in WSN Considering Interference", pp 1062-1067, 6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications
- [9] Han Zhang et al "a Load-balancing Clustering Algorithm of WSN for Data Gathering",pp 915-918.
- [10] Thu Ngo Quynh, Kieu-Ha Phung, Hoan Vu Quoc "Improvement of Energy Consumption and Load Balance for LEACH in Wireless Sensors Networks" ICT Convergence (ICTC), International Conference on Digital Object Identifier,pp.583-588, 2012.
- [11] M.J. Handy, M. Haas, D. Timmermann; "Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy with Deterministic Cluster-Head Selection"; 2002; [http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/se/IEEE\\_MWCN2002.pdf](http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/se/IEEE_MWCN2002.pdf)
- [13] Bandyopadhyay and E. J. Coyle, "An Energy Efficient Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks," IEEE INFOCOM, April 2003.
- [14] Laiali Almazaydeh et al "Performance Evaluation of Routing Protocols in Wireless Sensor Networks", pp 64-73 International Journal of Computer Science and Information Technology, Volume 2, Number 2, April 2010.

## On Composite Convolution Operators with Weight

Anupama Gupta

Department of Mathematics,  
 Govt. College for Women, Gandhi Nagar, Jammu, J&K, India

Copyright © 2016 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:** In this paper composite convolution operators with weight are introduced on Hilbert space  $H$ . Some basic properties for composite convolution operators with weight have been investigated. The characterization of normal, Hermitian and idempotent composite convolution operators with weight are explored. The commutant of composite convolution operators with weight has also been characterized.

**KEYWORDS:** Composite convolution operator with weight, Radon-Nikodym derivative, Expectation operator, idempotent, projection operator.

**MATHEMATICS SUBJECT CLASSIFICATION:** Primary 47B38; Secondary 47B99.

### 1 INTRODUCTION

Let  $(X, \Omega, \mu)$  be a  $\sigma$ -finite measure space and  $\phi: X \rightarrow X$  be a non-singular measurable transformation ( $\mu(E) = 0 \Rightarrow \mu\phi^{-1}(E) = 0$ ). Then a composition transformation, for  $1 \leq p < \infty$ ,  $C_\phi: L^p(\mu) \rightarrow L^p(\mu)$  is defined by  $C_\phi f = f \circ \phi$ , for every  $f \in L^p(\mu)$ . In case  $C_\phi$  is continuous, we call it a composition operator induced by  $\phi$ . It is easy to see that  $C_\phi$  is a bounded operator if and only if  $\frac{d\mu\phi^{-1}}{d\mu} = f_\phi$ , the Radon-Nikodym derivative of the measure  $\mu\phi^{-1}$  with respect to the measure  $\mu$ , is essentially bounded.

For more detail about composition operator and weighted composition operators, we refer to Singh and Manhas [10], Campbell [2] and Takagi [13]. For each  $f \in L^p(\mu)$ ,  $1 \leq p < \infty$ , there exists a unique  $\phi^{-1}(\Omega)$  measurable function  $E(f)$  such that  $\int g f d\mu = \int g E(f) d\mu$ , for every  $\phi^{-1}(\Omega)$  measurable function  $g$  for which left integral exists. The function  $E(f)$  is called Conditional Expectation of  $f$  with respect to the sub-algebra  $\phi^{-1}(\Omega)$ . For more properties of the expectation operator, we refer to Parthasarthy [9].

Given  $f, g \in L^2(\mathbb{R})$ , then convolution of  $f$  and  $g$ ,  $f * g$  can be defined by

$$f * g(x) = \int g(x-y)f(y) d\mu(y),$$

where  $g$  is fixed,  $k(x,y) = g(x-y)$  is a convolution kernel, and the integral operator defined by

$$Wf(x) = \int k(x-y)f(y) d\mu(y)$$

is known as Convolution operator. Suppose  $\phi: [0,1] \rightarrow [0,1]$  is a measurable transformation, then

$$\begin{aligned} W_\phi f(x) &= \int k(x-y)f(\phi(y))d\mu(y) \\ &= \int k_\phi(x-y) f(y)d\mu(y) \end{aligned}$$

is known as composite convolution operator induced by pair  $(k, \phi)$ ,

where  $k_\phi(x-y) = E(f_o(y)k(x-y)\phi^{-1}(y))$ .

Suppose  $u : X \rightarrow \mathbb{C}$  is a measurable function. Then the bounded operator  $W_{u,\phi}$  defined by

$$\begin{aligned} W_{u,\phi}f(x) &= \int u(x)k(x-y)f(\phi(y))d\mu(y) \\ &= \int k_{u,\phi}(x-y) f(y)d\mu(y), \end{aligned}$$

is known as composite convolution operators with weight,

where  $k_{u,\phi}(x-y) = u(x)E(k(x-\phi^{-1}(y)) f_o(y)) = u(x)E(k_x(\phi^{-1}(y)) f_o(y))$

It is easy to observe that  $W_{u,\phi} = W_\phi$  if  $u(x) = 1$  for every  $x \in X$ , and  $W = W_\phi$ , if  $\phi(x) = x$  for all  $x \in X$ . Also, it is clear that  $W_{u,\phi} = M_u W_\phi$ , where  $M_u$  is a multiplication operator induced by  $u$ .

The symbol  $L^p(\mu)$  denotes the collection of all measurable functions  $f : X \rightarrow \mathbb{R}$  (or  $\mathbb{C}$ ) such that

$$\left( \int_X |f(x)|^p d\mu \right)^{1/p} < \infty. \text{ The space } L^p(X, S, \mu) \text{ is a Banach space under the norm defined by } ||f||_p = \left( \int_X |f|^p d\mu \right)^{1/p}.$$

If  $p = 2$ , then  $L^2(\mu)$ , the space of square-integrable functions of complex numbers is a Hilbert space. By  $B(L^2(\mu))$ , we denote the Banach space of all bounded linear operators from  $L^2(\mu)$  into itself.

For literature related to integral operators in particular on convolution operators we refer to Stepanov ([11],[12]), Bloom and Kerman [1], Halmos and Sunder [7], Lybic's [8]. Gupta and Komal ([3],[4]), Gupta ([5],[6]) also studied composite integral operators and composite convolution operators. In this paper the study of composite convolution operators with weight is initiated. The adjoint of composite convolution operator with weight has been obtained. Hermitian, normal, idempotent and bounded composite convolution operators with weight are characterized. An attempt has been made to explore the commutant of composite convolution operator with weight. It is also shown that the set of all composite convolution operators with weight is algebra

## 2 HERMITIAN, NORMAL AND IDEMPOTENT COMPOSITE CONVOLUTION OPERATORS WITH WEIGHT

In this section a sufficient condition for bounded composite convolution operator with weight on  $L^2(\mu)$  has been obtained. The criterion for composite convolution operator with weight to be Hermitian, normal and idempotent have been discussed.

**Theorem 2.1:** Let  $k_{u,\phi} \in L^2(\mu \times \mu)$ . Then  $W_{u,\phi}$  is a bounded composite convolution operator with weight.

**Proof:** For every  $f \in L^2(\mu)$ , we have

$$\begin{aligned} ||W_{u,\phi}f||^2 &= \int_X \left| \int_X u(x)k(x-y)f(\phi(y))d\mu(y) \right|^2 d\mu(x) \\ &= \int_X \left| \int_X u(x)E(k_x(\phi^{-1}(y))f_o(y))f(y)d\mu(y) \right|^2 d\mu(x) \\ &\leq \int_X \int_X |u(x)f_o(y)E(k_x \circ \phi^{-1}(y))|^2 d\mu(x) d\mu(y) \left( \int |f(y)|^2 d\mu(y) \right) \\ &= \left( \int_X \int_X |k_{u,\phi}(x-y)|^2 d\mu(x) d\mu(y) \right) \cdot ||f||^2 \\ &= ||k_{u,\phi}||^2 \cdot ||f||^2 \end{aligned}$$

Hence  $W_{u,\phi}$  is a bounded operator.

In the following theorem we compute the adjoint of a composite convolution operator with weight.

Let  $A : L^2(\mu) \rightarrow L^2(\mu)$  be defined by

$$(Af)(x) = \int f_o(y) E((uf) \circ \phi^{-1})(y) \overline{k(y-x)} d\mu(y)$$

**Theorem 2.2:** If  $W_{u,\phi} \in B(L^2(\mu))$ , then  $A = W_{u,\phi}^*$ .

**Proof:** Consider

$$\begin{aligned} \langle f, W_{u,\phi} g \rangle &= \int f(x) \int \overline{u(x)k(x-y)g(\phi(y))} d\mu(y) d\mu(x) \\ &= \iint f_0(x) E(u\phi^{-1})(x) \overline{k(x-y)} d\mu(x) \overline{g}(y) d\mu(y), \\ &= \int (A f)(y) \overline{g}(y) d\mu(y). \\ &= \langle A f, g \rangle \quad \text{for every } f, g \in L^2(\mu). \end{aligned}$$

(By using Fubini's Theorem)

Hence  $A = W_{u,\phi}^*$ . This completes the proof of theorem.

**Theorem 2.3:** Let  $W_{u,\phi} \in B(L^2(\mu))$ . Suppose  $\phi^{-1}(S) = S$ . Then  $W_{u,\phi}$  is Hermitian if and only if

$$\begin{aligned} \int_E \int_{\phi^{-1}(F)} f_0(x) k(x-y) E(u \circ \phi^{-1})(x) d\mu(x) d\mu(y) \\ = \int_{\phi^{-1}(E)} \int_F f_0(y) \overline{k(y-x)} E(u \circ \phi^{-1})(y) d\mu(y) d\mu(x). \end{aligned}$$

**Proof:** Suppose  $W_{u,\phi}$  is Hermitian. Then for any measurable rectangle  $E \times F$  of finite measure,

$$\begin{aligned} \langle W_{u,\phi}^* \chi_{\phi^{-1}(E)}, \chi_{\phi^{-1}(F)} \rangle &= \iint f_0(y) \overline{k(y-x)} E(u \chi_{\phi^{-1}(E)} \circ \phi^{-1})(y) d\mu(y) \chi_{\phi^{-1}(F)}(x) d\mu(x) \\ &= \iint f_0(y) \overline{k(y-x)} E(u \chi_E \circ \phi^{-1})(y) d\mu(y) \chi_{\phi^{-1}(F)}(x) d\mu(x) \\ &= \int_E \int_{\phi^{-1}(F)} f_0(y) \overline{k(y-x)} E(u \circ \phi^{-1})(y) d\mu(y) d\mu(x) \end{aligned} \tag{2.1}$$

and

$$\begin{aligned} \langle W_{u,\phi} \chi_{\phi^{-1}(E)}, \chi_{\phi^{-1}(F)} \rangle &= \iint u(x)k(x-y) \chi_{\phi^{-1}(E)}(y) d\mu(y) \chi_{\phi^{-1}(F)}(x) d\mu(x) \\ &= \iint f_0(y)k(x-y)E(u\phi^{-1})(x)\chi_{(F)}(y) d\mu(y) \chi_{\phi^{-1}(E)}(x) d\mu(x) \\ &= \iint f_0(y)k(x-y)E(u\phi^{-1})(x)\chi_{(F)}(y) d\mu(y) \chi_{\phi^{-1}(E)}(x) d\mu(x) \\ &= \int_{\phi^{-1}(E)} \int_F f_0(y)k(x-y)E(u\phi^{-1})(x)d\mu(x)d\mu(y) \end{aligned} \tag{2.2}$$

From the equations (2.1) and (2.2), it is clear that if  $W_{u,\phi}$  is Hermitian, then the condition must hold.

Conversely, if the condition is true, then clearly

$$\langle W_{u,\phi}^* \chi_{\phi^{-1}(E)}, g \rangle = \langle W_{u,\phi} \chi_{\phi^{-1}(E)}, g \rangle \tag{2.3}$$

for every simple function  $g$ . Since simple functions are dense in  $L^p(\mu)$ , so the equation (2.3) is true for every  $g \in L^2(\mu)$ .

This proves that  $W_{u,\phi}$  is a Hermitian operator.

**Theorem 2.4:** Let  $W_{u,\phi} \in B(L^2(\mu))$ . Then  $W_{u,\phi}$  is normal if and only if

$$\int_X k_{u,\phi}^*(x-y) k_{u,\phi}(y-z) d\mu(z) d\mu(y) = \int_X k_{u,\phi}(x-y) k_{u,\phi}^*(y-z) d\mu(z) d\mu(y).$$

**Proof:** Suppose  $W_{u,\phi}$  is normal. For any measurable rectangle  $E \times F$  of finite measure, we have

$$\begin{aligned} \langle W_{u,\phi}^* W_{u,\phi} \chi_E, \chi_F \rangle &= \int_X \int \int k_{u,\phi}^*(x-y) k_{u,\phi}(y-z) \chi_E(z) \chi_F(x) d\mu(z) d\mu(y) d\mu(x) \\ &= \int_X \int \int_{E \times F} k_{u,\phi}^*(x-y) k_{u,\phi}(y-z) d\mu(z) d\mu(y) d\mu(x) \end{aligned}$$

and  $\langle W_{u,\phi} W_{u,\phi}^* \chi_E, \chi_F \rangle$

$$\begin{aligned} &= \int_X \int \int k_{u,\phi}(x-y) k_{u,\phi}^*(y-z) \chi_E(z) \chi_F(x) d\mu(z) d\mu(y) d\mu(x) \\ &= \int_X \int \int_{E \times F} k_{u,\phi}(x-y) k_{u,\phi}^*(y-z) d\mu(z) d\mu(y) d\mu(x). \end{aligned}$$

Thus, it follows that

$$\int_X k_{u,\phi}^*(x-y) k_{u,\phi}(y-z) d\mu(z) d\mu(y) = \int_X k_{u,\phi}(x-y) k_{u,\phi}^*(y-z) d\mu(z) d\mu(y).$$

Conversely, if the condition is true then it is obvious that  $W_{u,\phi}$  is a normal operator.

Thus the proof of the theorem is complete.

**Theorem 2.5:** Let  $W_{u,\phi} \in B(L^2(\mu))$ . Then  $W_{u,\phi}$  is idempotent if and only if kernel  $k_{u,\phi}$  is idempotent.

**Proof:** If the condition is true, then an easy computation shows that  $W_{u,\phi}$  is idempotent.

For  $f, g \in L^2(\mu)$ , we have

$$\begin{aligned} \langle W_{u,\phi}^2 f, g \rangle &= \langle W_{u,\phi} f, W_{u,\phi}^* g \rangle \\ &= \int_X \left( \int u(x) k(x-y) f(\phi(y)) d\mu(y) \right) \cdot \int \overline{u(x) k^*(x-z) g(\phi(z))} d\mu(z) d\mu(x) \\ &= \int_X \int \int k_{u,\phi}(x-y) f(y) k_{u,\phi}(z-x) \overline{g}(z) d\mu(z) d\mu(y) d\mu(x) \\ &= \int_X \int \int k_{u,\phi}(z-x) k_{u,\phi}(x-y) d\mu(x) f(y) d\mu(y) \overline{g}(z) d\mu(z) \\ &= \int W_{u,\phi} f(z) \overline{g}(z) d\mu(z) = \langle W_{u,\phi} f, g \rangle \end{aligned}$$

(where  $k_{u,\phi}^2(z-y) = \int k_{u,\phi}(z-x) k_{u,\phi}(x-y) d\mu(x)$ , as  $k_{u,\phi}$  is idempotent, so  $k_{u,\phi} = k_{u,\phi}^2$ )

Hence  $W_{u,\phi}$  is an idempotent operator.

Conversely, if  $W_{u,\phi}$  is an idempotent operator, then taking  $f = \chi_E$  and  $g = \chi_F$ .

$$\langle W_{u,\phi}^2 \chi_E, \chi_F \rangle = \langle W_{u,\phi} \chi_E, \chi_F \rangle$$

$$\text{i.e., } \int_E \int_F \int k_{u,\phi}(z-x) k_{u,\phi}(x-y) d\mu(x) d\mu(y) d\mu(z) = \int_{E \times F} k_{u,\phi}(z-y) d\mu(y) d\mu(z)$$

Thus

$$\int_{E \times F} k_{u,\phi}^2(z-y) d\mu(y) = \int_{E \times F} k_{u,\phi}(z-y) d\mu(y), \text{ which proves that } k_{u,\phi} \text{ is idempotent.}$$

**Corollary 2.6:** Let  $W_{u,\phi} \in B(L^2(\mu))$ . Then  $W_{u,\phi}$  is a projection if and only if  $k_{u,\phi}$  is an idempotent and

$$\overline{k_{u,\phi}(y-x)} = k_{u,\phi}(x-y).$$

In the next result commutant of composite convolution operators with weight is obtained.

**Theorem 2.7:** Let  $W_{u,\phi} \in B(L^2(\mu))$ . Then  $M_\theta$  commutes with  $W_{u,\phi}$  if and only if  $\theta = \theta \circ \phi$  a.e.

**Proof:** For  $f \in L^p(\mu)$ ,

$$\begin{aligned} (W_{u,\phi} M_\theta f)(x) &= \int u(x) k(x-y) (M_\theta f) \circ \phi(y) d\mu(y) \\ &= \int u(x) k(x-y) \theta(\phi(y)) f(\phi(y)) d\mu(y) \end{aligned} \tag{2.4}$$

$$\text{and } (M_\theta W_{u,\phi} f)(x) = \theta(x) (W_{u,\phi} f)(x)$$

$$= \theta(x) \int u(x) k(x-y) f(\phi(y)) d\mu(y) \tag{2.5}$$

In view of equations (2.4) and (2.5), we have

$$(M_\theta W_{u,\phi} f)(x) - (W_{u,\phi} M_\theta f)(x) = \int u(x) k(x-y) [\theta(\phi(y)) - \theta(x)] f(\phi(y)) d\mu(y).$$

Hence, the result.

**Theorem 2.8:** Let  $S = \{ W_{u,\phi} : W_{u,\phi} \in B(L^2(\mu)) \}$ . Then  $S$  is an algebra of  $B(L^2(\mu))$ .

**Proof:** Let  $W_{u,\phi}$  and  $I_{u,\phi}$  be composite convolution operators with weight induced by kernels  $k$  and  $h$  respectively and  $W_{u,\phi}, I_{u,\phi} \in B(L^2(\mu))$ .

Then, for  $f \in L^2(\mu)$ , we have

$$\begin{aligned} (W_{u,\phi} + I_{u,\phi}) f(x) &= W_{u,\phi} f(x) + I_{u,\phi} f(x) \\ &= \int_X u(x) k(x-y) f(\phi(y)) d\mu(y) + \int_X u(x) h(x-y) f(\phi(y)) d\mu(y) \\ &= \int_X u(x) [k(x-y) + h(x-y)] f(\phi(y)) d\mu(y) \\ &= A_{u,\phi} f(x), \end{aligned}$$

where  $A_{u,\phi}$  is composite convolution operators with weight induced by kernels  $(k+h)$ .

Also, for any scalar  $\alpha$ , we have

$$(W_{u,\phi} \alpha f)(x) = \int_X u(x) k(x-y) \alpha f(\phi(y)) d\mu(y)$$

$$\begin{aligned}
 &= \int_X \alpha u(x)k(x-y)f(\phi(y)) d\mu(y) \\
 &= \alpha W_{u, \phi} f(x).
 \end{aligned}$$

Hence, the result proved.

**Theorem 2.9:** The product of two composite convolution operators  $(W_{u,\phi} \cdot I_{u,\phi})$  is a composite convolution operators  $I_{k_{u,\phi}h_{u,\phi}}$ , if  $(k_{u,\phi}h_{u,\phi})(x-z) = \int k_{u,\phi}(x-y) h_{u,\phi}(y-z)d\mu(y)$ .

Moreover,  $W_{u,\phi} I_{u,\phi} = I_{u,\phi} W_{u,\phi}$ , if  $(k_{u,\phi}h_{u,\phi})(x-z) = (h_{u,\phi}k_{u,\phi})(x-z)$

**Proof:** For every  $f \in L^2[0,1]$ ,

$$\begin{aligned}
 W_{u,\phi} I_{u,\phi} f(x) &= \int k_{u,\phi}(x-y) (I_{u,\phi}f)(y)d\mu(y) \\
 &= \int \int k_{u,\phi}(x-y) h_{u,\phi}(y-z) f(z) d\mu(z) d\mu(y) \\
 &= \int \left[ \int k_{u,\phi}(x-y) h_{u,\phi}(y-z)d\mu(y) \right] f(z) d\mu(z) \\
 &= \int (k_{u,\phi}h_{u,\phi})(x-z) f(z)d\mu(z) \tag{2.6}
 \end{aligned}$$

Hence, the product of two composite convolution operators with weight,  $W_{u,\phi} \cdot I_{u,\phi}$  is again a composite convolution operator with weight  $I_{k_{u,\phi}h_{u,\phi}}$  induced by convolution kernel  $k_{u,\phi}h_{u,\phi}$ .

$$\begin{aligned}
 \text{Again, } I_{u,\phi} W_{u,\phi} f(x) &= \int \int h_{u,\phi}(x-y)k_{u,\phi}(y-z) f(z) d\mu(z) d\mu(y) \\
 &= \int (h_{u,\phi}k_{u,\phi})(x-z) f(z)d\mu(z) \tag{2.7}
 \end{aligned}$$

The equations (2.6) and (2.7) give desired conclusion.

**Corollary 3.5:** The product of two composite convolution operators is zero if at least one of them is zero.

**ACKNOWLEDGEMENT**

The research work on ‘‘Composite Convolution Operators: Analysis and Applications’’ is being carried under Minor Research Project of University Grant Commission,(UGC) New Delhi.

**REFERENCES**

[1] Bloom, S. and Kerman, R. (1991). Weighted norm inequalities for operators of Hardy type, Proc. Amer. Math. Soc. 113: 135-141.

[2] Campbell, J. and Jamison, J. (1990). On some classes of weighted composition operators, Glasgow Math. J. 32: 87-94.

[3] Gupta, A. and Komal, B. S. (1997). Composite integral operator on  $L^2(\mu)$ , Pitman Lecture Notes in Mathematics series 377: 92-99.

[4] Gupta, A. and Komal, B. S. (2011). Bounded Composite integral operators, Investigations in Mathematical Sciences, Vol.1: 33-39.

[5] Gupta, A. (2012). Commutant of composite integral operators, International Journal of Mathematical Archive (IJMA), 3(11): 3880-3885.

[6] Gupta, A. (2015). On certain characterizations of composite convolution operators, Gen. Math. Notes, Vol. 30, No. 1: 28-37

[7] Halmos, P. R. and V. S. Sunder, V. S. (1978). Bounded integral operators on L2-spaces, Springer-Verlag, New York.

[8] Lyubic, Yu. I. (1984).Composition of integration and substitution, Linear and complex Analysis, Problem Book, Springer Lect. Notes in Maths., 1043: 249-250, Berlin.

- [9] Parthasarathy, K. R. (1977) Introduction to probability and measure, Macmillan Limited.
- [10] Singh, R. K. and Manhas, J. S. (1993). Composition operators on function spaces, North Holland Mathematics studies 179, Elsevier sciences publishers Amsterdam, New York.
- [11] Stepanov, V. D. (1992). Weighted inequalities for a class of Volterra convolution operators, J. London Math, 232-242.
- [12] Stepanov, V. D. (1980). On boundedness and compactness of a class of convolution operators, Soviet Math. Dokl. 41: 468-470.
- [13] Takagi H. and Yokouchi, K. (1999). Multiplication and composition operators between  $L_p$ -spaces, Contemporary Mathematics, 232: 321-338.

## ESTIME DE SOI DES ENFANTS ET ADOLESCENTS ISSUS DES MERES CELIBATAIRES DANS LA VILLE DE GOMA

*BUTUNA BAUNELI Etienne and MASUMBUKO KIHUNDU Olivier*

Enseignants chercheurs à l'Université de Goma,  
Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, RD Congo

Copyright © 2016 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:** Self-esteem has become an essential element of individual success in different life domains: work, social relations, sport, physical appearance, behaviour. However, context plays a particularly important role. This article unveils the role of family context in the structuring of self-esteem. Children brought up by single mothers live in a particular context, where parental identification exhibits quite serious defects coupled with the emotional deprivation of one parent, the father. After correlating self-esteem with age, we got a negative value (-0.117), which shows that the more these children grow, the more self-esteem declines. Yet, the said children already exhibit a low self-esteem with differences that are not significant to sex and age (9-12 years and 13-18 years).

**KEYWORDS:** self-esteem, single mothers.

**RESUME:** L'estime de soi est devenu un élément essentiel à la réussite individuelle dans différents domaines de la vie: travail, relations sociales, sport, apparence physique, conduite. Toutefois le contexte joue particulièrement un rôle important. Cet article met en évidence le rôle du contexte familial en ce qui concerne sa structuration. Les enfants évoluant aux cotés de mères célibataires vivent dans un contexte tout particulier où l'identification aux parents présente des tares assez sérieux assorties d'une carence affective d'un des parents ; le père. Apres avoir corrélé l'estime de soi et l'âge, on a constaté une valeur négative (-0,117) qui montre que plus ces enfants prennent de l'âge, plus l'estime de soi décline ; alors qu'ils se présentent déjà avec une estime de soi faible avec des différences non significatives par rapport au sexe (garçons et filles) et par rapport à l'âge (9 à 12ans et 13 à 18ans).

**MOTS-CLEFS:** Estime de soi, mères célibataires.

### 1 INTRODUCTION

La famille demeure la cellule de base de la société qui nous semble érigée en deux institutions fondamentales « la famille qu'est l'univers primaire de l'épanouissement de l'individu, et le mariage qu'est l'unique lieu des relations sexuelles légitimes ». Ces deux institutions subissent des mutations profondes parmi lesquelles nous pouvons noter la présence des familles monoparentales et la montée considérable des relations et des naissances hors mariages (Bouhouch, 2009, p.3). L'émergence du phénomène de mères célibataires s'exprime à partir de l'existence des mutations sociales et de la remise en question de la culture dominante et des valeurs sociales établies. Actuellement un grand nombre des femmes sont des mères célibataires. Cette situation est souvent stigmatisée à tort et supposée ne concerner que des adolescentes irresponsables, alors qu'en réalité, elle touche même les femmes ayant un âge avancé.

La pauvreté qui bat son record dans les pays subsahariens a des conséquences sévères pour une vaste majorité de mères célibataires et leurs enfants ont moins de ressources pour réussir leurs études. Ils ont donc moins de chances d'entrer sur le marché du travail à un niveau compétitif. Les conditions de sante des mères célibataires sont également statistiquement plus

instables que celles des mères non célibataires. Les mères célibataires sont plus exposées au stress puisqu'elles exécutent les tâches normalement réparties entre les deux parents. Souvent, elles ne peuvent se permettre des soins médicaux appropriés ni s'autoriser un repos nécessaire. Statistiquement, elles ont fait moins d'études que leurs congénères mariées. Cet obstacle est pénible, les chances étant particulièrement minces, pour une jeune mère célibataire non qualifiée, de trouver un emploi qui ne requière pas d'études, ce qui la prédispose, à l'avenir, à rester non qualifiée (Matera, 2011 p.12). Cette situation n'est pas sans conséquence sur la santé psychologique de leurs enfants. Leur estime de soi en pâtit énormément.

L'estime de soi est devenue aujourd'hui une aspiration légitime aux yeux de tous ; considérée comme une nécessité poursuivie dans une société de plus en plus compétitive (Epstein, 1973). On peut la définir comme la façon dont se perçoit un individu. Le développement d'une bonne estime de soi commence dès la grossesse et se poursuit durant la petite enfance, alors qu'un lien affectif s'établit entre le bébé et ses parents/responsables. Chez les enfants plus âgés, ce sont les expériences sociales ainsi que les réussites et les déceptions qui déterminent le développement d'une bonne ou d'une faible estime de soi. Une bonne estime de soi est essentielle au développement d'un enfant. Mais il peut arriver que, même en ayant une bonne estime de soi, un enfant doute de lui-même de temps en temps. Un problème d'estime de soi devient inquiétant quand il se manifeste de façon très intense, fréquemment et dans des contextes différents (Engels et al, 2004, p3). Elle devient une donnée fondamentale de la personnalité placée au carrefour des trois composantes essentielles du soi : comportementale, cognitive et émotionnelle. Elle comporte des aspects comportementaux (elle influence nos capacités à l'action et se nourrit en retour de nos succès) ; et cognitifs (elle dépend étroitement du regard que nous portons sur nous, mais elle le module aussi à la hausse ou à la baisse). Enfin l'estime de soi reste en grande partie une dimension fortement affective de notre personne. Elle dépend de notre humeur de base qu'elle influence fortement en retour.

Il a été démontré que la condition parentale constitue l'une des expériences les plus marquantes, dans la vie des enfants et des adultes, en ce qui a trait aux différences entre les sexes. (Freiler, Stairs, Kitchen et Cerny 2001, p.5). La qualité de la relation entre l'enfant et ses parents/responsables touche directement l'estime de soi de l'enfant. Les comportements des adultes sont le tout premier facteur d'influence sur l'estime de soi de l'enfant. Dès la grossesse, le bébé établit un lien affectif avec sa mère. Ce lien l'aide à se sentir confiant, unique et digne d'amour. Les enfants qui ont un attachement sécurisant sont mieux en mesure de développer la débrouillardise, l'autonomie et l'estime de soi. Par contre, les enfants qui n'ont pas un attachement sécurisant à l'égard de leurs parents/responsables sont plus à risque de développer de la dépendance affective. Leurs interactions sont moins positives et moins chaleureuses : ces enfants ne sentent pas qu'ils peuvent compter sur leurs parents/responsables ni qu'ils contrôlent leur milieu. Ils peuvent, par conséquent, développer de l'insécurité, ce qui peut donner lieu à de la dépendance affective et à un sentiment d'être inadéquat (Engels et al, 2004, p.11). Les enfants tirent profit des interactions positives avec leurs parents/responsables lorsque ceux-ci leur communiquent de la chaleur et de l'empathie. Les enfants qui bénéficient d'un mode d'éducation libéral sont plus susceptibles de développer une bonne estime de soi. Grâce à la relation parentale sécurisante, ils ont appris l'acceptation de soi et la confiance en soi. Les modes d'éducation autoritaire et permissif peuvent engendrer une faible estime de soi parce qu'ils ne suscitent pas la confiance, la constance, le respect et le sentiment de sécurité chez les enfants. (Engels et al 2004, p.12).

Aujourd'hui plusieurs enfants ne vivent pas avec leurs deux parents. C'est une réalité qui fait que tout enfant peut être amené à subir potentiellement des ruptures dans la continuité de sa vie quotidienne avec l'un de ses deux parents et à devoir reconstruire de nouveaux équilibres dans ses relations avec ce parent (résidence, rencontres, contacts...), tout en se trouvant parfois confronté à la présence de tiers partageant la vie de l'un ou l'autre de ses parents (Versini, 2008, p.4). Malheureusement la substitution au père ne résout qu'un petit nombre de difficultés relatives à la santé mentale des enfants. Plusieurs études ont découvert la plus grande importance de la présence du père au sein de la famille. Cette présence contribue énormément au développement harmonieux de l'enfant.

Le jeune enfant dont le père est très engagé, comme l'indique le niveau mesuré d'interaction, par exemple par le jeu et la prestation de soins, est plus développé sur le plan cognitif à l'âge de six mois et obtient un score plus élevé aux échelles du développement de Bayley (Bayley Scales of Infant Development) (Pedersen, Rubinstein et Yarrow, 1979; Pedersen, Anderson et Kain, 1980). Lorsqu'il parle à son jeune enfant, le père a plus tendance que la mère à lui poser des questions, ce qui oblige l'enfant à jouer un rôle plus actif sur le plan de la communication. Autrement dit, il doit parler davantage, employer un vocabulaire plus diversifié et recourir à des énoncés plus élaborés dans ses interactions avec son père (Rowe, Cocker et Pan, 2004). (Allen et Daly, 2007 p.4). Lorsqu'ils sont en âge d'aller à l'école, les enfants dont le père est plus présent reçoivent aussi de meilleurs résultats scolaires. L'engagement paternel a aussi été associé à une satisfaction globale dans la vie chez l'enfant et à une diminution des risques suivants : dépression (Dubowitz, Black, Cox, Kerr, Litrownik, Radhakrishna, English, Wood, Runyan, 2001; Field et coll., 1995; Formoso, Gonzales, Barrera et Dumka, 2007; Furstenberg et Harris, 1993; Zimmerman et coll., 1995), détresse émotionnelle (Harris et coll., 1998), expression d'émotions négatives comme la peur et le sentiment de culpabilité (Easterbrooks et Goldberg, 1990), problèmes comportementaux (Formoso, Gonzales, Barrera et Dumka, 2007 et détresse psychologique (Flouri, 2005). Des liens ont aussi été établis avec des facteurs positifs : sentiment

accru de compétence sociale (Dubowitz, Black, Cox, Kerr, Litrownik, Radhakrishna, English, Wood, Runyan, 2001), plus haut niveau auto déclaré de bonheur (Flouri, 2005), présence moins grande de symptômes d'anxiété et de tendances névrotiques (Jorm, Dear, Rogers et Christensen, 2002). Dans les familles adoptives, on a observé une forte corrélation positive entre la présence et l'engagement paternels, évalués par de jeunes adultes, et leur niveau auto déclaré de fonctionnement psychosocial (Schwartz et Finley, 2006). On observe aussi un lien positif important entre l'acceptation paternelle et le niveau auto déclaré d'adaptation psychologique chez les jeunes (Veneziano, 2000). P6. L'engagement paternel en soi contribue pour beaucoup au bonheur de l'adolescent (Flouri et Buchanan, 2003).

Les enfants qui ont un père engagé sont plus nombreux à se laisser guider par une source de contrôle interne (Billler, 1993; Hoffman, 1971; Lamb, 1987; Mosley et Thompson, 1995; Radin, 1994; Williams et Radin, 1999; Ross et Broh, 2000), à posséder un esprit d'initiative plus grand, à être en mesure de s'auto diriger et de s'auto contrôler (Amato, 1989; Pruett, 1987); ils sont aussi généralement moins impulsifs (Mischel, 1961). Les filles qui ont un père engagé sont mieux disposées à vivre de nouvelles expériences, sont plus actives et plus heureuses (Mosely et Thomson, 1995). Une forte participation paternelle à la vie des enfants a aussi été associée à un sentiment accru d'acceptation par le père chez l'enfant, facteur qui joue un rôle dans la perception de soi et l'estime de soi (Culp, Schadle, Robinson et Culp, 2000). En conséquence, on a observé chez ces enfants une plus grande estime de soi (Deutsch, Servis et Payne, 2001; Ross et Broh, 2000). (Allen et Daly, 2007, p.7). Même le rôle de l'estime de soi peut d'ailleurs être compris selon cette même grille de lecture : une bonne estime de soi facilite l'engagement dans l'action, et est associée à une auto évaluation plus fiable et plus précise. Elle permet également une stabilité émotionnelle plus grande.

L'estime de soi des enfants issus des mères célibataires répondrait au moins à quatre types de questions que se pose tout enfant. L'aspect physique : « est ce que je plais aux autres ? » ; la réussite scolaire : « suis-je bon élève ? » ; les compétences athlétiques : « est ce que je suis fort(e), rapide etc » ; la conformité comportementale : « les adultes m'apprécient-ils ? ». Comme disait le philosophe Emil Cioran : « je ne connais personne de plus inutile et de plus inutilisable que moi ».

On sait que ces enfants grandissent dans un contexte assez particulier, privés d'un père devant servir de modèle d'identification et laissés à la seule manœuvre de la mère qui doit tout à tout. Pire encore, certains sont qualifiés de batards, des fils/filles sans père et lorsqu'ils regardent les autres enfants se faire choyer et bercer par leurs pères, sûrement ils grandissent avec certaines interrogations entre autres celles de savoir s'ils sont des enfants comme les autres, s'ils ont une vie scolaire, athlétique, sociale, économique, éducative équivalente à celles des autres. D'ailleurs certains d'entre eux sont élevés par leurs grands-parents et par les oncles et /ou tantes. Pourtant on sait que c'est avec la personne maternante que s'établissent les premières relations (Adam Cash, 2004, p.120). En plus, quand un jouet est privé à l'enfant faute de moyen, un habit préféré ou un autre avantage, cela engendre une dissonance cognitive qui est un état pénible pour l'individu.

Au vu de toutes ces considérations, ce travail s'est évertué de répondre aux questions ci-après :

De manière générale, l'estime de soi des enfants issus de mères célibataires ne diminuerait-elle pas au fil de leur développement jusqu'à la vie adulte ?

Ces enfants à l'âge de 9 à 12 ans n'auraient-ils pas une estime de soi moyenne du fait de n'avoir pas encore eu accès au stade des opérations formelles leur permettant d'analyser minutieusement le type de structure de leurs familles ?

Les jeunes de 13 à 18 ans n'auraient-ils pas une estime de soi faible du fait d'avoir accédé au stade des opérations formelles ainsi d'être à même d'analyser le type de leur structure familiale ?

Par rapport aux garçons, les filles n'auraient-elles pas une estime de soi supérieure du fait que, dans une telle structure familiale, elles s'identifient tout au moins à la mère.

Ainsi en titre d'hypothèses nous avons pensé que, de manière générale, les enfants issus des mères célibataires auraient une estime de soi qui diminue au fil de leur développement jusqu'à la vie adulte. Ceux de 9 à 12 ans auraient une estime de soi moyenne, étant donné qu'ils n'ont pas encore accédé au stade des opérations formelles leur permettant d'analyser, le mieux, la structure de leurs familles. Par contre les jeunes de 13 à 18 ans auraient une estime de soi plutôt faible car, à ce niveau, ils ont appris à analyser minutieusement la structure de leur famille. Les filles auraient une forte estime de soi. Elles s'identifieraient plus facilement à la mère que les garçons.

L'objectif de cette recherche a été d'évaluer l'estime de soi des enfants et adolescents issus des mères célibataires, accent mis sur les tranches d'âge de 9 à 12 ans et 13 à 18 ans ainsi que le sexe de ces enfants.

De manière spécifique il a été question de mettre en évidence le niveau d'estime de soi de ces enfants ayant l'âge compris entre 9 et 12 ans eu égard à la forme d'intelligence concrète qui domine encore chez eux. On a été amené à

comparer ce niveau à celui des jeunes de 13 à 18 ans ayant acquis la pensée dite formelle vu les capacités d'analyse qu'elle requiert. Enfin on se devait de vérifier si cette estime de soi varierait selon le sexe.

## 2 METHODOLOGIE

L'enquête a été menée auprès des enfants et adolescents issus de mères célibataires habitant à Goma choisis occasionnellement faute des statistiques fiables et de la possibilité de nous délimiter dans le temps et l'espace dans une ville dominée par des déplacements réguliers des populations. Nous leur avons administré l'échelle d'estime de soi de Rosenberg que nous avons trouvée plus au moins appropriée à notre problématique.

### 2.1 DESCRIPTION DE L'ECHELLE D'ESTIME DE SOI DE ROSENBERG.

L'estime de soi est définie comme le jugement ou l'évaluation que l'on fait de soi-même, de sa valeur personnelle. De façon plus simple, l'estime de soi peut être également assimilée à l'affirmation de soi.

Elle se rapporte à la façon dont un individu évalue son degré de compétence, son importance, sa réussite et sa valeur. Elle désigne le plus souvent les émotions associées au processus cognitif d'auto évaluation. Elle affecte tout ce que fait l'individu. Une haute estime de soi est particulièrement importante car elle traduit une perception positive de sa valeur personnelle. En soumettant cette échelle aux individus, on obtient une évaluation de l'estime de soi. Le plus souvent les sujets y répondent sincèrement. Pour chacune des caractéristiques suivantes, on indique le degré de chaque proposition en encerclant le chiffre approprié : 1= Tout à fait en désaccord ; 2= Plutôt en désaccord ; 3= Plutôt en accord ; 4= Tout à fait en accord. L'échelle est composée de 10 questions et l'ensemble évalue le niveau de l'estime de soi du sujet qui y est soumis.

#### 2.1.1 DÉPOUILLEMENT ET COTATION

Ici, il suffit d'additionner les scores obtenus aux questions n° 1, 2, 4, 6, 7 et 9. Pour les questions 3, 5, 8 et 10, la cotation est inversée ; c'est-à-dire qu'il faut compter 4 si l'individu a choisi le chiffre 1 ; 3 si c'est le chiffre 2 qui a été choisi ; 2 si le répondant a pointé le chiffre 3 et 1 si c'est le chiffre 4. Ces quatre items ont une connotation négative. Le total de points doit aboutir à un score situé entre 10 et 40.

#### 2.1.2 ETALONNAGE

L'interprétation des résultats est identique aussi bien pour un homme que pour une femme. Si un sujet obtient un score inférieur à 25, cela implique que son estime de soi est très faible. Un travail dans ce domaine semble souhaitable. Si le score est situé entre 26 et 30, dans ce cas l'estime de soi est faible. Un travail à ce domaine serait bénéfique. Un score situé entre 31 et 34 fait signe d'une estime de soi moyenne. Le candidat obtenant un score compris entre 35 et 39 fait preuve d'une forte estime de soi. En fin un score supérieur à 39 dénote une estime de soi très forte et l'individu qui en fait preuve a tendance à être fortement affirmé.

## 2.2 DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON

L'échantillon a pris en considération les caractéristiques âge et sexe. Il est constitué de 50 sujets parmi lesquels 16 soit 36 % ont l'âge situé entre 9 et 12 ans et 32 autres soit 64% ayant l'âge compris entre 13 et 18 ans. Ensuite 27 sujets soit 54% sont du sexe masculin et 23 soit 46% sont du sexe féminin.

## 3 RESULTATS

### 3.1 ANALYSE GLOBALE

#### 3.1.1 EVALUATION DE L'ESTIME DE SOI

Il s'agit d'une évaluation globale de l'ensemble des sujets retenus dans notre échantillon.

A ce propos, il convient de se reporter au tableau ci-dessous pour avoir une idée sur leurs effectifs suivant les scores obtenus.

**Tableau 1 : Scores de sujets à l'échelle d'estime de soi**

Scores	F	%
39-42 (Très forte estime de soi)	3	6
34-38 (Forte estime de soi)	5	10
31-33 (Moyenne estime de soi)	10	20
25-30 (Faible estime de soi)	26	52
22-24 (Très faible estime de soi)	6	12
Total	50	100

Quand nous considérons les données de ce tableau, nous remarquons que 26 sujets soit 52% ont une estime de soi faible ; 10 sujets soit 20% en ont une estime de soi moyenne ; 6 sujets soit 12% ont une estime de soi très faible. En fin 5 sujets soit 10 % ont une forte estime de soi et 3 individus soit 6 % ont une estime de soi très forte.

Ainsi comme on peut le voir, sur l'échelle d'estime de Rosenberg, 64% de sujets ont une estime de soi inférieure à la moyenne selon son étalonnage. Cependant, nous proposons la moyenne calculée de l'échantillon dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2 : Statistiques descriptives de l'échantillon à l'échelle d'estime de soi des enquêtés**

Indices	valeurs	N
Moyenne	29,50	50
Médiane	29,00	50
Mode	29	50

Ce tableau nous renseigne que la moyenne trouvée pour l'ensemble de l'échantillon est 29,5 et tombe dans la catégorie de faible estime de soi. Un groupe de 19 sujets soit 38% de l'échantillon se trouvent en dessous de cette moyenne. Par contre nous avons inventorié 20 sujets soit 40% de l'échantillon se retrouvant au-dessus de cette moyenne. Seuls 11 sujets soit 22% se retrouvent dans cette moyenne statistique.

Ces résultats indiquent que les sujets ont un niveau d'estime de soi qui est véritablement faible dans l'ensemble (60%).

### 3.1.2 ESTIME DE SOI ET L'AGE DES SUJETS

A ce niveau, nous examinons comment l'estime de soi des enfants issus de mères célibataires, telle qu'évaluée ci-haut, se corrèle avec l'âge. En clair, notre préoccupation consiste à voir si la diminution de l'estime de soi correspond à la croissance de l'âge.

Le tableau ci-dessous fournit les éléments de réponse relatifs à cette préoccupation.

**Tableau 3 : Corrélation entre l'estime de soi et l'âge des sujets enquêtés**

N	r	P
50	-0,117	0,418

D'après ce tableau, la corrélation de Pearson calculée entre l'âge et l'estime de soi des sujets est de -0,117 avec une  $p=0,418 > 0,05$ . Nous avons alors une corrélation négative entre le degré d'estime de soi des sujets et leur âge. En d'autres mots plus les sujets prennent de l'âge, plus leur estime de soi diminue. Ceci amène à confirmer notre première hypothèse de recherche.

### 3.2 ANALYSE DÉTAILLÉE

#### 3.2.1 ESTIME DE SOI ET ÂGE

Nous sommes parti du présupposé que plus les individus grandissent et donc deviennent matures, plus ils acquièrent une plus grande capacité d'analyse de la situation et des conditions de vie qui sont les leurs. Nous avons ainsi pensé que les sujets de 13 à 18 ans devraient avoir une estime de soi légèrement inférieure à celle des enfants de 9 à 12 ans. Bien attendu l'idéal aurait été, dans une approche longitudinale d'évaluer les mêmes individus (les deux tranches d'âge) à des moments différents. Néanmoins les déplacements réguliers signalés ci-haut ne nous l'autorisent pas. C'est ainsi que nous nous contentons de cette approche transversale.

Nous avons ainsi présenté la moyenne d'un groupe mis en rapport avec celle d'un autre et voir comment les résultats apparaissent.

**Tableau 4 : Moyennes statistiques de deux groupes d'âges**

Age	M	SD	$\alpha^2$	n
9 à 12 ans	30,44	3,09	0,72	18
13 à 18 ans	28,97	4,90	0,86	32
Total				50

D'où M : moyenne ; SD : écart type ;  $\alpha^2$  : Erreur standard et n : taille de l'échantillon.

Ce tableau renseigne sur les moyennes de deux groupes concernés. Les enfants de 9 à 12 ans ont une moyenne de 30,44 tandis que celle des jeunes de 13 à 18 ans est de 28,97. Le premier groupe a donc une moyenne légèrement supérieure et des écarts moins importants entre membres du groupe que dans le second. Ils sont donc un peu meilleurs que le second. En d'autres termes ils auraient une estime de soi légèrement supérieure à celle de sujets âgés de 13 à 18ans.

Le tableau ci-dessous expose les résultats de la comparaison de ces deux moyennes.

**Tableau 5 : Comparaison de moyennes de deux groupes**

Groupes	M	t	dl	p
9 à 12 ans	30,44	1,151	48	0,256
13 à 18 ans	28,97			

Au regard de ce tableau, nous observons que le test *t* de Student calculé pour les deux groupes d'âges séparés est de 1,151 ; le degré de liberté est de 48 et la probabilité associée au *t* est de 0,256(>0,05). Ainsi à la question de savoir laquelle de moyennes de ces groupes est supérieure, il faut dire qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux. Même si nous nous faisons l'hypothèse de variances égales. Le test de Levene sur l'égalité de variances indique une valeur  $F=3,497$  et  $p=0,068$ (>0,05). Ce qui démontre en suffisance qu'il n'y a pas de réelles différences entre ces deux moyennes.

Ces résultats infirment notre hypothèse relative à cette préoccupation. Aucun de ces deux groupes n'est caractérisé par une estime de soi inférieure ou supérieure à un autre.

#### 3.2.2 ESTIME DE SOI ET SEXE

Il nous a semblé curieux de voir si l'estime de soi est influencée par le sexe chez les jeunes issus de mères célibataires. Nous sommes parti de l'hypothèse que plus on a un modèle d'identification parentale, plus on a tendance à trouver un équilibre social et plus on a confiance en soi ; et donc on développe une estime de soi plus forte. Dans le cas de cette étude où nous examinons la situation des enfants issus de femmes célibataires nous présumons que les filles, contrairement aux garçons, s'identifient plus au moins à leurs mères. Pour cela elles auraient une estime de soi plus forte par rapport aux garçons.

Nous présentons dans le tableau ci-dessous les fréquences de différents niveaux de l'estime de soi par rapport au sexe et les résultats du test khi-carré y correspondant.

Tableau 6 : Fréquences degrés de l'estime de soi et sexe

*Degré de l'estime de soi*

SEXE	1	2	3	4	5	Tot
M	2	14	6	1	0	23
F	4	12	4	4	3	27
Tot	6	26	10	5	3	50
%	12	52	20	10	6	100

$\chi^2=7,002$   $p=0,136>0,05$

Dans ce tableau nous observons les fréquences de scores de l'estime de soi entre les filles et les garçons. Le rapport de vraisemblance nous présente un khi-carré calculé ( $\chi^2$ )=7,002 avec une  $p=0,136(>0,05)$ . Ce qui laisse dire qu'il n'existe pas de différence significative entre les réponses fournies par les deux groupes de sujets aux différents niveaux de l'estime de soi. La probabilité ( $p=0,136$ ) est largement supérieure au seuil de signification considéré(0,05).

Toutefois la question demeure : Dans l'ensemble, les filles ont-elles une estime de soi plus forte que les garçons? La comparaison de moyennes de ces deux groupes réalisée grâce au test *t* de Student nous donne une précision par rapport à cette préoccupation.

### 3.2.3 COMPARAISON ENTRE LES FILLES ET LES GARÇONS

Nous avons ainsi présenté les moyennes de deux groupes mis en rapport et les résultats apparaissent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7 : Moyennes statistiques de deux sexes

*Statistiques de groupe*

SEXE	n	M	SD	$\alpha^2$
M	27	29,96	5,367	1,033
F	23	28,96	2,804	,585

D'où SD : Ecart type ;  $\alpha^2$  : erreur standard.

Ce tableau renseigne sur les moyennes de deux groupes concernés. Les garçons ont une moyenne de 29,96 ; tandis que celle des filles est de 28,96. Le deuxième groupe a donc une moyenne légèrement inférieure et des écarts relativement moins importants entre membres du groupe que dans le premier.

Le tableau ci-dessous expose les résultats de la comparaison de ces deux moyennes.

Tableau 8 : Comparaison de moyennes de scores à l'échelle d'estime de soi entre filles et garçons.

Sexe	M	t	dl	p
M	29,96	-,809	48	0,422
F	28,96			

Au regard de ce tableau, nous observons que le test *t* de Student calculé pour les deux moyennes de scores sur base du sexe est de -,809 ; le degré de liberté est 48 et la probabilité associée au *t* est de 0,422 ( $>0,05$ ). Ainsi à la question de savoir, laquelle de moyennes de ces groupes est supérieure, il faut dire qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux.

Ces résultats n'autorisent pas à confirmer l'hypothèse selon laquelle les filles auraient une estime de soi plus forte que les garçons. On voit bien que cette structure familiale qui fait l'objet de notre étude n'offre pas du tout un modèle aux filles comme nous l'avons pensé.

## 4 DISCUSSION

Déjà Cooper Smith (1967) rappelle que plus le contexte familial est favorable, plus l'enfant a la chance de développer une bonne estime de soi. Plus le contexte familial est défavorable plus l'enfant développera une faible estime de lui-même. Les

résultats de la présente recherche qui montre que 64% de sujets ont une estime de soi faible voir très faible confirme bien ce propos.

En effet, le contexte dans lequel grandissent les enfants issus de mères célibataires n'est pas favorable au développement d'une bonne estime de soi.

Nous avons observé également que cette faible estime de soi, même si les jeunes de 9 à 12 ans se montre légèrement supérieurs, est la même aux préadolescents qu'aux adolescents. Tout cela s'explique par le contexte familial (le fait de d'être élevé uniquement par la mère et qui prend difficilement mieux en charge l'enfant).

Même si les filles ont un modèle d'identification dans cette forme de structure familiale il semble qu'elles développent leur estime de soi au même rythme que les garçons. Une petite différence existe en faveur des filles mais elle n'est pas tout à fait significative.

## 5 CONCLUSION

En somme retenons que 64% des enfants issus de mères célibataires présentent une estime de soi faible voire très faible. Le test de comparaison des moyennes réalisé en fonction de l'âge donne 1,51 et une probabilité égale à 0,256. Ce qui prouve que les deux tranches d'âge ont des scores moyens relativement égaux. En d'autres mots, la différence entre leur niveau de l'estime de soi n'est pas significative. Toutefois cette différence existe. La corrélation, « *estime de soi et âge* », a donné - 0,117. Ce qui montre que plus les enfants grandissent, plus leur estime de soi diminue.

Le même constat se dégage pour le sexe. Le test de comparaison des moyennes donne 0,809 et une probabilité égale à 0,422. Ainsi les garçons et les filles présentent une différence non significative dans leur niveau d'estime de soi.

## RÉFÉRENCES

- [1] Allen, S et Daly, K. (2007), *Les effets de l'engagement paternel*, Université de Guelph.
- [2] Bouhouch, M, (2009), *Sociologie des mères célibataires*, Communication soumise au 3ème congrès de l'AIFRIS Association internationale pour la formation, la recherche et de l'intervention sociale INTES – AIFRIS Avec le soutien du ministère des affaires sociales, de la solidarité et des tunisiens à l'étranger <http://www.congrestunis2009.org/> 21 -24 Avril 2009, Tunis, Tunisie
- [3] Fiorentino, L, et Engels, N, (2004), *Intervention Enfance Famille : Guide-ressources pour favoriser la croissance des enfants*, Les Services d'aide à la famille juive de l'Institut Baron de Hirsch. ISBN 0-9734557-6-4
- [4] Freiler, C ; Stairs ,F ; Kitchen , B ;et Cerny ,J.(2001), *Les mères en tant que soutiens économiques et dispensatrices de soins : La responsabilité à l'égard des enfants, la politique sociale et le régime fiscal*, Canada, Site WWW de Condition féminine Canada.. ISBN 0-662-65520-6.
- [5] Matera, B, (2011), *Rapport sur la situation des mères célibataires*, Commission des droits de la femme et de l'égalité des genres. Parlement européen 2009 – 2014. RR\878857FR.doc
- [6] Versini, D, (2008), *Rapport thématique sur « enfants au cœur des séparations parentales conflictuelles »* La Défense des Enfants, République française.

## Diseño de una aplicación para enseñar programación a estudiantes universitarios usando la metodología incremental y el modelo de diseño instruccional ADDIE

### [ Designing an application that teaches programming to college students using incremental methodology and instructional design model ADDIE ]

*René López Caballero, María Guadalupe Medina Barrera, and José Juan Hernández Mora*

Maestría en Sistemas Computacionales,  
Instituto Tecnológico de Apizaco,  
Apizaco, Tlaxcala, México

---

Copyright © 2016 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 aim of this paper is to describe a methodology used to create an application that teaches programming to college students. The instructional design model and incremental software development model are used as a base. The instructional design model is a general methodology for the development of educational materials. This methodology is composed by 5 phases: Analysis Design, Development, Implementation and Evaluation, commonly referred as ADDIE. We use the software incremental methodology, this software methodology divide software development into increments, in each increment, a functional software is developed and can be tested, for each increment will use the 5 phases of instructional design presented before.

The software teaches programming to college students, detecting the students learning style and providing a personalized experience, we use the visual programming paradigm. This application is developed in a web environment, using as tool set: HTML, Javascript, Linux, Apache, MySQL and PHP.

At the end of this work we have realized that the incremental software development methodology and the incremental development model is a good combination in the development of educational software focused on the web.

**KEYWORDS:** software, methodology, programming, incremental, development.

## 1 INTRODUCCIÓN

En la enseñanza se ha pasado del conductivismo al constructivismo, donde la educación se basa en que el alumno genere su propio conocimiento y no en que el sea solo un ente pasivo que recibe la información del profesor. “Hay que pasar del enfoque en donde el alumno solo memoriza la información, ya que en la actualidad los conocimientos se actualizan constantemente, al enfoque donde los estudiantes son capaces de aprender por ellos mismos y así siempre estar a la par de los cambios tecnológicos.”[1]

Como consecuencia de esto, surge la educación basada en las competencias. Las competencias de acuerdo a la UNESCO son: “el conjunto de comportamientos socioafectivos y habilidades cognoscitivas, psicológicas, sensoriales y motoras que permiten llevar a cabo adecuadamente un desempeño, una función una actitud o una tarea”[2]. Esto hace que tengamos la necesidad de capacitar alumnos que sean competentes, en las carreras de tecnologías de la información una de las competencias mas importantes es la de la programación.

No todos las personas aprenden de la misma manera ya que estamos influenciados por diversos factores como pueden ser las condiciones culturales, la edad, el bagage cultural, si nos gusta trabajar solos o acompañados, etc. Debido a esto se supone que una educación personalizada nos ayudará a que el alumno tenga mejor aprovechamiento. Esto nos hace

plantearnos la necesidad de crear un programa que enseñe programación de forma personalizada a los alumnos. Existen varias formas de clasificar estos estilos de aprendizaje dependiendo de diversos autores. Para este trabajo nos basaremos en el modelo bipolar creado por Felder y Silverman, en donde se dividen los estilos de aprendizaje en 5 duplas contrapuestas: Activos o reflexivos, sensitivos o intuitivos, visuales o verbales, secuenciales o globales e inductivos o deductivos: [3].

Con la llegada del internet a nuestras vidas, la educación ha cambiado para bien. El conocimiento que antes era restringido a aquellas personas que tenían acceso a las bibliotecas, ahora está disponible a cualquier persona que use internet desde una computadora, una tableta o un teléfono celular. En internet se pueden acceder a una infinidad de contenidos, lo que en sus inicios eran solo documentos de texto, con algunas imágenes y un formato básico, se han transformado en paginas multimedia, wikis, blogs, vídeos, teleconferencias. Podemos encontrar desde información básica como inflar una llanta, aprender calculo, infinidad libros electrónicos, transiciones en vivo, cursos, conferencias, hasta acceder todo el contenido de cursos de reconocidas universidades como Standford y MIT.

Jenkins, Browne y Walker describen a una plataforma e-learning, plataforma educativa web o entorno virtual de enseñanza y aprendizaje como una aplicación web que integra un conjunto de herramientas para la enseñanza-aprendizaje en línea, permitiendo una enseñanza no presencial (e-learning) y/o una enseñanza mixta (b-learning), donde se combina la enseñanza en Internet con experiencias en la clase presencial [4].

Debido a la cercanía con los Estados Unidos, México ese un lugar ideal para desarrollar software para el país vecino y tenemos la oportunidad de ser competitivos en esta área.

De acuerdo al A.T. Kearney Global Services Location Index 2014 [5] México ha pasado del sexto lugar en 2011 al cuarto lugar en 2014 en servicios de Offshoring con los Estados Unidos, detrás de India, China y Malasia. Si México cuenta con un profesionales altamente calificados en el área de programación estos pueden aprovechar las ofertas laborales con los Estados Unidos.

En la actualidad muchos alumnos egresan con un conocimiento básico en el área de programación, por lo que existe la necesidad de generar profesionistas con competencias desarrolladas en el área de programación de computadoras y el desarrollo de sistemas automáticos. Esto logrará que la región sea más competitiva y productiva en las TIC y esto beneficiara a la población.

Diversos métodos han sido utilizado para enseñar programación a las personas: usando diagramas de flujo [6], enseñando a los niños a crear sus propios videojuegos [7], manipulando un robot virtual [8], usando facebook como medio de resolver dudas [9], etc. El metodo mas usado actualmente es el que usa el paradigma de la programación visual, sitios web como *scratch*, *code.org*, *tinker*, *app inventor*, hacen uso de este, pero no encontramos ninguno que ofrezca enseñanza personalizada dependiendo del estilo de aprendizaje del usuario.

El presente trabajo surge, debido a la necesidad de desarrollar un software educativo, que sea un auxiliar en la enseñanza de la programación para estudiantes universitarios. Se desarrolló como una aplicación web, con la finalidad de que pueda ser utilizado por cualquier estudiante con acceso a internet. El software será instalado en el Instituto Tecnológico de Apizaco y del Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala para que pueda ser utilizado por sus alumnos y profesores.

El software detecta el estilo de aprendizaje del usuario y dependiendo de esto le proporciona una enseñanza personalizada, para esto utilizaremos el paradigma de programación visual, permitiendo que el usuario, pueda arrastrar bloques para realizar sus programas. La programación visual nos permite que el usuario aprenda la lógica de la programación sin preocuparse de los errores de sintaxis. La programación visual es una excelente primera aproximación a la programación antes de aprender algún lenguajes de programación tradicional.

Ya que nuestro software, es un software educativo, se utilizó como base a la metodología de diseño instruccional ADDIE ( Análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación ) [10], la cual esta diseñada para desarrollo de material educativo.

En cuanto a la metodología de software, utilizamos la metodología de de desarrollo incremental. En ésta, el desarrollo del software está dividido en incrementos. Dentro de cada una de estos incrementos se utiliza la metodología ADDIE (Análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación) adaptada al desarrollo de software.

## 2 MODELO ADDIE

“Para Berger y Kam el diseño instruccional es la ciencia de creación de especificaciones detalladas para el desarrollo, implementación, evaluación, y mantenimiento de situaciones que facilitan el aprendizaje de pequeñas y grandes unidades de contenidos, en diferentes niveles de complejidad.” [10]

El modelo ADDIE es un acrónimo generado a partir sus cinco fases, las cuales son: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación:

1. Análisis: En esta etapa se analiza las necesidades de los alumnos
2. Diseño: En esta etapa se define la serie de materiales y como se darán
3. Desarrollo: En esta fase lleva a cabo la creación del software
4. Implementación: Se implementa el software para ser usado por los alumnos
5. Evaluación: Se hace una evaluación del producto

Este proceso al que a veces nos referimos como ADDIE puede modificarse para adaptarse a cualquier situación, tema, público y modelo de formación. [11]

### **3 METODOLOGÍA DESARROLLO INCREMENTAL**

En la metodología de desarrollo incremental, se crea una primera versión del software, después se le pide retroalimentación al usuario y se van realizando entregas incrementales, hasta llegar a la versión final del software.

Durante cada versión del software se van añadiendo las características que el cliente necesita, por lo general el primer incremento consta de funcionalidades básicas mas importantes o las mas urgentes.

Cada incremento en esta metodología de software es un producto que funciona y puede ser probado.

Algunos beneficios de desarrollo incremental son:

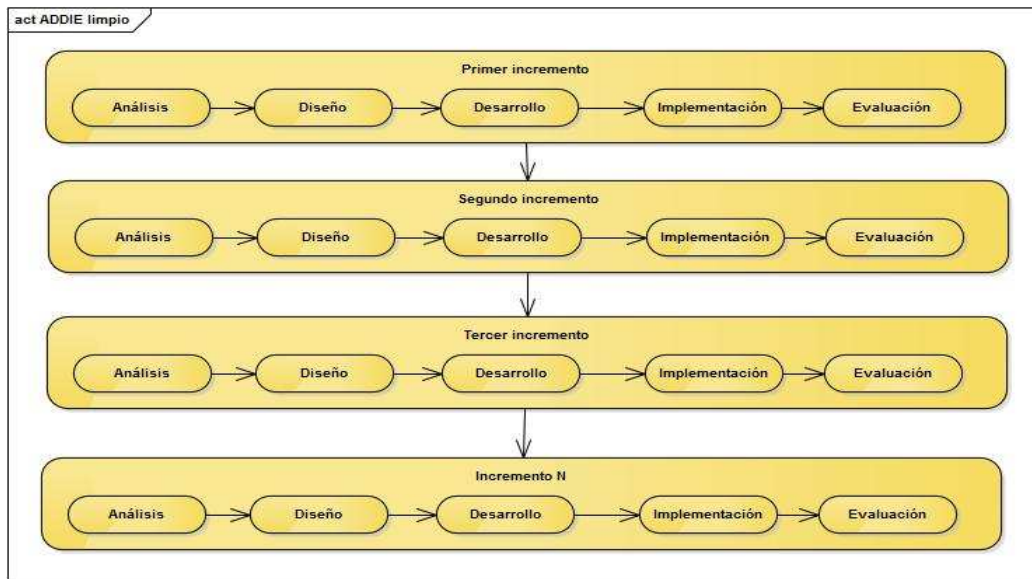
- Se reduce el costo de adaptar nuevos requerimientos. La cantidad de documentos que tiene que rehacerse es mucho menor
- Es mas fácil obtener retroalimentación del cliente, ya que puede resultar engorroso para el cliente leer manuales técnicos
- Se puede entregar versiones funcionales al cliente, antes de que el producto este 100% terminado

Los modelos de desarrollo incremental no son recomendados para software grande y complejo, pero sí para la mayoría de sistemas empresariales, de comercio electrónico y personales.[12],[13]

### **4 MODELO PROPUESTO**

Nuestra propuesta de metodología, es tomar las 5 fases del modelo ADDIE: Análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación e implementarlas en cada en cada uno de los incrementos, de una metodología tradicional de desarrollo de software incremental.

En esta metodología podemos dividir nuestro software en diversos incrementos, en donde cada uno, sera un producto funcional, que podremos probar, antes de continua con el siguiente incremento.



**Fig. 1. Modelo de desarrollo propuesto**

## 5 DISEÑO DE LA APLICACIÓN PARA ENSEÑAR PROGRAMACIÓN A ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Nuestro software, como ya lo hemos mencionado, es un software educativo, auxiliar en la enseñanza de la programación para los alumnos del Instituto Tecnológico de Apizaco y del Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. En este capítulo describiremos la metodología de desarrollo usada en nuestro software.

Ya que nuestro software, es un software educativo, tomaremos como base a la metodología de diseño instruccional ADDIE ( Análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación ), la cual está diseñada para desarrollo de material educativo.

En cuanto a la metodología de software, usaremos la metodología de desarrollo incremental. En ésta el desarrollo del software está dividido en incrementos, dentro de cada una de estos incrementos usaremos la metodología ADDIE (Análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación) adaptada al desarrollo de software.

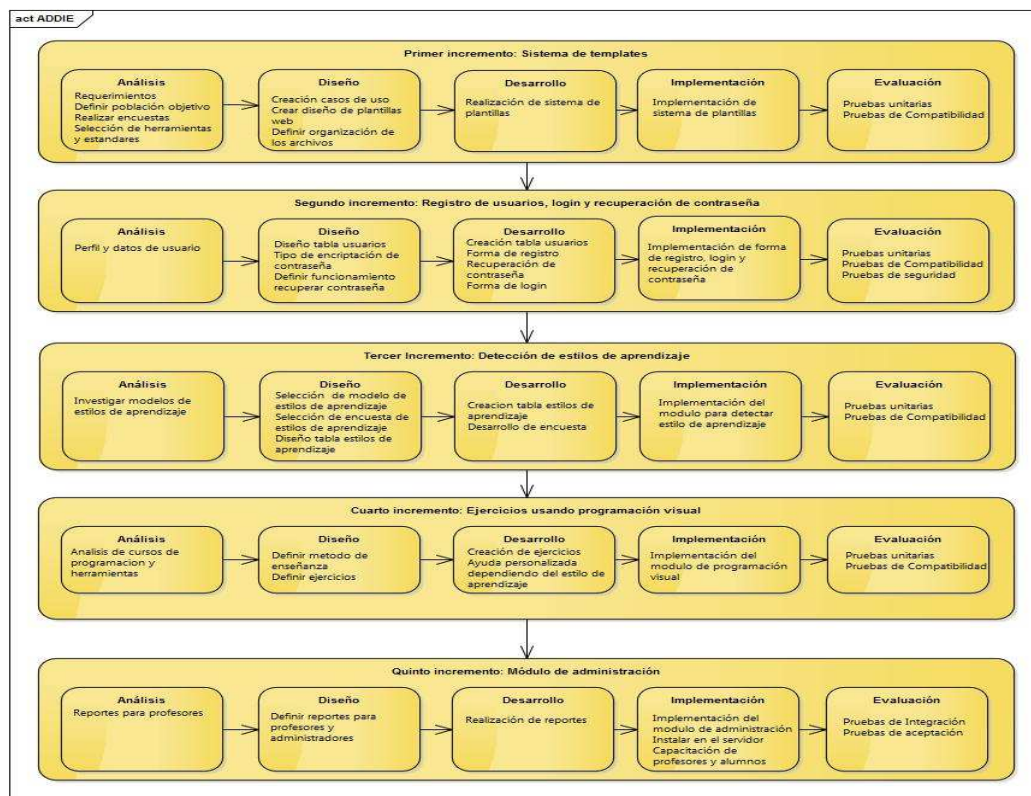


Fig. 2. Metodología de la aplicación para enseñar programación a estudiantes universitarios

### 5.1 PRIMER INCREMENTO

En la metodología ADDIE una de las partes mas importantes, es determinar si es que nuestro programa informático será adecuado para nuestra población objetivo, con motivo de esto, como primer paso se realizó una encuesta para ver si nuestros usuarios: encuentran difícil la programación, así como para ver si cuentan con los medios tecnológicos para usar el sistema.

Se encuestaron un total de 132 estudiantes, que van de los 17 a los 24 años, de los cuales 74 fueron hombres y 58 mujeres, se encuestó a alumnos que se encuentran entre el primero y el séptimo semestre, los resultados de esta encuesta, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Percepción de la programación para los alumnos

	Muy Fácil	Fácil	Normal	Difícil	Muy Difícil
<b>Programación</b>	0%	8%	47%	43%	2%
<b>Variables</b>	4%	14%	45%	35%	2%
<b>Condicionales</b>	6%	25%	40%	27%	2%
<b>Ciclos</b>	5%	17%	42%	33%	4%
<b>Matrices</b>	1%	8%	24%	60%	7%
<b>Funciones</b>	1%	11%	36%	46%	7%
<b>Objetos</b>	0%	15%	30%	48%	8%

Después de validar con encuestas la viabilidad de nuestro software, se procedió a recabar los requerimientos de nuestro programa, tanto funcionales como no funcionales. Con base en nuestros requerimientos se realizó un diagrama de los casos de uso de nuestro software.

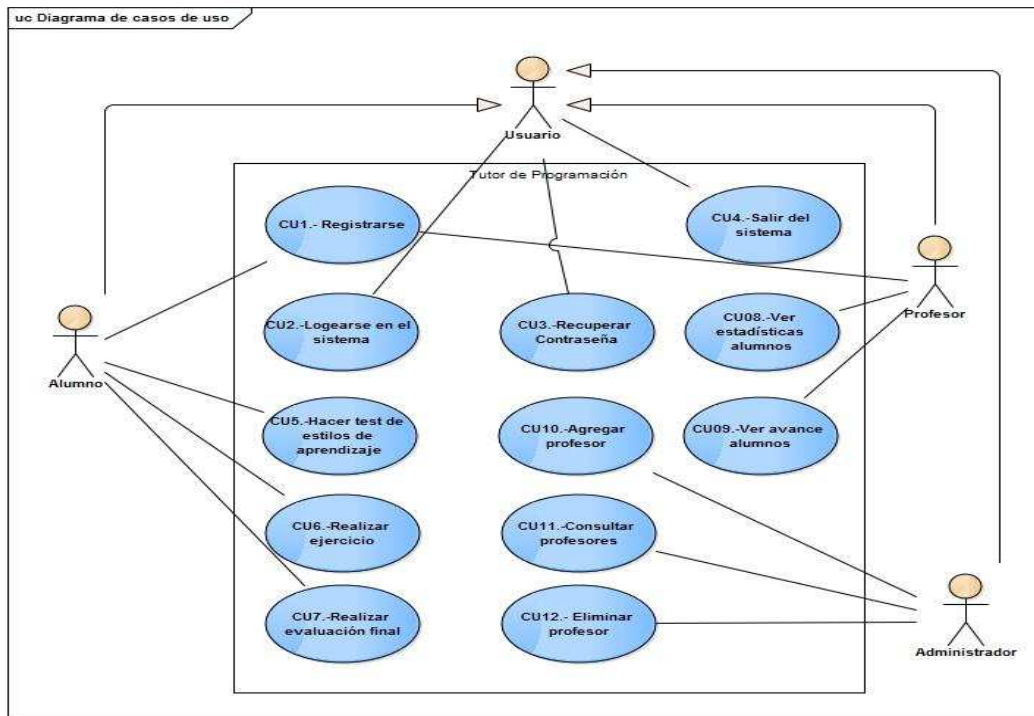


Fig. 3. Casos de uso de la aplicación

Para poder llevar a cabo un correcto desarrollo, se definió qué tipo de aplicación desarrollaremos y qué herramientas utilizaremos. Nuestra aplicación es una webapp, para poder ser accesada fácilmente por un mayor número de alumnos. Las herramientas elegidas para el desarrollo son: Linux, Apache, Mysql y PHP, conjunto de herramientas mejor conocido como LAMP, también utilizamos HTML, Javascript así como las librerías Bootstrap, librería de CSS, Blockly librería de programación visual y AngularJS librería para creación de HTML dinámico.

Para que nuestro código sea legible y estandarizado se definieron los estándares de codificación a seguir, como se nombran archivos, como nombrar de variables, clases, indentación etc.

Para tener una mejor organización de los archivos se definió la estructura de directorios, cada archivo se agrupo de acuerdo a su tipo, img (imagenes), js (javascript), templates (templates html) y css (hojas de estilo en cascada).

Para poder implementar el mismo software en dos universidades, pero cada una con propio *look and feel*, se creó un sistema de *templates*, donde con el cambio de una simple variable de la configuración, se puede cambiar el encabezado y pie de nuestro sitio.

## 5.2 SEGUNDO INCREMENTO

Como segundo incremento se desarrolló el sistema de registro de usuarios, recuperación de la contraseña del usuarios y la autenticación de usuario al sistema.

El primer paso fue el de establecer que datos se requieren almacenar para cada usuario de nuestro sistema. Con esto se creó la tabla usuarios, la cual almacenar toda la información relacionada con estos.

Antes de realizar la programación, creamos un diagrama de actividad para cada una de las funcionalidades mencionadas previamente. En la figura 4 mostramos el diagrama de actividad del registro de usuarios, este tipo de diagramas se realizaron para cada una de las funcionalidades del sistema, en este documento solo mostramos uno como ejemplo.

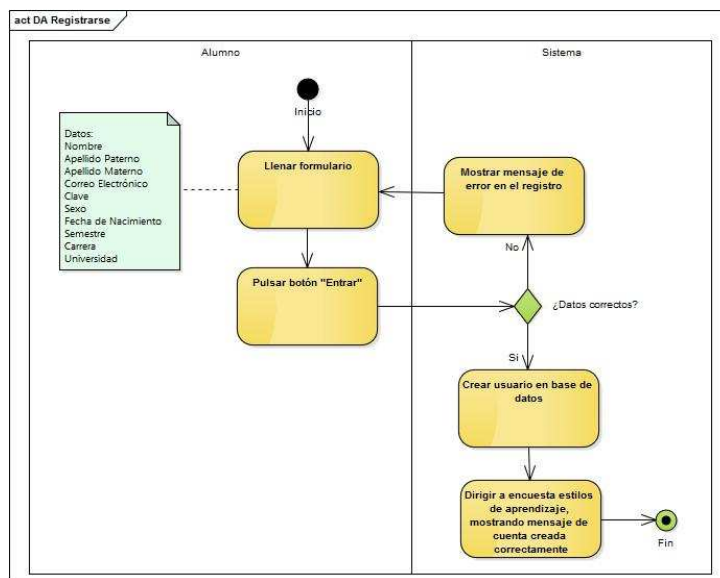


Fig. 4. Diagrama de actividad del registro de alumnos

Primero se llevó a cabo el registro de alumnos, ya que un requerimiento del sistema es que para poder usar el sistema el alumno deberá primero obtener una cuenta. Después de eso se realizó el sistema de recuperación de contraseña, el cual permitirá a un usuario que haya perdido su clave acceder al sistema, el usuario ingresara su contraseña, el sistema enviara un correo que contendrá una liga especial, la cual el usuario deberá hacer click, para verificar la pertenencia de el correo electrónico, una vez hecho esto, el usuario podrá establecer una nueva contraseña. Como ultimo paso de este incremento se desarrolló el sistema de login, ya que para poder acceder al sistema el usuario debe de proporcionar su correo electrónico y contraseña.

### 5.3 TERCER INCREMENTO

El tercer incremento de nuestra aplicación es el modulo de detección de estilos de aprendizaje. Como primer paso se realizó una investigación de los diferentes estilos de aprendizaje, que cuestionarios existen y si son libres de usar en nuestra aplicación. De los modelos existentes analizamos: el modelo PNL, el modelo de David Kolb, El modelo de Felder y Silverman y el modelo de Nad Herman. Hemos elegido el modelo de Fielder-Silverman, ya que este modelo, divide los estilos de aprendizaje en cinco: Activos o reflexivos, sensitivos o intuitivos, visuales o verbales, secuenciales o globales, inductivos o deductivos. De estos estilos utilizaremos el de visuales o verbales para saber que tipo de ayuda proporcionar al usuario y el de secuenciales o globales, para saber como prefieren la información los usuarios, si es que prefieren la información poco a poco, o toda a la vez. Este modelo aparte nos provee de un cuestionario ya diseñado el cual es libre de uso para aplicación educativas, por lo que lo pudimos utilizar sin problemas en nuestra aplicación.

Una vez elegido el modelo de estilos de aprendizaje a utilizar, se creó la base de datos, la cual tiene que almacenar las respuestas del usuario, y el estilo de aprendizaje calculado, y se procedió a la realización del modulo, que aplicara el cuestionario Felder-Silverman al usuario antes de que este empiece a usar el sistema

### 5.4 CUARTO INCREMENTO

Para nuestro cuarto incremento, analizamos diversos cursos en linea gratuitos de la plataforma MIT Open Courseware, para darnos cuenta cual es la forma actual en la que se esta enseñando programación, de esta manera, pudimos obtener, los ejercicios que aplicaremos a los alumnos, para que ellos aprendan practicando.

Una vez definidos los ejercicios para ser realizados por los alumnos, procedimos al modulo de ejercicios el cual utiliza el paradigma de programación visual, esto lo logramos gracias a la librería Blockly, una librería de código libre, desarrollada por google, que nos permite implementar la programación visual de una manera sencilla. Blockly nos permite generar código Javascript, PHP y Python a partir de la programación visual, de esta manera los estudiantes podrán ir observando la analogía de la programación visual, y la programación tradicional e ir aprendiendo a su ritmo.

Nuestro sistema muestra ayuda personalizada dependiendo del estilo de aprendizaje del alumnos, para los alumnos verbales se utiliza texto y para los visuales se utiliza vídeo.

## 5.5 QUINTO INCREMENTO

Como ultimo incremento de nuestra aplicación se definieron los reportes necesarios para los profesores. Se realizo un reporte general donde el profesor pueda ver el avance general de su grupo y un reporte por usuario con información mas detallada, en esto los profesores, pueden ver si los alumnos están utilizando la herramienta, que ejercicios han realizando, y observar si los alumnos tienen dificultad en alguno en especifico.

## 6 CONCLUSIONES

- La metodología de diseño incremental, nos permite dividir el desarrollo de nuestro software en diferentes módulos, cuando el modulo es independiente de los otros, se puede trabajar en paralelo en diferentes módulos y de esa forma agilizar el proceso de desarrollo.
- La metodología de desarrollo incremental resulta un modelo que puede ser adaptado fácilmente a cada uno de los incrementos de una metodología de desarrollo incremental.
- Existe una gran cantidad de programas que enseñan programación, utilizando el paradigma de programación visual, pero no encontramos alguno que sea enfocado a estudiantes universitarios o que detecte el estilo de aprendizaje.
- La enseñanza personalizada es muy difícil de lograr en el salón de clases, por la gran cantidad de alumnos que pueden tener los grupos, pero utilizando software podemos cubrir esta necesidad.
- Para futuros trabajo, se sugiere una aplicación que utilice un lenguaje como processing, el cual se basa en JAVA, pero con una sintaxis simplificada.
- Las aplicaciones web resultan útiles cuando el software debe ser utilizado por personas con diferentes dispositivos y sistemas operativos.

## REFERENCIAS

- [1] Maribel Aragón García y Yasmín Ivette Jiménez Galán, "Diagnóstico de los estilos de aprendizaje en los estudiantes: Estrategia docente para elevar la calidad educativa," *Revista de Investigación Educativa*, 2009.
- [2] Bertha Guadalupe Paredes Zepeda and Gabriel Márquez Ramírez, "Educación Superior basada en Competencias," MEMORIAS DEL VI FORO DE ESTUDIOS EN LENGUAS INTERNACIONAL, 2010
- [3] Aman Consulting, "Felder and Silverman's Index of Learning Styles," 2013.
- [4] Ana Fernández-Pampillón Cesteros, "Las plataformas e-learning para la enseñanza y el aprendizaje universitario en Internet," *Universidad Complutense de Madrid*, 2009.
- [5] "The 2014 A.T. Kearney Global Services Location Index," 2014.
- [6] Terry Wilson, Martin C. Carlisle, Jeff Humphries y Jason Moore "RAPTOR - Flowchart Interpreter," 2006.
- [7] Krishna Vedati, "Tinker," 2013.
- [8] André Roberge, "Learning Python: Child's Play with RUR-PLE!," 2004.
- [9] Chien-Hung Lai, Wei-Ching Lin, Bin-Shyan Jong y Yen-Teh Hsia, "Java Assist Learning System for Assisted Learning on Facebook," 2013.
- [10] Consuelo Belloch, "Diseño Instruccional," *Unidad de Tecnología Educativa(UTE). Universidad de Valencia*, 2010.
- [11] Peter Williams, Lynne Schrum, Albert Sangrà y Lourdes Guàrdia, "Fundamentos del diseño técnico-pedagógico en e-learning," 2004.
- [12] Roger S. Pressman, "Ingeniería del software, UN ENFOQUE PRÁCTICO," 2010.
- [13] Ian Sommerville, "Ingeniería de software," *9nd Ed.* 2011.

## **Influence des états de surface sur la distribution des éléments traces métalliques dans le pédopaysage: Cas du plateau de Penga-Penga (Lubumbashi, Haut-Katanga / RD Congo)**

### **[ Influence of surface states on the distribution of trace metals in the soil landscape: Case of Penga-Penga (Lubumbashi, Haut-Katanga / DR Congo) ]**

*Serge Kashimbo Kalala*

Chef des travaux à l'Unité de Gestion des ressources naturelles, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, RD Congo

---

Copyright © 2016 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:** Katanga is one of the regions of the world, where we find abundant geochemical anomalies in most of these soils. These geochemical anomalies contain rich deposits mainly copper but also cobalt, zinc, cadmium and gold. The rich deposits of copper, cobalt, zinc, cadmium and gold are either in the hills or in the depths of the basement. Under these conditions these elements constituting a danger reduced to humans, plants and animals. From the time man, through its various activities (mining, metallurgical, plastic manufacturing) interrupts the strong links between these elements that begin the redistribution issues, release of these hazardous metals in the different compartments of environment: soil, water, air. They reach very high levels and become a real problem for humans.

Atmospheric fallout from the rich fumes SO<sub>2</sub> discharged through the chimney smelter plant Gecamines contributed to the accumulation of metals in the soils of Penga Penga-tray. The digging of the Quartz and brick-making contributed to the remobilization of these metals through the landscape, soil, air, and water are a serious public health problem in this part of the city Lubumbashi.

**KEYWORDS:** Katanga, geochemical anomalies, human activities, atmospheric deposition, SO<sub>2</sub> redistribution, Cu, soil, water, air.

**RÉSUMÉ:** Le Katanga est l'une des régions du monde, où l'on trouve des anomalies géochimiques abondantes dans la plupart de ces sols. Ces anomalies géochimiques renferment des gisements riches en cuivre principalement mais aussi en cobalt, zinc, cadmium et or. Les gisements riches en cuivre, cobalt, zinc, cadmium et or sont soit dans les collines, soit dans les profondeurs du sous-sol. Dans ces conditions ces éléments ne présentent qu'un danger réduit pour l'homme, les plantes et les animaux. A partir du moment où l'homme, par ses diverses activités (exploitation minière, procédés métallurgiques, fabrication plastique) interrompt les liaisons solides entre ces éléments, que commencent les problèmes de redistribution, de relargage de ces métaux dangereux dans les différents compartiments de l'environnement: sol, eau, air. Ils atteignent des concentrations très élevées et deviennent un réel problème pour l'homme.

Les retombées atmosphériques issues des fumées riches en SO<sub>2</sub> rejetées par la cheminée de la fonderie de l'usine de la Gecamines, ont contribué à l'accumulation des métaux dans les sols du plateau de Penga-Penga. Les travaux de creusage du Quartz ainsi que la fabrication des briques ont contribué à la remobilisation de ces métaux à travers le paysage, dans le sol, l'air, l'eau et constituent un problème sérieux de santé publique dans cette partie de la ville de Lubumbashi.

**MOTS-CLEFS:** Katanga, anomalies géochimiques, activités anthropiques, retombées atmosphériques, SO<sub>2</sub> redistribution, Cu, sol, eau, air.

## 1 INTRODUCTION

Dans les gisements du Katanga, le cuivre est accompagné de cobalt, zinc, cadmium et or. C'est en 1911 que l'on a commencé à traiter le minerai oxydé à haute teneur du gisement de l'Étoile, près de Lubumbashi [1]. Mais depuis 1923, les procédés de concentration et métallurgie ont dû constamment être adaptés aux variations de composition des minerais oxydés, carbonatés, alumineux et sulfurés, extraits de nombreux gisements superficiels et souterrains de la « ceinture cuprifère » [2].

Au Katanga, la fonderie Électrique de la Gécamines Lubumbashi a été une agglomération de fusion qui a produit pendant près d'un demi-siècle, une matte de cuivre contenant environ 70% de cuivre et une scorie riche en cadmium [3]. Le site fut équipé d'une imposante cheminée de 152 m, celle-ci a émis dans l'atmosphère de grandes quantités de  $\text{SO}_2$ , résultat de l'oxydation des sulfures et des poussières métallifères chargées en cuivre et autres métaux à la suite des procédés métallurgiques [4]. Le cuivre s'est éliminé ensuite par gravité, dépôt à sec, précipitation et lessivage et s'est accumulé principalement dans les horizons de surface, des sols environnants [5]. Ces émissions de  $\text{SO}_2$  ont été responsables de pluies acides [6] néfastes pour les êtres vivants et les végétaux. Les retombées de ces composés acidifiants et de poussières métallifères ont entraîné le remplacement de la forêt claire originelle par une steppe courte au sein de laquelle on retrouve les espèces de la flore cupricole et de vastes surfaces nues [7].

Le sol, ressource naturelle essentielle, est le support de nombreuses activités industrielles, agricoles et urbaines [8]. Le développement de ces activités, en occurrence celles industrielles entraîne une forte augmentation des teneurs en éléments trace métalliques (ETM) dans les sols et peut alors en devenir la source prédominante par rapport à ceux d'origine géogène [9]. La contamination métallique des sols, suite aux retombées atmosphériques locales (industrielles et urbaines) et à des apports divers (composts, engrais) anciens ou actuels, explique la présence dans les horizons de surface, des teneurs élevées en ETM tels que Cd, Cu, Zn et Pb [10, 11, 12]. Cependant, malgré un effet d'accumulation évident, le transfert de métaux vers la profondeur et le pédopaysage est noté.

La détermination des états de surface sur le plateau de Penga-Penga passe pour un outil indispensable dans l'étude de transfert vertical et horizontal des ETM dans les sols étant donné que ceux-ci ont des niveaux des teneurs en Cu, Co, Cd, Pb très élevés. L'usage inapproprié de ces types de sols contribue à la redistribution de ces polluants dangereux dans les autres compartiments de l'environnement à savoir l'eau et l'air. L'accumulation des polluants est constatée au niveau de l'horizon de surface (0-20Cm), couche exploitée par les racines des plantes. L'état de cette couche contaminée a permis de dicter les considérations observées sur le terrain à savoir: le taux du couvert végétal, le taux de la latérite, le taux du quartz, l'usage du sol, ainsi que le pourcentage des surfaces nues. Les observations faites ont permis de définir trois états de la couche contaminée sur le plateau de Penga-Penga. Elle est soit érodée (décapage de l'horizon A et apparition du B) dans les sous zones à prédominance des surfaces nues. On note le transfert des ETM vers la rivière Karavia par érosion et ruissellement. Elle affleure dans les sous zones où le taux du couvert végétal est important et elle est enterrée là où on observe d'importantes activités anthropiques (creusage du quartz, fabrication des briques).

Cette étude avait pour objectif principal de déterminer les états de surface liés à la couche contaminée observée sur le plateau de Penga-Penga, comme outil indispensable dans la compréhension des mécanismes de redistribution des éléments traces métalliques (ETM) dans les compartiments de l'environnement sols, eau, air. Au regard du niveau de concentration des ETM dans ce secteur, l'affectation des sols à un usage donné devra passer par des études détaillées des risques que peuvent engendrer les ETM lorsqu'ils sont présents dans les sols, les plantes, l'eau, l'air à des teneurs dépassant excessivement les normes fixées.

## 2 MILIEU, MATÉRIELS ET MÉTHODE

### 2.1 MILIEU

Le site de Penga-Penga est situé dans le cône de pollution de la cheminée de la Gécamines, à proximité du Cimetière de la Gécamines [13]. La végétation de cette zone, située dans l'axe des vents dominants, a été totalement dévastée par l'accumulation progressive des dépôts atmosphériques des particules polluantes rejetées par la cheminée [14]. Ce quartier est situé à moins de 3 km, au Nord-Ouest, de l'Usine de la Gécamines.

### 2.2 MÉTHODOLOGIE DE TERRAIN

Une zone d'étude a été sélectionnée sur le plateau du quartier GÉCAMINES. Les limites ont été définies géographiquement en relevant les coordonnées à l'aide d'un GPS. La zone est délimitée par les zones d'habitation et la rivière Karavia (figure 1).

Ensuite quatre transects principaux ont été tracés parallèlement du plateau vers le bas-fond. Les observations de terrain ont été relevées le long de ces transects et dès qu'un paramètre changeait, la position GPS de la zone était notée. Dans un deuxième temps, des transects perpendiculaires aux premiers ont été parcourus tous les 100 m afin d'améliorer la densité des observations.

### **2.3 MATÉRIELS**

Le matériel pris en compte dans cette étude est constitué essentiellement de différentes séries de sols classées selon la classification de la FAO [15]. Il s'agit de sols Zonaux, Azonaux et Intra zonaux qu'on retrouve dans l'aire d'étude. Trois types de sol zonaux sont repris. La série Kaponda ( $A_2$ ) est largement distribuée sur le plateau de la Gécamines surtout au niveau du cimetière et du versant vers la rivière Karavia. Ces sols sont soit nus et subissent alors une forte érosion, soit occupés par une végétation herbacée et arbustive. La série Baya ( $A_3$ ) qui est un sol brun-jaune, bien drainé et la série Musaonga ( $Ag_3$ ) qui est aussi un sol brun-jaune avec la présence de cailloutis à la base sont les types de sol les plus fréquents sur cette aire. La série Baya est fortement présente sur le plateau de la Gécamines ainsi que sur le plateau Karavia. La série Musaonga se situe sur le versant du plateau Gécamines et peut s'observer en alternance avec la série baya sur le plateau de la Karavia.

### **2.4 MÉTHODE DE LABORATOIRE**

Chaque échantillon récolté sur le terrain a été séché à l'air et émotté en vue d'un tamisage à 2 mm. Chaque échantillon et son refus ont fait l'objet de pesée sur une balance à deux décimales en vue de l'estimation de la charge grossière [16]. Tous les échantillons ont été conditionnés dans des boîtes hermétiques préservant ainsi leur atmosphère d'un taux d'humidité trop élevé.

### **2.5 ANALYSES RÉALISÉES**

Les échantillons récoltés ont fait l'objet des analyses suivantes :

📊 pH eau et pH KCl ; Carbone organique total ; Acidité d'échange pour les échantillons ayant un pH eau < 4,9 (seuil choisi pour garder un nombre d'échantillons raisonnables) ; Azote total pour les échantillons ayant un pourcentage de carbone organique total > à 0,8% Humidité résiduelle.

Les échantillons ainsi sélectionnés ont subi les analyses supplémentaires suivantes :

📊 Analyse granulométrique ; Capacité d'échange cationique ; Eléments échangeables à l'acétate ammonique à pH 7 ( $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cu^{++}$ ) ; Eléments totaux (Cd, Cu, Zn, Co, Pb, Mg, Mn, Al, Fe, Ca, Na, K).

## **3 ELABORATION DE LA CARTE**

Une zone d'étude a été sélectionnée sur le plateau du quartier GÉCAMINES. Les limites ont été définies géographiquement en relevant les coordonnées à l'aide d'un GPS. La zone est délimitée par les zones d'habitation et la rivière Karavia (Figure 1).



*Figure 1: Localisation de la zone d'étude de l'état de surface sur image aérienne (Googlemap)*

## 4 RÉSULTATS

### 4.1 ETATS DE SURFACES

Etant donné l'importance de la présence de l'ancien horizon de surface contaminé par les retombées atmosphériques sur les niveaux de teneurs mesurés dans la couche 0-20cm, le premier critère pris en considération y est lié. La couche contaminée peut être enterrée (I), érodée (II) ou affleurer en surface (III).

Les autres critères sont la présence d'une couverture végétale et son taux de recouvrement, la présence d'une charge caillouteuse grossière, son importance (gravier de latérite ou de quartz) ainsi que la résistance à la pénétration d'une tige métallique (enfoncement facile (0), moyen (1), difficile (2)). La classification des taux de recouvrement végétal et de la charge caillouteuse seront élaborés en fonction des situations observées sur le terrain. Les résultats généraux sur l'état de la couche contaminée entre 0-20cm dans les différentes sous zones du site d'étude, à la Gécamines montrent une tendance plus marquée de l'état II, qui définit la couche contaminée érodée, c'est le cas des sous zones de la troisième à la onzième. Cette situation s'explique par la dégradation de la végétation, la présence de vastes surfaces nues et les phénomènes intenses d'érosion. L'absence de la végétation dans cette partie se justifie par la contamination des sols par les retombées des poussières métallifères riches en Cu, Co, Zn, Mn, Pb, Cd [16]. Ceux-ci exercent sur les sols et la végétation une pression de toxicité [17], perturbant ainsi leurs fonctions lorsqu'ils sont à des teneurs élevées au-delà des seuils fixés par les normes de l'Association Française de Normalisation [18] (AFNOR).

#### 4.2 REPRESENTATION DES RESULTATS DES ETATS DE SURFACE SOUS FORME GRAPHIQUE

Comme il est dit ci-haut, la couche contaminée peut être érodée, enterrée ou peut affleurer en surface suivant les différentes contraintes que subissent les sols. L'importance relative de celle-ci est un bon signe qui donne des renseignements sur les activités antérieures responsables de la dégradation des sols. Leur usage restreint se résume à la fabrication des briques, la construction des maisons d'habitation et bien d'autres usages. La couche contaminée affleure là où il y a de la végétation pendant que celle érodée se manifeste plus sur sols nus, alors que celle enterrée s'observe là où il y a d'importants travaux anthropiques. Pour ce qui est du cas présent, l'importance relative de la couche contaminée présente un effet plus marqué de l'état érodé car majoritairement les sols nus s'observent plus que ceux qui sont couverts. Il existe donc une corrélation entre sol nu-couche contaminée érodée-quartz. L'histogramme de la figure 2 montre visiblement les proportions de la couche contaminée dans les différentes sous-zones.

##### 4.2.1 HISTOGRAMME SUR LES ETATS DE LA COUCHE CONTAMINEE DANS LES SOUS ZONES (EN %)

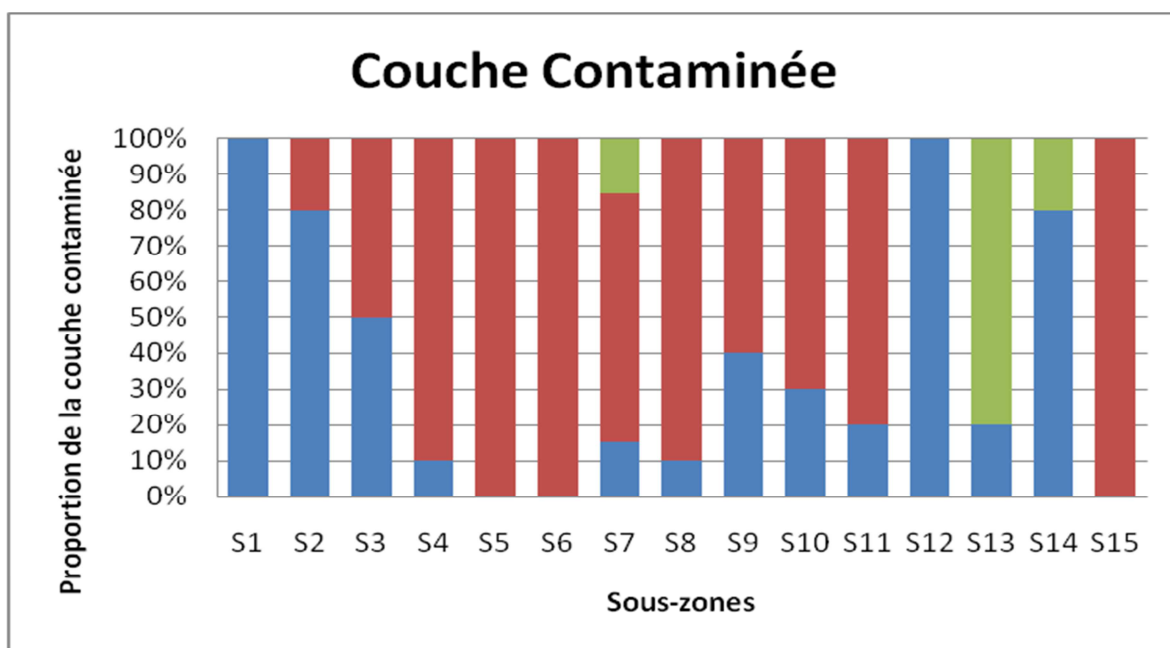


Figure 2: Etat de la couche contaminée

##### Légende

- Couche contaminée affleurée ■
- Couche contaminée érodée ■
- Couche contaminée enterrée ■

Il apparaît que les proportions de la couche contaminée montrent une tendance plus marquée de l'état érodé de celle-ci à partir de la troisième sous-zone (50%) jusqu'à la onzième érodée à 80%. Les sous zones 5, 6 et 15 présentent la couche contaminée complètement érodée (100%). Dans les sous zones 1 et 12, l'affleurement de la couche contaminée est totale (100%). C'est dans ces sous zone qu'on note une abondance du couvert végétal dominé par une espèce qui s'adapte aux fortes concentrations en ETM présents dans l'horizon de surface correspondant à la couche contaminée. Il s'agit de *Microchloa Altera*. Il convient de noter la présence des espèces végétales métalophytes dans les sous zones 2 et 14 à 80%, et à 50% dans la troisième. Par contre la treizième sous zone a cette couche contaminée enterrée (80%) probablement par les activités humaines développées sur ce site à savoir le creusage du Quartz.

#### 4.2.2 HISTOGRAMME SUR LE TAUX DE RECOUVREMENT VEGETAL DANS LES SOUS ZONES ETUDIEES (0-100%)

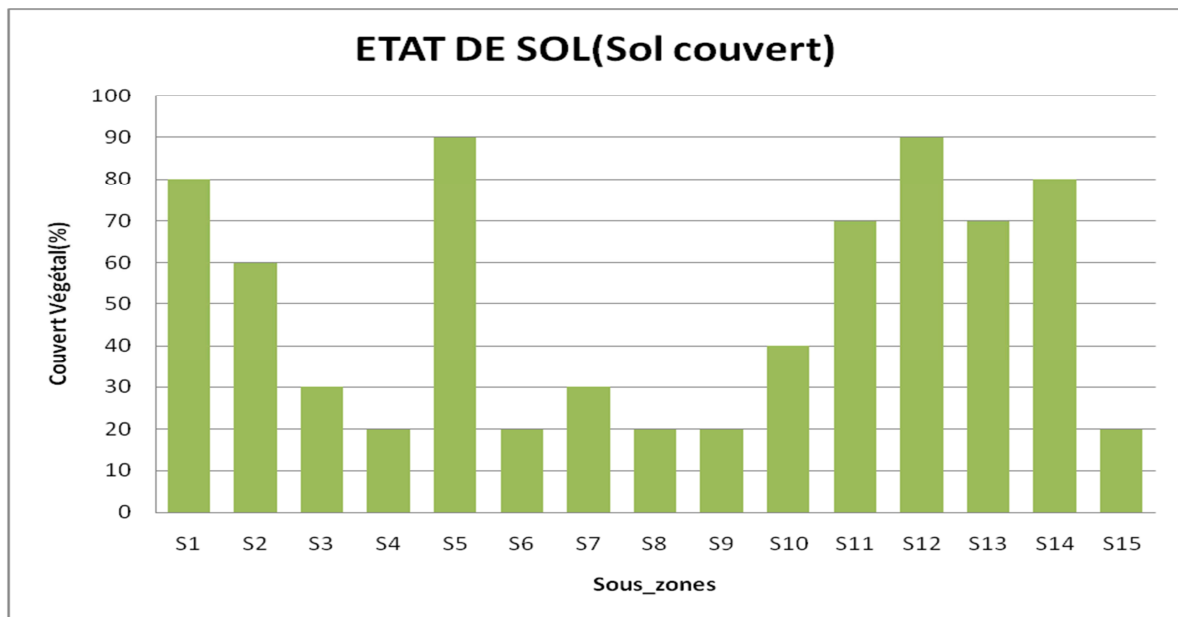


Figure 3 : couverture végétale.

Il ressort de la figure 3 que les taux du couvert végétal les plus élevés s'observent dans les sous zones 1, 2, 5, 11, 12, 13, 14 aux proportions de 80, 60, 90, 70, 90, 70, 80% du couvert végétal. Ceci s'explique par la présence dans ces sous zones de fortes teneurs des laterites à texture argileuse. Celles-ci favorisent la bonne croissance des espèces végétales par piégeage des éléments bénéfiques mais aussi des ETM, qui lorsqu'ils dépassent le seuil acceptable deviennent toxiques et inhibent ainsi la croissance [19]. Par contre le taux du couvert végétal est inférieur à 50% dans les sous zones 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, et 15.

Les espèces végétales présentes et dominantes sur le plateau Penga-Penga sont des métalophytes [20] avec prédominance d'une polycuprophyte locale connue: *Microchloa altera*, et d'une polycuprophyte absolue formant un tapis végétal au sol surtout en saison pluvieuse, il s'agit du *Bulbostylis perennis*. La couverture végétale est en corrélation avec l'état de la couche contaminée. On note l'affleurement de la couche contaminée dans les sous zones 1, 2, 5, 11, 12, 13, 14 ou les proportions du couvert végétal sont grandes. Ceci justifie la tolérance des polycuprophytes se développant au niveau de l'horizon de surface ayant la présence de cette couche contaminée (10.000ppm) sur le plateau Penga-Penga [10]. L'histogramme du taux de laterite le montre plus clairement.

4.2.3 HISTOGRAMME SUR LA NATURE DU SUBSTRAT DANS LES SOUS ZONES ( EN %)

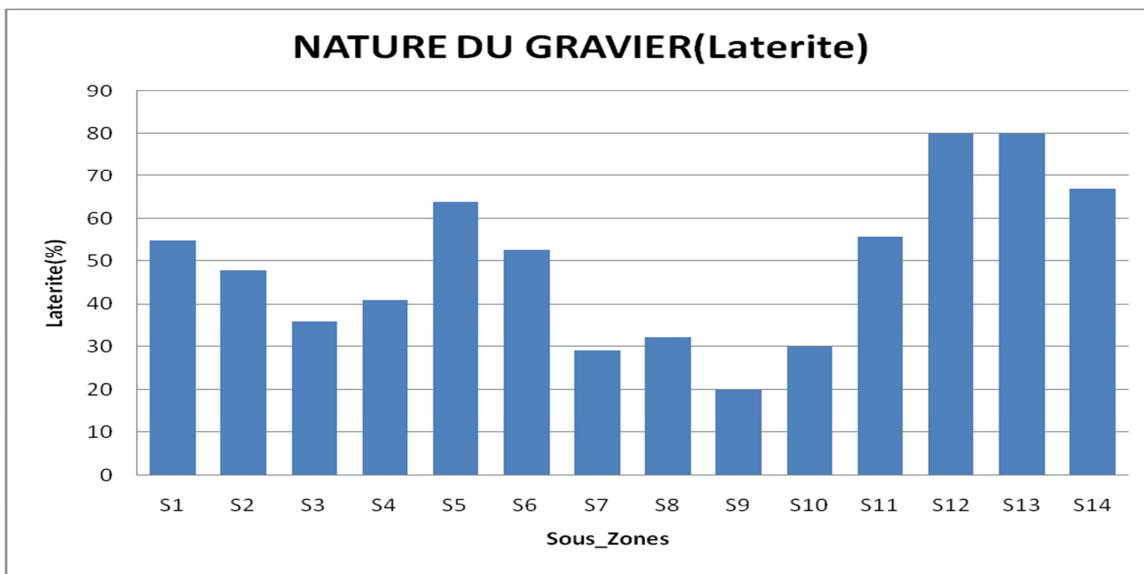


Figure 4: Nature du Substrat (Taux de la Latérite)

De la figure 4 ci-dessus, on observe la nature du substrat que constitue le sol dans les différentes sous zones. La latérite est dans les proportions supérieures à 50% dans les sous zones 1, 5, 6, 11, 12, 13 et 14 respectivement 55, 65, 54, 55, 80, 80, et 68%, elle a des proportions inférieures à 50% dans les sous zones 2, 3, 4, 7, 8, 9, et 10. De ce point de vue, il ressort clairement l'existence d'une corrélation entre la couverture végétale et le taux de laterite, c'est-à-dire le couvert végétal est très abondant dans les sous zones ayant de la latérite. On note aussi la présence du couvert végétal dans les sous zones au taux de Latérite inférieur à 50% mais d'une manière isolée. La croissance des plantes métalophytes est bonne dans les sous zones aux taux de latérite élevés.

4.2.4 HISTOGRAMME SUR LA NATURE DU SUBSTRAT DANS LES SOUS ZONES ( EN %)

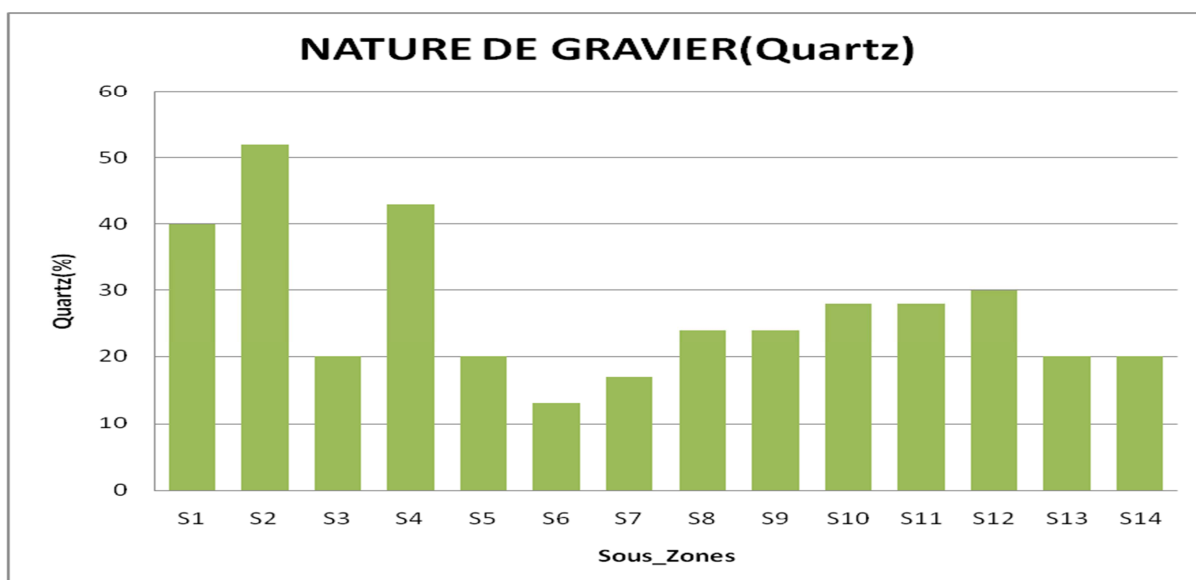


Figure 5: Nature du Substrat (Taux de Quartz)

Au regard de la figure 5 ci-dessus, il ressort que les taux du Quartz présent dans les différentes sous zones se trouvent inférieurs à 50%. Seule la sous zone 2 présente un taux de 52%. En se référant au taux de latérite évoqué précédemment, la sous zone 2 a un taux de 48%. Elle est suivie par la sous zone 4, 44% de Quartz et 40% de Latérite. Par contre, dans les autres sous zones, on note une faible distribution du Quartz dans le sol.

#### 4.2.5 HISTOGRAMME SUR LE TAUX DU COUVERT VEGETAL DANS LES SOUS ZONES ( SOL NU)

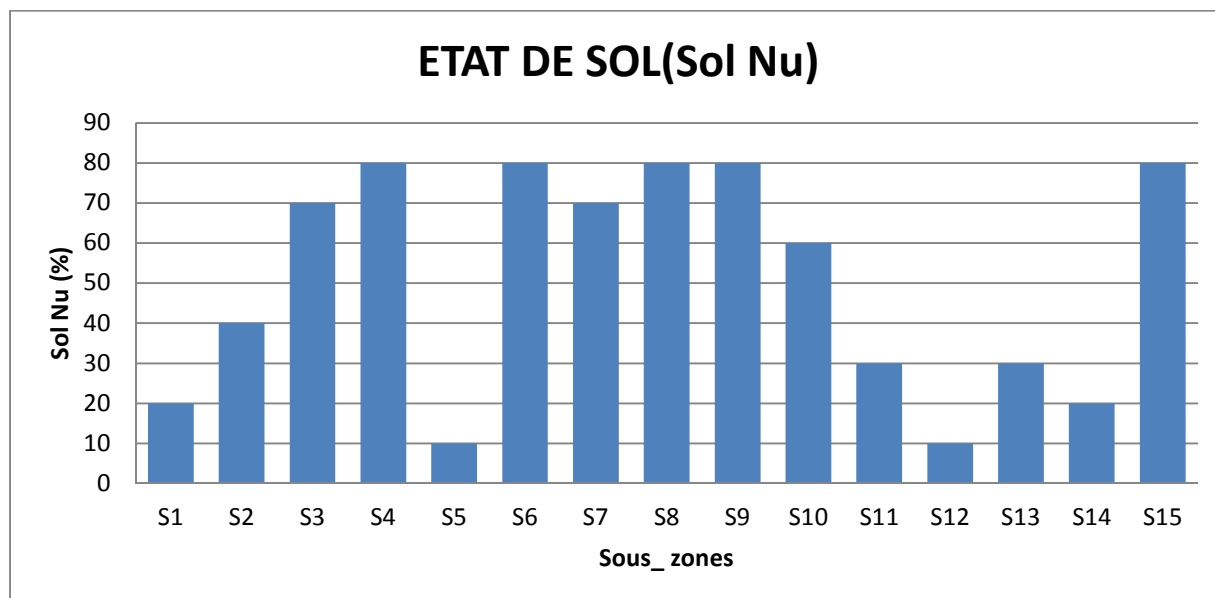


Figure 5 : Etat du sol

Il ressort de la figure 5 ci-dessus, la présence sur le site d'étude de vastes surfaces nues localisées dans les sous zones 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, et 15 aux proportions de 70, 80, 80, 70, 80, 80, 60, et 80%. On constate que les surfaces nues prédominent sur la zone d'étude, ceci s'explique d'une part par la problématique liée à la contamination des sols de cette partie située dans le cône de pollution par les éléments traces métalliques, et d'autre part la présence d'importants travaux anthropiques (Fabrication des briques et extraction du Quartz) qui nécessitent au préalable, la destruction des espèces végétales. D'où la présence des trous béants laissés par les traces de ces activités, ce phénomène s'observe au niveau du plateau et surtout au niveau du bas-fond. La présence de vastes surfaces nues occasionne d'intenses phénomènes d'érosion dans cette partie où la couche contaminée est fortement érodée par ruissellement de l'eau. C'est le cas des sous zones évoquées ci-haut. La topographie et les autres conditions du milieu favorisent la redistribution des éléments traces dans le pédopaysage [21]. Ce qui explique l'absence de la latérite et la présence plus marquée du quartz, abondant dans les sous zones où règnent les vastes surfaces nues. De ce qui précède, on notera l'existence d'une corrélation entre les sols nus, la présence du Quartz, mais aussi l'état de la couche contaminée, c'est-à-dire sur le sol nu, la couche contaminée est érodée, on y note d'importantes activités anthropiques surtout l'extraction du Quartz. C'est dans ces sous zones où les phénomènes d'érosion montrent un travail de fond remarquable.

## 5 DISCUSSION

La zone d'étude a été sélectionnée sur le plateau du quartier GÉCAMINES. Les limites ont été définies par les différents transects principaux parallèles (4) et perpendiculaires (4) pour déterminer les sous-zones d'étude. Quinze sous-zones ont fait l'objet d'étude des états de surface partant du plateau jusqu'au bas-fond suivant les critères pris en compte. La couche contaminée peut être enterrée (I), érodée (II) ou affleurer en surface (III). Les autres critères étant la présence de la couverture végétale et son taux de recouvrement, la présence d'une charge caillouteuse grossière et son importance (graviers de latérite ou de quartz).

Les résultats généraux sur les états de surface (0-20cm) dans les différentes sous zones du site d'étude, à la Gécamines montrent une tendance plus marquée de l'état II, qui définit la couche contaminée érodée(II) caractéristique des surfaces nues présentes sur le plateau, c'est le cas des sous zones de la troisième à la onzième au regard des observations générales. La couche contaminée affleure là où le taux de recouvrement est supérieur à 60% pendant que celle érodée se manifeste

plus sur les sols nus, alors que celle enterrée s'observe là où il y a d'importants travaux anthropiques. S'agissant de la couverture végétale, les résultats montrent d'une manière générale que le taux du couvert végétal est supérieur ou égale à 60% sur sol couvert et avec la latérite comme substrat dans les sous-zones 1, 2, 5, 9, 12, 13, 14, 15. On constate que dans ces dernières, la présence de la végétation protège le sol contre l'érosion et les envols des poussières, donc contre la redistribution des ETM à travers le pédopaysage [22]. La couche contaminée dans ces sous-zones affleure, il y a donc une corrélation entre la couverture végétale-la latérite-et l'affleurement de la couche contaminée. Par contre dans les autres sous-zones, on constate la prédominance de vastes surfaces nues dans lesquelles le travail de l'eau a emporté l'horizon de surface A, laissant à découvert l'horizon B [23]. Dans ces sous-zones, on note l'absence totale de la végétation et la présence du Quartz qui apparaît déjà à 5cm. La couche contaminée est grièvement érodée, on constate cette situation surtout au niveau du plateau où on note l'intensification des activités anthropiques telles que l'extraction du Quartz, la fabrication des briques. Il est à noter une seconde corrélation entre surfaces nues- couche contaminée érodée-Quartz. S'agissant de la concentration en ETM dans les différentes sous-zones (nues ou couvertes), il est à noter que la teneur en ces éléments est fortement liée à la variation du pH [24, 25], qui justifie leur teneur élevée sur le sol couvert que sur le sol nu. Kaya (2006) a montré lors de son étude sur les états des surfaces que les sols nus caractérisés par l'absence de la couche contaminée présentent en général des teneurs légèrement inférieures à celle de l'horizon A, présent sur le sol à couverture végétale. Le caractère contaminé de l'ancien horizon A, enfoui ou non, se marque donc de manière claire et les matériaux de surface qui s'accumulent par-dessus, bien que moins contaminés, présentent néanmoins des niveaux de teneurs en général très élevés en éléments traces métalliques [26]. Le gradient de pH étant le facteur explicatif, justifie la différence des teneurs entre les sols nus et couvert [24]. La teneur en Cu est de l'ordre de 11.472 ppm à pH eau 5,5 sur les sols nus, par contre les sols couverts accusant un pH eau de 5,3 présentent la teneur en Cu de 26.823 ppm pratiquement le double de celle trouvée sur sols nus, juste avec une légère variation de pH. Ceci s'explique par l'existence de la couche contaminée dans les sous zones ou le couvert végétal présente un taux de recouvrement important. L'existence de cette couche contaminée est en relation directe avec la présence des espèces végétales métalophytes, qui fixent le sol en bloquant la translocation des ETM dans les parties aériennes [27, 28]. Ce qui justifie les fortes concentrations d'ETM dans l'horizon de surface (A).

## **6 CONCLUSION**

Cette étude avait pour objectif de déterminer les usages du sol au niveau du plateau de Penga-Penga qui aurait reçu les retombées des poussières métallifères de la Gécamines riches en particules métalliques. Ces poussières métallifères sont issues des fumées rejetées par la cheminée de l'usine pyrométallurgique de la Gécamines ayant fonctionné pendant plus d'un demi-siècle. Ces particules météoriques se sont accumulées dans les sols et ont atteint un niveau de dépassement de seuil (Toxicité). Ceci a occasionné à la suite des teneurs excessivement élevées des ETM (Cu, Co, Cd, Pb, Fe, Mn) dans les sols, le remplacement de la forêt existant avant l'installation de l'usine par une végétation herbacée de type métallifère.

Les fortes concentrations des ETM dans les sols situés dans le cône de pollution ont entraîné des conséquences négatives sur la croissance végétale devenue impossible si ce n'est l'application des techniques culturales appropriées pour espérer voir un semblant de végétation. Il existe de vastes surfaces nues sur le plateau,

Conditions favorisant l'accélération de la dégradation des sols mais aussi des surfaces avec un couvert végétal.

Les teneurs en ETM sont élevées dans les sous zones où les espèces végétales métallifères sont présentes et faibles dans les sous zones au sol nu.

La disparition de la végétation s'accompagne entraîne l'exposition du sol aux phénomènes d'érosions, au décapage de l'horizon A (contaminée) et surtout à la répartition et redistribution des éléments dangereux dans le sol par ruissellement, infiltration dans l'eau par ruissellement et lixiviation et dans l'air par le soufflement du vent surtout en saison sèche.

A la suite de cette situation avérée de pollution des sols de Penga-Penga, la bonne solution serait dans les conditions normales, de désaffecter ceux-ci contre tout usage, dans le but d'envisager leurs réhabilitations pour des usages futurs exempts des problèmes de santé: humaine, animale et végétale.

Malheureusement les sols sur le site de Penga-Penga font l'objet de plusieurs usages à savoir la fabrication des briques, le creusage de Quartz (très intense) et actuellement la construction des maisons d'habitation. Ces activités prépondérantes réalisées sur ce site exposent les sols à d'intenses phénomènes d'érosion occasionnant la dégradation des propriétés régaliennes du sol (Agriculture, Construction,...) ainsi que le transfert d'éléments traces métalliques par ruissellement dans le pédopaysage jusqu'à la rivière Karavia.

## REFERENCES

- [1] OKITAUDJI R. L. 2002. Model de formation des gisements de cuivre-cobalt du Shaba en République Démocratique du Congo, Bull. ac. Lor. Sc., 40, 4.
- [2] François A., 1987. Synthèse géologique sur l'arc cuprifère du Shaba (Rép Du Zaïre). Centenaire de la Société belge de géologie. p 55-65.
- [3] Sys C. et Schmitz A.A., 1959, Note explicative des cartes de sol et de la végétation du Congo-Belge et du Rwanda-Urundi, région d'Elisabethville (Haut-Katanga), n° 9, A, B et C, Publication INEAC, Bruxelles.
- [4] SEAWARD MRD & RICHARDSON DHS. 1990. Atmospheric sources of metal pollution and effect on vegetation. In Shaw AJ.1990. Heavy Metal tolerance in plants: Evolutionary Aspects. pp 75-92.
- [5] IPSC. 1998. Environmental health criteria 200, copper. pp. 269-270;
- [6] MBENZA M, ALONI K & MUTEBA M. 1989 : quelques considérations sur la pollution de l'air à Lubumbashi (Shaba, Zaïre). Géo-eco-trop, 13, 1-4, 113-125;
- [7] Malaisse F., Colonval-Elenkov E., Brooks R.R., 1983. The Impact of Copper and Cobalt Orebodies upon the Evolution of Some Plant Species from Upper Shaba, Zaïre. Plant Systematics and Evolution. 142. p 207-221.
- [8] Calvet. R., (2003). Le sol, propriétés et fonctions. Phénomènes physiques et chimiques, application Agronomiques et environnementale. Dunod, Tome 1, 446 p.
- [9] Baize. D. BAL., 1998. Les éléments traces métalliques dans le sol ; approche fonctionnelle et spatiale. INRA. 129 p.
- [10] Kaya.D, 2007. Contribution à l'étude des facteurs de distribution spatiale des teneurs en éléments traces métalliques dans les sols et les sédiments dans le quartier Gécamines, DEA UNILU 50 p.
- [11] Andres. L., (2008). Etude de l'impact des contaminations métalliques sur les propriétés des sols autour de Lubumbashi. TFE FSAGx, 75p;
- [12] Kashimbo Kalala S., 2009. Contribution à la caractérisation des teneurs naturelle et de contamination en éléments traces métalliques des sols et sédiments autour de Lubumbashi. Mémoire d'études approfondies FSAUNILU, 88p;
- [13] Bruneau J.C., 1983. « Cartographie de l'environnement et aménagement urbain à Lubumbashi » dans Revue internationale d'écologie et de géographie tropicales 1(4): 19-47.
- [14] Leteinturier B., Malaisse F., 1999b. De la réhabilitation des sites pollués par l'exploitation minière du cuivre en Afrique centro-australe. Bull. Séance. Acad. r. Sci. Outre-mer 45 (1999). P 535-554 ;
- [15] FAO. 1998. World reference base for soil resources. World Soils Resources Report 84. Food and Agricultural Organization of United Nations, Rome;
- [16] APHA, AWWA et WPC, 1999, Standard methods for the examination of water and wastewater, Washington DC, USA, APHA , 20<sup>e</sup>éd., 1368 p.
- [17] Kabata-Pendias A. et Pendias H., 2001. *Trace elements in soils and plants*. Boca Raton, CRC Press Inc. 3<sup>ème</sup> Ed. 315 p ;
- [18] AFNOR, 1996. Qualité des sols. Recueil de normes françaises. 3<sup>ème</sup> édition. Paris-La défense. 534 p.
- [19] Deneux-Mustin.S, Roussel-Debet.S, Mustin.C, Henner.P, Munier-Lamy.C, Colle.C, Berthelin.J, Garnier Laplace.J, Leyval.C, Mobilité et transfert racinaire des éléments en traces : influence des micro-organismes du sol. 282 p.
- [20] Ngoy S. M., Mpundu M. M., Faucon M-P., Michel Ngongo L.M., Marjolec in Visser M., Colinet G., Meerts P., 2010. Phytostabilisation of copper contaminated Soil in Katanga: An experiment with three native grasses and two amendments. International Journal of Phytoremediation, 12:616-632.
- [21] Shelton, I.J., Wall, G.J., et Coote, D.R. 1990. Risque d'érosion hydrique Ontario-Sud. Inventaire des sols du Canada. No de contribution 90-71, publication 5277/B. Centre de recherches sur les terres, Direction générale de la recherche Agriculture Canada, Quebec,
- [22] Van Vliet, L.J.P. 1989 Water erosion prediction in the Peace River region of British Columbia. Contribution 88-67, technical bulletin 1989-3E. Agriculture Canada, Research Branch, Land Resource Research Center.
- [23] Casenave. A. CAS., 1989, Les états des surfaces de la zone sahélienne ; influence sur l'infiltration. pp2 30.
- [24] Cambier .P. and Carltschaka R., (1999). Influence of reducing conditions on the mobility of bivalent trace metals in soils. In Selim H.M. (ed), fate and transport of heavy metals in Vadose zone. Lewis publishers, Boca Raton, 159-175.
- [25] Yu J.Y. et Heo B. Dilution and removal of dissolved metals from acid mine drainage along Imgok Creek, Korea. Appl. Geochem. 16, 1041-1053 (2001).
- [26] Sterckeman, T., Douay, F., Proix, N. & Fourrier, H. (2002) Contamination des sols vers la profondeur à Noyelles-Godault et Aubry. In: Un point sur....les éléments traces métalliques dans les sols approches fonctionnelles et spatiales. INRA. Editions. Paris 565p ;
- [27] Tremel- Schaub A., Feix I., 2005. Contamination des sols : transferts des ETM des sols vers les plantes. EDP Sciences/ADEME. 156 p.
- [28] Kabata- Pendias A., Pendias H., 2001. Trace elements in soils and plants, Boca Raton, CRC Press Inc. 3<sup>e</sup>Ed.

## **Impacts des rejets liquides de la Société de Terril de Lubumbashi (STL) sur la qualité des eaux de la rivière Lubumbashi: Cas du bassin versant de la Kafubu (Lubumbashi, Haut-Katanga / RD Congo)**

### **[ Impacts of liquid discharges Society Terril of Lubumbashi (STL) on the water quality of the river Lubumbashi: Case of Watershed Kafubu (Haut-Katanga / DR Congo) ]**

*Serge Kashimbo Kalala<sup>1-2</sup>, Mukanya Senga Serge Christian<sup>3</sup>, Mukoj Kavund Alain<sup>4</sup>, Mwenge Twakale Lazare<sup>4</sup>, Kiyukeno Kitwanyoka Yannick<sup>5</sup>, and Meli Kimpinde Adelin<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Chef des travaux à l'Unité de Gestion des ressources naturelles, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, RD Congo

<sup>2</sup>Chef des travaux à la Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, RD Congo

<sup>3</sup>Chef des travaux au Département de Métallurgie, Faculté Polytechnique, Université de Lubumbashi, RD Congo

<sup>4</sup>Assistants à l'unité de recherche de production et nutrition Animale; Biodiversité et exploitation durable des zones humides, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, RD Congo

<sup>5</sup>Assistant à l'Ecole Supérieure des Ingénieurs (ESI), Département de Génie civile, Université de Lubumbashi, RD Congo

---

Copyright © 2016 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:** Katanga is nowadays dominated by mining activities, due to the presence of rich deposits of copper ore mainly but also cobalt, zinc, germanium and many others. These deposits left on the Katangan Copperbelt arc attracted investment capital needed to implant metal production plants (Cu, Co,...). These plants are generally hydrometallurgical expected to use large amounts of water and generated waste in the form of large quantities of liquid effluents. Sustainable Environmental Management recommends the use of modern devices to recycle wastewater from hydrometallurgical plants; unfortunately this is not the case of the STL, which discharges into the river Lubumbashi. Its rich effluents discharged minerals in the water have contributed to the change of the physicochemical conditions of the river. contents of the increase is noted in trace metals such as Cu, Co, Pb and Fe in water, soil and plants along the river Lubumbashi, through one of the Kafubu before flowing in the watershed of the Kafubu. This places the river water Lubumbashi on the list of those subject to special treatment before being used for various needs. Unfortunately, the population ignorant and uninformed on the matter is in use in the risk of contracting various diseases.

**KEYWORDS:** Effluents, Waste management device, Hydrometallurgy, Metal, Water, Plant, Soil.

**RÉSUMÉ:** Le Katanga est de nos jours dominé par les activités d'exploitation minière, à cause de la présence des gisements riches en minerais de cuivre principalement mais aussi du cobalt, du zinc, du germanium et bien d'autres. Ces gisements repartis sur l'arc cuprifère Katangais a attiré l'investissement des capitaux nécessaires pour implanter des usines de production des métaux (Cu, Co,...). Ces usines sont généralement Hydrométallurgiques, censées utiliser de grandes quantités d'eau puis générées des déchets sous forme de grandes quantités d'effluents liquides. La gestion durable de l'environnement recommande l'usage des dispositifs modernes pour recycler les eaux usées issues des usines hydrométallurgiques,

malheureusement ce n'est pas le cas de la STL, qui rejette ses effluents dans la rivière Lubumbashi. Ses effluents riches en substances minérales déversées dans l'eau, ont contribué au changement des conditions physico-chimiques de ce cours d'eau. On note l'augmentation des teneurs en éléments traces métalliques tels que le Cu, Co, Pb et le Fe dans l'eau, le sol et les plantes le long de la rivière Lubumbashi, en passant par celle de la Kafubu avant de se jeter dans le bassin versant de la Kafubu. Cette situation place l'eau de la rivière Lubumbashi sur la liste de celles qui font l'objet d'un traitement particulier avant d'être utilisé pour les besoins divers. Malheureusement, la population ignorante et non informée sur la question en fait usage aux risques de contracter diverses maladies.

**MOTS-CLEFS:** Effluents, Déchets, dispositif de gestion, Hydrométallurgie, Métaux, Eau, Plante, Sol.

## 1 INTRODUCTION

La ville de Lubumbashi est essentiellement à vocation industrielle départ son histoire, sa situation géomorphologique, géologique et géographique [1]. Elle est caractérisée par un bassin hydrographique constituant un exutoire pour les différentes unités industrielles qui y opèrent [2]. L'activité industrielle la plus prépondérante dans la ville de Lubumbashi est axée autour des unités de production métallurgiques [3]. La plupart des usines de traitement des minerais installées à Lubumbashi manquent des dispositifs modernes de gestion des déchets issus des procédés métallurgiques [4]. Elles rejettent leurs effluents liquides dans les différents cours d'eau de la ville à savoir: Kimilolo, Naviundu, Kasapa, Karavia, Lubumbashi et Kafubu [5]. Ces cours d'eau convergent au sud de la ville et se jettent tous dans le bassin versant de la Kafubu [6]. Le Katanga regorge d'importants gisements miniers de cuivre à haute teneur et des minerais associés tels que le cobalt, le zinc, le plomb, or [7]. L'exploitation minière des métaux de base (Cu, Co, Pb, Zn,...) au Katanga est comptée parmi les activités industrielles génératrices de sérieux problèmes de pollution métallique des ressources en eau [8, 9]. L'on a recensé une dizaine d'usines hydrométallurgiques en province n'étant pas dotées d'un système de traitement et recyclage des effluents liquides, déchets finaux des procédés métallurgiques. Ces déchets toxiques résultant des activités minières et métallurgiques sont massivement déversés sans traitement préalable dans le milieu et entraînent la contamination des eaux de surface, des sédiments, des sols et des eaux souterraines avec comme conséquences la contamination de la chaîne alimentaire et la perte de la biodiversité aquatique [10]. L'extraction du cuivre, du cobalt à la fonderie de l'usine de la Gécamines ainsi que l'extraction du cuivre de Terril par la STL sont accompagnées de rejets de sous-produits riches en zinc, plomb, arsenic, cadmium ou encore de composés soufrés [11]. Ces rejets ont un effet néfaste sur les trois composantes de l'environnement : l'air, l'eau, le sol. Ces éléments traces métalliques se sont accumulés dans les trois composantes en occurrence dans l'eau. Ils ont atteint des valeurs très élevées, dépassant les normes ainsi, leurs propriétés et fonctionnements sont perturbés et des troubles sur les êtres vivants et leur environnement sont constatés [12]. La rivière Lubumbashi étant un affluent principal, draine les eaux des rivières Kipopo, Karavia, Kisanga et Kafubu pour les acheminer dans le bassin versant de la Kafubu (Exutoire). Les différentes activités anthropiques réalisées sur chacune des rivières par la population ainsi que les usines hydrométallurgiques situées en amont ou à proximité justifient l'état actuel des teneurs très élevées en ETM dans les eaux de la rivière Lubumbashi. L'étude a été délimitée à partir du boulevard Katuba (pont Katuba) jusqu'au bassin versant de la Kafubu (aval du pont de la digue).

L'objectif de l'étude est de déterminer l'incidence des activités actuelles et passées par rapport au traitement et à la production du Cuivre par l'usine Gécamines et la Société de Terril de Lubumbashi (STL) sur les compartiments de l'environnement (eau, sédiment, plantes). D'une part, sur le diagnostic de l'état actuel des eaux de la rivière Lubumbashi suite aux nuisances majeures causées par les rejets des déchets non traités, et d'autre part, sur l'évaluation du niveau de concentration en éléments traces métalliques (ETM) toxiques dans l'eau, les sédiments et les plantes cultivées (Matières sèches) en vue de proposer des mesures adéquates pour utiliser rationnellement et durablement la ressource Eau.

## 2 MILIEU, MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1 MILIEU

#### 2.1.1 DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE, VILLE DE LUBUMBASHI

Chef-lieu de la province du Katanga située au sud-est de la République démocratique du Congo, Lubumbashi (11°41 S., 27°29 EO.) a une population estimée à 5.000.000 habitants, extensions comprises [13]. Elle est la deuxième grande ville de la République Démocratique du Congo après Kinshasa. Lubumbashi est réputée pour ses activités minières et a subi un essor

industriel au sein d'une région excessivement riche en minerais de cuivre [14]. Mais cette industrialisation est responsable d'une forte pollution de l'environnement (eau, sol et air), due aux rejets des résidus et effluents non traités, riches en cuivre et autres métaux (cobalt, plomb, cadmium) venant des usines de traitements et de transformation des minerais [15].

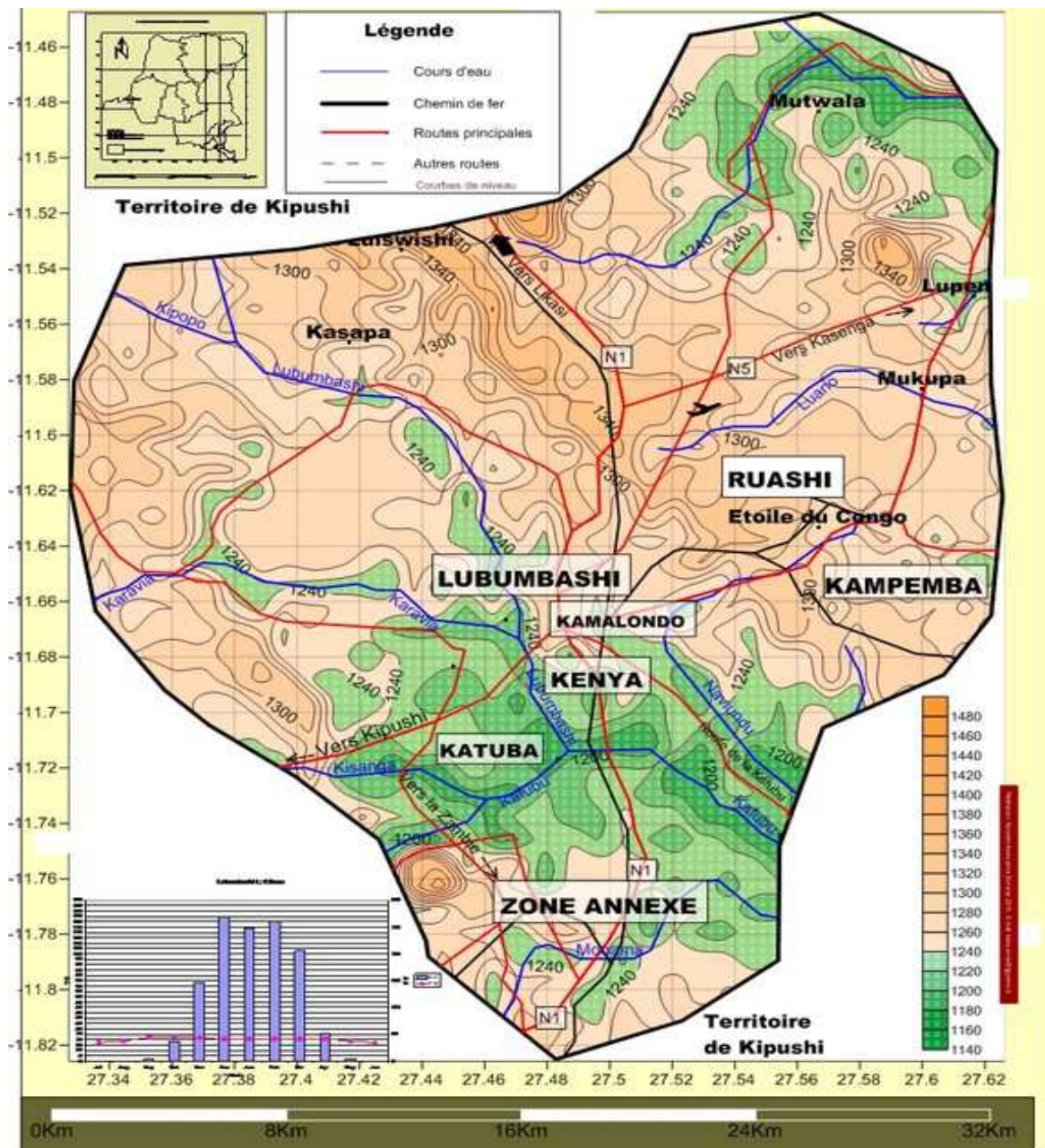


Figure 1: Carte administrative et hydrographique de la ville de Lubumbashi

### 2.1.2 CADRE HYDROGRAPHIQUE

La ville de Lubumbashi est traversée par la rivière qui porte le même nom, laquelle est connectée au Nord à la rivière Kasapa, au Sud à la rivière Kafubu et Kimilolo. Et dans sa partie orientale la ville est baignée par la rivière Kampemba, le Canal Naviundu et la rivière Naviundu [16]. La plupart des usines de traitement de minerais installées à Lubumbashi rejettent leurs effluents liquides dans les cours d'eau qui se jettent tous dans les rivières Lubumbashi et Kafubu en passant par le canal Naviundu et la rivière Kampemba pour terminer dans le bassin versant de la Kafubu.

## 2.2 MATÉRIELS

### 2.2.1 MATÉRIELS À ANALYSER

Trois types d'échantillons ont été récoltés à savoir : Les échantillons liquides (effluents et l'eau des cours d'eau et rivières en connexion avec les unités de production métallurgiques ciblées). Les échantillons solides des sols des berges des canaux d'évacuation des effluents et des cours d'eau. Les échantillons des plantes colonisant les berges des cours d'eau.

### 2.2.2 MATÉRIELS DE TERRAIN

#### 2.2.2.1 MATÉRIELS SERVANT A LA RECOLTE DES ECHANTILLONS DE SOLS ET DE L'EAU

Les matériels qui ont servi à la récolte des échantillons d'eau et de sols sur le terrain sont: Bouteilles plastiques, Sachets en polyéthylène, Gants en latex sans talc, Formulaire de prise des paramètres de terrain, Eau distillée, Détergent, Sac plastique dur pour le transport des échantillons, Mètre ruban d'environ 3m.

#### 2.2.2.2 LES APPAREILS

Le travail sur le terrain exige pour son bon déroulement, des appareils permettant le prélèvement des paramètres de terrain ainsi que les coordonnées géographiques. Il s'agit d'un multi probe, un GPS, une montre pour préciser l'heure de prélèvement et un appareil photo.

## 2.3 METHODOLOGIE DE TERRAIN: PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS D'EAU ET DE SOL DES BERGES

Pour le besoin de cette étude, la ville de Lubumbashi a été divisée en 5 zones d'étude :

(1) La première zone est constituée par les usines de la GCM-FEL et La STL avec la rivière Lubumbashi, (2) La deuxième zone est constituée des usines de CHEMAF et KMP et les drains d'évacuation qui y sont associés, (3) La troisième zone est celui de RUASHI Mining, (4) La quatrième est celle de SOTRAFER, (5) La cinquième zone, celle de SOMIKA.

## 2.4 MÉTHODE DE LABORATOIRE

### 2.4.1 PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON

Après l'étape de terrain, les échantillons de sols ont été séchés à l'air libre (au soleil). Vient ensuite, le broyage des échantillons, qui a consisté à réduire les grosses mottes en fraction plus petites avant de les soumettre au tamis de 2mm afin d'obtenir la partie fine(Argile), matière de base sur laquelle les analyses physico-chimiques peuvent être réalisées [17].

Les échantillons d'eau passeront par une digestion d'acide simple pour l'examen des eaux potables et usées : un volume de 10 ml de chaque échantillon d'eau préalablement acidifié est placé dans une éprouvette à laquelle est ajouté un volume de 0,5 ml d'acide nitrique ultra pur (concentration résiduelle en ETM < 10 ppm), puis les éprouvettes sont mises dans un bloc chauffant à 105°C sous une hotte pendant 2 h sans atteindre l'ébullition. Une fois refroidies, les éprouvettes sont diluées à 10 ml avec de l'eau ultra-pure type IASTM puis stockées à 4°C en attendant les analyses [18].

### 2.4.2 LES ANALYSES DEMANDÉES

#### 2.4.2.1 LA CONCENTRATION EN ETM DANS L'EAU

L'eau ainsi échantillonnée sera analysée à " l'Inductively Coupled Plasma" (ICP) autrement dit plasma à couple inductif » (PCI). L'objectif est de déterminer les concentrations en ETM dans l'eau en tenant compte des limites de détection de l'appareil, fixées pour chaque élément métallique: Cu, du Co, du Cd, du Pb.

#### 2.4.2.2 LA CONCENTRATION EN ETM DANS LES SOLS ET LA MATIERE SECHE

Dans les mêmes conditions, sur l'ICP, les échantillons de sol subiront aussi la même analyse par le principe de la "spectrométrie d'émission atomique" afin de déterminer la concentration en Cu, Co, Cd, Pb, U, Fe, Mn ainsi que le pH.

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Au cours de ce chapitre, l'on présentera les résultats des échantillons prélevés dans la première zone d'étude représentée par les usines Gécamines (FEL) et la Société de Terril de Lubumbashi (STL). Il convient de préciser que le prélèvement des échantillons a concerné la partie allant du pont, sur le boulevard Katuba correspondant aux eaux de la rivière Lubumbashi jusqu'au bassin versant de la Kafubu en passant par le pont de la digue correspondant aux eaux de la rivière Kafubu. La rivière Lubumbashi se rencontre avec celle de la Kafubu (point de jonction) avant de se jeter tous dans le bassin versant de la Kafubu (Tableau 1).

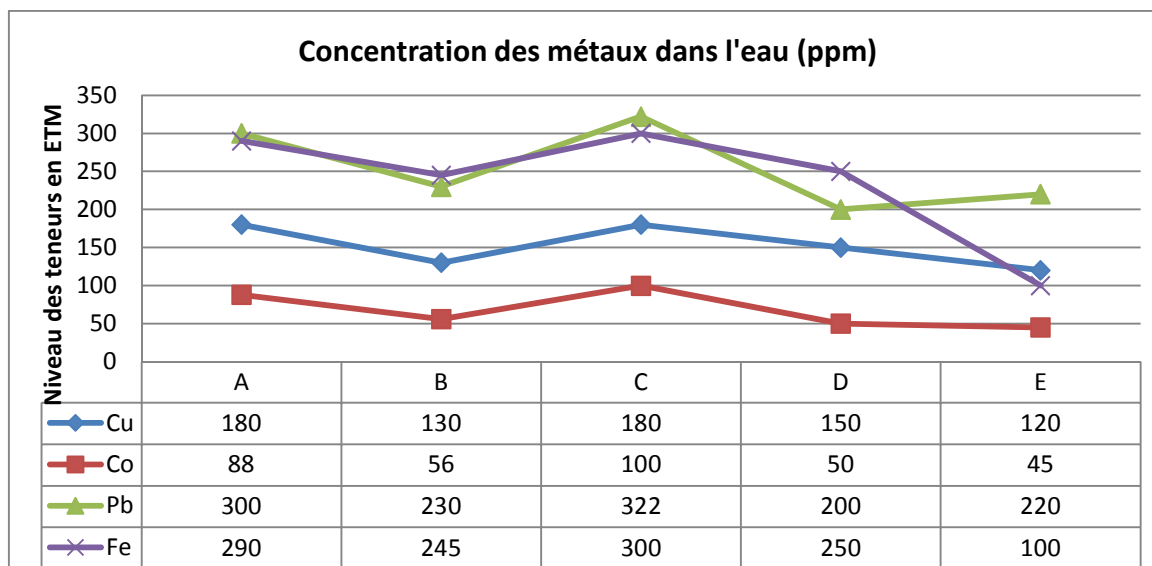
*Tableau 1: Teneurs en métaux lourds dans les eaux de la rivière Naviundu (Bief de la rivière Lubumbashi)*

Sites	pH			Cu (ppm)			Co (ppm)			Pb (ppm)			Fe (ppm)		
	Eau	Eau	Sol	Plante	Eau	Sol	Plante	Eau	Sol	Plante	Eau	Sol	Plante		
<b>Pont Blvd Katuba Riv. L'shi</b>	7.32	180	215	39	88	140	23	300	310	60	290	400	180		
<b>Pont de la Digue Riv. L'shi</b>	6.74	130	120	43	56	90	20	230	220	50	245	350	126		
<b>Jonction Riv. Kafubu et L'shi</b>	6.85	180	210	69	100	160	41	322	300	80	300	500	150		
<b>Amont Riv. Kafubu</b>	5.29	150	150	56	50	60	30	200	100	50	250	300	130		
<b>Aval Riv. Kafubu</b>	6.6	120	180	46	45	40	28	220	80	30	100	286	100		

Au regard des résultats présentés dans le tableau 1 ci-dessus, il est à constater que les valeurs obtenues en rapport avec la concentration des éléments traces étudiés sont excessivement élevées et dépassent pour chacun d'eux, les normes de l'AFNOR [19] et de l'OMS [20] pour les eaux de consommation humaine ainsi que les feuilles légumes cultivés dans la plupart des jardins à Lubumbashi. Le pH présente des valeurs comprises entre 5.29 et 7.32. Au niveau du pont Katuba, le pH est de 7.32, ceci reflète le résultat obtenu sur le premier bief étudié ou les valeurs nageaient dans la gamme de pH neutre. L'on constate après le pont sur le boulevard Katuba, le pH vire vers l'acidité avec une valeur de 6.74 au niveau du pont de la digue. Le pH devient très acide encore après la jonction de deux rivières avec la valeur de 5.29. Le brassage des eaux de ces deux rivières s'accompagnent de déchets divers charriés par chacune d'elles. A ce point de jonction, on note aussi la diminution de la vitesse d'écoulement de l'eau, ce qui a comme conséquence des dépôts sédimentaires à cet endroit du bief [21]. On observe même des concentrations élevées du Cu, Co, Pb, Fe dans l'eau, le sol et les plantes à la jonction des rivières Lubumbashi et Kafubu. Comparativement aux résultats du bief de la rivière Lubumbashi situé en aval de l'usine de la société de Terril de Lubumbashi (STL), le pH présente des valeurs plus acides excepté le point au niveau du pont Katuba. D'un point de vue général, on note une diminution des teneurs en métaux, le long de la rivière Lubumbashi mais ceux-ci demeurent toujours à un niveau élevé comparés aux normes. L'on constate des teneurs particulièrement élevées au niveau des ponts, point ou différentes activités sont concentrées pour l'usage de l'eau. Les valeurs sont très élevées au niveau de ces deux ponts situés sur le deuxième bief de la rivière Lubumbashi.

#### 4 DISCUSSION

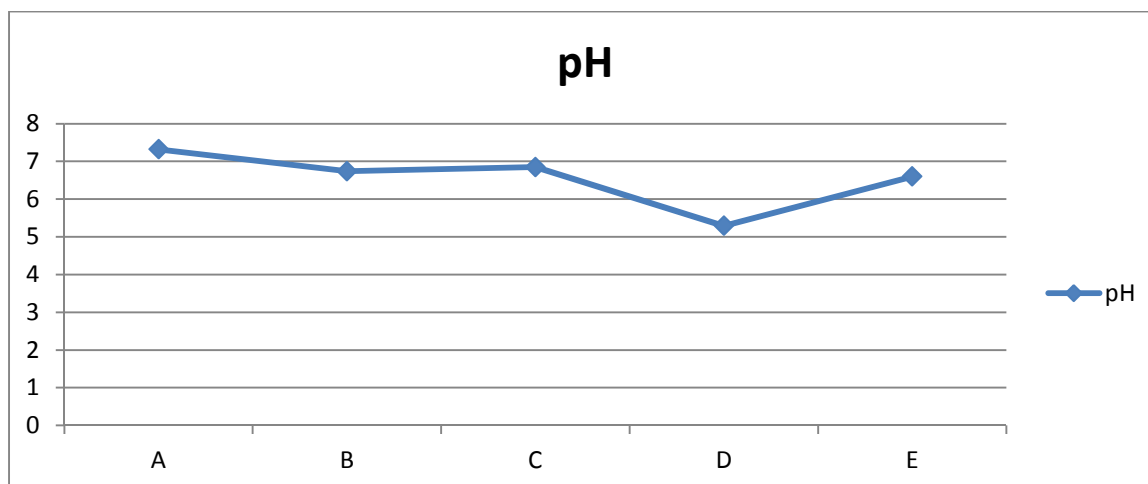
##### SOUS ZONE I : BIEF DE LA RIVIÈRE LUBUMBASHI À PARTIR DU PONT SUR BOULEVARD KATUBA



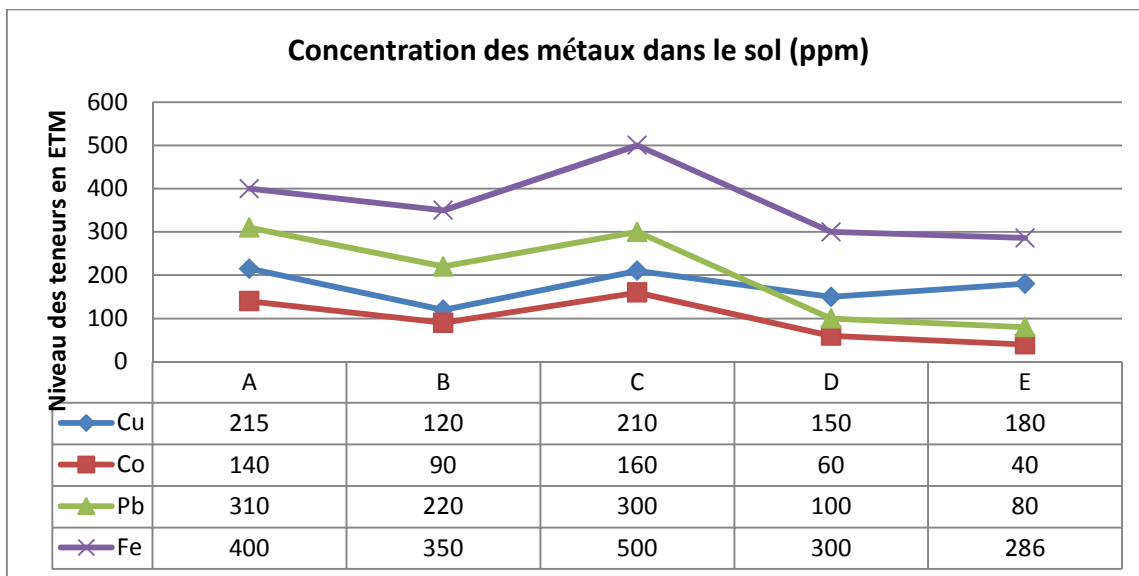
**Graphique 2: Concentration en éléments traces métalliques dans l'eau (ppm)**

**A:** Pont Boulevard Katuba Rivière L'shi ; **B:** Pont de la Digue Rivière L'shi ; **C:** Jonction Rivière Kafubu et L'shi ; **D:** Amont Rivière Kafubu ; **E:** Aval Rivière Kafubu.

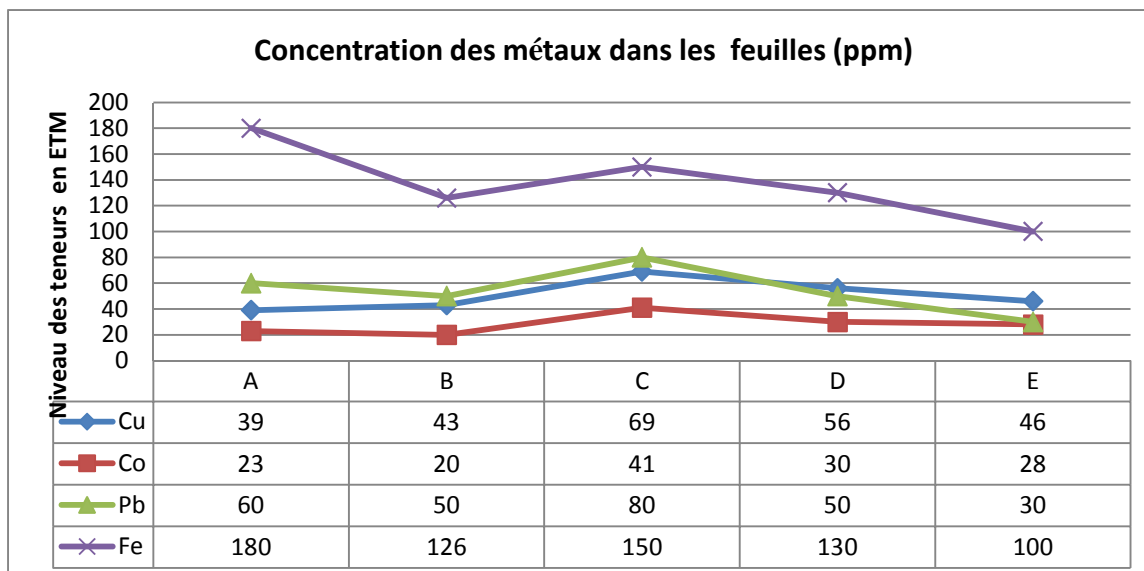
##### EVOLUTION DU PH LE LONG DES RIVIERE LUBUMBASHI ET KAFUBU (A-E)



**Graphique 3: Evolution du pH dans l'eau**



Graphique 4: Concentration en éléments traces métalliques dans le sol (ppm)



Graphique 5: Concentration en éléments traces métalliques dans les feuilles des plantes (ppm)

#### NIVEAU DE CONCENTRATION DES ELEMENTS TRACES METALLIQUES (ETM)

##### EAU

D'une manière globale, les éléments traces métalliques se trouvent à un niveau de concentration élevé dans l'eau. La teneur du Cu est de 180ppm aux points A et C, c'est-à-dire au niveau du pont Katuba et la jonction entre les deux rivières. Elles diminuent aux points B, D, E respectivement de 130, 150, 120ppm. Il convient de noter que ces valeurs dépassent la limite fixée par l'OMS concernant l'eau de boisson [22]. Le retraitement métallurgique des scories par la STL vise l'extraction des minerais du Cuivre, Cobalt et Germanium. C'est ainsi que les déchets qui en découlent se trouvent riches en ces éléments. On note l'antithèse de la théorie confirmée par plusieurs auteurs ayant travaillé sur la pollution des rivières au Katanga. L'éloignement par rapport à la source de contamination s'accompagne de la diminution des teneurs en éléments contaminants dangereux [23], contrairement dans cette étude, on note des valeurs élevées très en aval de la STL. Ceci peut être justifié par l'intensification des activités anthropiques effectuées le long de la rivière à savoir les pratiques de cultures vivrières dans les jardins avec fertilisation (engrais) et amendement pour accroître la production, le lavage des véhicules

ainsi que des vêtements avec des détergents chimiques sont au tant d'activités qui contribuent à l'augmentation des concentrations en ETM dans l'eau [24]. L'autre hypothèse est celle qui confirme le processus de sédimentation lié à la réduction de la vitesse de l'eau dans la rivière Lubumbashi. Cette situation s'observe particulièrement au niveau des ponts (Katuba (A) et de la Digue (C)) ou l'on constate une forte concentration des ETM dans l'eau en occurrence le Cu. Enfin une dernière hypothèse est celle liée à l'usage de plusieurs réactifs chimiques [25] par la STL pour extraire le Cu, Ge, Co dans le terril. Les déchets qui en découlent contiendraient les traces de ces éléments en quantité importante. Ils sont déversés dans la rivière Lubumbashi sans traitement préalable, ce qui a été observé sur les rivières Naviundu, Musonoi et Luilu [4,23]. Le Co quant à lui présente des valeurs élevées qui dépassent les valeurs seuils fixées par l'OMS. On note la teneur la plus élevée au niveau du pont de la digue. Le Katanga ayant des anomalies géochimiques est riche en minerais cupro-cobaltifères [26], les deux éléments Cu et Co présentent toujours des corrélations positives [27], c'est ainsi que les fortes concentrations du Cu dans l'eau s'accompagnent de celles du Co. Le Pb se trouve à des concentrations élevées dans l'eau au niveau de toutes les stations (A, B, C, et D). On note la valeur la plus élevée au niveau du pont de la digue, 322ppm. Les fortes concentrations du Pb sont imputées aux anomalies géochimiques des sols du Katanga mais aussi à l'intensification de la circulation des véhicules qui rejettent des fumées riches en Pb. Les sols du Katanga, étant ceux tropicaux ont une richesse en Fe et Al [28], sa forte présence dans l'eau serait imputée à l'origine géogène et non aux activités de traitement métallurgique de la STL.

## SOL ET PLANTES

**Tableau 2: Directives de qualité de sédiments: Recommandations pour la protection de la vie aquatique (Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life) ppm**

Cu	Co	Pb	Fe
35	35	35	20

Au regard des valeurs présentées dans le tableau 1, en rapport avec la concentration des éléments traces métalliques dans le sol, le constat est alarmant si l'on s'en tient au tableau 2 ci-dessus. Tous les éléments étudiés présentent chacun, une teneur qui dépasse excessivement cette directive pour la protection de la vie aquatique [29]. Ceci est le résultat qui pourrait être justifié par trois hypothèses. La première pourrait être le fait que les sols du Sud de la province présentent des teneurs totales élevées en Cu appuyant ainsi le fait que la fixation des valeurs seuils des métaux dans les sols devrait tenir compte des types de sol et du background de chaque région car dans le cas d'espèce, le Cu a été trouvé à des teneurs biodisponibles de 4 ppm seulement [30]. La deuxième serait le fait des phénomènes des crues et étiages de la rivière qui reçoit les effluents des eaux de traitement de l'usine GCM et STL. En effet, lors des crues, la rivière apporterait des métaux qui s'accumuleraient ensuite sur les sols des bordures lors du dépôt des sédiments. Cette accumulation aurait probablement été renforcée, surtout dans le cas du Cu, par des apports des fumées métallifères provenant des émissions de la cheminée [31]. Enfin la troisième est la conséquence de différentes activités humaines se déroulant le long de la rivière comme mentionné ci-haut. Réunies ensemble, ces trois hypothèses soutendent la situation actuelle de contamination polymétallique, observée sur la rivière Lubumbashi à laquelle on peut annexer celle de la Kafubu.

**Tableau 3 : Seuils utilisés pour diagnostiquer la contamination des végétaux (ppm)**

ETM	Teneur	References
<b>Legumes Feuilles</b>		
Cu	5-10	Teneur maximale du règlement 1881/2006/CE [32].
	10	Valeur normale [33]
Co	1	Valeur normale [33]

Les végétaux récoltés le long des rivières Lubumbashi et Kafubu dont la matière sèche a servi à l'analyse de laboratoire, en éléments traces métalliques (Cu, Co, Pb, Fe) sont des plantes comestibles cultivées par la population riveraine. Le tableau 3 ci-dessus présente les seuils utilisés pour diagnostiquer la contamination des végétaux. Lorsqu'on se réfère aux valeurs présentées dans le tableau 1, relatives à la concentration des ETM dans les parties comestibles (légumes feuilles), on se réalise du niveau élevé du Cu, Co, Pb et Fe avec des maximaux au niveau des ponts Katuba et de la Digue. Cette situation est liée aux fortes concentrations d'ETM constatées dans l'eau et le sol [34]. Cependant au vu des résultats d'analyse, il ressort clairement que les concentrations en Cu, Co, Pb et Fe excèdent largement surtout pour le Cu et le Pb, les valeurs seuils

permises dans les denrées destinées à la consommation humaine [35]. Ceci soutient la théorie que l'exposition aigue des organismes vivants à une dose élevée d'éléments traces qu'il soit oligoélément ou contaminant strict ou bien l'accumulation dans les tissus suite à une exposition chronique entraîne des effets de toxicité chez les espèces non tolérantes [36].

## 5 CONCLUSION

Après ce tour d'horizon effectué le long des rivières Lubumbashi et Kafubu, il ressort au regard des valeurs présentées dans le tableau 1, que les teneurs en ETM (Cu, Co, Pb et Fe) ayant fait l'objet d'enquête dans cette étude sont excessivement élevées et dépassent largement dans tous les cas les seuils fixés par l'OMS pour l'eau, la directive pour la protection de la vie aquatique pour le sédiment ainsi que le seuil utilisé pour diagnostiquer la contamination des végétaux. Cette situation est expliquée par la présence en amont de l'ex usine Gécamines en faillite mais aussi de celle de la STL en activités. Ces deux usines sont responsables de déversements acides des eaux issues de leurs traitements hydrométallurgiques dans la rivière Lubumbashi. L'entrée de ces effluents liquides non traités mais surtout chargés en diverses particules chimiques sous forme de déchets dans la rivière Lubumbashi entraîne des changements majeurs de qualité et de quantité de la ressource Eau et en réduit les usages importants liés aux besoins de la population de Lubumbashi. Le niveau de pollution en ETM des eaux des rivières Lubumbashi et Kafubu devrait pousser les autorités de la ville ainsi que la communauté scientifique à prendre des dispositions allant dans le sens de proposer des solutions durables face à cette grande question de santé publique. Parmi les solutions proposées, l'on retiendra le traitement préalable (usage de la chaux vive) des eaux usées avant leurs relâchements dans le milieu naturel par les usines de traitement et de production des cathodes de Cu. Aux populations riveraines faisant des jardins familiaux sur les sols fortement chargés en ETM, d'utiliser les amendements organiques ainsi que la chaux afin de les immobiliser dans les sols, par la même occasion réduire leurs translocations dans les parties aériennes censées être consommées par l'homme.

## REFERENCES

- [1] Bruneau J.C., 1983. « Cartographie de l'environnement et aménagement urbain à Lubumbashi » dans *Revue internationale d'écologie et de géographie tropicales* 1(4): 19-47.
- [2] Assani, A. A., 1998. L'état de l'environnement en République Démocratique du Congo à l'aube du troisième millénaire: Thème 2. La pollution des eaux, des sols et de l'air en République Démocratique du Congo. Res. 56, 15-20.
- [3] GHISLAIN, Y., GECOMIN. Traitement métallurgique, in *Les expatriés de Lubumbashi*, [en ligne], <http://lubum2.free.fr/umhk/gecomin/traitement.htm>, page consultée le 10 Février 2015.
- [4] Atibu, K.E., Devarajan, N., Thevenon, F., Mwanamoki, P.M., Tshibanda, J.B., Mpiana, T.P., Prabakar, K., Mubedi, I.J., Wildi, W., Poté, J., 2013. Concentration of metals in surface water and sediment of Luilu and Musonoie Rivers, Kolwezi-Katanga, Democratic Republic of Congo. *Art.* 26, 1-7.
- [5] KAZADI M. (2006) : Contribution à l'étude hydrologique et hydrogéologique de la rivière Karavia et son impact sur la source de Kimilolo, Mémoire en Géologie, UNILU, 56p.
- [6] KASONGO N. (1985) : Contribution à l'étude hydrologique et hydrogéologique du bassin versant de Kafubu supérieur, Thèse en Géologie. 280p.
- [7] OKITAUDJI R. L. 2002. Model de formation des gisements de cuivre-cobalt du Shaba en République Démocratique du Congo, *Bull. ac. Lor. Sc.*, 40, 4,
- [8] Maqués M.J., Martínez-conde E, Rovira J.V. et Ordóñez S., Heavy metals pollution of aquatic ecosystem in the vicinity of a recently closed underground lead-zinc mine (Basque Country, Spain). *Environ. Geol.*, 40, 1125-1137 (2001).
- [9] Denimal S., Tribouvillard N., Barbecot F. et Dever L., Leaching of coal-mine tips (Nord-Pas-de-Calais coal basin, France) and sulphate transfer to the chalk aquifer: example of acid mine drainage in biffered environment. *Environ. Geol.*, 42, 966- 981 (2002).
- [10] Haller, L., Tonolla, M., Zopfi, J., Peduzzi, R., Wildi, W., Poté, J., 2011. Composition of bacterial and archaeal communities in freshwater sediments with different contamination levels (Lake Geneva, Switzerland). *Water Res.* 45, 1213–1228.
- [11] Ngoy S. M., Mpundu M. M., Faucon M-P., Michel Ngongo L.M., Marjolec in Visser M., Colinet G., Meerts P., 2010. Phytostabilisation of copper contaminated Soil in Katanga: An experiment with three native grasses and two amendments. *International Journal of Phytoremediation*, 12:616–632.
- [12] Atolaye B.O. & Aremu M.O., 2007, Bioaccumulation of some trace elements in the body parts of fish species associated with soil sediment and water from Eoemaganiâ confluence in nasarawa state, Nigeria. *EJEAFChe*; 6, 5, 2001-2008.
- [13] Rapport statistique de la Mairie de la ville de Lubumbashi., 2012. Croissance démographique dans la ville de Lubumbashi a l'heure du boom minier, 88p.

- [14] DUVIGNEAUD & DENAEYER-DE SMET, 1963 : Cuivre et végétation au Katanga. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 96. 93-231.
- [15] Petit P., Bukome E., Dibwe D.M. et Kalaba M., 2003. Ménages de Lubumbashi entre précarité et recomposition, l'Harmattan. p 81 à 150.
- [16] NAWAJ T. (2011) : Caractérisation hydrogéologique du système aquifère du bassin versant de la rivière Lubumbashi, Mémoire en Géologie. 48p.
- [17] APHA, AWWA et WPC, 1999, Standard methods for the examination of water and wastewater, Washington DC, USA, APHA , 20<sup>e</sup>éd., 1368 p.
- [18] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1996, Method 1669: Sampling Ambient Water for Trace Metals at EPA Water Quality Criteria Level, Washington DC, USA, Office of water, 39 p.
- [19] AFNOR, 1996. Qualité des sols. Recueil de normes françaises. 3<sup>ème</sup> édition. Paris-La défense. 534 p.
- [20] OMS-Directives de qualité pour l'eau de boisson ; troisième édition ; 2004 ;
- [21] Gray N.F. Acid mine drainage composition and the implications for its impact on lotic systems. Water Res., 32, 2122-2134 (1998).
- [22] W.H.O. 1998. Guideline for drinking water quality, 2nd ed., vol. 2, health criteria and other supporting information. World Health Organisation, Geneva.
- [23] Kashimbo,S; Mongoli.,B; Kazadi.,P; Mpundu.,M 2015, 2015. Innovative Space of Scientific Research Journals. ISSN 2351-8014 Vol. 16 No. 2 Jul. 2015, pp. 433-447
- [24] MULLISS R.M, REVITT D.M., SHUTES R.B.E. (1997). The impacts of discharges from two combined sewer overflows on the water quality of an urban watercourse. Water Sci. Technol., 36, 190-199.
- [25] GHISLAIN, Y., GECOMIN. Traitement métallurgique, in Les expatriés de Lubumbashi, [en ligne], <http://lubum2.free.fr/umhk/gecomin/traitement.htm>, page consultée le 10Fevrier 2015.
- [26] Malaisse F., 1995. Cuivre et végétation au Shaba (Zaïre). Bull. Séance. Acad. R. Sci. Outremer. 40 (1994-4). p 561-580.
- [27] François A., 1987. Synthèse géologique sur l'arc cuprifère du Shaba (Rép Du Zaïre). Centenaire de la Société belge de géologie. p 55-65.
- [28] Ngongo M.L., Van Ranst E., Baert G., Kasongo E.L.,Verdoodt A., Mujinya B.B. & Mukalay J.M., 2009. Guide des Sols en R.D.Congo, Tome I. Étude et Gestion. UGent, HoGent, UNILU. Lubumbashi, 262 p.
- [29] CCME EPC-98E (Canadian Council of Ministers of the Environment), 1999. Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life. <<http://www.ccme.ca/>>.
- [30] Kabata-Pendias A., Pendias H ; 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, Fla, 413p.
- [31] SEAWARD MRD & RICHARDSON DHS. 1990. Atmospheric sources of metal pollution and effect on vegetation. In Shaw AJ.1990. Heavy Metal tolerance in plants: Evolutionary Aspects. pp 75-92.
- [32] Tremel- Schaub A., Feix I., 2005. Contamination des sols : transferts des ETM des sols vers les plantes. EDP Sciences/ADEME. 156 p.
- [33] Kabata- Pendias A., Pendias H., 2001. Trace elements in soils and plants, Boca Raton, CRC Press Inc. 3<sup>e</sup>Ed.
- [34] Soares, H.M.V.M., R.A.R. Boaventura, A.A.S.C Machado et J.C.G. Esteves da Silva, 1999, Sediments as monitors of heavy metal contamination in the Ave river basin (Portugal) : multivariate analysis of data, Env. Poll., 105, 3 , pp. 311-323.
- [35] Mench M. & Baize D., 2004. Contamination des sols et de nos aliments d'origine végétale par les éléments en traces mesures pour réduire l'exposition. Courrier de l'environnement de l'INRA n°52, septembre 2004.
- [36] Kouassi J.K., Yves-A.B., Ahoua E. S., Baize D., Denezon O.D., Moussa B., Fatiha Z., Peggy M., 2008. Diagnostic D'une Contamination par les Éléments Traces Métalliques de L'épinard (Spinacia Oleracea) Cultivé Sur des Sols Maraîchers de la Ville D'Abidjan (Côte D'ivoire) Amendés Avec de la Fiente de Volaille. European Journal of Scientific Research, 21:471-487.

## Impact des émissions atmosphériques (SO<sub>2</sub>) rejetées par la cheminée de l'usine pyro-métallurgique de la Gécamines sur les sols à Lubumbashi: Cas du quartier Penga-Penga (Lubumbashi, Haut-Katanga / RD Congo)

### [ Impact of atmospheric emissions (SO<sub>2</sub>) from the chimney of the pyrometallurgical plant Gécamines on the soil in Lubumbashi: Case of quarter Penga-Penga (Lubumbashi, Haut-Katanga / DR Congo) ]

*Serge Kashimbo Kalala*

Chef des travaux à l'Unité de Gestion des ressources naturelles, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, RD Congo

---

Copyright © 2016 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:** Metal contamination of soils, following local atmospheric deposition (industrial and urban) and to different inputs (compost, manure ...) or former explains in particular the presence in surface horizons, current levels ETM such as Cd, Cu, Zn and Pb. However, despite the obvious effect of accumulation, transfer of metal to the depth is also noted, usually deducted from total contents comparisons metals in different soil horizons. Among the cited metallic elements, some are essential trace elements such as zinc (Zn) and copper (Cu), but become toxic at high concentrations. Others such as lead (Pb) and cadmium (Cd) are toxic when trace. Their accumulation and transfer in the soil on the site of Penga Penga-therefore a risk to human health through contamination of the food chain but also for the environment as a whole.

**KEYWORDS:** Gécamines Plant, Pyrometallurgy, Chimney, Fumes, Emissions, Atmospheric, Soil, TME.

**RÉSUMÉ:** La contamination métallique des sols, suite aux retombées atmosphériques locales (industrielles et urbaines) et à des apports divers (composts, engrais...) anciens ou actuels, explique notamment la présence dans les horizons de surface, les teneurs actuelles en ETM tels que Cd, Cu, Zn et Pb. Cependant, malgré un effet d'accumulation évident, le transfert de métaux vers la profondeur est également noté, le plus souvent déduit à partir de comparaisons des teneurs totales en métaux dans les différents horizons d'un sol. Parmi les éléments métalliques cités, certains sont des oligo-éléments essentiels comme le zinc (Zn) et le cuivre (Cu), mais deviennent toxiques à fortes concentrations. D'autres comme le plomb (Pb) ou le cadmium (Cd) sont toxiques dès l'état de trace. Leur accumulation et leur transfert dans le sol, sur le site de Penga-Penga constituent donc un risque pour la santé humaine via la contamination de la chaîne alimentaire, mais aussi pour le milieu naturel dans son ensemble.

**MOTS-CLEFS:** Usine Gécamines, Pyrometallurgie, Cheminée, Fumées, émissions, atmosphérique, sol, ETM.

## 1 INTRODUCTION

La cheminée de la Gécamines mesurant 152 m de haut, située au centre de Lubumbashi, a produit des émissions contenant des poussières, des métaux et des hydrocarbures aromatiques polycycliques [1]. Cette fumée est retombée sous forme de dépôts éoliens sur les sols situés, pour la grande partie dans le quartier Gécamines et sa suite, quartier Penga-Penga, Plateau Karavia etc. Une partie de la ville a été fortement contaminée par ces dépôts. Ces quartiers fortement

contaminés se situent dans le cône de pollution sous l'action des vents dominants soufflant du Sud Est vers le Sud Ouest [2] (Figure 1).



**Figure 1 : cheminée des usines en pleine activité sur le site de la Gécamines**

La cheminée des fonderies électriques de cuivre émet dans l'atmosphère des grandes quantités de  $\text{SO}_2$  (issu de l'oxydation des sulfures) ainsi que des poussières métallifères chargées en cuivre et en autres métaux lourds. Celui-ci s'élimine ensuite par gravité, dépôt à sec, précipitation et lessivage et s'accumule principalement dans les horizons de surface des sols environnants [3,4]

Dans le district du Haut Katanga, on a recensé une dizaine de types de perturbations engendrées par l'exploitation minière dans l'hinterland minier du Katanga notamment les sites métallurgiques précoloniaux, les tranchées de prospection, les mines à ciel ouvert, les déblais des stériles, les ballast des voies ferrées, les bassins de décantation, les accotements des routes chargés avec des minerais, les sites de lavages des roches excavés, les émissions des poussières et de gaz acidifiants par les usines de grillage des minerais [5]. Concernant ce dernier aspect, les cheminées des fonderies électriques de cuivre émettent dans l'atmosphère des grandes quantités de  $\text{SO}_2$  (issu de l'oxydation des sulfures) ainsi que des poussières métallifères chargées en cuivre et en autres métaux lourds. Celui-ci s'élimine ensuite par gravité, dépôt à sec, précipitation et lessivage et s'accumule principalement dans les horizons de surface des sols environnants [3,4]

Dans la région de Lubumbashi, il a été démontré que les émissions de  $\text{SO}_2$  par la cheminée du four de l'usine d'extraction et de transformation du cuivre de la Gécamines étaient responsables de pluies acides [6] néfastes pour les êtres vivants et les végétaux en particulier et ont contribué à l'accumulation des éléments traces métalliques dans les sols. De plus, il a été constaté que le secteur situé sous les vents alizés du Sud-Est présente des sols enrichis en cuivre et autres métaux lourds à cause des retombées des poussières métallifères émanant de l'usine depuis plus d'un demi-siècle. Les retombées de composés acidifiants et de poussières métalliques ont entraîné le remplacement de la forêt claire originelle par une steppe courte au sein de laquelle on retrouve beaucoup d'espèces de la flore cupricole [7] et de grandes surfaces de sol dénudé sont également observées.

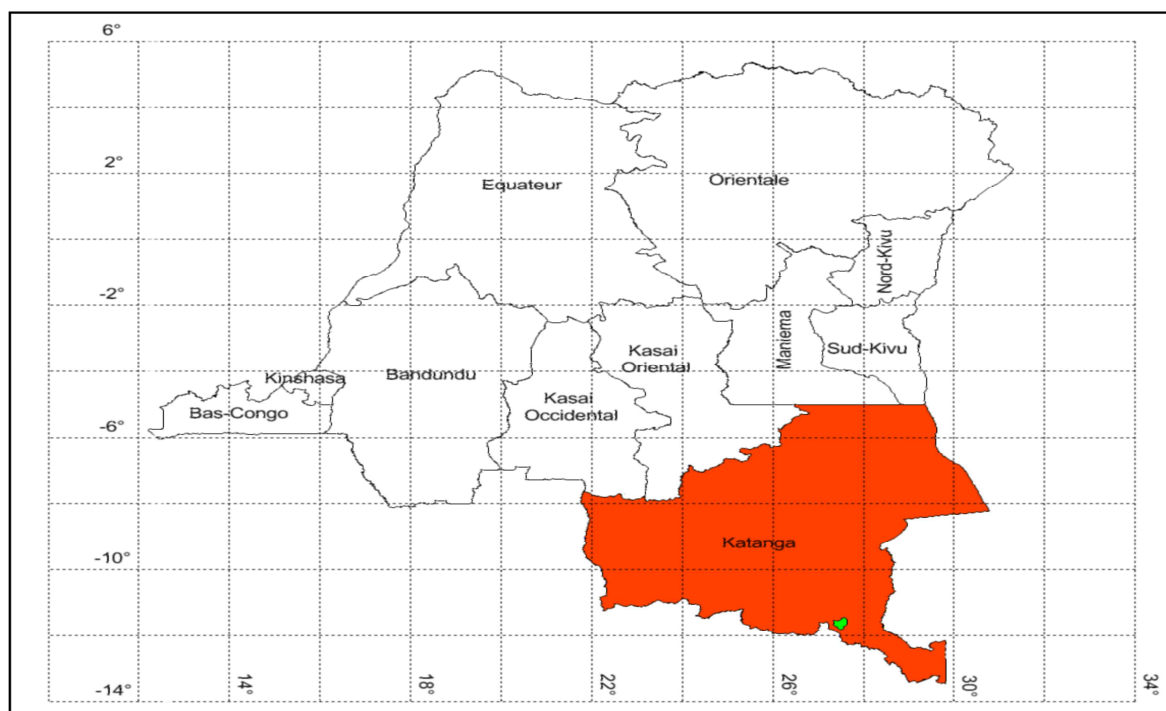
L'objectif de la présente étude est de déterminer les niveaux de contamination des sols par les éléments traces métalliques (ETM) en occurrence le cuivre ainsi que la dynamique de redistribution de ce polluant potentiel dans les paysages, ceci pour expliquer le comportement des contaminants, les mécanismes ainsi que les propriétés de leurs dispersions afin de proposer des solutions adéquates pour la réhabilitation des sites.

## **2 CADRE PHYSIQUE DE LA ZONE D'ETUDE**

### **2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE**

La ville de Lubumbashi est située dans la province du Katanga entre les parallèles  $-11^{\circ}30'$  et  $-11^{\circ}50'$  et les méridiens  $27^{\circ}17'$  et  $27^{\circ}40'$ . Elle est située dans une vaste dépression limitée au Nord-est par l'anticlinal de l'Etoile (1275m d'altitude) et

au Sud-ouest par l'anticlinal de Kisanga (1346m d'altitude). Lubumbashi est réputée pour ses activités minières et a subi un essor industriel au sein d'une région excessivement riche en minerais de cuivre. Mais cette industrialisation est responsable d'une forte pollution des sols, due aux rejets de poussière de cuivre et autres métaux (cobalt, zinc, cadmium) venant des exploitations minières de la ville [8].



*Figure 2: Carte montrant la localisation du secteur d'étude*

## 2.2 MÉTHODOLOGIE DE TERRAIN

Sur base de la carte pédologique (1/60000), il a été établi la diversité des sols retrouvés au sein de la zone d'étude ainsi que les toposéquences à effectuer sur le terrain. La première étant la toposéquence partant de la cheminée de la Gécamines jusqu'au plateau Karavia, c'est cette toposéquence qui fait l'objet d'enquête dans cette étude en général et en particulier la première unité physiographique le plateau au quartier Penga-Penga. Le relief est composé du plateau de la Gécamines, d'un versant, d'un bas-fond terminé par la rivière Karavia. Cette toposéquence fait environ 10 km. La deuxième suit le tracé de la rivière Karavia ainsi que celui de son affluent. Des échantillons de sols ont été prélevés sur le plateau (sondage, profil, mini profil).

## 2.3 MATÉRIEL

Le matériel pris en compte dans cette étude est constitué essentiellement de différentes séries de sol classées selon la classification de la FAO [9]. Il s'agit de sols Zonaux, Azonaux et Intra zonaux qu'on retrouve dans l'aire d'étude. Trois types de sol zonaux sont repris. La série Kaponda (A<sub>2</sub>) est largement distribuée sur le plateau de la Gécamines surtout au niveau du cimetière et du versant vers la rivière Karavia. Ces sols sont soit nus et subissent alors une forte érosion, soit occupés par une végétation herbacée et arbustive. La série Baya (A<sub>3</sub>) qui est un sol brun-jaune, bien drainé et la série Musaonga (Ag<sub>3</sub>) qui est aussi un sol brun-jaune avec la présence de cailloutis à la base sont les types de sol les plus fréquents sur cette aire. La série Baya est fortement présente sur le plateau de la Gécamines ainsi que sur le plateau Karavia. La série Musaonga se situe sur le versant du plateau Gécamines et peut s'observer en alternance avec la série baya sur le plateau de la Karavia.

## 2.4 MÉTHODE DE LABORATOIRE

Chaque échantillon récolté sur le terrain a été séché à l'air et émotté en vue d'un tamisage à 2 mm. Chaque échantillon et son refus ont fait l'objet de pesée sur une balance à deux décimales en vue de l'estimation de la charge grossière [10]. Tous

les échantillons ont été conditionnés dans des boîtes hermétiques préservant ainsi leur atmosphère d'un taux d'humidité trop élevé.

## 2.5 ANALYSES RÉALISÉES

Les échantillons récoltés ont fait l'objet des analyses suivantes :

- pH eau et pH KCl ; Carbone organique total ; Acidité d'échange pour les échantillons ayant un pH eau < 4,9 (seuil choisi pour garder un nombre d'échantillons raisonnables) ; Azote total pour les échantillons ayant un pourcentage de carbone organique total > à 0,8% Humidité résiduelle.

Les échantillons ainsi sélectionnés ont subi les analyses supplémentaires suivantes :

- Analyse granulométrique ; Capacité d'échange cationique ; Eléments échangeables à l'acétate ammonique à pH 7 ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cu}^{++}$ ) ; Eléments totaux (Cd, Cu, Zn, Co, Pb, Mg, Mn, Al, Fe, Ca, Na, K).

**Tableau 1 : Caractéristiques des séries des sols observées sur l'aire d'étude (Plateau Penga-Penga)**

Série de sol	Origine	Situation topographique	Type de sol	Drainage
<b>Sols zonaux</b>				
<u>Série Kaponda A2</u>	Terres de recouvrement (type A) des produits d'altération des roches du synclinal et des schistes de la série de Mwashya	synclinaux et en bordure des anticlinaux sur schiste de Mwashya	Latosols rouge-jaunâtres, profond, à texture finement argileuse, imperméable	Bon
<u>Série Baya A3</u>		terrains à pente modérée autour des plateaux latéritiques dans la zone synclinale et parfois en bordure des anticlinaux sur schistes de Mwashya	Latosols jaunes, profond, finement argileux et peu perméables	
<u>Série Musaonga Ag3</u>		modérément ondulé en bandes autour des plateaux latéritiques de la zone synclinale ; parfois en bordure des anticlinaux sur schistes de Mwashya	Latosols jaunes, finement argileux à argilo-sableux, imperméables	

## 3 RÉSULTATS

### LES SOLS DE LA SÉRIE KAPONDA

Ces sols sont présents sur le plateau de la Gécamines, ils ont soit un horizon contaminé (C) soit un sol érodé qui dévoile directement l'horizon B. Certaines observations ont un horizon A comme premier horizon mais il faut rappeler que cet horizon est parfois mélangé à l'horizon contaminé. Le pH de ces sols est très acide avec une moyenne égale à 5 et 4,6 respectivement pour le pH eau et le pHKCl. La moyenne du rapport C/N est de 14. La texture de ces sols est argileuse. Une charge caillouteuse est parfois présente à partir de 50 cm, elle est composée de quartz et de shale. La structure est polyédrique subangulaire mais la structure de certains horizons est parfois grenue, grumeleuse ou particulière surtout pour les horizons de surface. La porosité de ces types de sol varie de peu poreux à très poreux avec des pores d'une dimension égale à 1 mm (Tableau 2).

Tableau 2 : Paramètres physico-chimiques des sols de la série Kaponda

Stat	pH				Carbone Total			Granulométrie			Elément échangeable (még/100g ou cmol/kg)						
	pH Eau	pH KCl	▲ pH	Ac. Éch.	C g/100g	N	C/N	A%	L%	S%	Ca	Na	K	Mg	S	CEC	V %
<b>Horizon de Surface</b>																	
Effectif	9	9	9	5	9	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Moyenne	5,0	4,6	0,4	2,9	0,9	0,07	14,9	43	23	33	0,00	0,14	0,10	0,01	0,25	15	2
Ecart type	0,6	0,9	0,4	0,4	0,6	0,02	1,9	15	16	17	0,00	0,05	0,04	0,01	0,09	6	0
CV%	12,4	20,2	96,1	14,9	66,7	33,48	12,4	36	69	53	14,20	36,87	40,17	35,51	36,60	41	5
<b>Horizon en Profondeur</b>																	
Effectif	5	5	5	4	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Moyenne	4,7	3,9	0,8	3,1	0,3	0,05	6,8	47	27	18	0,09	0,10	0,30	0,06	0,56	18	4
Ecart type	0,4	0,1	0,3	0,3	0,3	0,03	2,4	5	5	12	0,09	0,02	0,40	0,03	0,47	9	4
CV%	8,9	3,4	41,1	8,3	106,7	64,59	35,6	10	18	68	100,24	21,65	132,91	43,14	84,42	48,0	104,6

Tableau 3: Teneurs totales moyennes des éléments dans les sols de la série Kaponda

Totaux	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Cu	Co	Pb	Cd	Zn
	mg/100g				g/100g		mg/kg					
<b>Horizon de surface</b>												
effectif	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
moyenne	49	421	1348	52	3,7	3,5	127	10339	168	515	8,9	1162
écart type	7	198	1081	38	2,9	2,8	70	13693	175	687	9,0	1599
CV%	1	5	8	7	76	79	55	132	104	133	101	138
<b>Horizon en profondeur</b>												
effectif	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
moyenne	28	309	1347	74	7,7	5,7	322	300	35	19	2,3	571
écart type	1	88	1052	21	4,3	3,7	437	121	17	28	2,4	865
CV%	0,2	3	8	3	55	66	135	41	48	146	106	152

Les sols de la série Kaponda sont fortement contaminés par les éléments traces métalliques (ETM). La teneur en Co est quatre fois plus importante que la moyenne obtenue pour des sols « naturels ». La teneur en Cu a une moyenne de 10339 ppm au niveau de l'horizon de surface, ce qui indique une forte contamination par des dépôts atmosphériques. Cela suppose que le Cu est fortement lié à la phase solide du sol car même les sols érodés de la série montrent des teneurs élevées par rapport aux sols non ou peu contaminés. Les teneurs en Pb, en Cd et en Zn sont supérieures à la norme AFNOR [11] respectivement de 100 ppm, 2 ppm et 300 ppm. Les teneurs totales en Fe et en Al sont très élevées avec respectivement 3,7 et 3,5 g/100g, elles augmentent avec la profondeur. Ceci rencontre l'hypothèse indiquant le niveau de dégradation avancé des sols tropicaux riches en Fe et Al [12].

#### LES SOLS DE LA SÉRIE BAYA

Les sols de la série Baya sont les types de sol les plus abondants sur cette aire. Ils se retrouvent sur le plateau de la Gécamines, le versant de celui-ci et surtout sur le plateau Karavia. La morphologie du relief est plane même sur les versants où la pente ne dépasse pas les 5%. Ils ont un pH moyen plus élevée que ceux de la série Kaponda (5,6 et 4,9 pour le pH eau et pHKCl). La moyenne du rapport C/N est supérieure à 15, ce qui indique une décomposition moyennement lente de la matière organique. La texture de ce type de sol est limono-argileuse. Le potassium, le calcium et le magnésium sont les éléments échangeables les plus présents avec respectivement des teneurs moyennes de 0,28 még/100g, 0,60 még/100g et 0,21 még/100g. Ces teneurs moyennes sont bien plus élevées que pour les précédentes. La capacité d'échange cationique est supérieure à 20 cmol<sup>+</sup>/kg pour l'horizon de surface et 19 cmol<sup>+</sup>/kg pour l'horizon en profondeur. (Tableau 4)

Tableau 4: Paramètres physico-chimiques des sols de la série Baya

Stat	pH				Carbone Total			Granulométrie			Élément échangeable (méq/100g ou cmol/kg)						
	pH <sub>Eau</sub>	pH <sub>KCl</sub>	ΔpH	A.C. Éch.	C g/100g	N	C/N	A%	L%	S%	Ca	Na	K	Mg	S	CEC	V %
<b>Horizon de Surface</b>																	
Effectif	6	6	6	-	6	6	6	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Moyenne	5,6	4,9	0,7	-	3,4	0,24	16,9	37	20	21	0,60	0,12	0,28	0,21	1,21	34	4
Ecart type	0,6	0,7	0,4	-	0,9	0,09	9,3	-	-	-	0,83	0,01	0,23	0,19	0,80	10	4
CV%	11,1	14,3	58,0	-	25,1	37,48	55,0	-	-	-	138,39	6,66	81,79	91,56	65,72	29	86
<b>Horizon en Profondeur</b>																	
Effectif	3	3	3	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Moyenne	5,3	4,6	0,7	-	-	-	-	36	30	31	0,01	0,11	0,10	0,07	0,28	19	2
Ecart type	0,5	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV%	8,5	17,8	128,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 5: Teneurs totales moyennes des éléments dans les sols de la série Baya

Totaux	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Cu	Co	Pb	Cd	Zn
	mg/100g				g/100g		mg/kg					
<b>Horizon de surface</b>												
effectif	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
moyenne	77	204	532	75	2,9	2,0	438	9430	271	578	12,2	372
écart type	27	47	277	2	2,1	0,1	313	6056	62	452	2,5	361
CV%	4	2	5	0	74	4	72	64	23	78	20	97
<b>Horizon en profondeur</b>												
effectif	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
moyenne	53	201	532	75	2,9	2,0	438	478	15	9	0,3	70
écart type	26	66	277	2	2,1	0,1	313	593	11	8	0,4	40
CV%	5	3	5	0	74	4	72	124	71	96	126	58

Les teneurs en éléments traces métalliques présentées au tableau 4 ci-dessus sont très élevées mais moins importantes que dans les sols de la série Kaponda. Néanmoins, les moyennes obtenues dépassent largement les normes AFNOR [11] et confirment la contamination du site à grande échelle étant donné que ces sols se trouvent éloignés de l'origine de la contamination. Les coefficients de variations du Cu et du Pb sont plus faibles que pour les précédents. Les autres coefficients de variation des éléments analysés ont le même ordre de grandeur. Les teneurs en Fe et Al sont inférieures à celles des sols de la série Kaponda.

#### SÉRIE MUSAONGA

La profondeur d'apparition de la charge caillouteuse est plus faible que les sols de la série Baya, elle est inférieure à 50 cm. Les observations sont réparties sur l'ensemble du transect. Ces sols se retrouvent sur les versants mais aussi sur les plateaux, leurs pentes ne dépassant pas les 5%. La texture de ces sols est limono-argileuse. Le pH eau et le pH<sub>KCl</sub> sont respectivement de 4,9 et de 4,4. Ce sol est donc plus acide que ceux de la série Baya présents sur cette aire. Le rapport C/N est de 25,5 ce qui montre une décomposition de la matière organique très lente. La moyenne de leur CEC est inférieure aux teneurs obtenues pour les précédents, elle est de 20 cmol<sup>+</sup>/kg. Ces sols sont légèrement plus riches en Ca et en Mg que ceux de la série Baya. Les coefficients de variation sont élevés pour la majorité des paramètres analysés à l'exception du pH.

Tableau 6: Paramètres physico-chimiques des sols de la série Musaonga

Stat	pH				Carbone Total			Granulométrie			Elément échangeable (méq/100g ou cmol/kg)						
	pH <sub>Eau</sub>	pH <sub>KCl</sub>	▲ pH	Ac. Éch.	C g/100g	N	C/N	A%	L%	S%	Ca	Na	K	Mg	S	CEC	V %
<b>Horizon de Surface</b>																	
Effectif	5	5	5	2	5	4	4	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Moyenne	4,9	4,4	0,6	3,1	3,0	0,19	25,5	37	38	25	0,29	0,10	0,15	0,07	0,61	20	4
Ecart type	0,5	0,5	0,3	0,2	1,9	0,15	26,3	9	5	8	0,43	0,06	0,11	0,07	0,57	10	4
CV%	9,5	11,5	43,5	6,2	63,6	79,89	103,0	25	13	33	147,98	54,28	78,06	94,24	93,43	47	106
<b>Horizon en Profondeur</b>																	
Effectif	2	2	2	1	2	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2
Moyenne	4,9	4,3	0,5	3,5	0,2	-	-	-	-	-	0,05	0,06	0,22	0,05	0,38	15	3
Ecart type	0,7	0,8	0,1	-	0,1	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,20	0,03	0,22	1	2
CV%	15,0	19,4	21,8	-	59,4	-	-	-	-	-	0,97	1,24	88,10	58,46	58,49	9	66

Tableau 7: Teneurs totales moyennes des éléments dans les sols de la série Musaonga

Totaux	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Cu	Co	Pb	Cd	Zn
	mg/100g				g/100g		mg/kg					
<b>Horizon de surface</b>												
effectif	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
moyenne	36	262	1405	72	2,9	3,0	72	4943	93	498	6,4	662
écart type	3	84	619	4	1,3	2,1	41	4713	44	678	5,4	451
CV%	1	3	4	1	44	72	56	95	48	136	84	68
<b>Horizon en profondeur</b>												
effectif	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
moyenne	34	286	1734	66	4,2	4,8	117	250	45	5	5,1	141
écart type	9	116	610	21	0,9	4,5	65	103	21	3	2,8	124
CV%	3	4	4	3	22	94	55	41	47	69	56	88

Les moyennes en Cu, Co sont plus faibles dans ces types de sols que pour les deux précédents. La teneur moyenne en Cd est inférieure que celles trouvées dans les deux séries de sols précédentes alors que le Zn a une teneur supérieure comparée aux sols de la série Baya et correspond à la moitié de celle de ceux de la série Kaponda. La teneur totale en Co ne dépasse pas la norme AFNOR [11] (300 ppm) pour ce type de sol, elle est de 93 ppm. Les coefficients de variation restent élevés pour le Cu et le Pb tandis que les autres éléments présentent un coefficient de variation inférieur à 100%. Ces types de sols présentent les teneurs en Fe et en

Al les plus élevées après les sols de la série Kaponda (Tableau 7).

## 4 DISCUSSION

### PRÉSENTATION GRAPHIQUE DES CORRÉLATIONS ENTRE ETM DES SOLS DU PLATEAU PENGA-PENGA (FIGURE 4)

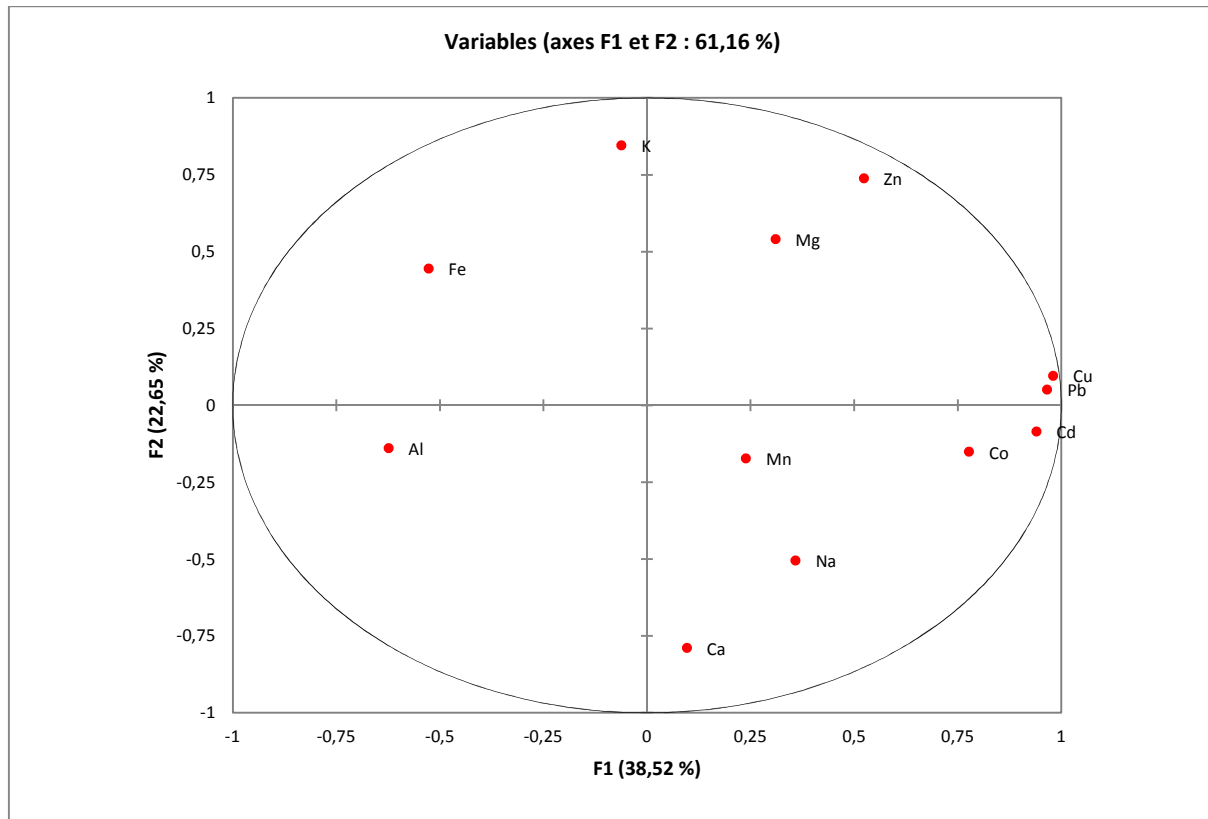


Figure 4: Graphique des corrélations entre ETM

D'une manière générale, le Cu, le Co, le Pb et le Cd ont une corrélation très hautement significative entre eux [13,14]. Une corrélation négative significative a été constatée entre le Co-Al et le Cd-Al. La relation entre l'aluminium et ces deux éléments est inversement proportionnelle, le Co-Al et le Cd-Al présente respectivement des corrélations de -0,459 et -0,516 ce qui traduit des différences de contamination entre les types de sol [15]. Le zinc a une corrélation positive avec le fer (0,559) mais celle-ci est faible et significative. Le cobalt et le cadmium sont significativement liés au pH. Ils ont une faible corrélation positive avec le pH<sub>KCl</sub> de respectivement 0,515 et 0,552. Les quatre premiers éléments présentent six corrélations très hautement significatives en surface alors qu'il n'y a que le cadmium et le cobalt qui présente une corrélation hautement significative en profondeur. Les corrélations entre les ETM et les paramètres pédologiques sont plus nombreux en surface [16], on peut notamment citer la relation Fe-Zn (0,894), Co-pH (0,744), Cd-C% et Pb-C% (respectivement 0,644 et 0,723). La seule corrélation significative encore présente en profondeur est la relation entre le Fe-Zn (0,711). Le zinc présente donc une corrélation avec le fer tous horizons confondus.

L'ensemble des types de sol montrent un lien entre les quatre premiers éléments traces métalliques analysés (Cu, Co, Pb, Cd). Cependant, certaines différences apparaissent en fonction du type de sol. Les sols de la série Kaponda et ceux de la série Musaonga ont le plus grand nombre d'éléments traces corrélés (6 corrélations) entre eux suivi des sols de la série Baya.

Le pH<sub>KCl</sub> très acide des sols de la série Kaponda est très fortement corrélé aux teneurs totales en Cu, en Co et en Cd [17]. La CEC est liée aux différents éléments en fonction de la série de sol étudié, un sol de la série Kaponda présentera une corrélation entre le zinc et la CEC par contre les sols de la série Musaonga ont une CEC liée à trois éléments (Cu, Cd, Pb) [18]. L'ensemble des séries de sols montrent un lien entre les quatre premiers éléments traces métalliques analysés (Cu, Co, Pb, Cd). Cependant, certaines différences apparaissent en fonction de la série de sols. Les sols de la série Kaponda et ceux de la série Musaonga ont le plus grand nombre d'éléments traces corrélés (6 corrélations) entre eux suivis des sols de la série Baya.

Les teneurs en Cu « normales » de beaucoup de pays du monde et selon le type de sols sont rarement supérieures à 200 ppm, avec des moyennes comprises entre 6 et 80 ppm [19].

Lounamaa [20] a observé quant à lui des teneurs allant de 50 à 300 ppm en Finlande sur des sols normaux. Dans le cas du site de la Gécamines, les résultats d'analyses montrent de teneurs en cuivre comprises entre 3000- 27.000 ppm au niveau des horizons de surface, ce qui indique de très grandes différences significatives entre les teneurs en Cu obtenues sur les sites naturels. La présence de teneurs particulièrement élevées (10.339 ppm, 9430 ppm, 4943 ppm, 26.644 ppm, 3488 ppm, 7977 ppm) dans les différentes séries de sols pour une moyenne générale des teneurs en cuivre de 10.470 ppm indiquent assez clairement la présence d'une contamination sur les sols de la Gécamines [21]. Ces teneurs sont assez proches de celles indiquées par Kabata-Pendias et Pendias (2001) dans le cas d'une contamination en Cu suite aux activités minières au Canada [22]. Des résultats d'analyses effectuées par Duvignaud et Denaeyer-De Smet (1963) [20] ont montré qu'on pouvait atteindre des teneurs de l'ordre de 9000 à 60000 ppm sur des sols colluviaux et des déblais de carrière à la mine de l'Etoile (Nord-est de Lubumbashi) [23]. On peut donc penser à une contamination d'origine anthropique liée aux émissions provenant de la cheminée de l'usine pyrométallurgique de la Gécamines. Les teneurs élevées en éléments traces métalliques sont observées au niveau des horizons de surface, et cela dans toutes les séries de sols. Ces teneurs en ETM diminuent avec la profondeur, cela rencontre l'assertion de Baize (1998) [24] selon laquelle des teneurs nettement plus fortes dans l'horizon de surface que dans les horizons sous-jacents ne peuvent guère s'expliquer que par des processus naturels, à l'exception du cas des sols forestiers caractérisés par un intense recyclage biologique dans les litières [25].

Le pH est le principal facteur régissant la mobilité des éléments traces dans le sol. Sa variation (naturelle ou anthropique) semble être le facteur dont l'action sur la mobilité des métaux est la plus déterminante [26]. Son abaissement favorise la mobilité des ETM, notamment par mise en solution de sels métalliques ou destruction de la phase de rétention [27]. Inversement, l'augmentation du pH provoque l'immobilisation par formation de composés insolubles ou accroissement de la capacité d'échange canonique [28]. Si l'on s'intéresse aux relations ETM-pH propres à chaque horizon, tous types de sols, on constate des corrélations significatives négatives (Cu et Pb dans l'horizon (C), comme positives (Cd, Zn et Co dans l'horizon (C), Cu et Pb dans les horizons B et An) sur le site de la Gécamines.

## 5 CONCLUSION

Les teneurs mesurées au quartier Penga-Penga correspondent aux 100 premiers centimètres du sol, donc aux horizons ayant été le réceptacle de toutes les contaminations agricoles diffuses, éventuellement des retombées atmosphériques (éléments aérotransportés à grande distance), sans oublier de parler du bruit de fond. Il est donc possible avec cette base, de remonter valablement au fond pédogéochimique naturel. Les résultats obtenus permettent de penser aux actions humaines et écarter la possibilité d'anomalies naturelles. Deux groupes d'éléments se distinguent sur le site de la Gécamines : le Cu, le Co, le Pb et le Cd très fortement corrélés entre eux et le Zn n'ayant presque pas de corrélation avec les autres ETM. Ces éléments (Cu, Co, Pb, Cd) présentent des corrélations avec la CEC, l'argile et parfois le pH. Le Zn quant à lui possède une forte corrélation avec le pourcentage en carbone. Lors d'une phytoremédiation du site, il faudra donc tenir compte des teneurs élevées en éléments traces métalliques ainsi que de l'acidité du sol. Les corrélations trouvées en site contaminé confirment le caractère polymétallique des contaminations. A noter que les relations entre ETM et paramètres pédologiques ne sont pas les mêmes entre les sites contaminés et non contaminés.

## REFERENCES

- [1] [Http://www.forrestgroup.com/fr/stl/stl.html](http://www.forrestgroup.com/fr/stl/stl.html), consulté le 6 juillet 2008 ;
- [2] Leteinturier B., Malaisse F., 1999b. De la réhabilitation des sites pollués par l'exploitation minière du cuivre en Afrique centro-australe. Bull. Séance. Acad. r. Sci. Outre-mer 45 (1999). P 535-554 ;
- [3] IPSC. 1998. Environmental health criteria 200, copper. pp. 269-270;
- [4] AYRES RU, AYRES LW, RADE I. 2002. The life cycle of copper, its Co-products and By-products. Mining minerals and sustainable development. pp 26-32;
- [5] LETEINTURIER B., BAKER AJM, MALAISSE F. 1999. Early stages of natural revegetation of metalliferous mine workings in south central Africa: a preliminary survey, Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 1999 **3** (1), 28-41;
- [6] MBENZA M, ALONI K & MUTEBA M. 1989 : quelques considérations sur la pollution de l'air à Lubumbashi (Shaba, Zaïre). Géo-eco-trop, 13, 1-4, 113-125;
- [7] Malaisse F., Colonval-Elenkov E., Brooks R.R., 1983. The Impact of Copper and Cobalt Orebodies upon the Evolution of Some Plant Species from Upper Shaba, Zaïre. Plant Systematics and Evolution. 142. p 207-221;

- [8] Petit P., Bukome E., Dibwe D.M. et Kalaba M., 2003. Ménages de Lubumbashi entre précarité et recomposition, l'Harmattan. p 81 à 150 ;
- [9] FAO. 1998. World reference base for soil resources. World Soils Resources Report 84. Food and Agricultural Organization of United Nations, Rome;
- [10] Ngongo M.L., Van Ranst E., Baert G., Kasongo E.L.,Verdoodt A., Mujinya B.B. & Mukalay J.M., 2009. Guide des Sols en R.D.Congo, Tome I. Étude et Gestion. UGent, HoGent, UNILU. Lubumbashi, 262 p ;
- [11] AFNOR, 1996. Qualité des sols. Recueil de normes françaises. 3<sup>ème</sup> édition. Paris-La défense. 534 p.
- [12] Sys C., 1956, Carte des sols et de la végétation du Congo-Belge et du Rwanda-Urundi, région d'Elisabethville, n° 9, A. Sol, feuille 1, Publication INEAC, Bruxelles ;
- [13] Alloway B.J., (1995a). *Heavy metal in soils*. B.J. (ed), 2e, Blackie Academic and professional, Glasgow.
- [14] Baker D.E., (1990). Copper in Alloway B.J., (ed), *Heavy metals in soils*. Blackie & Sons, London, Uk, 151,176.
- [15] Andres. L., (2008). Etude de l'impact des contaminations métalliques sur les propriétés des sols autour de Lubumbashi. TFE FSAGx, 75p;
- [16] Baize.D., 1997. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols. INRA. 395 p;
- [17] Colinet .G., (2003). Eléments traces métalliques dans les sols. Contribution à la connaissance des déterminants de leur distribution spatiale en région limoneuse belge. Thèse de doctorat FSAGx, 412p. + Annexes;
- [18] PIP E, 1991 : Cadmium, copper and lead in soil land garden produce near a metal smelter at Flin Flon, Manitoba. Bull. Environ. Contam. Toxicol. (1991) 46: 190-196 ;
- [19] Kabata-Pendias A. et Pendias H., 2001. *Trace elements in soils and plants*. Boca Raton, CRC Press Inc. 3<sup>ème</sup> Ed. 315 p ;
- [20] DUVIGNEAUD & DENAEYER-DE SMET, 1963 : Cuivre et végétation au Katanga. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 96. 93-231;
- [21] Kashimbo Kalala S., 2009. Contribution à la caractérisation des teneurs naturelle et de contamination en éléments traces métalliques des sols et sédiments autour de Lubumbashi. Mémoire d'études approfondies FSAUNILU, 88p;
- [22] Sterckeman, T., Douay, F., Proix, N. & Fourrier, H. (2002) Contamination des sols vers la profondeur à Noyelles-Godault et Aubry. In: Un point sur....les éléments traces métalliques dans les sols approches fonctionnelles et spatiales. INRA. Editions. Paris 565p ;
- [23] OKITAUDJI R. L. 2002. Model de formation des gisements de cuivre-cobalt du Shaba en République Démocratique du Congo, Bull. ac. Lor. Sc., 40, 4.
- [24] Baize. D. BAI., 1998. Les éléments traces métalliques dans le sol ; approche fonctionnelle et spatiale. INRA. 129 p.
- [25] Malaisse F., Colonval-Elenkov E., Brooks R.R., 1983. The Impact of Copper and Cobalt Orebodies upon the Evolution of Some Plant Species from Upper Shaba, Zaïre. *Plant Systematics and Evolution*. 142. p 207-221.
- [26] Calvet. R., (2003). Le sol, propriétés et fonctions. Phénomènes physiques et chimiques, application Agronomiques et environnementale. Dunod, Tome 1, 446 p.
- [27] Cambier .P. and Carlchaka R., (1999). Influence of reducing conditions on the mobility of bivalent trace metals in soils. In Selim H.M. (ed), *fate and transport of heavy metals in Vadose zone*. Lewis publishers, Boca Raton, 159-175.
- [28] Yu J.Y. et Heo B. Dilution and removal of dissolved metals from acid mine drainage along Imgok Creek, Korea. *Appl. Geochem.* 16, 1041-1053 (2001).

## Neuro-Fuzzy Classification Techniques for Sentiment Analysis using Intelligent Agents on Twitter Data

V. Soundarya and D. Manjula

Department of Computer Science and Engineering,  
College of Engineering Guindy, Anna University, Chennai, India

Copyright © 2016 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:** In this paper, we propose a new classification algorithm called Intelligent Agent and Neuro-Fuzzy Rule based Group Support Vector Machines (IGSVM) to perform major classification of sentiments and to form groups based on the sentiments of people with respect to change in time and place. Finally, the groups are used to form discussion forums on various topics including business, e-learning, tour and sports. The main advantage of the proposed work is to identify the user interest based on the sentiments identified from tweets and to form similar interest users groups for discussion on specific topics. From the experiments conducted in this work, it is proved that the user groups formed by sentiment analysis provided more than 94% accuracy in identifying members for forming interest groups on twitter and hence is more accurate than the existing systems.

**KEYWORDS:** Sentiment classification, sentiment analysis, feature selection, Intelligent Group SVM, twitter.

### 1 INTRODUCTION

Recently, sentiment analysis is playing major role to predict the user opinion / interest on social networks in many applications such as business reviews, medical reports and group discussions. Sentiment classification is also major and latest sub area of natural language processing which is not only considers the topic of a document but also expresses about the users opinions. Sentiment classification is performed either in word or sentence and document levels. Moreover, social network analysis is becoming important method for extracting sentiments on tweets in sentiment analysis process. In this sentiment classification process, it is divided into sentiments such as positive, negative and neutral. Positive sentiments are indicates using words namely joyful, happy, likes, loves and laughs. Negative sentiments are using the words sorry, sad, regret, cry, pain and hate. All these sentiments words are identified using classification, frequency and semantic analysis [1] [2].

In business information retrieval systems, opinion mining is useful to understand the comments from users. If the sentiments of customers are positive then, the customers just like the product. Further, if the sentiments are diagnosed as bad then the clients are not inquisitive about the product. If the consumer has neither high-quality nor negative sentiment then they may have neutral sentiment. Therefore, it is miles important to identify the functions for nice, poor and impartial sentiments. Through applying those capabilities, the reviews expressed by way of clients through social networks are used as remarks and the new customers are labeled based totally on the category of vintage clients. In this kind of scenario, the aggregate of syntax analysis, semantic analysis, characteristic selection and classification may be used to make effective choices about the consumer interests on merchandise [2].

In this paper, we propose a new sentiment classification technique which makes use of natural language processing techniques, frequency of phrases and Intelligent Agent and Neuro-Fuzzy Rule based Group Support Vector Machines (IGSVM) classification algorithm for classifying the customers based totally on their reviews and sentiments. This is useful to discover the most promising customers, maximum useful regions and relevant timings for wearing out the business activities. Moreover, the proposed paintings focuses on classifying the customers based on their interest and opinion in the utilization

of cosmetic items namely soap and powder. The major advantage of the proposed works is that it allows providing centered commercials on decided on humans by myself. The remainder of this paper is organized as follows: section 2 provides a detailed survey of related work. Section 3 depicts the structure of the proposed system architecture. Section 4 offers the information about the proposed feature selection and classification algorithms. Section 5 shows the results obtained from this paper with suitable discussions. Section 6 gives conclusion on this work and shows a few suitable future works.

## 2 RELATED WORKS

There are many works have been done by various researchers in the past in this direction of classification, sentiment analysis and users behavior prediction analysis. Among them, Ortigosa et al [3] proposed a new machine learning technique that is used for sentiment evaluation that involves schooling of the classifier on benchmark datasets and also the usage of the trained model for brand new sentences type in files. Pang and Lee et al [4] supplied a survey of associated work on sentiment evaluation and opinion mining. An Opinion summary is generated based totally on opinion sentences via thinking about common features are explored through Balahur et al [5]. The writer also uses query based records retrieval techniques for studying the evaluations.

Esuli et al [6] formalizes that sentiment is an affective part of opinion, or truly used as synonyms for every other without any actual definition of their own. Devitt et al [7] studies work compares the performance of stemming and non-stemming algorithms and a well-known normalization work is finished using information retrieval strategies. Various researches on sentiment classification had been performed and advanced at special tiers word, sentence level and file stage [8]. Ganapathy et al [9] proposed a brand new feature choice algorithm along with a classifier for effective category of intrusion dataset.

Trilla et al [10] additionally analyzed the device learning approach for sentiment analysis which includes the educated model for new record category to evaluate a likely development to go looking methods Lindholm et al [11], extracts the news articles and describes the implementation techniques that's time-honored and effortlessly followed to new information assets. Wiebe et al [12] identifies that statistics extraction strategies may be used to analyze informative clues of subjectivity. Ohana et al [13] proposed a way of sentiment type by means of the use of features built from the SentiWordNet database of time period polarity scores. Their method consisted of counting high quality and poor term scores to determine sentiment orientation.

## 3 SYSTEM ARCHITECTURE

Figure 1 shows the architecture of the system proposed in this paper. It consists of ten components namely user interface, query and document analyzer, decision manager, feature selection module, classification module, document manager, document database, rule manager, rule base and lookup database. The user can interact with the system through the user interface.

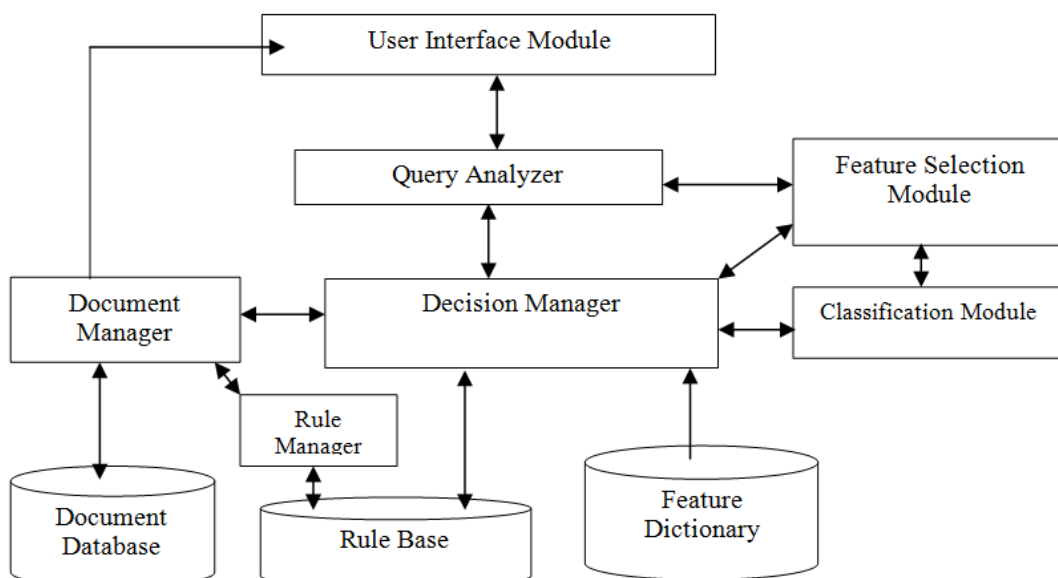


Figure 1 System Architecture

The query given through the consumer is given to the question analyzer. The question analyzer searches the twitter for user discussions based totally at the question. The discussions are analyzed and they're saved inside the file database. The selection supervisor is chargeable for controlling the whole system. The feature selection module is liable for forming features. The classification module is performed the classification of the files and also forwarded them to the decision manager. The decision manager makes use of the categorized consequences and research desk to make decisions on formation of groups. After forming groups the user interface is informed through the decision manager via document manager. The document manager is responsible for handling the discussions made by way of group participants and their profiles. The document manager handles the documents based on the rule manager suggestions. Rule manager handling the rules which are stored in rule base. The decision manager makes decisions based on the neuro-fuzzy rules which are stored in rule base. The rule base contains number of neuro-fuzzy rules which are helpful to make decisions on documents.

**4 PROPOSED WORK**

A new intelligent agent and neuro-fuzzy rule based sentiment classification system is proposed by using group support vector machine algorithm for effective classification. For this purpose, a new intelligent feature selection algorithm based on syntax analysis, frequency count and semantic analysis is proposed. The steps of the proposed algorithm are as follows:

***Intelligent Agent and Neuro-Fuzzy Rule based Group Support Vector Machine Algorithm***

Input: Tweets from twitter

Output: Sentiment capabilities and categorized documents

- Step 1: Read one file from twitter
- Step 2: Intelligent agent apply the rules for regular expressions to check phrases
- Step 3: Agent carry out stemming process.
- Step 4: Agent applies the suitable parts of Speech tagging.
- Step 5: Agent Select features based totally on dictionary and documents for terrible, neutral and advantageous sentiments.
- Step 6: Intelligent agent carry out the classification process by applying neuro-fuzzy rules on present day record into one of the organizations with negative, impartial and fantastic sentiments.
- Step 7: Read query from users by agent.
- Step 8: Pick suitable features by intelligent agent.
- Step 9: Agent carry out the category and identify the suitable sentiments with the help of knowledge base.
- Step 10: Intelligent agent decides the proper place for the particular place and place it.

**5 RESULTS AND DISCUSSION**

The proposed system is implemented using JAVA programming language. The experimental results of the proposed work had been completed the usage of standard dataset accumulated from twitter related to merchandise primarily based on discussions by means of users.

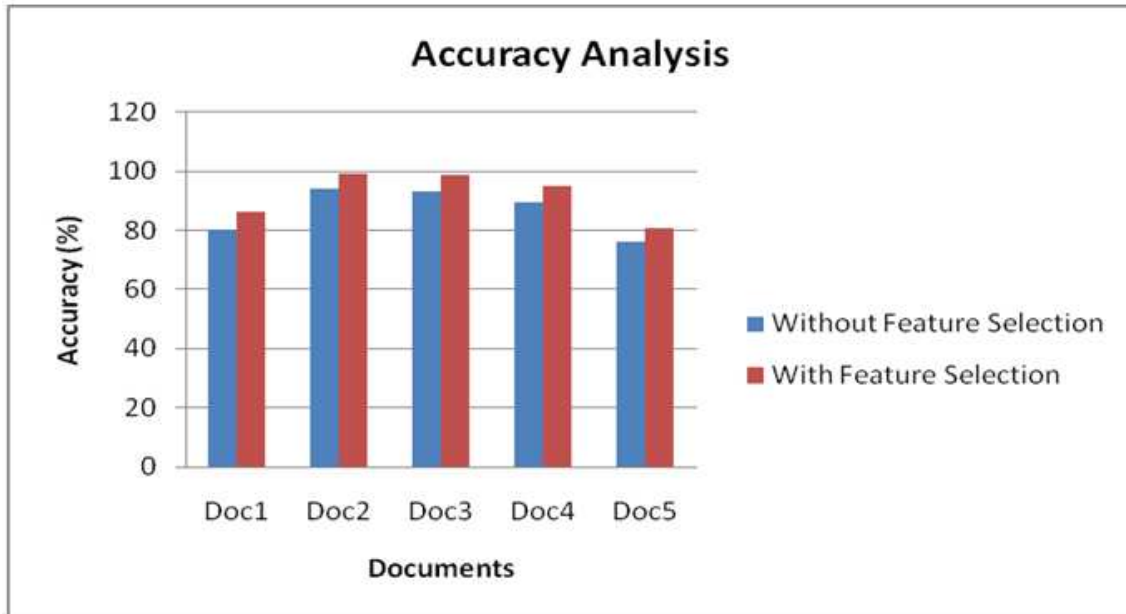
Table 1 shows the sentiment analysis using twitter. Determine 2 suggest the sentiment analysis made from 5 files obtained from twitter. The positive, negative and neutral sentiments are taken into consideration for analysis.

**Table 1 Sentiment Analysis using Twitter**

Documents	Sentiment Count		
	No. of Positive Tweets	No. of Negative Tweets	No. of Neutral Tweets
Doc1	9	3	2
Doc2	11	1	5
Doc3	4	1	9
Doc4	3	3	12
Doc5	2	9	4

The table 1 shows that doc1 and doc2 has more positive counts than other three documents doc3, doc4 and doc5. Based on the tweet counts, we classify the users interest is on doc1, doc2 and also neutral with doc5.

The accuracy analysis of the five different twitter documents is shown in Figure 2. Experiments are carried out for document classification with feature selection using GSVM classification. Results show that the accuracy of classification with feature selection is better than classification without feature selection. It also shows that the classification accuracy is more than 5% accuracy increased with feature selection when it is compared with without feature selection.



*Figure 2 Accuracy analysis*

And also, the experiments are carried out to show the classification accuracy of classifiers SVM, IGSMV and Naïve Bayes classifier which is shown in Table 2.

*Table 2 Classification Accuracy Analyses*

Documents	Naïve Bayes	SVM	IGSMV
Doc1	81.62	86.45	93.54
Doc2	92.12	90.28	99.23
Doc3	90.60	92.54	99.59
Doc4	90.13	91.33	97.28
Doc5	85.21	90.36	95.17

From table 2, it is observed that IGSMV provides more accuracy than other two classifiers. This is due to the fact that GSVM makes group discussion and applies neuro-fuzzy rules before making decision.

## 6 CONCLUSION AND FUTURE WORKS

In this paper, an intelligent agent based Neuro-Fuzzy rule based Group Support Vector Machine (IGSMV) classification algorithm is proposed and implemented for analyzing the documents received from twitter. Here, the sentiments considered are negative sentiments, effective sentiments and neutral sentiments. From the experiments achieved in this work, it's far located that function choice facilitates to enhance the class accuracy. Furthermore, the proposed IGSMV provides more accuracy than the present classifiers in sentiment classification. Future works on this route may be the use of rough set theory to select most suitable sentiment for making suitable decisions.

## REFERENCES

- [1] Nilesh M. Shelke, Shriniwas Deshpande, Vilas Takre, "Survey of techniques for opinion mining," *International Journal of Computer Applications*, 57,13, pp 0975-8887, 2012.
- [2] Bing Liu. *Sentiment Analysis and Opinion Mining*, Morgan & Claypool Publishers, May 2012.
- [3] Alvaro Ortigosa, Jose M. Martín, Rosa M. Carro, "Sentiment Analysis in Face book and its application to e-learning," *Computers in Human Behavior Journal Elsevier* 2013.
- [4] Bo Pang, Lillian Lee, "Opinion Mining and Sentiment Analysis", *Foundations and Trends in Information Retrieval* Vol. 2, Nos. 1-2, 2008.
- [5] Alexandra Balahur, Mijail Kabadjov, Josef Steinberger, Ralf Steinberger, Andres Montoyo, "Challenges and solutions in the opinion summarization", *Journal of Intelligent Information Systems*, Springer, pp.375-398, 2012.
- [6] Esuli A, Sebastiani F, "Determining term subjectivity and term orientation for opinion mining," *Proceedings the 11<sup>th</sup> Meeting of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics (EACL-2006)*, pp. 193-200, 2006.
- [7] Devitt A, Ahmad K, "Sentiment Polarity Identification in Financial News: A Cohesion-based Approach," *In Proceedings of the Association for Computational Linguistics (ACL)*, pp. 984-991, 2007.
- [8] Li B, Zhou L, Feng S, Wong K, "A Unified Graph Model for Sentence-based Opinion Retrieval," *In Proceedings of ACL 2010*, pp. 1367-1375, 2010.
- [9] Sannasi Ganapathy, Kanagasabai Kulothungan, Sannasy Muthurajkumar, Muthuswamy Vijayalakshmi, Yogesh Palanichamy, Arputharaj, Kannan, "Intelligent feature selection and classification techniques for intrusion detection in networks: a survey. *EURASIP Journal on Wireless Communication. and Networking*, Vol. 271, pp. 1-16, 2013.
- [10] Alexandra Trilla, Francesc Alias "Sentence-Based Sentiment Analysis for Expressive Text-to-Speech", *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, Vol. 21, No. 2, pp.223-233, February 2013,.
- [11] Sigrid Lindholm, "Extracting Content from Online News Sites," *Master's Thesis in Computing Science*, UMEA University, Sweden 2011.
- [12] Janyce Wiebe and Ellen Riloff, "Finding Mutual Benefit between Subjectivity Analysis and Information Extraction," *IEEE Transactions on Affective Computing*, Vol.2, No.4, pp. 45-56, 2011.
- [13] Bruno Ohana and Brendan Tierne, "Sentiment Classification of reviews using SentiWordNet," *In the Proceeding of IT&T Conference*, Dublin Institute of Technology, Dublin, Ireland, 22-23 October, 2009.

## REFUS D'EXISTENCE DU GENOCIDE COMMIS CONTRE LES TUTSI EN 1994 AU RWANDA A SA RECONNAISSANCE PAR L'ONU

JUSTINE HITIMANA

Commission Nationale de lutte contre le génocide (CNLG), Kigali, Rwanda

Copyright © 2016 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:** Genocide committed against the Tutsis in 1994 is a reality of the XXe century that is the specificity of Africa, since it was the first genocide that has been committed in this continent. In this manner Rwanda became unfortunately famous. The régime of Habyarimana had planned seriously and had executed genocide against the Tutsis. All the Institutions have been mobilized as well as a part of the population extremist Hutu to kill more possible Tutsi. The perpetrators had for mission to eliminate the Tutsis methodically using the lists of the names and the identification cards which mention the ethnicity. Thus, the Tutsis have been exterminated because the barriers were set up everywhere to stop the Tutsis from fleeing toward the neighboring countries. Before this genocide, the idleness of the International Community appeared a lot when some Tutsis have been killed without intervening. The following day of the beginning of slaughters in April 07 1994, the troops of RPF decided to leave their position in order to go to save the Tutsis that were again in life. The militias and the Presidential Guard killed the Tutsis while escaping the advanced of RPF toward the neighboring countries, but the big number of these perpetrators took refuge to the former Zaire, the current DRC. Finally, July 4, 1994, the RPF stopped genocide and liberated the country.

**KEYWORDS:** Genocide, TUTSI, RWANDA, UNO.

### 1 INTRODUCTION

*« (...) Il y avait eu génocide, (...) et le monde n'avait pas levé le petit doigt pour éviter l'horreur que l'on pouvait prévoir »<sup>1</sup>.*

Après la défaite de l'Allemagne en 1945 par l'armée des Alliés, l'ONU a proclamé le credo du « **plus jamais ça** », puisque l'holocauste perpétré par les nazis contre les Juifs était un des crimes les plus répugnants de l'histoire humaine. De cette raison, l'ONU a été fondée pour s'assurer que ce genre de drame ne se reproduirait jamais. En principe, la Charte des Nations Unies était une proclamation en faveur de la paix et du respect de la dignité et des droits de tous les membres de la famille humaine et de les préserver du fléau du génocide qui par deux fois venait de frapper le XXe siècle<sup>2</sup>.

Eu égard la Charte de l'ONU, l'un des rescapés du génocide, Primo Michele Levi l'avait mis en garde en ces termes : « **c'est arrivé, cela peut donc arriver de nouveau : tel est le noyau de ce que nous avons à dire** »<sup>3</sup>. Effectivement, **cinquante ans après le génocide de juifs, un troisième grand génocide commis contre les Tutsi a eu lieu vers la fin du XXe siècle dans pays**

---

<sup>1</sup> R. Dallaire, « Rwanda. Les cauchemars d'un Général », in : *le Monde/Horizons*, 9 décembre 2004, p.13.

<sup>2</sup> [http://www.memoireonline.com/09/07/616/m\\_faillite-onu-genocide-tutsi-rwanda-causes-echec5.html](http://www.memoireonline.com/09/07/616/m_faillite-onu-genocide-tutsi-rwanda-causes-echec5.html), consulté le 16 décembre 2015.

<sup>3</sup> R. Verdier et al., *Rwanda. Un génocide du XXe siècle*, Paris, L'Harmattan, 1995, p. 140.

**de l'Afrique, le Rwanda.** De ce qui précédé, M. Augustine Mahiga témoin d'un génocide commis contre les Tutsi s'est posé cette question : « à quel point la résolution « plus jamais ça » pouvait rapidement se transformer en « encore et encore »<sup>4</sup>. De cette raison, le M. Max van Derstoel, Ministre d'État des Pays-Bas s'est exprimé : « après le génocide des Juifs » d'autres génocides s'étaient produits depuis dans le monde, de ce fait « Plus jamais Auschwitz » ne doit pas être un slogan, mais une obligation pour nous tous »<sup>5</sup>.

Mais alors, dans la nuit du 6 au 7 avril 1994 l'avion présidentiel a été abattu par les extrémistes hutu qui étaient contre les accords de paix d'Arusha. Aussitôt après la mort du président Habyarimana, la Radio-Rwanda et la RTLM (la Radio-télévision libre de Mille collines ) et le journal Kangura firent appel aux tueries, de sorte qu'en trois mois, plus d'un million d'hommes, de femmes et d'enfants ont été tués en présence de la Communauté Internationale. Ainsi, pour atteindre ce sinistre bilan en cent jours, il a fallu la participation d'un grand nombre de bourreaux. A. Destexhe souligne que l'extermination des juifs était le seul précédent que l'on puisse prudemment évoquer pour comprendre celle des Tutsis. Car les Juifs et les Tutsi ont été visés en tant que tels<sup>6</sup>. De cette raison J. Hatzfeld a fait ce constat : « Il faut quand même remarquer que la rentabilité des tueries au Rwanda a été dix fois supérieure à celle des camps d'exterminations nazis »<sup>7</sup>. Cela atteste que l'extermination des Tutsis par les Hutus a été préparée de longue date à l'avance.

En plein génocide, la Communauté Internationale évitait de prononcer mot le génocide. Le Général Roméo Dallaire, qui commandait la force de la Mission des Nations-Unies d'Assistance au Rwanda (MINUAR) critiquait violemment la non-assistance de la Communauté Internationale. Cela montre que le monde a été averti sur la réalité du génocide, mais ce qui est regrettable, c'est l'inaction de la Communauté Internationale devant le génocide<sup>8</sup>. Après avoir reconnu leur non-assistance au génocide commis contre les Tutsi, le Conseil de Sécurité a jugé bon d'instaurer le Tribunal Pénal International pour le Rwanda (TPIR) pour juger les génocidaires.

## **2 MÉTHODOLOGIE**

Dans cette recherche, la méthode qui a été utilisé est : la recherche documentaire. Les documents pouvant renseignés sur le déroulement du génocide perpétré contre les Tutsi, sur sa planification, sur son exécution et sur les démarches qui ont été entrepris pour qu'il soit reconnu par l'ONU ont été exploité. La plupart des documents qui ont été utilisés, étaient des ouvrages sur le Rwanda qu'on peut trouver à la bibliothèque de la CNLG, Bibliothèque Nationale etc.

## **3 FORCES ET LIMITES**

Le génocide commis contre les Tutsi qui a endeillé le Rwanda en avril à juillet 1994 a été caractérisé par des tueries de grande envergure. Mais ce qui est triste, c'est la prolifération des négationnistes qui nient et qui continuent à nier l'existence du génocide. De cette raison, il est toujours nécessaire d'écrire sur tous les aspects du génocide commis contre les Tutsi, car des tells écrits pourraient les décourager et convaincre ceux qui les côtoient. Cette étude a été choisie pour mettre en relief les démarches qui ont été entrepris pour que le génocide commis contre les Tutsi soit reconnu par l'ONU

## **4 RÉSULTATS ET DISCUSSION**

Le génocide perpétré contre les Tutsi est une réalité du XXe siècle puisque le régime de Kigali d'alors l'avaient préparé et le mettre en exécution le génocide avec une quasi extermination des Tutsi. D'après J.P. Chrétien « Le génocide commis contre les Tutsi est un projet construit et identifiable »<sup>9</sup>.

---

<sup>4</sup> <http://www.un.org/press/fr/2005/AG10330.doc.htm> consulté le 16 décembre 2015.

<sup>5</sup> *Ibidem*.

<sup>6</sup> A. Dextexhe, *Rwanda : essai sur le génocide*, Paris, Ed. complexe, 1994., p. 50.

<sup>7</sup> L. de Vulpian, *Rwanda. Un génocide oublié? Un procès pour mémoire*, Bruxelles, Edit. Complexe, 2004, p.54.

<sup>8</sup> <http://www.un.org/press/fr/2005/AG10330.doc.htm> consulté le 16 décembre 2015.

<sup>9</sup> J.P Gouteux, « Implication française dans le dernier génocide du siècle », in : *La nuit rwandaise*, Paris, L'esprit frappeur, n°109, 2002, p.68.

#### 4.1 ECLAIRCISSEMENTS SUR LES CRIMES DE GENOCIDE, LES CRIMES DE GUERRE ET LES CRIMES CONTRE L'HUMANITE

##### 4.1.1 CRIME DE GÉNOCIDÉ

Un génocide est un crime extrême qui consiste en l'élimination physique intentionnelle, totale ou partielle, d'un groupe national, racial, ethnique ou religieux, en tant que tel, ce qui veut dire que ses membres sont détruits pour la raison de leur appartenance au groupe. Le génocide peut être perpétré par divers moyens, direct ou indirect. Certains juristes et historiens précisent la définition en estimant notamment que le génocide est systématique et programmé.

Pendant la deuxième guerre mondiale, les Juifs de l'Europe étaient livrés à l'extermination par l'Etat Allemand (Nazi) où plus de six millions des Juifs ont péri dans les camps de concentrations. Devant ces massacres de grande envergure, le Premier Ministre Britannique d'alors Churchill Winston déclara dans un discours radiophonique d'août 1941 que : « Depuis les invasions mongoles au XIIe siècle, on n'a jamais assisté en Europe à des pratiques d'assassinat méthodique et sans pitié à une pareille échelle. Nous nous trouvons en présence d'un crime sans nom »<sup>10</sup>. C'est dans ce contexte spécifique qu'un nouveau mot, génocide, a été créé pour désigner ce qui venait de se passer aux Juifs.

Le terme « génocide » a été créé en 1944 par un professeur de Droit International, Raphaël Lemkin<sup>11</sup>, au lendemain de la seconde guerre mondiale. Il voulait particulariser une situation qui n'avait jamais été définie jusque-là. A savoir l'ensemble des crimes commis par l'Etat nazi à l'encontre des Juifs, et conduits par la volonté de leur anéantissement total<sup>12</sup>. C'est en s'intéressant à la Shoah que Lemkin est amené à créer le *néologisme de génocide*, à partir du grec « *genos* » (race, peuple, lignage) et du latin « *caedere* » (tuer), afin de désigner la « barbarie » alors à l'œuvre. D'après Raphaël Lemkin, « le mot génocide signifie l'anéantissement délibéré et méthodique d'un groupe d'hommes, en raison de sa race, de son appartenance ethnique, de sa nationalité ou de sa religion, dans le but de le faire disparaître totalement et ce au nom d'un principe raciste ou d'une conception idéologique de ce groupe »<sup>13</sup>.

Selon la Convention pour la prévention et la répression du crime de génocide, adoptée le 9 décembre 1948 par l'Assemblée Générale des Nations Unies, dans son article II<sup>14</sup> :

1. Meurtre de membres du groupe ;
2. Atteinte grave à l'intégrité physique ou mentale de membres du groupe ;
3. Soumission intentionnelle du groupe à des conditions d'existence devant entraîner sa destruction physique totale ou partielle ;
4. Mesures visant à entraver des naissances au sein du groupe ;
5. Transfert forcé d'enfants du groupe à un autre groupe".

De plus, il ressort de cette disposition trois éléments constitutifs du génocide qu'on peut schématiser ainsi :

1. un acte criminel ;
2. " dans l'intention ... de détruire tout ou partie " ;
3. un groupe donné et visé " comme tel "<sup>15</sup>.

La liste des génocides établie par les historiens est longue, pourtant, seuls trois génocides ont été entièrement reconnus par des instances internationales habilitées dépendant de l'ONU :

1. L'Holocauste ou le génocide des Juifs
2. Le génocide bosniaque
3. Le génocide perpétré contre les Tutsi au Rwanda

<sup>10</sup> [http://www.herodote.net/1941\\_1945-synthese-76.php](http://www.herodote.net/1941_1945-synthese-76.php), consulté le 08 mai 2015.

<sup>11</sup> .Raphael Lemkin est un Juriste polonais d'origine juive qui vivait aux Etats-Unis d'Amérique.

<sup>12</sup> <http://www.topie.org/Dictionnaire/Genocide.htm>, consulté le 14 novembre 2015.

<sup>13</sup> .Ibidem.

<sup>14</sup> .Vade-Mecum, *Le crime de génocide et crimes contre l'humanité devant les juridictions ordinaires du Rwanda, Kigali, Imprimerie de Kigali, 2004, p.97.*

<sup>15</sup> .Vade-Mecum, *op.cit*, 2004, p.97

L'examen de la définition proposée révèle que l'élément central à la base de la notion de génocide est le refus du droit à l'existence au groupe humain.

#### **4.1.2 CRIMES DE GUERRE**

Les crimes de guerre sont des violations graves du droit international humanitaire commises à l'encontre de civils ou de combattants ennemis à l'occasion d'un conflit armé international ou interne. C'est une violations qui entraînent la responsabilité pénale individuelle de leurs auteurs. Ces crimes découlent essentiellement des Conventions de Genève du 12 août 1949 et de leurs Protocoles additionnels I et II de 1977 et des Conventions de La Haye de 1899 et 1907.

Les crimes de guerre ont été poursuivis pour la première fois de manière effective à la suite de la Seconde Guerre Mondiale, lors de l'établissement des tribunaux pénaux internationaux à Nuremberg et à Tokyo. Plus tard, les crimes de guerre ont été occasionnellement poursuivis devant des juridictions nationales<sup>16</sup>.

La codification la plus récente des crimes de guerre se trouve à l'article 8 du Statut de Rome de la CPI. Cet article énumère les comportements constitutifs de crimes de guerre :

1. L'homicide intentionnel;
2. La torture ou les traitements inhumains, y compris les expériences biologiques;
3. Le fait de causer intentionnellement de grandes souffrances ou de porter gravement atteinte à l'intégrité physique ou à la santé;
4. La destruction et l'appropriation de biens, non justifiées par des nécessités militaires et exécutées sur une grande échelle de façon illicite et arbitraire;
5. Le fait de contraindre un prisonnier de guerre ou une personne protégée à servir dans les forces d'une puissance ennemie;
6. Le fait de priver intentionnellement un prisonnier de guerre ou toute autre personne protégée de son droit d'être jugé régulièrement et impartialement;
7. La déportation ou le transfert illégal ou la détention illégale;
8. La prise d'otages.

Les crimes de guerre peuvent être perpétrés par des civils ou des combattants contre leurs ennemis, ces derniers pouvant être eux même civils ou combattants. Mais les crimes de guerre ne peuvent être commis à l'encontre des membres de leurs forces armées ou de leur propre population civile.

Ces crimes sont imprescriptibles devant les juridictions internationales<sup>17</sup>, mais également devant de nombreuses juridictions nationales sur la base de traités internationaux comme la Convention sur l'imprescriptibilité des crimes de guerre et des crimes contre l'humanité de 1968.

#### **4.1.3 CRIMES CONTRE L'HUMANITÉ**

L'expression « crime contre l'humanité » a été utilisée pour la première fois en 1915 dans une note diplomatique au sujet du massacre des Arméniens dans l'Empire ottoman. Cette notion a été conceptualisée et juridiquement définie en 1945 dans la Charte du Tribunal militaire international de Nuremberg. Selon l'article 6(c) de cette charte, les Crimes contre l'Humanité désignent « l'assassinat, l'extermination, la réduction en esclavage, la déportation, et tout autre acte inhumain commis contre toutes populations civiles, avant ou pendant la guerre, ou bien les persécutions pour des motifs politiques, raciaux ou religieux, lorsque ces actes ou persécutions, qu'ils aient constitué ou non une violation du droit interne du pays où ils ont été perpétrés, ont été commis à la suite de tout crime rentrant dans la compétence du Tribunal, ou en liaison avec ce crime »<sup>18</sup>.

La définition récente de crimes contre l'humanité a été codifiée à l'article 7 du Statut de Rome de la CPI. L'article 7 du Statut de Rome établit une liste non-exhaustive d'actes pouvant être qualifiés de crimes contre l'humanité, lorsqu'ils sont commis dans le cadre d'une « attaque généralisée ou systématique, lancée contre toute population civile, et en connaissance de cette attaque » :

---

<sup>16</sup> . <http://www.trial-ch.org/fr/ressources/droit-international/definition-des-crimes.html>, consulté le 22 décembre 2015.

<sup>17</sup> . Article 29 du statut de Rome de la CPI.

<sup>18</sup> . *Vade-Mecum, op.cit*, 2004, p.109.

1. Meurtre ;
2. Extermination ;
3. Réduction en esclavage ;
4. Déportation ou transfert forcé de population ;
5. Emprisonnement ou autre forme de privation grave de liberté physique en violation des dispositions fondamentales du droit international ;
6. Torture ;
7. Viol, esclavage sexuel, prostitution forcée, grossesse forcée, stérilisation forcée ou toute autre forme de violence sexuelle de gravité comparable ;
8. Persécution de tout groupe ou de toute collectivité identifiable pour des motifs d'ordre politique, racial, national, ethnique, culturel, religieux ou sexiste au sens du paragraphe 3, ou en fonction d'autres critères universellement reconnus comme inadmissibles en droit international, en corrélation avec tout acte visé dans le présent paragraphe ou tout crime relevant de la compétence de la Cour ;
9. Disparitions forcées de personnes ;
10. Crime d'apartheid ;
11. Autres actes inhumains de caractère analogue causant intentionnellement de grandes souffrances ou des atteintes graves à l'intégrité physique ou à la santé physique ou mentale.

Selon la Convention sur l'imprescriptible des crimes de guerre et des crimes contre l'humanité de 1968, les crimes de guerre sont commis pendant la guerre tandis que les crimes contre l'humanité ne sont pas limités au temps de guerre. Ces crimes, qu'ils soient commis en temps de guerre ou en temps de paix, sont imprescriptibles<sup>19</sup>.

Bref, tous les atteints graves à l'intégrité physique ou mentale à l'humanité toute entière constituent les crimes contre l'humanité.

#### 4.2 LA DIFFERENCE ENTRE LE CRIME DE GENOCIDE, LES CRIMES DE GUERRES ET LES CRIMES CONTRE L'HUMANITE

La principale différence entre le crime de génocide avec les crimes de guerre et les crimes contre l'humanité est « l'intention spécifique requise pour le génocide. En vertu du DPI, l'auteur d'un génocide doit avoir l'intention de, détruire, en totalité ou en partie, un groupe protégé, en tant que tel<sup>20</sup>. Cette l'intention spécifique de commettre un génocide doit être formée avant que l'acte prohibé soit commis et existée au moment où l'acte interdit est commis<sup>21</sup>. Le crime de génocide doit avoir été commis contre les victimes en raison de leur appartenance à un groupe ethnique, racial, religieux<sup>22</sup>. Tandis que les crimes contre l'humanité constituent les assassinats et les autres actes inhumains commis contre les populations civiles pour des motifs politiques, cela est en liaison avec les crimes de guerre.

Le crime de génocide et les crimes contre l'humanité en terme historique, R. Verdier donne une explication : « il peut y avoir crime contre l'humanité sans meurtre, alors que le crime de génocide implique aussi bien intention que meurtre »<sup>23</sup>. Ce qui n'est pas le cas en droit, où l'incrimination de génocide peut être arguée pour des transferts forcé d'enfant du groupe à un autre groupe ou des entraves à la fécondité par exemple.

À propos de crimes de guerre et des crimes contre l'humanité, un massacre de civils peut être à la fois un crime de guerre et un crime contre l'humanité, toutefois, les principales différences entre un crime de guerre et un crimes contre l'humanité inclut<sup>24</sup> :

<sup>19</sup> Vade-Mecum, op.cit, 2004, p.109.

<sup>20</sup> A. ling et G. Oosthuizen, Guide sur le droit pénal international pour les professionnels du droit rwandais, Service de droit pénal international, février 2010, p.29.

<sup>21</sup> Ibidem.

<sup>22</sup> <http://www.trial-ch.org/fr/ressources/droit-international/definition-des-crimes.html>, consulté le 22 décembre 2015.

<sup>23</sup> R. Verdier et al., Rwanda. Un génocide du XXe siècle, Paris, L'Harmattan, 1995.

<sup>24</sup> A. ling et G. Oosthuizen, op.cit, 2010, p.74.

1. Les crimes de guerre exigent un lien avec un conflit armé contrairement aux crimes contre l'humanité (bien que les CCH soient généralement commis au cours d'un conflit armé), mais les crimes contre l'humanité nécessitent une attaque contre des populations civiles.
2. Les crimes de guerre se concentrent sur la protection de certains groupes protégés, notamment les ressortissants de pays ennemis, alors que les crimes contre l'humanité protègent les victimes quelle que soit leur nationalité ou leur appartenance dans le conflit.
3. Les crimes de guerre réglementent la conduite à adopter sur le champ de bataille et les objectifs militaires, tandis que les crimes contre l'humanité réglementent les actions contre les populations civiles.

Pour arriver à la décision finale qui confirme le terme génocide, une analyse sérieuse était nécessaire, selon C. Rioux, le génocide n'est pas simplement affaire d'«intention» ni de guerre ethnique mais l'élimination méthodique d'un groupe ethnique et, par extension, l'«extermination d'un groupe important de personnes». Et il poursuit son constant en ces termes : « Assimiler un simple assassinat à un génocide ne peut que banaliser les plus grandes tragédies du 20ième siècle »<sup>25</sup>. D'après J. Hatzfeld : « le génocide : c'est l'idée de l'extermination d'un groupe qui définit précisément un génocide, et non pas du tout la sauvagerie, le nombre de morts ou la cruauté »<sup>26</sup>. En droit, un génocide se caractérise par l'intention d'un Etat d'exterminer un groupe de population, en raison de son ethnologie (...)<sup>27</sup>.

Enfin, R. Verdirier a montré qu'« en trois mois d'avril à juillet 1994, des Tutsi ont été tués en nombre au Rwanda et exterminés sur le modèle de la solution finale avec un effroyable nombre des victimes qui va jusqu'à plus d'un million de victimes »<sup>28</sup>. Enfin, l'épuration ethnique qui a été commise contre les Tutsi du Rwanda, c'est un génocide qui a été reconnu par la TPIY et l'ONU.

### **4.3 LE CRITERE SPECIFIQUE DU GENOCIDE COMMIS CONTRE LES TUTSI**

Le génocide commis contre les Tutsi a le critère spécifique du génocide. Ce critère consistait à détruire un groupe clairement identifié. Comme l'a expliqué, Claudine Vidal, devant la Mission d'enquête de l'Assemblée Nationale de France : « les Tutsis étaient définis par une carte d'identité délivrée par le pouvoir politique et ont été tués en tant que tels, ce qui permet l'analogie avec la situation des Juifs pendant la seconde guerre mondiale »<sup>29</sup>.

Les cartes d'identité étaient vérifiées, ceux appartenant à l'« ethnologie » tutsie ou en présentant les caractéristiques physiques communément admises ou ne pouvant présenter une carte d'identité avec la mention hutu ont été exécutés. De ce qui précède, M. Jean-Hervé Bradol confirmait que les tueries procédaient par les milices étaient sélectives. Il donna l'exemple de l'Hôpital des Saintes Familles où les blessés lui disaient « qu'il ne servait sans doute à rien de les soigner dans la mesure où les milices viendraient les embarquer pour les tuer parce qu'ils sont Tutsis »<sup>30</sup>.

Selon J. Hatzfeld le régime de Kigali d'alors avait soigneusement préparé le génocide : « Le génocide commis contre les Tutsi était l'aboutissement d'un long processus, exactement comme en Allemagne, avec des étapes cumulatives qui conduisaient à un génocide à un moment donné. Quand le feu vert était donné le 07 avril 1994, tout était prêt ; le génocide était déjà en ordre de marche depuis longtemps »<sup>31</sup>.

---

<sup>25</sup> C. Rioux, « Pas assez de morts, donc pas de génocide ? », in : *Le Devoir*, le 16 janvier 2008 <http://www.ledevoir.com/2008/01/16/171902.html>, consulté le 11 décembre 2015.

<sup>26</sup> L. de Vulpian, *op.cit.*, 2004, p. 63.

<sup>27</sup> *Ibid.* 2004, p. 97.

<sup>28</sup> R. Verdirier *et al*, *op. cit.*, p.67.

<sup>29</sup> Assemblée Nationale de France, *Enquête sur la tragédie rwandaise (1990-1994), rapport n° 1271 des Députés de France, T1, Paris, Librairies-Imprimeries Réunies, 1998.*

<sup>30</sup> Assemblée Nationale de France, *op.cit.*, 1998, p.278.

<sup>31</sup> *Ibid.*, 2004, p. 63.

Comme rien n'arrive au hasard, le génocide commis contre les Tutsi étaient très organisé et planifié, car les criminels tuaient posément, avec des horaires bien établis, tous les jours de la semaine<sup>32</sup>. Il a été perpétré d'une façon minutieuse qu'il paraît illogique de nier sa préparation. Puis que, selon J. Hartzfeld, « on sait que derrière tout génocide, il y a un plan concerté, une organisation et un objectif d'exterminer »<sup>33</sup>.

Le génocide commis contre les Tutsi était organisé et les tueurs étaient sérieusement entraînés, car selon Carl von Clausewitz « La simultanéité de la violence et l'ampleur des tueries attestent de leur planification de longue date », attendu que l'extermination des Tutsi pendant le génocide s'effectuait sur une durée de trois mois<sup>34</sup>, sans compter que les tueries ont pris une ampleur inégalée dans l'espace et dans le temps et ils étaient d'autant plus horribles, terrifiants et atroces<sup>35</sup>. Le génocide commis contre les Tutsi était perpétré par un Etat criminel à l'encontre de ses propres citoyens. La mise à mort des membres du groupe a été faite après que chacun des victimes ait été identifiée selon des critères dans le but de détruire un group visé c'est-à-dire les Tutsi<sup>36</sup>.

#### 4.4 L'INACTION DE LA COMMUNAUTE INTERNATIONALE FACE AU GENOCIDE

Le génocide commis contre les tutsi s'est déroulé du 7 avril au 04 juillet 1994. Durant cette période, la réaction de la Communauté Internationale n'a cessé d'être hésitante, donnant le champ libre aux génocidaires d'exécuter leur plan d'exterminer les Tutsi. Ce faisant, la Communauté Internationale porta une responsabilité lourde à cause de leur apathie qui a trop tardivement qualifié des tueries contre les Tutsi qui étaient en train de se dérouler au Rwanda, de génocide. Elle les a banalisés sous le terme de « *guerre tribale* ».

Jusqu'en 8 juin 1994, l'ONU évitait consciencieusement cette qualification juridique de génocide. Vu que, l'emploi du terme de génocide aurait obligé, en vertu de l'article II de la Convention des Nations Unies sur la prévention et la répression du crime de génocide de 1948, les organes compétents de l'ONU de prendre les mesures appropriées pour la prévention et la répression des actes de génocide. Cette attitude de l'ONU a été vivement critiquée, car la Communauté Internationale a laissé faire les tueries sans intervenir. Pire encore, quinze jours après le début du génocide, le 21 avril 1994, les membres du Conseil de sécurité estimèrent bien suffisant de réduire les effectifs de la MINUAR, par la résolution 912 de l'ONU, de 2 548 hommes à 270 personnes au lieu des 4 500 que réclamait le commandant de la MINUAR, le général canadien Roméo Dallaire, soit 10 % de ce qu'elle était sur le terrain et 5 % de ce qui avait été prévu initialement<sup>37</sup>.

La première réaction de la Communauté Internationale, au moment du déclenchement de génocide, les forces de l'ONU ont évacué les expatriés en « abandonnant aux Tueurs des centaines de familles tutsi accrochées aux portails de leurs ambassades. Et face à l'inaction des troupes de la MINUAR, le FPR a pris le devant pour aller sauver les Tutsi qui étaient encore en vie. En outre, les casques bleus belges de la MINUAR se sont retirés en pleine génocide en laissant les Tutsi entre les mains des génocidaires et quelques jours après la majeure partie du personnel onusien sont partis pour le Burundi. Ces départs relevaient d'un véritable abandon comme tel, à l'exemple de l'École Technique Officielle (ETO) de Kicukiro le 11 avril où 5 000 personnes périrent après le départ du contingent belge qui était censé protéger les Tutsi qui y étaient réfugiés<sup>38</sup>. Quant à la Communauté Internationale, ils continuèrent à s'opposer au renforcement des effectifs de la MINUAR tout en refusant à reconnaître le génocide. Par contre, les Associations Internationales de droits de l'Homme criaient à tue-tête que les Tutsi du Rwanda étaient en train d'être exterminés<sup>39</sup>.

La Communauté Internationale hésitait à reconnaître l'existence du génocide au Rwanda malgré les voix sans écho des associations internationales de droit de l'homme<sup>40</sup>. Selon B-S Françoise : « La diplomatie américaine veillait à ne pas prononcer le mot génocide qui obligerait les Etats-Unis à intervenir (...) ». De ce fait, R. Verdier critique amplement ceux qui

<sup>32</sup>. L. (de) Vulpian, 2004, *op.cit.*, p.64.

<sup>33</sup>. *Ibidem*.

<sup>34</sup>. J. H., Stanfield II, « Le point sur la société rwandaise après le génocide. Trousse de ressource de base », in : <http://www.csc-scc.gc.ca/text/rj/rj2012/kittrousse/jhs-fra.shtml>, consulté le 11 décembre 2015.

<sup>35</sup>. R. Verdier et al, *op.cit.*, 1995, p. 67.

<sup>36</sup>. V. Raymond (sous la dir. de), *Rwanda. U génocide du XXe siècle*, Paris, Karthala, 1995, p.137.

<sup>37</sup>. Gilles Rahier, *Dossier sur les génocides et massacres génocidaires pour l'ASBL « Les Territoires de la Mémoire »*, mars 2007, P.25

<sup>38</sup>. <http://www.voltairenet.org/article8225.html>, consulté le 19 janvier 2016.

<sup>39</sup>. R. Verdier et al, *op.cit.*, 1995, p.67.

<sup>40</sup> *Ibidem*.

niés l'existence du génocide et surtout le tourné en dérisoire, banalisé<sup>41</sup>. Bien plus, selon le Général Roméo Dallaire, commandant la force de la Mission des Nations-Unies d'Assistance au Rwanda (MINUAR) : « Le monde ne voulait rien savoir du Rwanda. Les Rwandais ne comptent pas dans les enceintes où les grands de ce monde prennent les décisions. Chacun se souvient de la centaine de morts, victimes d'un bombardement, sur le marché de Sarajevo. Mais les Tutsi qui sont en train d'être exterminés sont presque oubliés aujourd'hui. (...). Il y a ceux qui comptent : les Yougoslaves blancs, européens, et ceux qui ne comptent pas : les Noirs en plein cœur de l'Afrique »<sup>42</sup>. De ce qui précède, R. Verdier a fait ce constat : « Avant le génocide, sa préparation est dissimulée ; pendant le génocide, sa réalité est démentie ; après le génocide sa nature même est niée »<sup>43</sup>. De cette raison D. France parla « **des voleurs de deuil, ceux qui ont nié le génocide alors que les cadavres n'étaient pas encore froids** »<sup>44</sup>.

Enfin, c'est plus tard entre les 11 et 12 mai 1994 que le Commissaire de l'ONU aux droits de l'homme employa le terme de génocide pour qualifier les crimes qui étaient en train de se dérouler au Rwanda depuis le 07 avril. La Communauté Internationale ne pouvait plus reculer de sorte que la plupart des membres du Conseil de sécurité, en particulier des USA, qui refusait de parler de génocide, brusquement le Conseil de sécurité se ravise et décide (résolution 918) de voter pour une MINUAR II renforcée d'un effectif de 5500 hommes qui devrait entrer en action vers le 22 août 1994<sup>45</sup>. Devant la réticence américaine, la France demanda l'autorisation de lancer ce qu'elle appelait opération Turquoise. Sur ce, la France voulut sauver le Gouvernement Intérimaire (le Gouvernement de Kambanda) qui était en fuite en l'ex-Zaïre actuelle RDC et créa une zone que le FPR était interdit d'affranchir : au sud-ouest du Rwanda.

#### **4.5 LE GENOCIDE COMMIS CONTRE LES TUTSI RECONNUS PAR L'ONU**

Pour qu'un génocide soit reconnu par l'ONU, il a fallu montrer des preuves irréfutables qu'il s'agit du crime de génocide et non pas des crimes de guerre ou des crimes contre l'humanité. Sur ce, en juillet 1994, le Conseil de Sécurité a adopté une résolution demandant à son Secrétaire Général de créer un Groupe Spécial de trois experts chargé d'enquêter au Rwanda sur les violations graves du droit international humanitaire au Rwanda depuis le 6 avril. Cette Commission devait réunir pour l'ONU, au plus tard le 30 novembre 1994, les preuves sur ces violations et sur la perpétration éventuelle du crime de génocide, dans son rapport préliminaire du 30 septembre 1994 (S/1994/1125)<sup>46</sup>. A leur arrivée à Kigali, les trois experts ne parlent pas de génocide mais de massacres inter-ethniques. Comme, en Septembre 1994, le Rwanda était encore un gigantesque Cimetière à ciel ouvert où les chiens se repaissaient de chair humaine, ils ont rentré à New-York (tout en étant) convaincus du génocide<sup>47</sup>.

Après un examen approfondi du document, la Commission d'experts a conclu à l'existence de preuves accablantes attestant que des actes de génocide ont été commis à l'encontre du groupe tutsi par des éléments hutu agissant de manière concertée, planifiée, systématique et méthodique. Elle a montré que des preuves abondantes attestent les exterminations massives perpétrées par les Hutu contre les Tutsi, constituent un génocide au sens de l'article II de la Convention pour la prévention et la répression du crime de génocide du 9 décembre 1948<sup>48</sup>.

Ce faisant, le rapport de la Commission de l'ONU avait confirmé le caractère « téléguidé » des tueries, en attestant une intention délibérée de s'en prendre à une ethnie déterminée<sup>49</sup>. Le même rapport donne un exemple : « Les victimes étaient essentiellement les Tutsi, par familles entières, hommes, femmes, enfants »<sup>50</sup>.

---

<sup>41</sup> Ibidem.

<sup>42</sup> R. Dallaire, « Génocide au Rwanda : le général Dallaire accuse », in : *Le Monde/International*, 18 février 2004, p. 4.

<sup>43</sup> R. Verdier et al., *op.cit.*, 1995, p.67.

<sup>44</sup> Ibidem.

<sup>45</sup> Gilles Rahier, *Dossier sur les génocides et massacres génocidaires pour l'ASBL « Les Territoires de la Mémoire »*, mars 2007, P.25

<sup>46</sup> Nations Unies, *Rapport préliminaire de la Commission d'experts indépendants établie conformément à la résolution 935 (1994) du Conseil de sécurité*, doc. S/ 1194/1125, 4 octobre 1994, pp.31-32.

<sup>47</sup> Ibidem.

<sup>48</sup> Nations Unies, *op.cit.*, 4 octobre 1994, pp.31-32.

<sup>49</sup> Ibidem.

<sup>50</sup> Ibidem.

#### 4.6 L'INSTAURATION DU TRIBUNAL PENAL INTERNATIONAL POUR LE RWANDA

Le Tribunal Pénal International pour le Rwanda a été installé le 8 novembre 1994 par le Conseil de sécurité des nations unies pour juger les génocidaires et toutes les catégories de criminels. La création de ce Tribunal a été l'une des choses qui confirmés le de génocide commis contre les Tutsi au Rwanda en 1994<sup>51</sup>.

Après le génocide perpétré contre les Tutsi en juillet 1994, la réaction internationale s'organisait d'abord au niveau de la Commission des droits de l'homme, qui avait tenu une session extraordinaire du 24 au 25 mai 1995. La Commission adopta la résolution S-3/1 qui recommandait à son Président de désigner un rapporteur spécial chargé d'enquêter sur la situation des droits de l'homme au Rwanda et de faire un rapport à l'Assemblée Générale, au Conseil de sécurité.

Dans son rapport préliminaire du 28 juin 1994 (E/CN.4/1995/7), le Rapporteur spécial de la Commission recommanda, pour des raisons pratiques liées à l'utilisation des ressources et à la cohésion jurisprudentielle de : « élargir la compétence du Tribunal pénal *ad hoc* pour le Rwanda ou l'extension de la juridiction du Tribunal Pénal International pour l'ex-Yougoslavie (La Haye) aux crimes perpétrés au Rwanda<sup>52</sup>. Finalement, le Conseil Sécurité avait retenu une solution transactionnelle en décidant de créer un tribunal *ad hoc* pour le Rwanda qui devait utiliser aussi une partie du dispositif mis en place par le Tribunal pour l'ex-Yougoslavie, comme le Procureur et la Chambre d'appel. De là, ce Tribunal et les juridictions nationales devaient avoir une compétence concurrente pour poursuivre les génocidaires.

C'est dans cette circonstance que le TPIR a été créé en novembre 1994 par le Conseil de sécurité de l'ONU. Son siège était à Arusha, en Tanzanie. Il était chargé des dossiers concernant des génocidaires recherchés pour génocide commis contre les Tutsi. Il a rendu son premier verdict sur les crimes de génocide commis contre les Tutsi au Rwanda le 2 septembre 1998, contre l'ancien maire de Taba, M. Akayesu. Il était aussi le premier à être reconnu coupable de génocide selon la définition de cette qualification pénale de 1948.

Néanmoins, selon E. David, la Communauté Internationale avait décidé d'instaurer le TPIR, après son impuissance et lâcheté devant le génocide qu'elle aurait pu stopper. Cela fait partie de son originalité : « Le génocide perpétré contre les Tutsi n'est donc pas un génocide comme les autres, car c'est le seul génocide qu'on s'est abstenu d'empêcher alors qu'on avait le droit, l'obligation et les moyens d'y mettre un terme »<sup>53</sup>. Malgré la mise en place de ce Tribunal pour juger les génocidaires, un rescapé du génocide se demanda : Quel jugement peux-tu bénéficier pour me faire oublier ce que j'ai vu au cours du génocide ? : « Dans quel pays aller pour ne plus voir les visages de ceux qui nous ont détruit ? »<sup>54</sup>. Qui était-on lorsque plus personne ne savait qui nous étiez : le mari/la femme de ..., le fils/la fille de ..., le père/la mère de ... ?

Enfin, E. David a fait ce constat, « En établissant le Tribunal pour le Rwanda (TPIR) un an après son homologue pour les faits commis sur le territoire de l'ex-Yougoslavie (TPIY), le Conseil de Sécurité a sans doute voulu réparer ce que son incroyable passivité avait permis. C'est mieux que rien<sup>55</sup>. Certes, la justice ne ramènera personne à la vie ; aucun jugement n'effacera les souffrances endurées par ceux qui ont voulu fuir, ont été rattrapés, ont pu sentir la haine de leurs tortionnaires qui étaient parfois leurs voisins, lire dans leurs yeux ce désir de mort, et connaître la panique de l'incertitude, ou de la certitude, du sort qui allait leur être réservé avant d'être effectivement, dans le meilleur des cas, simplement tués, dans le pire, violés, torturés, amputés, étouffés, brûlés ou enterrés vivants. Un jugement peut-il réparer cela ? Partiellement peut-être. Pas davantage »<sup>56</sup>.

## 5 CONCLUSION

Toute une saison de tuerie, d'avril à juillet 1994, a fait plus d'un million de victimes et le choix des cibles était très claire dans ces tueries : c'était les Tutsi, car ils étaient visés comme tel. Ils étaient tués parce qu'ils étaient Tutsi, et dans le but de

<sup>51</sup>. Gilles Rahier, *Dossier sur les génocides et massacres génocidaires pour l'ASBL « Les Territoires de la Mémoire », mars 2007, P.17.*

<sup>52</sup>. Nations Unis, *op.cit*, 4 octobre 1994, p.32.

<sup>53</sup>. C David et al, *Tribunal pénal international pour le Rwanda. Recueil des ordonnances, décisions et arrêts, 1995-1997, Bruxelles, Buylant, 2000, p. IX.*

<sup>54</sup>. N. Munyendamutsa, « Réparation psycho-sociale pour les survivants », in : *Colloque Européen « Le génocide des Tutsi au Rwanda, 20 ans après. Bilan et perspectives », disponible au site web : in : <http://ibuka.be/colloque-europeen-le-genocide-des-tutsi-au-rwanda-20-ans-apres-bilan-et-perspectives/>, consulté le 18 septembre 2015.*

<sup>55</sup>. C. David et al, *op. cit*, 2000, p. XI.

<sup>56</sup>. *Ibidem*

les exterminer tous<sup>57</sup>. Le génocide a été planifié et exécutées par l'Etat criminel du régime de Habyarimana. Face au génocide commis contre les Tutsi, la Communauté Internationale a montré sa défaillance face alors qu'elle devait les protéger.

Pour que le génocide commis contre les tutsi soit reconnu par l'ONU, le rapport de la Commission d'enquête avait confirmé le caractère « téléguidé » des tueries contre les Tutsi. Il a certifié une « intention délibérée de s'en prendre à une ethnie déterminée ». La responsabilité du chef de l'Etat et de son entourage immédiat était lourdement engagée<sup>58</sup>. Pour conclure, R. Verdier a relaté : « Tous ces morts sans sépultures étaient là pour accuser le plus vaste programme d'anéantissement de l'histoire de l'humanité »<sup>59</sup>.

---

<sup>57</sup> . <http://www.voltairenet.org/article8225.html>, consulté le 19 janvier 2016.

<sup>58</sup> . A. Guichaoua (sous la dir.), 1995, *op.cit.*, p.269-270.

<sup>59</sup> R. Verdier et al., *op.cit.*, 1995, p.140.

## REFERENCES

- [1] Assemblée Nationale de France, *Enquête sur la tragédie rwandaise (1990-1994)*, rapport n° 1271 des Députés de France, T1, Paris, Librairies-Imprimeries Réunies, 1998.
- [2] G. Rahier, *Dossier sur les génocides et massacres génocidaires pour l'ASBL « Les Territoires de la Mémoire »*, mars 2007.
- [3] Nations Unis, *Rapport préliminaire de la Commission d'experts indépendants établie conformément à la résolution 935 (1994) du Conseil de sécurité*, doc. S/ 1194/1125, 4 octobre 1994.
- [4] *Rapport de Human Rights Watch*, avril-mai 1994.
- [5] *Rapport du 15 décembre 1998 de la Commission d'enquête parlementaire française sur les opérations militaires au Rwanda entre 1990 et 1994*.
- [6] A. Dextexhe, *Rwanda : essai sur le génocide*, Paris, Ed. complexe, 1994.
- [7] A. Guichaoua (sous la dir.), *Les crises politiques au Burundi et au Rwanda (1993-1994)*, 2<sup>e</sup> édit., Paris, Karthala, 1995.
- [8] A. Ling et G. Oosthuizen, *Guide sur le droit pénal international pour les professionnels du droit rwandais*, Service de droit pénal international, février 2010.
- [9] David C. et al, *Tribunal pénal international pour le Rwanda. Recueil des ordonnances, décisions et arrêts, 1995-1997*, Bruxelles, Buylant. 2000.
- [10] C. Braeckman, *Rwanda, histoire d'un génocide*, Paris, Fayard.1994.
- [11] D. Franche, *Rwanda, Généalogie d'un génocide, décisions et arrêts, 1995-1997*, Paris, Mille et une nuit. 1997
- [12] E. Pierre, *Rwanda 1994. Clés pour comprendre le calvaire d'un peuple*, Paris, L'Harmattan, 1994.
- [13] J. Semujanga, *Récits fondateurs du drame rwandais. Discours social, idéologie et stéréotypes*, Paris, L'Harmattan, 1998.
- [14] L. de Vulpian, *Rwanda. Un génocide oublié ? Un procès pour mémoire*, Bruxelles, Edit. Complexe, 2004.
- [15] R. Houzel, *Rwanda (1993-1997)*, Paris, Ed. Montchretien, 1997.
- [16] R. VERDIER et al., *Rwanda. Un génocide du XXe siècle*, Paris, L'Harmattan, 1995.
- [17] V. Raymond (sous la dir. De), *RWANDA. U génocide du XXe siècle*, Paris, Karthala, 1995.
- [18] Vade-Mecum, *Le crime de génocide et crimes contre l'humanité devant les juridictions ordinaires du Rwanda*, Kigali, Imprimerie de Kigali, 2004.
- [19] R. VERDIER et al., *Rwanda. Un génocide du XXe siècle*, Paris, L'Harmattan, 1995.
- [20] *Article 29 du statut de Rome de la CPI*
- [21] C. Braeckman, « *Autopsie d'un génocide planifié au Rwanda* », in : *Le Monde Diplomatique*, Mars 1995
- [22] C. Braeckman, « *Rwanda, retour sur un aveuglement international* », in : *Le Monde Diplomatique*, Mars 2004
- [23] F. Misser, « *Rwanda : médias et génocide* », in : *Le Monde Diplomatique*, Août 1994
- [24] Hervé Deguine et Robert Ménard, « *Les extrémistes de "Radio Machette"* », in : *Le Monde Diplomatique*, Mars 1995.
- [25] J.P Gouteux, « *Implication française dans le dernier génocide du siècle* », in : *La nuit rwandaise*, Paris, L'esprit frappeur, n°109, 2002.
- [26] P. Leymarie, « *Maudits soient les yeux fermés...* », in : *Le Monde Diplomatique*, Février 1996.
- [27] R. Dallaire « *Rwanda. Les cauchemars d'un Général* », in : *le Monde/Horizons*, 9 décembre 2004, p.13.
- [28] SEMELIN J., « *Du massacre au processus génocidaire* », in : *Revue Internationale des sciences sociales*, décembre 2002, n° 174, p. 486
- [29] C. Rioux, « *Pas assez de morts, donc pas de génocide ?* », in : *Le Devoir*, le 16 janvier 2008, <http://www.ledevoir.com/2008/01/16/171902.html>, consulté le 11 décembre 2015.
- [30] « *Le drame de l'ETO (École Technique Officielle des Pères Salésiens de Don Bosco)* », *Archives/6 décembre 1997 du Sénat de Belgique*, disponible au site web : <http://www.voltairenet.org/article8225.html>, consulté le 19 janvier 2016
- [31] [http://www.herodote.net/1941\\_1945-synthese-76.php](http://www.herodote.net/1941_1945-synthese-76.php), consulté le 08 mai 2015
- [32] [http://www.memoireonline.com/09/07/616/m\\_faillite-onu-genocide-tutsi-rwanda-causes-echec5.html](http://www.memoireonline.com/09/07/616/m_faillite-onu-genocide-tutsi-rwanda-causes-echec5.html), consulté le 16 décembre 2015.
- [33] <http://www.topie.org/Dictionnaire/Genocide.htm>, consulté le 14 novembre 2015
- [34] <http://www.trial-ch.org/fr/ressources/droit-international/definition-des-crimes.html>, consulté le 22 décembre 2015
- [35] <http://www.un.org/press/fr/2005/AG10330.doc.htm>, consulté le 16 décembre 2015.
- [36] <http://www.voltairenet.org/article8225.html>, consulté le 19 janvier 2016
- [37] <http://www.zombiemedia.org/spip.php?article242>, consulté le 16 décembre 2015.
- [38] J. H. Stanfield II, « *Le point sur la société rwandaise après le génocide. Trousse de ressource de base* », in : (<http://www.csc-scc.gc.ca/text/rj/rj2012/kittrousse/jhs-fra.shtml>), consulté le 11 décembre 2015.
- [39] N. Munyendamutsa, « *Réparation psycho-sociale pour les survivants* », in : *Colloque Européen : Le génocide des Tutsi au Rwanda, 20 ans après. Bilan et perspectives*, disponible au site web : <http://ibuka.be/colloque-europeen-le-genocide-des-tutsi-au-rwanda-20-ans-apres-bilan-et-perspectives/>, consulté le 18 septembre 2015.

## An Innovative approach of EM Algorithm for Restoration of Noisy Video Frame Images in a Video Sequence

A. Shenbagarajan<sup>1</sup>, P. Elamparithi<sup>1</sup>, and C. Karuppasamy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of CSE, AAA College of Engineering & Technology, Sivakasi, Tamilnadu India

<sup>2</sup>Department of EEE, AAA College of Engineering & Technology, Sivakasi, Tamilnadu India

Copyright © 2016 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:** In this paper, the method was proposed a solution for the problem of an image inpainting method for missing parts or corrupted by noise of a video sequence recorded by a moving or stationary camera. The region to be inpainted may be still or moving, in the background or in the foreground, it may occlude one object or may be occluded by some other objects. This method was approached by a simple preprocessing stage and two steps of video inpainting. In the preprocessing stage, the corrupted video sequence images is extracted into multiple frames, then roughly segment each frame into foreground and background using Expectation Maximization algorithm. In segmentation, it builds three image mosaics that help to produce time consistent results and also improve the performance of the algorithm by reducing the search space. In the first video inpainting step, it reconstructs the corrupted video images of the moving objects in the foreground that are occluded. At the end of this first video inpainting, fill the gap as much as possible by copying information from the moving foreground in other frames, using a priority-based scheme. In the second step, the remaining regions are inpainted with the background. To accomplish this, first align the frames and directly copy when possible. The remaining pixels are filled in by extending spatial texture synthesis techniques to the spatiotemporal domain. This proposed framework has several advantages such as, it is simple to implement, fast and does not require statistical models of background or foreground. Works well in the presence of rich and cluttered backgrounds.

**KEYWORDS:** Camera motion, Expectation-Maximization (EM), optical flow, texture synthesis, video inpainting, digital image, Partial Differential Equations (PDEs), video sequence, blurring operator, space variant.

### 1 INTRODUCTION

Image Restoration is the process of obtaining the original image from the degraded image given the knowledge of the degrading factors. There are a variety of reasons that could cause degradation of an image and image restoration is one of the key fields in today's digital image processing due to wide area of application. Commonly occurring degradations include blurring, motion and noise. [1]The general model for image degradation phenomenon is given as  $y = Hf + n$ , where  $y$  is the observed blurred and noisy image,  $f$  is the original image,  $n$  is additive random noise and  $H$  is the blurring operator. The main objective is to estimate the original image from the observed degraded image. Whatever the degraded process, image distortions can fall into two categories, namely, spatially invariant or space invariant and spatially variant or space variant. [3]In a space invariant distortion all pixels have suffered the same form of distortion. This is generally caused by problems with the imaging system such as distortions in optical system, global lack of focus, or camera motion. In a space variant distortion, the degradation suffered by a pixel in the image depends upon its location in the image. This can be caused by internal factors, such as distortions in the optical system, or by external factors, such as object motion.

The problem of automatic video restoration in general and automatic object removal and modification in particular, is beginning to attract the attention of many researchers. This proposed method is able to inpaint objects that move in any fashion but do not change size. A number of algorithms for automatic still image completion have been proposed to restore

the video sequence corrupted or occluded images, but these cannot be generalized in a straightforward manner to address the problem of the given video sequences to be restored. [5] There has also been some preliminary work on frame-by-frame Partial Differential Equations (PDEs) based video inpainting. The PDE is applied spatially and completes the video frame-by-frame. This does not take into account the temporal information that a video provides and its application is thereby limited. Also, the PDEs based methods interpolate edges in a smooth manner, but temporal edges are often more abrupt than spatial edges. [2] In spacetime completion of damaged areas in a video sequence paper, they proposed the problem of video completion as a global optimization problem, which is inherently computationally very expensive. The work extends to space time the pioneering technique of nonparametric sampling developed for still images by [4] Efros and Leung in the "Texture synthesis by non-parametric Sampling". This implies the assumption that objects move in a periodic manner and also they do not significantly change scale, because otherwise the "copy and paste" approach of this "Texture Synthesis by non parametric sampling" would fail. Although the results are good, they suffer from several shortcomings. Only low-resolution videos are shown and over smoothing are often observed. This is due in part to the fact that pixels are synthesized by a weighted average of the best candidates and this averaging produces blurring. Also, the camera is always static in all the examples in that study. Though the reason for this is not discussed, it is probably due to the fact that the authors use a very simple motion estimation procedure involving the temporal derivative. [9] An interesting probabilistic video modeling technique has been proposed in video epitomes, with application to video inpainting. Epitomes as patch based probability models that are learnt by compiling together a large number of examples of patches from input images. These epitomes are used to synthesize data in the areas of video damage or object removal.

**Key contribution:** Our approach is fundamentally related to the nonparametric sampling method proposed in "Texture Synthesis by non-parametric sampling" for the problem of 2-D texture synthesis. [6] [7] This method was further improved upon by using a priority and confidence based synthesis in "Region filling and object removal by exemplar-based inpainting", [10] This technique was adapted and extended for video inpainting for the static camera case in "Video inpainting of occluding and occluded objects", This proposed method introduced foreground, background and optical-flow mosaics, which not only help to produce good quality results, but also reduce the search space and lead to a faster implementation. Although the copy and synthesis components of the proposed framework are basically 2-D, the whole search and metric distances fully exploit the spatiotemporal.

## 2 MATERIAL AND METHODS

Our proposed method consists of three stages preprocessing, motion inpainting and background filling. This method needs several assumptions on the kind of video sequences that are able to restore. As mentioned below, these assumptions are implicitly or explicitly shared by most state of the art works on the subject, often in an even more restrictive fashion. These assumptions are used to compute a rough motion confidence mask "Mc" for each frame by comparing it with the following frame using block-matching. In preprocessing, the given video sequence is segmented into background and moving foreground, then Using Expectation maximization algorithm the background was subtracted. Video inpainting consists of motion inpainting and foreground inpainting. At end of this method perform background filling to restore the original video sequence. The Block diagram of this method was shown in Fig. 1. This study consists of the following methods:

- Basic assumptions
- Preprocessing
- Motion Inpainting
- Background filling

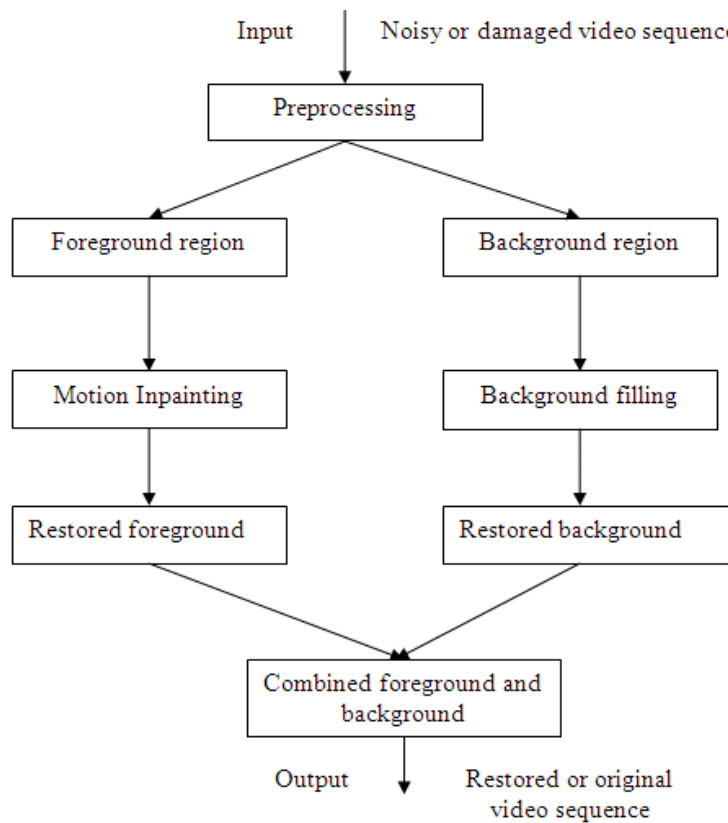


Fig. 1: Block diagram of the proposed method

**Basic assumptions:** The following are the basic assumptions made to restore the video sequence:

- The scene essentially consists of stationary background with some moving foreground
- Camera motion is approximately parallel to the plane of image projection. This restriction ensures that background objects will not (significantly) change size, allowing for texture synthesis in the spirit, which cannot deal with changes in size nor perspective
- Moving objects do not significantly change size. Again, this restriction is imposed by the use of the non-parametric texture synthesis. This constraint can be removed by using a multi-scale matching algorithm which can address the change in size when the object moves away from or towards the camera
- Foreground objects move in a repetitive fashion. In order to recover occluded or damaged foreground and without the use of probabilistic models or libraries, the vital information must be present in the video itself. Hence this “periodicity” assumption

All the examples in this study are taken with a hand-held camera, thereby complying with these assumptions only partially, while still producing very satisfactory results.

**Preprocessing:** In this method the first stage is doing some processing over the given video sequence before applying to the video inpainting process. The simple assumptions allow us to compute a rough motion confidence mask “Mc” for each frame just by comparing it with the following frame using block-matching. The preprocessing steps are given below:

- Step 1: Segment each frame into static background and moving foreground.
- Step 2: Background Subtraction.

Identifying moving objects from a video sequence is a fundamental and critical task in many computer-vision applications. A common approach is to perform background subtraction, which identifies moving objects from the portion of a video frame that differs significantly from a background model. Background Subtraction done by Expectation-Maximization (EM) algorithm. It will separate the video into background and foreground.

**Expectation Maximization (EM) algorithm:** EM algorithm is used in statistics for finding maximum likelihood estimates of parameters in probabilistic models, where the model depends on unobserved latent variables. EM alternates between

performing an Expectation (E) step, which computes an expectation of the likelihood by including the latent variables as if they were observed and Maximization (M) step, which computes the maximum likelihood estimates of the parameters by maximizing the expected likelihood found on the E step. The parameters found on the M step are then used to begin another E step and the process is repeated.

Let the observed variables be known as  $y$  and the latent variables as  $z$ . Together,  $y$  and  $z$  form the complete data. Assume that  $p$  is a joint model of the complete data with parameters  $\theta$ :  $p(y, z | \theta)$ . An EM algorithm will then iteratively improve an initial estimate  $\theta_0$  and construct new estimates  $\theta_1$  through  $\theta_N$ . An individual re-estimation step that derives  $\theta_{n+1}$  from  $\theta_n$  takes the following form (shown for the discrete case; the continuous case is similar):

$$\theta_{n+1} = \arg \max_{\theta} \sum_z p(z | y, \theta_n) \log p(y, z | \theta)$$

In other words,  $\theta_{n+1}$  is the value that Maximizes (M) the Expectation (E) of the complete data log-likelihood with respect to the conditional distribution of the latent data under the previous parameter value. This expectation is usually denoted as  $Q(\theta)$ :

$$Q(\theta) = \sum_z p(z | y, \theta_n) \log p(y, z | \theta)$$

Speaking of an Expectation (E) step is a bit of a misnomer. What is calculated in the first step are the fixed, data-dependent parameters of the function  $Q$ . Once the parameters of  $Q$  are known, it is fully determined and is Maximized in the second (M) step of an EM algorithm. It can be shown that EM iteration does not decrease the observed data likelihood function and that the only stationary points of the iteration are the stationary points of the observed data likelihood function. In practice, this means that an EM algorithm will converge to a local maximum of the observed data likelihood function. EM is particularly useful when maximum likelihood estimation of a complete data model is easy. If closed-form estimators exist, the M step is often trivial. A classic example is maximum likelihood estimation of a finite mixture of Gaussians, where each component of the mixture can be estimated trivially if the mixing distribution is known. "Expectation-maximization" is a description of a class of related algorithms, not a specific algorithm; EM is a recipe or meta-algorithm which is used to devise particular algorithms. The Baum-Welch algorithm is an example of an EM algorithm applied to hidden Markov models. Another example is the EM algorithm for fitting a mixture density model. An EM algorithm can also find Maximum A Posteriori (MAP) estimates, by performing MAP estimation in the M step, rather than maximum likelihood. There are other methods for finding maximum likelihood estimates, such as gradient descent, conjugate gradients or variations of the Gauss-Newton method. Unlike EM, such methods typically require the evaluation of first and/or second derivatives of the likelihood function.

**Mosaic:** A Mosaic is a panoramic image obtained by stitching a number of frames together. In the pre-processing stage this method build three mosaics: a background mosaic, a foreground mosaic and an optical flow mosaic. The computation of motion confidence mask "Mc" gives us a segmentation of the sequence into foreground and background layers, as well as a good estimate of the camera shift for each frame. The optical flow mosaic, which contains data, used for the Sum of Squared Difference (SSD) computations as shown below, this method use a 2-channel image to store the horizontal and vertical components of the residual optical flow, that is, the motion vectors from which subtracted the camera shift. In Fig. 2 shows the color coding to represent the direction of this 2D vectors: green tones indicate horizontal motion and red tones indicate vertical motion.

**Motion inpainting:** This consists of two stages to inpaint the damaged frame (i) Motion inpainting (ii) foreground filling, The following steps describe the motion inpainting process.

**Step 1: Finding the highest priority pixel:** For any given pixel  $P$ , its priority  $Pr(P)$  is the product of two terms: a confidence term  $C(P)$  and a data term  $D(P)$ :  $Pr(P) = C(P)D(P)$ . The confidence term  $C(P)$  is proportional to the number of undamaged and reliable pixels surrounding  $P$ . The data term  $D(P)$  is high if there is an image edge arriving at  $P$ .

It is important to note that data from the mosaics is not used to fill-in the damaged frames. The mosaics are only used to search for the "candidate-undamaged-frames", from where the information copy into the damaged frames:

$$D(k) = \frac{|(\nabla M_c \perp)_{k,nk}|}{\alpha}$$

Where:

$\alpha$  = A normalizing constant (usually 255)

$nk$  = The normal to the hole-boundary. The inner product of the rotated gradient of  $M_c$ ,  $(\nabla M_c \perp)$  and the normal

$nk$  = Computed using central differences

**Step 2: To calculate candidate frame:** Candidate frames, i.e., a small subset of frames where the information will look for the best match. This “initial guess search” is implemented using the following steps:

- In the current damaged frame under consideration, find the highest priority location P and its surrounding patch  $\psi_p$
- Using the already available camera shifts are computed during the pre-processing step, find the corresponding location Pm for P and also its surrounding patch ( $\psi_p$ ) in the foreground mosaic
- Using ( $\psi_p$ ) as a template perform a search in the foreground mosaic to find the matching patch (es) ( $\psi_p$ ...)
- Now, using the camera shifts and the motion confidence masks for each frame, identify the frames that have motion at the location corresponding to the mosaic area specified by the matching patch (es) ( $\psi_p$ ...) These frames are the candidate frames for searching a matching patch for the highest priority location P in the current frame

**Copying:** Candidate frame be found, then the main process of inpainting can be perform, Then search each candidate frame for a best matching patch  $\psi_{qm}$ , the patch with minimum distance to our target patch ( $\psi_p$ ) Once the matching patch  $\psi_q$  is found, instead of fully copying it onto the target  $\psi_p$ , then do the following. Look at Mc( motion confidence mask)and copy from  $\psi_q$  only the pixels that correspond to the moving foreground. The remaining unfilled pixels of ( $\psi_p$ ) must correspond to the background, so don't want to fill them at this Motion Inpainting stage. For this reason we mark them to have zero priority (i.e., “disable” them from any future motion-filling-in).

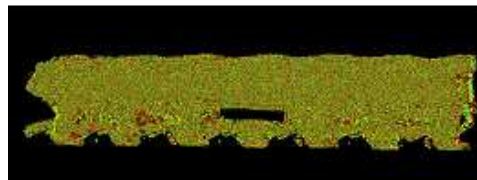


Fig. 2: optical flow mosaic

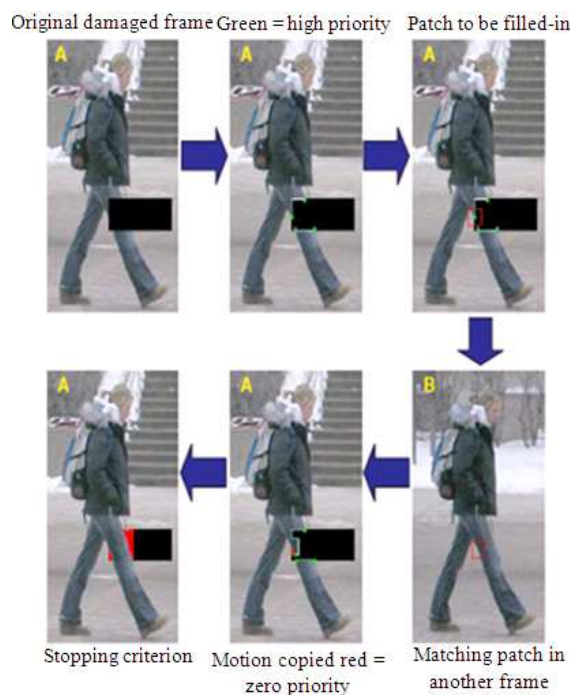


Fig. 3: Motion inpainting

The separation of background and foreground is essential if the background is rich and inhomogeneous. If copied the whole patch  $\psi_q$  instead of only its foreground pixels, it would be assuming that whenever foreground matches foreground, their surrounding background matches as well. Such an assumption would imply that the background is more or less the same all along the trajectory of the moving foreground object(s).

**Update:** After inpainting  $\psi_p$ , the Mc values at  $\psi_p$  are updated to the Mc values at  $\psi_q$ . Next update the confidence  $C(p)$  at each newly inpainted pixel as follows:

$$C(p) = \frac{\sum_{q \in \psi_p \cap (Mc \setminus \Omega)} C(q)}{|\psi_p|}$$

Where:

$\psi_p$  = The area of the patch

$\Omega$  = The region of inpainting

The Fig. 3 shows the motion inpainting schemes, in fig Green dots indicate highest priority, Red squares indicate the patch to be inpainted (frame A) and the corresponding best match (frame B). Areas filled with red are constrained to have zero priority.

**Foreground inpainting:** In this foreground inpainting, repeat the above steps (find candidate frame, copying and update) until all the pixels in the inpainting area are either filled-in or have zero priority for motion inpainting (i.e., are “disabled” as explained above). This is precisely our indication that moving objects have been fully inpainted in the current frame. Now repeat this process for all the frames that require motion inpainting. This gives us a sequence with only moving objects filled-in and the rest of the missing region needs to be filled-in with background.

**Background filling:** After finished the stage of Motion Inpainting, this method enter the stage where inpaint the background. To accomplish this first align the frames and directly copy whenever possible, while the remaining pixels are filled-in by extending spatial texture synthesis techniques.

**Texture synthesis:** In image processing, every digital image composed of repeated elements is called texture. Texture Synthesis here comes to help restore these larger regions of damage. The inpainting algorithm is still valuable since it performs quite well for small scratches and runs relatively fast. The texture synthesis method comes with extra overhead and runs in time proportional to the size of the image (not the mask). It is, however, categorically better in just about all tests tried (with inpainting performing better in only rather artificial setups designed to highlight its abilities The algorithm can effectively be broken into 2 stages:

- Calculating the information content of pixels in relation to neighboring pixels (pixels will be chosen based on this weighting)
- Finding a pixel with matching neighbors by evaluating some distance measure

This algorithm goes like this, while there exist undetermined pixels:

- Choose the highest priority one based on weighting in calculating the information content of pixels in relation to neighboring pixels
- Choose the closest approximation by distance measure in finding a pixel with matching neighbors by evaluating some distance measure
- Color the pixel and update the weightings of neighbors

**Calculating weighting:** The first stage of the repair process (which incurs the time proportional to image size cost) loops through all offsets of a pixel within some set radius. For each offset, loop through all possible base pixels (pixels we’re looking at the offsets for-entire image minus some radius sized boundary) and look at the most significant bits of that base pixel. The most significant bits from each channel (for example, RGB) are grouped together so that it can consider them together. Then decide to split the distribution of pixel values at the offset pixels into partitions based on the most significant bits of the base pixel. How many partitions to create is decided using some information theory justification. First, guess that the distribution is unimodal, then want to find the number of bins that would allow us to encode the pixel value distribution using the least number of bits. This corresponds to choosing a high information content for the pixels in relation to their neighbors. Once this number of partitions is calculated, it can assign weightings based on the information content of an offset pixel and normalize to reduce the reproduction of the same highly weighted pixels.

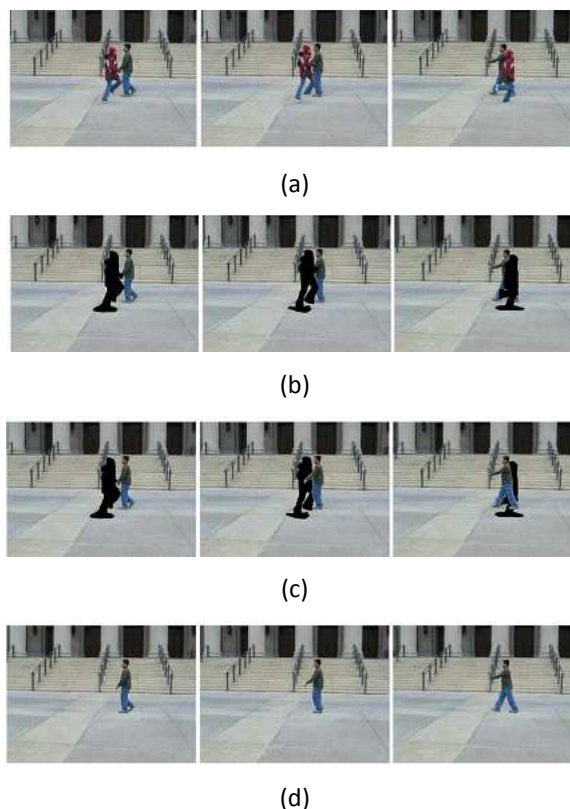
**Choosing a match:** The distance function is simply the sum of the absolute value of differences in each channel. So the neighborhood of known pixels around a base pixel is compared (using any searching) against other neighborhoods to choose a match. The distance function is subject to various weighting parameters as well. A random channel is also used to add some seeming non-determinism to the process.

[Distance is measure  $d$  (2nd step of the algorithm), Sum up flows from neighboring pixels, weighting each term with the strength of flow (found by taking dot product of flow direction with neighbor vector)]. Then, after the sum is found, force each neighbor pixel to be that averaged color achieved from the mixture of all incoming flows. That way a pixel would have

to be pretty whatever that color is. Unfortunately, this method allows noise or single pixels that differ by a lot to dominate the process, getting copied multiple times as the flow progresses. So these distinct pixels get too great a share. In the inpainting algorithm, the anisotropic diffusion mitigated this. Considered input with high resolution video sequence with multiple frames.

### 3 DISCUSSION

In this study, the expected result is restore the damaged video frames. In edge based Image restoration approach the restoration resolution up to 84.22 is obtained for damaged images. In fuzzy logic restoration percentage is 89.73. In EM algorithm the accuracy was 96 percentages and computation time was very high with good resolution. Figure 4 shows expecting result.



**Fig. 4:** Expecting result (a) original sequence with a moving occluder (b) sequence with occluder removed (c) Moving person is filled (d) Area of occlusion is filled

### 4 CONCLUSION

In this study, the model presented a simple framework for filling the missing parts in the video sequences using EM algorithm. The static background filling is consistent throughout the video sequence. Moving foreground filling is independent of changing background from one frame to another frame. This method is combined of Motion based Inpainting with spatial Inpainting. Obtaining three image mosaics in the preprocessing process which is used to fill the information in the corrupted or damaged regions in the foreground and background. If there are moving objects to be restored, they are filled-in first, independently of the changing background from one frame to another. Then the background is filled-in by extending spatial texture synthesis techniques to the spatio-temporal domain.

### REFERENCES

- [1] Anguelov, D., P. Srinivasan, D. Koller, S. Thrun and J. Rodgers *et al.*, 2005. Scape: Shape completion and animation of people. Presented at the ACM Siggraph.
- [2] Baker, S., R. Szeliski and P. Anandan, 1998. A layered approach to stereo reconstruction. *Comput. Vis. Patt. Recog.*, 434.
- [3] Ballester, C., V. Caselles and J. Verdera, 2003. Dissociation by joint interpolation of vector fields and gray levels. *SIAM Multiscale Model. Simul.*, 2: 80-123.

- [4] Bankam, M.R. and A.K. Katsaggelos, 1997. Digital image restoration. Presented IEEE signal Process. Maga.
- [5] Bertozzi, A.L., S.E. Glu and A. Gillette, 2007. Inpainting of binary images using the cahn-hilliard equation. Presented Image Process., 16.
- [6] Bornard, R., E. Lecan, L. Laborelli and J.H. Chenot, 0000. Missing data correction in still images and image sequences.
- [7] Oliveira, M.M., B. Bowen, R. McKenna and Y.-S. Chang, 2001. Fast digital image inpainting. Presented at the International Conference on Visualization, Imaging and Image Processing (VIIP), Sept. 3-5. Marbella, Spain.
- [8] Patwardhan, K.A., G. Sapiro and M. Bertalmío, 2007. Video inpainting under constrained camera motion. Presented at the IEEE Conference. Image Processing.
- [9] Wang, H., H. Li and B. Li, 2007. Video inpainting for largely occluded moving human. IEEE.
- [10] Zhou, C. and S. Lin, 2007. Removal of image artifacts due to sensor dust. Presented at the Microsoft Research Asia in IEEE.

## Performance Investigation of Six Artificial Neural Networks for Different Time Scale Wind Speed Forecasting in Three Wind Farms of Coimbatore Region

*M. MADHIARASAN<sup>1</sup> and S. N. DEEPA<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Research Scholar (Ph. D), Department of Electrical and Electronics Engineering,  
Anna University Regional Campus, Coimbatore,  
Coimbatore - 641046, Tamil Nadu, India

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of Electrical and Electronics Engineering,  
Anna University Regional Campus, Coimbatore,  
Coimbatore - 641046, Tamil Nadu, India

---

Copyright © 2016 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:** Accurate wind speed forecasting is a challenging, crucial and important task because it highly impacts on the power system and wind farm planning, scheduling and control operation. This article presents comparative performance analysis on the wind speed forecasting application based on the six artificial neural network namely, back propagation network (BPN), multi-layer perceptron network (MLPN), radial basis function network (RBFN), ELMAN network (EN), improved back propagation network (IBPN), and recursive radial basis function network (RRBFN). The real-time acquisitions utilized to forecast wind speed by means of six artificial neural networks are the 10 minutes mean wind farm data's acquired at three acquisition location in Coimbatore region. Wind speed, wind direction, air pressure, temperature, relative humidity and dew point are taken as inputs for the six artificial neural network bases forecasting model to forecast different time scale wind speed forecasting. The effectiveness is validated by means of the five evolution error metrics such as mean absolute percentage error (MAPE), mean relative error (MRE), mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE), and mean square error (MSE). Simulation results revealed that even for the similar data sets, recursive radial basis function network based forecasting model outperform among the six artificial neural networks with the best forecasting accuracy and the lowest statistical errors.

**KEYWORDS:** Back Propagation Network; Multi-layer Perceptron Network; Radial Basis Function Network; ELMAN Network; Improved Back Propagation Network; Recursive Radial Basis Function Network; Wind Speed; Forecasting.

### 1 INTRODUCTION

Our society is becoming increasingly dependent on reliable electric power supply. Energy crisis is one of the major issues in recent year. Conventional energy source namely fuel, natural gas and coal are exhaustible and also damaging economic progress, human life and environment. Hence, Renewable portfolio standard and Kyoto protocol insist on renewable energy in order to prevent the dangerous anthropogenic interference with climate system. Among various renewable energy resources, wind energy receive great attention due to the special features such as clean, pollution free, avoid fuel provision and transport, moderate start up cost, renewable and availability.

In India, development of wind energy begins in the 1980's and significantly increased in the recent years. As of 31 January 2016 installed wind energy capacity in India was 25, 188 MW [1], when compared to worldwide installed wind energy capacity India ranked in forth position. In India, Tamil Nadu is leading with installed wind energy capacity. India first home growth Wind Turbine Technology Company is Suzlon Energy Limited. Wind energy is the one of the center of attractive renewable energy power production method; wind speed is the most important explanatory variable for wind power

production, but wind speed is having stochastic in nature. Therefore, wind speed forecasting is necessitated because of the smart grid technology, economical load and power dispatching, balancing energy system and enhancing power system reliability. The wind speed forecasting can be classified as long-term, medium-term, short-term, and very short-term based on the time scale and it's applications as shown in Table 1.

**Table 1. Classification of wind speed forecasting based on time scale**

Range	Applications	Time Horizon
1 day to 1 week (or) more ahead.	1) Planning the Maintenance, Scheduling of Wind Farms to achieve the Optimal operating cost. 2) Planning for Unit Commitment. 3) Operation Management of Wind Energy Market. 4) Planning for Reserve Requirements.	Long-Term Wind forecasting.
6 hours to ahead.	1) Electricity Market. 2) Power system Management (or) Energy Trading. 3) Generation Online / Offline Control.	Medium-Term Wind forecasting.
30 minutes to 6 hours ahead.	1) Onsite Management of wind Farm. 2) Load Decrements / Increments Decision Making. 3) Economical Load dispatch.	Short-Term Wind forecasting.
Few seconds to 30 minutes ahead.	1) Frequency Control. 2) Regulation Action. 3) Electricity Market Clearing. 4) Turbine Action Control.	Very Short-Term Wind forecasting.

An exact forecasting of wind speed is one of the important issues in renewable energy systems because of dilute and fluctuating nature of wind. The wind has the uncertain irregularity characteristic. In order to meet the better generalization capabilities for the wind speed forecasting the network inputs and output are properly modeled and the hidden neuron number should be appropriately selected for the neural network design. In the current scenario a lot of forecasting research fields has been heuristic in nature. Previous work related to different time scale wind speed forecasting using various forecasting methods are illustrated as follows:

Anurag More et al. 1995 [2] proposed a neural network uses cascade correlation and back propagation algorithms for short-term wind speed prediction. Damousis IG et al. 2004 [3] developed wind speed prediction model by means of the Takagi, Sugeno, Kang (TSK) fuzzy model. Fonte et al. 2005 [4] pointed out average hourly based wind speed prediction using back propagation network without the knowledge of metro logical data. Limitation: accuracy is very poor. Torres J et al. 2005 [5] suggested ARMA based hourly average wind speed forecasting model. Cameron W Potter and Michael Negnevitsky 2006 [6] carried out work on adaptive neuro fuzzy inference system for very short-term wind speed forecasting. Thanasis G et al. 2006 [7] presented local recurrent neural network based long-term wind speed forecasting. Erasmo Cadenas and Wilfrido Rivera 2007 [8] implemented integrated moving average (ARIMA) and artificial neural network (MLP) based wind speed forecasting. Mohammad Monfared et al. 2009 [9] pointed out fuzzy logic and artificial neural network based wind speed forecasting model in order to reduce the learning time and neuron numbers. Junfang Li et al. 2010 [10] suggested ELMAN neural network based one step ahead wind speed prediction. Nan Xiaoqiang et al. 2010 [11] implemented time series and back propagation neural network based combinational forecasting model for short-term wind speed forecasting. Ying-Yi Hong and Ching-Ping Wu 2010 [12] performed market basket analysis (MBA) and radial basis function network based short-term wind speed and wind power forecasting.

Upadhyay KG et al. 2011 [13] suggested multilayer feed-forward neural network with resilient back propagation based short-term wind speed forecasting. Pourmousavi Kani SA and Ardehali MM 2011 [14] performed Markov chain integrated artificial neural network based prediction model for very short-term wind speed prediction. Pedro Gomes and Rui Castro 2012 [15] presented ARMA and multilayer perceptron network based short-term wind speed forecasting. TarekAboueldahab 2012 [16] established hybrid model (GA/PSO-NN) with passive congregation for short-term wind speed prediction. Ramesh Babu N and Arulmozhivarman P 2013 [17] performed a hybrid method composed of Wavelet Transform and Neural Network (WTNN) for wind speed forecasting. Ying-Yi Hong et al. 2013 [18] developed artificial neural network with integration of empirical mode decomposition (EMD) based forecasting model for short-term wind speed and wind power forecasting. Hanieh Borhan Azad et al. 2014 [19] performed hybrid method for long-term forecasting. Cao Gao-cheng and Huang Dao-huo 2015 [20] presented radial basis function neural network based ultra-short-term wind speed prediction. Jianzhou Wang et al.

2015 [21] pointed out hybrid models based medium-term wind speed forecasting. Osamah Basheer Shukur and Muhammad Hisyam Leea 2015 [22] proposed hybrid auto regressive (AR)-ANN and AR-KF(Kalman Filter) based daily wind speed forecasting, compared to ARIMA and AR-ANN based model AR-KF based forecasting model outperform in terms of better forecasting accuracy. Erdong Zhao et al. 2016 [23] carried out work on wind speed prediction using hybrid self-adaptive ARIMAX model with an Exogenous WRF simulation.

The greatest aim of the analysis is to identify the best artificial neural network based forecasting model in order to improve the forecasting accuracy with the least statistical errors.

## **2 COMMON TYPES OF WIND SPEED FORECASTING**

The most common types of wind speed forecasting are classified as four types namely persistence method, physical method, statistical method (time series and ANN), and hybrid method.

### **2.1 PERSISTENCE METHOD (OR) NAÏVE PREDICTOR**

A Persistence method is the simplest and most economical method to forecast the wind speed. This method is based on the assumptions of high correlation between the present and future wind speed values. If the measured wind speed at time (t) is  $V(t)$  and  $P(t)$ , then the forecast wind speed at  $t+\Delta t$  can be formulated as linear equation as follows:

$$V(t + \Delta t) = V(t) \tag{1}$$

$$P(t + \Delta t) = P(t) \tag{2}$$

The above linear equation shows that it is assumed that wind speed at time  $t+\Delta t$  will be same as it was at time  $t$ . This method is more accurate than most of the physical and statistical methods for very short-term wind speed forecasting. Hence, for any new forecasting techniques should be tested against persistence method in order to validate how much it will improve over this technique.

Limitation of the persistence method is if the forecasting lead time is increases the accuracy of this method is decreases and this method is based on assumption.

### **2.2 PHYSICAL METHOD**

Physical method, model the dynamics of the atmosphere by parameterization of the Planetary Boundary Layer (PBL) concept also known as the Atmospheric Boundary Layer (ABL). ABL is the lowest part of the atmosphere that is in continuous contact with the surface of earth. Here, the physical quantities such as velocity, temperature and moisture of the wind / air are turbulent and vertical mixing is stronger. The physical methods consist of some physical of some based equations to convert meteorological data from a certain time, to the forecasts wind speed at a site considered. This method is more effective and accurate for long-term forecasting.

#### **2.2.1 NUMERICAL WEATHER PREDICTION METHOD (NWP)**

Numerical weather prediction method simulates the atmosphere by numerically integrating the equations of motion starting from the current atmospheric states. This is performed by mapping the real world on to a discrete 3 – D computational grid that divides the globe in to numerous polygonal patterns of certain dimensions. Numerical weather prediction (NWP) is based on kinematic physical equation that utilized various weather data such as (temperature, relative humidity, light intensity, dew point, and atmospheric pressure) and operates by solving complex mathematical equation. Some of the models of NWP are Fifth generation Mesoscale mode (MM5), Weather Research and Forecasting (WRF) model, Regional Spectra Model (RSM), Prediktor, HIRLAM, etc.

Limitation of NWP: 1) Complex, 2) Expensive, 3) Limited observation set for calibration, 4) high computational time is needed.

## 2.3 STATISTICAL METHOD

Statistical method is implemented based on training of the model with a sample of real data specific to that location, taken over a number of discrete periodic cycles. The statistical method is based on training with measurement data and uses difference between the forecasts wind speed and the actual wind speed in immediate past to tune the model parameters in order to minimize the forecasting error. This method is effective and most accurate for short and medium term wind speed forecasting.

Limitation of the statistical method is forecasting time increases forecasting error also increases. In spite of this limitation this method is very simple, low cost and any stage of modeling is possible. This method is based on patterns rather than predefined mathematical model.

Statistical method is further divided in to two sub divisions: 1) Time Series, 2) Artificial Neural Network.

### 2.3.1 TIME SERIES METHOD

Time Series method aims at modeling the stochastic process that yields the structure of an observed series of an event that is observed in certain intervals, and making future forecasts through the observation values belonging to the past interval. Time Series method does not require any records beyond historical wind data. This method is very accurately provides the timely forecasting and it is easy to model. Some models of Time Series method are Auto Regressive (AR), Auto Regressive Moving Average (ARMA), Auto – Regressive Integrated Moving Average (ARIMA), ARMA with Exogenous inputs (ARMAX), Auto Regressive Exogenous (ARX), Grey Predictor, Linear Predictor, Exponential Smoothing, Bayesian Model Averaging (BMA), Algebraic Curve Fitting (ACF), etc.

Limitation of the time series method is cannot forecast more than a day ahead.

### 2.3.2 ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)

Artificial Neural Network is an analysis paradigm that is roughly modeled after the massively parallel structure of the brain. Artificial Neural Network (ANN) deals with nonlinear and complex problem in terms of classification (or) prediction. ANN has ability of performing nonlinear and complex modeling without a prior knowledge about the relationship between input and variables. ANN are trained based on the past wind speed measurement data taken over a long time to learn the relationship between input data and output wind speed. In general ANN is had three layers 1) Input layer, 2) Hidden Layer, 3) Output Layer. Input layer: Measured and collected historical wind data is fed for learning. This layer does not perform any computation. Hidden and output layers are responsible for providing the wind speed forecasting result.

ANN is having good self learning ability (so learn the relationship between inputs and output any mathematical formulation), adaptability, real-time operation, fault tolerance ability, and cost effective. Few types of ANN methods are feed-forward (BPN, MLP, RBFN), Feedback (ELMAN, Recurrent), Support Vector Machine (SVM), ADALINE, Probability Neural Network (PNN), etc.

Limitation of ANN method: falling into local minimum, slow convergence, difficult to confirm the structure of network (or) system. In spite of this limitation ANN method outperform than time series method for all time scale.

## 2.4 HYBRID METHOD

Hybrid method is generally combinations of different methods were utilized to forecast the accurate wind speed for different time scale. The objective of hybrid method is to benefit from the merits of each method and obtain a globally optimal forecasting performance. Types of combinations are as follows:

- 1) Combination of physical and statistical (time series) method.
- 2) Combination of physical and statistical (ANN) method.
- 3) Combination of statistical method and novel method.
- 4) Combination of physical and novel method.
- 5) Combination of statistical (time series) and statistical (ANN) method.

Some of the hybrid methods are Evolutionary computation (EC) + Fuzzy, Wavelet transform + Fuzzy, EC+ANN, Fuzzy + time series, ANN+NWP, NWP + time series, ANN + Fuzzy, ANN + time series, etc.

Hybrid methods advantages are avoided over training and high computation cost, achieve the optimal forecasting accuracy by reduce the forecasting error, avoid local minimum problem, reduce the convergence time, etc.

Limitation hybrid method is in some case the single method is out performs than hybrid method.

This article implements six ANN based forecasting models such as back propagation network (BPN), multi-layer perceptron network (MLPN), radial basis function network (RBFN), ELMAN network, Improved back propagation network (IBPN) and Recursive Radial Basis Function Network (RRBFN) and applied for different time scale wind speed forecasting.

### 3 DIFFERENT ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS BASED WIND SPEED FORECASTING MODELS

Artificial neural network based six wind speed forecasting models namely BPN, MLPN, RBFN, EN, IBPN and RRBFN network input and output variables depicted in Table 2.

*Table 2. Input and output variables of proposed neural network model*

Input Variables	Description	Output Variable	Description
U <sub>1</sub>	Wind Speed ( <i>N</i> )	Y	Forecast wind speed ( <i>N<sub>fw</sub></i> )
U <sub>2</sub>	Wind Direction ( <i>WD</i> )		
U <sub>3</sub>	Air Pressure ( <i>AP</i> )		
U <sub>4</sub>	Temperature ( <i>TD</i> )		
U <sub>5</sub>	Relative Humidity ( <i>RH</i> )		
U <sub>6</sub>	Dew Point ( <i>DP</i> )		

$$\text{Input vector, } U = [N, WD, AP, TD, RH, DP] \tag{3}$$

$$\text{Output vector, } Y = [N_{fw}] \tag{4}$$

#### 3.1 BACK PROPAGATION NETWORK BASED FORECASTING MODEL

In fields of artificial neural network back propagation network is one of the famous network. The input layer neurons are interlinked to the hidden layer by means of the sigmoidal activation function. Hidden layer neurons are interlinked to the output layer by means of the sigmoidal activation function. Gradient descent algorithm is used for weight modification. The architecture of the proposed back propagation networks model for wind speed forecasting shown in Fig. 1.

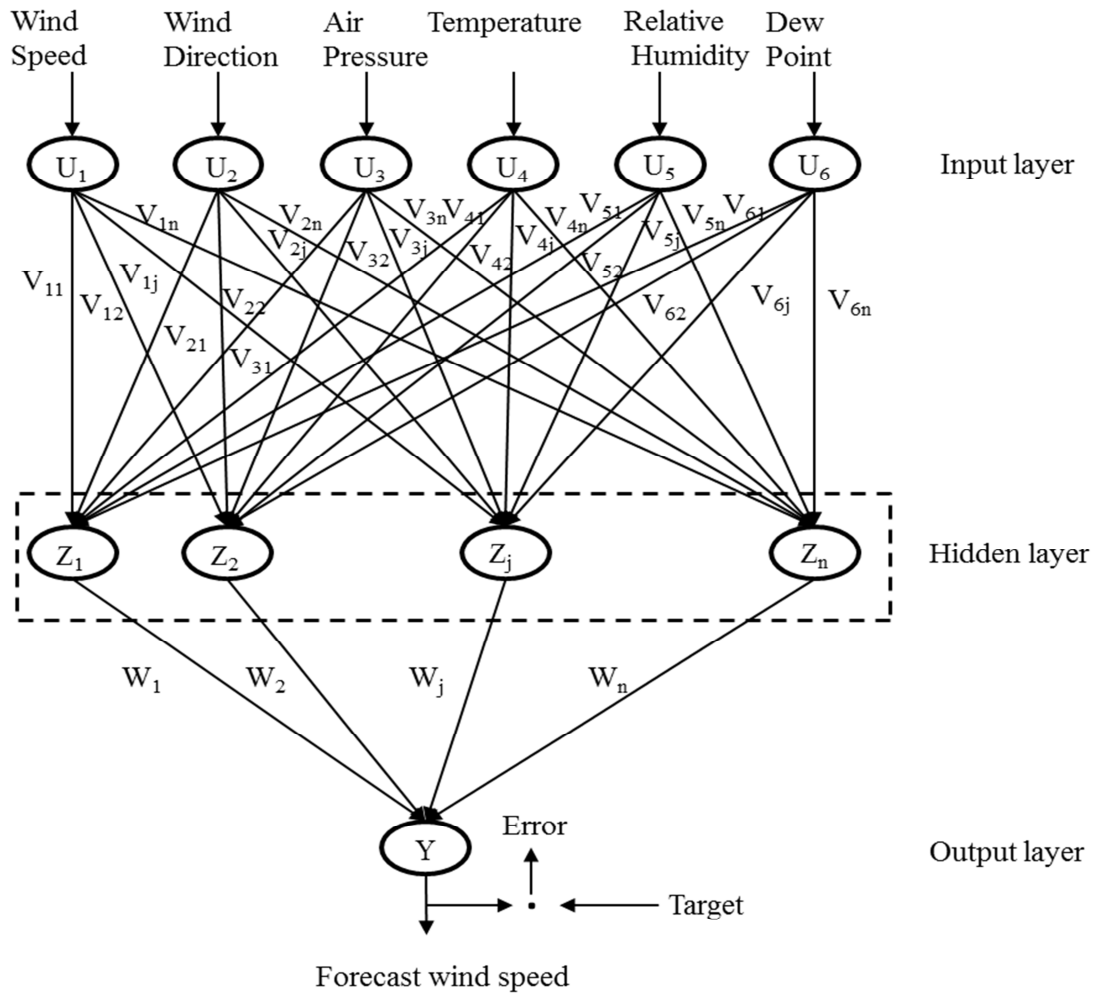


Fig. 1. Architecture of the implemented back propagation network based forecasting model

Weight vectors of input to the hidden vector,

$$V = [V_{11}, V_{12}, \dots, V_{1n}, V_{21}, V_{22}, \dots, V_{2n}, V_{31}, V_{32}, \dots, V_{3n}, V_{41}, V_{42}, \dots, V_{4n}, V_{51}, V_{52}, \dots, V_{5n}, V_{61}, V_{62}, \dots, V_{6n}] \quad (5)$$

$$\text{Hidden layer net input, } Z_{inj} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^n U_i V_{ij} \quad (6)$$

Tangent sigmoid activation function adopted over the net input to compute the output.

$$\text{Hidden layer output, } Z_j = f\left(\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^n U_i V_{ij}\right) \quad (7)$$

Where,  $U$  - input,  $V$  - weights between input and hidden layer,  $n$  - number of hidden neurons.

$$\text{Weight vectors of hidden to output vector, } W = [W_1, W_2, \dots, W_n] \quad (8)$$

$$\text{Output layer net input, } Y_{in} = \sum_{j=1}^n (Z_j W_j) \quad (9)$$

$$\text{Output, } Y = f\left(\sum_{j=1}^n (Z_j W_j)\right), j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

Where,  $W$  - weight between hidden and output layer.

$f$  - Activation function.

$$\text{Output layer error, } \delta = (t_n - Y)f'(Y_{in}) \quad (11)$$

Where,  $f'(Y_{in})$  - derivative of the net input of output layer.

Computed error ( $\delta$ ) back propagated to the hidden layer.

Each hidden neuron ( $Z_j, j = 1, 2, \dots, n$ ) sums its delta inputs from output layer neurons,

$$\delta_{in_j} = \sum_{j=1}^n \delta W_j \quad (12)$$

$$\text{Hidden layer error, } \delta_j = \delta_{in_j} f'(Z_{in_j}) \quad (13)$$

Where,  $f'(Z_{in_j})$  - derivative of the net input of hidden layer.

Calculated error ( $\delta_j$ ) propagated backward to the input layer.

$$\text{Output layer error, } E = [\delta] \quad (14)$$

$$\text{Hidden layer error, } E_j = [\delta_j] \quad (15)$$

$$\text{Weight modifying equation, } W_j(t+1) = W_j(t) + \eta \delta Z_j \quad (16)$$

$$V_{ij}(t+1) = V_{ij}(t) + \eta \delta_j u_i \quad (17)$$

Where,  $\eta$  - Learning rate.

### 3.2 MULTI-LAYER PERCEPTRON NETWORK BASED FORECASTING MODEL

Multi-layer perceptron network (MLPN) is a feed-forward neural network with supervised learning rule to search the weight for binary and linear activation function to solve the complex task. The multi-layer perceptron network has three different layers such as input layer, hidden layer and output layer, it is fully connected networks. Multi-layer perceptron is outperforming than that of single layer perceptron because it eliminates limitations of single layer perceptron and posses higher computational efficiency. The multi-layer perceptron network learns linear and nonlinear relationship between input and output vector because hidden layer neuron has the nonlinear transfer function. In general hyperbolic tangent sigmoid activation function is used as nonlinear transfer function which is applied over a net input of the hidden layer. Back propagation learning rule is incorporated in Multi-layer perceptron network for training process. Hidden layer neurons are activated by means of the hyperbolic tangent sigmoid activation function and output layer neuron is activated by purelin activation function. Proposed multi-layer perceptron network model architecture for wind speed forecasting is depicted in Fig. 2.

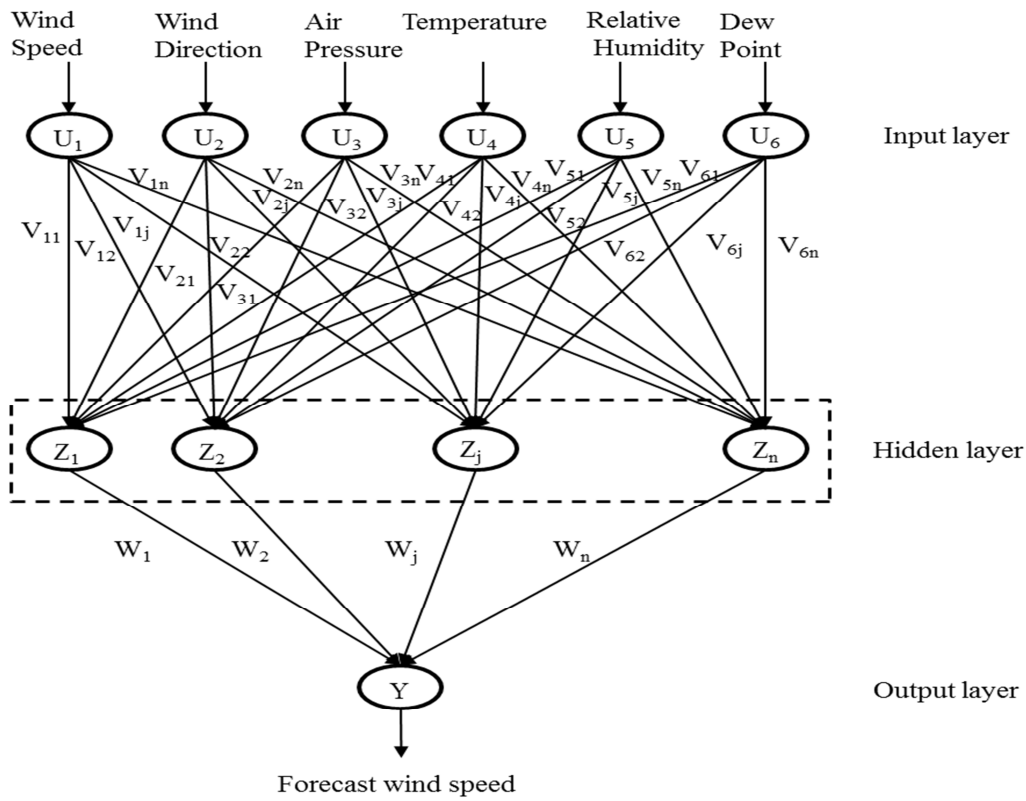


Fig. 2. Architecture of the implemented multi-layer perceptron network based forecasting model

Weight vectors of input to the hidden vector,

$$V = [V_{11}, V_{12}, \dots, V_{1n}, V_{21}, V_{22}, \dots, V_{2n}, V_{31}, V_{32}, \dots, V_{3n}, V_{41}, V_{42}, \dots, V_{4n}, V_{51}, V_{52}, \dots, V_{5n}, V_{61}, V_{62}, \dots, V_{6n}] \quad (18)$$

$$\text{Hidden layer net input, } Z_{in_j} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^n U_i V_{ij} \quad (19)$$

$$\text{Hidden layer output, } Z_j = f\left(\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^n U_i V_{ij}\right) \quad (20)$$

where,  $U$  - input,  $W$  - weights between input and hidden layer,  $n$  - number of hidden neurons.

$$\text{Weight vectors of hidden to output vector, } W = [W_1, W_2, \dots, W_n] \quad (21)$$

$$\text{Output layer net input, } Y_{in} = \sum_{j=1}^n (Z_j W_j) \quad (22)$$

$$\text{Output, } Y = f\left(\sum_{j=1}^n (Z_j W_j)\right), j = 1, 2, \dots, n \quad (23)$$

where,  $W$  - weight between hidden and output layer.

$f$  - Activation function.

3.3 RADIAL BASIS FUNCTION NETWORK BASED FORECASTING MODEL

Radial basis function network (RBFN) comprises the input layer, hidden layer and output layer. The radial basis function is applied for hidden nodes to compute the input and the output computed by Gaussian activation function. Radial basis function emphasize on data exist a region of input space. Radial basis function network improves convergence faster and better function approximation. Fig. 3 depicts the architecture of the proposed radial basis function networks model for wind speed forecasting.

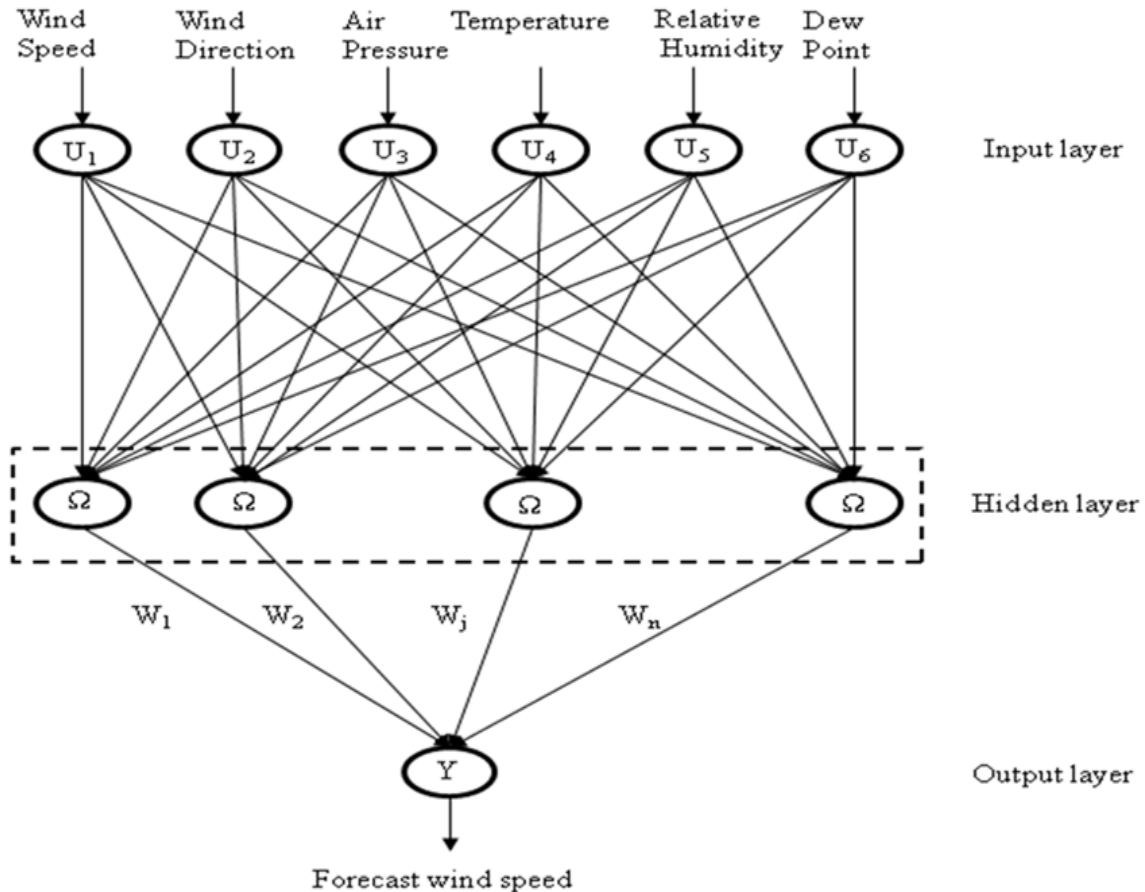


Fig. 3. Architecture of the implemented radial basis function network based forecasting model

Weight vectors of hidden to output vector,  $W = [W_1, W_2, \dots, W_m]$  (24)

Gaussian activation function,  $f(Y_{in}) = e^{(-Y_{in}^2)}$  (25)

where,  $Y_{in}$  - net input.

Radial basis function network output,

$$Y_{in} = \sum_{i=1}^n f(\|U - C_i\|) * W_{ik} \quad , k = 1, 2, \dots, m$$
 (26)

where,  $n$  - number of hidden neurons.

$U$  - Input vector.

$C_i$  -  $i^{th}$  Center node in hidden layer.

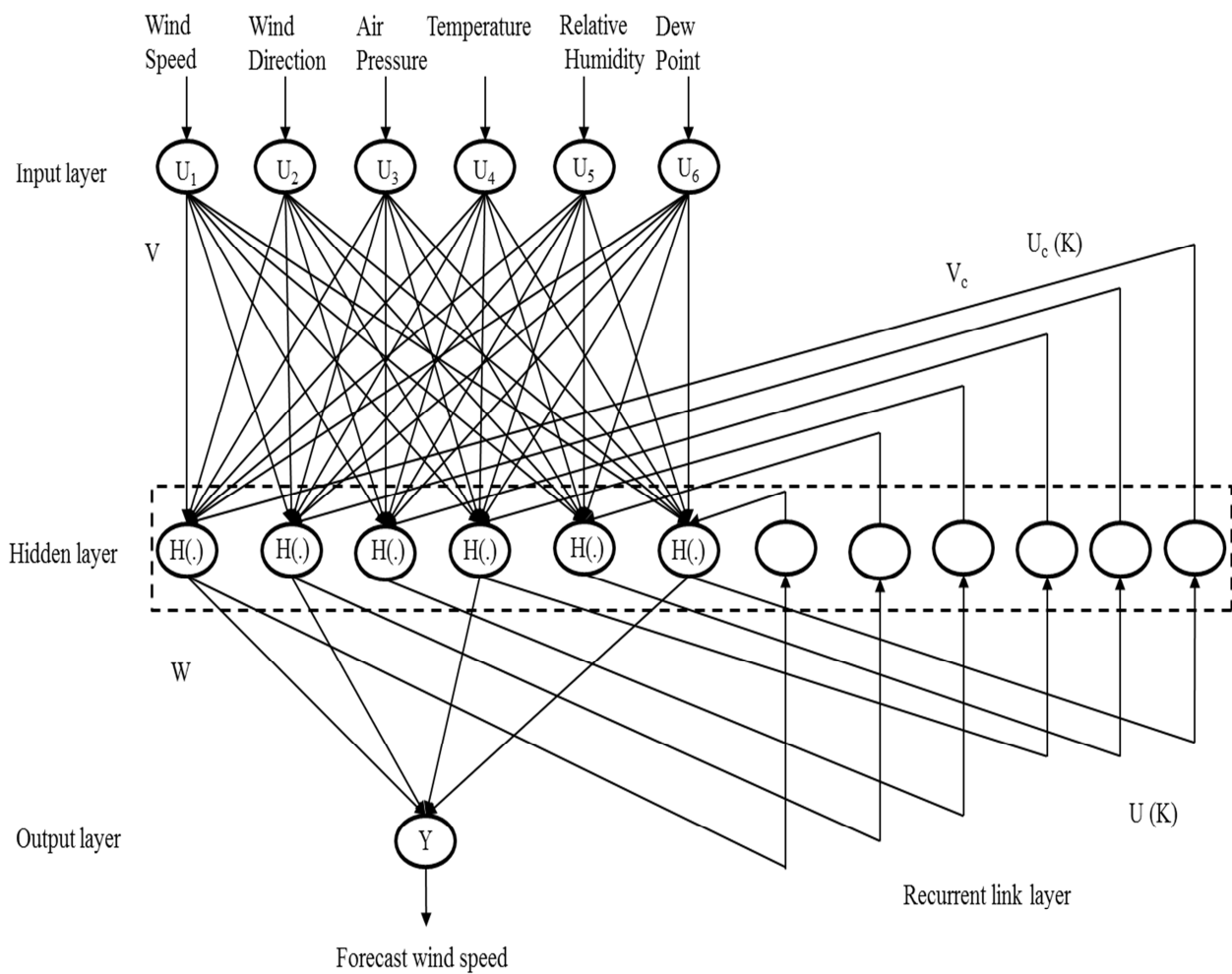
$\|U - C_i\|$  - Euclidean distance between  $C_i$  and  $U$ .

$f$  - Activation function (Gaussian function).

$W_{ik}$  - Weight between hidden and output layer.

### 3.4 ELMAN NETWORK BASED FORECASTING MODEL

ELMAN neural network is a feedback neural network and widely used for different application such as time series prediction, modeling, control and speech recognition. Output is get from the hidden layer. Recurrent link layer stores the feedback and retains the memory. Hidden layer neurons are activated by hyperbolic tangent sigmoid activation function and output layer neuron activated by satlins activation function. Architecture of the proposed ELMAN network based wind speed forecasting model is presented in Fig. 4.



**Fig. 4. Architecture of the implemented ELMAN network based forecasting model**

Weight vectors of input to the hidden vector,

$$V = [V_{11}, V_{12}, \dots, V_{1n}, V_{21}, V_{22}, \dots, V_{2n}, V_{31}, V_{32}, \dots, V_{3n}, V_{41}, V_{42}, \dots, V_{4n}, V_{51}, V_{52}, \dots, V_{5n}, V_{61}, V_{62}, \dots, V_{6n}] \quad (27)$$

Weight vectors of recurrent link layer vector,  $W = [W_{21}, W_{22}, \dots, W_{2n}] \quad (28)$

Weight vectors of recurrent link layer to input vector,

$$V_c = [V_{c11}, V_{c12}, \dots, V_{c1n}, V_{c21}, V_{c22}, \dots, V_{c2n}, V_{c31}, V_{c32}, \dots, V_{c3n}, V_{c41}, V_{c42}, \dots, V_{c4n}, V_{c51}, V_{c52}, \dots, V_{c5n}, V_{c61}, V_{c62}, \dots, V_{c6n}] \quad (29)$$

$$\text{Input, } U(K) = H(V_c U_c(K) + VU(K-1)) \quad (30)$$

$$\text{Output, } Y(K) = f(WU(K)) \quad (31)$$

$$\text{Recurrent link layer input, } U_c(K) = U(K-1) \quad (32)$$

Let  $V_c$  be the weight between context layer and input layer,  $V$  be the weight between input and hidden layer,  $W$  be the weight between hidden and recurrent link layer,  $H(\cdot)$  is hyperbolic tangent sigmoid activation function and is symmetric saturating linear activation function.

### 3.5 IMPROVED BACK PROPAGATION NETWORK BASED FORECASTING MODEL

Among the six artificial neural networks improved back propagation is a newly proposed method by Madhiarasan M and Deepa S N 2016 [24]. Improved Back propagation network (IBPN) is a multi-layer feed-forward network which adapts the back propagation (error) learning algorithm in order to obtain balance between the network's memorization and its generalization ability. Generally improved back propagation networks are composed of three various layers such as input layer, hidden layer and output layer. Stages associated in improved back propagation training are feed-forward stage, error computation stage and weight modification stage. Feed-forward network consisting of neurons (processing elements) which perform independent computation based on given set of input data and weights with continuous differential activation function and computed result transferred to the next layer and lastly network output (forecast wind speed) computed then error calculated based on the difference between the real target and forecast output. Calculated error propagated backward to the hidden layer and then transferred to the input layer. For a given set of training inputs and target pairs the weights get modified and are updated to the improved back propagation network to obtain the correct forecast wind speed with the lowest error. Presented improved back propagation networks achieve speed up convergence by incorporation of the momentum factor ( $\mu$ ). Improved back propagation network outperform than back propagation network in terms of reduced statistical error and faster convergence. Architecture of the proposed improved back propagation networks model for wind speed forecasting shown in Fig. 5

Input to the hidden weight vectors,

$$V = [V_{11}, V_{12}, \dots, V_{1n}, V_{21}, V_{22}, \dots, V_{2n}, V_{31}, V_{32}, \dots, V_{3n}, V_{41}, V_{42}, \dots, V_{4n}, V_{51}, V_{52}, \dots, V_{5n}, V_{61}, V_{62}, \dots, V_{6n}] \quad (33)$$

$$\text{Hidden layer net input, } Z_{inj} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^n U_i V_{ij} \quad (34)$$

The tangent sigmoid activation function adopted over the net input to compute the output.

$$\text{Hidden layer output, } Z_j = f\left(\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^n U_i V_{ij}\right) \quad (35)$$

where,  $U$  - input,  $V$  - weights between input and hidden layer,  $n$  - number of hidden neurons.

$$\text{Weight vectors of hidden to output vector, } W = [W_1, W_2, \dots, W_n] \quad (36)$$

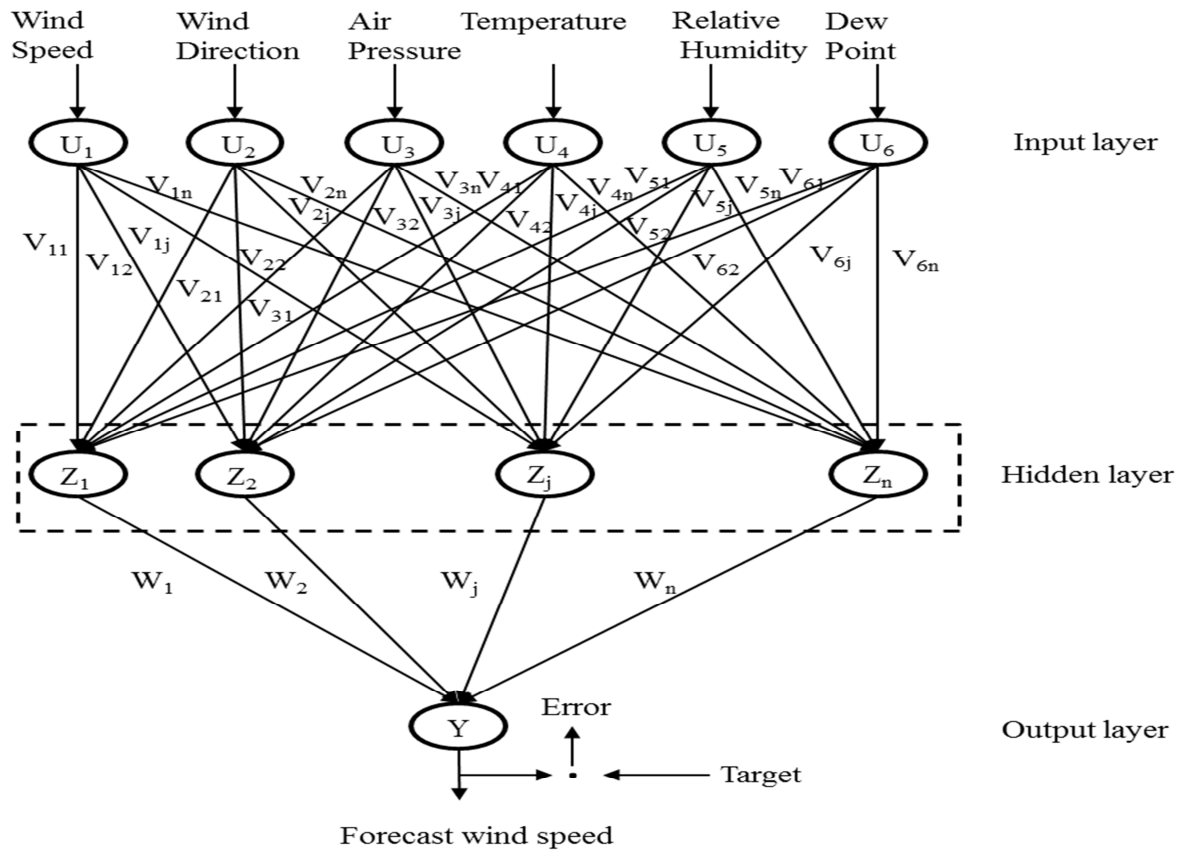


Fig. 5. Architecture of the implemented improved back propagation network based forecasting model

$$\text{Output layer net input, } Y_{in} = \sum_{j=1}^n (Z_j W_j) \quad (37)$$

$$\text{Output, } Y = f\left(\sum_{j=1}^n (Z_j W_j)\right), j = 1, 2, \dots, n \quad (38)$$

where,  $W$  - weight between hidden and output layer.

$f$  - Activation function.

$$\text{Output layer error, } \delta = (T - Y) f'(Y_{in}) \quad (39)$$

where,  $f'(Y_{in})$  - derivative of the output layer net input.

Evolved error ( $\delta$ ) back propagated to the hidden layer.

Each hidden neuron ( $Z_j, j = 1, 2, \dots, n$ ) sums its delta inputs from output layer neurons,

$$\delta_{in_j} = \sum_{j=1}^n \delta W_j \quad (40)$$

$$\text{Hidden layer error, } \delta_j = \delta_{in_j} f'(Z_{in_j}) \quad (41)$$

Where,  $f'(Z_{in_j})$  - derivative of the net input of hidden layer.

Evolved error ( $\delta_j$ ) propagated backward to the input layer.

$$\text{Output layer error, } E = [\delta] \quad (42)$$

$$\text{Hidden layer error, } E_j = [\delta_j] \quad (43)$$

$$\text{Weight modifying expression, } W_j(t+1) = WE_j(t) + \eta\delta Z_j + \mu[W_j(t) - W_j(t-1)] \quad (44)$$

$$V_{ij}(t+1) = V_{ij}(t) + \eta\delta_j u_i + \mu[V_{ij}(t) - V_{ij}(t-1)] \quad (45)$$

Where,  $\eta$  - Learning rate,  $\mu$  - momentum factor.

### 3.6 RECURSIVE RADIAL BASIS FUNCTION NETWORK BASED FORECASTING MODEL

Among the six artificial neural networks recursive radial basis function network is a proposed novel method. Recursive Radial Basis Function network is a multi-layer feed-forward neural network. Recursive radial basis function network composed of three different layers namely input layer, hidden layer and output layer. In recursive radial basis function network, the solution for complex problem is generally obtained by transforming it into a high dimensional space in a nonlinear form. The Proposed recursive radial basis function networks achieve the least statistical errors by means of the recursive weight modification. Based on the computation of distance between the inputs and hidden layer center, output of the input layer is obtained. Input layer outputs signals are passed to the hidden layer as a nonlinear form. Hidden layer has a large dimension because all input layer neurons directly interlinked to the hidden layer. Each hidden neurons in the hidden layer has parameters such as width and center place. Each and every hidden neuron in the hidden layer has activation function; in this network radial basis function is applied. The network parameter namely spread value is modified in order to fine tune Gaussian radial basis function (i.e.) shape the Gaussian radial basis function curve. At zero distance the Gaussian activation function curve has a peak value and further minimized as distance from the center increase. The weighted form of hidden layer output is interlinked to the output layer as a linear form. Weights are modified recursively to make the least output error. Weights modification stage associated with gradient descent rule. Architecture of the proposed recursive radial basis function network based wind speed forecasting model is shown in Fig. 6.

$$\text{Weight vectors of hidden to output vector, } W = [W_1, W_2, \dots, W_m] \quad (46)$$

$$\text{Output from hidden layer, } Y_h(u) = e^{\left(\frac{-Y^2_h}{2B^2_h}\right)} \quad (47)$$

$$Y_h = R(\|U - C_h\|) = \sqrt{\sum_{i=1}^6 \sum_{h=1}^n (U_i - C_{ih})^2} \quad (48)$$

where,  $Y_h$  - net input,  $B$  - width,  $h$  - hidden layer neurons,  $C_h$  - Center vector,  $i = 1$  to  $6$  - number of inputs,  $h = 1$  to  $n$  - number of hidden neurons

Output from output layer,

$$Y = \sum_{h=1}^n Y_h(u) * W_{hk} \quad , k = 1, 2, \dots, m \quad (49)$$

where,  $n$  - number of hidden neurons.

$U$  - Input vector.

$C_{ih}$  - Center node in hidden layer.

$\|U - C_h\|$  - Euclidean distance between center and input vector.

$R$  - Activation function (Gaussian radial basis function).

$W_{hk}$  - Weight between hidden and output layer.

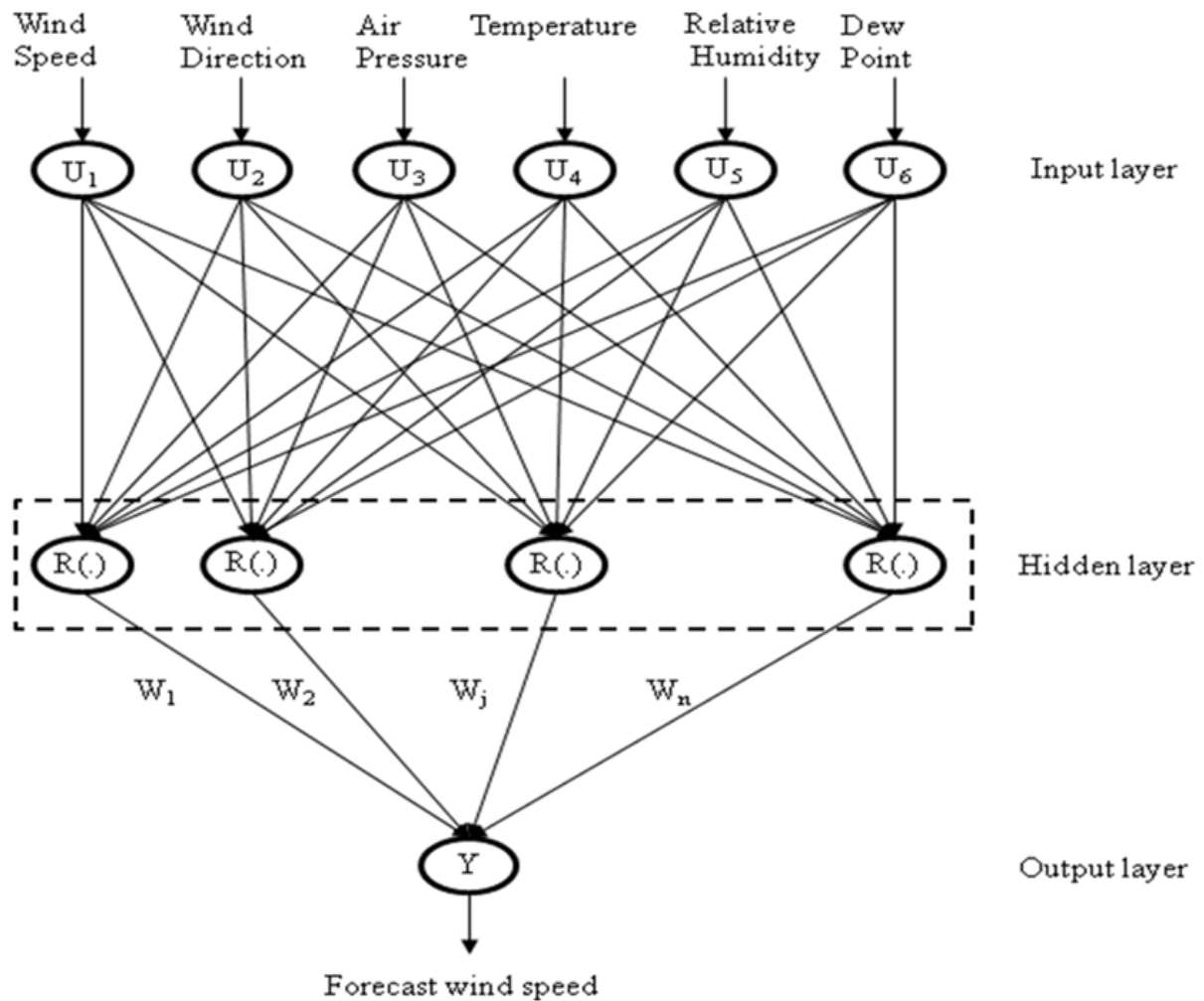


Fig. 6. Architecture of the implemented recursive radial basis function network based forecasting model

#### 4 FORECASTING MODEL DEVELOPMENT AND TRAINING

##### 4.1 DATA ACQUISITION

Three real-time wind farm data sets used in this research corresponds to the 1 minutes mean average values acquired during the period from January 2009 to December 2015 in Coimbatore regions namely Udumalaipettai, Poolavadi and Edayapalayam locations. On careful analysis of the real-time data sets, it was noticed that wind speed ranges from 0.5 m/s to 18 m/s, wind direction ranges from 0.2 degree to 356 degree, temperature ranges from 20 °C to 38 °C, air pressure ranges from 845 mbar to 1020 mbar, relative humidity ranges from 46 % to 98 % , and dew point ranges from 10 °C to 32 °C, the complexity and deviation in the real-time data sets are found to be minimum and since they fall between the specified minimum and maximum range. All wind farm data sets consists of 1, 20, 000 data samples for each input variables. Acquired some of real-time input data samples are tabulated in Table 3.

*Table 3. Acquired real-time input data samples (from Suzlon Energy Pvt. Ltd)*

Wind Speed (m/s)	Wind Direction (Degree)	Temperature (°C)	Air Pressure (mbar)	Relative Humidity (%)	Dew Point (°C)
8.9	285.5	26.4	1011	71	22
8.6	285.5	25.9	1013	48	21
7.7	279.8	25.8	1010	44	22
6.9	286.9	26.1	1008	15	24
6.8	298.1	30.4	1009	17	16
5.9	277	32.4	1011	68	15
3.8	315	27.5	1006	19	20
1.9	299.5	26.6	1012	75	18
9.2	112.5	25.2	1007	21	17
15.9	111.1	26.4	1015	90	19

**4.2 DATA PREPROCESSING**

Normalization (data preprocessing) is very important and most required for dealing with real-time data; the real-time data has different range and different units. Hence, the normalization used to scale the real-time data within the range of 0 to 1. Data preprocessing helps to obtain the correct numeric computation and improve output accuracy. Proposed approaches employed the min-max normalization technique. Following transformation equation used for normalization of the real-time data.

$$\text{Normalized input, } U'_i = \left( \frac{U_i - U_{\min}}{U_{\max} - U_{\min}} \right) (U'_{\max} - U'_{\min}) + U'_{\min} \tag{50}$$

Where,  $U_i$  is real input data,  $U_{\min}$  is the least input data,  $U_{\max}$  is the greatest input data,  $U'_{\min}$  is the least target value,  $U'_{\max}$  is the greatest target value.

**4.3 DESIGN SPECIFICATION**

The proposed six artificial bases wind speed forecasting models designed parameter includes dimensions and epochs presented in Table 4. Dimensions such as input layer neurons, hidden layer neurons and output layer neurons are represented in the network design. Developed all forecasting model posses single hidden layer only because its have sufficient capacity to solve any complex task with reduce computational complexity.

Designed Back Propagation network (BPN) based forecasting model input signals are transmitting to the hidden layer neurons over weighted interlinks utilizing hyperbolic tangent sigmoid activation function and output signals from the hidden layer are transmitting to the output layer neuron over a weighted interlink (W) using tangent sigmoid activation function. Training algorithm used for BPN is gradient decent training algorithm.

Implemented Multi-layer Perceptron network (MLPN) based forecasting model inputs passed to the hidden layer that multiplies weight V using hyperbolic tangent sigmoid activation function and output from the hidden layer passed to the output layer that multiplies with weight W using purelin activation function. Training algorithm used for MLPN is Levenberg-Marquardt training algorithm.

Constructed Radial Basis Function network (RBFN) based forecasting model input layer and hidden layer is connected by means of the hypothetical connection. The hidden layer neurons activated by means of the Gaussian function. Hidden layer and output layer is connected with weighted connection. Output layer has linear function.

Table 4. Implemented wind speed forecasting models designed parameters

Proposed Neural Network	Parameters	Parametric Values
Back propagation network (BPN)	Input layer neurons Number of hidden layer Output layer neuron Number of epochs Threshold Learning Rate	6 1 1 1000 1 0.9
Multi-layer perceptron network (MLPN)	Input layer neurons Number of hidden layer Output layer neuron Number of epochs Threshold Learning Rate	6 1 1 1000 1 0.9
Radial basis function network (RBFN)	Input layer neurons Number of hidden layer Output layer neuron Number of epochs Spread	6 1 1 1000 2.1
ELMAN network (EN)	Input layer neurons Number of hidden layer Output layer neuron Number of epochs Threshold Learning Rate	6 1 1 1000 1 0.9
Improved Back propagation network (IBPN)	Input layer neurons Number of hidden layer Output layer neuron Number of epochs Threshold Learning Rate Momentum Factor	6 1 1 1000 1 0.9 0.9
Recursive radial basis function network (RRBFN)	Input layer neurons Number of hidden layer Output layer neuron Number of epochs Spread	6 1 1 1000 2.1

Designed ELMAN network inputs weighted ( $V$ ) interconnect to the hidden layer using hyperbolic tangent sigmoid activation function and output from the hidden layer linked to the output layer with weight linkages  $W$  using satlins activation function. As a result of training, pervious information reflected to the ELMAN network. Training algorithm used for ELMAN network is gradient descent with momentum and adaptive linear back propagation training algorithm.

Developed Improved back Propagation network (IBPN) based forecasting model input signals are transmitting to the hidden layer neurons over a weighted connection utilizing hyperbolic tangent sigmoid activation function and output signals from the hidden layer are transmitting to the output layer neuron over a weighted connection ( $W$ ) using tangent sigmoid activation function. Training algorithm used for IBPN is Levenberg-Marquardt back propagation training algorithm. Convergence is speed up by means of the inclusion of momentum factor  $\mu$ .

Implemented Recursive Radial Basis Function network (RRBFN) based forecasting model use hypothetical connection between input and hidden layer. Radial basis function is introduced for hidden layer in order to activate the neurons in the hidden layer. Weighted connections exist between hidden layer and output layer. Output layer has linear function. In order to get the minimal output error weights are modified recursively. Gradient descent rule is used for weights modifying stage. Recursive back propagation training algorithm is introduced for training process of RRBFN.

#### 4.4 TRAINING AND TESTING

Wind speed forecasting models developed based on training data while the effectiveness of the proposed models evaluated by means of the testing data. The acquired three wind farm data sets are used for training and testing phase, each wind farm data set contained 1,20,000 real-time data samples are classified in to the training and testing sets. Acquired 70% of data samples (84,000) used for training phase and 30% of the acquired data samples (36,000) used for testing phase of the each network. Testing data samples are distinct from training data samples. Implemented all artificial neural network performance is estimated based on the statistical errors such as MSE, RMSE, MAE, MRE and MAPE.

#### 4.5 EVOLUTION ERROR METRICS

The designed forecasting models based on artificial neural network effectiveness are investigated by means of the evolution error metrics namely Mean Square Error (MSE), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), Mean Relative Error (MRE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Evolution error metrics formulas are given as below:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (Y'_t - Y_t)^2 \quad (51)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (Y'_t - Y_t)^2} \quad (52)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (Y'_t - Y_t) \quad (53)$$

$$MRE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |(Y'_t - Y_t) / \bar{Y}_t| \quad (54)$$

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_{t=1}^N |(Y'_t - Y_t) / \bar{Y}_t| \quad (55)$$

where N is a number of data samples,  $Y'_t$  is target output,  $\bar{Y}_t$  is average target output,  $Y_t$  is forecast output. The evolution error metrics are used to check quality of forecast wind speed obtained by six ANN bases wind speed forecasting models.

### 5 STATISTICAL ANALYSIS OF RESULTS AND DISCUSSION

The presented six ANN bases wind speed forecasting design runs on an Acer laptop computer with Pentium (R) Dual Core processor running at 2.30GHZ with 2GB of RAM and were simulated using MATLAB. Three real-time data sets, each with 1,20,000 data samples initially classified into the training and testing sets. Training set used for neural network learning, and testing set used to calculate the error. All artificial neural networks (i.e. BPN, MLPN, RBFN, EN, IBPN and RRBFN) based wind speed forecasting models are trained with 70% o acquired data samples and tested with 30 % of acquired data samples, effectiveness is validated in terms of evaluation error metrics.

#### 5.1 FORECASTING MODELS ASSESSMENT WITH VARIOUS HIDDEN LAYER NEURONS

All ANN based wind speed forecasting models are examined individually with varying number of hidden neurons from 1 to 30 using three wind farm data sets and obtained results are tabulated in Table 5, 6 and 7. From the simulation results, it can be observed that hidden neurons play an important role in neural network for the best performance.

Table 5. Sensitivity analysis of six ANNs based forecasting models with different hidden neurons using wind farm1 data set

Model	Structure	MSE	RMSE	MRE	MAE	MAPE
BPN	6-5-1	0.1944	0.4409	0.0342	0.2768	3.4162
	6-10-1	0.9744	0.9891	0.2125	0.7870	21.2538
	6-15-1	0.2087	0.4568	0.0383	0.3102	3.8289
	6-20-1	0.1772	0.4209	0.0367	0.2973	3.6698
	6-25-1	0.3384	0.5817	0.0482	0.3907	4.8222
	6-30-1	0.2231	0.4723	0.0418	0.3385	4.1785
MLPN	6-5-1	4.3422e-08	2.0838e-04	8.6264e-06	7.7640e-05	8.6264e-04
	6-10-1	5.3631e-07	7.3233e-04	4.9230e-05	2.4179e-04	0.0049
	6-15-1	9.9937e-07	9.9968e-04	2.1196e-04	7.2747e-04	0.0212
	6-20-1	3.3416e-09	5.7807e-05	6.5243e-06	3.2043e-05	6.5243e-04
	6-25-1	5.5532e-08	2.3565e-04	2.5797e-05	1.2670e-04	0.0026
	6-30-1	5.8104e-07	7.6226e-04	2.0574e-04	7.0610e-04	0.0206
RBFN	6-5-1	9.6003e-06	0.0031	4.7691e-04	0.0016	0.0477
	6-10-1	1.8812e-05	0.0043	6.9436e-04	0.0024	0.0694
	6-15-1	9.2549e-10	3.0422e-05	2.4989e-06	2.0903e-05	2.4989e-04
	6-20-1	8.7143e-07	9.3351e-04	1.9955e-04	6.8488e-04	0.0200
	6-25-1	9.1277e-08	3.0212e-04	6.3857e-05	2.1916e-04	0.0064
	6-30-1	1.9697e-07	4.4381e-04	8.8889e-05	3.0507e-04	0.0089
EN	6-5-1	0.0360	0.1896	0.0152	0.1234	1.5237
	6-10-1	0.0299	0.1728	0.0152	0.1233	1.5221
	6-15-1	0.0038	0.0613	0.0056	0.0457	0.5636
	6-20-1	0.0076	0.0874	0.0067	0.0546	0.6734
	6-25-1	0.0061	0.0780	0.0076	0.0618	0.7625
	6-30-1	0.0106	0.1030	0.0082	0.0664	0.8193
IBPN	6-5-1	0.0255	0.1597	0.0068	0.0548	0.6760
	6-10-1	0.2091	0.4572	0.0376	0.3048	3.7622
	6-15-1	0.0026	0.0510	7.8120e-04	0.0063	0.0781
	6-20-1	0.0737	0.2714	0.0079	0.0639	0.7891
	6-25-1	5.8606e-04	0.0242	3.7802e-04	0.0031	0.0378
	6-30-1	6.5041e-05	0.0081	6.2435e-05	5.0583e-04	0.0062
RRBFN	6-5-1	5.8692e-07	7.6611e-04	1.8000e-04	6.1776e-04	0.0180
	6-10-1	1.8122e-08	1.3462e-04	2.6223e-05	9.0001e-05	0.0026
	6-15-1	5.1650e-09	7.1868e-05	2.8289e-06	2.1336e-05	2.8289e-04
	6-20-1	9.0673e-08	3.0112e-04	1.7261e-05	1.5535e-05	0.0017
	6-25-1	1.3642e-11	3.6935e-06	2.8456e-07	2.3385e-06	2.8456e-05
	6-30-1	3.9063e-10	1.9764e-05	2.5277e-06	1.2089e-05	2.5277e-04

Table 6. Sensitivity analysis of six ANNs based forecasting models with different hidden neurons using wind farm2 data set

Model	Structure	MSE	RMSE	MRE	MAE	MAPE
BPN	6-5-1	0.1481	0.3848	0.0366	0.2761	3.6602
	6-10-1	0.7778	0.8820	0.0956	0.7743	9.5576
	6-15-1	0.1791	0.4232	0.0374	0.2818	3.7365
	6-20-1	0.1430	0.3782	0.0308	0.2324	3.0812
	6-25-1	0.3666	0.6055	0.0531	0.4007	5.3131
	6-30-1	0.1459	0.3819	0.0387	0.2920	3.8713
MLPN	6-5-1	3.4982e-08	1.8704e-04	1.7083e-05	1.2884e-04	0.0017
	6-10-1	4.7365e-07	6.8822e-04	1.5271e-04	5.2412e-04	0.0153
	6-15-1	8.8600e-07	9.4128e-04	2.0124e-04	6.9068e-04	0.0201
	6-20-1	1.9889e-09	4.4597e-05	3.1808e-06	2.8628e-05	3.1808e-04
	6-25-1	4.5554e-08	2.1343e-04	4.4364e-05	1.5226e-04	0.0044
	6-30-1	4.2127e-07	6.4905e-04	1.5800e-04	5.4226e-04	0.0158
RBFN	6-5-1	9.2071e-06	0.0030	4.9562e-04	0.0017	0.0496
	6-10-1	1.7836e-05	0.0042	6.9237e-04	0.0024	0.0692
	6-15-1	8.6474e-10	2.9407e-05	2.1289e-06	1.9161e-05	2.1289e-04
	6-20-1	8.5368e-07	9.2395e-04	1.9770e-04	6.7852e-04	0.0198
	6-25-1	8.8008e-08	2.9666e-04	6.3585e-05	2.1823e-04	0.0064
	6-30-1	1.7136e-07	4.1395e-04	8.3560e-05	2.8678e-04	0.0084
EN	6-5-1	0.0401	0.2003	0.0170	0.1285	1.7041
	6-10-1	0.0378	0.1944	0.0187	0.1409	1.8684
	6-15-1	0.0033	0.0571	0.0056	0.0424	0.5628
	6-20-1	0.0097	0.0983	0.0077	0.0578	0.7661
	6-25-1	0.0035	0.0592	0.0062	0.0466	0.6184
	6-30-1	0.0146	0.1208	0.0102	0.0768	1.0177
IBPN	6-5-1	0.0402	0.2005	0.0176	0.1326	1.7578
	6-10-1	0.3783	0.6151	0.0537	0.4052	5.3730
	6-15-1	5.5824e-04	0.0236	4.7750e-04	0.0036	0.0477
	6-20-1	0.0013	0.0361	0.0028	0.0208	0.2757
	6-25-1	2.9979e-04	0.0173	3.2271e-04	0.0024	0.0323
	6-30-1	1.6383e-05	0.0040	1.2479e-04	5.5754e-04	0.0125
RRBFN	6-5-1	5.4097e-07	7.3550e-04	1.6938e-04	5.8134e-04	0.0169
	6-10-1	1.5256e-08	1.2352e-04	2.4624e-05	8.4513e-05	0.0025
	6-15-1	4.6445e-09	6.8151e-05	4.0360e-06	3.2698e-05	4.0360e-04
	6-20-1	7.4147e-08	2.7230e-04	1.7662e-05	1.5896e-04	0.0018
	6-25-1	9.9233e-12	3.1504e-06	2.0739e-07	1.7043e-06	2.0739e-05
	6-30-1	1.0450e-10	1.0222e-05	5.0095e-07	4.1904e-06	5.0095e-05

Table 7. Sensitivity analysis of six ANNs based forecasting models with different hidden neurons using wind farm3 data set

Model	Structure	MSE	RMSE	MRE	MAE	MAPE
BPN	6-5-1	0.1286	0.3586	0.0292	0.2200	2.9167
	6-10-1	0.6739	0.8209	0.0935	0.7055	9.3539
	6-15-1	0.1383	0.3719	0.0625	0.1852	6.2525
	6-20-1	0.1141	0.3377	0.0257	0.2084	2.5718
	6-25-1	0.3413	0.5842	0.0645	0.4862	6.4459
	6-30-1	0.1503	0.3877	0.0626	0.3060	6.3640
MLPN	6-5-1	1.4458e-08	1.2024e-04	2.6217e-06	1.2876e-05	2.6217e-04
	6-10-1	3.1454e-07	5.6084e-04	1.2724e-04	4.3669e-04	0.0127
	6-15-1	8.1435e-07	9.0241e-04	2.0569e-04	7.0593e-04	0.0206
	6-20-1	1.3865e-09	3.7236e-05	1.9835e-06	1.6592e-05	1.9835e-04
	6-25-1	2.4698e-08	1.5715e-04	7.4821e-06	6.7341e-05	7.4821e-04
	6-30-1	3.8703e-07	6.2212e-04	1.5185e-04	5.2116e-04	0.0152
RBFN	6-5-1	9.1183e-06	0.0030	5.2984e-04	0.0018	0.0530
	6-10-1	1.5690e-05	0.0040	6.6167e-04	0.0023	0.0662
	6-15-1	5.6178e-10	2.3702e-05	2.4270e-06	1.1608e-05	2.4270e-04
	6-20-1	8.0905e-07	8.9947e-04	1.9908e-04	6.8327e-04	0.0199
	6-25-1	8.4443e-08	2.9059e-04	6.0850e-05	2.0884e-04	0.0061
	6-30-1	1.1304e-07	3.3622e-04	6.5574e-05	2.2506e-04	0.0066
EN	6-5-1	0.0365	0.1910	0.0249	0.1113	2.4908
	6-10-1	0.0429	0.2072	0.0267	0.1194	2.6731
	6-15-1	0.0031	0.0554	0.0055	0.0415	0.5539
	6-20-1	0.0080	0.0892	0.0147	0.0656	1.4685
	6-25-1	0.0040	0.0636	0.0071	0.0349	0.7098
	6-30-1	0.0111	0.1053	0.0155	0.0692	1.5495
IBPN	6-5-1	0.0211	0.1452	0.0162	0.0723	1.6185
	6-10-1	0.6854	0.8279	0.0364	0.1627	3.6423
	6-15-1	6.6176e-04	0.0257	8.1425e-04	0.0036	0.0814
	6-20-1	0.0011	0.0339	0.0034	0.0151	0.3373
	6-25-1	1.8427e-04	0.0136	0.0013	0.0057	0.1272
	6-30-1	1.1368e-05	0.0034	2.7034e-04	0.0012	0.0270
RRBFN	6-5-1	5.0564e-07	7.1108e-04	1.6052e-04	5.5091e-04	0.0161
	6-10-1	1.2852e-08	1.1337e-04	2.2910e-05	7.8629e-05	0.0023
	6-15-1	3.4725e-09	5.8928e-05	3.8508e-06	3.1198e-05	3.8508e-04
	6-20-1	2.4698e-08	1.5715e-04	7.4821e-06	6.7341e-05	7.4821e-04
	6-25-1	1.1982e-12	1.0946e-06	1.2229e-07	6.3774e-07	1.2229e-05
	6-30-1	1.0371e-10	1.0184e-05	4.7252e-07	4.2528e-06	4.7252e-05

Comparison between Target wind speed and forecast wind speed for wind farm1 using RRBFN

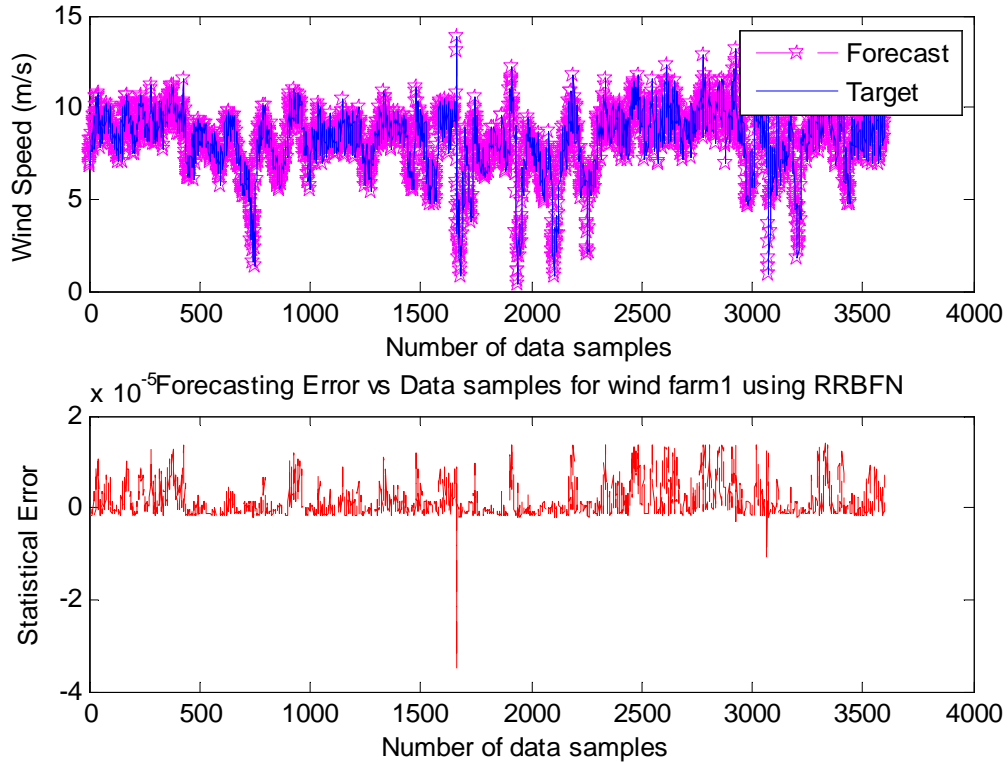


Fig. 7. Comparison between target and forecast wind speed and forecasting error vs. number of data samples for wind farm1 using RRBFN

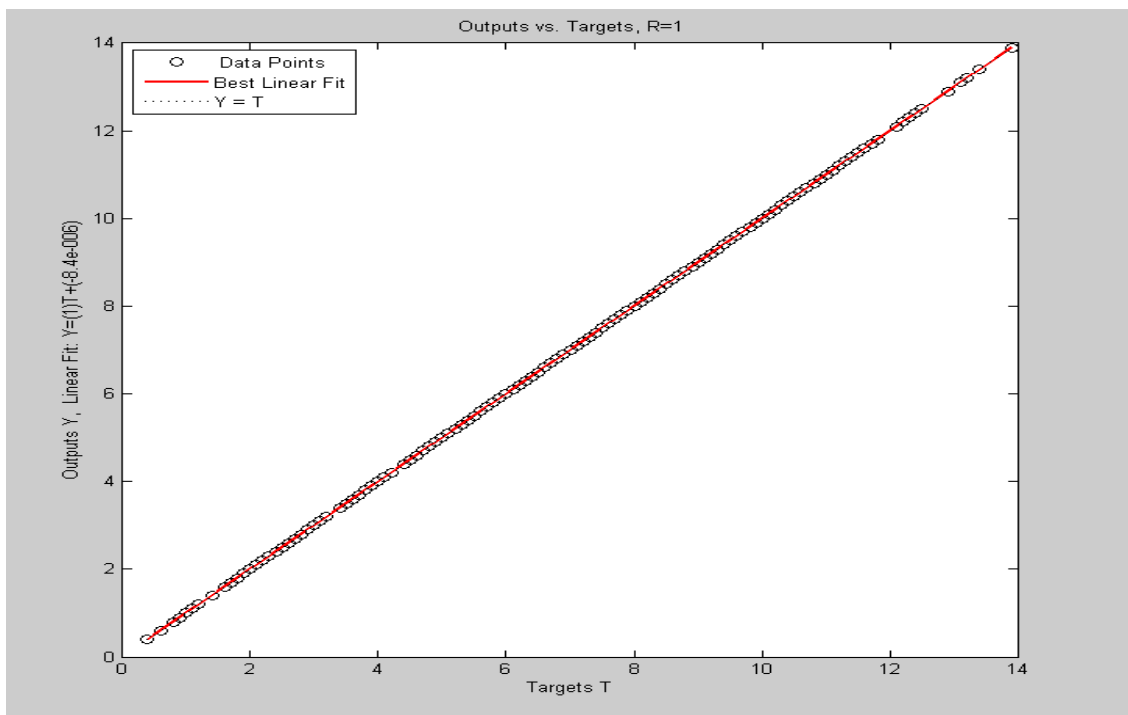


Fig. 8. Outputs vs. Targets for wind farm1 using RRBFN

Comparison between Target wind speed and forecast wind speed for wind farm2 using RRBFN

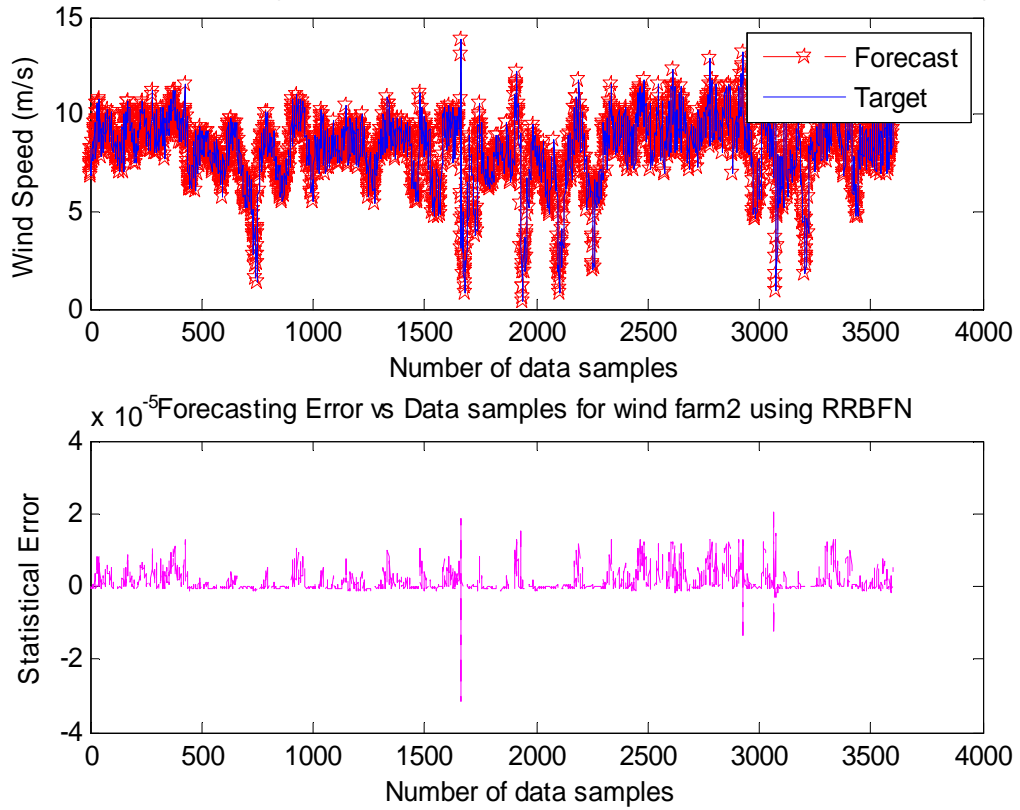


Fig. 9. Comparison between target and forecast wind speed and forecasting error vs. number of data samples for wind farm2 using RRBFN

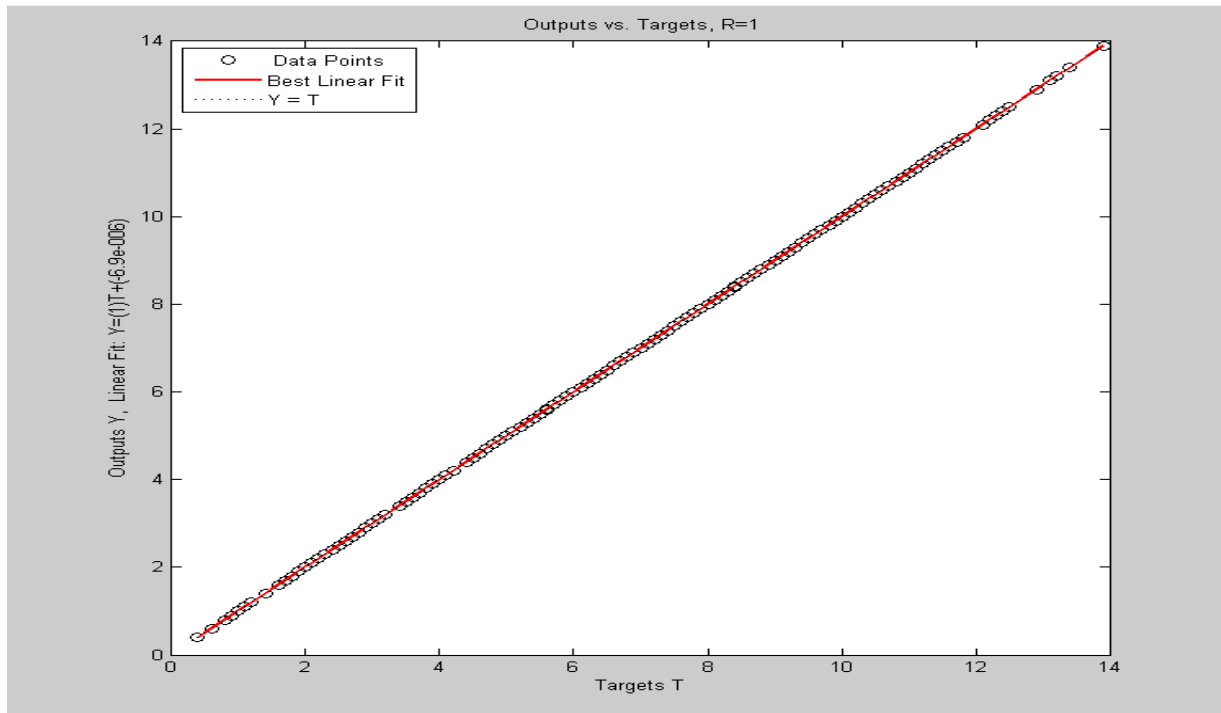


Fig. 10. Outputs vs. Targets for wind farm2 using RRBFN

Comparison between Target wind speed and forecast wind speed for wind farm3 using RRBFN

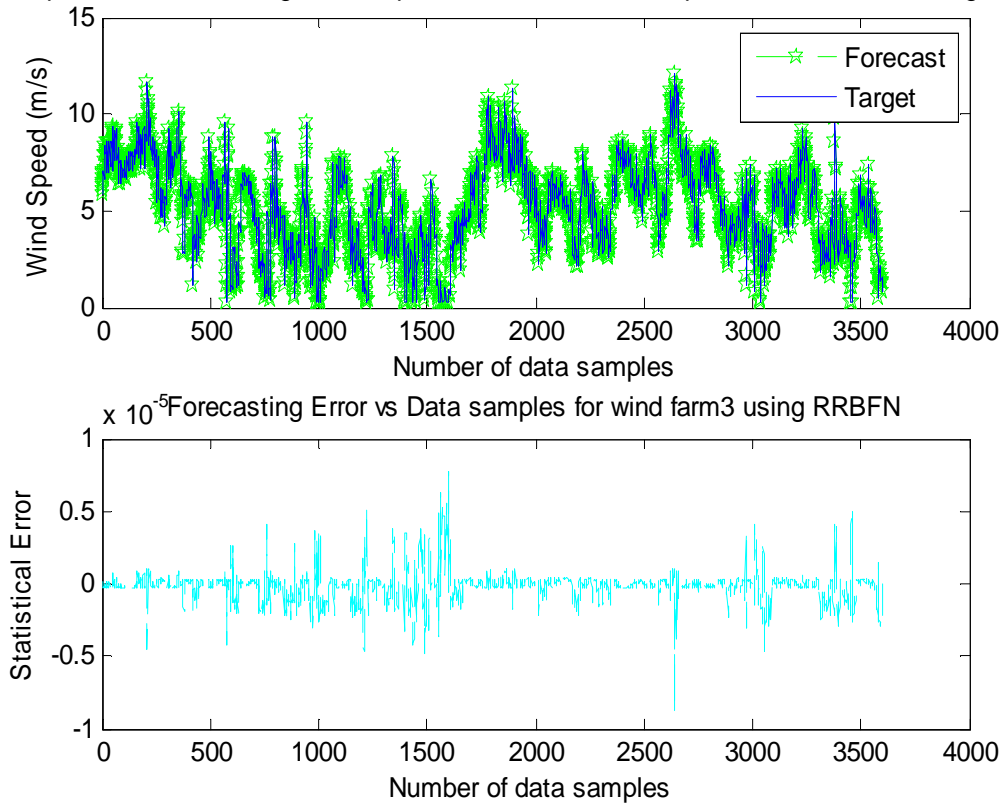


Fig. 11. Comparison between target and forecast wind speed and forecasting error vs. number of data samples for wind farm3 using RRBFN

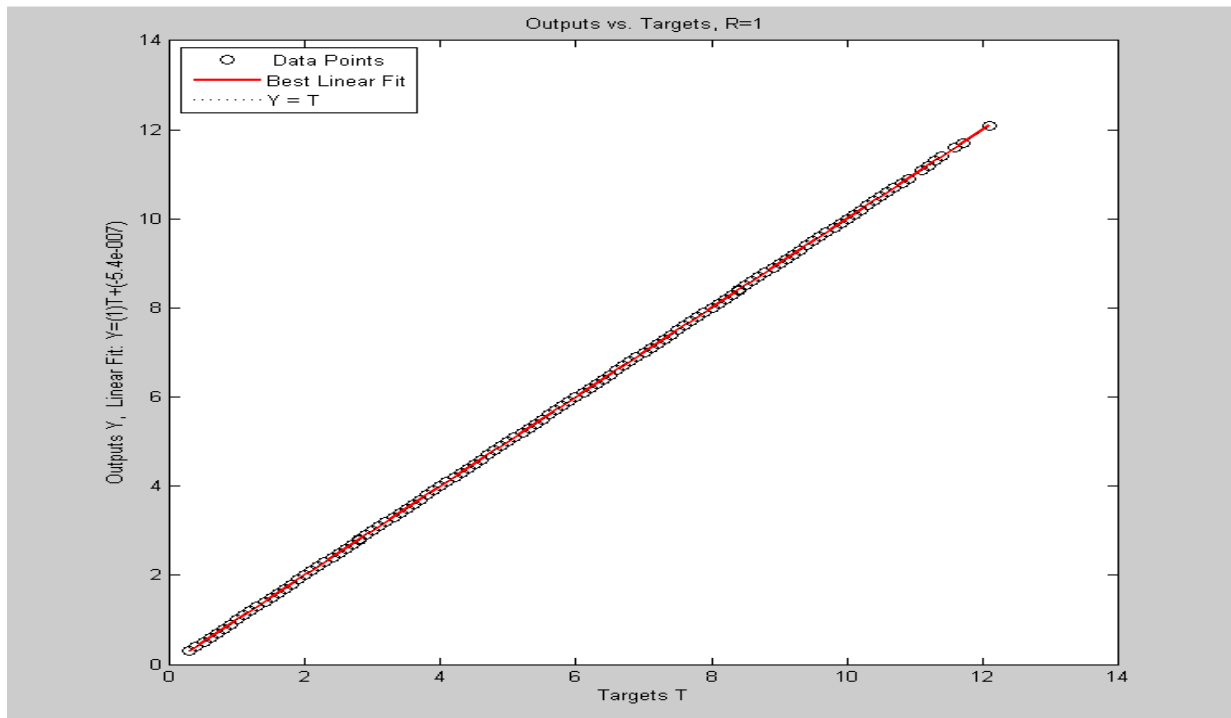


Fig. 12. Outputs vs. Targets for wind farm3 using RRBFN

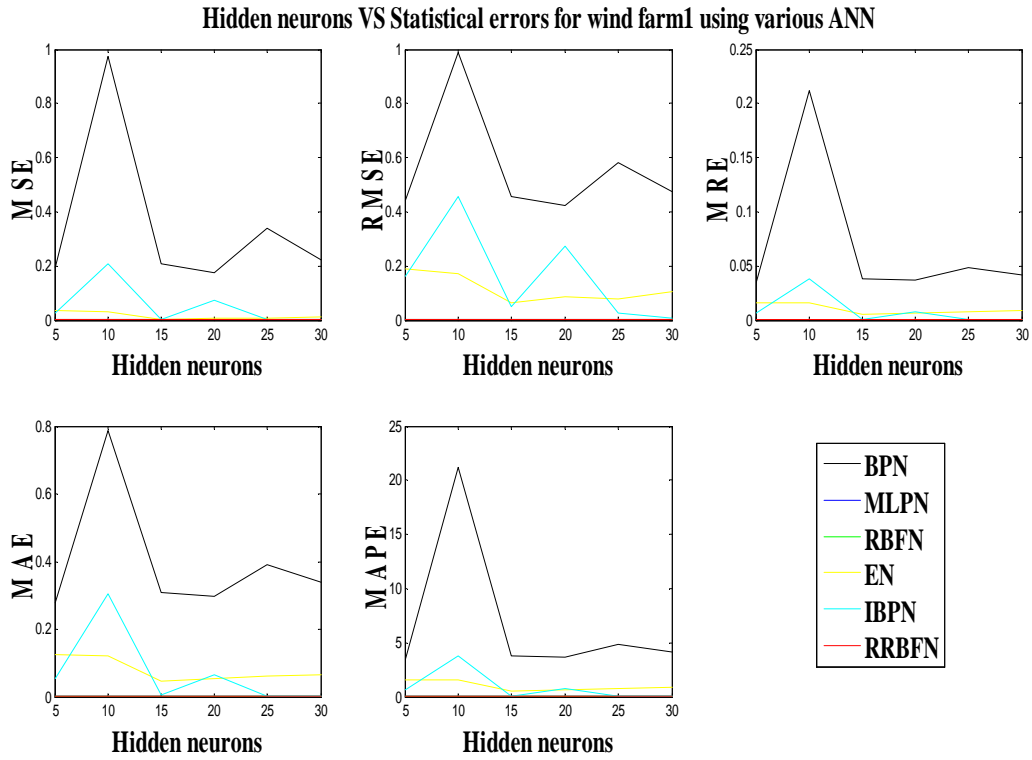


Fig. 13. Hidden neurons vs. Statistical errors for wind farm1 using various ANN

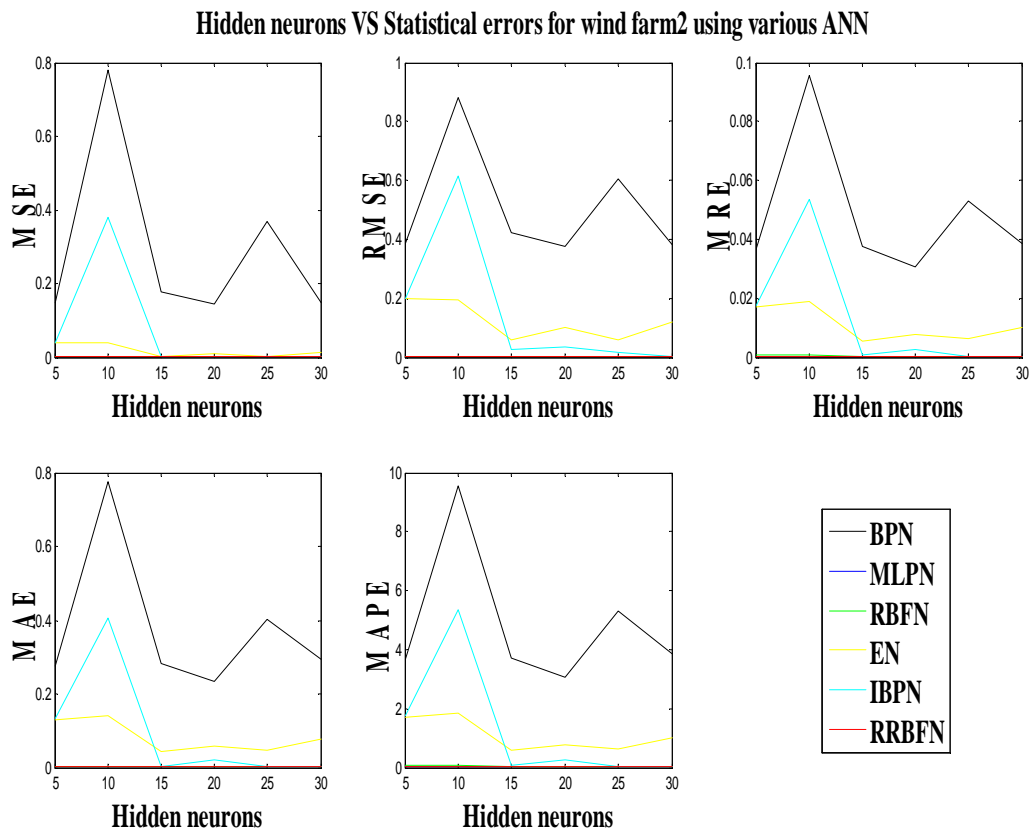


Fig. 14. Hidden neurons vs. Statistical errors for wind farm2 using various ANN

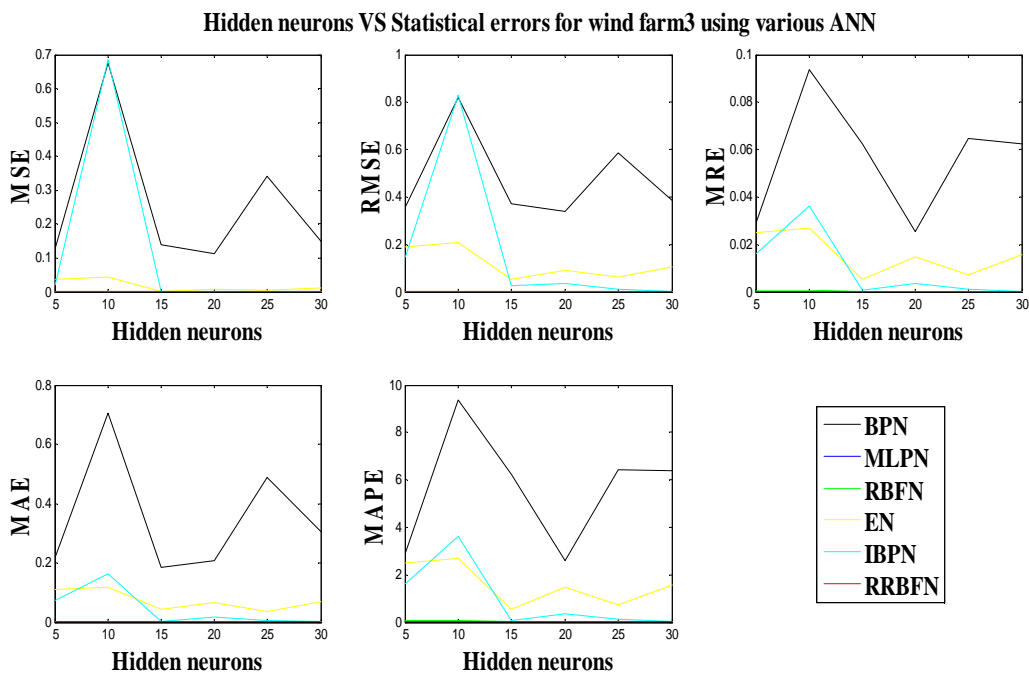


Fig. 15. Hidden neurons vs. Statistical errors for wind farm3 using various ANN

The discrepancy noticed in the Table 5, 6 & 7 because of the improper selection of hidden neurons. Back propagation network based forecasting model with 20 hidden neurons achieve consistent statistical error on three wind farm data sets than that of other hidden neurons. Forecasting model based on multi-layer perceptron network posses 20 hidden neurons in hidden layer obtain the better forecasting accuracy in terms of reduced evolution error metrics on three wind farm data set compared to other hidden neurons. Radial basis function network based forecasting model with 15 hidden neurons outperform than other hidden neurons on three wind farm data sets. Forecasting model based on ELMAN network posse’s 15 hidden neurons tested on three wind farm data sets made acceptable performance compared to other hidden neurons. Improved back propagation network with 30 hidden neurons in the hidden layer based forecasting model through the validation on three wind farm data sets get the minimal evolution error metrics than that of other hidden neurons. Simulation on three wind farm data sets using recursive radial basis function network based forecasting model with 25 hidden neurons achieve the best performance in terms of the lowest evolution error metrics than that of other hidden neurons. It can be seen from the results that wind speed forecasting based on six ANNs with different hidden neurons illustrate varying levels of forecasting accuracy with varying statistical errors. The best hidden neurons for one neural network may not obtain the superior performance for other networks. Each types individual neural outperform with different number of hidden neurons.

Table 5, 6 and 7 depicts that among the six tested wind speed forecasting model best and suitable model for three data sets acquired from different location in Coimbatore region RRBFN with 6 neurons in the input layer, 25 hidden neurons in the hidden layer and single neuron in the output layer will be observed as 6-25-1 is recommended as the best wind speed forecasting model. For purpose of better understating only part of result with 3600 data samples are shown for all wind farm data sets, Fig. 7 and 8 depicts the comparison between target and forecast wind speed and forecasting error vs. number of data sample for wind farm1 using RRBFN and outputs vs. targets for wind farm1 using RRBFN respectively. Similarly, Fig. 9 and 10 presents the comparison between target and forecast wind speed and forecasting error vs. number of data sample for wind farm2 using RRBFN and outputs vs. targets for wind farm2 using RRBFN respectively. Fig. 11 and 12 shows the comparison between targets and forecast wind speed and forecasting error vs. number of data sample for wind farm3 using RRBFN and outputs vs. targets for wind farm3 using RRBFN respectively. Simulation results revealed that the forecast wind speed is in the best agreement with the experimental measured values. Merits of the recursive radial basis function network are it does not need much training time, avoid local mini ma issue, easy to implement and compact. Hence, proposed novel recursive radial basis function network suitable for various applications such as forecasting, function approximation and pattern recognition.

Evolution on three wind farm data sets, comparison of statistical errors such as MSE, RMSE, MRE, MAE and MAPE vs. number of hidden neurons for BPN, MLPN, RBFN, EN, IBPN and RRBFN based wind speed forecasting models are depicted in Fig. 13, 14 and 15 respectively. From Fig. 13–15 it can be noticed that compared to back propagation network the proposed improved back propagation network outperforms with minimal statistical error because demerits of back propagation network (convergence problem, unable to reach acceptable results, and issue of local mini ma) are avoided. Radial basis function network perform better than that of BPN and MLP. Compared to BPN, MLP, RBFN, EN, and IBPN recursive radial basis function network (RRBFN) achieve superior forecasting accuracy with minimal statistical error and forecast wind speed has the best agreement with the real target.

## 5.2 MODELS ASSESSMENT WITH DIFFERENT TIME SCALE FORECASTING

Based on the sensitivity analysis the optimal number of hidden neurons in the hidden layer is identified for all wind speed forecasting models. The best number of hidden neurons based six artificial neural networks are evolved for different time-scale wind speed forecasting namely very short-term, short-term, medium-term and long-term wind speed forecasting. Different time scale wind speed forecasting is performed in order to further evaluate the capability of the six artificial neural network based wind speed forecasting models. All wind farm data sets are utilized for wind speed forecasting and the simulation results are tabulated in Table 8. RRBFN based wind speed forecasting model is significantly achieved the best forecasting performance in all forecasting ranges than other models. Based on this investigation, it can be concluded that the proposed novel RRBFN based forecasting model could be the best alternative for various time scale wind speed forecasting.

For clarity of result, comparison of artificial neural network based forecasting model for different time scale ranges such as very short-term, short-term, medium-term and long-term are shown for all wind farm data sets in Fig. 16, 17, 18 and 19 respectively. It was clear that the compared to other forecasting model RRBFN proves with extremely higher forecasting accuracy.

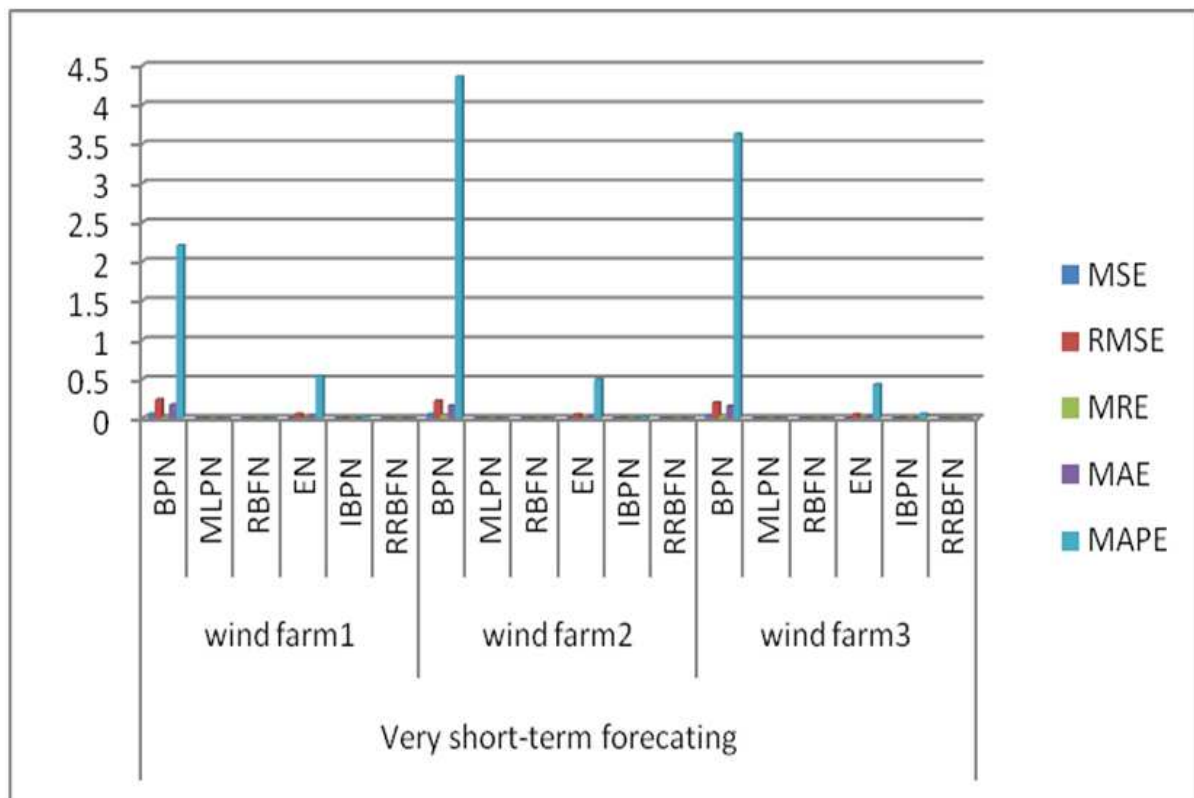


Fig. 16. Comparison of ANN based forecasting models for very-short-term forecasting

Table 8. Performance analysis of implemented six forecasting models based on different time scale ranges using 3 wind farm data set

Time scale	Data sets	Model	MSE	RMSE	MRE	MAE	MAPE
Very short-term	Wind farm1	BPN	0.0572	0.2391	0.0221	0.1755	2.2070
		MLPN	2.0784e-09	4.5589e-05	2.5094e-06	2.2585e-05	2.5094e-04
		RBFN	4.7510e-10	2.1797e-05	2.0798e-06	1.0010e-05	2.0798e-04
		EN	0.0030	0.0550	0.0054	0.0414	0.5423
		IBPN	2.8854e-05	0.0054	2.5015e-04	0.0011	0.0250
		RRBFN	7.1113e-12	2.6667e-06	1.1543e-07	7.5613e-07	1.1543e-05
	Wind farm2	BPN	0.0516	0.2271	0.0436	0.1650	4.3578
		MLPN	1.0254e-09	3.2022e-05	2.7461e-06	1.1289e-05	2.7461e-04
		RBFN	3.6701e-10	1.9158e-05	1.7805e-06	6.3703e-06	1.7805e-04
		EN	0.0027	0.0520	0.0050	0.0348	0.5013
		IBPN	1.0472e-05	0.0032	2.1911e-04	0.0010	0.0219
		RRBFN	5.8549e-12	2.4197e-06	1.0032e-07	7.4154e-07	1.0032e-05
	Wind farm3	BPN	0.0412	0.2029	0.0363	0.1565	3.6272
		MLPN	9.1437e-10	3.0239e-05	1.0318e-06	1.0033e-05	1.0318e-04
		RBFN	1.9212e-10	1.3861e-05	2.3447e-06	9.0771e-06	2.3447e-04
		EN	0.0024	0.0488	0.0043	0.0312	0.4315
		IBPN	7.8466e-06	0.0028	5.5286e-04	0.0018	0.0553
		RRBFN	8.2353e-13	9.0749e-07	9.8905e-08	9.8701e-08	9.8905e-06
Short-term	Wind farm1	BPN	0.0927	0.3044	0.0285	0.2109	2.8474
		MLPN	2.4741e-09	4.9741e-05	7.8167e-06	3.7274e-05	7.8167e-04
		RBFN	6.0930e-10	2.4684e-05	3.5031e-06	1.2400e-05	3.5031e-04
		EN	0.0032	0.0565	0.0056	0.0439	0.5582
		IBPN	3.9105e-05	0.0063	0.0011	0.0038	0.1108
		RRBFN	9.3439e-12	3.0568e-06	2.8451e-07	9.7645e-07	2.8451e-05
	Wind farm2	BPN	0.0797	0.2824	0.0446	0.1923	4.4592
		MLPN	1.2100e-09	3.4785e-05	3.6761e-06	1.3422e-05	3.6761e-04
		RBFN	5.0169e-10	2.2398e-05	2.1183e-06	7.2703e-06	2.1183e-04
		EN	0.0029	0.0542	0.0051	0.0385	0.5108
		IBPN	1.2010e-05	0.0035	3.0738e-04	0.0013	0.0307
		RRBFN	7.2562e-12	2.6937e-06	1.1966e-07	8.5390e-07	1.1966e-05
	Wind farm3	BPN	0.0612	0.2475	0.0400	0.2146	3.9961
		MLPN	1.0672e-09	3.2668e-05	1.0949e-06	1.1021e-05	1.0949e-04
		RBFN	3.2444e-10	1.8012e-05	2.7803e-06	9.5423e-06	2.7803e-04
		EN	0.0026	0.0505	0.0045	0.0315	0.4511
		IBPN	9.7650e-06	0.0031	6.0583e-04	0.0019	0.0606
		RRBFN	1.0371e-12	1.0184e-06	1.0252e-07	4.2528e-07	1.0252e-05
Medium-term	Wind farm1	BPN	0.1301	0.3608	0.0483	0.2592	4.8263
		MLPN	3.1924e-09	5.6501e-05	7.6095e-06	2.6116e-05	7.6095e-04
		RBFN	8.5950e-10	2.9317e-05	6.0713e-06	2.0837e-05	6.0713e-04
		EN	0.0035	0.0592	0.0056	0.0466	0.5584
		IBPN	5.2012e-05	0.0072	0.0012	0.0040	0.1160
		RRBFN	1.0048e-11	3.1699e-06	2.8905e-07	1.2089e-05	2.8905e-05
	Wind farm2	BPN	0.1035	0.3217	0.0453	0.2438	4.5313
		MLPN	1.6095e-09	4.0119e-05	8.0005e-06	2.7458e-05	8.0005e-04
		RBFN	7.5864e-10	2.7543e-05	5.7187e-06	1.9627e-05	5.7187e-04
		EN	0.0030	0.0550	0.0054	0.0454	0.5423
		IBPN	1.4417e-05	0.0038	4.6600e-04	0.0016	0.0466
		RRBFN	8.5737e-12	2.9281e-06	1.8490e-07	1.0074e-06	1.8490e-05

	Wind farm3	BPN	0.1028	0.3206	0.0372	0.2102	3.7191
		MLPN	1.2864e-09	3.5867e-05	1.5579e-06	1.3032e-05	1.5579e-04
		RBFN	4.8769e-10	2.2084e-05	3.3535e-06	1.1510e-05	3.3535e-04
		EN	0.0029	0.0542	0.0051	0.0385	0.5108
		IBPN	1.0472e-05	0.0032	6.1911e-04	0.0021	0.0619
		RRBFN	1.1449e-12	1.0700e-06	1.2002e-07	6.3447e-07	1.2002e-05
Long-term	Wind farm1	BPN	0.1772	0.4209	0.0367	0.2973	3.6698
		MLPN	3.3416e-09	5.7807e-05	6.5243e-06	3.2043e-05	6.5243e-04
		RBFN	9.2549e-10	3.0422e-05	2.4989e-06	2.0903e-05	2.4989e-04
		EN	0.0038	0.0613	0.0056	0.0457	0.5636
		IBPN	6.5041e-05	0.0081	6.2435e-05	5.0583e-04	0.0062
		RRBFN	1.3642e-11	3.6935e-06	2.8456e-07	2.3385e-06	2.8456e-05
	Wind farm2	BPN	0.1430	0.3782	0.0308	0.2324	3.0812
		MLPN	1.9889e-09	4.4597e-05	3.1808e-06	2.8628e-05	3.1808e-04
		RBFN	8.6474e-10	2.9407e-05	2.1289e-06	1.9161e-05	2.1289e-04
		EN	0.0033	0.0571	0.0056	0.0424	0.5628
		IBPN	1.6383e-05	0.0040	1.2479e-04	5.5754e-04	0.0125
		RRBFN	9.9233e-12	3.1504e-06	2.0739e-07	1.7043e-06	2.0739e-05
Wind farm3	BPN	0.1141	0.3377	0.0257	0.2084	2.5718	
	MLPN	1.3865e-09	3.7236e-05	1.9835e-06	1.6592e-05	1.9835e-04	
	RBFN	5.6178e-10	2.3702e-05	2.4270e-06	1.1608e-05	2.4270e-04	
	EN	0.0031	0.0554	0.0055	0.0415	0.5539	
	IBPN	1.1368e-05	0.0034	2.7034e-04	0.0012	0.0270	
	RRBFN	1.1982e-12	1.0946e-06	1.2229e-07	6.3774e-07	1.2229e-05	

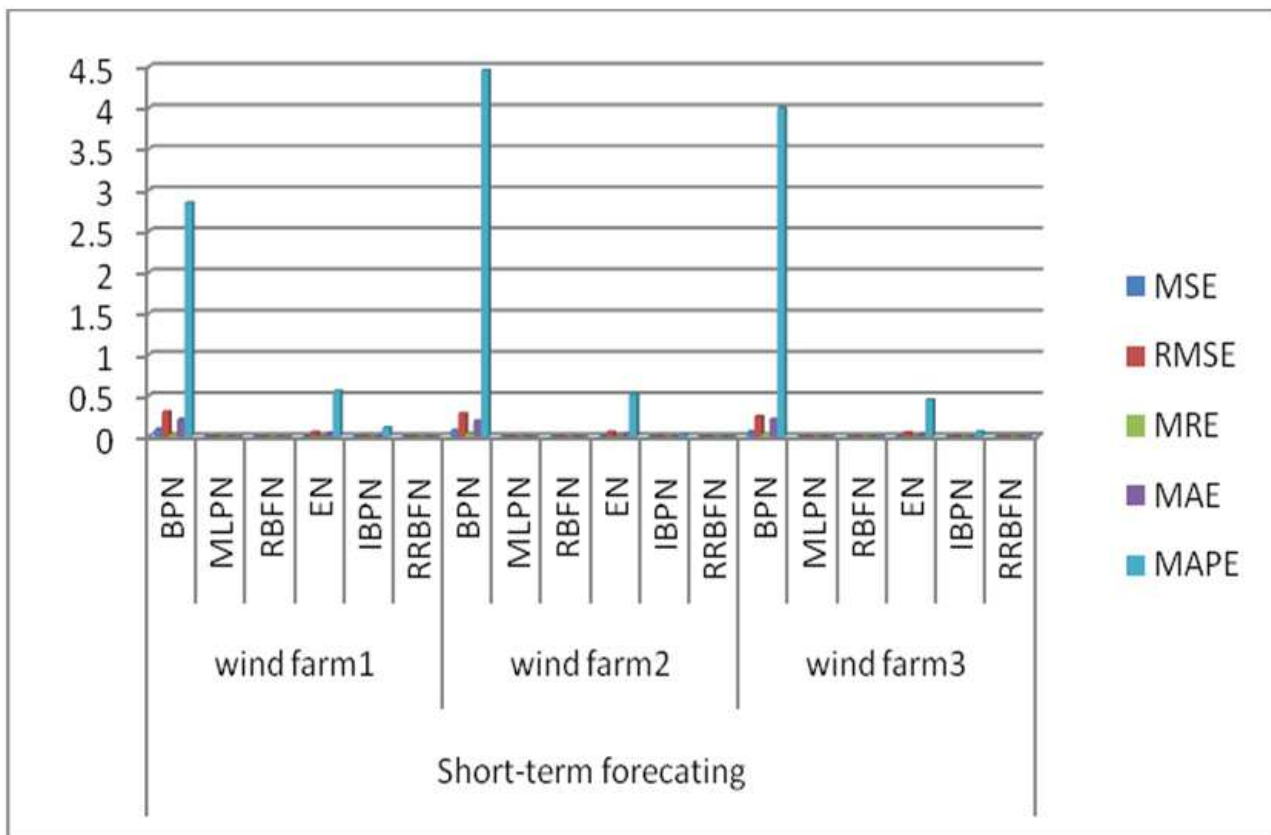


Fig. 17. Comparison of ANN based forecasting models for short-term forecasting

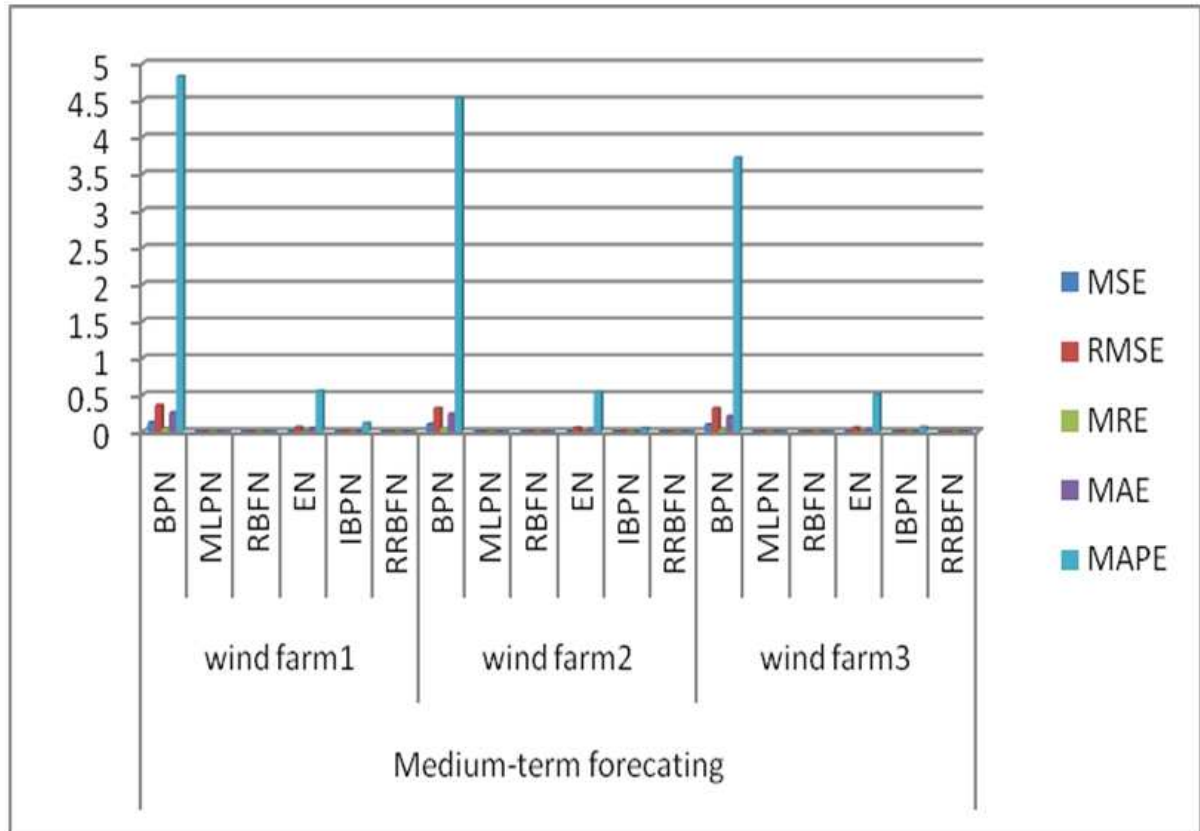


Fig. 18. Comparison of ANN based forecasting models for medium-term forecasting

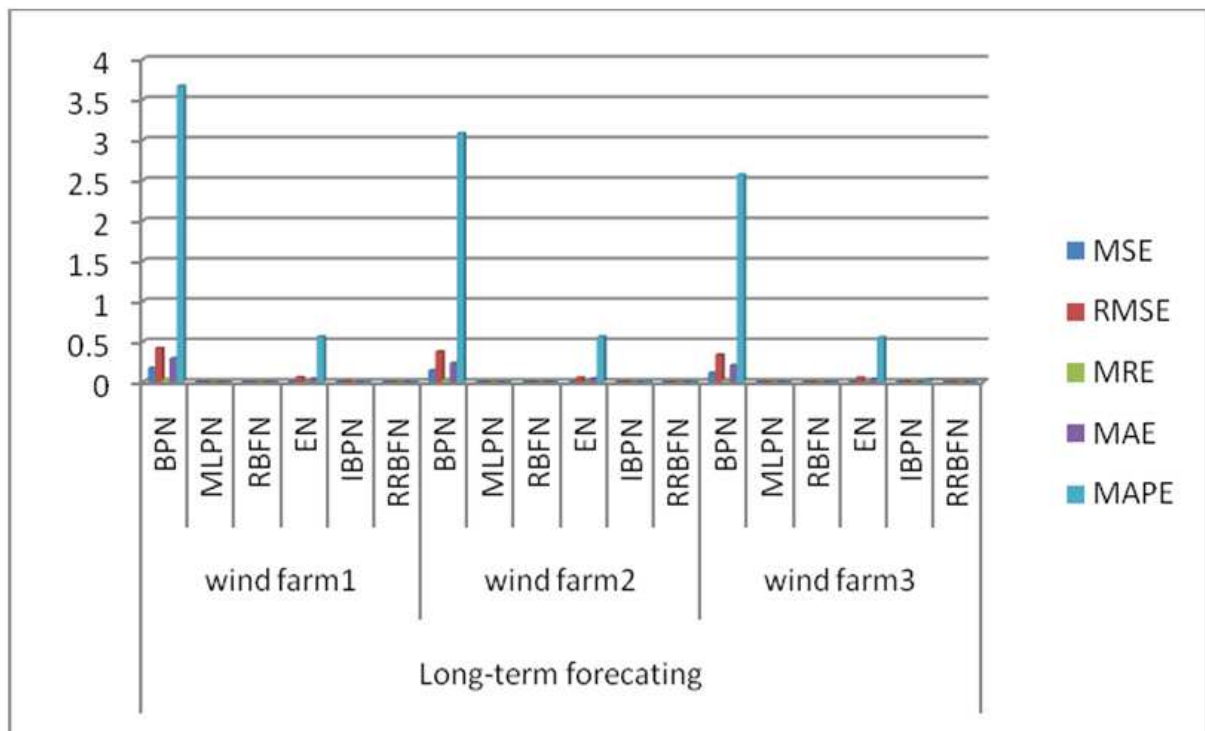


Fig. 19. Comparison of ANN based forecasting models for long-term forecasting

## 6 CONCLUDING AND REMARKS

In this work number of various artificial neural networks based forecasting models namely back propagation network, multi-layer perceptron network, radial basis function network, ELMAN network, improved back propagation network and recursive radial basis function network are developed for forecasting the wind speed. Implemented forecasting models are applied to simulate on three wind farm data sets and forecast the wind speed based on the different time scale such as very short-term, short-term, medium-term, long-term. The optimal hidden neurons for six artificial neural networks are identified. The ultimate goal is to find the best wind speed forecasting model, which can forecast the wind speed with minimal evolution error metrics and suitable for other wind farms. According to the wind farm data sets from three acquisition location in Udumalaipettai, Poolavadi and Edayapalayam; six artificial neural networks based forecasting models are tested. From the simulation results it is discovered that each forecasting model could forecast the wind speed with modest accuracy. However, the RRBFN based wind speed forecasting model rigorously outperforms with the best forecasting accuracy and the least evolution error metrics for different time scale forecasting on three different wind farm data sets in comparison to other forecasting models.

## ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to express gratitude to the Suzlon Energy Private Limited for provision of real-time observations in order to carry out research work. Mr. M. Madhiarasan supported by Rajiv Gandhi National Fellowship (F1-17.1/2015-16/RGNF-2015-17-SC-TAM-682 / (SA-III/Website)).

## REFERENCES

- [1] "Installed Wind Capacity", Indianwindpower.com, Retrieved 21 November, 2015.
- [2] Anurag More., and Deo, M. C., "Forecasting wind with Neural Networks", *Marstruct*, vol. 16, no. 1, pp. 35-49, 1995.
- [3] Damousis, I. G., Alexiadis, M. C., Theocharis, J. B., and Dokopoulos, P. S., "A Fuzzy Model for Wind Speed Prediction and Power Generation in Wind Parks using Spatial Correlation", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, pp. 1-10, 2004.
- [4] Fonte, P. M., Silva, G. X., and Quadrado, J. C., "Wind speed prediction using artificial neural networks", *Proceedings of the sixth WSEAS international conference on neural networks*, pp. 134-139, 2005.
- [5] Torres, J., Garcia, A., Deblas, M., and Defrancisco, A., "Forecast of hourly average wind speed with ARMA models in Navarre (Spain)", *Sol Energy*, vol. 79, no. 1, pp. 65-77, 2005.
- [6] Cameron, W. Potter., and Michael Negnevitsky., "Very Short-Term Wind Forecasting for Tasmanian Power Generation", *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 21, no. 2, pp. 965-972, 2006.
- [7] Thanasis, G. Barbounis., John, B. Theocharis., Minas, C. Alexiadis., and Petros, S. Dokopoulos., "Long-Term Wind Speed and Power Forecasting Using Local Recurrent Neural Network Models", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 21, no. 1, pp. 273-284, 2006.
- [8] Erasmo Cadenas., and Wilfrido Rivera., "Wind speed forecasting in the South Coast of Oaxaca, Me'xico", *Renewable Energy*, vol. 32, pp. 2116-2128, 2007.
- [9] Mohammad Monfared., Hasan Rastegar., and Hossein Madadi Kojabadi., "A new strategy for wind speed forecasting using artificial intelligent methods", *Renewable Energy*, vol. 34, pp. 845-848, 2009.
- [10] Junfang Li., Buhan Zhang., Chengxiong Mao., Guang Long Xie., Yan Li., and Jiming Lu., "Wind speed prediction based on the Elman recursion neural networks", *International Conference on Modelling, Identification and Control*, Okayama, pp. 728-732, 2010.
- [11] Nan Xiaoqiang., Li Qunzhan., Yu Junxiang., and You Zhiyu., "Wind Speed Forecasting Based on Combination Forecasting Model", *International Conference of Information Science and Management Engineering (ISME)*, vol. 2, pp. 185-189, 2010.
- [12] Ying-Yi Hong., and Ching-Ping Wu., "Hour-ahead wind power and speed forecasting using market basket analysis and radial basis function network", *International Conference on Power System Technology (POWERCON)*, pp. 1-6, 2010.
- [13] Upadhyay, K. G., Choudhary, A. K., and Tripathi, M. M., "Short-term wind speed forecasting using feed-forward back-propagation neural network", *International Journal of Engineering, Science and Technology*, vol. 3, no. 5, pp. 107-112, 2011.
- [14] Pourmousavi Kani, S. A., and Ardehali, M. M., "Very short-term wind speed prediction: A new artificial neural network-Markov chain model", *Energy Conversion and Management*, vol. 52, pp. 738-745, 2011.

- [15] Pedro Gomes., and Rui Castro., "Wind Speed and Wind Power Forecasting using Statistical Models: AutoRegressive Moving Average (ARMA) and Artificial Neural Networks (ANN)", *International Journal of Sustainable Energy Development (IJSED)*, vol. 1, no. 1/2, pp. 36-45, 2012.
- [16] TarekAboueldahab., "Short term wind speed prediction using a new hybrid model with passive congregation", *International Journal of Computers & Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 211-217, 2012.
- [17] Ramesh Babu, N., and Arulmozhivarman, P., "Improving forecast accuracy of wind speed using wavelet transform and neural networks", *J Electr Engg Technol*, vol. 8, no.3, pp. 559-564, 2013.
- [18] Ying-Yi Hong., Ti-Hsuan Yu., and Ching-Yun Liu., "Hour-Ahead Wind Speed and Power Forecasting Using Empirical Mode Decomposition", *Energies*, vol. 6, pp. 6137-6152, 2013.
- [19] Hanieh Borhan Azad., Saad Mekhilef., and Vellapa Gounder Ganapathy., "Long-Term Wind Speed Forecasting and General Pattern Recognition Using Neural Networks", *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 5, no. 2, pp. 546-553, 2014.
- [20] Cao Gao-cheng., and Huang Dao-huo., "Ultra-Short-Term wind speed prediction using RBF Neural Network", *International Symposium on Computers & Informatics (ISCI 2015)*, pp. 2441-2448, 2015.
- [21] Jianzhou Wang., Shanshan Qin., Qingping Zhou., and Haiyan Jiang., "Medium-term wind speeds forecasting utilizing hybrid models for three different sites in Xinjiang, China", *Renewable Energy*, vol. 76, pp. 91-101, 2015.
- [22] Osamah Basheer Shukur., and Muhammad Hisyam Leea., "Daily Wind Speed Forecasting Through Hybrid AR-ANN and AR-KF Models", *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, vol. 72, no. 5, pp. 89-95, 2015.
- [23] Erdong Zhao., Jing Zhao., Liwei Liu., Zhongyue Su., and Ning An., "Hybrid Wind Speed Prediction Based on a Self-Adaptive ARIMAX Model with an Exogenous WRF Simulation", *Energies*, vol. 9, no. 7, pp. 1-20, 2016.
- [24] Madhiarasan, M., and Deepa, S. N., "A novel criterion to select hidden neuron numbers in improved back propagation networks for wind speed forecasting", *Applied intelligence*, vol. 44, no. 4, pp. 878-893, 2016.

## AUTHOR BIOGRAPHY



Mr. M. MADHIARASAN has completed his B.E (EEE) in the year 2010 from Jaya Engineering College, Thiruninravur, M.E. (Electrical Drives & Embedded Control) from Anna University, Regional Centre, Coimbatore, in the year 2013. He is currently doing Research (Ph.D) under Anna University, TamilNadu, India. His Research areas include Neural Networks, Modeling and simulation, Renewable Energy System and Soft Computing.



Dr.S.N.Deepa has completed her B.E (EEE) in the year 1999 from Government College of Technology, Coimbatore, M.E.(Control Systems) from PSG College of Technology in the year 2004 and Ph.D.(Electrical Engineering) in the year 2008 from PSG College of Technology under Anna University, TamilNadu, India. Her Research areas include Linear and Non-linear control system design and analysis, Modeling and simulation, Soft Computing and Adaptive Control Systems.

## Contribution à l'étude de la biodiversité et de l'écologie des Araignées du sol dans un champ cultivé de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) à Kisangani, RD Congo

### [ Contribution to the study of biodiversity and the ecology of the soil Spiders in a field cultivated of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) in Kisangani City, DR Congo ]

Pascal Baelo<sup>1</sup>, Corneille Kahandi<sup>1</sup>, Jeannot Akuboyi<sup>1</sup>, Jean Louis Juakaly<sup>2</sup>, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>2</sup>Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>3</sup>Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2016 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 present study was undertaken with the aim to evaluate the diversity, the size and the vertical, horizontal and monthly distributions of the soil spiders in a field of cassava. Two methods were used, the "distance sampling" and the "Barber" trap. The identification of spiders was carried out using a binocular magnifying glass and identification key books of the Africa spiders. Each spiders sample was measured at the cephalothorax region with the help of graduated micrometer. The obtained results were analyzed by the mean of khi-square statistic test. 306 specimens of spiders belonging to 7 families, 10 genus and 12 species were harvested and identified. By the mean of "distance sampling" technique, 135 specimens belonging to 2 families and 7 species were captured. Lycosidae family was the most abundant (227 specimens) and the more diversified (4 species out of 7 harvested), following by the Ctenidae family (3 species out of 8 specimens). By the mean of "Barber" trap, 171 specimens belonging to 6 families were captured among which Lycosidae family was also the most abundant with 167 specimens and the more diversified (4 species out of 9 harvested) that the other (Salticidae, Gnaphosidae and Lycosidae). The ecological approach revealed that the spiders in this biotope circulate at the soil level ( $\pm 0.96$  cm) and that they have small sizes (2.07 mm to the level of the cephalothorax). Weeding and/or the ploughing could simplify the agro-systems and thus would involve their colonization by spiders of small sizes essential for the regulation of the population of the devastating insects of the cassava.

**KEYWORDS:** Spiders, Biodiversity, Biological struggle, Agro-ecosystem, Kisangani city, Democratic Republic of the Congo.

**RÉSUMÉ:** La présente étude a pour objectif d'évaluer la diversité, la taille et les distributions verticale, horizontale et mensuelle des araignées du sol dans un champ de manioc. Deux méthodes étaient utilisées, la « Distance sampling » et le piège « Barber ». L'identification des araignées a été faite à l'aide d'une loupe binoculaire et la clé d'identification des araignées d'Afrique. Chaque araignée a été mesurée au niveau du céphalothorax à l'aide d'un micromètre gradué. Les résultats obtenus ont été analysés à l'aide du test statistique de khi-carré. Au total 306 araignées appartenant à 7 familles, 10 genres et 12 espèces ont été récoltés et identifiés. Par la méthode de « Distance sampling », 135 spécimens ont été capturés. Ils sont répartis dans deux familles et sept espèces. Les Lycosidae sont à la fois les plus abondants (227 spécimens des effectifs) et les plus diversifiées (4 espèces sur 7 récoltées), suivie des Ctenidae (3 espèces sur 8 spécimens). Par la technique de piège « Barber », 171 spécimens appartenant à 6 familles ont été capturés. La famille des Lycosidae est aussi la plus abondante avec 167 sur 171 spécimens capturés et la plus diversifiée (4 espèces sur 9 récoltées) que les autres (Salticidae, Gnaphosidae et Lycosidae). L'approche écologique montre que les araignées dans ce biotope circulent au ras du sol ( $\pm 0,96$  cm) et qu'elles sont de petites tailles (2,07 mm au niveau du céphalothorax). Le sarclage et/ou le labour pourrait

simplifier les agro-systèmes et pourrait ainsi entraîner leur colonisation par des araignées de petites tailles indispensables pour la régulation de la population des insectes ravageurs du manioc.

**MOTS-CLEFS:** Araignées, Biodiversité, Lutte biologique, Agro-écosystème, Kisangani, République Démocratique du Congo.

## 1 INTRODUCTION

Les recherches sur les araignées à Kisangani sont restés rares [1], [2] par rapport à d'autres domaines de la zoologie comme les mammifères, les poissons, les oiseaux..., et pourtant, elles ont su exploité tous les milieux, s'adapter à toutes les façons de vivre depuis le rivage maritime jusqu'aux hautes montagnes y compris l'intimité des eaux douces et les milieux souterrains et perfectionner leurs comportements dans les conditions qui méritent l'admiration de tous les chercheurs [3].

Dans les milieux de culture, conserver ou restaurer une grande biodiversité arachnologique sur ce site, accroît les potentialités de trouver les espèces adaptées à protéger l'agro-écosystème considéré aux différentes époques de l'année. Ainsi, en complément d'autres espèces insectivores (reptiles, amphibiens, hirondelles et autres oiseaux, chauves-souris et autres mammifères insectivores), les araignées peuvent être incluses dans les stratégies de lutte biologique contre les insectes dits nuisibles. La plus part des araignées se distinguent des autres (qui construisent des toiles) par leur «tapetum» c'est-à-dire le pouvoir qu'ont leurs yeux de refléter la lumière la nuit comme la plus part des carnivores (chiens, chats,...) et par leurs façons de capturer leur proie, elles chassent à l'affût [4], [5], [6].

La présente étude présente les résultats d'une étude sur les araignées dans un champ de manioc et s'inscrit dans le cadre d'une étude générale de la biodiversité et l'écologie des araignées du sol dans les agro-écosystèmes de Kisangani. Le but de ce travail est d'évaluer la diversité des araignées du sol dans un champ cultivé de manioc, leur taille, leur proportion, leur distributions verticale, horizontale et mensuelle. En effet, une meilleure connaissance de ces groupes zoologiques permettrait de résoudre en partie les problèmes liés à la conservation de la nature et la productivité agricole afin de faire face à la crise alimentaire actuelle liée à la croissance démographique galopante.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

La ville de Kisangani est située au Nord-est de la cuvette centrale congolaise, en plein milieu équatorial, sa superficie mesure environ 1910 km<sup>2</sup> [7].

La situation de la ville de Kisangani près de l'équateur lui confère un climat équatorial du type continental appartenant selon la classification de Koppen au groupe A<sub>f</sub>. Ce groupe est caractérisé par les climats tropicaux humides à température moyenne du mois le plus froid égale ou supérieure à 18°C. La hauteur moyenne des pluies du mois le plus sec est supérieure à 60 mm et l'amplitude thermique inférieure à 5°C. Les pluies y sont généralement abondantes bien que l'on observe une baisse de décembre à février et de juin à août, faisant apparaître deux petites saisons relativement sèches [8], [9].

Les coordonnées géographiques au niveau du champ de manioc où nous avons récolté les données sont : N 00°30'55,1'' ; E 025°10'31,5'' et l'altitude est de 391 m.

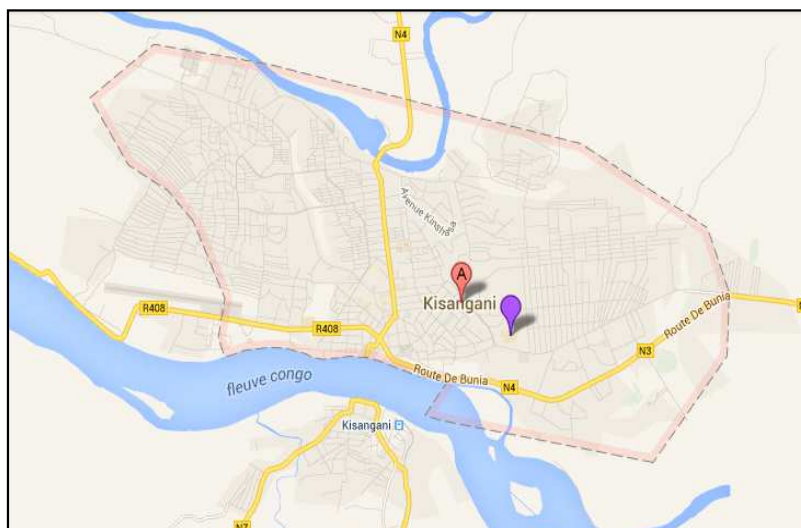


Figure 1 : Localisation géographique de la ville de Kisangani (RD Congo)

Source : <https://maps.google.fr/>

## 2.2 MÉTHODES UTILISÉES

Deux méthodes étaient utilisées lors de cette étude :

- La « Distance sampling » telle que décrite par [10], est une technique d'échantillonnage basée sur la distance entre le récolteur et les objets récoltés. Les lampes torches frontales étaient utilisées, et les araignées étaient capturées grâce au tapetum de leurs yeux secondaires, qui réfléchit la lumière et permet de les localiser. Une fois repérée, l'araignée était capturée rapidement à l'aide d'une pince entomologique.
- Le piège « Barber », est une variante de pitfall [11]. Il était constitué d'une boîte plastique d'un litre, remplie au tiers de formol (à 4%), et couvert d'une toiture en polyéthylène pour éviter la dilution du liquide conservateur par la pluie, car le relevé était fait une fois toutes les deux semaines.

L'identification des espèces a été faite grâce à une loupe binoculaire de marque Wild Heerbrugg au grossissement 500X et à la clé d'identification des araignées d'Afrique [3], [12], [13]. La loupe utilisée est un appareil d'optique servant à examiner après agrandissement non seulement les objets opaques avec un minimum de fatigue pour la vue, mais aussi donne une image en relief et non inversée comme dans le microscope ordinaire [14]. Cette loupe était dotée d'un micromètre gradué pour mesurer la taille du céphalothorax (CT) et du tibia plus patella. Les mesures obtenues étaient convertis en mm (une graduation égale à 0,125 mm).

Les résultats obtenus ont été soumis au test de chi-carré :  $\chi^2 = \sum \frac{(Fk - Fk')^2}{Fk}$  avec  $Fk = \frac{n}{k}$ , ddl=k - 1, pour comparer les proportions entre les espèces mais aussi comparer les proportions en nombre de capture par mois. La moyenne  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ , a été utilisée pour déterminer la taille moyenne de l'individu, la distance et la hauteur moyenne de capture.

## 3 RÉSULTATS

### 3.1 APERÇU SYSTÉMATIQUE

Au total, 306 araignées étaient récoltées et groupées en 7 familles et au moins 12 espèces.

#### 3.1.1 MÉTHODE DE « DISTANCE SAMPLING »

Le tableau 1 donne la biodiversité et l'abondance relative des araignées.

**Tableau 1. Biodiversité et abondance relative des araignées capturées par la méthode « Distance sampling »**

Famille	Espèce	Nbre	%
Ctenidae	<i>Ctenus nigromaculatus</i> , THORELL, 1899	1	0,7
	<i>Ctenus fallax</i> , des ARTS, 1912	3	2,2
	<i>Ctenus sp</i> des ARTS, 1912	4	2,9
Lycosidae	<i>Pardosa injucunda</i> , CAMBRIDGE, 1876	46	34,0
	<i>Artosa sp</i> , KOCH, 1838	27	20,0
	<i>Trochosa sp</i> , KOCH, 1847	32	23,7
	<i>Geolycosa sp</i> , KOCH, 1847	22	16,3
Tot./ 2	7	135	100

Le tableau 1 montre que la famille des Lycosidae est la plus abondante et la diversifiée avec quatre espèces sur les sept récoltées, soit 57,1% des espèces. L'espèce *Pardosa injucunda* est la plus abondante avec 46 spécimens (soit 34,0%), l'espèce *Ctenus nigromaculatus* est la moins abondante avec un seul spécimen (soit 0,7%). Cette différence des proportions entre les espèces capturées la nuit par la méthode de « Distance sampling » est significative ( $\chi^2_{obs} = 91,69$  est supérieur à  $\chi^2_{tab} = 12,596$  au seuil de signification  $\alpha = 5\%$  ; ddl = 6).

### 3.1.2 RÉCOLTE AU PIÈGE « BARBER »

Les résultats de capture des araignées à l'aide de pitfall sont donnés dans le tableau 2.

**Tableau 2: Biodiversité et abondance relative des araignées capturées au piège Barber**

Famille	Espèce	Nbre	%
Lycosidae	<i>Pardosa injucunda</i> , CAMBRIDGE, 1876	86	49,9
	<i>Arctosa sp</i> , KOCH, 1847	39	22,9
	<i>Trochosa sp</i> , SUNDERVALL, 1833	14	8,2
	<i>Geolycosa sp</i> , KOCH, 1838	25	14,7
Corinnidae	<i>Copa sp</i> , KARSCH, 1880	2	1,1
Salticidae	<i>Pelenes sp</i> , BLACKWAIL, 1841	1	0,5
Oxyopidae	<i>Oxyopes sp</i> , LATREILLE, 1804	2	1,1
Gnaphosidae	<i>Zelotes sp</i> , POCOCK, 1898	1	0,5
Zodariidae	<i>Mallinella sp</i> , THORELL, 1881	1	0,5
<b>Tot/ 6</b>	<b>9</b>	<b>171</b>	<b>100</b>

Il ressort du tableau 2 que l'espèce *Pardosa injucunda* domine le peuplement avec 86 spécimens (49,9%), soit presque la moitié des effectifs. Les espèces, *Pelenes sp*, *Oxyopes sp* et *Mallinella sp* sont très peu représentées avec un seul spécimen chacun (soit 0,5%). La famille des Lycosidae est également la plus diversifiée, mais avec 44,4% d'espèces. L'observation des écarts de proportions entre les espèces capturées au piège « Barber » est significative ( $\chi^2_{obs} = 33,848$  supérieur à  $\chi^2_{tab} = 15,507$  au seuil de probabilité  $\alpha = 5\%$ ).

### 3.2 DISTRIBUTION MENSUELLE DES RÉCOLTES

La distribution mensuelle des araignées récoltées est donnée dans les tableaux 3 et 4, les comparaisons des mois en nombre d'individus capturés ont été faites au niveau des familles.

**Tableau 3: Distribution temporelle des familles capturées par la méthode « Distance sampling »**

Mois	Ctenidae	Lycosidae	Effectif	%
Janvier	5	28	33	24,4
Février	3	41	44	32,5
Mars	0	21	21	15,5
Avril	0	37	37	27,4
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>127</b>	<b>135</b>	<b>100</b>

Il ressort de ce tableau que le mois de février était le mois le plus fructueux en termes de récolte (44/135) par rapport aux autres mois. Nous pensons que le nombre de relevé, le sarclage et le labour seraient à la base. Cette différence de proportion en nombre d'individus capturés par mois par la méthode de « Distance sampling » est significative ( $\chi^2_{obs} = 8,24$  supérieur à  $\chi^2_{tab} = 7,815$  au seuil de probabilité  $\alpha = 5\%$ ).

Tableau 4: Distribution temporelle des familles après capture au piège « Barber »

Mois	Lycosidae	Gnaphosidae	Oxyopidae	Zodariidae	Salticidae	Corinnidae	effectifs	%
Février	112	1	2	1	1	2	119	66,3
Mars	52	0	0	0	0	0	52	33,6
<b>Total</b>	<b>164</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>171</b>	<b>100</b>

Le tableau 4 révèle que le mois de février est le plus fructueux par rapport au mois de mars. Cela peut être dû au fait qu'au mois de mars les activités de sarclage étaient énormes par rapport au mois de février. La différence de proportion en nombre de spécimens des araignées capturées par mois au piège « Barber » est significative ( $\chi^2_{obs} = 26,24$  supérieur à  $\chi^2_{tab} = 3,84$  au seuil de signification  $\alpha = 5\%$ ).

### 3.3 DISTRIBUTION VERTICALE ET HORIZONTALE DES RECOLTES.

Les moyennes des hauteurs et des distances de capture des espèces récoltées par la méthode de « Distance sampling » sont données dans la figure 2.

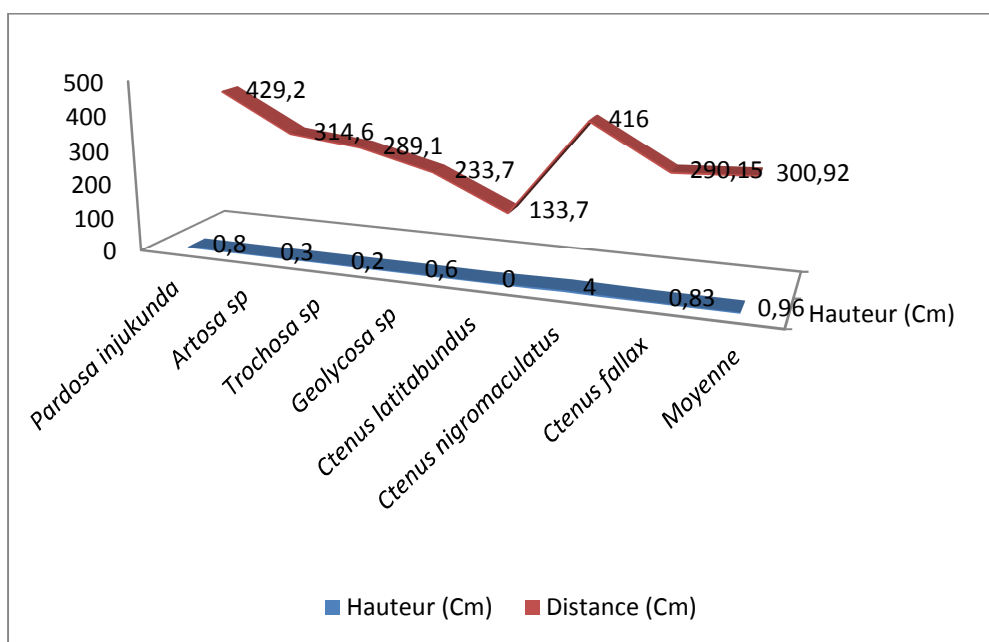


Figure 2. Moyennes des hauteurs et des distances de capture des espèces récoltées

Il ressort de la figure 2 que la hauteur la plus élevée est de 4 cm (*Ctenus nigromaculatus*) et la plus basse est de 0 cm (*Ctenus fallax* et *Ctenus latitabundus*). La moyenne se situe donc autour de 0,96 cm. Généralement, ces espèces sont errantes et circulent surtout au ras du sol ou dans la litière. Elles se trouvent souvent à moins d'un centimètre. Par contre, la distance la plus petite est de 133,7 cm et la plus éloignée est de 429,2 cm avec une moyenne de 300,9 cm.

### 3.4 TAILLE DES ESPÈCES

Le tableau 5 donne les valeurs moyennes de taille des espèces capturées.

Tableau 5 : Valeurs moyennes de taille des espèces capturées

Espèce	Juvéniles		Adultes	
	CT (mm)	TP (mm)	CT (mm)	TP (mm)
<i>Pardosa injukunda</i>	2	2,4	3	3,6
<i>Arctosa sp</i>	2,8	3,3	3,5	4
<i>Trochosa sp</i>	2	2,4	3	3,5
<i>Geolycosa sp</i>	2	2,4	3,1	3,5
<i>Ctenus latitabundus</i>	2,2	2,5	3	3,4
<i>Ctenus fallax</i>	2,5	3,2	4	4,6
<i>Ctenus nigromaculatus</i>			2,5	3,3
<i>Copa sp</i>			3,3	4
<i>Pelenes sp</i>	3,1	4		
<i>Oxyopes sp</i>			3,4	4,1
<i>Zelotes sp</i>	2	2,4		
<i>Mallinella sp</i>			2,4	3

Légende : CT Céphalothorax; TP Tibia-patella

Les résultats du tableau 5 indiquent que la taille des espèces varie beaucoup pour les juvéniles : elle va de 2 mm à 3,1 mm (CT) et de 2,4 mm à 4 mm (TP). Pour les adultes, elle va de 2,4 mm à 4 mm (CT) et de 3 mm à 4,6 mm (TP). La moyenne générale se situe donc à 2,07 mm (CT) et 2,44 mm (TP). Nous formulons l'hypothèse que le terrain (agro-système) régulièrement entretenu est facilement colonisé par les araignées de petites tailles.

#### 4 DISCUSSION

Puisque les Araignées sont finement adaptées à leur habitat, il est facile à comprendre que le moindre changement aura un impact sur la composition de la faune. Ainsi, la densité des populations, la taille moyenne des araignées appartenant à une espèce particulière dépendra de la qualité de l'habitat [15]. Dans un champ de manioc, la complexité de l'habitat est de loin inférieure à celle d'une forêt ce qui explique pourquoi il y aura beaucoup moins d'araignées dans le premier, car c'est un écosystème assez perturbé. La famille des Lycosidae est la plus abondante dans nos récoltes en termes de fréquence (95,4%), et l'espèce *Pardosa injukunda* de cette famille représente à elle seule 44,7% des effectifs. Ces résultats corroborent ceux de [16] qui stipulent que les araignées sont présentes dans les biotopes les plus divers, certaines sont spécialistes des lieux inondés comme les espèces du genre *Pirata*, alors que d'autres ne se trouvent que sur le sol sec comme les deux espèces du genre *Xerolycosa*. En plus, cette famille est aussi la plus diversifiée. En outre, la moyenne des deux méthodes de captures révèle qu'environ 50,8% des espèces appartiennent à cette famille (Lycosidae).

Lamotte [17] stipulent que l'abondance des araignées est remarquable en toutes saisons. Elles représentent 36,3% des effectifs et 11,5% de la biomasse des arthropodes non sociaux au début de la saison sèche : 49,7% des effectifs et 41,0% de la biomasse à la fin de la saison pluvieuse. Les Thomisidae dominent, les Lycosidae et les Salticidae sont abondants alors que les Ctenidae manquent. Ceci est conforme aux résultats obtenus dans cette étude car effet, 95,4% des araignées capturées appartiennent à la famille des Lycosidae, 2,6% aux Ctenidae et 2% pour les autres familles (Corinnidae, Salticidae, Gnaphosidae et Zodariidae).

D'après Pesson [18], dans une étude réalisée en Allemagne, le piégeage à la surface du sol a révélé que ce sont les Agelenidae qui sont prises le plus souvent dans les pièges. Ces résultats diffèrent peu de nos observations car, nos recherches ne concernaient que les espèces circulant à la surface du sol dans un champ de manioc. Les Lycosidae étaient capturées en grand nombre, mais aussi les Salticidae. Ceci peut être lié également à la différence des milieux, l'auteur cité ci-haut ayant travaillé en milieu tempéré et nous en milieu tropical. En outre, les dimensions des araignées récoltées, la taille des espèces de la famille des Lycosidae est comprise entre 2 mm à 3,5 mm pour le CT et 2,4 mm à 3,6 mm pour TP. Selon [19] les espèces de la famille de Lycosidae atteignent la taille de 7, 8, 10 ou 15 mm, par exemple, l'espèce *Lycosa oculata* de Corse qui mesure 2,5 ou 3 cm. Cette différence serait due au fait que, nous avons mesuré le CT et TP tandis que Maurice op.cit. a mesuré la taille entière de l'individu.

## 5 CONCLUSION

Le but de la présente étude a été d'évaluer la diversité des araignées du sol dans un champ cultivé de manioc, leur taille, leur proportion, leur distributions verticale, horizontale et mensuelle. Au total, 306 spécimens d'araignées ont été capturés et groupés en 7 familles et appartiennent à au moins 12 espèces.

Dans l'ensemble, les résultats révèlent que de ces 7 familles, la famille des Lycosidae est à la fois la plus diversifiée et la plus abondante. Elle est suivie des Ctenidae. Parmi les Lycosidae, l'espèce *Pardosa injucunda* est la plus abondante. Les Zodariidae, les Salticidae, etc., sont rares. Le mois de février a été le mois le plus fructueux pour nos deux méthodes de récolte. Toutes les araignées ont été capturées à une hauteur moyenne d'environ 0,96 cm, presque à la surface du sol, car elles sont des espèces errantes. La distance moyenne de capture à la lampe frontale la nuit est de 300,9 cm. La taille moyenne des Araignées capturées est autour de 2,07 mm pour le céphalothorax, et 2,44 mm pour le tibia-patella. La structure du biotope ne permet probablement qu'aux petites espèces de s'y installer.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Laboratoire d'Ecologie et de Gestion des Ressources Animales de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani pour la conservation des échantillons. Ils expriment aussi leur gratitude vis-à-vis du Centre de Surveillance de la Biodiversité (CSB) pour son assistance technique.

## RÉFÉRENCES

- [1] B. Ikeke. Contribution à l'inventaire systématique des Arachnomorphes de l'île Kongolo et quelques observations écologiques (Haut-Zaïre) Mém. Inéd., Fac. Sc. Unikis, 30p, 1981.
- [2] B. Ngoy. Inventaire et écologie des Araignées à toile de Masako (RD Congo). Mém. Ined. Fac.Sc/Unikis, 11p, 1989.
- [3] M. Hubert. Les Araignées. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris. 254p, 1979.
- [4] D. Jones. Guide des araignées et des opilions d'Europe, Delachaux et Niestlé, 383p, 2005.
- [5] P. Sterry. Araignées, Portrait du monde animal, PML Éditions, 72p, 1996.
- [6] R.F. Foelix. Biology of Spiders. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 306p, 1982.
- [7] M. Nyakabwa. Flore urbaine de Kisangani. Campus de Kisangani UNAZA, 159p, 1976.
- [8] M. Nyakabwa. Phytocénose de l'écosystème de Kisangani. Thèse de doctorat inédite, Fac Sc/Unikis, 458p, 1982.
- [9] A. Upoki. Aperçu systématique et écologie des espèces aviennes de la Réserve de Masako et ses environs (Kisangani, Haut-zaïre). Dissertation de DES inéd Fac sc/Unikis, 77p, 1997.
- [10] S. T. Buckland, D. R. Anderson, K. P. Burnham & J.L. Laake. Distance sampling. Estimating abundance of biological populations. London: Chapman & Hall, 1993.
- [11] J. Niemela, Pajunen, T. Haila, Y., Puntila, P., E. Halme. Seasonal activity of boreal forest-floor spider (ARANEAE), London: Chapman & Hall. 1994.
- [12] A.S. Dippenaar-Schoeman, R. Jocqué. African Spiders: An Identification Manual. Plant Protection Research Institute Handbook N° 9. Pretoria: Biosystematics Division, ARC – Plant Protection Research Institute, 392p, 1997.
- [13] R. Jocqué, A.S. Dippenaar-Schoeman. Spiders families of the world. Ed. RMCA Tervuren and ARC-PPRI. 336p, 2006.
- [14] G. Cola. Guide de l'entomologie, Ed. N. Boubée et Cie, Paris, 325p, 1988.
- [15] R. Jocqué. On reduced size in spiders from marginal habitats. Oecologia no. 49, pp.404-408, 1981.
- [16] N. Cornelis. Les Araignées : série «comment vivent-ils», Edition Payon, Lausanne (Suisse). 62 p, 14pl., 1987.
- [17] M. Lamotte, F. Bourlière. Problèmes d'écologie : Ecosystèmes terrestres. Ed. Masson, Paris, New York, 345p, 1978.
- [18] P. Pesson. Actualités écologie forestière (sol, flore, faune). Ed. Bordas, Paris, 507p, 1980.
- [19] T. Maurice. Vie et mœurs des Araignées. Payot, Paris, 337p, 1953.

## Valeur nutritive et teneur en acide cyanhydrique de huit espèces végétales consommées par *Okapia johnstoni* (Mammalia: Giraffidae) en République Démocratique du Congo

### [ Nutritional value and cyanhydric acid content of eight plant species consumed by *Okapia johnstoni* (Mammalia: Giraffidae) in Democratic Republic of the Congo ]

Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>1</sup>, Justin A. Asimonyio<sup>2</sup>, N. Ndrodza<sup>3</sup>, B. Mambo<sup>2</sup>, P. Bugenthoo<sup>2</sup>, Y. Isangi<sup>2</sup>, John K. Mukirania<sup>2</sup>, L. Ratsina<sup>1</sup>, Nadège K. Ngombe<sup>4</sup>, and Pius T. Mpiana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

<sup>2</sup>Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>3</sup>Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Bunia, RD Congo

<sup>4</sup>Faculté des Sciences Pharmaceutiques, Université de Kinshasa, B.P. 212 Kinshasa XI, RD Congo

---

Copyright © 2016 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 aim of this work is to evaluate the nutritional value and cyanhydric acid content of eight plant species (*Alchornea cordifolia*, *Alstonia boonei*, *Cola acuminata*, *Ficus vallis-choudae*, *Musanga cecropioides*, *Macaranga spinosa*, *Pycnanthus angolensis* and *Trilepisium madagascariensis*) currently consumed by *Okapia johnstoni* in captivity at Epulu Fauna Reserve of Okapi in Democratic Republic of Congo. After two weeks of experimentation, the preference of *Okapia johnstoni* in consuming these plant species is in decreasing order as follow: *Musanga cecropioides*, *Alchornea cordifolia*, *Alstonia boonei*, *Ficus vallis-choudae*, *Pycnanthus angolensis*, *Trilepisium madagascariensis*, *Macaranga spinosa* and *Cola acuminata*. The biochemical analyses revealed that *A. boonei* and *C. acuminata* are more rich in crude protein (19.27% per 100 g of dry mater) and *F. vallis-choudae* is the richest species in the lipids (11.61%) and the poorest is *A. cordifolia*; *M. cecropioides* is the richest in calcium (6.01%) against *P. angolensis* which is the poorest (3.0 %); In the all plant species, magnesium is presented under the form of the trace; *T. madagascariensis* and *A. boonei* are the richest in cyanhydric acid (1,60 mg) that *P. angolensis* (0,40 mg). These results indicate that the selective choice of certain fodder to the detriment of others is a self medicative behaviour (zoopharmacognosy) in Okapi. Starting from these results, it is thus desirable that research works are carried out for the ex situ conservation of Okapi in the province of "Nord Ubangi".

**KEYWORDS:** Okapi, plant species, nutrients, zoopharmacognosy, Democratic Republic of the Congo.

**RESUME:** Le présent travail a pour but de déterminer la teneur en nutriments et en acide cyanhydrique de huit espèces végétales (*Alchornea cordifolia*, *Alstonia boonei*, *Cola acuminata*, *Ficus vallis-choudae*, *Musanga cecropioides*, *Macaranga spinosa*, *Pycnanthus angolensis* et *Trilepisium madagascariensis*) couramment consommées par *Okapia johnstoni* en captivité à la Réserve des Faunes à Okapi de Epulu en République Démocratique du Congo. Après deux semaines d'expérimentation, la préférence de *Okapia johnstoni* dans la consommation de ces espèces végétales sont, en ordre décroissant : *Musanga cecropioides*, *Alchornea cordifolia*, *Alstonia boonei*, *Ficus vallis-choudae*, *Pycnanthus angolensis*, *Trilepisium madagascariensis*, *Macaranga spinosa* and *Cola acuminata*. Les analyses biochimiques ont montré que: *A. cordifolia* et *C. acuminata* sont plus riches en protéines brutes (19,27% c'est-à-dire 19,27 g pour 100 g de matières sèches) tandis que *P. angolensis* et *F. vallis-*

*choudae* sont les moins riches (11,61%); *M. cecropioïdes* est l'espèce la plus riche en lipides (6,01%), et la plus pauvre est *Pycnanthus angolensis* (3,0%). Dans toutes les plantes analysées, le calcium, le magnésium et le fer sont à l'état de traces ; *T. madagascariensis* et *A. boonei* sont les plus riches en acide cyanhydrique (1,60 mg pour 100 g de matières fraîches) que *P. angolensis* (0,40 mg). Ces résultats montrent que le choix sélectif de certains fourrages au détriment d'autres est un comportement d'automédication (zoopharmacognosie) chez l'Okapi. Il est donc souhaitable qu'à partir de ces résultats, des recherches soient menées en vue de la conservation *ex situ* de l'Okapi dans la province du Nord Ubangi.

**MOTS-CLEFS:** Okapi, plantes, nutriments, zoopharmacognosie, République Démocratique du Congo.

## 1 INTRODUCTION

L'okapi (*Okapia johnstoni*) est une espèce de mammifères ruminants appartenant à la famille des Giraffidae (Ordre des Artiodactyla) à mœurs solitaire et discret [1]. Cet animal endémique de la République Démocratique du Congo se nourrit essentiellement de feuilles, de bourgeons, de branches tendres, de fruits, de champignons et de fougères mais aussi d'argiles comme sources des minéraux [2, 3].

Selon les conventions internationales sur la biodiversité, l'Okapi figure sur la liste rouge des espèces menacées [2, 4]. La récente confirmation de sa présence dans la province du Nord Ubangi par l'équipe du Professeur Jean-Paul Ngbolua de l'Université de Kinshasa a relancé le regain d'intérêt accordé au niveau tant national qu'international à la conservation de cet animal emblématique dans d'autres régions politiquement stables du pays et répondant aux critères des sites à haute valeur pour la conservation [5, 6].

Dans la nature, la période de reproduction de l'animal s'étant des mois de mai à juillet. La femelle donne naissance à un seul petit tous les deux ans, après une gestation de 15 mois. Le petit atteint sa maturité sexuelle vers deux ans. A l'état sauvage, l'okapi vit de 18 à 20 ans. Cependant, en captivité, sa durée de vie est de 30 ans selon le milieu d'accueil. Toutefois, son acclimatation à la vie en captivité est difficile [2].

L'ignorance ou la méconnaissance de la valeur nutritive des aliments offerts à ces animaux en captivité est à la base de beaucoup de problèmes, notamment la reproduction et la croissance. A la station de recherche d'Epulu en République Démocratique du Congo, l'acclimatation de l'Okapi a été un grand succès. Au cours de cette acclimatation, les Okapis ne vivent spécialement que des fourrages verts dont la valeur bromatologique reste malheureusement à ce jour méconnue. Certains fourrages sont plus appréciés, d'autres moyennement et d'autres encore moins [7].

Le choix sélectif de certains fourrages au détriment d'autres serait un facteur déterminant dans la survie des Okapis notamment en ce qui concerne leur comportement et leurs capacités reproductives. Il pourrait à cet effet, s'agir d'un comportement d'automédication (zoopharmacognosie) car en effet, la mort de ces animaux est généralement due à des maladies intestinales et infectieuses [7-9].

Considérant que le besoin de réagir face à une telle pression est grand du fait de la coévolution, on peut s'attendre à ce que l'Okapi ait développé au cours de l'histoire des comportements d'automédication en recourant aux moyens de défense chimiques des plantes pour se protéger de leurs parasites comme c'est d'ailleurs le cas chez les primates non humains [10].

Le présent travail tente d'élucider cette délicate question en examinant quelques nutriments et substances chimiques susceptibles d'être à la base de la consommation sélective des plantes fourragères par l'Okapi. En effet, dans la Réserve de Faune à Okapis d'Epulu, les okapis en captivité sont généralement nourris aux feuilles de *Alchornea cordifolia*, *Alstonia boonei*, *Cola acuminata*, *Ficus vallis-choudae*, *Musanga cecropioïdes*, *Macaranga spinosa*, *Pycnanthus angolensis* et *Trilepisium madagascariensis*.

Cette étude veut vérifier l'hypothèse selon laquelle les feuilles des plantes les plus consommées par les okapis en captivité seraient riches en protéines et matières grasses tandis que celles moins consommées contiendraient des quantités appréciables d'acide cyanhydrique. Pour ce faire, une analyse biochimique a été réalisée pour déterminer la teneur en eau, matière sèche et quelques nutriments dont les protéines, les lipides et les matières minérales (Ca, Mg et Fe) dans les feuilles de huit espèces des plantes sélectionnées. L'acide cyanhydrique a été aussi déterminé dans ces végétaux.

L'intérêt du présent travail est évident car il mettra à la disposition des chercheurs des tables alimentaires applicables en élevage des Okapis dans d'autres parties de la République Démocratique du Congo comme la province du Nord Ubangi en vue d'un meilleur choix de fourrages à offrir à ces animaux.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DE OKAPIA JOHNSTONI EN RD CONGO

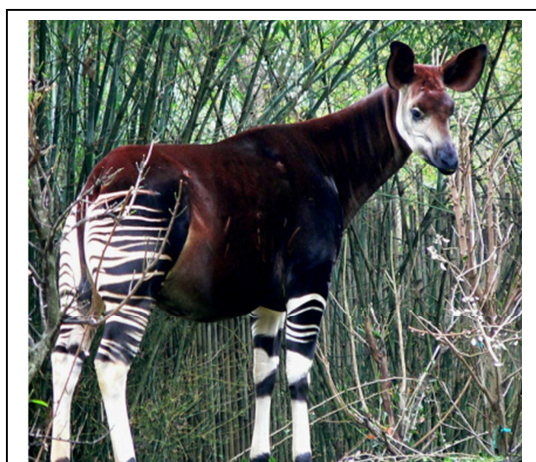


Figure 1a : *Okapia johnstoni* [2]

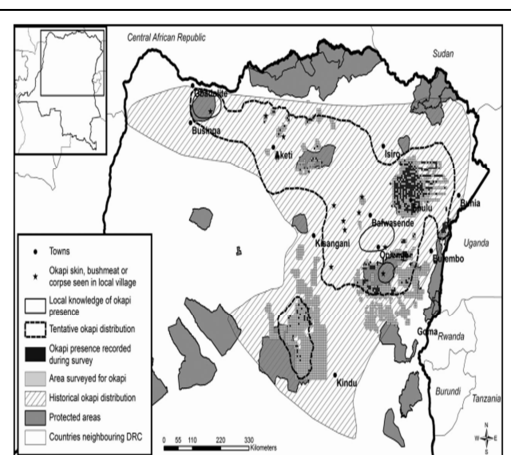


Figure 1b : Distribution géographique [6]



Figure 1c : *Okapia johnstoni* (collection morte: ICCN Gbadolite/Province du Nord Ubangi) [5]

### 2.2 RECOLTE ET IDENTIFICATION DES PLANTE

Le matériel végétal est constitué des feuilles tendres de huit espèces des plantes sauvages consommées par les Okapis à Epulu. Il s'agit de *Alchornea cordifolia*, *Alstonia boonei*, *Cola acuminata*, *Ficus vallis-choudae*, *Musanga cecropioides*, *Macaranga spinosa*, *Pycnanthus angolensis* and *Trilepisium madagascariensis*.

La récolte des échantillons a consisté à couper à l'aide de couteau tranchant environ un kg des feuilles tendres de chacune d'espèces végétales retenues pour l'analyse. Ces feuilles ont été acheminées au laboratoire à l'état frais immédiatement après leur récolte. L'ensemble des plantes a été identifié par Mr Justin A. Asimonyio, chercheur au Centre de surveillance de la biodiversité (CSB/Université de Kisangani) et conservé à l'Herbarium de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani sous l'appellation: «collection Ndrodza et collaborateurs/2015». Les noms scientifiques des espèces et des familles sont inspirés de la Base de données des plantes d'Afrique (version 3.4.0).

## 2.3 ANALYSES BIOCHIMIQUE

### 2.3.1 PHASE PRÉLIMINAIRE

La préparation des échantillons pour l'analyse a comportée trois principales opérations :

- Egouttage : Les feuilles récoltées ont été étalées à l'abri du soleil jusqu'à la disparition complète de la rosée ;
- Séchage : Les feuilles ont d'abord été soumises à un pré-séchage à 60 °C pendant 8 heures puis séché à l'étuve à 105 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant.
- Broyage : Les échantillons séchés ont été pilés au mortier en porcelaine et tamisés au moyen d'un tamis de 0,63 mm de maille en d'obtenir la poudre fine qui a été immédiatement placée dans des sachets en plastique, étiquetés et conservés au dessiccateur jusqu'à l'analyse.

Les échantillons destinés au dosage de l'acide cyanhydrique n'ont pas subi le séchage car ce dosage se fait correctement à l'état frais.

### 2.3.2 DOSAGE DES NUTRIMENTS ET D'ACIDE CYANHYDRIQUE

#### (a) MACRONUTRIMENTS [11]

- Humidité

La détermination de l'humidité (exprimée en g/100 g de MS) a été effectuée suivant la méthode de perte de poids.

- Matières grasses

Les lipides totaux (exprimés en g/100 g de MS) ont été dosés suivant la méthode de Soxhlet laquelle consiste à extraire à chaud les lipides contenus dans l'échantillon au moyen d'un solvant organique apolaire approprié (n-hexane).

- Protéines totales

Le dosage des protéines brutes ou matières azotées brutes totales (exprimées en g/100 g de MS) a été réalisé suivant la méthode Kjeldahl.

- Glucides totaux ou extractif non azoté (E.N.A.)

Les glucides totaux ont été obtenus par la méthode de Favier et ses collaborateurs [17]. Elle consiste à retrancher de 100, la somme des teneurs des autres constituants de l'échantillon analysé (Humidité, matières grasses, protéines brutes, cendres totales et fibres brutes). Ou encore par la différence entre la matière sèche et la somme des constituants dosés de la manière suivante:  $E.N.A. = M.S. - (cendres\ brutes + fibres\ brutes + protéines\ brutes + matières\ grasses)$ .

- Cendres totales

Les cendres totales (exprimées en g/100 g de MS) ont été déterminées par incinération d'une quantité connue de l'échantillon dans un four électrique à moufle jusqu'à l'obtention des cendres blanches.

- Fibres brutes

Les fibres brutes ou matières cellulosiques (exprimées en g/100 g de MS) ont été dosées suivant la méthode de Kurschner basée sur l'attaque, sous réfrigérant à reflux, de la poudre de plante par le mélange d'acides acétique et nitrique.

#### (b) MICRONUTRIMENTS ET ACIDE CYANHYDRIQUE

Le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) ont été dosés dans les différents échantillons des plantes selon [12] tandis que le fer (Fe) a été dosé selon [13]. Par contre, l'acide cyanhydrique a été dosé selon [14] et exprimé en g/100 g de matière fraîche (MF).

### 2.3.3 TEST DE PALATABILITÉ

Les fourrages à tester ont été liés sous forme de gerbe des feuilles, pesés et servis à deux okapis aux heures de repas pendant deux semaines. Les quantités consommées ont été obtenues par la différence entre quantités offertes et les reliquats (en gramme).

### 3 RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 DEGRE D'APPETENCE/PALATABILITE DE HUIT ESPECES VEGETALES CONSOMMEES PAR LES OKAPIS DANS LA RFO

La préférence des Okapis vis-à-vis de huit plantes fourragères leur offertes est donnée dans la figure 2.

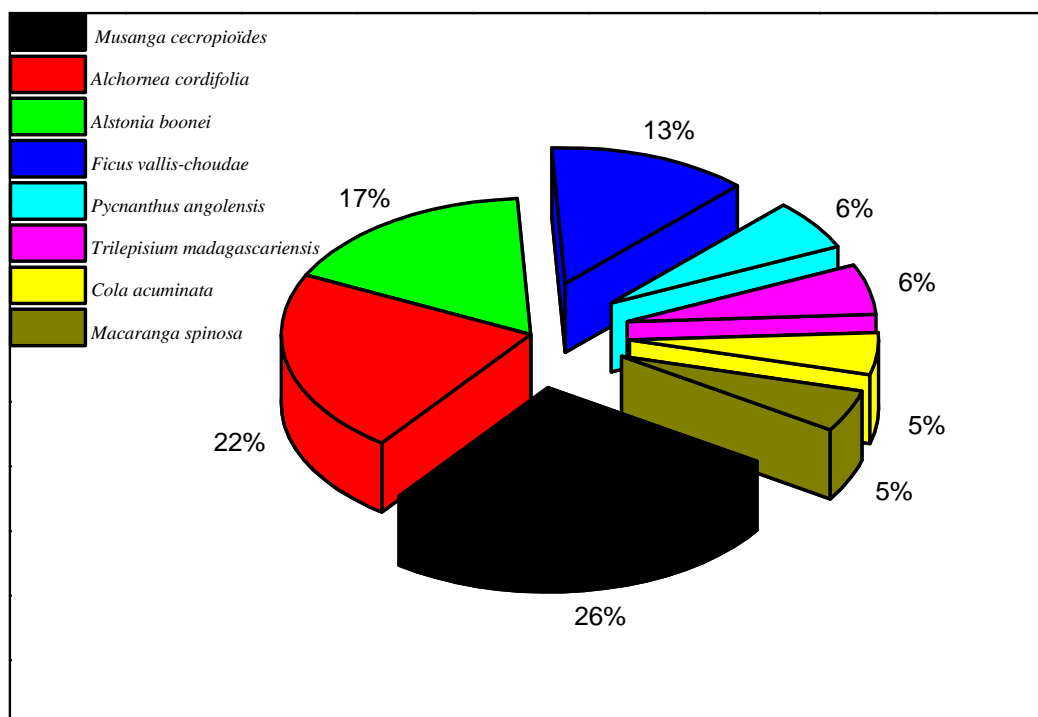


Figure 2. Quantité d'aliments (g/100 g de MF) consommés par deux Okapis en deux semaines

Comme on peut le constater, les quatre de huit espèces les plus consommées par l'Okapi au cours de deux semaines sont *Musanga secropioides* (26 g/100 g de MF), *Alchornea cordifolia* (22 g/100 g de MF), *Alstonia boonei* (17 g/100 g de MF), et *Ficus vallis-shoudae* (13 g/100 g de MF). Il faut noter que *M. cecropioides* est consommée environ cinq fois plus que l'espèce la moins consommée, *C. acuminata* ou *M. spinosa*.

La figure 3 donne la photographie de quatre plantes les plus consommées par l'Okapi en captivité.



Figure 3 : Les quatre plantes les plus consommées par l'Okapi en captivité

### 3.2 COMPOSITION CHIMIQUE DES FEUILLES DE HUIT PLANTES CONSOMMEES PAR LES OKAPIS

Tableau 1. Composition chimique des feuilles de huit plantes consommées par les Okapis à la RFO/ EPULU.

Teneur	A	B	C	D	E	F	G	H
H <sub>2</sub> O (%MF)	67,72±0,001	69,32±0,002	68,56±0,001	79,22±0,002	73,78±0,002	80,30±0,001	65,38±0,002	77,26±0,001
MS (%MF)	32,28±0,001	30,68±0,002	31,44±0,002	20,78±0,001	26,22±0,002	19,70±0,001	34,62±0,001	22,74±0,001
PB (%MS)	12,82±0,002	19,27±0,001	19,27±0,002	12,95±0,001	13,17±0,001	11,61±0,000	11,61±0,002	13,16±0,000
MG (%MS)	3,19±0,001	4,82±0,002	4,80±0,001	3,50±0,002	6,01±0,001	3,0±0,001	5,95±0,001	5,01±0,002
FB (%MS)	6,92±0,002	3,98±0,004	3,31±0,001	1,65±0,002	3,34±0,000	2,45±0,002	5,92±0,000	2,0±0,001
ENA (%MS)	8,06±0,000	1,08±0,002	2,49±0,001	0,81±0,000	1,86±0,001	1,65±0,002	8,31±0,001	0,75±0,002
CB (%MS)	1,29±0,001	1,53±0,001	1,57±0,000	1,87±0,002	1,84±0,004	0,99±0,001	2,83±0,002	1,82±0,000
Ca (%MS)	0,19±0,000	0,19±0,000	0,16±0,000	0,08±0,000	0,16±0,001	0,05±0,002	0,15±0,000	0,13±0,000
Fe (%MS)	0,012±0,002	0,009±0,004	0,009±0,002	0,007±0,000	0,008±0,000	0,007±0,002	0,007±0,002	0,005±0,002
Mg (%MS)	0,03±0,000	0,04±0,004	0,09±0,000	0,06±0,000	0,03±0,004	0,04±0,002	0,01±0,000	0,01±0,000
HCN (%MF)	1,40±0,001	0,80±0,000	1,00±0,002	1,60±0,002	1,40±0,000	0,40±0,002	0,60±0,002	1,60±0,001
Energie (kCal)	112	123	130	87	144	80	133	101

Légende: (A) *Macaranga spinosa*; (B) *Alchornea cordifolia*; (C) *Cola acuminata*; (D) *Trilepisium madagascariensis*; (E) *Musanga cecropioides*; (F) *Pycnanthus angolensis*; (G) *Ficus vallis-choudae*; (H) *Alstonia boonei*; (FB) Fibres brutes; (Fe) Fer; (CB) Cendres brutes; (MS) Matière sèche; (MG) Matière grasse; (ENA) Extractifs non azotés; (MF) matière fraîche

#### o Protéines brutes

Les résultats obtenus révèlent que les espèces fourragères *A. cordifolia* et *C. acuminata* sont les plus riches en protéines brutes. En confrontant ces résultats aux données de la figure 1 sur le degré de préférence des Okapis, il ressort que ces espèces arrivent respectivement au 2<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> degré de préférence, ce qui rejette l'hypothèse selon laquelle les okapis aimeraient plus les fourrages riches en protéines au détriment des fourrages pauvres en ces macronutriments. En comparant ces deux fourrages à ceux aimés par les bovins, il ressort qu'ils ont des teneurs très proches à celui de *Cynodon dactylon* (20.03% de PB) (GILLAIN, 1953).

#### o Matières grasses

Il ressort du tableau 1 que l'espèce *Musanga cecropioides* plus riche en matières grasses (6.01%), suivie de *Ficus vallis-choudae* (5.95%), sont les plus consommées que les six autres espèces étudiées. D'où, l'hypothèse du travail concernant la matière grasse est vérifiée. Ces valeurs observées pour les matières grasses rapprochent ces deux fourrages sensiblement de *Cynodon dactylon* jeune (6.3% de mg), espèce la plus prisée des bovins dans la région de l'Ituri [15].

#### o Matières minérales

##### • Calcium

Il découle des analyses que *M. spinosa* et *A. cordifolia* sont plus riches en calcium (0.19%). Les espèces *C. acuminata* et *M. cecropioides* occupent la deuxième place (0.16%). Le *Pycnanthus angolensis* est l'espèce la moins riche en calcium (0.05%).

##### • Fer

La teneur la plus élevée en fer a été trouvée chez l'espèce *Macaranga spinosa* (0,012%), suivi de *A. cordifolia* et *C. acuminata* (0,009%). La plus faible teneur est constatée chez *Alstonia boonei* (0,005%).

##### • Magnésium

Le magnésium est plus représenté chez *Cola acuminata* (0.09%), tandis que *Ficus vallis-choudae* et *Alstonia boonei* sont les moins riches en ce micronutriment (0.01%).

#### ○ Acide cyanhydrique

L'examen du tableau 1 montre que l'acide cyanhydrique existe dans toutes les espèces des plantes analysées. La plus grande teneur étant enregistrée pour les *Trilepisium madagascariensis* et *Alstonia boonei* (1,60 mg par 100 g de matières fraîches). La faible teneur est observée pour le *Pycnanthus angolensis* (0,40 mg par 100 g de matières fraîches). *Musanga cecropioides*, l'espèce la plus consommée par les Okapis ne renferme pas la plus faible teneur en acide cyanhydrique. Elle contient plutôt 1,40 mg d'acide cyanhydrique par 100 g des matières fraîches. *Trilepisium madagascariensis*, l'espèce peu préférée par les okapis (6<sup>ème</sup> place dans l'échelle de consommation sur 8) et l'*Alstonia boonei*, l'espèce bien consommée (3<sup>ème</sup> place dans l'échelle de consommation) ont la même teneur en acide cyanhydrique ; soit 1,60 mg de HCN pour 100 g de matières fraîches. D'où notre hypothèse n'est pas vérifiée pour cette substance toxique. La préférence des Okapis serait indifférente de la teneur en acide cyanhydrique dans les limites acceptables pour les bovins (1,5 mg par 100 kg de poids vif) [16, 17].

On peut aussi noter que la préférence des Okapis concernant les matières grasses et les protéines brutes seraient semblable à celles des bovins si nous considérons la teneur en nutriments du *Cynodon dactylon*, l'espèce très prisée par les bovins dans les pâturages de l'Ituri [15].

Du point de vue énergétique, on peut classer ces plantes par ordre décroissant d'énergie métabolisable comme suit : *Musanga cecropioides* (144 kCal), *Cola acuminata* (133 kCal), *Ficus vallis-choudae* (130 kCal), *Alchornea cordifolia* (123 kCal), *Macaranga spinosa* (112 kCal), *Alstonia boonei* (101 kCal), *Trilepisium madagascariensis* (87 kCal) et *Pycnanthus angolensis* (80 kCal). En comparant ces résultats à l'échelle de palatabilité, on peut noter que *Cola acuminata* qui est une espèce végétale quatre fois moins consommée que *Alchornea cordifolia* est pourtant plus énergétique de celle-ci (133 kCal contre 123 kCal). Ceci justifie en partie le comportement d'automédication chez l'Okapi. Ainsi donc, *Alchornea cordifolia*, *Alstonia boonei*, *Ficus vallis-choudae* et les autres plantes moins énergétiques seraient consommés pour leurs propriétés médicinales. En effet, selon Neuwinger [18], toutes ces plantes sont connues en médecine traditionnelle Africaine comme douées des propriétés médicinales.

En Afrique, il est reconnu que c'est en République Démocratique du Congo que l'on retrouve l'Okapi notamment à l'Est du pays et en particulier à la Réserve de Faune à OKAPI d'EPULU. Cependant, il faut noter que son habitat est de plus en plus restreint/fragmenté à cause de la pression anthropique. En outre, même à l'intérieur de cette réserve, l'Okapi est victime du braconnage et des conflits armés à répétitions. D'où la nécessité et l'urgence de protéger cette espèce animale dans d'autres endroits (écosystèmes) de la République où cet animal vit aussi de façon endémique notamment dans la forêt pluviale de Nord Ubangi. Le bloc forestier d'Abumombazi dans le Territoire de Yakoma (Province du Nord Ubangi) répond aux critères des sites à haute valeur pour la conservation [5].

#### 4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Le présent travail avait pour but de vérifier l'hypothèse selon laquelle les okapis consomment mieux les fourrages riches en protéines, matières grasses, calcium et fer par rapport aux fourrages pauvres en ces nutriments et ils détesteraient les fourrages riches en acide cyanhydrique. Nos résultats montrent que cette hypothèse n'est valide que pour les matières grasses et protéines brutes, et non valide pour les autres nutriments dosés ainsi que l'acide cyanhydrique. Cependant, en comparant les résultats obtenus pour les Okapis aux préférences des bovins, il se dégage une similitude de besoin en protéines brutes et en matières grasses.

Ces résultats montrent que le choix sélectif de certains fourrages au détriment d'autres est un comportement d'automédication (zoopharmacognosie) chez l'Okapi.

Il est donc souhaitable qu'à partir de ces résultats, des recherches soient menées en vue de la conservation *ex situ* de l'Okapi dans la province du Nord Ubangi.

## REFERENCES

- [1] F. Schwarzenberger, M. Patzl, R. Francke, A. Ochs, R. Buitter, W. Schaftenaar, W. De Meurichy. Fecal Progestagen Evaluations to Monitor the Estrous Cycle and Pregnancy in the Okapi (*Okapia johnstoni*). Zoo Biology, Vol. 12, pp. 549-559, 1993.
- [2] <http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/dico/d/zoologie-okapi-13380/>
- [3] K. Sikubwabo. Contribution à l'étude de l'éco-éthologie de l'Okapi (*Okapia johnstoni* Sclater, 1901) femelle dans la forêt de l'Ituri : rythme d'activités journalières, fréquentation du milieu, distances parcourues et domaine vital. Mémoire, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 1987.
- [4] J.A. Hart. *Okapia johnstoni* (Okapi). In: Mammals of Africa: Volume VI (Eds. J. KINGDON and M. HOFFMANN). Bloomsbury Publishing, London, 2013.
- [5] K.N. Ngbolua, A. Mafoto, M. Molongo, J.P. Magbukudua, G.M. Ngemale, C.A. Masengo, K. Patrick, H. Yabuda, J. Zama, F. Veke. Evidence of new geographic localization of *Okapia johnstoni* (Giraffidae) in Republic Democratic of the Congo: The rainforest of "Nord Ubangi" district. Journal of Advanced Botany & Zoology. V211. DOI: 10.15297/JABZ.V211.02, 2014.
- [6] N.F. Kumpel, A. Quinn, S. Grange. The distribution and population status of the elusive okapi, *Okapia johnstoni*. African Journal of Ecology Vol. 53, pp. 242–245, 2015.
- [7] R. Gutzwiller, Küssnacht-Zürich. Miscellanea : Plantes fourragères de l'okapi (*Okapia Johnstoni* Sclat.). Acta Tropica Vol. 13, pp. 259-261, 1956. <http://dx.doi.org/10.5169/seals-310610>
- [8] L. D. Van Den Berghe. Contribution à l'étude des parasites de l'Okapi. Revue de zoologie et de botanique africaines, Vol. 30, pp. 117-139, 1937.
- [9] A. Fain. Vers nouveaux de l'Okapi. Revue de zoologie et de botanique africaines, Vol. 41, pp. 222-230, 1948.
- [10] C.K. Campbell. Microbiological investigations into the deaths of two young okapis (*Okapia johnstoni* Sclater). Sabouraudia, Vol. 5, no.3, pp. 159-164, 1957.
- [11] M.A. Huffman. Origines animales de la médecine par les plantes. In : Des sources du savoir aux médicaments du futur, J. Fleurentin, J.M. Pelt, G. Mazars, IRD Editions, 4e Congrès Européen d'Ethnopharmacologie, 11-13 mai 2000, Metz, France, pp. 43-54.
- [12] T.F. Mbemba. Aliments et denrées alimentaires traditionnels de Bandundu en R.D.Congo, éd. l'Harmattan, Paris, 2013.
- [13] G. Charlot. Les méthodes de chimie analytique, analyse quantitative minérale. 5<sup>e</sup> édition, Masson et Cie. Paris, 1966.
- [14] A. Dessart, J. Jodogne, P. Jaodogne. Chimie analytique. De Boeck, Bruxelles, 1973.
- [15] B. Brudzynski, N. Masimango. Technologie des industries alimentaires. Exercices de laboratoire. Faculté d'agronomie, Kinshasa, 1973.
- [16] J. Gillain. Zootechnie générale. Publication de la direction de l'agriculture, forêt et élevage. Bruxelles, 1953.
- [17] J. Derivaux, F. Liegeois. Toxicologie vétérinaire, école de médecine vétérinaire de l'Etat, Wreghem-Bruxelles, 1962.
- [18] R. Rivière. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. 2ed. Ministère Française de la Coopération, IEMVT, Paris, 1979.
- [19] H.D. Neuwinger. African Traditional Medicine. Mepharm Scientific Publisher, Stuttgart, 2000.

## Reproduction et structure des populations des Sciuridae (Rodentia, Mammalia) de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD Congo)

### [ Reproduction and populations structure of the Sciuridae (rodentia, mammalia) of the forest reserve of Yoko (Ubundu city, DR Congo) ]

Pascal Baelo<sup>1</sup>, Justin A. Asimonyio<sup>1</sup>, Sylvestre Gambalemoke<sup>1-2</sup>, Nicaise Amundala<sup>2</sup>, Rogerdo Kiakenya<sup>2</sup>, Erik Verheyen<sup>3</sup>,  
Anne Laudisoit<sup>3-4-5</sup>, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Centre de Surveillance de la Biodiversité (CSB), Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>2</sup>Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>3</sup>Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, rue Vautierstraat 29, 1000 Bruxelles, Belgique

<sup>4</sup>Groupe de Biologie Evolutive, Université d'Anvers, 171, Groenenborgerlaan, 2020 Anvers, Belgique

<sup>5</sup>Institut de Biologie Intégrative, Ecole des Sciences biologiques, Crown street, Université de Liverpool, 69 7ZB Liverpool, Royaume Uni

<sup>6</sup>Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

---

Copyright © 2016 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 study concerns the reproduction and structure of the populations of Sciuridae from the forest reserve of Yoko and has for objectives to identify the dominant species present in this reserve, to determine and to analyze the structure of the populations of squirrels and their reproduction phonology in order to estimate the stability of this group facing the local and global changes. The animals were harvested with the help of traditional traps from May 2014 to April 2015. From the six species captured, *Funisciurus anerythrus* was the most abundant, followed by the *Funisciuruses bayonii*, *Funisciurus congicus*, *Paraxerus boehmi*, *Heliosciurus rufobrachium* and *Protoxerus stangeri*. Their activities seem to achieve themselves in the fallows except the last two species that prefer the primary forest. The reproductive activities increase toward the middle of the rainy season (September-November) with a great proportion of the gravid females from December to February, which accompanies of a massive entry of the young during the active period from June to November. The sex-ratio is in favor of the males but the difference is not significant ( $p>0.05$ ). The middle range is of two for *Funisciurus anerythrus*, and one for the other. The adults are abundant; the continuous presence of the young adult and juvenile reveals a continuous reproduction and the stability of the population.

**KEYWORDS:** Squirrels, Biodiversity, Population dynamics, Yoko forest reserve, Democratic Republic of the Congo.

**RÉSUMÉ:** L'étude concerne la reproduction et structure des populations des Sciuridae de la Réserve Forestière de Yoko et a pour objectifs d'identifier les espèces dominantes présentes dans cette réserve, de déterminer et d'analyser la structure des populations d'écureuils et leur phénologie de reproduction afin d'estimer la stabilité de ce groupe face aux changements locaux et globaux. Les animaux ont été récoltés à l'aide des pièges traditionnels de mai 2014 à avril 2015. De six espèces capturées, *Funisciurus anerythrus* est la plus abondante, suivie des *Funisciurus bayonii*, *Funisciurus congicus*, *Paraxerus boehmi*, *Heliosciurus rufobrachium* et *Protoxerus stangeri*. Leur activité semble se réaliser dans les jachères sauf les deux

dernières espèces qui préfèrent la forêt primaire. L'activité reproductrice s'accroît vers le milieu de la saison pluvieuse (septembre-novembre) avec une grande proportion des femelles gravides de décembre à février, qui s'accompagne d'une entrée massive des jeunes durant la période allant de juin à novembre. La sex-ratio est en faveur des mâles mais la différence n'est pas significative ( $p > 0,05$ ). La portée moyenne est de deux chez *Funisciurus anerythrus*, de un chez les autres. Les adultes sont abondants, la présence continue des subadultes et juvéniles traduit une reproduction continue et la stabilité de la population.

**MOTS-CLEFS:** Ecureuils, Biodiversité, Dynamique des populations, Réserve forestière de Yoko, République Démocratique du Congo.

## 1 INTRODUCTION

Les micromammifères occupent une large aire de distribution que ce soit à travers le monde ou en République démocratique du Congo (RD Congo) [1]. Parmi les micromammifères, les rongeurs constituent le plus grand ordre tant par le nombre d'espèces que par les effectifs des populations [2], [3]. Cet ordre est le plus diversifié et complexe, totalisant près de 42% des espèces des mammifères dans le monde [4], ce qui est accentué par un très grand polymorphisme [2], [3], [4], [5]. L'importance des rongeurs peut être perçue globalement sur plusieurs plans notamment écologique, agricole, alimentaire, médico-sanitaire, culturel et même religieux [6]. A ce titre, les responsables de la conservation de la nature doivent revoir leur stratégie afin de pouvoir les intégrer dans la politique de la conservation de la biodiversité au même titre que la grande faune et la flore.

Les études consacrées aux rongeurs myomorphes de la Région de Kisangani sont nombreuses [7] par contre celles des rongeurs sciuriformes sont très rares [8], [9] et étant donné les nuisances qu'ils causent aux cultures [10], [11] et en tant que vecteurs d'agents pathogènes (virus du Monkeypox) mais aussi dans un contexte de services éco-systémiques, d'érosion de la biodiversité (réduction des habitats naturels, exploitation comme gibier), les Sciuridae représentent un groupe clefs dont la diversité, la biologie, le parasitisme et la phylogénie se doivent d'être élucidés. De plus, les études génétiques et taxonomiques concernant ce groupe sont encore fragmentaires et les données récentes, non publiées, suggèrent que des espèces sont encore à décrire en RD Congo.

Historiquement, il a été démontré que les écureuils du continent africain sont porteurs de puces, des tiques et des acariens (Rodentopinae et Lophuromyopinae) dont certains peuvent assurer la transmission intra et inter spécifique d'agents pathogènes y compris l'homme [12], [13]. Dans la province de la Tshopo, certains agents pathogènes ont été récemment détectés chez plusieurs espèces de Sciuridae dont le virus du Monkeypox, en particulier chez les espèces *Funisciurus anerythrus*, *Funisciurus bayonii* et le protozoaire *Babesia sp* chez *Protoxerus stangeri*.

La présente étude présente les résultats d'une étude préliminaire sur la présence et la diversité des Sciuridae de la Réserve Forestière de Yoko (RFY) ; elle s'inscrit par ailleurs dans un projet qui porte sur la diversité et le rôle de réservoir des Sciuridae dans l'Est de la RD Congo. Cet article de recherche a pour objectifs de présenter les espèces dominantes présentes dans cette réserve (identification morphologique), de déterminer et d'analyser la structure des populations d'écureuils et leur phénologie de reproduction afin d'estimer la stabilité de ce groupe face aux changements locaux et globaux. Cette étude contribue à une mission plus large visant à inventorier la biodiversité des parcs et réserves de la RD Congo qui est la mission principale du Centre de Surveillance de la Biodiversité basé à Kisangani dans la Province de la Tshopo.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

La réserve forestière de Yoko (fig. 1) est située dans la rive gauche du fleuve Congo dans la collectivité Bakumu – Mangongo (route Kisangani-Ubundu entre 21-38 Km), dans le territoire d'Ubundu, la province de la Tshopo selon le nouveau découpage territorial de la République Démocratique du Congo (2015). Elle est incluse dans la région faunistique Sud du bassin du Congo [14], précisément dans l'interfluve Lomani-Lualaba. Cette réserve tire son nom de la rivière Yoko qui la divise en deux blocs : le bloc nord avec 3167 ha et le bloc sud avec 3605 ha, soit une superficie globale de 6771 ha. Ses limites sud et est sont matérialisées par l'arc formé par la rivière Biaro. Les forêts dégradées constituent sa limite dans la partie nord et elle bordée à l'ouest par la route et la voie ferrée Kisangani-Ubundu. Elle est régie par l'ordonnance loi n° 51/104 du 18/01/1959 du Ministère de l'Environnement et Tourisme (Rapport provincial de l'environnement, 1989). Elle est une

propriété privée de l'Institut Congolais de la Conservation de la Nature (ICCN) suivant l'ordonnance loi n° 75-013 de juillet 1975 portant création d'une entreprise publique de l'Etat dans le but de gérer certaines institutions environnementales telle que modifiée et complétée par l'ordonnance loi n° 78-190 du 5 mai 1988 [15].

Ses coordonnées prises au niveau du gîte, au moyen du GPS (Garmin GPS 76) sont les suivantes : 413 m d'altitude, 00° 17,383' N de latitude et 15° 17,115' E de longitude. Etant située à la périphérie de la ville de Kisangani, elle bénéficie du même climat régional que la ville ; climat équatorial de type Af, de la classification de Koppen, caractérisé par des températures moyennes du moi le plus froid supérieures à 18 °C, avec une amplitude thermique annuelle inférieure à 5 °C. La moyenne de précipitation du moi le plus sec oscille autour de 60 mm.

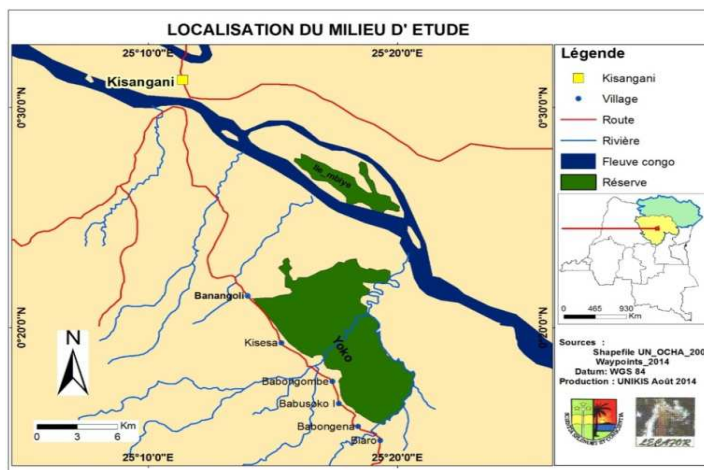


Figure 1. Carte de la RFY (Source : WGS 84, produite par l'UNIKIS, 2014)

Selon Lomba [16], sa végétation est principalement composée par une forêt mixte qui renferme les principaux types d'habitats caractéristiques des forêts tropicales à savoir : les forêts primaires et secondaires de terre ferme. Dans la partie Nord, c'est une végétation sempervirente à *Brachystegia laurentii* (De wild) Louis., alliance Gilbertiodendro-Scorodophleion, ordre des Gilbertiodendretalian dewevrei, de la classe de Strombosio-Parinaterietea. La partie Sud par contre appartient à la forêt semi-caducifoliée à *Scorodophloeus zenkeri* (Harms)., alliance Oxystigmo-Scorodophleion, ordre des Piptadeniostro-Celtidetalia, classe des Strombosio-Parinaterietea. Elle est entourée à sa périphérie par une étendue de forêt dégradée (jachères) que la population riveraine utilise pour ses activités agricoles.

## 2.2 PIÉGEAGES

Les prélèvements ont été réalisés de mai 2014 à Avril 2015 en raison d'une sortie des sept jours par mois. Les écureuils étaient capturés aux pièges traditionnels (TD) (figure 2), placés sur les lianes, les branches d'arbres, les racines à des hauteurs allant de 0 à 13 mètres. Certains de ces pièges étaient appâtés aux noix de palme et d'autres non appâtés.



Figure 2. Types des pièges traditionnels utilisés pour la capture des écureuils

Les écureuils ont été identifiés à l'aide d'une collection d'ouvrages intitulés « Guide des Mammifères d'Afrique » [17] et « Faune du Congo Belge et du Rwanda Urundi, in Mammifères » [18]. Les données morpho-métriques (longueurs totale, tête-

corps, queue, pied postérieur, oreille et le poids), et les fragments des tissus (gorge, foie ou reins) ont été pris et prélevés sur chaque spécimen à l'état frais. Ces données et tissus serviront pour les études ultérieures.

### 2.3 ANALYSE AU LABORATOIRE

**Analyse de la reproduction :** Le statut reproductif de chaque spécimen a été déterminé en observant l'état des organes reproductifs externes et internes après déformolisation des spécimens.

**Analyse des organes externes :** Chez les femelles, elle consiste à observer l'état de tétine et de vagin. Chez les mâles, les testicules sont abdominaux chez les juvéniles, en voie de « scrotalisation » chez les subadultes et scrotaux et bien développés chez les adultes.

**Analyse des organes internes :** L'observation des organes internes a été faite à l'aide d'une loupe binoculaire de marque LEICA EZA, en partant de grossissement le plus faible vers le plus fort grossissement (x 500).

Chez les mâles, nous avons observé l'état de l'épididyme sous forme de tubules qui peuvent être visibles (1) chez les mâles adultes soit invisibles (0) chez les immatures [19]. Finalement, la longueur de testicules (LTe) était prise au moyen d'un pied à coulisse de marque Mututoyo au dixième de mm près. L'examen interne chez les femelles consiste à observer l'état de l'utérus qui peut être filiforme et mince chez les juvéniles, normal chez les subadultes, épais, porteur d'embryons, parfois en résorption ou possédant des cicatrices chez les adultes.

De tout ce qui précède, nous avons considéré comme individu sexuellement actif tout mâle ayant des vésicules séminales développées à l'état (2) et (3) mais porteurs des tubules de l'épididyme visible (1) ainsi que toutes les femelles possédant des cicatrices utérines ou des embryons.

**Structure d'âges :** L'âge exact des petits mammifères étudiés n'est pas connu mais une indication préliminaire est obtenue par la catégorisation d'individus en trois classes d'âge [20]. De ce fait les trois classes d'âges suivantes ont été constatées :

- Les juvéniles : c'est-à-dire les individus immatures ; la limite du poids de la classe est déterminée en fonction de l'absence de caractère de maturité sexuelle.
- Les subadultes auxquels l'un de caractères de maturité du sexe est décelé.
- Les adultes : représentent les individus les plus âgés de l'espèce qui sont généralement les plus lourds et des adultes reproducteurs.

### 2.4 ANALYSE DES DONNÉES

Dans le cadre de ce travail, le test statistique khi-deux nous a permis de tester les différences s'il ya en fonction des saisons, la différence entre les mâles et les femelles ainsi que leurs activités reproductives. Le calcul a été facilité par l'utilisation de tableur Excel version 2007.

## 3 RÉSULTATS

### 3.1 IMPORTANCE NUMERIQUE

Au total, 163 spécimens de Sciuridés ont été capturés et repartis en six espèces : *Funisciurus anerythrus*, *Funisciurus bayonii*, *Funisciurus congicus*, *Heliosciurus rufobrachium*, *Paraxerus boehmi* et *Protoxerus stangeri*. Leur importance numérique est consignée dans les tableaux 1 ci-dessous :

Tableau (1) : Importance numérique des espèces capturées

Ordre	Famille	Espèce	Mâle	Femelle	Total	Fréquence (%)
Rongeur	Sciuridae	<i>Funisciurus anerythrus</i>	56	60	116	70,73
		<i>Funisciurus bayonii</i>	15	5	20	12,19
		<i>Funisciurus congicus</i>	1	0	1	0,6
		<i>Heliosciurus rufobrachium</i>	10	3	13	7,92
		<i>Paraxerus boehmi</i>	0	2	2	1,22
		<i>Protoxerus stangeri</i>	8	4	12	7,31
		<b>6</b>	<b>90</b>	<b>74</b>	<b>164</b>	<b>100</b>

Il ressort de ce tableau que sur les six espèces répertoriées, *Funisciurus anerythrus* est plus représentée dans notre collection avec 116 spécimens soit 70,73%. Elle est suivie de *Funisciurus bayonii*, 20 spécimens soit 12,19%, *Heliosciurus rufobrachium* (13 soit 7,92%), et *Protoxerus stangeri* (12 soit 7,31%). L'espèce *Funisciurus congicus* est la moins représentée, avec un seul individu soit 0,6%.

### 3.2 REPRODUCTION

Les examens de la reproduction et de la structure des populations sont réalisés sur les espèces ayant un effectif supérieur ou égal à dix mais, un aperçu sur la reproduction des espèces moins abondantes sera également donné. Ainsi, les espèces *Funisciurus anerythrus*, *Funisciurus bayonii*, *Heliosciurus rufobrachium* et *Protoxerus stangeri* seront analysés plus profondément.

#### 3.2.1 APERÇU SUR LA REPRODUCTION DES ESPECES ABONDANTES

Les résultats ci-dessous donnent, en fonction des saisons, l'aperçu sur la reproduction des espèces considérées abondantes pour notre étude.

##### a) APERÇU SUR LA REPRODUCTION DES INDIVIDUS MALES

L'aperçu sur la reproduction chez les écureuils mâles, en fonction des saisons est donné dans le tableau 2, ci-dessous :

Tableau 2: Aperçu sur la reproduction chez les mâles

Espèce	Saisons	N.T.M	Ma	%Ma	M.I	%M.i
<i>Funisciurus anerythrus</i>	1	8	6	75	2	25
	2	13	13	100	-	-
	3	26	19	73,03	7	26,92
	4	9	6	66,66	3	33,33
	<b>Total (1)</b>	<b>56</b>	<b>44</b>	<b>78,57</b>	<b>12</b>	<b>21,42</b>
	<b>Total 1 et 3</b>	<b>34</b>	<b>25</b>	<b>73,53</b>	<b>9</b>	<b>26,47</b>
	<b>Total 2 et 4</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>86,36</b>	<b>3</b>	<b>13,63</b>
<i>Funisciurus bayonii</i>	1	0	0	0	0	0
	2	1	0	0	1	100
	3	11	9	81,81	2	18,18
	4	3	2	66,66	1	33,33
	<b>Total (2)</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>73,33</b>	<b>4</b>	<b>26,66</b>
	<b>Total 1 et 3</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>81,81</b>	<b>2</b>	<b>18,18</b>
	<b>Total 2 et 4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>50</b>	<b>2</b>	<b>50</b>
<i>Protoxerus stangeri</i>	1	1	0	0	1	100
	2	1	1	100	0	0
	3	5	3	60	2	40
	4	1	1	100	0	0
	<b>Total (3)</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>62,5</b>	<b>3</b>	<b>37,5</b>
	<b>Total 1 et 3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>50</b>	<b>3</b>	<b>50</b>
	<b>Total 2 et 4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Heliosciurus rufobrachium</i>	1	2	2	100	0	0
	2	2	2	100	0	0
	3	4	3	0,75	1	25
	4	2	1	50	1	50
	<b>Total (4)</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>80</b>	<b>2</b>	<b>20</b>
	<b>Total 1 et 3</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>83,33</b>	<b>1</b>	<b>16,66</b>
	<b>Total 2 et 4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>75</b>	<b>1</b>	<b>25</b>

**Légende** : 1 : première saison à faible pluviosité (décembre-février) ; 2 : première saison à forte pluviosité (mars-mai) ; 3 : deuxième saison à faible pluviosité (juin – août) ; 4 : deuxième saison à forte pluviosité (septembre – novembre) ; N.T.M : nombre total des mâles ; Ma : nombre des mâles sexuellement actifs ; M.I. : nombre des mâles immatures.

Il ressort du tableau 2 que la proportion de mâles sexuellement actifs est très élevée au cours de l'année et les immatures sont les moins représentés avec des moyennes respectives de 78,57 et 21,42% chez *F. anerythrus* ; 73,33 et 26,66 % chez *F. bayonii* ; 62,5 et 37,5% chez *P. stangeri* et 80 et 20% chez *H. rufobrachium*. Mai, il se dégage des petites différences saisonnières ; chez *F. bayonii*, les mâles sont sexuellement plus actif au cours de la deuxième saison à faible pluviosité (juin-août) avec 81,81%, suivie de la deuxième saison à forte pluviosité (septembre-novembre) avec 66,66% tandis que, aucun mâle sexuellement actif n'a été capturé à la première saison à faible (décembre-février) et forte (mars-mai) pluviosité ; de même chez *H. rufobrachium*, 83,33% au cours des deux saisons à faible pluviosité (décembre-février et juin-août) et 75% au cours des saisons à forte pluviosité (mars-mai et septembre-novembre) et chez *P. stangeri*, la proportion des mâles sexuellement actifs est très élevée au cours des deux saisons à forte pluviosité (mars-mai et septembre-novembre).

#### b) APERÇU SUR LA REPRODUCTION DES INDIVIDUS FEMELLES

Les tableaux 3 et 4 présentent les résultats des examens de la reproduction chez les femelles.

Tableau 3 : Reproduction chez les femelles de *Funisciurus anerythrus*

Saisons	N.T.F	Fa	%Fa	N.F.A	%FA	N.F.G	%F.G	N.F.I	%F.I
1	9	8	88,88	2	22,22	2	22,22	1	11,11
2	8	5	62,5	1	12,5	1	12,5	3	37,5
3	29	12	31,37	6	20,69	5	17,24	17	58,62
4	14	7	50	3	21,43	1	7,14	7	50
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>32</b>	<b>53,33</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>13,33</b>	<b>28</b>	<b>46,66</b>
<b>Total 1 et 3</b>	<b>38</b>	<b>20</b>	<b>52,63</b>	<b>8</b>	<b>21,05</b>	<b>7</b>	<b>18,42</b>	<b>18</b>	<b>47,37</b>
<b>Total 2 et 4</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>54,54</b>	<b>4</b>	<b>18,18</b>	<b>2</b>	<b>9,09</b>	<b>10</b>	<b>45,45</b>

Légende : N.T.F : nombre total des femelles, Fa : femelles sexuellement actives, N.F.A : nombre des femelles allaitantes, N.F.G : nombre des femelles gestantes, NFI : nombre de femelles immatures

Le tableau 3 révèle que, la proportion de femelles sexuellement actives est élevée toute l'année, 53,33% en moyenne. Cependant, les pics sont observés en première saisons de faible pluviosité (décembre-février) (88,88%). Pour les deux saisons, les femelles sexuellement actives sont presque dans la même proportion (85,71% pour les saisons de faibles pluviosités et 73,33% pour les saisons de fortes pluviosités). Le tableau 3 montre aussi que les proportions de femelles gravides est plus importante en première saisons de faible pluviosité (décembre-février) avec 22%. Le faible pourcentage est observé en deuxième saisons de forte pluviosité (7,14%). Quant aux femelles allaitantes, leur nombre est plus élevé en première saison de faible pluviosité (22,22%) suivie de la deuxième saison de forte pluviosité (21,43%).

Tableau 4 : Nombre d'embryons et cicatrices

Saisons	Fa	N.F.G	N. embr	X embr	NFA	N.cic.	X cic	T.r
1	8	2	3	1,5	2	11	5,5	0,38
2	5	1	2	2	1	4	4	0,4
3	12	5	3	0,6	6	5	0,83	0,25
4	7	1	1	1	3	7	2,33	0,14
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1,5</b>	<b>12</b>	<b>27</b>	<b>2,25</b>	<b>0,39</b>
<b>Total 1 et 3</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>0,85</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>0,3</b>
<b>Total 2 et 4</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1,5</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>2,75</b>	<b>0,25</b>

Légende : N. embr. : nombre d'embryon, X embr : moyenne des embryons, N. cic : nombre des cicatrices, X cic : moyenne des cicatrices, T.r. : taux de reproduction.

Le tableau 4 indique qu'en moyenne 1 embryon a été observé aussi bien en saison de faible pluviosité qu'en celle de forte pluviosité, sauf à la première saison pluvieuse elle était égale à 2. La moyenne la plus élevée des cicatrices a été observée durant la première saison à faible pluviosité (décembre-février) (5,5), celle-ci allait en diminuant jusqu'à atteindre la plus faible moyenne à la grande saison à faible pluviosité (juin-août) (0,83).

Il se dégage du tableau 4 que le taux de reproduction le plus élevé (0,4) a été observé durant la période à forte pluviosité située entre mars - mai, tandis que le taux le plus bas (0,14) était observé durant la deuxième période pluvieuse située entre septembre - novembre.

Chez *Funisciurus bayonii*, l'analyse des cinq individus femelles capturés montre que, trois femelles étaient sexuellement actives dont, 1 gravide et 2 allaitantes. Un embryon et quatre cicatrices ont été comptés. Les 3 femelles sexuellement actives ont été capturées aux premières saisons de faible et forte pluviosité (décembre-février et mars-mai) tandis que, les 2 femelles immatures de *Funisciurus bayonii* ont été capturées aux deuxièmes saisons de faible et forte pluviosité (juin-août et septembre-novembre).

Chez *Heliosciurus rufobrachium* l'analyse des trois femelles capturées montre que, toutes étaient matures et sexuellement actives. Deux étaient allaitantes dont l'une avec 3 cicatrices et l'autre avec 2 cicatrices. Aucun embryon n'a été compté. Ces femelles sexuellement actives ont été capturées toutes à la deuxième saison à faible pluviosité (juin-août) tandis qu'aucune femelle immature n'a été capturée.

Chez *Protoxerus stangeri*, au total, 4 femelles étaient capturées. Leurs analyses de reproduction montrent que, trois étaient matures et sexuellement actives. Une gestante avec 3 embryons, capturée au mois d'août (deuxième saison à faible pluviosité). Les deux autres adultes n'avaient ni embryon, ni cicatrice dans leurs matrices et l'une a été capturée pendant la saison à faible pluviosité (décembre-février) et à la deuxième saison à forte pluviosité tandis que la femelle immature a été capturée à la deuxième saison à faible pluviosité (juin-août).

### c) APERÇU SUR LA REPRODUCTION DES ESPÈCES MOINS ABONDANTES

L'analyse des deux *Paraxerus boehmi* montre que, toutes étaient des femelles l'une mature et l'autre immatures, et ont été capturées à la deuxième saison à faible pluviosité (juin-août). La femelle mature n'avait aucun embryon ni cicatrice dans ses matrices. L'unique *Funisciurus congicus* est un mâle immature et a été capturé à la même saison que le *Paraxerus boehmi*.

## 3.3 STRUCTURE DES POPULATIONS

### a) SEX-RATIO

La sex-ratio est le rapport du nombre total de mâles au nombre total de femelles. Les résultats de sex-ratio en fonction de la saison sont consignés dans le tableau 5.

Tableau 5 : La sex-ratio de population des *Sciuridae* (Espèces abondantes)

Espèce	Saisons	M	F	TS	M/F	X <sup>2</sup>	P	α	dl	Decision
<i>Funisciurus anerythrus</i>	1	8	9	7	0,88	0,03	0,86	0,05	1	DNS
	2	13	8	21	1,66	0,6	0,44	0,05	1	DNS
	3	26	29	55	0,89	0,08	0,77	0,05	1	DNS
	4	9	14	23	0,64	0,54	0,46	0,05	1	DNS
	Tot 1 et 3	34	38	72	0,89	0,11	0,74	0,05	1	DNS
	Tot 2 et 4	22	12	34	1,83	1,47	0,22	0,05	1	DNS
	TOT	56	60	116	0,93	0,07	0,79	0,05	1	DNS
<i>Funisciurus bayonii</i>	1	0	1	1	0	0,5	0,48	0,05	1	DNS
	2	1	1	2	1	1	0,32	0,05	1	DNS
	3	11	2	13	5,5	3,12	0,08	0,05	1	DNS
	4	3	1	4	3	0,5	0,48	0,05	1	DNS
	Tot 1 et 3	11	3	14	3,6	2,29	0,13	0,05	1	DNS
	Tot 2 et 4	4	2	6	2	0,33	0,56	0,05	1	DNS
	TOT	15	5	20	3	2,5	0,11	0,05	1	DNS
<i>Protoxerus stangeri</i>	1	1	1	1	0	0,5	0,48	0,05	1	DNS
	2	1	0	1		0,5	0,48	0,05	1	DNS
	3	4	2	6	2	0,33	0,56	0,05	1	DNS
	4	2	1	3	2	0,17	0,68	0,05	1	DNS
	Tot 1 et 3	5	3	8	1,66	0,25	0,62	0,05	1	DNS
	Tot 2 et 4	3	1	4	3	0,5	0,48	0,05	1	DNS
	TOT	8	4	12	2	0,67	0,41	0,05	1	DNS
<i>Heliosciurus rufobrachium</i>	1	2	0	2		1	0,32	0,05	1	DNS
	2	2	0	2		1	0,32	0,05	1	DNS
	3	3	2	5	1,5	0,1	0,75	0,05	1	DNS
	4	3	1	4	3	0,5	0,48	0,05	1	DNS
	Tot 1 et 3	5	2	7	2,5	0,64	0,42	0,05	1	DNS
	Tot 2 et 4	5	1	6	5	1,33	0,25	0,05	1	DNS
	TOT	10	3	13	3,33	1,88	0,17	0,05	1	DNS

Légende : - M : mâles, F: Femelle, M/F: Sex-ratio, X<sup>2</sup> : chi-carré, dl: degré de liberté, T.S: total saisonnier, P: p-value, DNS : Différence non significative.

L'examen du tableau 5 révèle que dans l'ensemble, la sex-ratio ne subit pas de grandes fluctuations au cours des saisons, toute fois des avantages sont observés en faveur des mâles. Chez *Funisciurus anerythrus*, la sex-ratio est de 0,93 avec un  $X^2 = 0,068$  ;  $dl = 1$  ;  $p > 0,05$  ; chez *Funisciurus bayonii*, 15/5 soit 3 ;  $X^2=2,5$  et  $P>0,05$  ; chez *Heliosciurus rufobrachium*, 15/5 soit 3 ;  $X^2 = 2,5$  et  $P > 0,05$  et en fin chez *Protoxerus stangeri*, au total 8 mâles et 4 femelles ont été capturés, soit une sex-ratio égale à 2 avec un  $X^2 = 0,66$  et  $P > 0,05$ . Chez *Paraxerus boehmi*, sur 3 spécimens collectés, nous avons un mâle et deux femelles soit une sex-ratio de 0,5 tandis que l'unique *Funisciurus congicus* capturé est de sexe masculin.

#### b) STRUCTURE D'ÂGE

La structure d'âge révèle l'existence de trois classes d'âges (adultes, subadultes et juvéniles). Le regroupement des individus en différentes classes d'âge établit les limites des poids corporel de chaque classe d'une population donnée et conformément aux caractéristiques de la reproduction. La structure d'âge des différentes espèces, selon les habitats, en fonction de leurs poids corporels et de la taille des testicules des individus mâles est consignée dans les tableaux (7).

Tableau 6 : Structure d'âges en fonction de poids corporel et de la taille de testicules des Sciuridae capturés

Espèce	Age	Poids corporels en gramme			L.M.Te. en millimètre		
		Jachère	FS	FP	Jachère	FS	FP
<i>Funisciurus anerythrus</i>	Juveniles	19 - 115 (n=26)	48 (n=1)	62 (n=1)	14,95-20,1 (n=7)	15,1(n=1)	26,07 (n=2)
	Subadultes	55 – 204 (n=15)	180 (n=1)	-	25,25-26,2 (n=10)	27,03 (n=1)	-
	Adultes	110- 284 (n=54)	151-206 (n=10)	199 – 212 (n=10)	26, 21-31,1 (n=24)	27,56-32,5 (n=6)	28,45-29,3 (n=5)
<i>Funisciurus bayonii</i>	Juveniles	77-80 (n=2)	-	-	-	-	-
	Subadultes	104-120 (n=3)	-	158 (n=1)	23,2-25,71 (n=2)	-	27,03(n=1)
	Adultes	116-180 (n=10)	123-142 (n=3)	111(n=1)	24,01-28,3 (n=8)	25,3-26,5 (n=3)	26,01(n=1)
<i>Heliosciurus rufobrachium</i>	Juveniles	-	-	-	-	-	-
	Subadultes	-	265 (n=1)	177 (n=1)	-	15,17 (n=1)	14,05 (n=1)
	Adultes	380 (n=1)	277-340 (n=4)	276-350 (n=6)	-	17,51-18,6 (n=2)	16,83-22,21 (n=6)
<i>Protoxerus stangeri</i>	Juveniles	-	-	36-37 (n=2)	-	-	6,05 (n=1)
	Subadultes	170 (n=1)	-	160 (n=1)	15,02 (n=1)	-	15,32 (n=1)
	Adultes	200 (n=1)	253-345 (n=2)	202-364 (n=5)	21,04 (n=1)	22,41 (n=1)	20,55-22,41 (n=3)

**Légende :** L.M.Te : longueur moyenne des testicules ; n : nombre d'individus pesés ; Jach: Jachères ; FS : Forêts secondaires ; FP: Forêts primaires

Le tableau 6 montre que, *Funisciurus anerythrus*, les juvéniles ont un poids compris entre 19 et 115 grammes, tandis que les subadultes pesaient entre 55 et 204 grammes. Les adultes quant à eux pesaient entre 110 et 228 grammes. Le tableau 6 révèle aussi que les juvéniles mâles avaient la longueur des testicules inférieure allant de 14,95 à 20, 03 mm en jachère, tandis que ceux des subadultes avaient de longueur comprise entre 25,25 et 26,19 mm. Quant aux adultes, leurs testicules mesuraient plus de 26,56 mm. Chez *Funisciurus bayonii*, les deux individus juvéniles capturés en jachère ont un poids compris entre 77 et 80 grammes ; les subadultes, 104 et 120 grammes et les adultes, 116 et 180). En FS, trois adultes capturés avaient des poids allant de 123 grammes à 142 grammes tandis qu'à FP, l'unique subadulte capturé a 158 grammes et l'unique adulte, 111 grammes. Les testicules mesurent, en jachère, 23,2 et 25,71mm pour les subadultes, 24,01-28,31 mm pour les adultes ; en FS, 25,3-26,5 pour les adultes et en FP, les testicules de l'unique adulte mesurent 26,01 mm tandis que le subadulte 27,03 mm. Chez *Heliosciurus rufobrachium*, aucun juvénile n'a été capturé ; en jachère, l'unique adulte pèse 380 grammes et aucun mâle capturé. En outre, les subadultes pèsent 265 grammes, LMTe 15,17 mm en FS ; 177 grammes et

14,05 mm en FP. Les poids et la LMTe des adultes capturés varie entre 277 à 340 grammes et 17,51 à 18,62 mm en FS et 276 à 350 grammes ; 16,83 à 22,21 mm en FP. Chez *Protoxerus stangeri*, qu'en jachère, l'unique adulte pèse 200 grammes, la LMTe 21,04 mm et le subadulte, 170 grammes, LMTe 15,02 mm. En outre, les adultes pèsent des 253 à 345 grammes ; la LMTe de l'unique mâle est des 22,41 mm en FS. Les poids et la LMTe varie entre 202 à 364 grammes et 20,55 à 22,41 mm chez les adultes ; le subadulte, 160 grammes et 15,32 mm et les juvéniles, 36 à 37 grammes et la LMTe, 6,05 mm en FP.

*Paraxerus boehmi* : les deux individus sont toutes femelles, leurs poids varient de 44 à 47 grammes. Aucun mâle n'a été capturé.

**c) STRUCTURE DES POPULATIONS**

Les figures 3(a-d) donnent la structure des populations en fonction des habitats des espèces abondantes capturées à Yoko.

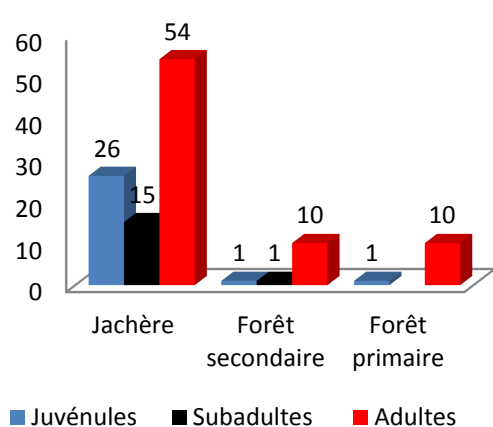


Fig. 3(a) : Structure de population de *F. anerythrus*

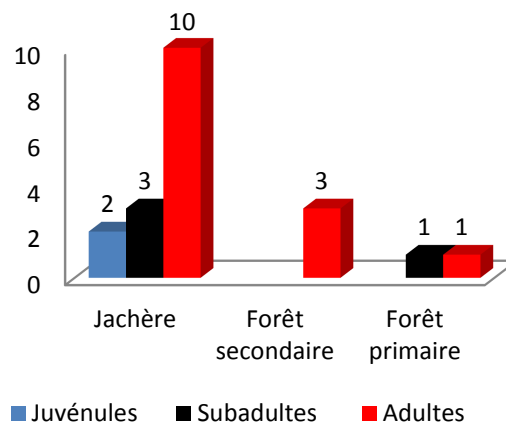


Fig. 3(b) : Structure de population de *F. bayonii*.

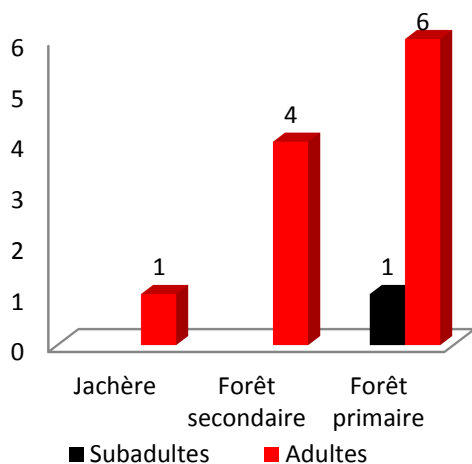


Fig. 3(c) : Structure de population de *H. rufobrachium*.

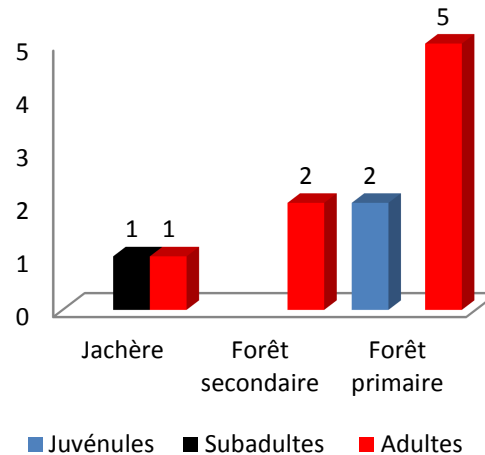


Fig. 3(d) : Structure de population de *P. stangeri*.

La figure 3a montre l'existence permanente des trois classes d'âges dans la population de *Funisciurus anerythrus* en jachères et en forêt secondaire contrairement en forêt primaire où on observe l'absence des subadultes. Cette population est caractérisée par une grande proportion d'adultes. La figure 3b révèle la présence de trois classes d'âges en jachère, unique classe des adultes en forêt secondaire et deux classes d'âges (adultes et subadultes) en forêt primaire. La figure 3c montre deux classes d'âges dans la population de *Heliosciurus rufobrachium* en forêt primaire contrairement en forêt secondaire et en jachère où on observe qu'une classe d'âge, les subadultes. Les juvéniles sont absents dans les trois habitats prospectés. La figure 3d montre la présence des deux classes d'âges (Adultes et juvéniles) dans la population de *Protoxerus*

*stangeri* en forêt primaire contrairement en forêt secondaire et en jachère où on observe respectivement qu'une seule classe d'âge (Adultes) et deux classes d'âges (les subadultes et les juvéniles).

## 4 DISCUSSION

### 4.1 IMPORTANCE NUMÉRIQUE ET RÉPARTITION DES ESPÈCES EN FONCTION DES HABITATS

Durant 12 mois d'investigation dans trois habitats de la Réserve Forestière de Yoko, nous avons collecté 164 spécimens des Sciuridae dont 116 *Funisciurus anerythrus*, 20 *Funisciurus bayonii*, 13 *Heliosciurus rufobrachium*, 12 *Protoxerus stangeri*, deux *Paraxerus boehmi* et un seul *Funisciurus congicus*. Pour capturer nos spécimens, nous avons fait usage des pièges traditionnels et une grande proportion de notre échantillon provenait des jachères (109/164). Ces résultats se rapprochent à quelques différences près de ce lui de Lomba [16] qui avait capturé dans la même réserve, en utilisant le même type de piège traditionnel, 53 spécimens dont 27 *Funisciurus pyrropus*, *Funisciurus anerythrus*, trois *Protoxerus stangeri* et un *Paraxerus sp.* De même, Paluku [9] à Basukuambula (Uma) et à Masako avait capturé 29 *Funisciurus anerythrus*, 16 *Paraxerus boehmi*, quatre *Funisciurus pyrropus*, trois *Paraxerus sp.*, un *Heliosciurus rufobrachium* et un *Protoxerus stangeri*. A l'île Kongolo, Dudu [21] avait inventorié 5 spécimens des Sciuridae appartenant tous à la même espèce (*Funisciurus anerythrus*), [19] à l'île Kongulu et à la rive gauche de la Lindi avait collecté un *Paraxerus boehmi* et un *Funisciurus anerythrus* tandis que [20] avait capturé un *Funisciurus anerythrus*.

L'espèce *Funisciurus anerythrus* est la plus abondante dans tous les habitats (forêt primaire, forêt secondaire et jachère) de Kisangani cependant l'essentiel d'activités de cette espèce semble se réaliser dans les jachères par contre, la forêt primaire semble être l'habitat le plus préféré par le *Heliosciurus rufobrachium* et le *Protoxerus stangeri*. [17] indique que l'aire de distribution de *Funisciurus anerythrus*, *Funisciurus pyrropus*, *Heliosciurus rufobrachium* et *Protoxerus stangeri* est large allant même de la rive droite et à la rive gauche du fleuve Congo et le *Funisciurus bayonii* est de la rive gauche. Par contre, le *Paraxerus boehmi* est de la rive droite. Ces constats rejoignent en partie nos résultats mais diffèrent dans le sens que *Paraxerus boehmi* a été capturé à Yoko qui se trouve à la rive droite du fleuve Congo et nous pensons que cette distribution aléatoire des espèces dans les habitats serait due du fait que l'écosystème est soumis à une perturbation et par une concentration alimentaire.

### 4.2 REPRODUCTION EN FONCTION DES SAISONS

La saison de reproduction dans la nature est fonction de l'espèce concernée, car il existe des variations selon l'espèce rencontrée (<http://www.hww.ca/hww> ; page consultée le 9 novembre 2005). Les analyses de la reproduction de *Funisciurus anerythrus* révèlent que la proportion de mâles sexuellement actifs est très élevée au cours de l'année avec une moyenne de 78,57 %, et les saisons n'ont pas d'influences sur les activités sexuelles des mâles. Cependant, le pourcentage le plus élevé (100%) a été observé durant la première saison à forte pluviosité entre mars-mai. Les immatures par contre ont une proportion moins élevée (21,41%) en moyenne. La plus forte proportion a été observée durant la deuxième saison à forte pluviosité entre septembre et novembre (33,33%).

La proportion de femelles sexuellement actives est également élevée toute l'année, 53,33% en moyenne. Les pics sont observés en première saisons de faible pluviosité (décembre-février) (88,88%). Comme observé chez les mâles, les saisons n'ont pas d'influences sur les activités sexuelles des femelles (85,71% pour les saisons de faibles pluviosités et 73,33% pour les saisons de fortes pluviosités). La proportion des femelles gravides et allaitantes est plus importante en première saisons de faible pluviosité (décembre-février) avec respectivement 22% et 22,22%. Le faible pourcentage est observé en deuxième saisons de forte pluviosité avec 7,14% pour les gravides et 21,43% pour les allaitantes. En moyenne, un embryon a été observé aussi bien en saisons de faible pluviosité qu'en celle de forte pluviosité, sauf à la première saison pluvieuse où elle était égale à 2. La moyenne la plus élevée des cicatrices a été observée durant la première saison de forte pluviosité (5,5), celle-ci allait en diminuant jusqu'à atteindre la plus faible moyenne à la grande saison à faible pluviosité (juin -août) (0,83). Le taux de reproduction le plus élevé (0,4) a été observé durant la période à forte pluviosité située entre mars - mai, tandis que le taux le plus bas (0,14) était observé durant la deuxième période pluvieuse située entre septembre-novembre.

Chez le *Funisciurus bayonii*, la proportion de mâles sexuellement actifs est très élevée au cours de la deuxième saison à faible pluviosité (juin-août) avec 81,81%, suivie de la deuxième saison à forte pluviosité (septembre-novembre) avec 66,66% tandis que, aucun mâle sexuellement actif n'a été capturé à la première saison à faible (décembre-février) et forte (mars-mai) pluviosité. Pour les immatures, la plus forte proportion a été observée durant les saisons à forte pluviosité entre mars-mai et septembre-novembre.

Les femelles capturées montrent que, trois étaient sexuellement actives dont, 1 gravide et 2 allaitantes. Un embryon et quatre cicatrices ont été comptés. Les trois femelles sexuellement actives ont été capturées aux premières saisons de faible et forte pluviosité (décembre-février et mars-mai) tandis que, les deux femelles immatures de *Funisciurus bayonii* ont été capturées aux deuxièmes saisons de faible et forte pluviosité (juin-août et septembre-novembre).

Chez *Heliosciurus rufobrachium*, la proportion de mâles sexuellement actifs est très élevée au cours des saisons à faible pluviosité (décembre-février et juin-août) et la première saison à forte pluviosité (mars-mai). Les femelles étaient matures et sexuellement actives. Aucun embryon ni cicatrice ont été comptés. Ces femelles sexuellement actives ont été capturées à la deuxième saison à faible pluviosité (juin-août) tandis qu'aucune femelle immature n'a été capturée.

Chez le *Protoxerus stangeri*, sur huit mâles capturés, cinq mâles soit 62,5% sont sexuellement actifs et trois soit 37,5% immatures. La proportion des mâles sexuellement actifs est très élevée au cours des deux saisons à forte pluviosité (mars-mai et septembre-novembre) et aucun spécimen n'a été capturé au cours de la première saison à faible pluviosité (décembre-février). Les trois mâles immatures ont été capturés durant les saisons à faible pluviosité entre décembre-février et juin-août. Chez les femelles, trois étaient matures et sexuellement actives, une gestante avec 3 embryons, capturée au mois d'août (deuxième saison à faible pluviosité). Les deux autres adultes n'avaient ni embryon, ni cicatrice dans leurs matrices et l'une a été capturée pendant la saison à faible pluviosité (décembre-février) et à la deuxième saison à forte pluviosité tandis que la femelle immature a été capturée à la deuxième saison à faible pluviosité (juin-août). Nos résultats montrent qu'en général, à Yoko les écureuils se reproduisent durant toute l'année et que les saisons n'influent pas sur leurs activités reproductives.

A Uma et Masako, [9] signal une grande proportion des mâles durant toute l'année. Sur 29 *Funisciurus anerythrus*, 9 femelles soit (69,23 %) étaient sexuellement actives et gestantes, avec un taux de reproduction de 0,69. En outre, [22] et [23] stipulent que, les pics de reproduction chez les écureuils sont observés en hiver (décembre à janvier) et le second au printemps. Les mâles sont féconds durant toute la saison de reproduction. Les femelles présentent plusieurs cycles œstraux, mais sont fécondables un jour durant chaque cycle. Selon leur condition physique et les disponibilités en nourriture, elles feront 1 ou 2 portées par an. Après une gestation de 38 à 40 jours, elles mettront bas de 1 à 6 petits (de 3 à 4 plus généralement), entre février et avril et entre mai et août.

Les études faites sur les écureuils en captivité au Japon par [24], [25] et [26] ont montré que l'écureuil de corée (*Tamias sibiricus*) se reproduit toute l'année mais les accouplements ont eu lieu de février à mi-août avec le pic en mars et un second la deuxième quinzaine de juin aussi de mi-avril à mi-mai. De même l'écureuil gris (*Sciurus caroliensis*) en captivité en Amérique du nord, [27] et [28] stipulent que les accouplements se font de décembre à février et mai-juin. Nous pensons que ces petites différences sont du fait que le *Tamias sibiricus* et le *Sciurus caroliensis* ont été observés en captivité mais notre étude est faite sur base des analyses des organes reproducteurs externes et internes des espèces (*Funisciurus anerythrus*, *Funisciurus bayonii*, *Protoxerus stangeri*, *Paraxerus boehmi*, *Funisciurus congicus*, *Heliosciurus rufobrachium*) capturées dans leur milieu naturel.

### 4.3 STRUCTURE DES POPULATIONS

#### ○ SEX-RATIO

La sex-ratio de la population de *Funisciurus anerythrus* est égale de 0,93. Durant toutes les saisons, une prédominance des femelles sur les mâles a été observée mais sans que la différence ne soit statistiquement significative ( $X^2 = 0,068$  ;  $dl = 1$  ;  $p > 0,05$ ). Par contre, la sex-ratio est en faveur des mâles Chez *Funisciurus bayonii*, *Heliosciurus rufobrachium* et *Protoxerus stangeri*, mais ce la n'est toujours pas statistiquement significative ((15/5 soit 3 ;  $X^2=2,5$  et  $P>0,05$ ), (15/5 soit 3 ;  $X^2 = 2,5$  et  $P > 0,05$ ), (8/2 soit 2 ;  $X^2 = 0,666$  et  $P > 0,05$ )).

A Masako et dans la forêt de UMA, la sex-ratio était en équilibre même si des légères différences étaient observées, mais la différence était non significative ( $n = 29$  ;  $X^2 = 0,155$  ;  $p = 2,022 > 0,05$ ) [9].

[29] a montré que chez les rongeurs myomorphes les sex-ratios sont généralement biaisées en faveur des mâles, notamment à cause des domaines vitaux plus larges chez les mâles que chez les femelles de *Praomys cf jacksoni* par exemple.

L'abondance des mâles par rapport aux femelles mais aussi des adultes par rapport aux jeunes pourraient se justifier par le fait que, chez les écureuils, quelques jours avant la mise bas, la femelle va se préparer un nid confortable pour la mise bas avec des feuilles et de la mousse et y mettre des réserves. Quelques heures avant la mise bas, elle va s'installer dans son nid et ne plus en sortir avant que les bébés ne soient tous nés. Une fois les bébés nés, elle va passer une bonne partie du temps dans son nid afin de les nourrir, de les réchauffer et de les nettoyer. Elle continuera à défendre son territoire contre tout

intrus jusqu'à ce que les jeunes soient sevrés. Une fois les jeunes assez grands, vers environ 3 mois, elle va les chasser de son territoire : ils sont alors assez grands pour se trouver leur propre territoire. Il est à noter que l'espérance de vie des jeunes à la naissance est faible, car une forte mortalité intervient au cours des premiers mois et les mâles n'interviennent pas dans l'élevage des jeunes (<http://www.hww.ca/hww> ; page consultée le 9 novembre 2005).

#### ○ STRUCTURE D'ÂGES EN FONCTION DE POIDS CORPOREL ET DE LA TAILLE DE TESTICULE.

L'étude de la structure d'âge de la population des Sciuridae de la Réserve Forestière de Yoko révèle l'existence permanente de trois classes d'âges durant toute l'année. Dans tous les habitats prospectés, la classe d'âges dominante est celle des adultes. En fonction de poids corporel et de la taille des adultes, nos résultats ont montré que : Chez le *Funisciurus anerythrus* le poids corporel et la LMTe varie respectivement entre 19-115 gr et 14,95-26,07 mm chez les juvéniles ; 55-204 gr et 25,25-27,03 mm chez les subadultes et en fin 110-284 gr et 26,21-32,54 mm chez les adultes. Chez le *Funisciurus bayonii* le poids corporel et la LMTe varie respectivement entre 104-158 gr et 23,2-27,03 mm chez les subadultes ; 111-180 gr et 24,01-28,31 mm chez les adultes tandis que chez les juvéniles, le poids varie entre 77-80 gr. Chez le *Heliosciurus rufobrachium* le poids corporel et la LMTe varie respectivement entre 177-265 gr et 14,05-15,17 mm chez les subadultes ; 276-380 gr et 16,83-22,21 mm chez les adultes. Chez le *Protoxerus stangeri* le poids corporel et la LMTe varie respectivement entre 200-364 gr et 20,55-22,41 mm chez les adultes ; 160-170 gr et 15,02-15,32 mm chez les subadultes et en fin 36-37 gr et 6,05 mm chez les juvéniles.

En comparant le poids des adultes des espèces capturées à la RFY, le *Heliosciurus rufobrachium* possède le poids le plus élevé (276-380 gr), suivie de *Protoxerus stangeri* (200-364 gr), *Funisciurus anerythrus* (110-284 gr) et *Funisciurus bayonii* (111-180 gr). Le constant n'est pas même pour la LMTe, le *Funisciurus anerythrus* viens en tête (26,21-31,06 mm), suivie de *Funisciurus bayonii* (24,01-28,31mm), *Protoxerus stangeri* (20,55-22,41 mm) et en fin *Heliosciurus rufobrachium* (16,83-22,21 mm). [13] à Yoko, stipule que chez les adultes le poids corporel pour l'espèce *Funisciurus anerythrus* est supérieur à 131gr, celui des subadultes est compris entre 126 et 130gr, tandis que les juvéniles pesaient moins de 126 gr. Ces résultats sont proches des observations de [14] qui remarque que dans la Réserve Forestière de Masako et dans la forêt de UMA les subadultes et les juvéniles sont les moins représentés. Les adultes avaient un poids corporel variant entre 160-252 gr. Les subadultes et les juvéniles avaient un poids corporel respectivement variant entre 170-180 et inférieurs à 160 gr. [17] stipule que les intervalles de poids des adultes varie de 40-100gr chez le *Paraxerus boehmi* ; 108-113gr chez *Funisciurus congicus* ; 110-160 gr chez *Funisciurus bayonii* ; 200-220 gr chez *Funisciurus anerythrus* ; 250-400g chez *Heliosciurus rufobrachium* et 540-1000gr chez *Protoxerus stangeri*. Nous estimons que cette différence des poids serait due à son alimentation rarement constituée des matières animales, mais surtout aux conditions écologiques du milieu.

## 5 CONCLUSIONS

La présente étude avait pour objectifs d'identifier les écureuils de la réserve forestière de Yoko, d'analyser leur structure et leur phénologie de reproduction afin d'estimer la stabilité de ce groupe face aux changements locaux et globaux.

- Au total 164 spécimens d'écureuils capturés au pièges traditionnels dont 116 *Funisciurus anerythrus*, 20 *Funisciurus bayonii*, 13 *Heliosciurus rufobrachium*, 12 *Protoxerus stangeri*, 2 *Paraxerus boehmi* et un seul *Funisciurus congicus*. La collecte a été réalisée dans la RFY de mai 2014 à avril 2015. Les spécimens ont été capturés en grande partie en jachère (109/164).
- Le *Funisciurus anerythrus* est la plus abondante dans tous les habitats cependant l'essentiel d'activités de cette espèce semble se réaliser dans les jachères par contre, la forêt primaire semble être l'habitat le plus préféré par le *Heliosciurus rufobrachium* et le *Protoxerus stangeri*.
- L'analyse de la reproduction a révélé, chez le *F. anerythrus* une reproduction continue qui ne semble pas être influencée par les précipitations. La proportion des mâles sexuellement actifs est très élevée (78,57 à 100%) durant toute l'année et la proportion la plus élevée est observée au cours de la saison à forte pluviosités (mars-mai).
- Le nombre de femelles gravides est élevé durant la période de faible pluviosité mais l'augmentation commence durant la période de forte pluviosité entre septembre et novembre pour atteindre le pic vers la fin de la première période subsèche (décembre-février).
- Les immatures mâles et femelles ne représentent qu'une faible proportion (21,42% et 46,66%). Cependant, les proportions relativement élevées (33,33% et 58,62%) ont été observées durant la période allant de juin à novembre, ce qui suggère une grande reproduction durant la fin de la période subsèche. Le taux moyen de reproduction est de 0,4 et la portée moyenne est de 1.

- La sex-ratio de la population de *F. anerythrus* est équilibrée durant toute l'année, cependant une légère prédominance des femelles sur les mâles a été observée. La structure d'âge de la population montre l'existence permanente de trois classes d'âges durant toute l'année. La classe d'âges dominante est celle des adultes, elle représente 74/116 soit 63,79% et ils pèsent entre 110 et 284 grammes et une longueur des testicules allant de 26,21 à 32,54 mm.
- Les Juvéniles et subadultes constituent les classes d'âges les moins représentées (23,81 et 21,63%); ils ont respectivement un poids corporel variant entre 44 - 69 grammes et 55-204 grammes et une longueur des testicules comprises entre 14,95-20,19 et 26,21-31,06 mm.
- La sex-ratio est en faveur des mâles chez *Funisciurus bayonii*, *Heliosciurus rufobrachium* et *Protoxerus stangeri*, avec respectivement (15/5 soit 3 ;  $\chi^2=2,5$  et  $P>0,05$ ), (15/5 soit 3 ;  $\chi^2 = 2,5$  et  $P > 0,05$ ), (8/2 soit 2 ;  $\chi^2 = 0,666$  et  $P > 0,05$ ). Le poids des adultes et la LMTe varie de 276-380 grammes et 16,83-22,21 mm chez *Heliosciurus rufobrachium*, 200-364 grammes et 20,55-22,41 mm chez *Protoxerus stangeri*, 110-284 grammes et 26,21-31,06 mm *Funisciurus anerythrus*, 111-180 grammes et 24,01-28,31mm chez *Funisciurus bayonii*, 44 à 47 grammes chez *Paraxerus boehmi* et 153 grammes chez *Funisciurus congicus*.
- La structure d'âge de la population des Sciuridae de la Réserve Forestière de Yoko révèle l'existence permanente de trois classes d'âges durant toute l'année. Dans tous les habitats prospectés, la classe d'âges dominante est celle des adultes.

## REFERENCES

- [1] J. Chaline, H. Baudvin, D. Jammot et M.C. Saint girons. Les proies des rapaces, petits mammifères et leur environnement. Ed. Doin, Paris, 141p, 1974.
- [2] A. Ouzaouit. La situation des rongeurs au Maroc. Séminaire national sur la surveillance et la lutte contre les rongeurs, Marrakech: pp.24-30, 2000.
- [3] P. Grasse, L. Dekeyser. Ordre des rongeurs, pp. 1321–1573, cité par GRASSE, Traité de Zoologie, Mammifères. Ed. Masson et Cie, Paris, T. XVII, no. 2, pp.1172-2300, 1955.
- [4] M.D. Carleton, G.G. Musser. Order Rodentia. pp 745-752 in Wilson, D.E. & Reeder, D. M. (eds). Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference, 3th ed. Vol 2. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2005.
- [5] J.T.C. Codja. Répartition écologique des populations de cricétomes (*Cricetomys gambianus* et *Cricetomys emini*) et d'aulacode (*Thryonomys swinderianus*) du Sud Bénin (Afrique de l'Ouest): nouvelles précisions sur la variabilité chromosomique. Mammalia, Vol. 60, no. 2, pp.299–303, 1995.
- [6] O. Teka, G. Mensah et R. Holou. Colonisation des parcelles fourragères par des espèces de rongeurs Sud Bénin: cas de la ferme d'élevage de Samiondji. Acte du séminaire – atelier sur la mammalogie et la biodiversité ABOMEY-CALAVI/ Bénin, Société pour l'étude et la protection des mammifères, 30/10, pp.33-39, 2002.
- [7] G.B. Katuala. Biodiversité et biogéographie des Rongeurs Myomorphes et Sciuromorphes (Rodentia, Mammalia) de quelques blocs forestiers de la Région de Kisangani (R. D. Congo).Thèse inédite, Fac. des Sciences UNIKIS, 149 p, 2009.
- [8] M. Aladro. Contribution à l'étude des Sciuridés de la Reserve forestière de la Yoko et ses environs (Ubundu, R D Congo), Monographie inédit, Fac. Sc. Unikis, 30p, 2007.
- [9] K. Paluku. Contribution à l'étude de peuplement des Sciuridae de la Réserve Forestière de Masako et localité de Uma (Prov. Orient., R.D.Congo), TFC ined., Fac. Sc., Unikis 26p, 2014.
- [10] D. Amundala. Ecologie de population des Rongeurs (Rodentia, Mammalia) dans une perspective de gestion des espèces nuisibles aux cultures dans la région de Kisangani (R.D. Congo), Thèse, 266p, 2013.
- [11] J. Kennis. Study of tropical rainforest rodents: biodiversity and adaptation ability to changing habitats around Kisangani, DRC. Antwerpen University, Doc. Th., 176.p, 2012.
- [12] I. Arita, Z. Jezek, L. Khodakevich, Ruti-Kalisa. Human monkeypox : a newly emerged orthopoxvirus zoonosis in the tropical rain forest of Africa. *Am J Trop Med Hyg*, pp.781-790, 1985.
- [13] PT. Mwamba, KF. Tshioko, A. Moudi, V. Mukinda, GN. Mwema, D. Messinger, L. Okito, D. Barakymfyte, P. Malfait, R. Pebody, M. Szczeniowski, K. Esteves, D. Heymann, Y. Hutin, RJ. Williams, A.S. Khan, J.J. Esposito. Des cas humains d'orthopoxvirose simienne au Kasai oriental, Zaïre (1996-1997). *Euro Surveill.* 1997 (online at: <http://www.eurosurveillance.org>).
- [14] FAO. Convention sur la biodiversité et résolutions relatives: Commission des Ressources Génétiques. 5ème session, Rome, 1993.
- [15] B.L. Lomba, et M. Ndjele. Utilisation de la méthode de transect en vue de l'étude de la phytodiversité de Yoko (Ubundu-Congo). *Ann. Fac. Sci.Unikis*, no. 11, pp.35-46, 1998.

- [16] B.L. Lomba. Contribution à l'étude de la phytodiversité de Yoko (Ubundu, RD. Congo). D.E.S, Inédit, Fac. Sci., Université de Kisangani, 2007.
- [17] K. Jonathan. Guide de Mammifères d'Afrique de la charv et niestle, Paris, France, 96-111p, 2004.
- [18] H. Schouteden. Faune du Congo Belge et du Rwanda Urundi, in Mammifères, Ann.MUS. du Congo Belge série 8, vol1. Tervuren, 253-267p, 1948.
- [19] I. Mukinzi. Contribution à l'étude des peuplements des Rongeurs et des Insectivores de l'île Kungulu et de la rive gauche de la rivière Lindi (Kisangani, RD Congo) mémoire inédit, Fac. Sc. UNIKIS, 48p, 1999.
- [20] D. Amundala. Nouvelles données sur le peuplement en Rongeurs et en insectivores des milieux insulaires des environs de Kisangani (Mbiye et Mafi, RD Congo) : Reproduction et structure de population, Mémoire inédit, Fac. Sc. Unikis.32p, 2000.
- [21] A. Dudu. Contribution à l'Ecologie des rongeurs de l'île Kongolo (Haut-Zaïre), Familles *Sciuridae* et *Muridae*, Mémoire inédit, Fac. Sc. UNIKIS, 33p, 1979.
- [22] D. Macdonald, P. Barret. Guide complet des mammifères de France et d'Europe. Ed: Delachaux & Niestlé, Lausanne, Paris. 304p, 1995.
- [23] M. Duquet. Inventaire de la faune de France. Vertébrés et principaux invertébrés. Ed: *Nathan, et Muséum d'Histoire Naturelle, Paris*. 416p, 1992.
- [24] B.H. Blake, K.E. Gillett. Estrous cycle and related aspects of reproduction in captive Asian chipmunks, *Tamias sibiricus*. J. Mamm. no. 69, pp.598-603, 1988.
- [25] E. Gismondi. L'écureuil. Acquisition, habitat, alimentation, soins, comment le faire jouer et l'appivoiser. De Cecchi, Paris, 1991.
- [26] T. Kawamichi, M. Kawamichi. Gestation period and litter size of Siberian chipmunk *Eutamias sibiricus* in Hokkaido, northern Japan. J. Mamm. Soc. Jpn, no. 18, pp.105-109, 1993.
- [27] V. Flyger, J.E. Gates. Fox and gray squirrels, *Sciurus niger*, *S. carolinensis*, and allies. pp. 209-229. In J.A. Chapman & G.A. Feldhamer (eds), *Wild mammals of North America. Biology, management, economics*. The Johns Hopkins University Press, 1982.
- [28] J. Koprowski. *Sciurus carolinensis*. Mammalian species, pp.1-9, 1994.
- [29] A. Dudu. Etude du peuplement d'Insectivores et des Rongeurs de la forêt ombrophile de basse altitude du Zaïre (Kisangani, Masako), Thèse de doctorat, Université d'Anvers, Anvers, 171p, 1991.

## Cartographie de l'occupation de sol des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun par réseaux de neurones appliqués à une image LANDSAT 8 OLI

### [ Mapping land cover in Western Cameroon Highlands using neural networks applied to a Landsat 8 OLI image ]

V.-C. Jofack Sokeng<sup>1</sup>, F. K. Kouamé<sup>1</sup>, H. Dibi N'da<sup>1</sup>, B. Tankoano<sup>2</sup>, L. Akpa You<sup>1</sup>, and B. Ngounou Ngatcha<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT),  
University Félix Houphouët Boigny of Cocody,  
Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Institut du Développement Rural,  
Université Polytechnique de Bobo Dioulasso,  
Bobo Dioulasso, Burkina Faso

<sup>3</sup>Département des Sciences de la Terre,  
Université de Ngaoundéré,  
Ngaoundéré, Cameroon

Copyright © 2016 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:** Mapping land cover in complex regions like Western Cameroon Highlands is highly difficult. Most widely used algorithms are not easily implementable because of strong similarities observed in reflectance of different land cover units. This study evaluates the contribution of neural networks to the classification of LANDSAT 8 OLI images in order to achieve a better land cover map in this region. Image processing techniques (calculation of indices, principal components analysis, and color compositions) and a field survey allowed to discriminate and select trainings and validation sites of the main land cover units. Then, a network with 14 neurons in the input layer and 8 neurons in the output layer corresponding to different land cover classes was constructed. External and internal network parameters were experimentally selected for classification. The resulting map was finally validated with an overall accuracy of 90, 08% and a Kappa equal to 0.88. Eight land cover units have been identified. These are degraded forests, savannahs, bare soil and localities, water, wetlands, crops and burned areas. Finally, comparison with the maximum likelihood method has shown the superiority of neural networks with an overall accuracy difference of around 8%.

**KEYWORDS:** Neural Networks, Back-propagation algorithm, land cover, Landsat OLI, Western Cameroon Highlands.

**RESUME:** La cartographie de l'occupation de sol dans des régions très accidentées comme les Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun est très complexe. Les algorithmes couramment utilisés y sont difficiles à implémenter à cause des fortes ressemblances observées dans les réflectances des différentes unités d'occupation de sol. Cette étude évalue la contribution des réseaux de neurones à la classification des images LANDSAT 8 OLI afin de réaliser une meilleure cartographie de l'occupation de sol de cette région. Les techniques traitements d'images (calcul des indices, analyses en composantes principales, compositions colorées) et une mission de terrains ont permis de discriminer et de sélectionner les parcelles d'entraînements et de contrôles des principales unités d'occupation à cartographier. Ensuite, un réseau avec 14 neurones dans la couche d'entrée et 8 neurones dans la couche de sortie correspondant aux classes d'occupation de sol a été construit. Les paramètres externes et internes des réseaux ont été choisis de façon expérimentale pour la classification. La carte

obtenue a enfin été validé avec une précision globale de 90, 08% et un Kappa de 0,88. Huit principales unités d'occupation de sol ont été mises en évidence. Ce sont forêt dégradée, les savanes, les sols nus et localités, l'eau, les zones humides, les cultures et les surfaces brûlées. Enfin, la comparaison avec la méthode de maximum de vraisemblance a montré la supériorité des réseaux de neurones avec une différence de précision globale autour de 8%.

**MOTS-CLEFS:** Réseaux de neurones, rétropropagation d'erreur, occupation de sol, LANDSAT OLI, Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun.

## **1 INTRODUCTION**

La carte d'occupation du sol est un des outils indispensables pour la planification du développement et la gestion du territoire. Elle fournit des informations quantitatives nécessaires pour une bonne description du territoire. Les classes d'occupation de sol sont d'importantes unités analytiques qui permettent d'établir un lien quantitatif entre les activités humaines, leurs répercussions sur l'environnement, et la dimension géographique [1]. La cartographie de l'occupation du sol constitue un enjeu très important pour beaucoup de travaux de recherche et pour de nombreux projets et applications opérationnelles au niveau mondial. Dans la littérature, les cartes d'occupation du sol sont largement utilisées dans les études diachroniques de la couverture du sol [2] [3] [4], et comme critère très indispensable pour la cartographie des ressources [5] [6] et des risques naturels [7] [8]. Cependant, dans les régions difficiles d'accès (cas des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun), cartographier l'occupation de sol avec précision est un véritable défi. Elle nécessite l'intégration de nouvelles méthodes et l'utilisation d'outils complémentaires aux méthodes conventionnelles de terrain [9].

Les progrès réalisés dans l'utilisation des données à référence spatiale ont mise en évidence l'utilité de la télédétection comme outil indispensable dans la cartographie de l'occupation du sol. En effet, par comparaison aux méthodes conventionnelles de terrain, elle permet de couvrir de vastes superficies rapidement et à peu de frais [10] [11]. De plus, la diversité des capteurs optiques, radars et des photographies aériennes disponibles, fait de la télédétection, un outil redoutable pour inventorier, analyser et classifier les différentes unités d'occupation du sol [3].

Classifier une image, c'est identifier la classe à laquelle appartient chacun de ses pixels. L'objectif est de créer une carte thématique qui représente un regroupement de classes associé aux différents éléments de l'image analysée. Les techniques de classification d'images satellites ont été largement diversifiées au fil des ans. [12] les regroupe en 2 grandes catégories : (i) les méthodes dites paramétriques (méthode de maximum de vraisemblance et des champs de Markov) qui associent à la signature spectrale, une distribution statistique connue (loi normale ou multi-normale) ; et (ii), les méthodes non paramétriques (le minimum de distance, la méthode parallépipédique, la distance de Mahalanobis, le K-plus proche voisin, l'arbre de décision, le support vaste machine et les réseaux de neurones) qui, contrairement aux premières, n'exploitent aucune distribution statistique, mais plutôt la distance spectrale. De toutes ces méthodes, la méthode de maximum de vraisemblance est la plus populaire et la plus utilisée [13] [14] [6]. Cependant, cette méthode regroupe les pixels sur le seul critère spectral estimé par la probabilité d'appartenance [15]. Par ailleurs, elle suppose que la distribution des valeurs numériques des pixels est normale (gaussienne) pour chaque classe. Toutefois, cette condition n'est pas toujours honorée puisque pour certaines classes, la distribution peut être asymétrique, bimodale ou même aléatoire surtout quand il s'agit de la classification d'un milieu naturel. De même, il est très difficile d'appliquer ces méthodes dans des environnements complexes sur le plan spectral où plusieurs facteurs (par exemple, des compositions de terrain, les irrégularités du terrain, des mosaïques dans les unités d'occupation de sol) affectent les signatures spectrales. Dans de tels environnements, très commun aux Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun, la production de la carte d'occupation de sol basée sur le seul critère spectral est difficile [16]. L'exploitation d'autres sources d'information devient obligatoire [9] [17] [18].

Plusieurs études [16] [19] [10] [20] [21] [11] utilisent les réseaux de neurones pour faciliter l'intégration des données environnementale (morphologiques, géologiques, données climatologiques) dans la classification d'occupation de sol. Ces réseaux, inspirés du système biologique, est un ensemble de neurones interconnectés et associés en couches. Ils sont formés d'une couche d'entrée, d'une couche cachée et d'une couche de sortie. Ils ont pour objectif, de prédire les sorties d'un système ou le comportement d'un phénomène à partir des entrées connues et définies par l'utilisateur. Contrairement aux méthodes précédentes, ces modèles n'exigent pas que la signature spectrale s'ajuste à une distribution paramétrable. Ils intègrent des informations de différentes sources et s'adaptent progressivement aux propriétés de la signature au fur et à mesure qu'on leur fournit des exemples connus [9] [17].

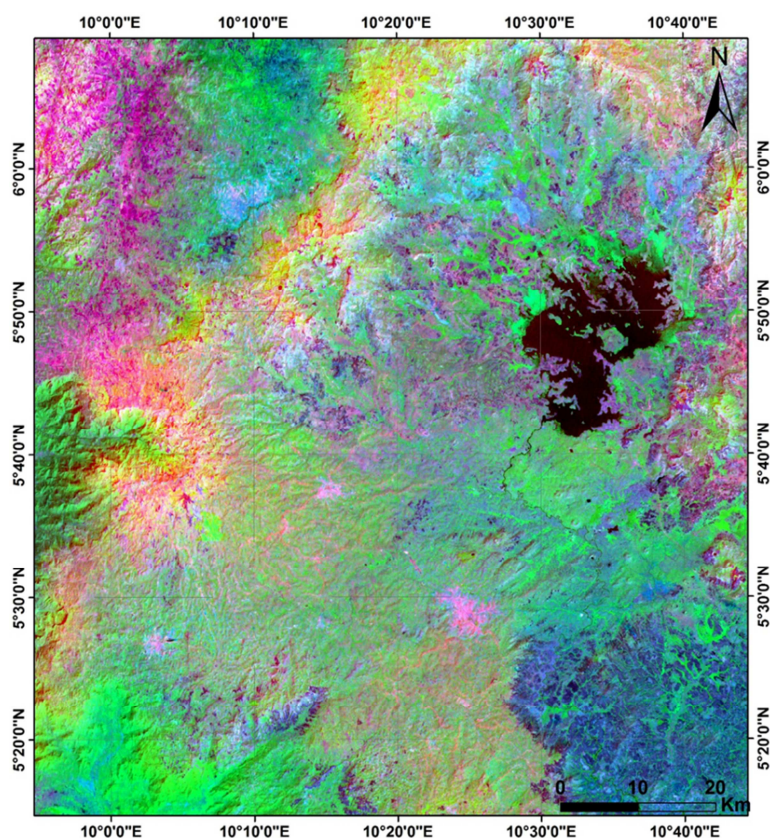
Cette étude applique des réseaux de neurones pour une meilleure cartographie de l'occupation de sol dans les Hauts Plateaux de l'Ouest du Cameroun. Elle présente le principe, la méthodologie et les avantages d'application de l'algorithme du perceptron multicouche à rétropropagation d'erreur pour la classification d'une image LANDSAT 8 OLI, et compare les résultats obtenus à la méthode de maximum de vraisemblance.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 SITE D'ÉTUDE ET MATÉRIEL UTILISÉ

Située entre 09°50' et 10°50' de longitude Est et 5°25 et 6°15' de latitude Nord, le secteur étudié appartient aux Hauts Plateaux de l'Ouest – Cameroun (HPOC). Il a une superficie de 9000 Km<sup>2</sup> et densité de population de 128,5 habitants au Km<sup>2</sup>. Son relief est très accidenté avec des plateaux et une série de massifs (mont Léfo - 2550 m, Bamboutos - 2700 m, Mbam - 2335 m...) et Bandja. La végétation rencontrée est une savane péri-forestière arborée ou arbustive en mosaïque avec des massifs forestiers et de petites galeries forestières de plantes hydrophiles et hydrophobes. Les sols très fertiles, entraîne le développement des cultures annuelles et pérennes quel que soit le milieu. L'hydrographie, marquée de nombreuses chutes, cascades et drains rectilignes, favorise une constante humidité du sol, et explique la persistance quasi-annuelle du couvert végétal. Le climat est de type tropical humide d'altitude, avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1800 mm.

Pour réaliser la carte d'occupation de sol de cette région, deux scènes (186/056 et 187/056) de LANDSAT 8 OLI ont été téléchargées, mosaïquées et exploitées. Ce sont des images acquises le 02 Février 2014 (saison sèche) avec 11 bandes spectrales, une résolution spatiale moyenne de 30 m et qui discriminent les principales grandes unités d'occupation de sol du site d'étude (**figure 1**). Des données SRTM de février 2000 ont permis d'extraire les indicateurs de terrain (altitude et pentes) jugés pertinents et en relation avec l'occupation de sol. Les types de sols ont été extraits des cartes pédologiques (feuilles Douala Est et Ouest) disponibles au 1 / 200 000. Toutes ces données ont été géo-référencées et corrigées géométriquement sur la base des cartes topographiques existantes.



**Fig. 1.** Composition colorée OLI 4-5-7 rehaussant les différentes unités d'occupation de sol dans le site d'étude

## 2.2 MÉTHODOLOGIE

La réalisation de la carte d'occupation de sol des HPOC s'est déroulée en 3 étapes : (i) la discrimination des différents types d'occupation de sol à l'aide des traitements d'images et des missions de terrains ; (ii) la classification dirigée avec l'algorithme de réseaux de neurones multicouche par rétro-propagation d'erreurs ; (iii) la validation de la carte d'occupation de sol et l'évaluation de sa précision.

### 2.2.1 DISCRIMINATION DES TYPES D'OCCUPATION DE SOL

Cette phase a permis de produire des images satellites en composition colorées qui facilitent une bonne discrimination spectrale des types d'occupation de sol. Ainsi, ont été combinées plusieurs techniques de traitements notamment le calcul d'indices (NDVI, indice d'humidité, l'indice de brillance des sols), et les Analyse en Composante Principale Sélectives (ACPS). L'analyse des bandes de LANDSAT OLI et des néo-canaux issus de traitements d'images a permis de rehausser le contraste entre les bandes et de mettre en évidence les types d'occupation de sol que sont la forêt dégradée, les savanes, les sols nus et localités, l'eau, les zones humides, les cultures et les brulis. L'interprétation de ces images fausses couleurs a été fondée sur la teinte, la forme, et l'agencement spatial des objets avec leur voisinage. Les unités d'occupation de sol discriminées sur ces compositions colorées ont été par la suite identifiées et décrites sur le terrain. 450 points GPS collectés sur les différentes unités ont été utilisés dans la délimitation des sites d'entraînements (70%) et de contrôle (30%).

### 2.2.2 CLASSIFICATION DIRIGEE PAR L'ALGORITHME DE RESEAUX DE NEURONES MULTICOUCHE A RETRO-PROPAGATION D'ERREURS

#### PRINCIPE DES RESEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS

Le neurone artificiel s'identifie au neurone humain et est défini par des entrées ( $E_i$  et  $S_j$ ), des poids de connexion, une fonction de transfert et une sortie. Le signal  $E_i$ , se trouvant à l'entrée du neurone  $j$  est multiplié par le poids  $W_{ij}$  qui représente le poids de connexion du neurone  $j$  vers le neurone  $i$ . La somme pondérée  $S_j$  des signaux d'entrées  $E_i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) du neurone  $i$ , correspond aux signaux de sorties des neurones de la couche amont auxquels ce neurone est connecté ; la fonction de transfert  $f$  convertit la somme pondérée des entrées  $S_j$  en sortie  $S$  (équation 1).

$$S = f \left( \sum_i^n W_{ij} \cdot E(i) \right) \quad (1)$$

Dans un réseau de neurones, les neurones sont organisés en couches successives (figure 2). Chaque neurone d'une couche reçoit des signaux de la couche antérieure et transmet le résultat aux neurones de la couche postérieure en suivant un sens de propagation de l'entrée vers la sortie [22]. Avec cette configuration, la couche d'entrée reçoit les variables d'entrée et la couche de sortie fournit les résultats [23]. Les autres couches qui se trouvent entre la couche d'entrée et la couche de sortie sont appelées couches cachées. Le nombre de niveaux cachés et le nombre de neurones par niveaux représentent les paramètres architecturaux du réseau.

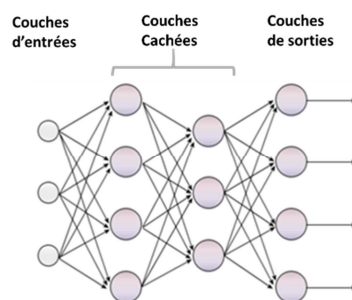


Fig. 2. Un réseau multicouche

Les réseaux de neurones sont des outils de modélisation numérique dont l'objectif est de prédire les sorties d'un système ou le comportement d'un phénomène à partir des entrées connues et définies par l'utilisateur [10]. Cette prédiction est réalisée en construisant au cours d'une phase d'apprentissage, un modèle non linéaire entre des couples entrées et sorties. Sachant que les poids précisent le lien appartenant à deux niveaux successifs, leurs valeurs sont ajustées et affinées

continuellement tout au long de la phase d'apprentissage. Pendant cette phase, des couples entrées – sorties sont fournis au réseau. Dans un premier temps, les poids sont fixés aléatoirement pour permettre au réseau de calculer ses propres sortis à partir des entrées déjà fournies [24]. Puis, ils sont alors corrigés de manière à minimiser la différence entre les sorties ainsi calculées et les sorties désirées. Cette phase de minimisation correspond à l'apprentissage ; elle est primordiale à l'efficacité du réseau [19].

Plusieurs algorithmes d'apprentissage existent. Pour des perspectives de cartographie thématique, l'algorithme d'apprentissage le plus utilisé en télédétection est la rétro propagation du gradient d'erreur [23]. Il est très adapté aux réseaux de neurones multicouches. Il permet d'estimer la correction à faire pour un poids  $W_{ij}$  défini entre deux neurones  $i$  et  $j$ . Cette correction permet de minimiser l'erreur au carré  $E_p$  entre la sortie calculée par le réseau  $S_{c,j}$  et la sortie désirée  $S_{d,j}$  du neurone  $j$ . L'erreur  $E_p$  est calculée pour chaque pixel ou valeur  $p$  appartenant au groupe d'apprentissage (équation 2).

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_j (S_{d,j} - S_{c,j})^2 \quad (2)$$

Pour minimiser l'erreur au cours de la phase d'apprentissage, la correction du poids est proportionnelle à la dérivée de l'erreur  $E_p$  par rapport au poids (équation 3).

$$\Delta W_{ij}(n + 1) = [\eta * \delta_j * S_i] + [\alpha * \Delta W_{ij}(n)] \text{ avec } \Delta W_{ij} \approx - \frac{\partial E_p}{\partial W_{ij}} \quad (3)$$

- $\delta_j = (S_{d,j} - S_{c,j}) * f'(E_j)$  si (j) appartient au niveau de sortie du réseau
- $\delta_j = f'(E_j) * \sum_k \delta_k * W_k$  si (j) appartient à un niveau caché du réseau
- $f'(E_j)$  est la dérivée de la fonction d'activation  $f$  par rapport à l'entrée  $E_j$  du neurone  $j$ .
- $\eta$  est le coefficient de proportionnalité qui représente le taux d'apprentissage
- $n$ : indicateur du nombre d'itérations de la phase d'apprentissage
- $\alpha$ : une constante appelée momentum qui reflète l'effet du changement du poids dans l'itération précédente.

Cette équation représente la règle généralisée du delta. Cette règle permet de calculer pour chaque vecteur de pixel, la correction  $\Delta w_{ij}$  à apporter au poids  $w_{ij}$  entre deux neurones  $i$  et  $j$ . Le principe de base de la procédure utilisée pour l'apprentissage nécessite des corrections faites par de petites valeurs afin de garder une bonne décroissance de la fonction de minimisation. En effet, la réussite de l'apprentissage est proportionnelle à la valeur choisie pour le taux d'apprentissage  $\eta$ . Les valeurs du taux d'apprentissage  $\eta$  et du momentum  $\alpha$  sont spécifiques pour chaque application.

De façon générale, l'utilisation des réseaux de neurones en classification d'image nécessite la précision d'un certain nombre de paramètres reliés à l'architecture (le nombre de couches cachées, le nombre de neurones par couches, et la fonction de transfert) et à la phase d'apprentissage (le taux d'apprentissage, le momentum, et le nombre d'itérations).

#### CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DE SOL PAR RÉSEAUX DE NEURONES

Les réseaux de neurones utilisés dans cette étude, ont été implémentés dans **ENVI**. Ce logiciel de traitement d'images facilite plusieurs tâches liées à la création, l'entraînement et la simulation des réseaux de neurones pour des fins de classification d'images. Plusieurs modifications ont été apportées au programme source de ce module (**Neural Net**) afin de l'adapter aux caractéristiques spécifiques de cette étude.

Tout d'abord, l'objectif a été de définir le nombre de neurones à allouer à la couche d'entrée, la couche de sortie et aux couches cachées. A cet effet, 14 neurones ont été attribués à la couche d'entrée. Ils correspondent à 6 bandes de LANDSAT OLI (OLI 2 à 7), aux néo-canaux issus des traitements d'images (NDVI, IB, NDWI), aux composantes principales CP<sub>123</sub> de l'ACP<sub>123</sub> et CP<sub>167</sub> de l'ACP<sub>67</sub>, aux type de sol et aux paramètres morphométriques de terrain (Altitude et pente). L'utilisation d'un seul neurone pour chaque type d'information [9] réduit considérablement la taille du réseau et accélère le processus d'apprentissage et de classification. Ensuite, *Huit* (8) neurones ont été définis pour la couche de sortie. Ils représentent les 8 unités d'occupation de sol identifiés sur le terrain à savoir, les forêts, les savanes, les cultures, les zones brûlées, l'eau, les zones humides, les sols nus et les zones habitées. 29 neurones ont été affectés aux couches cachées sur la base du théorème de Kolmogorov [25]. Le réseau ainsi construit, a été entraîné par l'algorithme de rétropropagation d'erreur. Cet algorithme a permis d'ajuster et d'affiner les valeurs des poids tout au long de l'apprentissage. La correction des poids au cours de l'entraînement ne concerne que les pixels appartenant au groupe d'apprentissage. Au cours de cette phase, les poids du

réseau sont corrigés de manière à minimiser l'erreur au carré entre la réponse calculée par le réseau et la réponse attendue. Généralement, cette erreur calculée sur le groupe d'apprentissage diminue continuellement au cours de l'entraînement [9].

Plusieurs paramètres ont été définis au cours de cet apprentissage. Ces paramètres sont liés au fonctionnement interne de l'algorithme de rétropropagation. Ce sont entre autre : le nombre de couches cachées, le taux d'apprentissage, le momentum, la fonction d'activation, le seuil d'arrêt et le nombre d'itérations. Le **taux d'apprentissage** permet de calculer les changements à apporter aux valeurs de poids après chaque itération. Sa valeur affecte considérablement la performance de l'algorithme d'apprentissage. Il varie entre 0 et 1. Le **momentum** a été ajouté à la règle de Delta [26] pour éviter tout risque d'oscillation de l'erreur pendant l'apprentissage. Il varie aussi de 0 à 1 et mesure l'effet d'une itération antérieure sur l'itération en cours [19]. La **fonction d'activation** souvent sigmoïde ou tangente hyperbolique, normalise les valeurs attribuées aux neurones de sorties. Elle intervient entre le niveau d'entrée et le niveau caché d'une part, et entre le niveau caché et le niveau de sortie d'autre part. D'après [19] l'apprentissage du réseau s'arrête lorsque l'erreur dépasse une valeur optimale établie a priori (**seuil d'arrêt**) ou lorsque le **nombre d'itération** est atteint. Le **seuil d'arrêt** varie de 0 à 1 et le **nombre d'itérations** est défini par l'utilisateur. L'influence de ces paramètres sur la performance de la classification a aussi été étudiée de façon expérimentale en comparant des valeurs faibles à des valeurs fortes. Cela a permis de choisir la configuration idéale du réseau (**figure 3**) pour la cartographie de l'occupation du sol de la région d'étude.

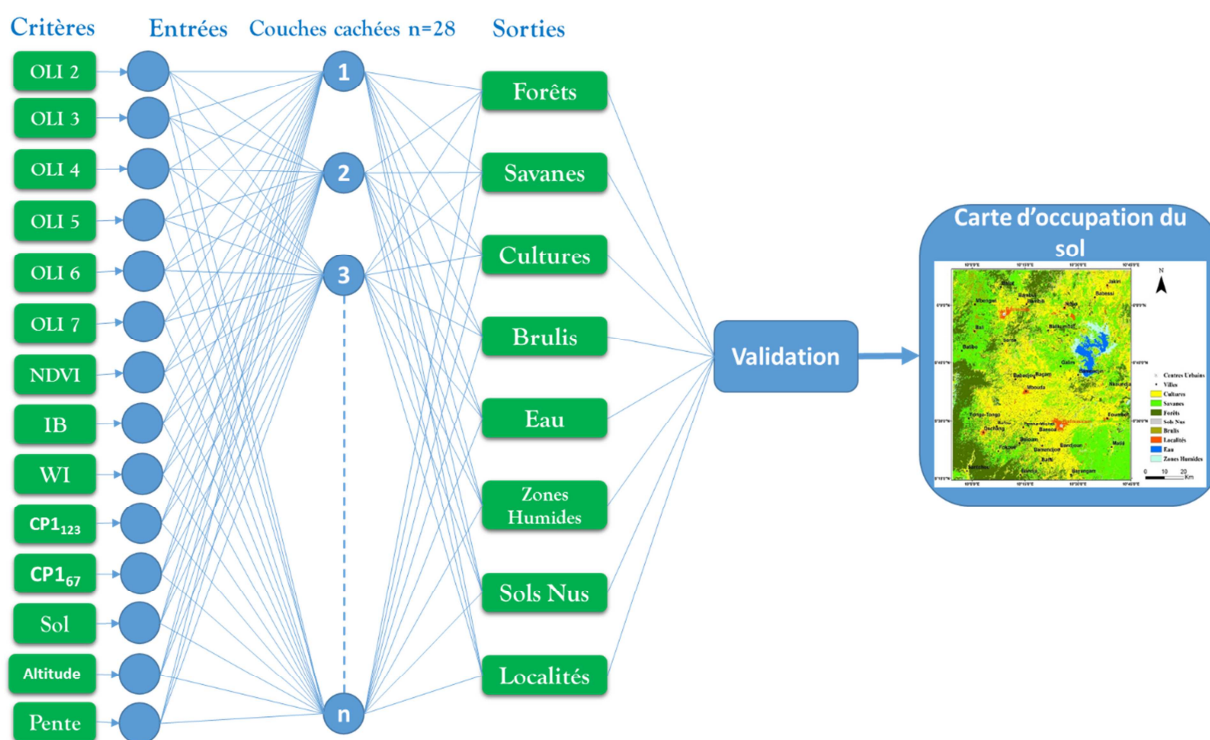


Fig. 3. Architecture du réseau construit pour la cartographie de l'occupation de sol

### 2.3 MESURE DE LA PERFORMANCE DU RÉSEAU ET VALIDATION

L'évaluation de la performance du réseau à la classification d'images s'est réalisée deux étapes. La première étape a consisté à établir la matrice d'erreur et à calculer la précision globale ainsi que l'indice Kappa de la classification neuronale obtenue sur la base des données de contrôle. Ces données sont constituées d'un ensemble de pixels n'ayant pas servi à l'apprentissage. Cette étape est appliquée pour chaque réseau construit et permet de choisir le modèle et les paramètres d'apprentissage offrant la meilleure précision de classification. La deuxième étape a consisté à mettre en évidence l'apport du réseau implémenté en comparant ses performances à celles de la méthode de maximum de vraisemblance, plus souvent utilisée. À l'issue de cette validation, la carte d'occupation du sol des Hauts Plateaux de l'Ouest du Cameroun a été obtenue.

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 INFLUENCE DES PARAMÈTRES DU RÉSEAU

Un réseau multicouche a été construit avec 14 neurones dans la couche d'entrée, et 8 correspondant aux unités d'occupation de sol dans la couche de sortie. Au niveau des couches cachées, 28 neurones ont été défini sur la base du théorème de Kolmogorov. Ces neurones ont été répartis en plusieurs couches cachées. Ce modèle perceptron a été par la suite entraîné par l'algorithme de rétropropagation d'erreur qui dépend de plusieurs paramètres. Différentes valeurs de ces paramètres ont aussi été étudiées. Une fois le réseau entraîné, ses performances ont été évaluées sur la base des sites de contrôle définis sur le terrain. Le **tableau 1** montre l'influence de ces paramètres internes (taux d'apprentissage, le momentum, le nombre d'itération, de seuil d'arrêt) et externe (nombre de couches cachées) sur la précision globale du réseau et de la classification.

**Tableau 1. Influence des paramètres du réseau sur la précision de la classification. CA: Couches Cachées; TA: Taux d'Apprentissage; MO: Momentum; NI: Nombre d'Itérations; AS: Seuil d'arrêt; TF: Fonction de Transfert**

Essai	CA	TA	MO	NI	SA	TF	Précision
1	1	0,01	0,9	1000	0,1	sigmoïde	89,26
2	2	0,01	0,9	1000	0,1	sigmoïde	79,87
3	3	0,01	0,9	1000	0,1	sigmoïde	74,22
4	4	0,01	0,9	1000	0,1	sigmoïde	64,21
5	1	0,05	0,9	1000	0,1	sigmoïde	81,67
6	1	0,1	0,9	1000	0,1	sigmoïde	76,33
7	1	0,15	0,9	1000	0,1	sigmoïde	68,01
8	1	0,3	0,9	1000	0,1	sigmoïde	53,38
9	1	0,5	0,9	1000	0,1	sigmoïde	45,16
10	1	0,8	0,9	1000	0,1	sigmoïde	31,58
11	1	1	0,9	1000	0,1	sigmoïde	17,33
12	1	0,01	0,1	1000	0,1	sigmoïde	65,14
13	1	0,01	0,3	1000	0,1	sigmoïde	71,67
14	1	0,01	0,5	1000	0,1	sigmoïde	74,21
15	1	0,01	0,7	1000	0,1	sigmoïde	78,62
16	1	0,01	0,9	500	0,1	sigmoïde	78,02
17	1	0,01	0,9	800	0,1	sigmoïde	80,00
18	1	0,01	0,9	1500	0,1	sigmoïde	82,16
19	1	0,01	0,9	2000	0,1	sigmoïde	79,97
20	1	0,01	0,9	4000	0,1	sigmoïde	61,63
21	1	0,01	0,9	1000	0,2	sigmoïde	85,11
22	1	0,01	0,9	1000	0,3	sigmoïde	81,97
23	1	0,01	0,9	1000	0,4	sigmoïde	88,05
24	1	0,01	0,9	1000	0,5	sigmoïde	81,89
25	1	0,01	0,9	1000	0,1	tangente	61,99

D'après ce tableau, il est clair que les précisions de classification dépendent de l'architecture des modèles neuronaux et des paramètres choisis à l'apprentissage. Le nombre de couches cachées a un effet minime sur la performance du réseau car ne fait varier la performance que 3 à 4%. L'augmentation du nombre de couche cachée (de 1 à 4) n'améliore pas la précision de la classification, mais augmente plutôt le temps de calcul. De même, une augmentation (de 0 vers 1) du taux d'apprentissage diminue de 82,76 à 61,97%, la précision de la classification en entraînant des oscillations de l'erreur pendant l'apprentissage. Cependant, si l'on augmente plutôt le momentum de 0 vers 1 et le nombre d'itération de 500 vers 4000, cela a un effet positif sur la précision de classification. Mais avec valeurs très fortes (4000), la précision diminue. En effet, lorsque la phase d'entraînement devient trop longue, le réseau peu perdre son pouvoir de généralisation. Enfin, avec des valeurs

identiques de ces paramètres, une meilleure précision a été notée pour des faibles seuils d'arrêt et une fonction de transfert de type sigmoïde.

### 3.2 CARTE D'OCCUPATION DU SOL DU SECTEUR D'ÉTUDE

Pour la suite des travaux, 1000 itérations, un momentum de 0,88, un seuil d'arrêt de 0,15, un taux d'apprentissage fixé à 0,03, une fonction de transfert sigmoïde et une seule couche cachée ont été choisies afin d'obtenir la carte d'occupation de sol (**figure 4**) du site étudié dans les Hauts Plateaux de l'Ouest du Cameroun. L'analyse statistique de la carte obtenue montre que la zone étudiée est dominée par les cultures (24%) et les savanes (16%). Les forêts n'occupent que 11%. La forte proportion (13%) occupée par les localités atteste de la densité de population de la zone étudiée.

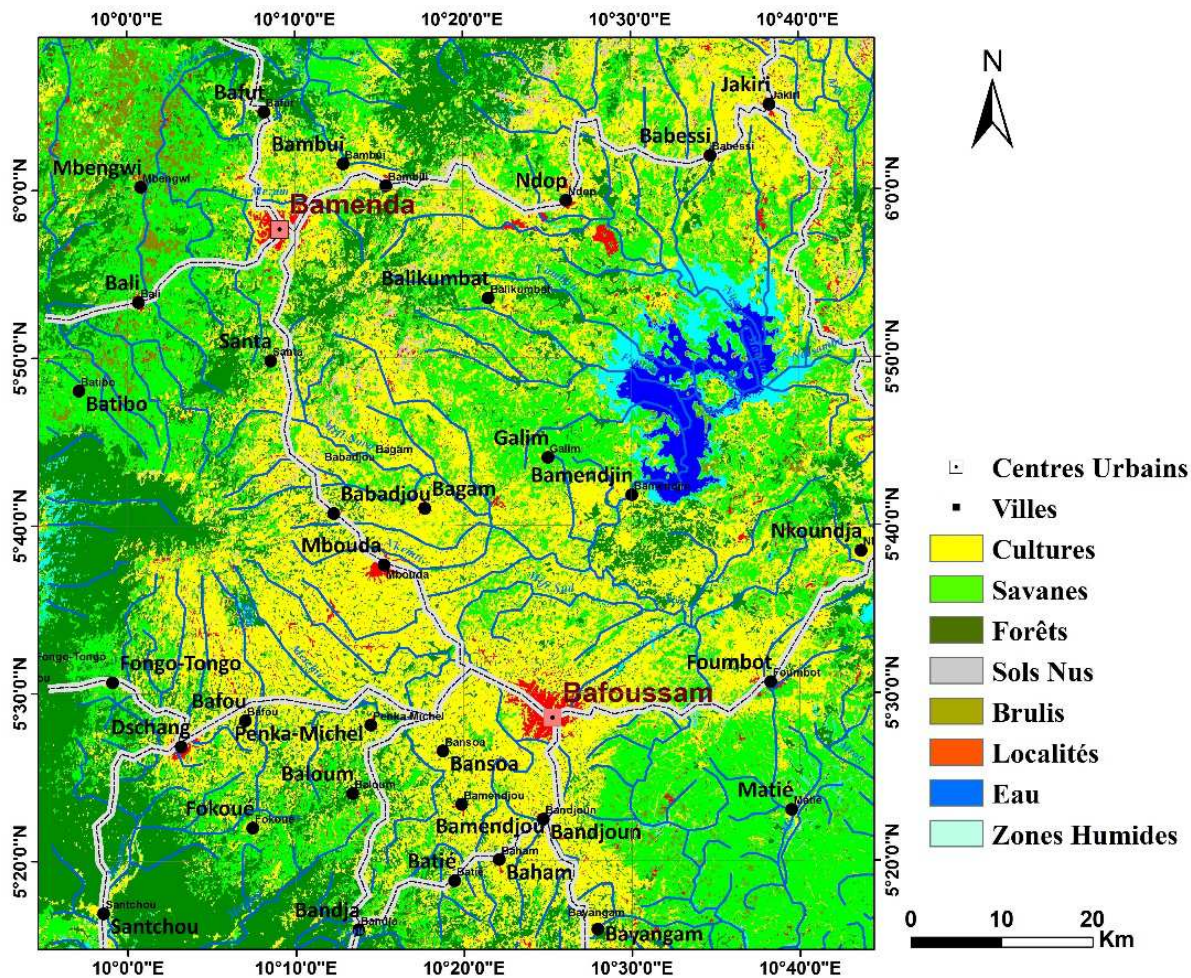


Fig. 4. Carte d'occupation de sol du site d'étude obtenue par réseaux de neurones

La validation statistique donne une précision globale de 90,08%. Le coefficient de Kappa est de 0,88. La classification est donc jugée satisfaisante. Afin de mettre en évidence l'apport des réseaux de neurones, une comparaison a été faite avec le maximum de vraisemblance qui est de loin, la méthode de classification plus utilisée dans la littérature. Cette comparaison a concerné à fois les cartes d'occupation de sols obtenus (**figure 5**), la matrice de confusion (**tableaux 2 et 3**) et les précisions qui en découlent. La comparaison des résultats obtenus montre une supériorité des réseaux de neurones dans la classification de la plupart des unités d'occupation de sol. Les réseaux de neurones donnent des valeurs supérieures de précision globale et de Kappa par rapport au maximum de vraisemblance. Pour certaines classes thématiques, la discrimination effectuée par les réseaux de neurones est très bonne alors que pour d'autres, il y a des confusions à cause des réponses radiométriques qui sont proches. L'analyse de cette matrice montre que certaines classes thématiques telles que l'eau, les zones humides et la forêt ont des précisions globales satisfaisantes qui dépassent 90%. En revanche, les classes

savanes, cultures, sols nus et localités, ont des pixels qui présentent une faible séparabilité si bien qu'il existe des confusions non négligeables entre elles.

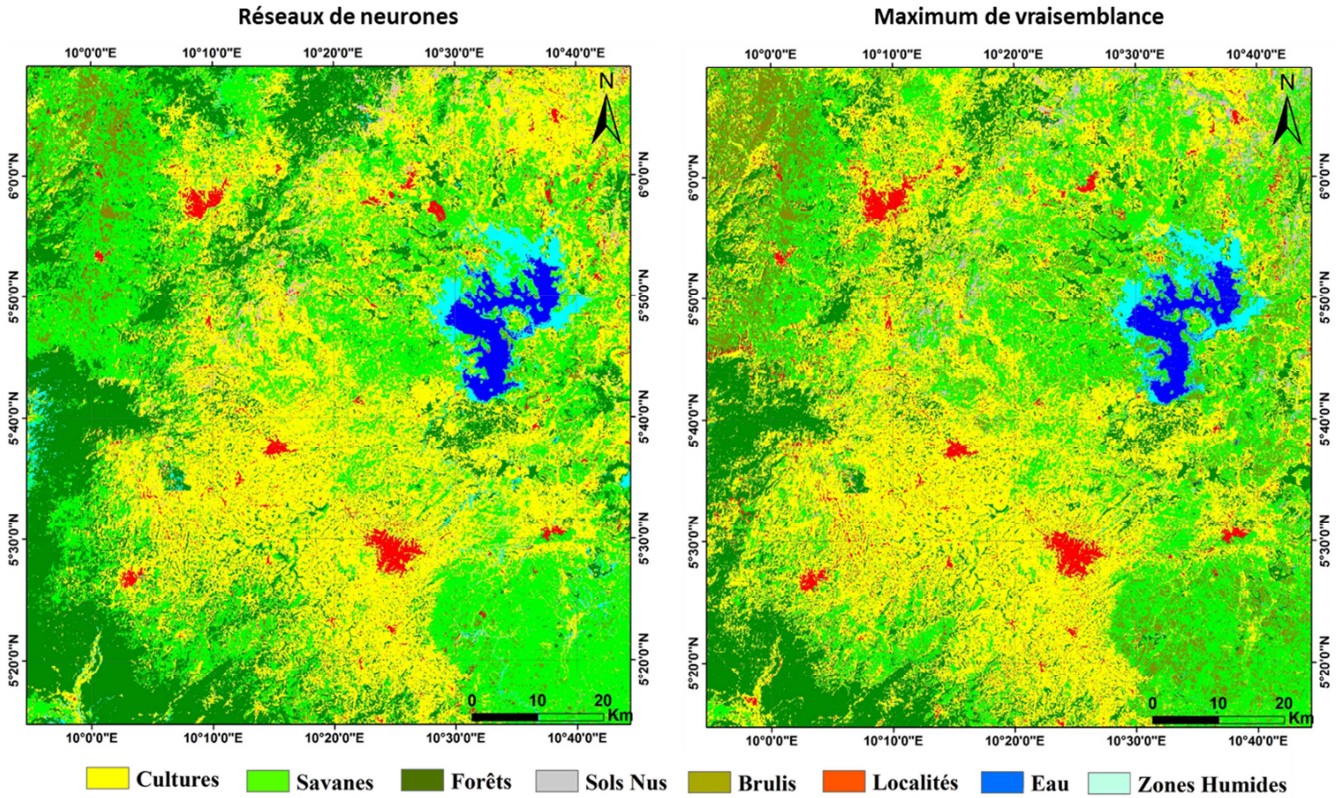


Fig. 5. Comparaison des cartes d'occupation de sol obtenues par réseaux de neurones et par maximum de vraisemblance

La courbe d'erreur constitue aussi un critère important dans la validation de la classification par réseau de neurones. En effet, l'objectif de la méthode de rétropropagation d'erreur étant de minimiser l'erreur entre la sortie calculée et celle désirée au cours de l'apprentissage, cette courbe devrait avoir une tendance décroissante et sans oscillations. Sur la courbe (figure 6) obtenue, la tendance décroissante est observée bien que quelques oscillations s'y observent ; l'allure attendue est obtenue ; preuve que la classification s'est déroulée avec succès.

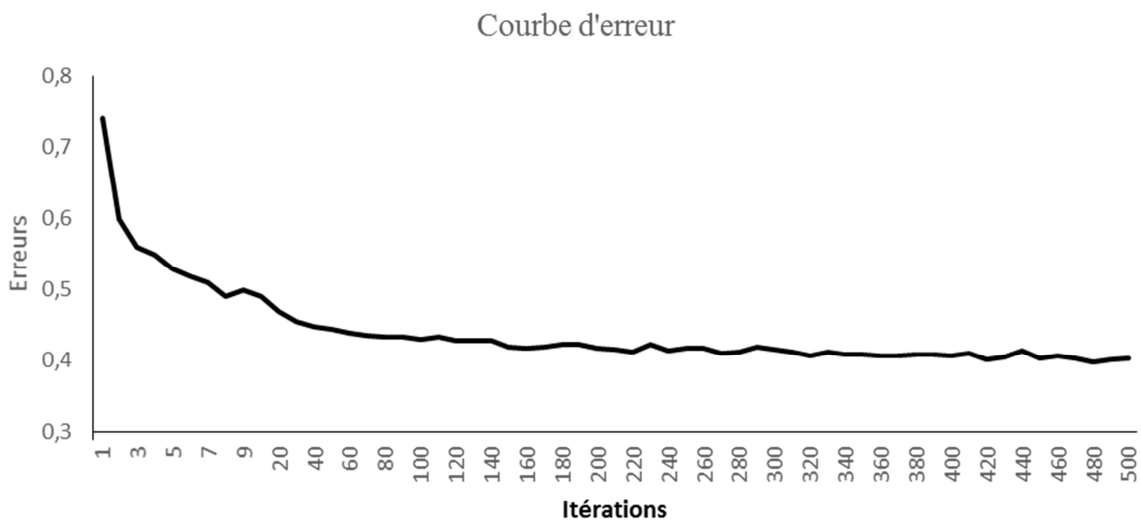


Fig. 6. Courbe de décroissance de l'erreur au cours de l'apprentissage du réseau de neurone

Tableau 2. Matrice de confusion issue de la classification par réseaux de neurones

Classes	Culture	Savane	Forets	Sols	Brulis	Villes	Eau	ZH	Total
Culture	<b>86.52</b>	16.12	1.05	14.41	15.38	3.30	0.00	0.00	23.28
Savanes	11.46	<b>82.80</b>	0.00	2.62	29.02	1.06	0.00	0.00	22.63
Forets	0.60	0.11	<b>98.95</b>	0.00	0.00	0.30	0.53	0.04	14.75
Sols Nus	0.05	0.00	0.00	<b>82.53</b>	0.23	0.00	0.00	0.00	0.92
Brulis	0.00	0.67	0.00	0.00	<b>55.38</b>	0.00	0.00	0.00	2.45
Localités	1.35	0.27	0.00	0.44	0.00	<b>95.34</b>	0.00	0.00	17.11
Eau	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>99.01</b>	0.00	9.04
Zones Hum.	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	<b>99.96</b>	9.82
Total	100.00	100.00	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Précision globale = 90,08

Kappa = 0,88

Tableau 3. Matrice de confusion issue de la classification par Maximum de vraisemblance

Class	Culture	Savanes	Foret	Sols	Brulis	Villes	Eau	ZH	Total
Cultures	<b>79.24</b>	18.05	1.87	0.00	7.51	5.40	0.00	0.00	21.56
Savanes	17.17	<b>80.20</b>	10.00	11.35	49.71	0.25	0.06	0.00	24.73
Forets	1.31	0.00	<b>88.13</b>	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	14.64
Sols	0.00	0.00	0.00	<b>88.65</b>	1.85	0.00	0.00	0.00	1.05
Brulis	0.00	1.62	0.00	0.00	<b>40.92</b>	0.05	0.00	0.00	2.07
Localités	2.29	0.13	0.00	0.00	0.00	<b>94.30</b>	0.00	0.00	17.08
Eau	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>98.07</b>	3.94	8.47
Zones Hum.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	<b>96.06</b>	10.40
Total	100.00	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Précision globale = 81,53

Kappa = 0,81

#### 4 DISCUSSION

Les réseaux de neurones ont permis de cartographier avec succès l'occupation de sol des hauts plateaux de l'ouest Cameroun. La précision obtenue est de 90,08% avec une valeur de Kappa de 0,88. La matrice de confusion a révélé de fortes confusions entre les classes cultures, savanes, et surfaces brûlées. En effet, les images (LANDSAT OLI) traitées ont été acquises au cours de la saison sèche. C'est une période pendant laquelle la plupart de la population prépare les champs pour les semis. Ainsi, des zones souvent occupées par des savanes, cultures et jachères, subissent l'effet des feux. La cohabitation entre zones de passage de feux et savanes et/ou culture, justifie cette confusion. D'autre part, le recouvrement quasi similaire et l'écologie de ces types de végétation, entraîne aussi une confusion entre cultures (très souvent du maïs, palmiers, raphia et du thé) et savanes (herbeuses, arbustives).

L'influence de plusieurs paramètres du réseau a été mise en évidence. À l'issue des différentes expérimentations réalisées, il ressort que la précision de la classification par réseaux de neurones dépend des valeurs des paramètres internes du réseau notamment la fonction d'activation, le momentum, le taux d'apprentissage, le momentum et le nombre d'itérations. Ce constat a aussi été effectué par [9] et par [19] qui ont étudié l'influence des paramètres internes du réseau sur la précision de la classification des images ETM+ de la région de Géorgie aux USA. La tendance décroissante de la courbe d'erreur obtenue atteste d'autre part que la classification a réussi. Ce critère a aussi été utilisé par [23] qui ont appliqués les réseaux de neurones pour classifier des images IKONOS de la région de Tehran en Iran. Les résultats ainsi obtenus concordent avec plusieurs études [16] [17] [19] [10] [20] [21] [11].

La comparaison des cartes d'occupation de sol, des matrices de confusion et des précisions globales entre les réseaux de neurones et le maximum de vraisemblance montre une supériorité des réseaux de neurones dans la classification de la plupart des unités d'occupation de sol. Les réseaux de neurones donnent des valeurs supérieures de précision globale et de Kappa par rapport au maximum de vraisemblance. De même, leur rendu cartographique est aussi meilleur. Ces résultats s'accordent à ceux obtenus par [27] et [23] qui ont respectivement démontré la supériorité des réseaux de neurones (par rapport au maximum de vraisemblance) dans la classification des milieux hétérogènes, complexes et où les classes d'occupation de sol sont difficilement séparables sur le seul critère spectral. Cependant, les limites de cette méthode

résident dans le nombre important de paramètres d'apprentissage et de la lenteur de son exécution. Toutefois, cette méthode a permis d'obtenir une cartographie plus fine de l'occupation de sol qui servira de critère dans la cartographie des ressources et des risques naturels de la zone.

## 5 CONCLUSION

Cette étude avait pour principal objectif de montrer l'apport des réseaux de neurones dans la cartographie de l'occupation du sol des hauts plateaux de l'Ouest du Cameroun. En effet, dans cette région, réaliser la carte d'occupation de sol était complexe étant donné le relief très accidenté et les ressemblances spectrales dans les principales unités d'occupation de sol. Les traitements des images satellitaires par les réseaux de neurones couplés aux données de terrain et à l'intégration des paramètres environnementaux, ont permis d'obtenir une bonne précision dans la classification. Huit unités d'occupation ont été mises en évidence et cartographiées avec une précision de 90,08% et un Kappa de 0,88. La comparaison de la carte d'occupation de sol obtenue par réseaux de neurones à celle issue de l'algorithme de maximum de vraisemblance a montré la supériorité des réseaux de neurones à la cartographie de l'occupation de sol. Cette carte pourrait être indispensable pour la planification du développement et la gestion du territoire dans cette région.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leurs sincères remerciements à la Fondation Internationale pour la Science (IFS) qui leur a offert les moyens logistiques pour mener à bien les missions de terrain de collecte des sites d'entraînement et de contrôle

## REFERENCES

- [1] OSS, «Cartographie de l'occupation du sol et Spécifications techniques.», *REP-SAHEL Amélioration de la Résilience des Populations Sahéliennes aux Mutations Environnementales*, p. 36, 2013.
- [2] K. F. Kouamé, M. Bernier, D. L. Goné, M. B. Saley, R. Lefébvre, N. Soro et A. Koudou, «Intégration de données géospatiales dans un modèle hydrologique distribué pour la simulation des écoulements des eaux en milieu tropical humide de Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest),» *Revue Télédétection*, vol. 7, n° 11-2-3-4, pp. 217-235, 2007.
- [3] S. Soulama, A. Kadeba, B. M. Nacoulma, S. Traoré, Y. Bachmann et A. Thiombiano, «Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique,» *Journal of Applied Biosciences*, vol. 87, pp. 8047-8064, 2015.
- [4] H. Abdallah et H. Souilmi, «Analyse des changements d'occupation du sol et des transformations socio-économiques au cours du XXème siècle dans les marges arides du Tell oriental (Dorsale centrale, environs d'Es Sraissif, Tunisie),» *Physi-Géo*, vol. 9, 2015.
- [5] T. V. Assoma, B. Adiaffi et A. Koudou, «Contribution of Remote Sensing, Multicriteria Analysis and GIS for Mapping Recharge Areas of the Coastal Aquifers in Southeast Ivory Coast.,» *American Journal of Scientific Research*, vol. 80, pp. 112-125, 2012.
- [6] T. D. Soro, B. D. Kouakou, E. A. Kouassi, G. Soro, A. M. Kouassi, K. E. Kouadio, M. S. Oga Yéi et N. Soro, «Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire),» *Vertigo*, vol. 13, 2013.
- [7] W. S. Saunders, J. G. Beban et M. Kilvington, «Risk-based approach to land use planning,» *GNS Science Miscellaneous Series 67*, p. 97p, 2013.
- [8] O. Leumbe Leumbe, D. Bitom, L. Mamdem et A. L. Tiki, «Cartographie des zones à risques d'inondation en zone soudano-sahélienne : cas de Maga et ses environs dans la région de l'Extrême Nord Cameroun,» *Afrique Sciences*, vol. 11, n° 13, 2015.
- [9] G. Hosni, Utilisation des réseaux de neurones pour la cartographie des zones humides à partir d'une série temporelle d'images RADARSAT 1, Thèse de Doctorat de l'Université du Québec, 2002, p. 230.
- [10] R. Pradham, M. P. Pradham, A. Bhusan, K. Pradham et M. K. Ghose, «Land-cover Classification and Mapping for Eastern Himalayan State Sikkim.,» *Journal of Computing*, vol. 2, n° 13, pp. 166-170, 2010.
- [11] S. Yousefi, S. Mirzaeeb, M. Tazehc, H. Pourghasemia et H. Karimid, «Comparison of different algorithms for land use mapping in dry climate using satellite images: a case study of the Central regions of Iran.,» *Desert*, vol. 20, n° 11, pp. 1-10, 2015.
- [12] S. Idbraim, «Méthodes d'extraction de l'information spatiale et de classification en imagerie de télédétection : applications à la cartographie thématique de la région d'Agadir (Maroc),» *Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse*, p. 276, 2009.

- [13] M. Koné, A. Aman, Y. C. Adou, L. Coulibaly et K. E. N'guessan, «Suivi diachronique par télédétection spatiale de la couverture ligneuse en milieu de savane soudanienne en Côte d'Ivoire.,» *Revue Télédétection*, vol. 7, n° 11-2-3-4, pp. 433-446, 2007.
- [14] G. W. Tappoda et J. M. Fotsing, «Quantification de l'évolution du couvert végétal dans la réserve forestière de Laf-Madjam au nord du Cameroun par télédétection satellitale,» *Sécheresse*, vol. 21, n° 13, pp. 169 - 178, 2010.
- [15] F. Abdullah, L. Alqurashi et K. Lalit, «Investigating the Use of Remote Sensing and GIS Techniques to Detect Land Use and Land Cover Change: A Review.,» *Advances in Remote Sensing*, vol. 32, n° 123, pp. 193-204, 2013.
- [16] J. F. Mas, «Mapping land use/cover in a tropical coastal area using satellite sensor data, GIS and artificial neural networks.,» *Estuaire, Coastal and Shelf Science*, vol. 59, pp. 219-230, 2004.
- [17] H. Abderrahim, Apport de l'analyse de texture et des réseaux de neurones dans la cartographie de l'utilisation du sol en milieu urbain (cas de ville de Sherbrooke)., Mémoire de Master de l'Université de Sherbrooke, 2006, p. 72.
- [18] F. Pacifici, M. Chini et W. J. Emery, «A neural network approach using multi-scale textual metrics from very high-resolution panchromatic imagery for urban land-use classification,» *Remote Sensing of Environment*, vol. 113, pp. 1276-1292, 2009.
- [19] L. Zhou et X. Yang, «Use of neural networks for land cover classification from remotely sensed imagery.,» *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, vol. 37, pp. 575-578, 2008.
- [20] B. W. Szuster, Q. Chen et M. Borger, «A comparison of classification techniques to support land cover and land use analysis in tropical coastal zones.,» *Applied Geography*, vol. 31, pp. 525-532, 2011.
- [21] G. Li, D. Lu, E. Moran et S. Hetrick, «Land-cover classification in a moist tropical region of Brazil with Landsat Thematic Mapper imagery.,» *International Journal of Remote Sensing*, vol. 32, n° 123, pp. 8207-8230, 2012.
- [22] B. Pradham et S. Lee, «Landslide susceptibility assessment and factor effect analysis: backpropagation artificial neural networks and their comparison with frequency ratio and bivariate logistic regression modelling,» *Environmental, Modelling Software*, vol. 25, pp. 747 - 759, 2010b.
- [23] S. Ojaghi, H. Ebadi et F. F. Ahmadi, «Using artificial neural network for classification of high resolution remotely sensed images and assessment of its performance compared with statistical methods,» *American Journal of Engineering, Technology and Society*, vol. 2, n° 11, pp. 1-8, 2015.
- [24] S. Lee, K. Y. Song, Y. S. Kim et S. Park, «Regional groundwater productivity potential mapping using a geographical information system (GIS) based artificial neural network model,» *Hydrogeology Journal*, vol. 20, pp. 1511 - 1527, 2012.
- [25] C. M. Bishop, «Neural Networks for pattern recognition,» *Oxford University press*, p. 482, 1995.
- [26] D. E. Rumelhart , G. E. Hintont et R. J. Williams, «Learning representations by back-propagating errors.,» *Nature*, vol. 323, pp. 533-536, 1986.
- [27] M. R. Mustapha, H. S. Lim et M. Z. Mat Jafri, «Comparison of Neural Network and Maximum Likelihood Approaches in Image Classification,» *Journal of Applied Sciences*, vol. 10, pp. 2847-2854, 2010.
- [28] B. Pradham, S. Lee et M. F. Buchroithner, «A GIS-based back-propagation neural network model and its cross-application and validation for landslide susceptibility analyses,» *Computer, Environment and Urban Systems*, vol. 34, n° 13, pp. 216 - 235, 2010a.

## SUR UNE APPLICATION « SINGULIÈRE » DU THÉORÈME DE ROUCHÉ-FONTENÉ EN GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE

David MAPENDANO BAHAGAZE

Département de Mathématique-Physique,  
Institut Supérieur Pédagogique d'Idjwi (ISP /IDJWI), RD Congo

Copyright © 2016 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 Rouché-Fontené theorem plays a fundamental role in the study of linear equations. It gives, in fact, the general rule for solving linear systems of the type  $n \times p$  (that is to say, systems of linear equations in  $n$  unknowns  $p$ ,  $(n, p) \in \mathbb{N}^* \times \mathbb{N}^*$ ). This rule is based on the determination and calculation of the respective values of critical characteristics or "trimmed" and, of course, on their list, given that, as they are all zero or one of them do not be the result of a linear system which they are extracted radically changes. The demonstration to prove that the set  $\mu(p, q, r)$  real matrices  $p \times q$  type and rank  $r$  is a variety diving is based on the same type of reasoning based on the identification and calculation tacking matrices determinants; It can therefore rightly be regarded as a unique illustration and / or application of an aspect of Rouché-Fontené theorem. The aim of this article is precisely to show how Rouché-Fontené theorem (mainly within linear algebra) is a scope in the dives varieties theory (rather under differential geometry).

**KEYWORDS:** System of linear equations, matrix and determinant, determinant feature, bordered matrices , Compatibility, Rank, Immersion, Variety, Variety dives.

**RÉSUMÉ:** Le Théorème de Rouché-Fontené joue un rôle fondamental dans l'étude des d'équations linéaires. Il donne, en effet, la règle générale de résolution de systèmes linéaires de type  $n \times p$  (c'est-à-dire des systèmes de  $n$  équations linéaires à  $p$  inconnues,  $(n, p) \in \mathbb{N}^* \times \mathbb{N}^*$ ). Cette règle est fondée sur la détermination et le calcul des valeurs respectives de déterminants caractéristiques ou « bordés » et, bien entendu, sur leur énumération, étant donné le fait que, selon qu'ils soient tous nuls ou que l'un d'eux ne le soit pas, le résultat d'un système linéaire dont ils sont extraits change radicalement. La démonstration visant à prouver que l'ensemble  $\mu(p, q, r)$  des matrices réelles de type  $p \times q$  et de rang  $r$  est une variété plongée s'appuie sur ce même type de raisonnement basé sur l'identification et le calcul des déterminants de matrices bordées ; Elle peut donc, à juste titre, être considérée comme une singulière illustration et /ou application d'un aspect du théorème de Rouché-Fontené. L'enjeu du présent article est précisément de montrer comment le Théorème de Rouché-Fontené (relevant principalement de l'algèbre linéaire) trouve un champ d'application dans la théorie de variétés plongées (relevant plutôt de la géométrie différentielle).

**MOTS-CLEFS:** Système d'équations linéaires, Matrice et Déterminant, Déterminant caractéristique, matrices bordées, Compatibilité, Rang, Immersion, Variétés, Variétés plongées.

### 1 INTRODUCTION: UN PETIT APERCU HISTORICO-ÉPISTÉMOLOGIQUE SUR LE THÉORÈME DE ROUCHE-FONTENÉ

#### 1.1 LE THÉORÈME DE ROUCHE-FONTENÉ OU LA « RÈGLE GÉNÉRALE » DE RÉOLUTION D'UN SYSTÈME D'ÉQUATIONS LINÉAIRES

En 1880, le mathématicien français Rouché publie un texte intitulé *Notes sur les équations linéaires* (dans le *Journal de l'Ecole polytechnique*) dont l'ambition est explicitement d'exposer un énoncé bref permettant la résolution de n'importe quel système d'équations linéaires. Il déclare, en effet, ce qui suit :

*« Malgré les travaux assez nombreux qui ont suivi la publication de ma Note dans les Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences (29 novembre 1875), l'étude complète du système de  $n$  équations linéaires à  $m$  inconnues n'a pas encore reçu la forme la plus simple et précise dont elle est susceptible : comme dans la plupart des théories inachevées, le nombre des cas que l'on distingue et la diversité apparente des conclusions relatives à chacun d'eux laissent dans l'esprit une confusion regrettable. Je me propose de développer ici les principes que je m'étais borné, faute d'espace, à indiquer dans les Comptes rendus, et de montrer qu'on peut tout réduire à un seul théorème qui, par sa simplicité extrême et son entière généralité, mérite, ce me semble, d'attirer l'attention. »<sup>1</sup>*

A la suite de cette introduction, Rouché définit le « déterminant principal » d'un système quelconque de  $n$  équations linéaires à  $m$  inconnues,  $m$  pouvant être supérieur, égal ou inférieur à  $n$ , comme étant un des déterminants non nuls de plus grand ordre  $p$ .

*« Dans cette hypothèse, il existera toujours parmi les déterminants déduits du tableau (T), au moins un déterminant qui sera différent de zéro et dont l'ordre soit supérieur ou égal à celui de tout autre déterminant non nul. S'il en existe plusieurs jouissant de cette double propriété, on choisira l'un d'eux à volonté. Nous donnerons au déterminant  $\vartheta$  ainsi choisi le nom de déterminant principal du système (I), et nous désignerons par  $p$  son ordre, qui ne peut évidemment surpasser le plus petit des deux nombres  $m$  et  $n$ . » (Rouché (1880), p. 222)*

Il définit ensuite les « déterminants caractéristiques » comme étant tous les déterminants obtenus de la manière suivante :

*« En bordant le déterminant principal  $\vartheta$  à la partie inférieure par les éléments homologues de l'une des horizontales du tableau (T) et à droite par les termes tous connus correspondants, on obtient  $n - p$  déterminants d'ordre  $p + 1$  (...) que nous appelons les déterminants caractéristiques du système (I). »*

En s'appuyant sur ces deux définitions, Rouché énonce alors son théorème qui, dit-il, « renferme toute la théorie des équations linéaires » :

*« Pour que  $n$  équations linéaires à  $m$  soient compatibles, il faut et il suffit que les déterminants caractéristiques du système soient tous nuls. Dans cette hypothèse, le système a une solution unique ou est indéterminé suivant que l'ordre de ses déterminants caractéristiques surpasse ou non le nombre des inconnues. » (Ibidem, p. 223)*

Signalons en peu de mots que, pour démontrer ce théorème, E. Rouché a utilisé essentiellement la propriété de linéarité du déterminant, le développement par rapport à une ligne ou une colonne et le fait qu'un déterminant ayant deux lignes ou deux colonnes identiques est nul (Signalons que ces propriétés – et leur utilisation dans cette démonstration – seront illustrées par des exemples concrets dans la section consacrée à la tentative de justification de l'introduction de la notion de déterminant « bordé », « bordant » ou « augmenté »). Suite à la démonstration de ce théorème dans le cadre de la théorie des déterminants, E. Rouché donne le moyen de calculer les solutions dans les deux cas de compatibilité. Dans le cas d'une solution unique, (ou  $p = m$ ), il généralise les formules de Cramer :

*« Si  $p = m$ , ce qui suppose  $n \geq m$  (...) le système a une solution unique qui est donnée par la règle suivante, qui est une généralisation de celle de Cramer : Le dénominateur commun des inconnues est le déterminant principal du système, et chaque numérateur s'obtient en remplaçant, dans ce déterminant principal, les éléments de la verticale de même indice que l'inconnue considérée par les termes tous connus correspondants. » (Ibidem, p. 227)*

Dans le cas « indéterminé » ( $p < m$ ), il précise la nature de l'indétermination de la manière suivante :

*« Si  $p < m$ , le système est indéterminé. Les inconnues dont les indices sont ceux des verticales qui concourent à la formation du déterminant principal s'expriment en fonction des autres inconnues, qui restent arbitraires, sous la forme de fractions ayant pour dénominateur le déterminant principal : chaque numérateur est le déterminant déduit du déterminant principal en y remplaçant par les expressions  $k_1 - a_{1,p+1}x_1 - \dots - a_{1,m}x_m, \dots$ ,*

<sup>1</sup> Eugène Rouché (1880, p. 221), cité par J.-L. Dorier (1999). p. 242.

$k_p - a_{p,p+1}x_1 - \dots - a_{p,m}x_m$ , les éléments de la verticale de même indice que l'inconnue considérée (...). On dit que l'indétermination est d'ordre  $m - p$ . » (ibidem, p. 228)

Il est utile de faire remarquer que le concept de « rang » apparaît de façon implicite comme l'ordre  $p$  du déterminant principal, mais ce nombre n'est pas mis en évidence comme nombre maximal d'équations indépendantes ou nombre minimal d'équations permettant de déterminer l'ensemble des solutions du système. En outre, la notion d'invariance de  $p$  pour des systèmes ayant même ensemble de solutions n'est pas évoquée. De même, la notion d'ordre d'indétermination du système est donnée indépendamment de celle de dimension de l'espace des solutions.

Nous présentons ci-dessous cette notion de rang telle qu'elle est exposée dans quelques syllabus d'algèbre destinés aux étudiants de première année de Baccalauréat en Mathématiques ou dans les ouvrages d'algèbre linéaire que nous avons pu consulter et nous essayerons de mettre en évidence le rapport (certain) qui existe entre l'acception que nous avons accordée au concept « rang » dans notre discours heuristique et celle que lui accordent les ouvrages consultés. Il en est de même pour le théorème qui résume celui de Rouché-Fontené.

## 1.2 POURQUOI « THEOREME DE ROUCHE-FONTENE » ET NON SEULEMENT « THEOREME DE ROUCHE » ?

La règle générale permettant de résoudre n'importe quel système d'équations linéaires a été ainsi établie par Rouché. Il importe, toutefois, de faire remarquer que cette même règle fut découverte la même année (en 1875) sur la base des mêmes principes et de manière tout à fait indépendante, par un autre mathématicien français dénommé Fontené.

Il suffit, pour s'en convaincre, de jeter un coup d'œil sur la note de « réclamation à propos du théorème dit « de Rouché » »<sup>2</sup>, publiée dans les *Nouvelles annales de mathématiques*, 3<sup>ème</sup> série, tome 19, (1900), figurant à la page 188, rédigée par le mathématicien M. G. Fontené, dans laquelle ce dernier déclare ce qui suit :

« Il est d'usage de donner le nom de *théorème de Rouché* à la discussion d'un système d'équations du premier degré. Bien qu'on ait mauvaise grâce à parler de soi, je crois pouvoir rappeler que j'avais remis au mois de *septembre* 1875 à Gerono l'article qui a paru au mois de *décembre* de la même année dans les *Nouvelles annales*, et qui donnait cette discussion. Cela résulte d'une note de Gerono insérée dans le numéro de janvier suivant, en réponse à une réclamation, d'ailleurs bienveillante, de M. Rouché. Or la note de M. Rouché à l'Académie est du mois de *novembre* de la même année. On pourrait donc, comme l'a fait M. H. Laurent dans son *Traité d'Algèbre* (1879), dire sans injustice « le théorème de MM Fontené et Rouché ». Je crois que cela ne contrarierait pas M. Rouché, dont le bagage scientifique est d'ailleurs considérable. »

C'est pour cette raison que cette règle générale donnant la discussion des systèmes d'équations linéaires porte actuellement le nom de « théorème de Rouché-Fontené ». Dans cette règle, le concept de « rang » apparaît de façon implicite comme l'ordre  $p$  du déterminant principal, mais ce nombre n'est pas mis en évidence comme nombre maximal d'équations indépendantes ou nombre minimal d'équations permettant de déterminer l'ensemble des solutions du système. En outre, la notion d'invariance de  $p$  pour des systèmes ayant même ensemble de solutions n'est pas évoquée. De même, la notion d'ordre d'indétermination du système est donnée indépendamment de celle de dimension de l'espace des solutions. Le travail de mise en ordre de Rouché-Fontené permet donc au concept de rang d'affleurer sans pour autant pleinement émerger, outillé par le concept de déterminant déjà formalisé et permettant d'attaquer des espaces à  $n$  dimensions.

Voici, pour mettre un terme à cette section, une version condensée du *théorème* résultant de ce travail laborieux de mise en ordre et que nous nommerons dans toute la suite « le théorème de Rouché-Fontené »<sup>3</sup> :

Soit un système (S) de  $p$  équations linéaires à  $n$  inconnues, de rang  $r$ .

- Si  $r = p$ , alors le système (S) a des solutions obtenues en attribuant des valeurs arbitraires aux  $n - r$  inconnues non principales et en résolvant le système de Cramer aux  $r$  inconnues principales. (1)

<sup>2</sup> Article numérisé par NUMDAM (Numérisation de Documents Anciens Mathématiques, en sigle) et mis en ligne sur le site Internet : <http://www.numdam.org/>

<sup>3</sup> Source : A. Doneddu, (1984). *Polynômes et algèbre linéaire*, Vuibert, Paris, p. 272.

- Si  $r$  est strictement inférieur à  $p$ , et si l'un des déterminants caractéristiques de  $(S)$  est différent de zéro, alors le système  $(S)$  n'a pas de solution. (2)

- Si  $r$  est strictement inférieur à  $p$ , et si tous les déterminants caractéristiques de  $(S)$  sont nuls, alors le système  $(S)$  se réduit aux  $r$  équations principales et se résout comme dans le cas (1).

### 1.3 UNE PRÉSENTATION PLUS « MODERNE » DE CE THÉORÈME ET DES CONCEPTS MATHÉMATIQUES SUR LESQUELS IL S'APPUIE

- *Introduction* : On rappelle qu'un espace vectoriel  $E$  sur un corps commutatif (ou champ)  $K$  est un groupe additif  $(E, +)$  sur lequel est définie une loi externe  $K \times E \rightarrow E$ , notée multiplicativement, vérifiant les quatre propriétés suivantes :  $\forall \alpha, \beta \in K, \forall x, y \in E, \alpha(x + y) = \alpha x + \alpha y, (\alpha + \beta)x = \alpha x + \beta x, \alpha(\beta x) = (\alpha\beta)x$  et  $1 \cdot x = x$ . Dans ce qui suit, nous prendrons en compte les espaces de coordonnées  $\mathbb{R}^p$  et  $\mathbb{R}^n$  qui, comme on le sait, sont des espaces vectoriels de dimensions respectives  $p$  et  $n$  sur le champ  $\mathbb{R}$  des réels. On rappelle que tout  $\mathbb{R}$ -espace vectoriel  $E$  de dimension finie  $n$  est isomorphe à  $\mathbb{R}^n$ . Les espaces de coordonnées de dimension  $n$  ( $n \in \mathbb{N} - \{0\}$ ) peuvent donc être considérés comme de représentants fidèles des  $\mathbb{R}$ -espaces vectoriels de dimension finie  $n$ . On considère alors une application linéaire  $f : \mathbb{R}^p \rightarrow \mathbb{R}^n$ , i.e. une application telle que  $\forall x, y \in \mathbb{R}^p, f(x + y) = f(x) + f(y)$ , et  $\forall \lambda \in K, \forall x \in \mathbb{R}^p, f(\lambda x) = \lambda f(x)$ , à partir des relations linéaires définies entre les différentes variables. Une telle application admet un **noyau**  $\text{Ker } f = \{x \in \mathbb{R}^p / f(x) = 0 \in \mathbb{R}^n\}$  et une **image**  $\text{Im } f = f(\mathbb{R}^p)$  dont vont dépendre et le **rang** du système et l'ensemble des solutions du système linéaire considéré. Par ailleurs, on définit la **matrice**  $A$  de  $f$  à partir des images des éléments d'une base donnée, en particulier celles de la base dite canonique de l'espace  $\mathbb{R}^p$  disposées en colonnes et écrites comme combinaisons linéaires des éléments de la base canonique de l'espace  $\mathbb{R}^n$ .

- Sur le théorème du rang et sur le théorème fixant les conditions de compatibilité d'un système linéaire

Soient  $E$  et  $F$  des espaces vectoriels sur le même corps de base noté  $K$ . Soit  $f : E \rightarrow F$  une application linéaire de  $E$  vers  $F$  (c'est-à-dire une application telle que

$$\forall x, y \in E, \forall \lambda \in K, \text{ on a : } f(x + y) = f(x) + f(y) \quad \text{et} \quad f(\lambda x) = \lambda f(x).$$

On définit alors le noyau de  $f$  (noté  $\text{Ker } f$ ) et l'image de  $f$  (notée  $\text{Im } f$ ) respectivement comme suit :

$\text{Ker } f = \{x \in E / f(x) = 0\}$  et  $\text{Im } f = f(E) = \{y \in F / \exists x \in E, y = f(x)\}$ .  $\text{Ker } f$  et  $\text{Im } f$  sont des sous-espaces vectoriels respectifs de  $E$  et de  $F$ .

On rappelle que deux sous-espaces vectoriels  $U$  et  $W$  d'un même espace vectoriel  $E$  sont dits supplémentaires (et dans ce cas, on note  $E = U \oplus W$ ) si  $E = U + W$  et  $U \cap W = \{0\}$ , et que si  $E$  est de dimension finie, alors on a en plus :  $\dim E = \dim U + \dim W$ .

#### Remarque

Dans toute la suite, nous supposerons que  $E$  et  $F$  sont de dimensions finies. On appelle **rang** de  $f$  (noté  $\text{rg}(f)$ ) la dimension de  $\text{Im } f = f(E)$ .

Un théorème d'algèbre linéaire, nommé justement « théorème du rang » dans le *Dictionnaire des mathématiques modernes* (Bouvier, 1978), ajoute à cette définition la formule suivante qui permet de calculer le rang d'une application linéaire  $f : E \rightarrow F$  (où  $E$  et  $F$  sont de dimensions finies) :  $\text{rg}(f) = \dim_K E - \dim_K \text{Ker } f$ .

Cette propriété peut être établie de la manière suivante :

- *Première étape* : Notons  $\text{Ker } f = E_1$  et considérons un supplémentaire de  $E_1$  dans  $E$  noté  $E_2$ . On démontre que  $f(E_2) = f(E)$ .

Soit, en effet,  $x \in E = E_1 + E_2$  (avec  $E_1 = \text{Ker } f$ ). On a donc  $x = x_1 + x_2$  avec  $x_1 \in \text{Ker } f = E_1$  et  $x_2 \in E_2$ . Par suite,  $f(x) = f(x_1 + x_2) = f(x_2)$  car  $f(x_1) = 0$ . Donc  $f(E) \subset f(E_2)$ . Comme on a trivialement l'inclusion  $f(E_2) \subset f(E)$  (du fait que  $E_2 \subset E$ ), alors on conclut que  $f(E_2) = f(E)$ .

- Deuxième étape : Soit  $g = \frac{f}{E_2} : E_2 \rightarrow f(E) : x \mapsto g(x) = f(x)$  la restriction de  $f$  à  $E_2$  et prenant ses valeurs dans  $f(E)$ . Montrons que  $g$  est bijective (et donc un isomorphisme d'espaces vectoriels) :

Soit  $x' \in f(E)$ .

Alors  $\exists x = x_1 + x_2 \in E$  ( $x_1 \in E_1, x_2 \in E_2$ ) tel que  $x' = f(x) = f(x_1 + x_2) = f(x_2) = g(x_2)$ . Donc l'application  $g$  est surjective.

En outre,  $g$  est injective car,  $\forall x_2, y_2 \in E_2, g(x_2) = g(y_2) \Rightarrow g(x_2 - y_2) = 0$ , donc  $x_2 - y_2 \in \text{Ker } f$ . Comme  $x_2 - y_2 \in E_2$  d'une manière triviale, alors on conclut que  $x_2 - y_2 \in E_1 \cap E_2 = \{0\}$  puisque  $E_1 = \text{Ker } f$  et  $E_2$  sont supplémentaires. Donc  $x_2 - y_2 = 0 \Rightarrow x_2 = y_2$ . D'où  $g$  est injective. Il en résulte que l'application  $g$  est une bijection de  $E_2$  sur  $f(E)$ .

Enfin, la linéarité de  $g$  découle de celle de  $f$ . A l'aide de cet isomorphisme  $g$ , le sous-espace vectoriel  $f(E)$  de  $F$  est identifiable au sous-espace vectoriel  $E_1 = \text{Ker } f$  de  $E$ . On peut donc affirmer qu'à un isomorphisme près, on a  $f(E) \approx E_2$  et donc  $\dim_K f(E) = \dim_K E_2$ .

Et comme  $\dim_K E = \dim_K E_1 + \dim_K E_2$  (avec  $E_1 = \text{Ker } f$ ),

Alors on conclut que  $\dim_K E_2 = \dim_K E - \dim_K E_1$ .

Donc  $\dim_K f(E) = \dim_K E - \dim_K \text{Ker } f$ . Par suite  $rg(f) = \dim_K E - \dim_K \text{Ker } f$ .

- Remarque : Il est à noter qu'en dépit de l'égalité  $rg(f) = \dim_K E - \dim_K \text{Ker } f$ , où  $rg(f) = \dim \text{Im } f$ , il serait impropre de noter  $E = \text{Im } f \oplus \text{Ker } f$ , (même en signalant que l'égalité n'est valide qu'à un isomorphisme près) puisque  $\text{Im } f$  et  $\text{Ker } f$  ne sont pas, *a priori*, tous deux des sous-espaces vectoriels de  $E$  (pour une application linéaire quelconque  $f : E \rightarrow F$ ).

L'égalité  $E = \text{Im } f \oplus \text{Ker } f$  ne se réalise que si l'on suppose que l'application  $f$  est un endomorphisme de  $E$  tel que  $f^2 = f$  (i.e. que  $f$  est un projecteur de  $E$ ). On vérifie, en effet, que, dans ce cas, on a bien  $E = \text{Im } f + \text{Ker } f$  puisque,  $\forall x \in E$ , on peut écrire  $x = [x - f(x)] + f(x)$  avec  $f(x) \in f(E) \subset E$ . On vérifie alors que  $f[x - f(x)] = f(x) - f^2(x)$ . Comme  $f^2 = f$  alors on conclut que  $f[x - f(x)] = f(x) - f(x) = 0$ . Donc  $x - f(x) \in \text{Ker } f$  ce qui justifie l'égalité  $E = \text{Im } f + \text{Ker } f$  (du fait que, trivialement, on a  $f(x) \in f(E) = \text{Im } f$ ).

En outre, si l'on suppose que  $x \in \text{Im } f \cap \text{Ker } f$ , alors on conclut que  $x \in \text{Im } f$  et  $x \in \text{Ker } f$ . Donc il existe  $y \in E$  tel que  $f(y) = x$  et  $f(x) = 0$ . Il en résulte que  $f[f(y)] = f(x) = 0$ . Comme  $f^2(y) = f(y) = 0$  (du fait que  $f^2 = f$ ) et  $x = f(y)$  alors on conclut que  $x = 0$ . D'où  $\text{Im } f \cap \text{Ker } f = \{0\}$ . On en déduit que  $E = \text{Im } f \oplus \text{Ker } f$ .

La démonstration précédente montre que pour déterminer le rang d'une application linéaire, on se « débarrasse » de la classe des vecteurs de  $E$  qui correspondent au vecteur nul de  $F$  par  $f$ , ce qui se traduit par l'égalité  $rg(f) = \dim_K E - \dim_K \text{Ker } f$ , et on ne prend en compte que les autres vecteurs « restants » de  $E$ . La dimension du sous-espace vectoriel de  $E$  que ces derniers engendrent est alors le rang de  $f$ . Cette technique présente des similitudes avec la technique que nous avons utilisée pour introduire le rang d'un système d'équations linéaires en nous « débarrassant » tout d'abord des équations assimilables à des équations à coefficients d'inconnues tous nuls (à l'issue des transformations résultant de la méthode d'élimination de Gauss) et en ne prenant en considération que les autres équations que nous avons qualifiées d'équations indépendantes à coefficients d'inconnues non tous nuls. Il est certain que les « transformations » ainsi opérées sur les équations linéaires correspondent à des transformations sur les vecteurs colonnes formés par les coefficients des inconnues du système linéaire qui, en définitive, permettent de déterminer la dimension du sous-espace vectoriel engendré par ces vecteurs colonnes. D'où l'analogie entre les deux manières de concevoir le concept de « rang » (i.e. celle adoptée dans notre discours heuristique et celle faisant partie du savoir savant relatif à ce concept et

présentée dans les ouvrages spécialisés d’algèbre linéaire ou syllabus de cours du niveau universitaire consacrés à cette matière d’enseignement).

Le « théorème du rang » établi précédemment sert d’algorithme de calcul (en dimension finie) à un théorème plus général, proposant la condition de compatibilité d’un système d’équations linéaires. En consultant deux syllabus de cours du niveau universitaire, nous avons pu nous rendre compte que ce théorème – qui s’apparente à celui de ROUCHE-FONTENE et qui, comme ce dernier, donne la condition de compatibilité d’un système linéaire en s’appuyant sur la notion de rang – s’énonce respectivement comme suit :

- Premièrement, dans un premier cours d’algèbre<sup>4</sup> de niveau universitaire que nous avons consulté : après avoir introduit la notation matricielle  $Ax = b$  représentant un système linéaire de la forme :

$$(S) \quad \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases}$$

Et défini le rang du système  $Ax = b$  comme étant le rang de la matrice  $A$ , on trouve dans le cours susmentionné le théorème suivant :

**Théorème 1.** : Les conditions suivantes sont équivalentes :

- (i) Le système  $(S) : Ax = b$  est compatible ;
- (ii) Toute solution  $y \in IK^n$  de  $yA = 0$  est telle que  $yb = 0$  ;
- (iii) Le rang de  $A$  est égal au rang de la matrice augmentée  $(A|b)$ .

Ce théorème d’équivalence a été démontré (à l’aide de trois implications  $(i) \Rightarrow (ii)$ ,  $(ii) \Rightarrow (iii)$  et  $(iii) \Rightarrow (i)$  dont se déduisent immédiatement les autres, en vertu des propriétés de l’implication logique) de la manière suivante :

- $(i) \Rightarrow (ii)$  : En effet, si  $x$  est solution de  $(S)$  et si  $yA = 0$  alors, en multipliant à droite par  $x$ , il vient :  $yAx = yb = 0$ .
- $(ii) \Rightarrow (iii)$  : La condition  $(ii)$  signifie que toute relation linéaire ayant lieu entre les lignes de  $A$  a aussi lieu entre les lignes de la matrice augmentée  $(A|b)$ . Ainsi le nombre de lignes linéairement indépendantes dans  $A$  est égal au nombre de lignes linéairement indépendantes dans  $(A|b)$ . Ceci signifie que  $rg A = rg(A|b)$ .
- $(iii) \Rightarrow (i)$  : Soit  $r$  le rang de  $A$ . La matrice  $A$  possède donc  $r$  colonnes linéairement indépendantes  $C_{i_1}, C_{i_2}, \dots, C_{i_r}$ . Les vecteurs  $C_{i_1}, C_{i_2}, \dots, C_{i_r}$  et  $b$  sont linéairement dépendants car, par hypothèse,  $rg(A|b) = r$ . En d’autres termes,  $b$  est combinaison linéaire de  $C_{i_1}, C_{i_2}, \dots, C_{i_r}$  et donc de  $C_1, C_2, \dots, C_n$ . Ainsi il existe  $x_1, x_2, \dots, x_n$  tels que  $\sum_{j=1}^n x_j C_j = b$  et le système  $(S)$  possède une solution. CQFD.

- Ce même théorème apparaît dans un autre cours<sup>5</sup> d’algèbre sous la forme abrégée suivante (où on remarquera une notation différente pour la matrice augmentée du système) :

**Théorème 1’** : Le système non-homogène  $Ax = b$  admet au moins une solution si, et seulement si, la matrice augmentée  $[A \ b]$  a le même rang que la matrice  $A$ .

<sup>4</sup> RIGO Michel, **Algèbre linéaire**, Bac 1 en Sciences physiques (et mathématiques), Université de Liège, année académique 2006-2007, pp. 84-85.

<sup>5</sup> SARTENAER Annick, **Algèbre (Deuxième partie)**, Bac 1 en Science informatique, FUNDP/Namur, 2006-2007, pp. 30-31.

Et voici la preuve (fondée sur des principes analogues que ceux utilisés pour la démonstration précédente) qu'elle propose pour ce théorème :

-  $\Rightarrow$  : La condition est nécessaire. En effet, si le système  $Ax = b$  admet au moins une solution, cela signifie que le vecteur  $b$  peut s'exprimer comme une combinaison linéaire des vecteurs colonnes de  $A$  (c'est-à-dire  $b \in \text{Im } A = \{Ax \in \mathbb{R}^m / x \in \mathbb{R}^n\}$ ). Le nombre maximum de colonnes linéairement indépendantes dans la matrice augmentée  $[A \ b]$  est donc identique au nombre maximum de colonnes linéairement indépendantes dans  $A$ , et donc les matrices  $[A \ b]$  et  $A$  ont même rang.

-  $\Leftarrow$  : La condition est suffisante. Supposons, en effet, par l'absurde que le système non-homogène  $Ax = b$  n'admet pas de solution. Dans ce cas, le vecteur  $b$  ne peut s'exprimer comme combinaison linéaire des vecteurs colonnes de  $A$ , ce qui implique que le nombre maximum de colonnes linéairement indépendantes dans la matrice augmentée  $[A \ b]$  vaut

$\text{rg}(A|b) = \text{rg } A + 1$ . Ce qui contredit l'hypothèse que  $\text{rg}(A|b) = \text{rg } A$ . Le système non-homogène  $Ax = b$  admet donc au moins une solution. CQFD.

## 2 APPLICATION « ÉLÉMENTAIRE » DU THEOREME DE ROUCHE-FONTENE DANS LA THEORIE DES VARIETES PLONGEES (EN GEOMETRIE DIFFERENTIELLE)

### 2.1 NOTIONS DE BASE SUR LES CONCEPTS GEOMETRIQUES ÉVOQUES

Rappelons, de prime abord, que d'après le *Dictionnaire des mathématiques*<sup>6</sup>, le concept « variété » consiste en une généralisation dans plusieurs domaines de la notion de courbes, surfaces ou volumes. L'idée est d'introduire, dans les principaux cas étudiés, une représentation locale des objets, soumise à des conditions satisfaisantes de « recollement ». Le dictionnaire précité ajoute que, lorsqu'il est employé seul, le terme *variété* désigne les variétés différentielles.

- Une *variété différentielle* de classe  $C^k$  ( $k > 0$ ) et de dimension  $m$  est un espace topologique séparé  $V$  muni d'un  $C^k$  – atlas  $A$ , c'est-à-dire une famille de cartes locales  $A = \{(U_\alpha, \varphi_\alpha)\}$ , ( $\alpha \in I \subset \mathbb{N}$ ), où  $\forall \alpha \in I$ ,  $\varphi_\alpha : U_\alpha \rightarrow \varphi_\alpha(U_\alpha) \subset \mathbb{R}^m$  est un homéomorphisme, de classe  $C^k$ , d'un ouvert  $U_\alpha$  de  $V$  dans un ouvert de  $\mathbb{R}^m$ , vérifiant les conditions suivantes :

$$1. \bigcup_{\alpha \in I} U_\alpha = V$$

2.  $\forall \alpha, \beta \in I$ , avec  $U_\alpha \cap U_\beta \neq \emptyset$ , les changements de cartes locales  $\varphi_\alpha \circ \varphi_\beta^{-1}$  et  $\varphi_\beta \circ \varphi_\alpha^{-1}$  sont des homéomorphismes de classe  $C^k$ .

3. La famille  $A$  est maximale (au sens de l'inclusion).

- Une *immersion*<sup>7</sup> : Soit  $\Sigma$  une surface paramétrée de  $\mathbb{R}^3$ , de classe  $C^k$  ( $k > 0$ ), de représentation paramétrique  $f : U \rightarrow \mathbb{R}^3$ . Une application continue  $\mu$  de  $\Sigma$  dans  $\mathbb{R}^3$  est une *immersion* de  $\Sigma$  dans  $\mathbb{R}^3$  si la composée  $\mu \circ f : U \rightarrow \mathbb{R}^3$  est différentiable et si, pour tout point  $(u_0, v_0) \in U$ , il existe un voisinage ouvert  $U_0$  (dans  $\mathbb{R}^2$ ) de  $(u_0, v_0)$ , un voisinage ouvert  $V_0$  (dans  $\mathbb{R}^3$ ) de  $(\mu \circ f)(u_0, v_0)$ , un intervalle ouvert  $I = ]-\alpha, \alpha[$  de  $\mathbb{R}$  et un difféomorphisme  $\varphi$  de  $U_0 \times I$  sur  $V_0$  tels que le diagramme suivant soit commutatif :

$$\begin{array}{ccc} U_0 & \xrightarrow{\mu \circ f} & V_0 \\ i \downarrow & & \uparrow Id_{V_0} \\ U_0 \times I \rightarrow V_0 & & \text{où } i : u \rightarrow i(u) = (u, 0). \end{array}$$

<sup>6</sup> BOUVIER Alain, GEORGE Michel, LE LIONNAIS François, (réédition de 2009). *Dictionnaire des mathématiques*, P.U.F., Paris. (p. 948)

<sup>7</sup> BOUVIER A. et Coll., *Op. Cit.*, p. 464.

- Un *plongement*<sup>8</sup> d'une variété  $E$  dans une variété  $F$  signifie que l'on identifie  $E$  à son image dans  $F$  par un homomorphisme canonique de  $E$  dans  $F$ . (Par exemple : le plongement de  $\mathbb{Z}$  dans  $\mathbb{Q}$ , ou encore, en géométrie différentielle, le plongement de  $\mathbb{R}^p$  dans  $\mathbb{R}^q$  ( $p, q \in \mathbb{N} - \{0\}$ )).

- *Plongement* d'une surface dans  $\mathbb{R}^3$  : étant donné une surface paramétrée  $(\Sigma, f)$  de  $\mathbb{R}^3$ , on appelle *plongement* de  $\Sigma$  dans  $\mathbb{R}^3$  une immersion  $\mu$  de  $\Sigma$  dans  $\mathbb{R}^3$  telle que  $\mu$  soit un homéomorphisme de  $\Sigma$  dans  $\mu(\Sigma)$ , les topologies de  $\Sigma$  et  $\mu(\Sigma)$  étant celles induites par la topologie de  $\mathbb{R}^3$ . On définit plus généralement le plongement d'une variété différentielle dans une autre. Intuitivement, si l'on déforme sans *pliure* ni *déchirure* une sphère  $\Sigma$  de façon que deux points distincts de  $\Sigma$  ne viennent jamais en coïncidence, la surface  $\Sigma'$  obtenue est l'image de  $\Sigma$  par divers plongements.

- *Variétés plongées* : La définition de la structure de *variété plongée* dépend du théorème suivant, que nous admettons sans démonstration :

Soit  $V$  une partie de  $\mathbb{R}^m$ . Les assertions suivantes sont équivalentes :

- Pour tout point  $a$  de  $V$ , il existe un ouvert  $\omega$  de  $V$  contenant  $a$  et admettant un paramétrage  $\varphi : U \subset \mathbb{R}^m \rightarrow \omega$ . (a)
- Pour tout point  $a$  de  $V$ , il existe un ouvert  $\omega$  de  $V$  contenant  $a$  et admettant une équation cartésienne<sup>9</sup>  $F : \Omega \rightarrow \mathbb{R}^{m-p}$ . (b)

Une partie  $V$  de  $\mathbb{R}^m$  qui vérifie les propriétés (a) et (b) de ce théorème est une *variété plongée* dans  $\mathbb{R}^m$ .

## 2.2 LE THEOREME DE ROUCHE-FONTENE ET LES VARIETES PLONGEES

« Une matrice  $A \in R_q^p$ , l'espace des matrices (réelles) ayant  $p$  lignes et  $q$  colonnes, est de rang  $r$  si elle possède une sous-matrice carrée de dimension  $r$  dont le déterminant n'est pas nul et si les déterminants de ses sous-matrices carrées de taille  $r + 1$  sont nuls. Ceux-ci sont généralement assez nombreux et le théorème de Rouché-Fontené en détermine  $(p - r)(q - r)$  dont l'annulation suffit à garantir celle des autres. Pour chaque ensembles d'indices  $I, J$  nous noterons  $A_{I,J}$  la sous-matrice de la matrice  $A$  obtenue en ôtant de celle-ci les lignes dont le numéro ne figure pas dans  $I$  et les colonnes dont le numéro ne se trouve pas dans  $J$ . De plus, pour simplifier, nous poserons  $I_i = I \cup \{i\}$ . Avec ces conventions, le théorème s'énonce comme ceci. *Une matrice  $A \in R_q^p$  est de rang  $r$  si et seulement si elle admet une sous-matrice carrée  $A_{I,J}$  de taille  $r$  dont le déterminant est non nul et si les déterminants des matrices  $A_{I_i, J}$ ,  $i \notin I$ ,  $j \notin J$ , sont nuls. On appelle ces déterminants les *déterminants bordés* ou *bordants*. La figure ci-dessous montre de façon schématique une matrice  $A$  dans laquelle on a sélectionné une sous-matrice  $A_{I,J}$  que l'on a "bordée" avec des éléments des ligne et colonne  $i, j$ . Elle est représentée par le carré rosé.*

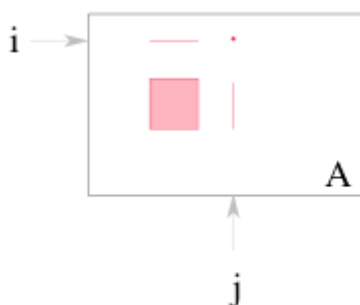


Figure 1. Illustration d'une matrice « bordée »

<sup>8</sup> BOUVIER A. et Coll., *Ibidem*, p. 702.

<sup>9</sup> La notion d'« équation cartésienne » d'une partie  $V$  de  $\mathbb{R}^m$  sera brièvement rappelée dans la suite.

Le théorème de Rouché-Fontené est utilisé pour étudier la compatibilité des systèmes d'équations du premier degré, ce que l'on comprend aisément puisque la condition de compatibilité du système  $Ax + b = 0$  est l'égalité des rangs des matrices  $A$  et  $(A|b)$ . Nous allons en présenter un autre usage qui nous a fort surpris lorsque nous l'avons découvert en cherchant des exemples de variétés plongées pour illustrer un cours de géométrie. Il s'avère que l'ensemble  $\mu(p, q, r)$  des matrices  $A \in R_q^p$  de rang  $r$  est une variété de classe  $C^\infty$  plongée dans  $R_q^p$  et que le théorème de Rouché-Fontené en donne des équations cartésiennes au voisinage de chaque point. Pour rappel, des fonctions  $f_i : \Omega \rightarrow R$ ,  $i = 1, 2, \dots, q$  de classe  $C^\infty$  dans un ouvert  $\Omega \subset IR^N$  sont des *équations cartésiennes* d'une partie  $V$  de  $IR^N$  dans  $\Omega$ , si  $V \cap \Omega = \{x \in \Omega \mid f_1(x) = 0, \dots, f_q(x) = 0\}$  et si les gradients des  $f_i$  sont linéairement indépendants en chaque point de cette intersection) ont  $r$  éléments et, en vertu du théorème de Rouché-Fontené,  $\mu(p, q, r) \cap \Omega_{IJ} = \bigcap_{i \in I, j \in J} \left\{ A \in \Omega_{IJ} \mid \det A_{i_j, j} = 0 \right\}$

De plus, les gradients des fonctions  $A \in \Omega_{IJ} \mapsto \det A_{i_j, j} \in IR$ ,  $i \in I, j \in J$ , sont linéairement indépendants en chaque point de cette intersection. C'est cette propriété que nous nous proposons d'établir dans le présent article. Signalons, en passant, que les fonctions en question constituent donc des équations cartésiennes pour  $\mu(p, q, r)$ , ce que nous allons également établir et illustrer dans les lignes qui suivent. Voici les éléments (assortis d'exemples illustratifs judicieusement choisis) qui, selon nous, apportent un modeste éclairage<sup>10</sup> au commentaire précédent :

a) Soit  $\mu(p, q, r)$  l'ensemble des matrices à coefficients réels à  $p$  lignes,  $q$  colonnes et de rang  $r$ . Pour établir que  $\mu(p, q, r)$  est une variété plongée dans l'espace des matrices (réelles) ayant  $p$  lignes et  $q$  colonnes, noté  $R_q^p$ , on a le choix entre deux possibilités (logiquement équivalentes) : soit en termes de paramétrages, soit en termes d'équations cartésiennes. On se propose de prouver que  $\mu(p, q, r)$  est bien une variété plongée dans  $R_q^p$ , et pour pouvoir utiliser le théorème de Rouché-Fontené, on choisit comme approche celle qui s'appuie sur les équations cartésiennes.

b) Soit  $A \in \mu(p, q, r)$ . Pour un choix  $\alpha = I \times J$  (où  $I \in \{1, 2, \dots, p\}$ ,  $J \in \{1, 2, \dots, q\}$  de  $r$  indices de lignes et de  $r$  indices de colonnes,  $A_\alpha$  désigne le mineur algébrique de la matrice  $A$  obtenu en ne retenant dans cette matrice que les éléments dont les indices de lignes et de colonnes figurent dans  $I$  et  $J$  respectivement.

[En guise d'exemple illustratif, considérons l'ensemble  $\mu(3, 3, 2)$ .

$$\text{Soit } A = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 3 \\ 2 & 1 & 4 \\ 3 & -1 & 7 \end{pmatrix} \in \mu(3, 3, 2).$$

$$\text{- Pour } \alpha = \{1, 2\} \times \{1, 2\}, \quad A_\alpha = \begin{vmatrix} 1 & -2 \\ 2 & 1 \end{vmatrix}.$$

$$\text{- Pour } \beta = \{2, 3\} \times \{1, 3\}, \quad A_\beta = \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 3 & 7 \end{vmatrix}.$$

c)  $\mu_\alpha(p, q)$  désigne l'ensemble des matrices  $M$  pour lesquelles  $M_\alpha \neq 0$ . C'est un ouvert de  $R_q^p$  (puisque  $c'$  est le complémentaire d'un fermé).

<sup>10</sup> Cet « éclairage » provient essentiellement du syllabus de cours du professeur Pierre Lecomte (du département de mathématiques de l'Université de Liège (ULg, en sigle), intitulé : « Variétés plongées dans  $R^m$  » destiné aux étudiants de Bac 2, (2007, pp. 21 – 24).

d) On rappelle que le théorème de Rouché-Fontené fonde la compatibilité de systèmes linéaires sur l'annulation ou non de tels déterminants bordés le nombre de « déterminants bordés » qui, pour un mineur donné de rang  $r$ , sont au nombre de  $(p - r)(q - r) = (r - p)(r - q) = pq - r(p + q - r)$ , car un tel déterminant s'obtient en ajoutant à  $\alpha$  un indice de ligne  $i$  et un indice de colonne  $j$  ; Ce qui fournit un nouvel ensemble d'indices noté  $\alpha(i, j)$ . Le déterminant bordé correspondant est le mineur associé aux indices de lignes et de colonnes figurant dans cet ensemble. Nous le noterons  $A_{\alpha(i, j)}$ .

[En guise d'illustration, considérons dans l'ensemble  $\mu(3, 4, 2)$  la matrice  $A = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 3 & 0 \\ 2 & 1 & 4 & 1 \\ 3 & -1 & 7 & 1 \end{pmatrix}$ .

Pour  $\alpha = \{1, 2\} \times \{1, 2\}$ , on a  $\begin{vmatrix} 1 & -2 & 3 \\ 2 & 1 & 4 \\ 3 & -1 & 7 \end{vmatrix}$  ou  $\begin{vmatrix} 1 & -2 & 0 \\ 2 & 1 & 1 \\ 3 & -1 & 1 \end{vmatrix}$  comme déterminants bordés obtenus à partir du mineur  $\begin{vmatrix} 1 & -2 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} \neq 0$ .]

e) Enfin, nous nous limiterons à signaler qu'à ce stade, il reste à prouver que les équations  $f_{\alpha, i, j} = 0, i \notin I, j \notin J$ , où  $f_{\alpha, i, j} : A \in \mu(p, q, r) \mapsto A_{\alpha, i, j} \in \mathbb{R}$ , constituent bien des équations cartésiennes de  $A \in \mu(p, q, r)$  pour conclure que  $A \in \mu(p, q, r)$  est une variété plongée dans  $\mathbb{R}_q^p$ . Les étapes d'une telle démonstration sont les suivantes :

*Première étape* : décomposer  $f_{\alpha, i, j}$  en  $\text{dét} \circ \pi_{\alpha, i, j}$  où  $\pi_{\alpha, i, j}$  est la projection de l'espace des matrices à  $p$  lignes et  $q$  colonnes sur  $GL(r + 1, \mathbb{R})$  consistant à prélever d'une matrice celle dont le mineur  $A_{\alpha(i, j)}$  est le déterminant, et où  $\text{dét} : GL(r + 1, \mathbb{R}) \rightarrow \mathbb{R}$  est le passage au déterminant.

[Illustration : Dans l'ensemble  $\mu(3, 4, 2)$ ,  $\alpha = \{1, 2\} \times \{1, 2\}$ ,  $\pi_{\alpha, 3, 3}$  est  $A = \begin{pmatrix} u & v & w \\ x & y & z \\ au+bx & av+by & aw+bz \end{pmatrix}$  pour

$A = \begin{pmatrix} u & v & w & t \\ x & y & z & s \\ au+bx & av+by & aw+bz & at+bs \end{pmatrix}$  avec  $\begin{vmatrix} u & v \\ x & y \end{vmatrix} \neq 0$  (par exemple).]

*Deuxième étape* : Calculer les différentielles :

$$(f_{\alpha, i, j})_{*A} H = (\text{dét} \circ \pi_{\alpha, i, j})_{*A} H = (\text{dét})_{*\pi_{\alpha, i, j}(A)} (\pi_{\alpha, i, j})_{*A} H$$

(on rappelle que  $(f \circ g)_{*a} = f_{*g(a)} \circ g_{*a}$ ).

Par suite, on a :

$$\begin{aligned} (f_{\alpha, i, j})_{*A} H &= (\text{dét})_{*\pi_{\alpha, i, j}(A)} (\pi_{\alpha, i, j})_{*A} H \\ &= (\text{dét})_{*\pi_{\alpha, i, j}(A)} \pi_{\alpha, i, j}(H) \text{ (car } \pi_{\alpha, i, j} \text{ étant linéaire, elle coïncide avec sa différentielle)} \\ &= (\text{grad}_{*\pi_{\alpha, i, j}(A)} \text{dét}) \cdot \pi_{\alpha, i, j}(H) \text{ (où la multiplication est le produit scalaire)} \end{aligned}$$

(on rappelle également que  $\text{grad}_A(\text{dét}) = \Gamma$  qui est la matrice des cofacteurs de  $A$ . Le gradient de  $f : \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}$  est l'unique élément  $u \in \mathbb{R}^m$  tel que  $\forall h \in \mathbb{R}^m, f_{*a} h = u \cdot h$ )

Troisième étape : Prendre  $H$  tel que tous les éléments sont nuls, sauf celui situé sur  $i(i, j)$  qui vaut 1.

Ainsi, pour  $(k, l) \neq (i, j)$ ,  $\pi_{\alpha, k, l} H = 0$  et donc  $(f_{\alpha, k, l})_{*A} H = 0$

Et  $(f_{\alpha, i, j})_{*A} H = (\text{grad}_{*\pi_{\alpha, i, j}(A)} \text{dét}) \cdot \pi_{\alpha, i, j}(H) = \pm A_{\alpha(i, j)} \neq 0$ , où  $\text{grad}_{*\pi_{\alpha, i, j}(A)} \text{dét}$  est la matrice des cofacteurs de  $\pi_{\alpha, i, j}(A)$ .

### 3 CONCLUSION

Qu'on ne s'y méprenne donc pas. Le théorème de Rouché-Fontené intervient dans le problème décrit ci-dessus uniquement à des fins d'énumération (de comptage) du fait qu'il aide à déterminer le nombre de déterminants bordés intervenant dans la définition des équations cartésiennes servant de support à la démonstration de la nature de variété plongée de  $\mu(p, q, r)$  mais il ne donne aucune indication sur la nature de ces équations cartésiennes, question fondamentale dans ce problème qui, par sa complexité, dépasse (on le devine) très largement le modeste champ d'application de ce théorème. Aussi avons-nous qualifié de modeste l'application du théorème de Rouché-Fontené que nous avons présentée ci-dessus, même s'il faut reconnaître que cette application est, comme chacun a pu s'en rendre compte dans les développements précédents, d'une portée non négligeable dans la détermination des équations cartésiennes d'une variété plongée.

### REFERENCES

- [1] BOUVIER Alain, GEORGE Michel, sous la direction de François Le LIONNAIS (1979). *Dictionnaire des mathématiques*, Presses Universitaires de France (P.U.F.), Paris.
- [2] DORIER J.-L. et Col., (1999). *L'enseignement de l'algèbre linéaire en question*, La Pensée sauvage Editions, Grenoble, France, p. 242.
- [3] LECOMTE Pierre, *Géométrie élémentaire*, ULg, Centrale des cours de l'AEES, 42.013, année académique 2001-2002.
- [4] LECOMTE Pierre, *Variétés plongées dans  $\mathbb{R}^m$* , Bac. 2 en Sciences Mathématiques, ULg, année académique 2006-2007 pp. 21 – 24.
- [5] QUEYSANNE Michel, (1968). *Algèbre MP et Spéciales AA'*, Armand Colin, Paris.
- [6] RIGO Michel, *Algèbre linéaire*, Bac 1 en Sciences physiques (et mathématiques), Université de Liège, année académique 2006-2007, pp. 84-85.
- [7] SARTENAER Annick, « *Algèbre (Deuxième partie)* », Bac 1 en Science informatique, FUNDP/Namur, année académique 2006-2007, pp. 30-31.
- [8] WITTMANN Erich Ch., (1998). *Géométrie élémentaire et réalité : Introduction à la pensée géométrique*, Didier Hatier, Bruxelles.

## Effect of Longitudinal Surface Roughness on the Performance of a Shliomis Model Based Ferrofluid Circular Squeeze Film Considering Couple stresses Effect

Himesh A. Patel<sup>1</sup>, H.C. Patel<sup>2</sup>, and G.M. Deheri<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor in Mathematics, Gujarat Power Engineering and Research Institute,  
Mehsana, Gujarat, India

<sup>2</sup>Professor in Mathematics, L D Engineering College,  
Ahmedabad, Gujarat, India

<sup>3</sup>Associate Professor, Department of Mathematics, Sardar Patel University,  
Anand, Gujarat, India

---

Copyright © 2016 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:** This paper aims to analyze the combined effect of couple stress and longitudinal surface roughness on the behavior of a Shliomis model based ferrofluid squeeze film in circular plates. The stochastic averaging model of Christensen and Tonder for longitudinally surface roughness has been adopted here. The generalized Reynolds' type equation obtained by the application of Shliomis ferro-hydrodynamic model incorporating the Stoke's micro-continuum theory has been stochastically averaged. The pressure distribution in the bearing system has been calculated taking recourse to appropriate boundary conditions. Then load carrying capacity of the bearing system is derived. The results presented in graphical forms, make it clear that the longitudinal surface roughness significantly modifies the squeeze film performance. It is clearly observed that the enhanced performance due to the combined effect of couple stress and magnetization gets further improved due to longitudinal surface roughness barring the case of negatively skewed roughness.

**KEYWORDS:** Circular plates, Squeeze film, roughness, Couple stress, Ferrofluid.

### 1 INTRODUCTION

The Squeeze film behavior is used in various fields of real life such as gears, hydraulic systems, rolling elements, engines, clutch plates etc.

In the last decade many theoretical and experimental investigations have been made on the bearing systems to increase the life period. One of the major investigations in the direction of lubrication of bearing system was the use of ferrofluid as a lubricant. Verma (1986) dealt with the effect of magnetic field on squeeze film bearing system, under an externally applied magnetic field oblique to the lower surface. It was found that the upper plate took longer time to come down in this case as compared to the conventional lubricant based squeeze film. The squeeze film for spherical and conical bearings using magnetic fluid as a lubricant with effect of rotation of particles and constant magnetic field in the transverse direction was studied for various bearing characteristics (Kumar et. al.(1992)). Bhat and Deheri (1993) investigated the curved porous circular squeeze film with the effect of magnetic fluid. It was noticed that the pressure, load carrying capacity and response time increased with the increase in magnetization. Prajapati (1995) discussed various squeeze films with magnetic field effect. Superior performance of the magnetic fluid lubricant as compared to the conventional lubricant was manifest. Patel and Deheri (2002) analyzed the effect of magnetic fluid based squeeze film between two curved plates lying along the surfaces determined by secant functions. Shah and Bhat (2005) presented the effects of ferrofluid on the curved squeeze film between two annular plates, when the upper plate approached the lower one normally, including the rotation of

magnetic particles and their magnetic moments. Patel and Deheri (2007) discussed the performance of a magnetic fluid based squeeze film between porous conical plates. Lin (2013) investigated the influence of fluid inertia forces on the ferrofluid squeeze film between a sphere and a plate in the presence of external magnetic fields considering Shliomis model based magnetic fluid flow.

Many methods were proposed to improve the performance of the bearing system, one such method was the use of couple stress fluids. Bujurke and Jayaraman (1982) analyzed the influence of couple stresses in squeeze films. Bujurke and Naduvinamani (1991) investigated the performance of narrow porous journal bearing lubricated with couple stress fluid. Lin (1997) dealt with the effect of squeeze film characteristics of long partial journal bearings lubricated with couple stress fluids. Lin (2000) studied the performance of squeeze film characteristics between a sphere and a flat plate using couple stress fluid model. These studies have confirmed higher load carrying capacity, lower coefficient of friction, and delayed time of approach in comparison with the Newtonian case.

In all the above investigations bearing surfaces were considered to be smooth. After having some run-in and wear the bearing surfaces develop roughness, which appears to be random in character, hardly following any particular structural pattern. Many methods have been proposed to study and analyze the effect of surface roughness on the performance of the squeeze film bearing system. A quite a good number of investigations (Tzeng and Saible (1967), Christensen and Tonder (1969a, 1969b, 1970) discussed a stochastic approach to mathematically model the random nature of surface roughness. In view of the Christensen and Tonder's stochastic model of roughness, Prakash and Tiwari (1983), Prajapati (1991), Guha (1993), Deheri et al. (2004), Naduvinamani et al. (2005), Bujurke et al. (2008), dealt with the effect of surface roughness on the performance of different bearing systems considering transverse roughness as well as longitudinal roughness. It was established that the effect of roughness was quite significant. Andharia and Deheri (2010) analyzed the performance of a squeeze film formed by a magnetic fluid between longitudinally rough conical plates. An improvement in the performance of a squeeze film formed by a magnetic fluid between longitudinally rough conical plates was observed for, thereby, extending the life period of the bearing system. Patel et al. (2011) investigated the performance of a magnetic fluid based squeeze film between rough circular plates, while upper plate had a porous facing of variable porous matrix thickness. Many investigators (Patel et al. (2011), Abhangi and Deheri (2012), Patel and Deheri (2013)) dealt with the effect of transverse roughness on different geometries of bearing systems. Patel and Deheri (2013) discussed the performance of a ferrofluid based squeeze film in rotating rough curved circular plates resorting to Shliomis model. It was noticed that the adverse effect of roughness could be reduced considerably at least in the case of negatively skewed roughness with a suitable choice of curvature parameter. Andharia and Deheri (2013) analyzed the performance of a magnetic fluid based squeeze film between longitudinally rough elliptical plates. Lin et al. (2014) studied the squeeze film performance between curved circular plates lubricated with an electrically conducting non-Newtonian fluid in the presence of external magnetic fields. Patel et al. (2015) presented the squeeze film behavior in annular disks with a non-Newtonian ferrofluid in the presence of transverse magnetic fields. It was suggested that the non-Newtonian ferrofluid lubricated squeeze film registered higher load carrying capacity in comparison with the Newtonian non ferrofluid cases. Patel et al. (2014) analyzed the effect of transverse surface roughness on the performance of a squeeze film in parallel circular disks with non-Newtonian ferrofluid under the presence of transverse magnetic field. The results established that the transverse surface roughness significantly affected the squeeze film performance. This article offered some measures to compensate the adverse effect of roughness under suitable conditions due to the positive effect of non-Newtonian ferrofluid.

Here, it has been proposed to deal with the effect of longitudinal surface roughness and couple stress on the behavior of a ferrofluid circular squeeze film taking Shliomis model of ferrofluid lubrication in to account.

## 2 ANALYSIS

The geometrical configuration of the bearing system is displayed in Figure 1.

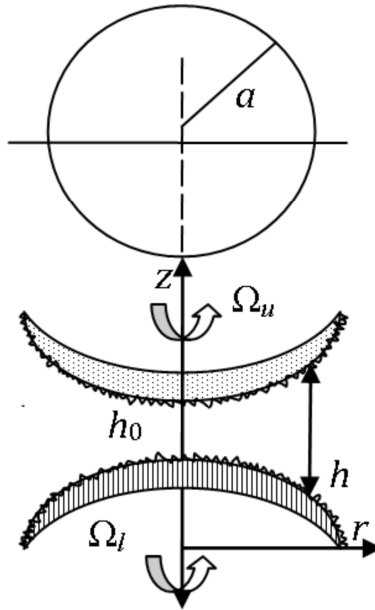


Fig. 1. The geometrical configuration of the bearing system

In view of the discussion of Christensen and Tonder (1969a, 1969b, 1970) for the stochastic modeling of roughness, the thickness  $h(x)$  of the lubricant film is assumed to be;

$$h = \bar{h} + h_s$$

Where  $\bar{h}$  is the mean film thickness and  $h_s$  is the deviation from the mean film thickness characterizing the random roughness of the bearing surfaces. The deviation  $h_s$  is described by a generalized probability density function. The details of mean  $\alpha$ , the standard deviation  $\sigma$  and the parameter  $\epsilon$ , which is the measure of symmetry of the random variable  $h_s$ , are considered from the theory of Christensen and Tonder (1969a, 1969b, 1970).

The stochastically averaged [Christensen and Tonder (1969a, 1969b, 1970)] modified Reynolds' equation governing the pressure distribution, for the performance of a ferrofluid lubricated squeeze film in circular disk Bhat and Deheri (1993) with non-Newtonian couple stress [Lin et al. (2013)] is obtained as

$$f(h, l_c, \phi, \tau) \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left\{ r \frac{dp}{dr} \right\} = 12\eta_0(1 + \tau)(1 + 2.5\phi) \frac{dh}{dt} \quad (1)$$

Where

$$f(h, l_c, \phi, \tau) = h^{-3}(1 - 4\alpha h^{-1}) - 12 \frac{l_c^2}{(1 + \tau)(1 + 2.5\phi)^{3/2}} \cdot 4h^{-2}(\sigma^2 + \alpha^2) - 24 \frac{l_c^3}{(1 + \tau)^{3/2}(1 + 2.5\phi)^{3/2}} \left( \tanh \left[ \frac{\sqrt{(1 + \tau)(1 + 2.5\phi)}}{2l_c} \right] \cdot 24h^{-3}(\epsilon + 3\sigma^2\alpha + \alpha^3) \right) \quad (2)$$

The associated boundary conditions are

$$r = 0, \frac{dp}{dr} = 0 \text{ and } r = R, p = 0 \quad (3)$$

Solving equation (1) with the boundary conditions (3), the expression for dimensionless pressure distribution is found to be :

$$P^* = \frac{3(1 + \tau)(1 + 2.5\phi)}{f^*(h^*, l_c, \phi, \tau)} (1 - r^{*2}) \tag{4}$$

Where,

$$f^*(h^*, l_c, \phi, \tau) = h^{*-3} (1 - 4\alpha^* h^{*-1}) - 12 \frac{C^2}{(1 + \tau)(1 + 2.5\phi)^{3/2}} \cdot 4h^{*-2} (\sigma^{*2} + \alpha^{*2}) - 24 \frac{C^3}{(1 + \tau)^{3/2} (1 + 2.5\phi)^{3/2}} \left( \tanh \left[ \frac{\sqrt{(1 + \tau)(1 + 2.5\phi)}}{2C} \right] \cdot 24h^{*-3} (\epsilon^* + 3\sigma^{*2} \alpha^* + \alpha^{*3}) \right)$$

Where,  $\alpha^*$  is non dimensional variance,  $\sigma^*$  is non dimensional standard deviation and  $\epsilon^*$  is non dimensional skewness.

Integrating the film pressure over the film region, one can get the non dimensional load carrying capacity in the form of

$$W^* = \frac{3\pi(1 + \tau)(1 + 2.5\phi)}{f^*(h^*, l_c, \phi, \tau)} \tag{5}$$

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

It is observed that in the absence of roughness this investigations turns to the discussions of Lin et al. (2013). Further, setting the couple stress parameter to be zero, one obtains the study of Bhat (2003).

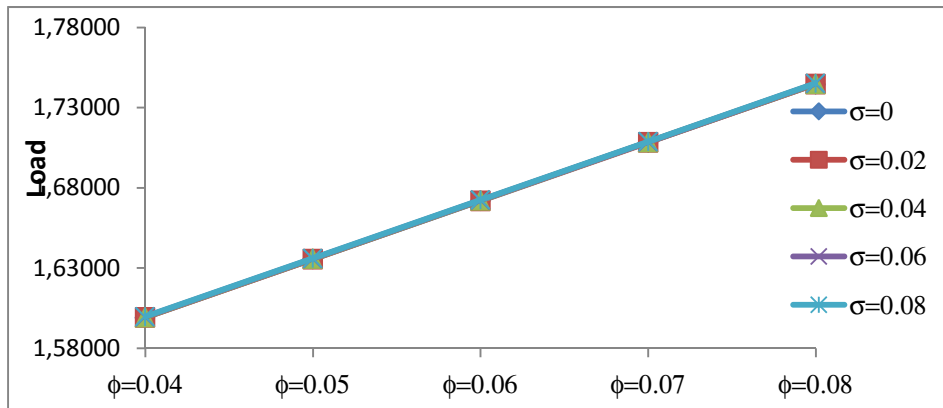


Fig. 2. Variation of Load carrying capacity with respect to  $\phi$  and  $\sigma$

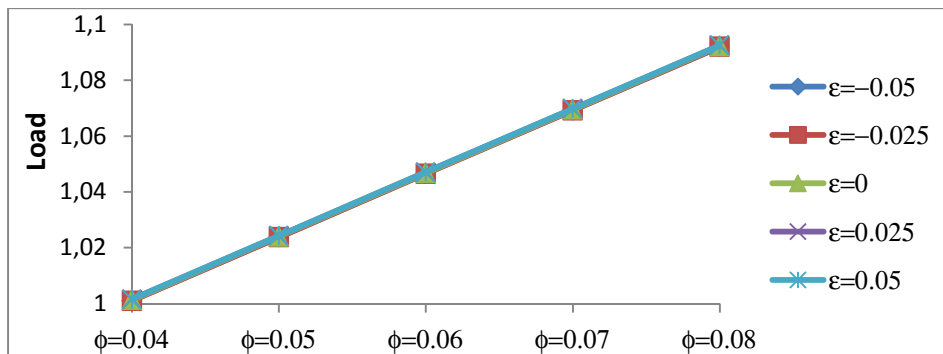


Figure- 3 Variation of Load carrying capacity with respect to  $\phi$  and  $\epsilon$

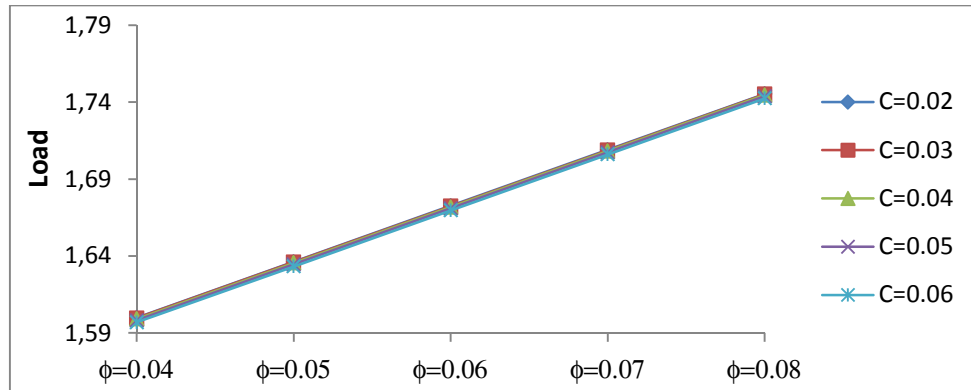


Figure- 4 Variation of Load carrying capacity with respect to  $\phi$  and  $C$

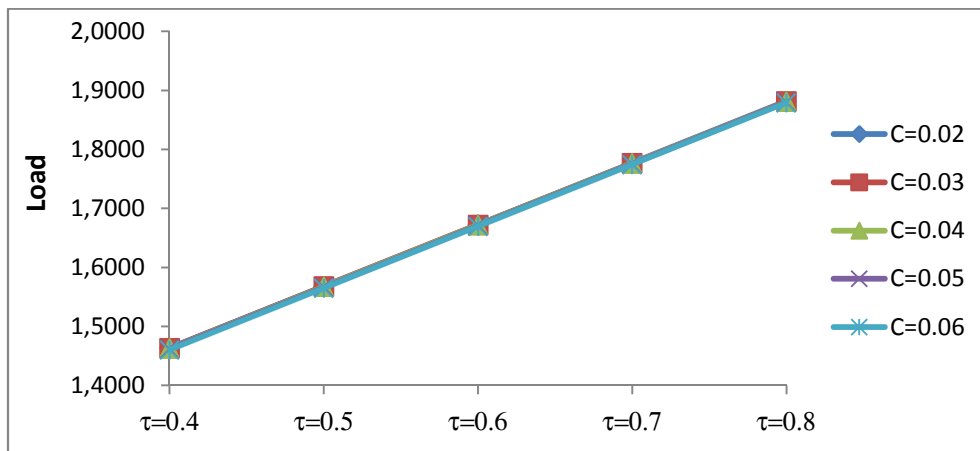


Figure- 5 Variation of Load carrying capacity with respect to  $\tau$  and  $C$

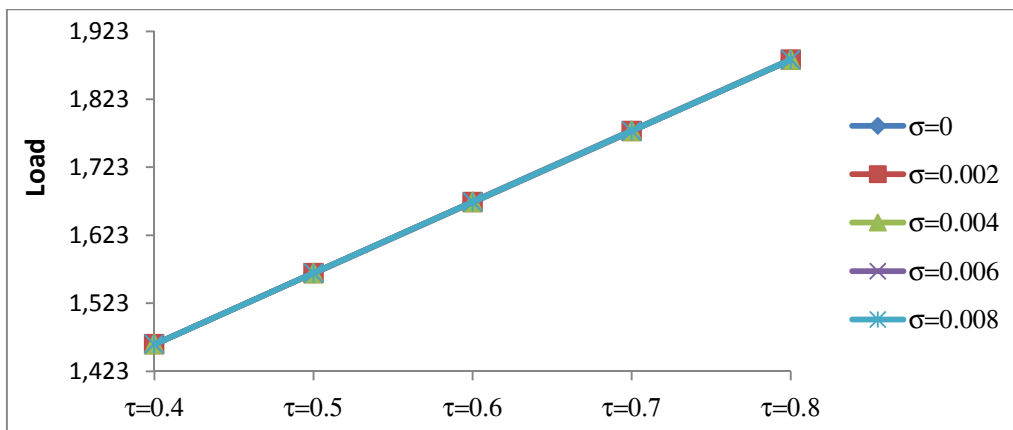


Figure- 6 Variation of Load carrying capacity with respect to  $\tau$  and  $\sigma$

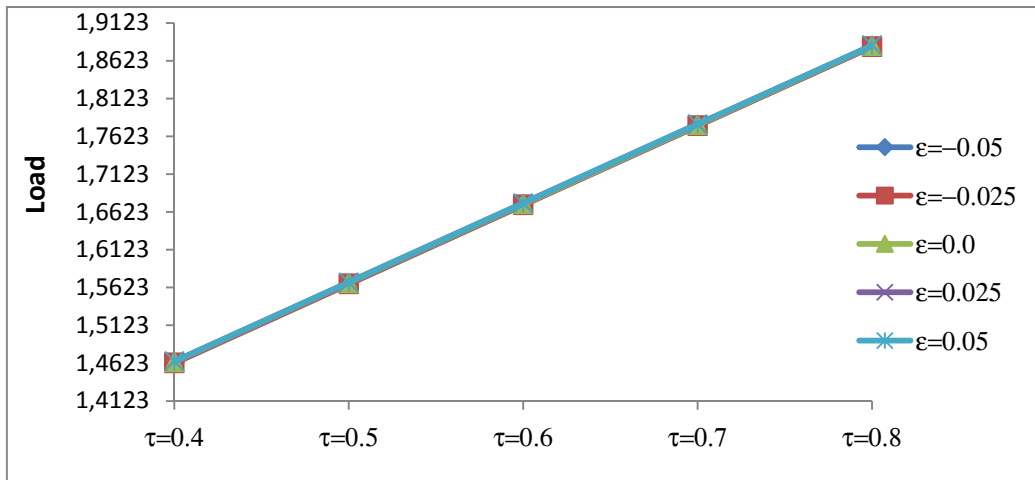


Figure- 7 Variation of Load carrying capacity with respect to  $\tau$  and  $\epsilon$

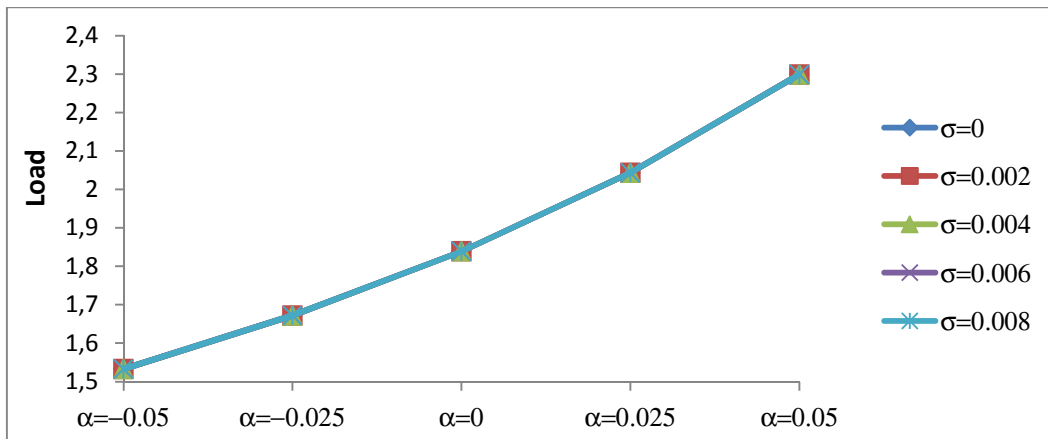


Figure- 8 Variation of Load carrying capacity with respect to  $\alpha$  and  $\sigma$

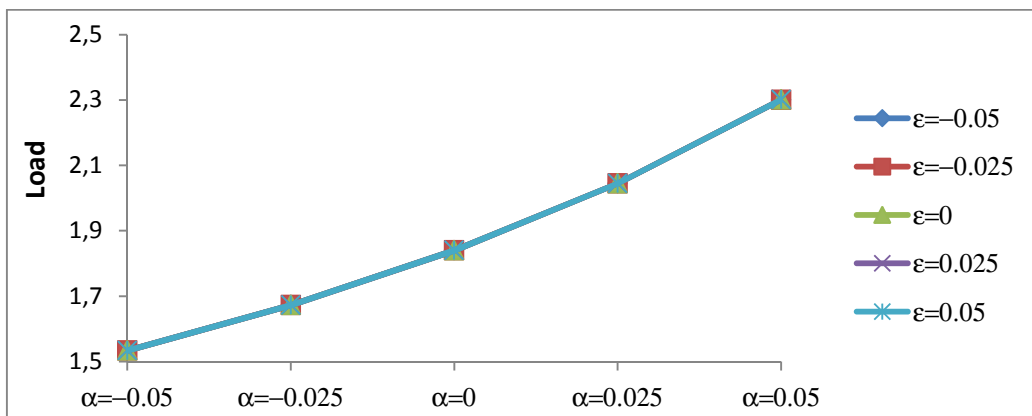


Figure- 9 Variation of Load carrying capacity with respect to  $\alpha$  and  $\epsilon$

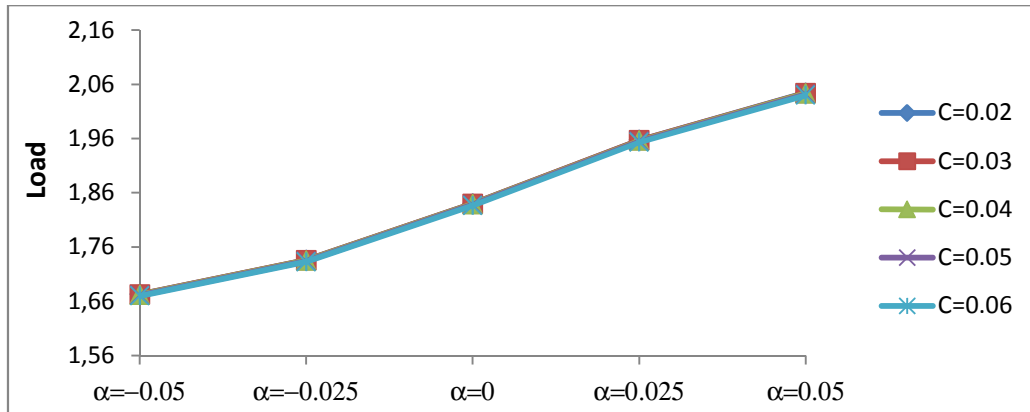


Figure- 10 Variation of Load carrying capacity with respect to  $\alpha$  and  $C$

It can be clearly observed that the combined effect of standard deviation, skewness and couple stress on the distribution of load carrying capacity with respect to volume concentration parameter, magnetization parameter and variance is almost negligible.

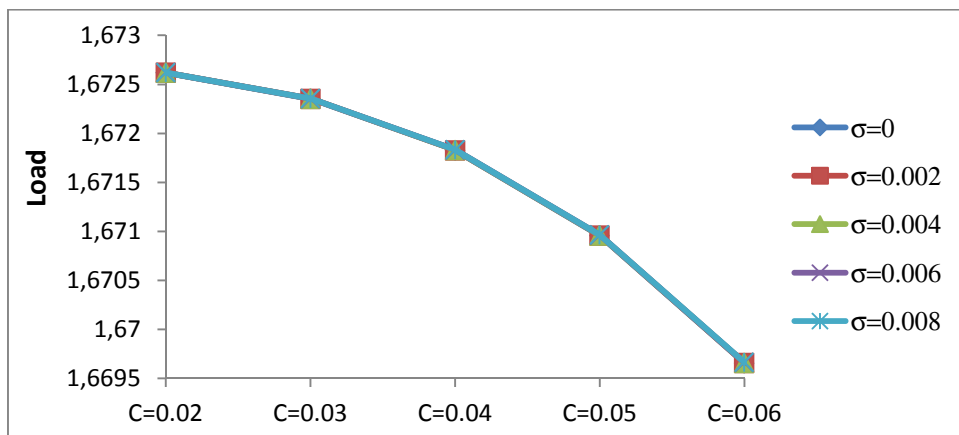


Figure- 11 Variation of Load carrying capacity with respect to  $C$  and  $\sigma$ .

Further, the effect of the standard deviation on the variation of the load carrying capacity with respect to the couple stress parameter is negligible.

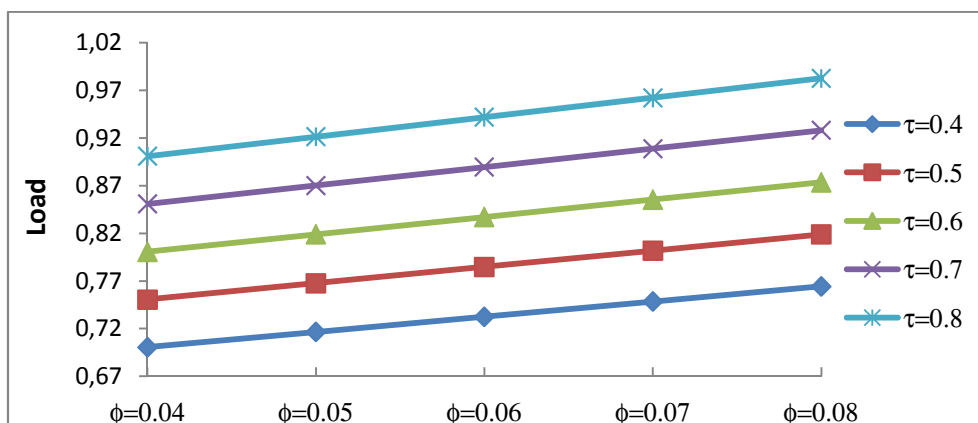


Figure- 12 Variation of Load carrying capacity with respect to  $\phi$  and  $\tau$

Figure- 12 shows that the magnetization parameter and the volume concentration parameter increase the load carrying capacity.

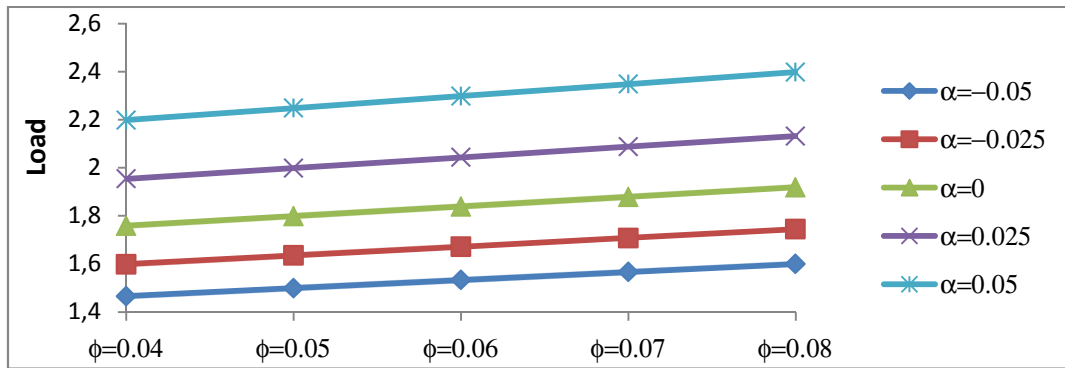


Figure- 13 Variation of Load carrying capacity with respect to  $\phi$  and  $\alpha$

Figure- 13 indicates that positive variance increases the load carrying capacity while the reverse is true for variance (-ve). This does not happen in the case of transverse roughness. (Patel et al.(2014)).

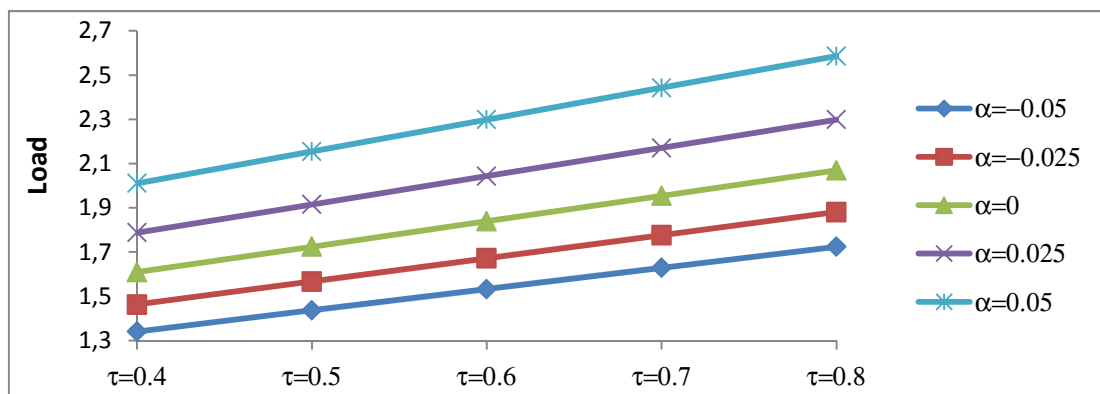


Figure- 14 Variation of Load carrying capacity with respect to  $\tau$  and  $\alpha$

Figure- 14 makes it clear that the increased load carrying capacity due to magnetization. further, enhances because of variance (+ve).

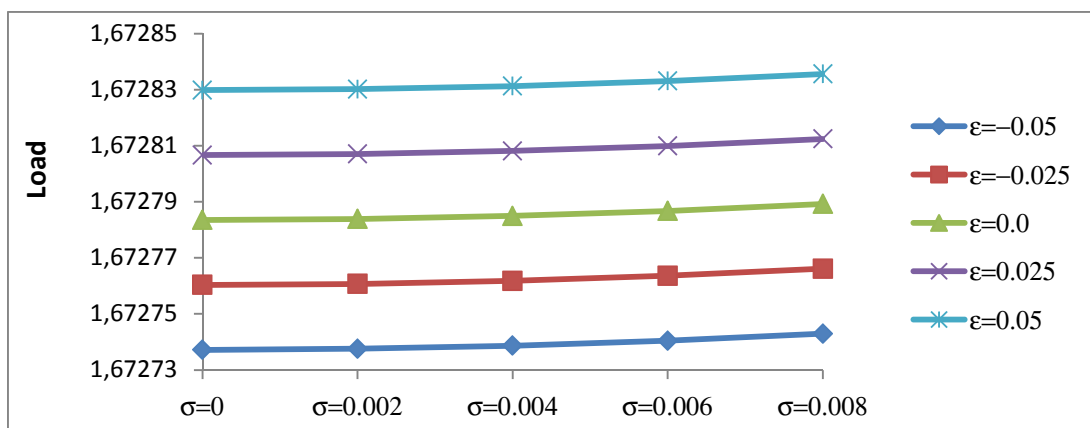


Figure- 15 Variation of Load carrying capacity with respect to  $\sigma$  and  $\epsilon$

The fact that the skewness follows the path of variance so far as the load carrying capacity is concerned is reflected in Figure- 15. Therefore, the combined effect of positively skewed roughness and variance (+ve) remains crucial from bearing design point of view. This is exactly opposite of what happens in the case of transverse roughness. (Patel et al.(2014)).

A close glance at the figures reveals that the combined effect of ferrofluid lubrication and couple stress may go a long way in reducing the adverse effect of roughness, at least in the case of positively skewed roughness when variance positive

occurs. For an overall improved performance this study confirms that the use of Shliomis model may turn out to be more fruitful for this type of bearing systems, even if couple stress effect is in force.

#### 4 CONCLUSION

Although, there are a number of factors improving the load carrying capacity, this study establishes that the roughness aspects must be considered carefully while designing this type of bearing system.

If suitably chosen then this type of bearing system may turn out to be favorable for industrial applications.

#### 5 NOMENCLATURE

- C: couple stress parameter,  $C = l_c/h_0$ .
- h: film thickness
- $h_0$ : initial film thickness
- $H_0$ : transverse magnetic field
- $\vec{H}$ : applied magnetic field vector
- $k_B$ : Boltzmann constant
- m: magnetic moment of a particle
- $M_E$ : equilibrium magnetization,  $M_E = nm (\coth\xi - 1/\xi)$
- $\vec{M}$ : magnetization vector
- n: number of particles per unit volume
- P: film pressure
- $P^*$ : dimension less film pressure
- r, z: radial and vertical coordinates
- u, w: velocity components in the r – and z – directions
- $v_s$ : squeezing velocity,  $v_s = -dh/dt$
- $\vec{V}$ : fluid velocity vector
- W: load capacity
- $W^*$ : non-dimensional load capacity
- $\eta$ : viscosity of the suspension
- $\eta_0$ : viscosity of the main fluid
- $\eta_c$ : new material constant responsible for couple stress fluid property
- $\mu_0$ : permeability of free space
- $\phi$ : volume concentration of particles
- $\xi$ : Langevin parameter,  $\xi = \mu_0 m H_0 / k_B T$
- $\tau$ : rotational viscosity parameter,  $\tau = \frac{(3\phi/2)(\xi - \tanh\xi)}{(\xi + \tanh\xi)}$

#### REFERENCES

- [1] Verma PDS. Magnetic fluid based squeeze film. International Journal of Engineering Science 1986; 24(3):395-401.
- [2] Kumar D, Sinha P, Chandra P. Ferrofluid squeeze film for spherical and conical bearings. International Journal of Engineering Science 1992; 30(5):645-656.
- [3] Bhat MV, Deheri GM. Magnetic fluid based squeeze film in curved porous circular discs. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 1993; 127:159-162.
- [4] Prajapati BL. Magnetic fluid based porous squeeze films. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 1995; 149:97-100.
- [5] R M Patel and G M Deheri. Magnetic based squeeze film between two curved plates lying along the surfaces determined by secant functions. Indian Journal of Engineering and Material Sciences 2002;v(9):45-48.
- [6] Bhat, M.V. (2003) Lubrication with a Magnetic Fluid, Team Spirit (India) Pvt. Ltd., Ahmedabad, India.

- [7] Shah, R.C. and Bhat, M.V. (2005) 'Ferfluid squeeze film between curved annular plates including rotation of magnetic particles', *Journal of Engineering Mathematics*, Vol. 51, No. 4, pp.317–324.
- [8] R. M. Patel and G. M. Deheri, "Magnetic fluid based squeeze film between porous conical plates," *Industrial Lubrication and Tribology*, vol. 59, no. 3, pp. 143-147, 2007.
- [9] Lin J.R., Lu R.F., Lin M.C., Wang P.Y., "Squeeze film characteristics of parallel circular disks lubricated by ferrofluids with non-newtonian couple stresses", *Tribology International*, 2013, 61, 56 – 61.
- [10] N. M. Bujurke and G. Jayaraman, "The influence of couple stresses in squeeze films," *International Journal of Mechanical Sciences*, vol. 24, no. 6, pp. 369–376, 1982.
- [11] N. M. Bujurke and N. B. Naduvinamani, "On the performance of narrow porous journal bearing lubricated with couple stress fluid," *Acta Mechanica*, vol. 86, no. 1–4, pp. 179–191, 1991.
- [12] J.-R. Lin, "Squeeze film characteristics of long partial journal bearings lubricated with couple stress fluids," *Tribology International*, vol. 30, no. 1, pp. 53–58, 1997.
- [13] J.-R. Lin, "Squeeze film characteristics between a sphere and a flat plate: couple stress fluid model," *Computers and Structures*, vol. 75, no. 1, pp. 73–80, 2000
- [14] Tzeng, S.T. and Saibel, H. (1967) 'Surface roughness effect on slider bearing lubrication', *ASLE Trans.*, Vol. 10, No. 3, pp.334–338.
- [15] Christensen, H. and Tonder, K.C. (1969a) *Tribology of Rough Surfaces: Stochastic Models of Hydrodynamic Lubrication*, SINTEF, Report No.10/69-18.
- [16] Christensen, H. and Tonder, K.C. (1969b) *Tribology of Rough Surfaces: Parametric Study and Comparison of Lubrication Models*, SINTEF, Report No.22/ 69-18.
- [17] Christensen, H. and Tonder, K.C. (1970) 'The hydrodynamic lubrication of rough bearing surfaces of finite width', *ASME-ASLE Lubrication Conference*, Cincinnati, OH, Paper No. 70-lub-7, 12–15 October.
- [18] Prakash, J. and Tiwari, K. (1983) 'Roughness effects in porous circular squeeze-plates with arbitrary wall thickness', *J. Lubr. Technol.*, Vol. 105, No. 1, pp.90–95.
- [19] Prajapati, B.L. (1991) 'Behaviour of squeeze film behaviour between rotating porous circular plate: surface roughness and elastic deformation effects', *J. Pure Appl. Math. Sci.*, Vol. 33, Nos. 1–2, pp.27–36.
- [20] Guha, S.K. (1993) 'Analysis of dynamic characteristics of hydrodynamic journal bearings with isotropic roughness effects', *Wear*, Vol. 167, No. 2, pp.173–179.
- [21] Deheri G.M., Andharia P.I. and Patel R.M. (2004) 'Longitudinally rough slider bearing with squeeze film formed by a magnetic fluid', *Industrial Lubrication and Tribology*, vol.56, No.3, pp.177-187.
- [22] Naduvinamani N.B., Hiremath P.S., and Gurubasavaraj G. (2005) 'Effect of surface roughness on the couple stress squeeze film between a sphere and a flat plate', *Tribology International*, vol.38, pp. 451-458.
- [23] Bujurke, N.M., Basti, D.P. and Kudenatti, R. B. (2008) 'Surface roughness effects on squeeze film behaviour in porous circular disks with couple stress fluid', *Transp Porous Med.*, Vol. 71, No. 2, pp.185–197.
- [24] Andharia P.I., and Deheri G.M. (2010) 'Longitudinal roughness effect on magnetic fluid based squeeze film between conical plates.' *Industrial Lubrication and Tribology*, vol.62, Iss:5, pp.285-291.
- [25] Patel R.M., Deheri G.M., and Patel H.C. (2011). 'Effect of Surface Roughness on the Behavior of a Magnetic Fluid –based Squeeze film between Circular plates with Porous Matrix of Variable Thickness. *Acta Polytechnica Hungarica*, vol.8, No.5.
- [26] N.D. Abhangi, G.M. Deheri: Numerical modeling of squeeze film performance between rotating transversely rough curved circular plates under the presence of a magnetic fluid lubricant, *ISRN Mechanical Engineering*, Vol. 2012. Article ID 873481, 2012.
- [27] Patel, J.R. and Deheri, G.M. (2013) 'A comparison of porous structures on the performance of a magnetic fluid based rough short bearing', *Tribology in Industry*, Vol. 35, No. 3, pp.177–189.
- [28] Andharia P.I., and Deheri G.M. (2013). 'Performance of magnetic fluid based squeeze film between longitudinally rough elliptical plates'. *ISRN Tribology* 2013.
- [29] Lin J.R., Chu L.M., Hung C.R. and Lu R.F. (2014). 'Magneto- Hydrodynamic Non- Newtonian curved Circular Squeeze Films.' *Journal of Marine Science and Technology*, vol.22, No.5, pp.566-571.
- [30] Patel H.A., Patel H.C., and Deheri G.M. (2015) 'Ferfluid Based Squeeze Film Performance in Annular Disks with Non Newtonian Couple Stresses.' *Annals of Faculty Engineering Hunedoara, International Journal Of Engineering*. Iss.4, 2015.
- [31] Patel H.A., Patel M.P., Patel H.C. and Deheri G.M. (2014), 'Squeeze Film Performance in Parallel Rough Circular Disks Lubricated by Ferrofluid with Non-Newtonian Couple Stress Effect,' *Proceeding of International Conference on Advance in Tribology and Engineering Systems*, Springer India Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp.111-115.

## Diversité et répartition des ophidiens (Reptilia) des quelques aires protégées de la province Orientale en République Démocratique du Congo

### [ Diversity and distribution of Ophidians (Reptilia) of some protected areas in the Oriental Province of Democratic Republic of the Congo ]

*Akuboy Bodongola Jeannot<sup>1</sup>, Bapeamoni Franck<sup>2</sup>, Gembu Tungaluna<sup>2</sup>, Badjedjea Babangenge<sup>1</sup>, Baelo Likangalele<sup>1</sup>, Justin A. Asimonyio<sup>1</sup>, Anne Laudisoit<sup>3</sup>, Dudu Akaibe<sup>1-2</sup>, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, RD Congo

<sup>2</sup>Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo

<sup>3</sup>Université de Liverpool, Liverpool, Royaume Uni

<sup>4</sup>Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2016 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:** This study wore on the diversity and distribution of ophidians in a few protected areas in the Oriental Province (DR. Congo). The harvest data were performed at Tshuapa Lomami Lualaba Park (TL2), in the Yoko Forest Reserve (RFY) and in the Rubitele hunting area (RBTL). The collections come from the missions of Tshuapa Lomami Lualaba Park (TL2), the Yoko Forest Reserve (FRY) and Rubitele hunting area (RBTL). The Ophidians specimens were captured in actively prospecting night with a snake cane; some specimens of Ophidians were purchased from villagers. In total 91 biopsies were taken from the specimens examined belonging to 7 families 25 genera and 28 species. Using a unique method of catching sight in the three protected areas we find that the dominant species was the horned viper *Bitis nasicornis* (12.09%), followed by the species *Boaedon olivaceus* (10.99%) while *Grayia smithii*, *Lycophidion laterale*, *Dendroaspis jamesoni*, *Causus maculatus*, *Natriciteres olivacea*, *Dasypeltis fasciata*, *Thrasops jacksonii*, *Rhamnophis aethiopissa*, *Thelotornis kirtlandii*, *Toxicodryas pulverulenta* et *Hapsidophrys lineatus* were less represented with 1.10% for each of them. The index of Shannon - Weiner (H) show that the Yoko Forest Reserve (RFY) (H = 3,898) present a higher diversity of Ophidians than that other protected areas. The Simpson index was 0.81 for Tshuapa Lomami Lualaba park (TL2), 0.918 for Yoko Forest Reserve (RFY) and 0.907 for the Rubitele hunting area (RBTL). The equitability is 0.97; 0.917 and 0.944 respectively for the Tshuapa Lomami Lualaba Park (TL2) for the Yoko Forest Reserve (RFY) and the Rubitele hunting area (RBTL). The Species richness (RS) is 19 for the Yoko Forest Reserve (RFY), 15 for Rubitele hunting area (RBTL) and 6 for Tshuapa Lomami Lualaba Park (TL2).

**KEYWORDS:** Ophidians, Diversity, Distribution, protected areas, Oriental province, Democratic Republic of the Congo.

**RÉSUMÉ:** Cette étude porte sur la diversité et répartition des ophidiens des trois aires protégées de la province Orientale (République Démocratique du Congo). Les collections proviennent des missions du parc national de Tshuapa Lomami Lualaba (TL2), de la réserve forestière de Yoko (RFY) et du domaine de chasse de Rubitele (RBTL). Les spécimens d'Ophidiens ont été activement capturés au cours de prospection nocturne à l'aide d'une canne à serpents ; certains spécimens d'Ophidiens ont été achetés auprès des villageois. Au total 91 biopsies ont été prélevées sur les spécimens examinés appartenant à 7 familles 25 genres et 28 espèces. En utilisant une méthode de capture unique à vue dans les trois aires protégées nous constatons que l'espèce dominante était la vipère cornue *Bitis nasicornis* (12,09%), suivie de l'espèce *Boaedon olivaceus* (10,99%) tandis que *Grayia smithii*, *Lycophidion laterale*, *Dendroaspis jamesoni*, *Causus maculatus*,

*Natriciteres olivacea*, *Dasypeltis fasciata*, *Thrasops jacksonii*, *Rhamnophis aethiopissa*, *Thelotornis kirtlandii*, *Toxicodryas pulverulenta* et *Hapsidophrys lineatus* étaient moins représentées avec 1,10% pour chacune d'entre elle. L'indice de Shannon-weiner (H) montre que la réserve forestière de Yoko (RFY) (H=3,898) présente une diversité ophidienne supérieure à celle des autres aires protégées. L'indice de Simpson est de 0,81 pour le parc de Tshuapa Lomami Lualaba(TL2), de 0,918 pour la réserve forestière de Yoko(RFY) et de 0,907 pour le domaine de Rubitele(RBTL). L'équitabilité est de 0,970 ; 0,917 et 0,944 respectivement pour le parc de Tshuapa Lomami Lualaba(TL2), pour la réserve forestière de Yoko (RFY) et pour le domaine de chasse de Rubitele (RBTL). La richesse spécifique (RS) est de 19 pour la Réserve forestière de Yoko RFY, de 15 pour le Domaine de chasse de Rubitele RBTL est de 6 pour le parc de Tshuapa Lomami Lualaba TL2.

**MOTS-CLEFS:** Ophidiens, Diversité, Distribution, Aires protégées, province Orientale, République Démocratique du Congo.

## 1 INTRODUCTION

Les serpents d'Afrique centrale et occidentale sont parmi les plus mal étudiés dans le monde, avec les seules sources d'information étant une poignée de guides de terrain obsolètes et quelques publications sporadiques dans la littérature [1]. Il y a eu un effort significatif au cours des dernières années pour augmenter la couverture des aires protégées, qui va inévitablement avoir des effets positifs sur la conservation de la biodiversité. Cependant, même le groupe le plus connu et bien étudié des espèces (les vertébrés terrestres) ne sont pas suffisamment protégés par le réseau mondial actuel des aires protégées [2].

Les aires protégées ont longtemps été considérées comme des refuges pour la faune qui y vivent, on peut prétendre que ces zones doivent continuer à jouer un rôle clé dans la conservation biologique à l'avenir [3]. Avec l'allure ou vont la destruction des écosystèmes dans notre pays nous craignons qu'il ait disparition d'un bon nombre des espèces des serpents avant même leurs découvertes. Si les espèces et leurs habitats ne sont pas protégés, alors beaucoup des diversités que nous voyons aujourd'hui sera tout simplement disparues dans le future [4]. Une fois l'habitat naturel des serpents détruit, la biodiversité ophidienne est à son tour menacée et la durabilité de la conservation de la plupart d'espèces est ainsi rendue très fragile dans les régions écologiques de la présente étude.

Les serpents de la RDC ne sont pas assez étudiés car les spécialistes Congolais du domaine sont rares voire presque inexistantes à notre connaissance. L'étude sur la diversité ophidienne s'avère indispensable étant donné que les écosystèmes sont détruits quotidiennement et le changement climatique observé localement et au niveau mondial risquent d'aggraver la pénurie écologique dont connaît l'Afrique en général et le Congo en particulier.

La RD Congo à elle seule possède aujourd'hui environ 181 espèces des serpents répartis en 59 genres et 7 familles [5]. Kisangani et ses environs est une zone de « hot spot » de plusieurs groupes zoologiques déjà étudiés dans la région entre autres ; les Rongeurs [6], les Musaraignes [7] et les Chiroptères [8] ; Alors que les Ophidiens ne sont pas assez étudiés dans cette région. Une étude sur la diversité et répartition des ophidiens des quelques aires protégées de la province orientale est justifiable dans le sens que ces animaux sont si fascinants mais mal connus du point de vue diversité et écologie.

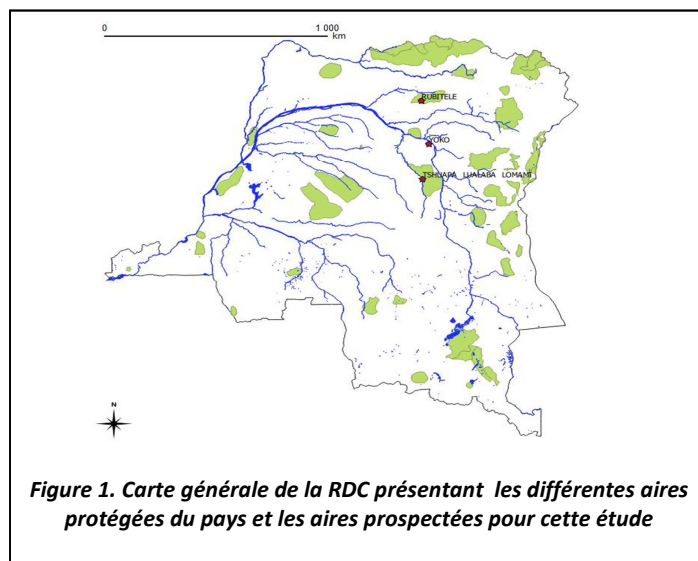
La gestion durable d'une ressource biologique donnée commence toujours par son identification. C'est pourquoi nous voulons bien connaître la diversité des Ophidiens et leurs répartitions dans quelques aires protégées de la province orientale.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MILIEU D'ÉTUDES

Le travail a été effectué dans trois aires protégées de la province Orientale en République Démocratique du Congo : - TL2 parc de Tshuapa Lomami Lualaba situé à 520 Km de la ville de Kisangani, avec comme coordonnées géographiques (Latitude : 02°18.858'N ; Longitude : 024°59.668'E et se situe à une altitude moyenne de 409 mètres) ; - RBTL Domaine de chasse de Rubitele situé à 262 Km de la ville de Kisangani avec les coordonnées géographiques (Latitude : 02°18.858'N ; Longitude : 024°59.668'E et se situe à une altitude moyenne de 450 mètres) et enfin-RFY la Réserve forestière de Yoko est située entre les points kilométriques 21 et 38 sur la voie ferrée Kisangani-Ubundu [9]. Ses coordonnées géographiques (Latitude : 00°29'40,2''N ; Longitude : 25°28'90,6''E avec une altitude moyenne de 435 mètres).

La figure 1 donne la localisation géographique des différentes aires protégées du pays et les aires prospectées.



## 2.2 MÉTHODES

La capture dans la forêt se faisait la nuit entre 19h00 et 01h00 à l'aide des cannes à capture des serpents (Morin longueur 1,30 mètres) et équipés des lampes torches puissantes de 3 à 4 Watt pour éblouir les bêtes. L'identification préliminaire des spécimens a été faite *in situ* à l'aide de la clé d'identification [10]. Les individus capturés ont été photographiés et conservés dans une solution de formaldéhyde à 10% ; les coordonnées géographiques des captures ont été enregistrés à l'aide d'un GPS (Garmin Csx).

## 2.3 ANALYSE DES DONNÉES

Les indices de diversité de Shannon-Weiner et de Simpson ainsi que l'équitabilité ont été calculés comme précédemment rapporté dans la littérature [11-13].

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

91 spécimens de serpents ont été collectés soit 8 spécimens collectés pour le parc de Tshuapa Lomami Lualaba (TL2) (du 03/02/2013 au 09/02/2013) ; 62 spécimens collectés pour Yoko (RFY) (du 10/07/2013 au 24/07/2013) et 21 spécimens collectés pour Rubitele (RBTL) (du 16/08/2013 au 28/08/2013).

### 3.1 ABONDANCE RELATIVE

La liste de spécimens collectés dans les forêts primaires ainsi que leur abondance relative est donnée dans le tableau 1.

Tableau 1. Abondance relative des espèces identifiées dans les trois aires protégées

Famille	Espèce	Aires protégées			AR
		TL2	RFY	RBTL	
ELAPIDAE	<i>Pseudohaje goldii</i> Boulenger, 1895 (‡)	1	2	0	3,30
	<i>Naja melanoleuca</i> Hallowell, 1857	0	6	0	6,59
	<i>Dendroaspis jamesoni</i> Traill, 1843	0	0	1	1,10
TYPHLOPIDAE	<i>Afrotyphlops lineolatus</i> Jean 1864	2	7	0	9,89
	<i>Feylinia currori</i> Wallach, 1803	0	1	1	2,20
BOIDAE	<i>Python sebae</i> Gmelin, 1788 (‡)	2	0	1	3,30
VIPERIDAE	<i>Bitis nasicornis</i> Shaw, 1802	0	10	1	<b>12,09</b>
	<i>Causus maculatus</i> Hallowell, 1842	0	1	0	1,10
	<i>Atheris squamigera</i> Hallowell, 1856	0	2	2	4,40
	<i>Bitis gabonica</i> Dumeril, Bibron 1854	0	3	1	4,40
NATRICIDAE	<i>Natriciteres olivacea</i> Peters, 1854	0	1	0	1,10
CALABARIDAE	<i>Calabaria reinhardtii</i> Schlegel, 1851	0	5	1	6,59
COLUBRIDAE	<i>Bothrophthalmus lineatus</i> Peters, 1863 (‡)	0	3	1	4,40
	<i>Hapsidophrys smaragdina</i> Schlegel, 1837	0	2	0	2,20
	<i>Gonionotophis poensis</i> Smith, 1849	0	2	0	2,20
	<i>Grayia ornata</i> Bocage, 1866 (‡)	0	3	0	3,30
	<i>Dasypeltis fasciata</i> Smith, 1849	0	1	0	1,10
	<i>Aparalactus modestus</i> Gunther, 1859 (‡)	0	2	0	2,20
	<i>Thrasops jacksonii</i> Gunther, 1895	0	1	0	1,10
	<i>Hydraethiops melanogaster</i> Gunther, 1872 (†)	0	0	3	3,30
	<i>Rhamnophis aethiopissa</i> Gunther, 1862	0	0	1	1,10
	<i>Thelotornis kirtlandii</i> Hallowell, 1844	0	0	1	1,10
	<i>Toxicodryas pulverulenta</i> Fischer, 1856	0	0	1	1,10
	<i>Hapsidophrys lineatus</i> Fischer, 1856	0	0	1	1,10
	<i>Lycophidion laterale</i> Hallowell, 1857	1	0	0	1,10
	<i>Grayia smithii</i> Leach, 1818	1	0	0	1,10
	<i>Boaedon olivaceus</i> Dumeril, 1827	1	5	4	<b>10,99</b>
<i>Phylothamnus carinatus</i> Andersson, 1901	0	5	1	6,59	
TOTAL : 7	28	8	62	21	100,00

(‡) : Les espèces capturées près des cours d'eau ; (†) : Les espèces capturées dans les cours d'eau, AR : abondance relative

Il ressort de ce tableau que 28 espèces d'ophidiens appartenant à sept familles différentes ont été répertoriées dans les trois aires protégées. L'abondance relative des ophidiens a été plus élevée dans la réserve forestière de Yoko suivi de RBTL et de TL 2. L'espèce *Bitis nasicornis* a été l'espèce la plus abondante (12,09%) suivie de l'espèce *Boaedon olivaceus* avec 10,99% (qui est l'espèce commune aux trois aires protégées) et des espèces *Afrotyphlops lineolatus* avec 9,89%, *Naja melanoleuca*, *Calabaria reinhardtii* et *Phylothamnus carinatus* (6,59% chacune).

### 3.2 INDICES DE BIODIVERSITÉ

Le tableau 2 donne les valeurs d'indices de biodiversité des espèces identifiées dans les trois aires protégées.

Tableau 2. Indices de biodiversité des espèces identifiées dans les trois aires protégées

Aires protégées	RS	Effectif	H'	E	D
TL2	6	8	2,5	0,970	0,81
RFY	19	62	3,898	0,917	0,919
RBTL	15	21	3,689	0,944	0,907

Le tableau 2 montre que l'indice de Shannon-Weiner ( $H'$ ) est supérieur à 1 dans les trois aires protégées ; cependant, la Reserve forestière de Yoko (RFY) présente une diversité supérieure à celle des deux autres aires protégées considérées. Quant à l'indice de Simpson (D) la probabilité pour que deux individus tirés au hasard de l'échantillon soient des espèces différentes est de 0,81 au parc de Tshuapa Lomami Lualaba (TL2), de 0,918 à la Reserve forestière de Yoko (RFY) et de 0,907 pour le domaine de chasse de Rubitele (RBTL).

L'équitabilité (E) est de 0,970 au Tshuapa Lomami Lualaba (TL2), de 0,917 à la Reserve forestière de Yoko (RFY) et de 0,944 pour le domaine de chasse de Rubitele (RBTL) statistiquement toutes ces valeurs tendent vers 1 donc les espèces sont équitablement réparties dans les trois aires protégées de la province orientale. Donc toutes les valeurs de ces 3 indices sont statistiquement significatives. La richesse spécifique (RS) est de 19 pour la Reserve forestière de Yoko RFY, de 15 pour le Domaine de chasse de Rubitele RBTL est de 6 pour le parc de Tshuapa Lomami Lualaba TL2.



(a) *Dendroaspis jamesoni* capturée dans la RFY



(b) *Calabaria reinhardtii* capturée dans la RFY



(c) *Hydraethiops melanogaster* capturée à Rubitele



(d) *Phylothamnus carinatus* capturée à Rubitele



(e) *Afrotyphlops lineolatus* capturée au TL2



(f) *Pseudohaje goldii* capturée au TL2

Figure 2. Image de quelques spécimens d'ophidiens capturés dans les trois aires protégées

### 3.3 EFFORTS DE CAPTURE

La figure 3 (a) donne l'effort de capture pour le Parc de Tshuapa Lomami Lualaba (TL2).

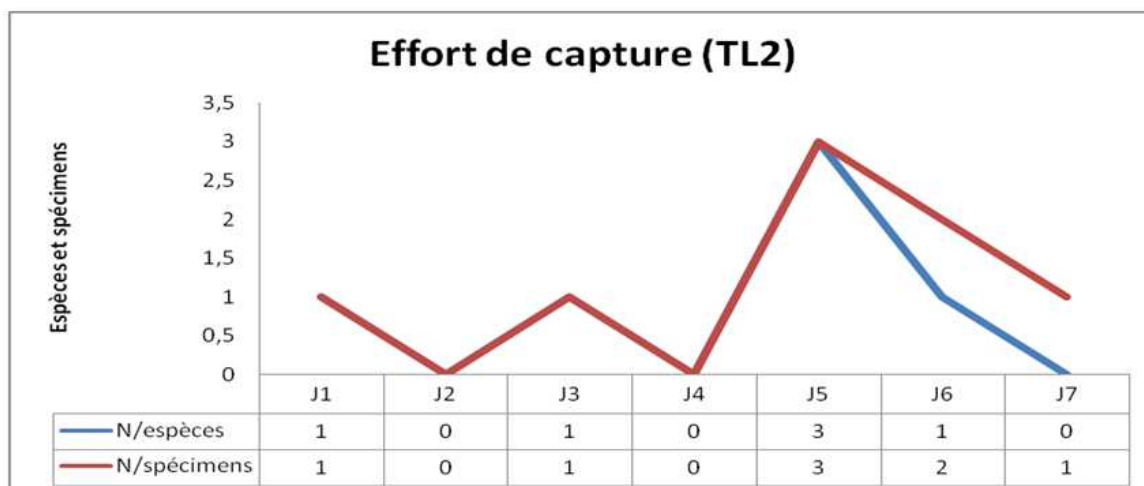


Figure 3 (a). Effort de capture au TL 2

Il ressort de ce graphique que c'est au 5ème jour qu'il ya eu plus des spécimens capturés comparativement au 2er et au 4ème jour où il n'y avait absolument pas des individus capturés. En qui concerne les espèces, on constate que c'est au 5ème jour qu'il ya eu plus d'espèces collectées.

La figure 3 (b) donne l'effort de capture pour le Domaine de chasse de Rubitele (RBTL).

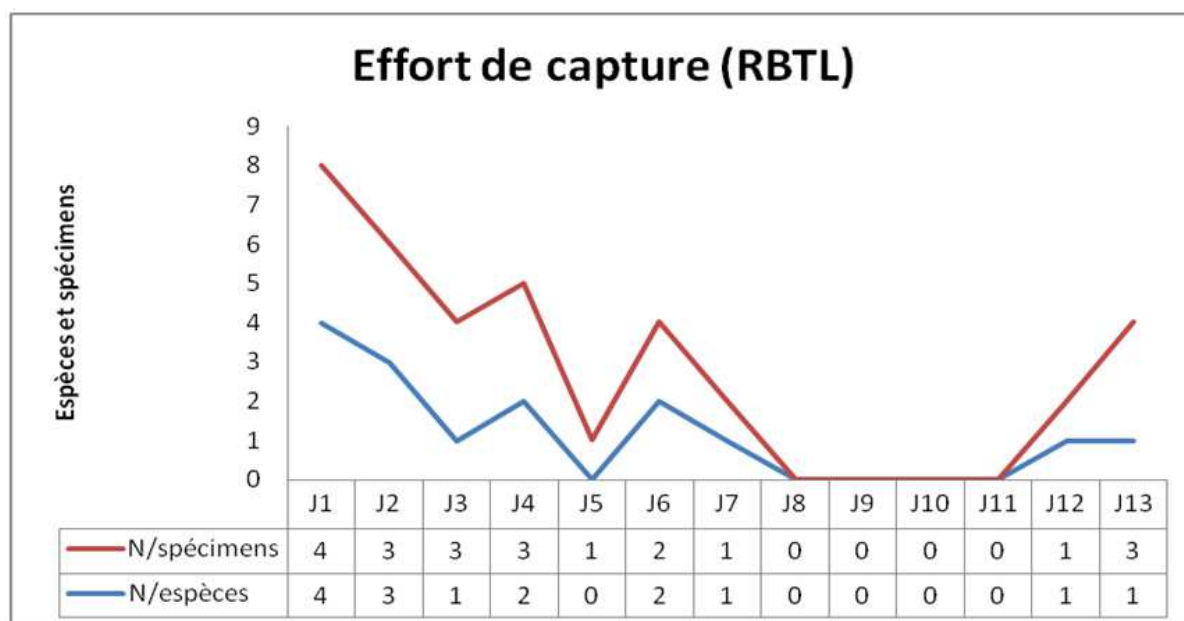


Figure 3 (b). Effort de capture au RBTL

La figure 3 (b) nous montrent que c'est au 1er jour qu'il ya eu plus des spécimens capturés comparativement au 8ème, 9ème, 10ème et 11ème jour où il n'y avait absolument pas d'individus capturés. En qui concerne les espèces, on constate que c'est au 1er jour qu'il ya eu plus d'espèces collectées.

La figure 3 (c) donne l'effort de capture pour la Reserve forestière de Yoko (RFY).

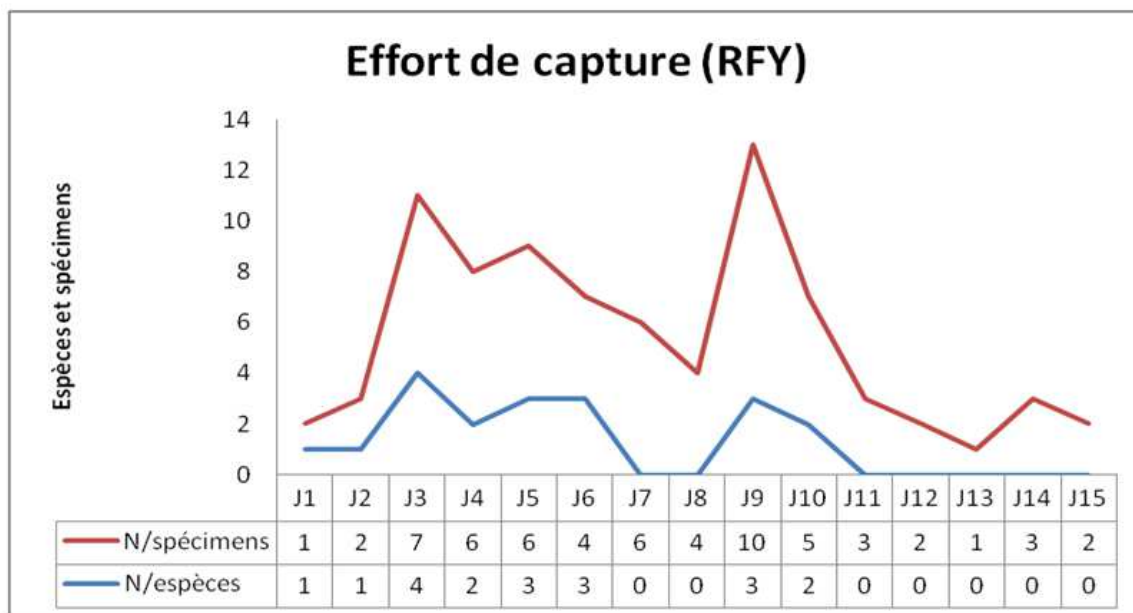


Figure 3 (c). Effort de capture à RFY

Il ressort de cette figure que c'est au 3ème et 9ème jour qu'il ya eu plus des spécimens capturés comparativement au 1er jour et 13ème jour où le nombre d'individus capturés étaient relativement bas. En qui concerne les espèces, on constate que c'est au 3ème jour qu'il ya eu plus d'espèces collectées.

### 3.4 LISTE DES ESPECES CAPTUREES ET REGROUPEES SELON LEUR LIEU DE CONSERVATION

#### ○ LISTE DES SPECIMENS CAPTURES ET CONSERVES AU CSB/UNIKIS (RD CONGO)

TL2 714 *Pseudohaje goldii* Lomami (S01°23'17" - E25°02'05"), Akuboy (Février 2013) ;UAC 97 *Dendroaspis jamesoni* Rubitele (N02°19'12" - E024°58'57"), Akuboy (Aout 2013) ; TL2 715 *Afrotyphlops lineolatus* Lomami (S01°22'46" - E25°02'19") et TL2 717 (S01°23'03" - E25°02'13"), Akuboy (Février 2013) ; UAC 93 *Feylinia currori* Rubitele (N02°18'50" - E025°00'60"), Akuboy ( Aout 2013) ; TL2 718 *Python sebae* Lomami ((S01°22'59" - E25°02'18") et TL2 735 (S01°23'09" - E25°02'11"), Akuboy (Février 2013) ; UAC 106 *Python sebae* Rubitele (N02°20'36" - E024°57'72"), Akuboy (Aout 2013) ; UAC 95 *Bitis nasicornis* Rubitele (N02°18'93" - E024°59'47"), Akuboy (Aout 2013) ; UAC 91 *Atheris squamigera* Rubitele (N02°18'86" - E024°59'67") et UAC 100 (N02°19'27" - E024°58'23"), Akuboy (Aout 2013) ; UAC 109 *Atheris squamigera* Rubitele (N02°19'69" - E024°57'80"), Akuboy ( Aout 2013) ; UAC 94 *Calabaria reinhardtii* Rubitele (N02°18'87" - E025°00'19"), Akuboy (Aout 2013) ;

UAC 110 *Bothrophthalmus lineatus* Rubitele (N02°19'12" - E024°58'59"), Akuboy (Aout 2013) ; UAC 111 *Hydraethiops melanogaster* Rubitele (N02°20'45" - E024°57'65"), UAC 112 (N02°20'45" - E024°57'65") et UAC 113 (N02°20'46" - E024°57'55"), Akuboy (Aout 2013) ; UAC 101 *Rhamnophis aethiopyssa* Rubitele (N02°19'39" - E024°58'02"), Akuboy (Aout 2013) ; UAC 98 *Thelotornis kirtlandii* Rubitele (N02°19'23" - E024°58'30"), Akuboy ( Aout 2013) ; UAC 96 *Toxicodryas pulverulenta* Rubitele (N02°19'09" - 024°58'63"), Akuboy ( Aout 2013) ; UAC 105 *Hapsidophrys lineatus* Rubitele (N02°19'35" - E024°58'15"), Akuboy (Aout 2013) ; TL2 713 *Lycophidion laterale* Rubitele (S01°23'12" - E25°02'13"), Akuboy (Aout 2013) ; TL2 747 *Grayia smithii* Rubitele(S01°23'10" - E25°92'14"), Akuboy ( Aout 2013) ; TL2 757 *Boaedon olivaceus* Lomami (S01°23'17" - E25°02'21"), Akuboy ( Aout 2013) ; UAC 92 *Boaedon olivaceus* Rubitele (N02°18'26" - E025°01'02"), UAC 99 (N02°19'35" - E024°58'09"), UAC 102 (N02°19'06" - E024°58'98") et UAC 104 (N02°18'96" - E024°58'95"), Akuboy ( Aout 2013) ; UAC 107 *Phyllothamnus carinatus* Rubitele (N02°19'35" - E024°58'19"), Akuboy (Aout 2013).

#### ○ LISTE DES SPECIMENS CAPTURES ET CONSERVES A L'UNIVERSITE D'ANTWERPEN (BELGIQUE)

UAC 16 *Pseudohaje goldii* Yoko (N00°13'49" - E25°19'07") et UAC 80 (N00°17'37" - E25°17'35"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 6 *Naja melanoleuca* Yoko (N00°17'42" - E25°17'13"), UAC 34 (N00°15'57" - E25°18'12"), UAC 43 (N00°13'41" - E25°18'49"), UAC 47 (N00°17'53" - E25°16'47"), UAC 70 (N00°14'18" - E25°19'17") et UAC 75 (N00°14'10" -

E25°19'13"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 14 *Afrotyphlops lineolatus* Yoko (N00°17'15" - E25°17'25"), UAC 46 (N00°16'16" - E25°17'58"), UAC 58 (N00°19'30" - E25°15'24"), UAC 73 (N00°17'48" - E25°17'20"), UAC 74 (N00°17'08" - E25°17'28"), UAC 77 (N00°16'11" - E25°18'06") et UAC 82 (N00°17'38" - E25°17'22") ,Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 37 *Feylinia currori* Yoko (N00°15'46" - E25°17'59"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 1 *Bitis nasicornis* Yoko (N00°17'32" - E25°17'04"),UAC 2 (N00°17'30" - E25°17'00"),UAC 5 (N00°15'46" - E25°18'02" ), UAC 18 (N00°15'31" - E25°18'19"),UAC 19 (N00°16'10" - E25°18'06"),UAC 20 (N00°15'16" - E25°18'54"),UAC 25 (N00°15'46" - E25°17'16"),UAC 44 (N00°16'34" - E25°17'35"),UAC 63 (N00°19'00" - E25°15'42") et UAC 69 (N00°14'13" - E25°19'17"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 53 *Causus maculatus* Yoko (N00°13'46" - E25°15'47"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) , UAC 59 *Atheris squamigera* Yoko(N00°19'32" - E25°15'25") et UAC 60 (N00°19'24" - E25°15'24"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 11 *Bitis gabonica* Yoko (N00°15'48" - E25°17'53"), UAC 19 (N00°16'34" - E25°17'31") et UAC 54 (N00°19'22" - E25°15'06"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 66 *Natriciteres olivacea* Yoko (Non spécifier), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 35 *Calabaria reinhardtii* Yoko (N00°15'59" - E25°18'13"), UAC 49 (N00°14'01" - E25°15'58"), UAC 71 (N00°13'59" - E25°19'20"), UAC 78 (N00°17'35" - E25°17'50") et UAC 79 (N00°15'18" - E25°18'41"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 3 *Bothrophthalmus lineatus* Yoko (N00°16'00" - E25°17'26"), UAC 8 (N00°15'20" - E25°18'31") et UAC 24 (N00°17'56" - E25°15'27"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ;UAC 28 *Hapsidophrys smaragdina* Yoko(N00°17'55" - E25°15'31") et UAC 48 (N00°17'33" - E25°17'16"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 32 *Gonionotophis poensis* Yoko (N00°16'54" - E25°17'30") et UAC 61 (N00°19'22" - E25°15'19"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) , UAC 21 *Grayia ornata* Yoko (N00°18'16" - E25°16'23"), UAC 33 (N00°15'48" - E25°17'56") et UAC 72 (N00°14'04" - E25°19'12"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 51 *Dasypeltis fasciata* Yoko (N00°19'34" - E25°15'11"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 29 *Aparalactus modestus* Yoko (N00°16'03" - E25°18'14") et UAC 38 (N00°13'56" - E25°19'04") Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 68 *Thrasops jacksonii* Yoko (Non spécifier), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 7 *Boaedon olivaceus* Yoko (N00°16'43" - E25°17'31"), UAC 12 (N00°15'45" - E25°18'04"), UAC 39 (N00°13'06" - E25°18'58"), UAC 41 (N00°14'30" - E25°16'34") et UAC 52 (N00°19'30" - E25°15'09"), Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) ; UAC 17 *Phylothamnus carinatus* Yoko (N00°15'39" - E25°18'07"), UAC 26 (N00°17'25" - E25°17'21"), UAC 30 (N00°16'21" - E25°17'52"), UAC 40 (N00°15'18" - E25°18'47") et UAC 56 (N00°14'44" - E25°16'44") , Akuboy et Matthyssen (Juillet 2013) .

En rapport aux données de la littérature, nos résultats ne corroborent pas avec celui de [14 11] obtenu dans l'ouest de la République Démocratique du Congo dans le Parc de Mangrove (province de Congo Central) où en une sortie de deux semaines, les auteurs n'ont collecté que 14 espèces de serpents. Alors que dans notre étude, nous avons collecté 28 espèces réparties en sept familles. L'espèce *Boaedon olivaceus* est commune aux trois aires protégées inspectées. Cette différence en termes de biodiversité serait due au type de biotope. En outre, la durée du biomonitoring pourrait également justifier la différence observée.

#### 4 CONCLUSIONS

Le but de la présente étude était d'évaluer la diversité et la répartition des ophidiens dans trois aires protégées de la province Orientale en République Démocratique du Congo. A la fin de ce travail, nous avons montré que :

- Ces aires protégées regroupent 28 espèces d'ophidiens appartenant à sept familles différentes,
- La Reserve forestière de Yoko a une diversité supérieure que celle des autres aires protégées (indice de diversité de Shannon-Weiner élevé),
- L'indice de Simpson est de 0,810 pour le parc de Tshuapa Lomami Lualaba, de 0,918 pour la Reserve forestière de yoko et de 0,907 pour le domaine de chasse de Rubitele,
- L'équitabilité est de 0,970 pour le parc de Tshuapa Lomami Lualaba, de 0,917 pour la Reserve forestière de Yoko et de 0,944 pour le domaine de chasse de Rubitele. Ainsi donc, statistiquement toutes ces valeurs tendent vers 1 et les espèces sont équitablement réparties dans les trois aires protégées inspectées.
- En terme d'abondance, l'espèce *Bitis nasicornis* domine (12,09% des effectifs), suivi de l'espèce *Boaedon olivaceus* (10,99%) et des espèces *Afrotyphlops lineolatus* (9,89%), *Naja melanoleuca*, *Calabaria reinhardtii* et *Phylothamnus carinatus* (6 ,59% chacune).
- La Reserve forestière de Yoko présente une richesse spécifique élevée que le Domaine de chasse de Rubitele et le Parc de Tshuapa Lomami Lualaba.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Institut Royale des Sciences Naturelles (IRSN), Belgique pour l'assistance technique et financière. Ils remercient aussi les Docteurs Zoltan Tamas Nagy et Erick Verheyen (IRSN, Belgique) ainsi que Mademoiselle Steffi Matthyssen (Université d'Anvers, Belgique) pour leurs conseils, orientations et assistance. Enfin, les auteurs expriment leur profonde gratitude aux responsables du projet VLIR-UOS pour leur soutien en vue de la capture des ophidiens dans le domaine de chasse de Rubitele et au parc de Tshuapa Lomami Lualaba.

## REFERENCES

- [1] J. Kate, J.P. Chippaux, D.N. Clarke, W. Kunkel. Key to the Snakes genera of Western and Central Africa, 2012. <http://people.whitman.edu/~clarkedn/>.
- [2] S.L. Rodrigues Ana, T.M. Brooks, G.A.B. Da Fonseca, M. Hoffmann, J.D. Pilgrim, R.W. Waller, D.A. Fonseca, J.S. Chanson, W. Sechrest, S.N. Stuart, H. Resit, A.J. Andelman, M.I. Bakarr, L. Boitani, L.D.C. Fishpool, K.J. Gaston, P.A. Marquet, R.L. Pressey, M.E.J. Watts, J. Schipper, L.G. Underhill, Xie Yan. Gap species of terrestrial vertebrates. Vol. 54, no. 12, pp. 1092-1100, 2004.
- [3] M. Nuttal. A diurnal observation of small toothed palm civets *arctogalidia trivingata* mating in seima protection forest, Mondulakiri province, cambodia Vol. 271, pp. 143-243, 2012.
- [4] A.G. Bruner, R.E. Guillison, R.E. RICE, D.A. Fonseca. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity, Science, Vol. 291, pp. 125-127, 2001.
- [5] P. Uetz, J. Hallerman. The Reptile Database. <http://www.reptile-Database.org/>, 2014.
- [6] A. Dudu. Etude du peuplement d'insectivores et de rongeurs de la forêt ombrophile de basse altitude du Zaïre (Kisangani, MASAKO) Thèse de doctorat, U.I.A. Anvers, 171p, 1991.
- [7] I. Mukinzi. Biodiversité et écologie des Musaraignes (Soricomorpha, Mammalia) de Reserve forestière de Yoko et des milieux perturbés environnants (Kisangani R.D. Congo), Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 228p, 2014.
- [8] T. Gembu. Peuplement et dynamique alimentaire des Chiroptères frugivores (Mammalia) de la Reserve forestière de Yoko (Province Orientale, RD. Congo), Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 172p, 2012.
- [9] B.L. Lomba, M. Ndjele. Utilisation de la méthode du transect en vue de la phytodiversité dans la réserve de la Yoko (Ubundu, RD. Congo). Annales de la faculté des sciences, Université de Kisangani, pp. 35-46, 1998.
- [10] J.P. Chippaux. Les serpents d'Afrique occidentale et centrale. Edition IRD (Institut de Recherche pour le Développement), Paris, France, 329p, 2006.
- [11] J.A. Asimonyio, K. Kambale, E. Shutsha, G.N. Bongo, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.01, 2015.
- [12] J.A. Asimonyio, J.C. Ngabu, C.B. Lomba, C.M. Falanga, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de Iréserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 18, no. 2, pp. 241-251, 2015.
- [13] F.M. Masudi, A. Dudu, G. Katuala, J.A. Asimonyio, P.K. Museu, B.Z. Gbolo, K.N. Ngbolua, 2016. Biodiversité des rongeurs et Soricomorphes de champs de cultures mixtes de la région de Kisangani, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 14, no. 2, pp. 327-339, 2016.
- [14] Z.T. Nagy, C. Kusamba, M. Collet, V. Gvozdik. Notes on the herpetofauna of Western Bas-Congo, Democratic Republic of the Congo, Herpetology Notes, Vol. 6, pp. 413-419, 2013.

