

# INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 64 N. 1 December 2022



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.

## ***Editorial Advisory Board***

**K. Messaoudi**, Hochschule für Bankwirtschaft, Germany  
**Sundar Balasubramanian**, Medical University of South Carolina, USA  
**Ujwal Patil**, University of New Orleans, USA  
**Avdhoot Walunj**, National Institute of Technology Karnataka, India  
**Rehan Jamil**, Yunnan Normal University, China  
**Sankaranarayanan Seetharaman**, National University of Singapore, Singapore  
**Fairouz Benahmed**, University of Connecticut Health Center, USA  
**Achmad Choerudin, ST.,SE.,MM.**, Academy Technology of Adhi Unggul Bhirawa, Indonesia  
**Mohammad Ali Shariati**, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Iran  
**Md Ramim Tanver Rahman**, Jiangnan University, China  
**Rasha Khalil Al-Saad**, Veterinary Medicine College, Iraq  
**Neil L. Egloso**, Palompon Institute of Technology, Philippines  
**Sanjay Sharma**, Roorkee Engineering & Management Technology Institute, India  
**Ahmed Nabile Emam**, National Research Center (NRC), Egypt  
**Md. Arif Hossain Jewel**, Rural Development Academy, Bangladesh  
**N. Thangadurai**, Jayalakshmi Institute of Technology, India  
**Urmila Shrawankar**, G H Rasoni College of Engineering, India  
**Goutam Banerjee**, Visva-Bharati University, India  
**Santosh Kumar Mishra**, S. N. D. T. Women's University, India  
**Anupam Kumar**, Ashoka Institute of Technology & Management, India

## *Table of Contents*

|                                                                                                                                                                                                                                                                   |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Système de Gestion de déchets ménagers solides dans la commune de Masina à Kinshasa, RD Congo: Etat des Lieux et Perspectives                                                                                                                                     | 1-8   |
| <i><u>Kidiambuta Mikondo Arddy, Biey Makaly, Musibono Eyul'Anki Dieudonné, Nsimanda Ipey Camille, and Ingonda Bololo Soleil</u></i>                                                                                                                               |       |
| Schemata Theory and its Application in EFL Moroccan Classrooms                                                                                                                                                                                                    | 9-13  |
| <i><u>Ouafaa Belouiza and Abdessallam Khamouja</u></i>                                                                                                                                                                                                            |       |
| Évaluation de la volatilisation ammoniacale et de la transformation de l'azote uréique dans un Arénoferralsol et un Ferralsol de la RD Congo                                                                                                                      | 14-24 |
| <i><u>Jared MATABA MPONGATE and Christophe LUMPUNGU KABAMBA</u></i>                                                                                                                                                                                               |       |
| Etude comparative économico-structurale d'une poutre en treillis de type Warren et d'une poutre Vierendeel comme structure porteuse d'un pont de portée 30 mètres sur la rivière Kahira à Sake, Goma, dans le Nord Kivu en République Démocratique du Congo (RDC) | 25-32 |
| <i><u>Amadou MOUNDOM, Patient KUBUYA BINWA, Michel MBESSA, Cobler STEEVEN TAMENYA, François NGAPGUE, and Thomas TAMO TATIETSE</u></i>                                                                                                                             |       |
| Efficacité de la nutrition minérale sur les rendements et les teneurs en minéraux P, K, Ca, Mg et Zn des grains et la paille des repousses de riz ( <i>Oryza</i> sp) variété Nerica L 14 de bas-fond inondable en régime pluvial                                  | 33-43 |
| <i><u>Kouakou Olivier KONAN, Théodore Alla Kouadio, and N'Ganzoua Kouamé René</u></i>                                                                                                                                                                             |       |
| Mise au point d'un concasseur à noix palmistes pour les Paysans de Secteur de Loango/Kongo Central en République Démocratique du Congo, afin de pallier aux problèmes liés à la production quantitative des amandes palmistes                                     | 44-51 |
| <i><u>Bunga Ki-Mombo Noël</u></i>                                                                                                                                                                                                                                 |       |

## Système de Gestion de déchets ménagers solides dans la commune de Masina à Kinshasa, RD Congo: Etat des Lieux et Perspectives

### [ Solid household waste management system in the municipality of Masina in Kinshasa, DR Congo: Inventory and perspectives ]

*Kidiambuta Mikondo Arddy<sup>1</sup>, Biey Makaly<sup>1</sup>, Musibono Eyul'Anki Dieudonné<sup>1</sup>, Nsimanda Ipey Camille<sup>1</sup>, and Ingonda Bololo Soleil<sup>1-2</sup>*

<sup>1</sup>Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo

<sup>2</sup>Département des Sciences de l'environnement, Faculté de sciences, Université de Mbandaka, BP.10, Mbandaka, RD Congo

Copyright © 2022 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 the commune of Masina, as elsewhere in the democratic republic of Congo, the sector of rudology or the systematic study of waste has so far been little or badly known. Thus, technical studies and scientific research must be carried out to better understand this sector and spare the populations from various consequences linked to poor waste management. It is in this logic that is located this study which consists in making an inventory of fixtures on the management of the municipal waste with a view to possible improvement. At the end of the investigations, it appears overall that the solid household waste management system set up in the municipality of Masina is anti-ecological. This is explained by the combination of several variables, in particular:

- the absence of a real policy of ecological development of the territory, of good governance and of environmental education/responsibilization of the population;
- the ignorance and ecological incompetence of the municipal authorities (77%), the team in charge of waste collection (100%) and the inhabitants of the municipality of Masina (71,4%);
- a multifaceted poverty (moral and materiel) and a negligence of the residents which lead them to live in insalubrity;
- the use of unsuitable and non-ecological solid waste management methods and techniques (39%).

Therefore, it seems urgent that producers of waste and decision-makers question themselves and make amends in order to assume themselves differently as consumer-pays and polluter-pays.

**KEYWORDS:** solid household waste, waste management, rudology, ecological ignorance, ecological culture.

**RESUME:** Dans la commune de Masina, comme ailleurs en République démocratique du Congo, le secteur de la rudologie ou de l'étude systémique des déchets est jusqu'ici peu ou mal connu. Ainsi, des études techniques et des recherches scientifiques doivent être effectuées pour mieux connaître ce secteur et épargner les populations de diverses conséquences liées à une mauvaise gestion des déchets. C'est dans cette logique que se situe cette étude qui consiste à faire un état des lieux sur la gestion des déchets municipaux en vue d'amélioration éventuelle. Au terme des investigations, il ressort globalement que le système de gestion de déchets ménagers solides mis en place dans la commune de Masina est anti-écologique; cela s'explique par la combinaison de plusieurs variables, notamment:

- l'absence d'une véritable politique d'aménagement écologique du territoire, d'une bonne gouvernance et d'une éducation relative à l'environnement, de sensibilisation/responsabilisation de la population;
- l'ignorance et l'incompétence écologique des autorités municipales de Masina (77%), de l'équipe chargée de la collecte (100%) et des habitants de Masina (71,4%);

- une pauvreté multiforme (morale, humaine et matérielle), et une négligence des résidents qui les amènent à polluer le milieu et d'y vivre dans l'insalubrité;  
- un recours à des modes et techniques de gestion de déchets ménagers solides non écologique (39%).  
Dès lors, il apparaît urgent que les producteurs des déchets et les décideurs se remettent en question et s'amendent en vue de s'assumer autrement en tant que consommateur-payeur et pollueur-payeur.

**MOTS-CLEFS:** déchets ménagers solides, gestion de déchets, rudologie, ignorance écologique, culture écologique.

## **1 INTRODUCTION**

Au seuil du troisième millénaire, l'humanité entière devrait intérioriser le fait qu'une révolution tranquille engagée dans les années 1990 a mis progressivement la rationalité écologique au premier rang des préoccupations de la politique économique. Dans ce contexte, l'homme doit savoir qu'il existe un lien fondamental étroit qui peut d'ailleurs être positif entre le développement et l'environnement » [1]. Par ailleurs, l'on doit aussi intérioriser le fait que le développement et l'économie dépendent entre autres de la qualité de l'Environnement où se réalisent des processus écologiques. Cependant, ce n'est pas encore globalement le cas pour tous les hommes. Aujourd'hui, la dégradation de l'environnement est l'une des plus grandes préoccupations de l'humanité, dans sa quête de l'amélioration de la qualité de la vie sur la planète Terre. Dans cette optique, l'assainissement reste un enjeu sociétal majeur du développement durable. Ainsi, il faut promouvoir les valeurs humaines des peuples, pour que les générations actuelles et futures aient le droit de vivre dignement, dans un cadre de vie décent, acceptable par tous. C'est dans ce contexte que l'écologiste [2] s'est posé la question suivante: « quelle terre laissons-nous à nos enfants ? ». Le constat et les inquiétudes de l'écologiste précité sont réels et méritent une attention particulière, dans toutes les réflexions écologiques, sociologiques, etc., dans le domaine environnemental. En République Démocratique du Congo, la mégestion de déchets fait des écosystèmes urbains de véritables cupudosphères, c'est-à-dire des espaces caractérisés par la médiocrité de l'homme, le manque de sens social, la cupidité. En effet, à Kinshasa en général, et dans la Commune de Masina qui intéresse cette réflexion, l'environnement biophysique et humain se dégrade de plus en plus, sous les effets conjugués notamment des décharges brutes. Ce phénomène se remarque aussi dans bon nombre de villes de pays en voie de développement. Cette présence a comme principales causes: la méconnaissance de la valeur potentielle de déchets et la mauvaise gestion des déchets ménagers solides, sous-tendues entre autres par le manque de considération de différentes valeurs potentielles de ce que la population qualifie absurdement de « déchets ». À Kinshasa en général et dans la Commune de Masina en particulier, à cause entre autres du manque de l'assainissement, du non respect du droit de l'environnement urbain, du droit à la ville, du manque de culture urbaine, voire de l'urbanité, l'on remarque que, la production des déchets ménagers solides et l'apparition de décharges brute ne font que s'amplifier. Des études menées dans le passé par [3], en République Démocratique du Congo, la production de déchets ménagers solides ne cesse d'augmenter. En 2012, 1,3 milliards de tonnes de déchets solides ménagers étaient générés par nos activités (près de 1,2 kg par personne et par jour). Avec la croissance démographique et l'urbanisation, la production de déchets devrait atteindre 2,2 milliards de tonnes d'ici 2025. Par ailleurs, nous signalons que, faute de moyens de transports adéquats, de techniques de valorisation et de manque de culture urbaine, les déchets produits dans la ville de Kinshasa n'ont pas de destination et ne font que s'accumuler pour occuper les espaces urbains. La Commune de Masina, l'une des communes de la Ville Province de Kinshasa, vit la même situation, caractérisée par la prolifération de décharges sauvages qui, en fait, constituent un danger pour l'environnement et la santé humaine. Très visibles dans son paysage, les déchets posent de sérieux problèmes d'espace, de beauté, de santé. Cependant, l'urgence de leur gestion et traitement n'est pas toujours perçue comme imminente. Leur mégestion devrait interpeller tout le monde sur les graves conséquences qui en découlent, en raison de leurs effets sur l'équilibre environnemental et la santé humaine. Malgré de nombreuses conséquences négatives (les inondations et les pollutions, berceaux de naissance de vecteurs de maladies), il est vrai que dans la Commune de Masina, les déchets ménagers solides présentent beaucoup d'autres intérêts, eu égard aux différentes filières de leur valorisation. L'on peut notamment citer la fabrication d'autres biens comme les pavés, du biogaz, du plastisol, de l'engrais naturel. En fait, malgré les difficultés que connaissent les différentes filières, les questions touchant la gestion et traitement de déchets urbains doivent revêtir une grande importance vis-à-vis de la population, considérée comme productrice de ces déchets.

Ce qui précède, nous soulignons que, le « déchet n'est réellement déchet que lorsqu'aucune mesure de sa valorisation ou de son recyclage ne lui est possible et donc, il ne lui reste que d'atterrir dans une décharge ultime ». Cet état de choses est lié à l'ignorance sinon au non vulgarisation de multiples possibilités de traitement de déchets ménagers solides (réemploi, recyclage, valorisation) qui existent. Parmi les difficultés qui entravent le développement de la commune de Masina, figure entre autres la mauvaise gestion de déchets ménagers solides. Les autorités provinciales et communales rencontrent

d'énormes difficultés dans la gestion, et aucun bourgmestre n'a gagné la bataille de déchets ménagers solides qui reste l'un des points clés de la gestion communale. L'urbanisation non contrôlée due à une évolution rapide de la population, sans adaptation conséquente des infrastructures, entraîne de nombreux dépôts sauvages, difficiles à maîtriser. A cela s'ajoute entre autres, le faible taux de collecte des déchets ménagers solides, à cause notamment de maigres revenus de la population. Ceci renforce l'insalubrité. Tous ces méfaits contribuent à la destruction du tissu urbain, dans sa nature et son développement. Dans ces conditions, le sens et la pratique de l'assainissement, dans la gestion de l'environnement urbain sont mis à rude épreuve et se trouvent tous dissouts dans des banalités tant déplorées dans la nouvelle urbanité, qui se met en place dans nos espaces urbains [4]. Cette situation permet de considérer que l'environnement urbain de Kinshasa est très saturé en décharges publiques non contrôlées. C'est dans une impunité totale que les Kinois ont pris la vilaine habitude de déverser des immondices le long des rues. L'anomie, dans le mode de vie de la population de la Commune de Masina est préjudiciable pour son environnement et a occasionné des impasses dans la protection, la préservation et la conservation de l'environnement urbain. La présente étude se situe dans le cadre de la gestion éco logico-économique et sociale de l'environnement, un impératif pour le développement durable. En effet, qui dit gestion de l'environnement dit l'intervention réfléchie de l'homme, créé « écologues-économus », principal acteur de la gestion précitée laquelle doit être mûrie, voulue, souhaitée, élaborée, en vue d'être pratiquée dans le respect des principes: « exploiter sans détruire », « conserver pour développer ». Mais cela nécessite, d'abord « connaître et comprendre l'environnement », d'où l'intérêt de l'éducation mésologique ou l'éducation relative à l'environnement, qui doit faciliter l'assimilation de l'information régulatrice, qui peut permettre à l'homme de s'insérer et non s'imposer dans l'environnement.

Cette réflexion, démontre, qu'à cause du manque de l'assainissement, les décharges brutes, dans leurs diverses manifestations, sont d'autres causes destructives de l'environnement de la Commune de Masina. Comme, la mégestion de déchets ménagers solides y est plausible, alors que la gestion de déchets devrait aussi avoir toutes les chances d'être prise en compte comme l'éclairage, l'eau, les transports.

## 2 MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Présentation de la commune de Masina

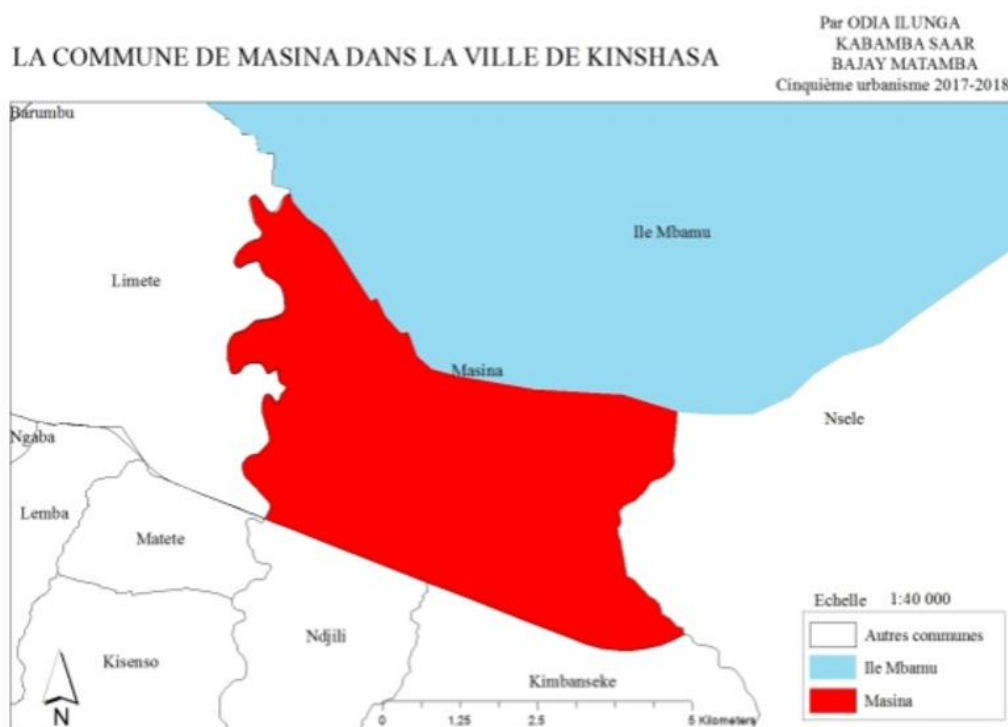


Fig. 1. Géolocalisation de la commune de Masina

## **2.1 MILIEU**

La Commune de Masina compte 21 quartiers, répartis en trois pools, avec une population de 706.653 habitants et une superficie de 67.70 km<sup>2</sup>. Elle est limitée:

- au Nord, par le fleuve Congo (frontière avec la république du Congo jusqu'à son intercession avec la rivière Tshwenge;
- sa partie Est, est couverte d'une zone verte le long du fleuve Congo où le sol est très humide et marécageux. Le climat de cette partie correspond à celui de la ville province de Kinshasa. Il s'agit d'un climat tropical humide de type AW4, d'après la classification de Koppen. Ce climat est caractérisé par l'alternance de deux saisons: une longue saison de pluies qui s'étend de mi-septembre à mi-mai, intercalée d'une petite saison sèche entre janvier et février, une saison sèche qui s'étend de mi-mai à mi-septembre;
- au Sud, l'axe du boulevard Lumumba compris la rivière N'djili et la rivière Tshwenge;
- à l'Ouest, par la rivière N'djili jusqu'à son embouchure avec le fleuve Congo

Le sol de la commune de Masina est caractérisé dans sa quasi-totalité, par des sols argileux, avec par endroits des structures argilo-sablonneuses appartenant à la classe des sols ferralitiques, acides et lessivés de la classification française [5]. Mais la grande bande verte qui longe le fleuve Congo est humide et marécageux durant toute l'année, ce qui, du reste favorise les cultures vivrières.

## **2.2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**

Les matériels utilisés pour la recherche étaient constitués des parcelles et des sujets habitant la commune de Masina ainsi que des agents communaux chargés de la collecte de déchets municipaux. Les fiches d'enquête préétablies ont été utilisées comme outil pour la collecte des données sur le terrain. Les données ont été traitées par ordinateur à l'aide des logiciels: Microsoft Word, Excel, et SPSS. Pour réaliser cette étude, il a été fait recours à l'observation adaptée à l'objectif recherché. L'observation directe (intensive et extensive) et indirecte ont permis de se rendre compte de mode de gestion de déchets managers solides, de leur traitement, de leur impact sur l'environnement et la santé des populations ainsi que l'attitude de ces dernières. L'échantillon a été tiré de l'effectif total de parcelles de la Commune de Masina, estimé à 96.522, et de 23 agents chargés de la collecte de déchets municipaux. 10%, soit 965 parcelles ont été considéré. L'unité d'enquête était la parcelle et l'unité de sondage, le ménage. Un seul ménage par parcelle était interrogé. Le pas de sondage ou intervalle était calculé en divisant 96.522 parcelles par 965, soit 100.

## **3 RÉSULTATS ET DISCUSSION**

Les résultats obtenus ont été présentés sous forme des tableaux suivants:

**Tableau 1. Répartition des sujets enquêtés selon le sexe**

| <b>Sexe</b> | <b>fo</b> | <b>%</b> |
|-------------|-----------|----------|
| Féminin     | 613       | 63,5     |
| Masculin    | 352       | 36,4     |
| Total       | 965       | 100      |

Source: enquête de terrain, 2019.

Selon les résultats du tableau 1, 63,5% d'enquêtés sont de sexe féminin contre 36,4% du sexe masculin. Cet état de choses s'explique par le fait que les femmes kinoises en général, et celles de la commune de Masina en particulier sont des ménagères alors qu'il est rare de trouver les hommes la journée au moment de l'enquête dans leur foyer. Ces derniers sont à la recherche du pain quotidien. Selon [6], les femmes constituent le symbole social de propreté, elles sont particulièrement motivées et jouent un rôle de premier plan dans l'innovation des pratiques d'assainissement.

**Tableau 2. Répartition des sujets enquêtés selon le niveau d'études**

| Niveau d'études   | fo  | %   |
|-------------------|-----|-----|
| N'ont pas étudiés | 67  | 7   |
| Primaire          | 336 | 35  |
| Secondaire        | 428 | 44  |
| Supérieur         | 134 | 14  |
| Total             | 965 | 100 |

Source: enquête de terrain, 2019.

Il ressort du tableau 2 que la majeure partie (44%) des sujets enquêtés est du niveau d'étude secondaire, 35% du niveau primaire, 14% ont accédé aux études supérieures, et 7% n'ont jamais fréquenté l'école. Il sied de remarquer qu'avec ce niveau d'instruction (secondaire et universitaire), les sujets enquêtés devaient être capables d'appréhender les problèmes de gestion de déchets ménagers solides. Sachant que le niveau d'instruction est un indicateur important dans l'analyse des solutions appropriées à proposer, nous estimons que les sujets enquêtés peuvent maîtriser les notions de l'environnement, sinon celles de la gestion de déchets ménagers solides. Curieusement, la situation sur le terrain est paradoxale, la gestion de déchets ménagers solides est calamiteuse. D'où, des séances de formation et de sensibilisation en matière de gestion des déchets à leur intention sont indispensables. La grande taille de ménages veut dire qu'il existe déjà un indice de surpeuplement, qui exerce une grande pression sur l'espace, avec comme conséquence l'augmentation de déchets et un mauvais comportement dans les ménages. À ce sujet, [7], dans son livre « Zéro déchet », conseille de limiter la taille de ménage pour réduire simplement la production des déchets,

**Tableau 3. Répartition des sujets enquêtés selon les revenus mensuels**

| Revenus mensuels | fo  | %    |
|------------------|-----|------|
| ≤100\$           | 630 | 65,2 |
| 100à150\$        | 235 | 24,3 |
| 150\$ et plus    | 100 | 10,3 |
| Total            | 965 | 100  |

Source: enquête de terrain, 2019.

Selon les résultats du tableau 3, les analyses ont pris en compte le revenu mensuel des producteurs de déchets ménagers solides et font état d'une population à faible revenu dont 65,2% ont moins de 100\$ US par mois et sans emplois stables, incapables de joindre les bouts du mois et de payer une somme de 5\$ US pour la taxe relative à la gestion de leurs déchets ménagers solides, 24,3% avec un revenu mensuel de 100 à 150\$, par contre, 10,3% seulement des sujets enquêtés ont un revenu mensuel de 150\$. En d'autres termes, le revenu mensuel a une influence directe sur la gestion de déchets ménagers solides.

**Tableau 4. Quantité journalière de déchets ménagers solides produit par ménage**

| Quantité      | fo  | %   |
|---------------|-----|-----|
| Moins de 500g | 205 | 21  |
| 500g          | 280 | 29  |
| Plus de 500g  | 480 | 50  |
| Total         | 965 | 100 |

Source: enquête de terrain, 2019.

Selon les résultats du tableau 4, il est apparu que, 50% de ménages produisent plus de 500g de déchets par jour. Cet état de choses est dû, notamment à la taille de ménages. Car, plus la taille de ménage est grande, plus la quantité de déchets produits augmente [3]. La croissance démographique galopante et spatiale est responsable de l'insalubrité très criante dans les quartiers de la commune de Masina. Selon [7], aucune région au monde ne s'est développée et ne peut gérer les déchets d'une manière écologique avec un rythme d'accroissement aussi rapide.

**Tableau 5. Méconnaissance des lois par les collecteurs de déchets**

| Maîtrise de lois | fo | %   |
|------------------|----|-----|
| Oui              | 0  | 0   |
| Non              | 23 | 100 |
| Total            | 23 | 100 |

Source: enquête de terrain, 2019.

Les résultats du tableau 5 montrent que tous les agents de service de collecte des déchets urbains de la Commune de Masina méconnaissent les lois en matière de gestion de déchets urbains solides, alors que la plupart d'entre eux exercent ce métier depuis plus de 5ans. Cet état de choses s'explique entre autres, par la mauvaise sélection opérée lors du recrutement des agents de ce service d'une part, et la mauvaise perception des intellectuels de la Commune qui négligent, et refusent de travailler dans ce secteur. Cette ignorance s'explique par plusieurs facteurs qui sont interactifs, entre autres, l'absence de l'éducation relative à l'environnement, de la culture écologique, du caractère obsolète de certaines lois, de l'ignorance des lois de «R » (récupérer, réduire, réutiliser, réemployer). [8], la connaissance des lois par le service de collecte des déchets urbains est utile, dans la mesure où, les lois préviennent et protègent la santé de l'homme, la faune, la flore, les eaux, l'air, le sol, les écosystèmes, les sites et paysages de l'environnement en général contre les effets nocifs des déchets. A cet effet, elles visent: la mise en place d'un système de contrôle et de répression des infractions commises dans ce domaine.

**Tableau 6. Méconnaissance des lois par les autorités municipales**

| Connaissance des lois | fo | %    |
|-----------------------|----|------|
| Non                   | 5  | 71,4 |
| Oui                   | 2  | 28,5 |
| Total                 | 7  | 100  |

Source: enquête de terrain, 2019.

Il sied de dire que, 71,4% d'autorités municipales ignorent les lois sur la gestion de déchets solides contre 28,5% qui les maîtrisent. Ceci peut s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment l'absence de culture écologique.

**Tableau 7. Méconnaissance des lois par les chefs de ménages**

| Maîtrise des lois | fo  | %   |
|-------------------|-----|-----|
| Oui               | 225 | 23  |
| Non               | 740 | 77  |
| Total             | 965 | 100 |

Source: enquête de terrain, 2019.

Selon les résultats du tableau 7, 77% des chefs de ménages interrogés ne maîtrisent pas les lois en matière de gestion de déchets ménagers solides, contre 23% seulement. La connaissance des lois a une grande influence sur gestion de déchets ménagers solides. Cette ignorance de la population s'explique, par plusieurs qui sont interactifs, entre autres l'absence de l'éducation mésologique, de la culture écologique, du caractère obsolète de certaines lois, des lois de R...

**Tableau 8. Existence ou non de poubelles familiales**

| Existence | fo  | %   |
|-----------|-----|-----|
| Non       | 585 | 61  |
| Oui       | 380 | 39  |
| Total     | 965 | 100 |

Source: enquête de terrain, 2019.

Selon les résultats de ce tableau, 61% de ménages enquêtés n'ont pas de poubelles, contre 39% seulement. Les ménages en majorité conservent leurs déchets ménagers solides au coin de leurs parcelles ou les jettent directement dans la rue, voire

dans les rivières. La commune de Masina ne dispose pas encore un service de collecte de déchets porte-à-porte. L'absence de poubelles familiales peut se justifier par le manque d'espace dans les parcelles et pour éviter les odeurs nauséabondes. Cette situation constitue, au seuil du troisième millénaire, un défi à relever car, dans un circuit normal de collecte des déchets prédéfini, il doit exister un service de collecte de déchets ménagers solides triés à la source de production. C'est dans cette optique que [9], dans son livre « Les décharges d'ordures en Afrique », explicite le rôle que jouent les poubelles ménagères dans la pré-collecte, qui est l'ensemble des opérations par lesquelles les habitants d'une maison, d'un immeuble ou d'une cité, recueillent, rassemblent et stockent leurs déchets, puis les présentent à l'extérieur aux fins d'évacuation, avant que le service de collecte ne vienne. De ce qui précède, il y a lieu de signaler que, 49% de ménages enquêtés évacuent leurs poubelles une fois la semaine vers les dépôts sauvages, à cause notamment de l'ignorance et la négligence de l'ensemble de ménages, mais aussi la pauvreté; l'absence de personnel formé et qualifié en matière de gestion de déchets ménagers solides dans la commune, mais aussi l'insuffisance d'outil de travail; c'est la raison pour laquelle, la priorité de la réduction de déchets ménagers solides à la source, du recyclage, de la réutilisation et de la valorisation n'est pas d'application; seuls l'enfouissement, le rejet de déchets ménagers solides dans les ravins, suivis de l'incinération, sont les modes de gestion ou de traitement préférés par l'équipe chargée de la collecte et les ménages de la commune de Masina. Or, dans une étude réalisée au Canada [10], l'on a démontré que les déchets ménagers solides, même enfouis, engendrent des risques sanitaires associés à la libération de biogaz et de lixiviat, pouvant ainsi polluer la nappe phréatique.

**Tableau 9. Faisabilité de tri de déchets par les sujets enquêtés**

| Tri à la source | fo  | %   |
|-----------------|-----|-----|
| Oui             | 135 | 14  |
| Non             | 830 | 86  |
| Total           | 965 | 100 |

Source: enquête de terrain, 2019.

En ce qui concerne la faisabilité de tri de déchets ménagers solides dans la commune, il sied de faire remarquer que, 86% de ménages enquêtés ne font pas le tri de déchets ménagers solides avant de les jeter dans leurs poubelles ménagères. Cet état de choses s'explique, notamment par le fait que la population n'est pas formée, sensibilisée et informée en matière de gestion rationnelle des déchets et surtout, de la méconnaissance des lois relatives à l'environnement par le service de collecte des déchets urbains. Eu égard à ce qui précède, la population enquêtée se dit non satisfaite du travail abattu par le service de la collecte de déchets ménagers solides, et désiste au paiement de la taxe du pollueur-payeur. Cet état de choses est dû notamment au manque de civisme, de culture verte et de culture urbaine, non seulement de la population mais aussi des autorités. Pour une gestion durable, rationnelle et écologique de déchets ménagers solides, il est nécessaire que la population soit éduquée, informée, sensibilisée/responsabilisée sur les modes de traitement et/ou de gestion de déchets ménagers solides. La population doit participer ou prendre part au développement de sa Ville, en s'informant et exprimant ses opinions; c'est la participation démocratique. Cette participation est importante pour promouvoir la citoyenneté à travers la gestion des déchets [11].

#### 4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

1) Dans la commune de Masina, le très faible niveau d'efficacité du mode de gestion de déchets ménagers solides est source d'astreintes écologiques. Ceci s'explique, entre autres, par les faits suivants:

- La majorité (71,4%) des autorités municipales, l'équipe de la collecte (100%), y compris les chefs de ménages enquêtés (77%) ne connaissent pas les lois relatives à la gestion rationnelle de déchets ménagers solides;
- 39% de ménages enquêtés n'ont pas de poubelles; ils conservent leurs déchets ménagers solides au coin de la maison ou les jettent dans la rue ou dans les rivières;
- La plupart de ménages enquêtés (49%) évacuent leurs poubelles une fois par semaine vers les dépôts sauvages;
- L'absence de personnel formé et qualifié en matière de gestion de déchets ménagers solides dans la commune, mais aussi l'insuffisance d'outil de travail;
- La priorité de la réduction de déchets ménagers solides à la source, au recyclage, à la réutilisation et à la valorisation n'est pas d'application dans la commune; seuls l'enfouissement, le rejet de déchet ménager solide dans les ravins, suivis de l'incinération, sont les modes de gestion ou de traitement préférés par l'équipe chargée de la collecte et les ménages;
- 86% de ménages enquêtés ne font pas le tri de déchet ménager solide avant de les jeter dans leurs poubelles ménagères;
- L'absence de dépotoirs formels contrôlés, de centres de traitement de déchet ménager solide;

- L'inexistence de plan communal de gestion de déchets ménagers solides;
  - La méconnaissance des méfaits liés à la mauvaise gestion et au mauvais traitement de déchets ménagers solides sur la santé humaine par les sujets enquêtés
- 2) Le secteur des déchets ménagers solides est jusqu'ici peu ou mal connu dans la Commune de Masina; d'où, le très faible niveau de gestion. Ainsi, des études techniques et des recherches scientifiques doivent être effectuées pour mieux connaître ce secteur. Car la dégradation de l'environnement et ses conséquences sur la vie des citoyens génèrent des coûts extrêmement élevés et hors de portée des possibilités financières et techniques des municipalités.

Par ailleurs, pour une gestion rationnelle, efficace et écologique de déchets ménagers solides, l'étude propose:

- Un comportement éco-citoyen par des gestes simples et réfléchis qui préservent l'environnement.
- Aux autorités, à travers le ministère de l'environnement, le lancement d'activités de réformes politiques nécessaires à la mise en place de systèmes sélectifs de collecte des déchets urbains et l'installation de centres de traitement de ces derniers dans le respect des normes environnementales et sanitaires.
- A la communauté globale (autorités municipales, équipe de collecte, chefs de ménage, population congolaise), de savoir que le « déchet » peut acquérir une autre valeur, en le transformant en « utilité positive », qui lui donne une nouvelle valeur marchande.
- Le renforcement des capacités et des ressources des collectivités locales, en ce qui concerne la collecte, le transport et le traitement des déchets municipaux et la mise place des programmes de renforcement des capacités, grâce à des actions de formation, d'éducation environnementale et de sensibilisation/responsabilisation, sous forme de causeries et de meeting d'information, pour l'ensemble des acteurs.

## REFERENCES

- [1] Steer, Pas de visa pour les déchets: vers une solidarité Afrique/Europe en matière de l'environnement. Edition l'Harmattan, Paris, 1996, 222p.
- [2] Commoner, « quelle terre laisserons-nous à nos enfants » ? : Escience and survivable, éditions du Seuil, 1969, 207p.
- [3] Banque mondiale, Société financière internationale (IFC): rapport annuel-action durable, impact, innovation- l'engagement de la SFI, volume I, n°27028 du 30/06/2003, bilan de l'exercice, version française, 2003, 124p.
- [4] Ela, Quand l'État pénètre en brousse: les ripostes paysannes à la crise, éditions Karthala, Paris, 1990, 268p.
- [5] Soltner, les bases de la production végétale, Tome I, 14<sup>ème</sup> édition, collections Sciences et Techniques agricoles, 1986.
- [6] PNUD, Études rurales 2001/3-4 (n° 159-160), éditions de l'EHESS, 2001, p35-53.
- [7] Johnson, Zéro déchet, Novoprint SLK, Paris, 2013, 395p.
- [8] Ademe, La valorisation des emballages en France, collection données et références, Angers, 2001, 14p.
- [9] Cisse, Les décharges d'ordures en Afrique, édition Karthala et Aigu, Dakar, 2012, 329p.
- [10] Ecosomet, Rapport sur la gestion de l'environnement au Canada, Canada, 1995, 5p.
- [11] Crook et Ayee (2006), "Urban service partnerships, street-level bureaucrats' and environmental sanitation in Kumasi and Accra, Ghana: coping with organizational change in the public bureaucracy", development policy review, 51-73p.

## Schemata Theory and its Application in EFL Moroccan Classrooms

*Ouafaa Belouiza<sup>1</sup> and Abdessallam Khamouja<sup>2</sup>*

Ibn Tofail University, Faculty of Arts and Humanities, Morocco

---

Copyright © 2022 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:** Due to a variety of reasons, reading has always been a significant problem for the majority of Moroccan high school pupils. This skill reflects the various interactions and operations that the reader's eyes and brain engage in in order to understand what they read. Teachers continue to place more emphasis on teaching vocabulary, idioms, syntax, and sentence structure than on helping pupils develop their reading comprehension. Due to the traditional reading teaching, it is difficult for teachers to cultivate students' interest in reading (Yang, 2019). Teachers rarely take into account the importance of prior knowledge as one of the main issues with comprehension training at different competence levels. To make it more clear, Moroccan high school teachers do not provide their EFL readers with prior instructions or clear strategies to enable them to comprehend the reading material in the textbooks used. The paper highlights the importance of prior knowledge in teaching reading comprehension in order to come up with a successful classroom full of enjoyable and accurate comprehension. It is the role of the teacher to help their students become better readers by teaching them how to activate and use their prior knowledge.

**KEYWORDS:** Reading comprehension, Schemata theory, prior knowledge, EFL students.

### 1 INTRODUCTION

Reading is a complex process which educators, psychologists, and linguists are interested for decades. Due to the complexity of the reading process, a number of theorists have devoted their time to defining or developing reading models. Reading comprehension is the process of getting meaning from text. Therefore, the goal is to get a broad grasp of the text's contents rather than deducing meaning from single words or sentences (Woolley, 2011). It is very obvious that reading is considered as an important part English teaching and plays a dominant role among the four skills used in the learning of the English Language. For this reason, cultivating reading ability is viewed as the core content of English teaching; which means that, the role of English reading is considered as an important factor (Yang, 2019, p, 59).

It is very obvious that successful interaction between the reader and the text is required for reading comprehension. This interaction plays a very important role in comprehension. Accordingly, prior knowledge plays an important role in enhancing reading comprehension and plays a crucial role for EFL readers. More than this, the role of prior knowledge in the reading process can help explain why students succeed or fail to grasp text. The main idea behind schemata is that readers can make sense of visual information and grasp printed material by connecting it to their prior background knowledge (BK) and experience. In other words, schemata theory (ST) attempts to explain how people integrate the new information with the information they already have (Alderson, 2000).

There is no doubt that schemata theory has had a significant impact on reading comprehension, which is considered as an interactive process that necessitates the simultaneous performance of numerous mental operations.

According to Bernhardt (1991) and Brantmeier (2004), they pointed out that the activation of prior knowledge or schema is considered as one of these operations. Studies on the role of prior knowledge (e.g. Murray, 1980 and Anderson, 1994) have shown a significant impact on reading comprehension in a foreign language. these studies have made it clear that grasping the role of schema in the reading process provides profound insights into why pupils may fail or succeed in comprehending written content.

From the perspective of psycholinguistics, Goodman (1970: 260) provides one of the most popular definitions of reading, claiming that

*Reading is a selective process. It involves partial use of variable minimal language cues selected from perceptual input on the basis of the reader's expectations. As this partial information is processed, tentative decisions [or hypotheses] are made to be confirmed, rejected or refined as reading progresses.*

According to this definition, the main ideas and the most useful applications of the schema theory to reading comprehension training are essentially summed up. This is especially true when it comes to the characteristics of proficient or fluent readers, the complexities involved in the extremely complicated act of reading, and most importantly, the need of background knowledge in the formulation and retention of meaning before recall and retrieval (Khartite, 2021).

## **2 THE MODELS OF READING**

### **2.1 THE BOTTOM-UP READING MODEL**

The key to reading comprehension, according to this theory, is vocabulary. Every words in the text must be grasped by the reader if he or she is to fully comprehend the text's meaning. In addition, contrary to the arguments made by advocates of the psycholinguistic approach about the importance of prior knowledge, the bottom-up model assumes that word identification is crucial to any reading comprehension Gough (1985). According to Gough, reading comprehension necessitates both language understanding and decoding. Which mean that, success in both language comprehension and decoding is the only way to achieve successful reading comprehension. A lack of either capacity will lead to poor reading comprehension.

This model, according to Brown (1998), depicts reading as a process that begins with the learner's familiarity with letters, sounds, and words as well as how these words are put together to produce sentences. Because it moves from partial to complete information, this paradigm is known as a part-to-whole model. Early learners can benefit greatly from this technique in the classroom. It works well since the focus is on reading individual words and recognizing letters and their shapes. This model has numerous drawbacks since it ignores the reader's expectations, background, and attitudes when applied for higher levels. Moreover, it ignores context because it just promotes memory, not taking into account the situation (Baha, 2017).

### **2.2 THE TOP-DOWN READING MODEL**

In contrast to the previous reading model as a bottom-up model, the top-down model is about involving broad knowledge about the context to understand the decoded form of the text. In this model, too much stress is on meaning rather than structure. Reading, according to this model, is a process in which readers continuously hypothesize and analyze reading materials from a macro viewpoint, as well as actively think about and develop the meaning of the text. What is more is that, this model puts much emphasis on readers' prior experience and cultural background knowledge, while ignoring even the most basic grasp of the English language, as if we were constructing a castle in the sky. The entire structure will collapse if the foundations are not robust (Yang, 2019, p.61). what can be added about this model is that it " *suggests that readers begin to read by drawing on what they know about the structure and the meaningfulness of language, the structure of stories and other genres and their knowledge of the world to predict the general meaning and specific words in the text*" (Brown, 1998, p.9).

### **2.3 THE INTERACTION READING MODEL**

The interactive reading process illustrates the connection of bottom-up and top-down models via the reading process. This leads us to say that the interactive process depends on both graphic symbols and textual information. In other words, there is a kind of correlation between surface structure (bottom-up reading process) and deep structure (top-down reading process) to build meaning. In the same truck, Carrell and Eisterhold view the processes included in the interactive model in which both processes (bottom-up and top-down) happen simultaneously.

*The data that are needed to instantiate, or fill out, the schemata become available through bottom-up processing; top-down processing facilitates their assimilation if they are anticipated by or consistent with the listener/ reader's conceptual expectations. Bottom-up processing ensures that the listeners/readers will be sensitive to information that is novel or that does not fit their ongoing hypotheses about the content or structure of the text; top-down processing helps the listeners/readers to resolve ambiguities or to select between alternative possible interpretations of the incoming data.*

Carrell & Eisterhold, 1983, p. 557)

In a nutshell, reading comprehension is a complex process of matching printed letters to phonological sounds that have meanings. Some readers adopt the bottom-up view and others adopt the top-down approach in reading comprehension. In other words, reading is a matter of decoding graphic symbols to form meaning of the text or a matter of involving broad knowledge about the context to understand the decoded form of the text. However, both kinds of readers encounter different problems in reading and understanding. In this case, the major problems lie in the difficulties of grasping the meanings of vocabulary items.

### 3 SCHEMATA THEORY

Anderson describes (1984) describes schema as an "abstract knowledge structure" or the readers' existing concepts about the world that determine a framework in which the readers must fit whatever they grasp from the text. It means that the more the students have schemata, the more they are able to understand the reading text. According to Anderson (1984), "a schema is structured in the sense that it represents the relationship among its components parts" (Anderson & Pearson, 1984, p.259). According to McGee and Richgels in Moreillon, a schema is "a mental structure in which we store all the information we know about people, places, objects, or activities. If people have no schema for a particular topic, they begin that encounter with an immediate loss of comprehension" (Moreillon, 2007, p.20). Bartlett (1932) defined schema as "an active organization of past reactions of past experiences, which must always be supposed to be operational in any well-adapted organic response" (Bartlett, 1932, 201).

#### 3.1 TYPES OF SCHEMATA

There are three major types of schemata, namely, linguistics schemata, formal schemata, and content schemata (Carrell, 1988):

##### 3.1.1 LINGUISTICS SCHEMA

This type of schemata refers to the readers' existing linguistic knowledge about phonetics, grammar, vocabulary and expressions. Linguistic knowledge plays an important role in understanding a text. Without linguistic planning, it is impossible for the reader to decipher and understand the text. Therefore, the more language schemes are in the reader's mind, the faster the reader gets information and the better understanding the reader may grasp. To put it differently, a second language reader must be proficient in mastering certain linguistics knowledge to decode the text. Hence, accumulated linguistic information is essential for readers to have when they want to decode.

##### 3.1.2 FORMAL SCHEMATA

It refers to "background knowledge about of the formal, rhetorical organizational structure of different types of texts" (Carrell & Eisterhold, 1983, p560). It is the knowledge of various types of text and their structural organization of each, language structures, vocabulary, grammar, etc. Argumentation, presentation, description and narration are general types that are explained in writing books for students but the fact is that reading materials that they happen are from different subcategories under these four, as newspaper reports, poems, short stories, etc. Their specific properties act as a necessary part of the whole. To get to know them, readers find it easier to understand the entire reading material as it can help deepen their understanding; Otherwise it becomes a hindrance (Zhao & Zhu, 2012, p113).

##### 3.1.3 CONTENT SCHEMATA

Reading comprehension is influenced by content schema, which relates to a reader's world knowledge. This type of schema is considered as an influential factor for second language readers. To explain more, readers utilize the content schema to decipher the text by guessing or predicting the meaning while selecting words, information; and to an extent, this type of schema aids comprehension by compensating for the lack of information, and to some extent, this type of schema aids comprehension by compensating for the lack of linguistic schema among readers. Carrell (1983) describes content schema "as the background knowledge of the content area of the text that a readers bring to a text" (Carrell, 1983, p.83). It's assumed that L2 readers who have or are provided relevant prior information about a text. It is assumed that L2 readers who have or are provided appropriate prior knowledge about a text will be more likely to grasp and recall the text's contents than those who have no or little background knowledge about the text.

Koh (1986) conducted study to demonstrate the impact of familiar context on student reading comprehension, which supports the idea that one's comprehension of a text is dependent on how much relevant prior knowledge the reader has about the subject

matter of that particular text. He went on to say that learners need to be made aware of what makes reading successful. To put it differently, they must use their content schemata to reconstruct meaning from the text rather than focusing on word-for-word deciphering, which is common in ESL reading materials.

#### **4 FUNCTIONS OF SCHEMATA**

Wilson and Anderson (1986) have recognized the various functions of schemata in the same way that they have identified the various categories of schemata. They suggest that schemata have six main functions, which seem to emphasize how important they are in reading comprehension. They argue that schemata, in particular, play an important role in

- Arranging the information, they provide
- Assisting the reader in determining the most significant components of a text (the maxim of relevance)
- Assisting the reader in making inferences to complete the meaning of the text (inferential elaboration)
- Allowing the reader to recall the necessary information through ordered memory searches
- Allowing the reader to create summaries of the important propositions.
- Assisting the reader in forming hypotheses in order to recall a text (inferential construction)

In the same vein, according to Rumelhart (1980), another key proponent of schema theory, schemata have four essential functions in the reading comprehension process. The first is perception and/or recognition, which means that humans prefer to recognize individual components only in the context of the whole, and that new information only makes sense when mapped against our previous knowledge systems. The comprehension function is the second function. The second function is about comprehension. That is, one may only be said to have understood a text or discourse if they have found a schemata configuration that accounts appropriately for every single bit of information in the reading text. The third function has to do with memory. It has been recognized, so that what we recall from a reading text is definitely linked to the schemata activated to bear during the reading and interpretation process. The fourth and final function is concerned with how our existing schemata facilitate the development and assimilation of new schemata (Rumelhart, 1980, p. 45).

#### **5 IMPLICATIONS AND APPLICATIONS OF SCHEMATA THEORY TO CLASSROOM READING INSTRUCTIONS**

In the teaching of reading, schema theory appears to have a variety of implications as well as applications, particularly when dealing with difficult reading texts or culturally bound materials in an ESL or EFL context. As has already been implied, *“some [EFL or ESL] students’ apparent reading problems may be problems of insufficient background knowledge”* (Carrell, 1988b, p.245) or a complete lack of suitable schemata for the reading at hand. As a result, it appears that, in the case of reading problems that are assumed to be topic-related, ‘narrow reading’ within the student’s area of knowledge or interest may help them improve their reading skill by providing them with adequate opportunity to learn relevant schemata that might make the reading material more accessible for the student (Carrell & Eisterhold, 1983, p.86). Similarly, when schema inadequacies are very culture-specific, it would be tremendously beneficial to replace them with less culturally loaded texts or texts based on the readers’ own experiences and cultural background (Carrell, 1988, p.85). On the other hand, it has been suggested that *“every culture-specific interference problem dealt with in the classroom presents an opportunity to build new culture-specific schemata that will be available to the EFL/ESL student outside the classroom”* (Carrell & Eisterhold, 1983, p.89).

It may be argued that rather than pre-teaching every item of knowledge or foreign or culturally loaded vocabulary in a reading text, it would be more appropriate to prepare students by *“helping them build background knowledge on the topic prior to reading, through appropriate pre-reading activities”* like previewing, pre-questioning of whole class discussion (Carrell, 1988b, p.245).

It is important noting that reading comprehension problems aren’t usually caused by schema deficits. The latter are sometimes available, but absence or non-comprehension occurs as a result of their non-activation during text processing. As a result, prior to any actual reading in their reading lessons, reading teachers must ensure that students’ relevant schemata are activated (Carrell, 1988a, p.105). Some of such readers may have sufficient prior knowledge, but because their schemata are inactive while reading, they misrepresent the meaning given in the text or simply fail to grasp the gist. Thus; the implication in Carrell’s terms remains to be that *“pre-reading activities must accomplish both goals: building new background knowledge as well as activating existing background knowledge”* (Carrell, 1988b, p.248).

When it comes to the role of prior instruction in reading comprehension, it appears that the facilitative effect of a variety of pre-reading exercises has been empirically supported, and as a result, they are extensively employed in both EFL and ESL reading classrooms. Pre-reading activities that include questioning, previewing, providing a graphical context, and/or employing the ‘brainstorming’ technique to find out what students bring to the reading text as prior knowledge are particularly useful and popular in the literature.

## 6 CONCLUSION

This article gives a brief overview of the schemata theory, which is exemplified by discussing certain aspects like linguistic, formal, and content schema, bottom-up and top-down reading processes, and the interactive reading process. The article also emphasizes how crucial schemata theory is for improving reading comprehension and for engaging pupils' prior knowledge to help them understand written materials. This implies that teachers must take into consideration the importance of prior knowledge in enhancing reading comprehension. It can be concluded that the role of Moroccan high school teachers is quite instrumental in improving EFL readers' reading skills. Their awareness of the importance of background knowledge will contribute to providing EFL learners with enough information to help them interact with the written texts more effectively and find the content more enjoyable.

## REFERENCES

- [1] Anderson, R. C. (1994). *Role of the reader's schema in comprehension, learning, and memory*. Newark, Delaware: International Reading Association.
- [2] Anderson, R.C., & Pearson, P.D. (1984). 'A Schema-Theoretic View of Basic Processes in Reading Comprehension.' In P.D. Pearson, R. Barr, M.L. Kamil, & P. Mosenthal (Eds.). *The Handbook of Reading Research* (pp. 255-292). New York: Longman.
- [3] Alderson, J. C. (2000). *Assessing reading*. Cambridge: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511732935.
- [4] Baha, D. O. (2017). *Reading models: A review of the current literature*. International Journal of English Literature and Social Sciences, 2 (3), 44–49. <https://doi.org/10.24001/ijels.2.3.6>
- [5] Bartlett, F. C. (1932). *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [6] Bernhardt, E.B. (1991). *Reading development in a second language: Theoretical, empirical and classroom perspectives*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- [7] Brantmeier, C. (2004). Gender, violent-oriented passage content and second language reading comprehension. *The Reading Matrix*, 4 (2), 1-19.
- [8] Brown, A. (1998) *A Practical Guide to Teaching Reading in the Early Years*. London: Paul Chapman Publishing Ltd. p. 9.
- [9] Carrell, P. L., & J. C. Eisterhold. (1983). *Schema Theory and ESL reading Pedagogy*. TESOL Quarterly, 19, 81-92.
- [10] Carrell, P.L. and Eisterhold, J.C. (1988). *Schema Theory and ESL Reading Pedagogy*. Reprinted in Carrell et al. *Interactive Approaches to Second Language Reading* (1988).
- [11] Carrell, P. L., Devine, J. & Eskey, D. E. (eds). 1988. *Interactive Approaches to Second Language Reading*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [12] Gough, P. B., & Tunmer, W. E. (1986). *Decoding, reading, and reading disability*. Remedial and Special Education, 7 (1), 6-10. Available at: <https://doi.org/10.1177/074193258600700104>.
- [13] Jukil, A. (2018). The role of EFL teachers and students in activating ell's' background knowledge to increase comprehension. *Polytechnic Journal*, 8 (2), 1–20. <https://doi.org/10.25156/ptj.2018.8.2.70>.
- [14] Khartite, B. (2021). *Implications of Schema Theory on Teaching EFL and ESL Reading comprehension: The Role of Pre-Reading Activities: The Case of ENSAM Meknes*. International Journal of Linguistics and Translation Studies, 2 (4), 75–90. <https://doi.org/10.36892/ijlts.v2i4.173>
- [15] Koh, M.Y. (1986). *The role of prior knowledge in reading comprehension*. Reading in a Foreign Language, 3, 375-380.
- [16] Moreillon, J. 2007. Collaborative Strategies for Teaching Reading Comprehension. Chicago: American Library Association.
- [17] Rumelhart, D. E. (1980). *Schemata: the building blocks of cognition*. In R. J. Spiro, B. C. Bruce, & W. F. Brewer (eds), *Theoretical Issues in Reading Comprehension*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associations. pp. 77-85.
- [18] Woolley, G. 2011. *Reading Comprehension: Assisting Children with Learning Difficulties*. DOI 10.1007/978-94-007-1174-7\_2, © Springer Science. +Business Media B.V. 2011. <http://www.springer.com/978-94-007-1173-0>.
- [19] Xue, Y. (2019). *The Use of Schema Theory in the Teaching of Reading Comprehension*. International Journal of Liberal Arts and Social Science, 7 (4), 58-63.
- [20] Zhao, X & Zhu, L. (2012). *Schema Theory and College English Reading Teaching*. English Language Teaching, 5 (11). 111-117.

## Évaluation de la volatilisation ammoniacale et de la transformation de l'azote uréique dans un Arénoferralsol et un Ferralsol de la RD Congo

### [ Evaluation of ammoniacal volatilization and transformation of urea nitrogen in Arenoferralsol and Ferralsol from the DR Congo ]

*Jared MATABA MPONGATE and Christophe LUMPUNGU KABAMBA*

Département de Gestion des Ressources Naturelles, Université de Kinshasa, BP 117 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2022 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:** By this study, we evaluate, by incubation in the laboratory, the hydrolysis and the kinetics of mineralization of the urea used in Arenoferralsol and Ferralsol, as well as to appreciate, at the same time, the activity of microorganisms by the quantity of CO<sub>2</sub> released over 15 days.

In Arenoferralsol, the sharp rise in pH observed during the first 7 days of incubation denotes a strong hydrolysis of urea inhibiting the activity of microorganisms with, as a consequence, a low mineralization of nitrogen. The sharp rise in pH correlates with the massive volatilization of NH<sub>3</sub> recorded during this time span. Beyond the 7th day, the decrease in volatile NH<sub>3</sub> began, the resumption of microbial activity and the gradual increase in nitrification.

On the other hand, in Ferralsol, it was recorded, in the same space of time, a weak rise in pH indicating a weak release of NH<sub>3</sub>, but, at the same time also a weak microbial respiration and a weak transformation of urea nitrogen. The pH, although raised to an average of 5.5, nevertheless remained strongly acidic. The drop in pH observed from the 11th day of incubation did not, however, stimulate the formation of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and CO<sub>2</sub>, which still remained low. Thus, the NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N content experienced some increase. Hence, the conclusion that nitrification in this type of soil is very slow due to its high acidity.

Taking into account the results observed in the two soils, nitrification as well as volatilization seem to be more active in Arenoferralsol compared to Ferralsol. Because, the acid state of Ferralsol as well as the quality of the organic matter combine to inhibit nitrification by destroying microbial life, especially those responsible for nitrification while progressive nitrification is noticeable in Arenoferralsol.

**KEYWORDS:** Urea, Mineralization, Nitrification, Volatilization, Soil Respiration, Soils of Congo (DRC).

**RESUME:** Par cette étude, nous avons évalués, par incubation au laboratoire, l'hydrolyse et la cinétique de minéralisation de l'urée utilisée dans un Arénoferralsol et Ferralsol, ainsi qu'apprécier, par la même occasion, l'activité de microorganismes par la quantité de CO<sub>2</sub> libéré pendant 15 jours.

Dans l'Arénoferralsol, sableux (85,5%) à pH moyen de 5,38 et 6-17% d'argile, la forte montée de pH constatée les 7 premiers jours d'incubation dénote une forte hydrolyse de l'urée inhibant l'activité microbienne avec comme conséquence une faible minéralisation de l'azote. La forte montée du pH est en corrélation avec la massive volatilisation de NH<sub>3</sub> dans ce sol sableux. Au-delà du 7<sup>ème</sup> jour, s'amorçaient la diminution de NH<sub>3</sub> volatil, la reprise de l'activité microbienne et l'accroissement progressive de la nitrification.

Par contre, dans le Ferralsol, à pH ± 4,5 et 76-84% d'argile, il a été enregistré, à 7 jour d'incubation, une faible montée de pH indiquant une faible libération de NH<sub>3</sub> mais, en même temps aussi une faible respiration microbienne et une faible transformation de l'azote uréique. Le pH, quoique monté à une moyenne de 5,5 est, néanmoins, resté fortement acides, susceptible de neutraliser l'ammoniac. La chute du pH observée à partir du 11<sup>ème</sup> jour d'incubation n'a pourtant pas stimulé la formation de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N et CO<sub>2</sub> demeurant toujours faible. Ainsi, la teneur en NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N a connu une certaine augmentation.

Il découle de nos résultats que l'état acide du Ferralsol ainsi que la qualité de la matière organique se conjuguent pour inhiber la nitrification en détruisant la vie microbienne, surtout ceux responsables de la nitrification alors qu'une nitrification progressive est remarquée chez l'Arénoferralsol.

**MOTS-CLEFS:** Urée, Minéralisation, Nitrification, Volatilisation, Respiration du sol, Sols du Congo (RDC).

## 1 INTRODUCTION

Comme la majorité des sols tropicaux, ceux de la RD Congo sont aussi réputés peu fertiles à cause, notamment de leur réaction, en générale fortement acide ( $\leq 5$  en moyenne), pauvreté en matière organique et en éléments nutritifs due à la lixiviation accrue sous fortes pluies ([1]; [2]). Aussi, les rendements sont, généralement, faibles, à l'exemple de l'un des principales cultures vivrières du pays, le maïs, dont le rendement ne dépasse guère  $1\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  à la première saison [3] et baisse d'avantage à la deuxième saison.

Pour résoudre cette problématique de la fugacité de la fertilité de ces sols et accroître leur capacité de production, plusieurs pistes des solutions sont envisageables, dont l'utilisation des engrais chimiques. Parmi ceux-ci, l'urée, comme engrais azoté, est la plus utilisée, en raison de sa concentration élevée en azote (46% N), sa production importante au niveau mondiale ( $64004\text{Gg}\cdot\text{an}^{-1}$ ), sa large disponibilité sur le marché [4], sa facilité d'utilisation par les paysans et son assimilation rapide par la plante [5].

Nonobstant ces avantages, son application dans le sol se révèle, généralement, inefficace ([6], [7], [5], [1]) et demande l'observation des certaines précautions à cause d'énormes pertes en azote qu'elle peut subir sous formes gazeuses et par lixiviation. Les conséquences liées à ces pertes ont des impacts à deux niveaux, (1) économique (une perte financière non négligeable pour l'exploitant agricole) et (2) environnemental direct (émission de gaz azotés contribuant à l'augmentation de l'effet de serre et à la pollution des aquifères) ou indirect (coût énergétique de fabrication des engrais).

Ainsi, pour accroître les avantages et réduire les pertes de l'urée dans le sol, la maîtrise et l'évaluation régulière de la cinétique de la minéralisation de l'engrais sont indispensables. Dans la pratique, pour mieux cerner cette cinétique de la transformation de l'azote uréique et prédire le potentiel et la vitesse de son l'hydrolyse, plusieurs méthodes de laboratoires sont disponibles avec des sols perturbés et tamisés ([8], [9], [10], [11], [12]), mais aussi avec des sols non perturbés, in situ ([13], [7]).

Dans le cadre de ce travail, nous avons opté pour la méthode de [9] permettant d'étudier, concomitamment, l'hydrolyse par la quantification de l'azote ammoniacal volatilisé, le taux de nitrification ainsi que l'activité microbiologique par l'évaluation de  $\text{CO}_2$  libéré.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 MATÉRIEL

#### 2.1.1 SOLS ÉTUDIÉS

Deux sols de la République Démocratique du Congo ont fait l'objet de notre investigation, dont un Arénoferralsol de Kinshasa, prélevé sur le site « Mont-Amba », dans deux positions topographiques différentes, le plateau ( $04^{\circ}19'39,4''$  de latitude Sud et  $015^{\circ}18'17,7''$  de longitude Est, à 419 m d'altitude) et le bas-fond ( $04^{\circ}25'02,0''$  de latitude Sud et  $015^{\circ}18'15,6''$  de longitude Est, à 380 m d'altitude) à deux profondeurs, (1) 0-25 cm et (2) 25-50 cm), et un Ferralsol de Lubumbashi, prélevé au site de l'Institut Supérieur de Commerce (I.S.C./Lubumbashi) aux mêmes profondeurs (0-25 et 25-50cm), au point  $035^{\circ}55,2'18,7''$  de longitude Est et  $11^{\circ}61'55,3''$  de latitude Sud, à une altitude de 1259 m.

Les principales caractéristiques physico-chimiques de ces sols sont présentées dans le tableau 1 qui suit.

**Tableau 1.** *Caractéristiques physico-chimiques des sols*

| Analyses | Arénoferralsol de Kinshasa |                | Ferralsol de Lubumbashi |                |
|----------|----------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
|          | Sol Plateau                | Sol bas fond   | Profondeur 1            | Profondeur 2   |
| Texture  | Sable                      | Sable limoneux | Argilo Sableux          | Argilo Sableux |

| Profondeur        |          | 0 – 25 | 25 – 50 | 0 – 25 | 25 – 50 | 0 – 25 | 25 – 50 |
|-------------------|----------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| Granulo<br>métrie | % Sable  | 90.75  | 87.50   | 85.75  | 67      | 15     | 10      |
|                   | % Limon  | 3.70   | 2       | 2.50   | 16      | 9      | 6       |
|                   | % Argile | 5.55   | 10.5    | 11.75  | 17      | 84     | 76      |
| pH                |          | 5.52   | 5.80    | 4.91   | 5.31    | 4.47   | 4.56    |
| N total (%)       |          | 0.040  | 0.038   | 0.051  | 0.062   | 0.034  | 0.022   |
| C total (%)       |          | 0.60   | 0.56    | 0.68   | 0.88    | 0.79   | 0.72    |
| C/N               |          | 15     | 14.7    | 13,3   | 14,2    | 23.2   | 32.72   |

Partant de leurs caractéristiques physico-chimiques, l'Arénoferralsol de Kinshasa dévoile qu'il s'agit d'un sable fin de texture à prédominance sableuse (plus de 80% de sable) confirmant l'homogénéité du matériau parental constatée par [14] et [15]. Les teneurs en argile et en limon, dont les moyennes respectives sont de 11.2 et 6.05%, sont minimales dans les horizons superficiels comme l'a autant observé [16] dans le même sol au Plateau des Batéké (Mbankana, Mampu et Kinzono). Par contre, le Ferralsol de Lubumbashi est de texture argilo-sableuse comme l'a aussi observé [17]. Il est ocre-jaune dans la profondeur de 0 – 25 cm et rouge dans celle de 25 – 50 cm.

En ce qui concerne le pH, l'Arénoferralsol se classe dans la gamme des sols moyennement acide pour celui de plateau et fortement acides pour celui du bas-fond, alors que le Ferralsol de Lubumbashi se situe dans la gamme des sols très fortement acides, selon la gamme de l'Université de Lausanne.

Concernant la teneur en azote total, les deux sols en sont pauvres. On note une moyenne de 0.078% et 0.0565%, respectivement pour l'Arénoferralsol de Kinshasa du plateau et du bas fond et 0.0030% pour le Ferralsol de Lubumbashi. Le Carbone totale est tout aussi très bas, en moyenne 0.58% et 0.78%, respectivement pour l'Arénoferralsol de plateau et de bas-fond et 0.7%, pour le Ferralsol de Lubumbashi. Ces faibles teneurs en carbone total et en azote total se répercutent négativement sur la structure des sols et génèrent de nombreuses déficiences de production et de résistance aux facteurs de dégradation [18].

Au sujet du rapport C/N, l'Arénoferralsol de Kinshasa présente un rapport C/N faible (inférieure à 15) dénotant qu'il s'agit d'un sol ayant une matière organique bien décomposée tandis que le Ferralsol de Lubumbashi dévoile un rapport C/N élevé (supérieure à 25), qui indique qu'il s'agit d'un sol dont le processus de décomposition de la matière organique n'a pas encore atteint le point d'équilibre, certainement en raison de la très forte acidité, susceptible d'inhiber l'activité de microorganismes.

Les deux sols ont été séchés à l'air libre pendant deux semaines, broyés, puis passés au crible de mailles de 2mm de diamètre, selon la procédure de [19].

### 2.1.2 ENGRAIS UTILISÉ

L'urée, dont la teneur nominale en N est de 46%, a été utilisée pour apprécier son comportement dans nos sols étudiés. Pour chaque 30 g de sol, 1ml d'une solution d'urée (soit 0.46mg d'azote uréique) a été appliquée sur la surface du sol au début de l'incubation, mis à part le témoin.

## 2.2 MÉTHODES

Nous avons utilisé la méthode d'incubation en conditions de laboratoire mise au point par [9].

### 2.2.1 INCUBATION

La méthode d'incubation, au laboratoire, employée permettait de soustraire les échantillons du sol des influences des paramètres non contrôlables, en particulier, les apports par les pluies, la lixiviation et le prélèvement par la végétation. En pratique, deux pots en polyéthylène, contenant, l'un 30 g de sol et l'autre 15 ml de soude (NaOH) 0,1N (piège à CO<sub>2</sub>) ont été placés dans des bocaux hermétiques de 1,5 litre contenant 30ml d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 0,1N (piège à l'NH<sub>3</sub>). Il faut souligner que les 2 pots ont été placés au même niveau dans les bocaux contrairement au dispositif de [9] où le pot contenant le sol était suspendu dans le bocal.

## 2.2.2 MÉTHODES D'ANALYSE

### 2.2.2.1 Co<sub>2</sub>

Pour décélérer la quantité de CO<sub>2</sub> dégagée permettant d'apprécier l'activité biologique, la soude caustique (piège à CO<sub>2</sub>) était titrée par une solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 N en présence de phénophtaléine comme indicateur. Au préalable, nous avons titré une solution de soude caustique non contaminée, avec une solution d'acide sulfurique. Les quantités en volume d'acide sulfurique, obtenues par neutralisation de la base, étaient rapportées en quantité de gaz carbonique en faisant la différence avec la quantité d'acide nécessaire pour neutraliser la solution de soude caustique non contaminée. Les quantités en millilitres de gaz carbonique étaient converties en grammes en les multipliant par le facteur de conversion 8.8.

### 2.2.2.2 NH<sub>3</sub>

Pour chiffrer la quantité de NH<sub>3</sub> volatil dégagée du sol lors de l'incubation, nous avons titré 30 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1N (piège à NH<sub>3</sub>) par NaOH 0,05 N en utilisant toujours la phénophtaléine comme indicateur. Il s'agit d'un titrage en retour de l'excès d'acide sulfurique 0.1N avec la soude caustique 0.05N. Pour ce, nous avons d'abord titré une solution non contaminée d'acide sulfurique par une solution de soude caustique. Le nombre de moles d'acide n'ayant pas réagi avec l'ammoniac équivaut à celui de soude caustique nécessaire pour neutraliser l'acide. En faisant la différence entre le nombre de moles d'acide au départ et celui titré avec la soude, on trouve le nombre de moles d'acide ayant réagi avec l'ammoniac. Le nombre de moles neutralisés d'ammoniac est égal au double de celui de l'acide.

### 2.2.2.3 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N ET NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N

Les dosages de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N et NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N ont été réalisés, au spectrophotomètre à la longueur d'onde respective de 655 nm pour NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N (méthode Salicylate) et de 430nm pour NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N (Méthode de réduction de cadmium), après leur extraction au chlorure de potassium 2M. Le rapport de l'extractant/sol était de 10/1. Avant dosage, le mélange extractant-sol était agité pendant une heure (2500 tours/min), laissé décanter afin d'avoir un surnageant limpide, puis filtré sur papier Whatman n° 42. La forme nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) étant instable, passager et transitoire vers le nitrate, n'a pas été déterminée.

## 2.2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTALE

Le dispositif expérimental mis en place au laboratoire était destiné à suivre l'évolution de l'hydrolyse et de la transformation de l'urée en 15 jours, dans les espaces de temps de 0, 3, 7, 11 et 15 jours. Par manque des bocal, faute des répétitions, pour chaque traitement, 4 analyses ont été faites en vue de trouver une moyenne qui reflète au mieux les résultats présentés. Les différents traitements, au nombre de cinq (5) sont

T<sub>0</sub>: Sol n'ayant pas reçu l'urée, Témoin;

T<sub>1</sub>: trois jours après incubation;

T<sub>2</sub>: sept jours après incubation;

T<sub>3</sub>: onze jours après incubation, et

T<sub>4</sub>: quinze jours après incubation.

Ils concernaient les échantillons des sols ci-après

Ar P1: Arénoferralsol de plateau, profondeur 0-25 cm;

Ar P2: Arénoferralsol de plateau, profondeur 25-50 cm;

Ar B1: Arénoferralsol de bas-fond, profondeur 0-25 cm;

Ar B2: Arénoferralsol de bas-fond, profondeur 25-50 cm;

Fer 1: Ferralsol de Lubumbashi, profondeur 0-25 cm;

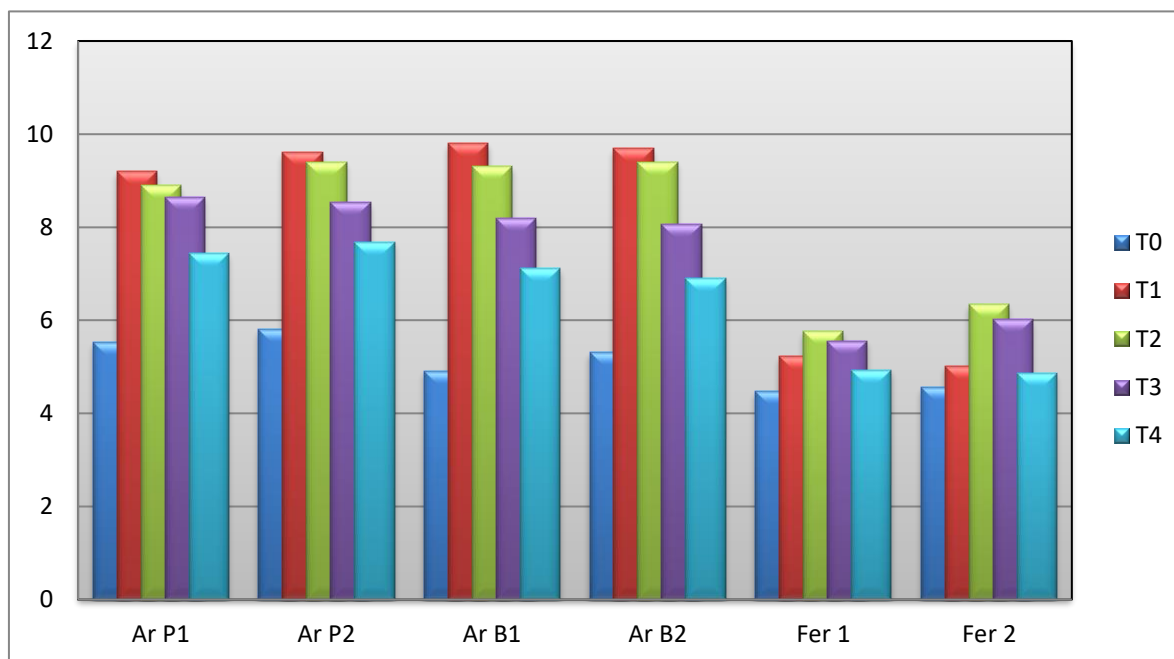
Fer 2; Ferralsol de Lubumbashi, profondeur 25-50 cm.

### 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Ici, nous présentons les résultats des analyses réalisées ainsi que leur discussion.

#### 3.1 EVOLUTION DU PH

Les résultats sur l'évolution du pH dans les 6 sols sont présentés dans la figure 1 ci-dessous.

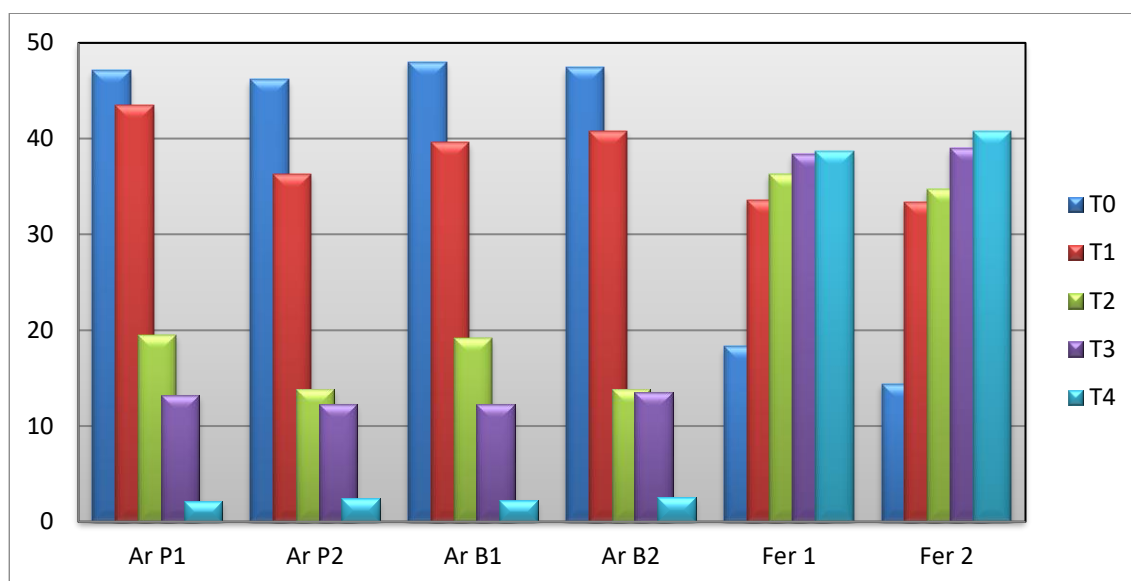


**Fig. 1. Evolution du pH dans les 6 sols analysés au fil du temps**

Avec un pH fortement acide (moyenne du sol de plateau et de bas-fond) au  $T_0$ , les échantillons de l'Arenoferralsol de Kinshasa ont vu leur pH augmenter soudainement, d'environ 4 unités, après 3 jours d'incubation ( $T_1$ ) dépassant même le seuil de 8.8 considéré comme valeur maximale par [20] et [21], ce qui dénote une forte hydrolyse de l'urée dans ces sols. Cependant, du 7<sup>ème</sup> au 11<sup>ème</sup> jour d'incubation, il a été enregistré une chute du pH indiquant un certain ralentissement et la fin, signifiant l'absence de l'hydrolyse de l'urée. La dite fin a été confirmée au 15<sup>ème</sup> jour d'incubation ( $T_4$ ) lorsque le sol a enregistré une chute du pH jusqu'à une moyenne de 7,30. Par contre, ayant un pH très fortement acide au temps  $T_0$ , les échantillons du Ferralsol de Lubumbashi n'ont enregistré qu'une faible augmentation de pH (moins d'une unité) du 3<sup>ème</sup> au 11<sup>ème</sup> jour d'incubation demeurant toujours dans la zone qualifiée de forte acidité qui dénote une faible hydrolyse de l'urée due à la neutralisation de  $NH_3$  produit. Au 15<sup>ème</sup> jour d'incubation, nous avons enregistré, dans les deux échantillons de Ferralsol de Lubumbashi, une baisse du pH indiquant un certain ralentissement et la fin, signifiant l'absence du processus d'hydrolyse de l'urée.

#### 3.2 EVALUATION DE LA RESPIRATION DU SOL

Les résultats de la respiration du sol, qui représentent l'activité microbiologique par la libération du  $CO_2$ , sont présentés dans la figure n°2, ci-dessous.



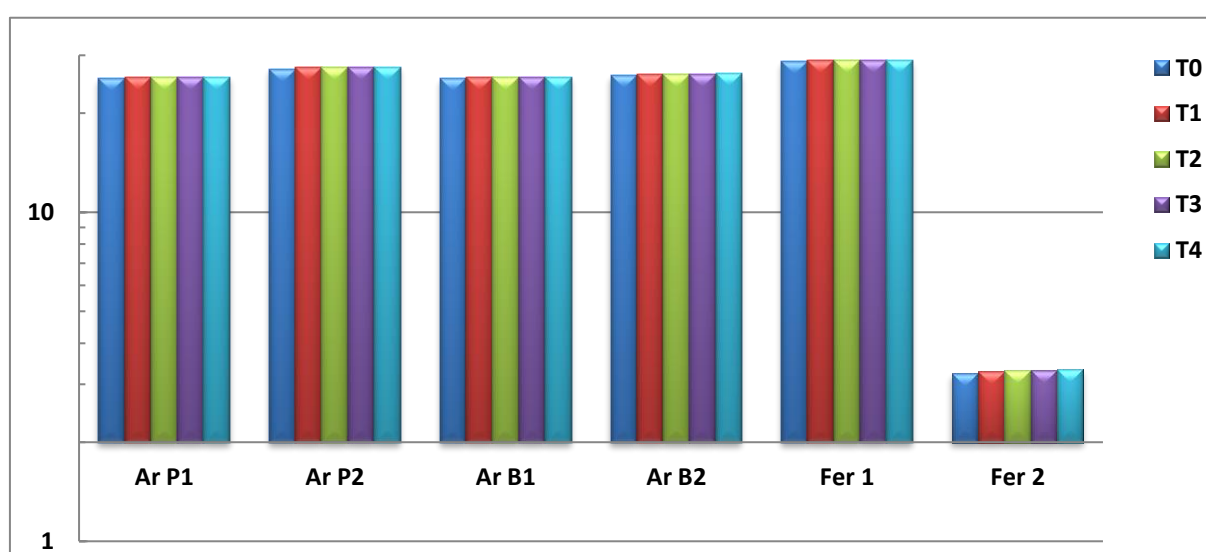
**Fig. 2. Evaluation de la libération du CO<sub>2</sub> dans les sols étudiés**

Dans les échantillons de l'Arénoferralsol de Kinshasa, la respiration du sol présente une même évolution. En effet, du 3<sup>ème</sup> (T<sub>1</sub>) au 15<sup>ème</sup> (T<sub>4</sub>) jour d'incubation (T<sub>4</sub>), il a été constaté un écroulement progressif de la quantité du CO<sub>2</sub> dégagé du sol jusqu'à un niveau très faible ( $\leq 2.5$ mg de CO<sub>2</sub>/30gr du sol), ce qui signifie l'inhibition progressive de l'activité microbienne due à l'hydrolyse de l'urée produisant l'ammoniac. La chute progressive du pH enregistrée dans ces sols allant du T<sub>1</sub> à T<sub>4</sub> corrobore cette hypothèse.

Par contre, dans les 2 échantillons du Ferralsol de Lubumbashi, nous avons enregistré une montée progressive des quantités de CO<sub>2</sub> dégagé du sol du 3<sup>ème</sup> au 15<sup>ème</sup> jour d'incubation qui dévoile une montée ou réactivation des microorganismes au fil du temps mais peut-être quelque peu ralentie, certes à cause de forte acidité du sol qui est confirmée par le niveau du pH enregistré dans ces sols de T<sub>1</sub> à T<sub>4</sub>, qui n'avait varié que de 4,5 à 4,9 en moyenne.

### 3.3 EVOLUTION DE L'AZOTE AMMONIACAL (NH<sub>3</sub>) VOLATILISE

Les résultats de l'évolution de la volatilisation ammoniacale trouvée dans les sols étudiés sont présentés dans la figure 3, ci-dessous.



**Fig. 3. Evolution de l'azote ammoniacal volatilisé (NH<sub>3</sub>) dans nos sols au fil du temps**

Concernant la volatilisation ammoniacale, les échantillons de l'Arénoferralsol de Kinshasa ont enregistré une forte volatilisation de  $\text{NH}_3$  (plus de 40%) du temps zéro ( $T_0$ ) à 3 jours ( $T_1$ ), qui a provoqué l'augmentation du pH (de 5,4 à 9,6). La faible volatilisation de  $\text{NH}_3$  enregistré de  $T_2$  à  $T_4$ , dénote le ralentissement, voire la fin du processus de l'hydrolyse de l'urée. Cette hypothèse est prouvée par la baisse du pH constatée à ce niveau.

Par contre, dans les échantillons du Ferralsol, très fortement acides, nous avons enregistré une très faible augmentation de la quantité d'ammoniac dégagé des sols du 3<sup>ème</sup> au 15<sup>ème</sup> jour d'incubation. Ceci serait certainement dû à la neutralisation de l'ammoniac et peut-être aussi à la fixation des ions  $\text{NH}_4^+$  sur l'argile, abondante dans ces sols (76-84%).

### 3.4 EVOLUTION DE L'AMMONIUM DANS LES SOLS

Les résultats de l'évolution de l'azote ammoniacal trouvés dans nos sols étudiés sont présentés dans la figure 4, ci-dessous.

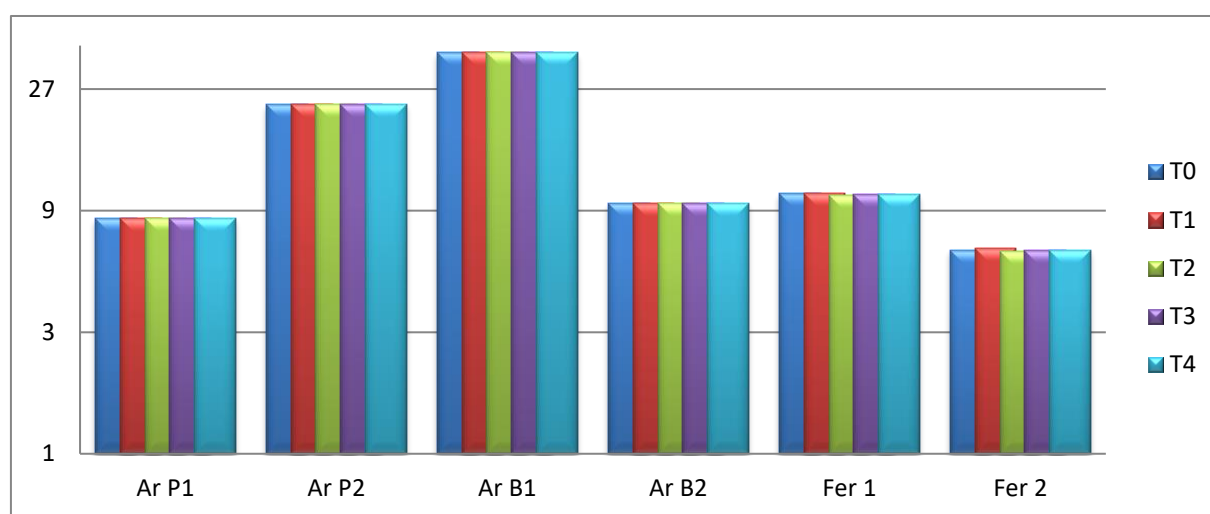


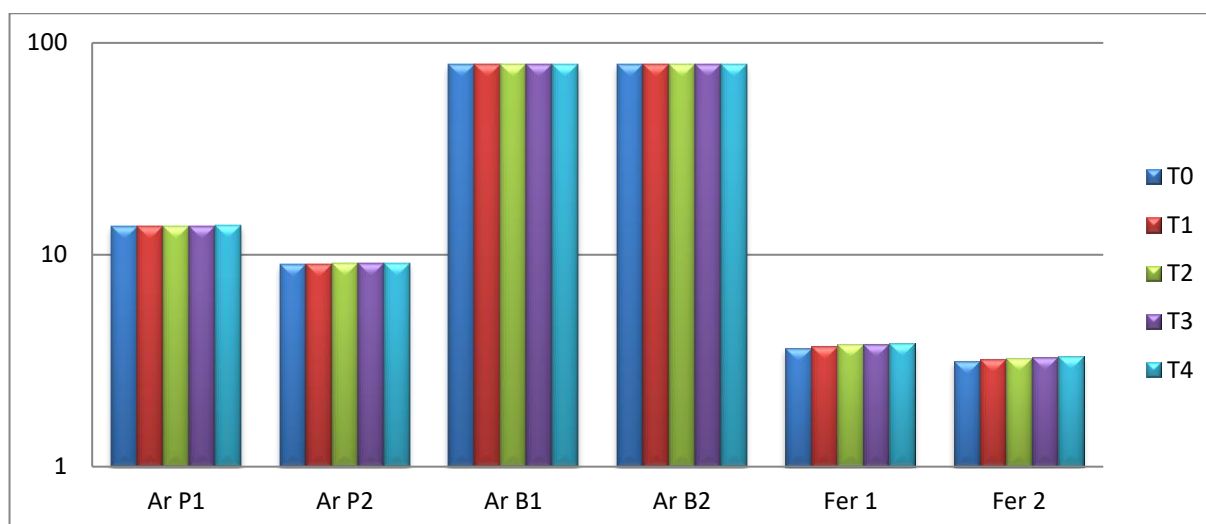
Fig. 4. Evolution de la transformation, au fil du temps, de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ )

Dans les échantillons de l'Arénoferralsol, il a été enregistré une réduction de la quantité de  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  de  $T_0$  à  $T_1$  qui affirme la prédominance de la volatilisation de  $\text{NH}_3$  issu de l'urée confirmé par la montée du pH enregistrée à ce niveau. Cependant, du 7<sup>ème</sup> au 15<sup>ème</sup> jour d'incubation, les sols ont enregistré un accroissement progressif de la quantité de  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  qui prouve un certain ralentissement ou diminution du processus de volatilisation provenant de l'hydrolyse de l'urée. Cette assertion est corroborée par l'accroissement de l'activité respiratoire microbienne observée à ce niveau.

Pour les échantillons du Ferralsol de Lubumbashi, un faible accroissement de la quantité de  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  a été enregistré de  $T_0$  à  $T_1$  qui confirme une certaine hydrolyse de l'urée bien que le pH était resté dans la zone acide. Du 7<sup>ème</sup> au 15<sup>ème</sup> jour d'incubation, le sol a présenté une décroissance de la quantité d'ammonium par rapport à  $T_1$  qui signale la fin du processus d'hydrolyse de l'urée.

### 3.5 EVOLUTION DE L'AZOTE NITRIQUE DANS LE SOL AU FIL DU TEMPS

Les résultats de l'évolution de la nitrification dans nos 6 sols étudiés sont présentés dans la figure 5, ci-dessous.



**Fig. 5. Evolution de la formation de l'azote nitrique dans les différents sols au fil du temps**

Il est à constater qu'au 3<sup>ème</sup> jour après incubation de l'urée ( $T_1$ ), les échantillons de l'Arénoferralsol de Kinshasa ont enregistré une faible nitrification, alors que nous avons enregistré, à cette période, une forte hydrolyse de l'urée. La faible nitrification serait due à la forte volatilisation de  $NH_3$  et les faibles ammonifications observées à ce niveau. A 7 jours d'incubation, les sols de Kinshasa ont néanmoins enregistré une faible augmentation de la nitrification qui s'est fortement accrue du 11<sup>ème</sup> au 15<sup>ème</sup> jour d'incubation. Cette augmentation était confirmée par la fin du processus d'hydrolyse, la faible volatilisation de  $NH_3$  et la chute du pH des sols observés.

Par contre, dans les échantillons du Ferralsol de Lubumbashi, du 3<sup>ème</sup> au 15<sup>ème</sup> jour d'incubation, la quantité de  $NO_3^-$ -N, dans le sol, n'avait fait qu'augmenter, bien que faiblement. Ces très faibles accroissements seraient dus à la très forte acidité de ce sol, induisant, certainement une faible activité microbologique.

#### 4 ANALYSE COMPARATIVE ENTRE L'ARENOFERRALSOL DE KINSHASA ET LE FERRALSOL

Cette comparaison entre les deux sols est réalisée à travers les paramètres en études afin établir la relation entre les paramètres et les types des sols. De ce fait, l'hypothèse nulle ( $H_0$ ) stipule que les paramètres sont pareils dans les deux sols. Elle est donc notée mathématiquement de la manière suivante:

$$H_0: \mu_1 (pH, CO_2, NH_3, NH_4^+-N, NO_3^--N) = \mu_2 (pH, CO_2, NH_3, NH_4^+-N, NO_3^--N)$$

$\mu_1$ : Arenoferralsol

$\mu_2$ : Ferralsol

Afin d'éviter l'erreur du type 1 (rejeter l'hypothèse vraie), il a été réalisé avant tout une comparaison multiple avec la technique MANOVA (Analyse Multi-varié de la variance) afin de justifier en effet le recours au test d'Anova et de Student dans l'intérieure des groupes. Notons qu'on rejette l'hypothèse si p-value est inférieure à 0,05, soit 5%, ce qui signifierait:

- Il y a une dépendance entre les types des sols et les paramètres (MANOVA);
- Pour l'ANOVA, ça sera, au moins un de ces paramètres qui diffère significativement dans les deux types des sols;
- Pour le test de Student, la conclusion sera qu'il existe une différence entre les deux moyennes

##### 4.1 ANALYSE COMPARATIVE DES SOLS À LA PROFONDEUR DE 0 – 25 CM

Le tableau 2, ci-dessous, présente la comparaison des sols sous étude à la profondeur de 0-25 cm et on y a ajouté les valeurs de p-value donnant ainsi une indication sur le test de comparaison par paire.

**Tableau 2.** Comparaison des sols sous étude à la profondeur de 0-25 cm

| Paramètres                      | Types          | Moyenne | Ecart-type | N  | Sig    |
|---------------------------------|----------------|---------|------------|----|--------|
| pH                              | Arénoferralsol | 7.92    | 1.59       | 30 | 0.000* |
|                                 | Ferralsol      | 5.19    | 0.47       | 15 |        |
|                                 | Total          | 7.01    | 1.85       | 45 |        |
| CO <sub>2</sub>                 | Arénoferralsol | 0.82    | 0.58       | 30 | 0.118  |
|                                 | Ferralsol      | 1.08    | 0.31       | 15 |        |
|                                 | Total          | 0.90    | 0.52       | 45 |        |
| NH <sub>3</sub>                 | Arénoferralsol | 1.09    | 0.15       | 30 | 0.044* |
|                                 | Ferralsol      | 1.01    | 0.02       | 15 |        |
|                                 | Total          | 1.06    | 0.13       | 45 |        |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | Arénoferralsol | 0.76    | 0.49       | 30 | 0.001* |
|                                 | Ferralsol      | 0.31    | 0.07       | 15 |        |
|                                 | Total          | 0.61    | 0.46       | 45 |        |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | Arénoferralsol | 1.60    | 1.10       | 30 | 0.000* |
|                                 | Ferralsol      | 0.26    | 0.08       | 15 |        |
|                                 | Total          | 1.15    | 1.10       | 45 |        |

\*La différence est significative

N: taille de l'échantillon

Il ressort de ce tableau, qu'à l'exception de la quantité de CO<sub>2</sub> qui ne diffère pas dans les deux types des sols ( $p > 0,05$ ), les autres paramètres sont statistiquement plus élevés dans l'Arénoferralsol de Kinshasa par rapport au Ferralsol de Lubumbashi ( $p < 0,05$ ).

#### 4.2 ANALYSE COMPARATIVE DES SOLS À LA PROFONDEUR DE 25 -50 CM

La comparaison des sols à la profondeur de 25-50 cm (ci-dessous) dévoile une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les deux sols en étude car. Il est à constater que tous les paramètres sont statistiquement plus élevés dans l'Arénoferralsol de Kinshasa par rapport au Ferralsol de Lubumbashi.

**Tableau 3.** Comparaison des paramètres sous étude à la profondeur de 25-50cm

| Paramètres                      | Types          | Moyenne | Ecart-type | N  | Sig    |
|---------------------------------|----------------|---------|------------|----|--------|
| pH                              | Arénoferralsol | 8.04    | 1.55       | 30 | 0.000* |
|                                 | Ferralsol      | 5.16    | 0.52       | 15 |        |
|                                 | Total          | 7.08    | 1.89       | 45 |        |
| CO <sub>2</sub>                 | Arénoferralsol | 0.77    | 0.58       | 30 | 0.033* |
|                                 | Ferralsol      | 1.11    | 0.28       | 15 |        |
|                                 | Total          | 0.88    | 0.52       | 45 |        |
| NH <sub>3</sub>                 | Arénoferralsol | 1.09    | 0.12       | 30 | 0.000* |
|                                 | Ferralsol      | 0.14    | 0.02       | 15 |        |
|                                 | Total          | 0.78    | 0.46       | 45 |        |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | Arénoferralsol | 0.57    | 0.23       | 30 | 0.000* |
|                                 | Ferralsol      | 0.22    | 0.06       | 15 |        |
|                                 | Total          | 0.46    | 0.26       | 45 |        |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | Arénoferralsol | 1.52    | 1.19       | 30 | 0.000* |
|                                 | Ferralsol      | 0.19    | 0.05       | 15 |        |
|                                 | Total          | 1.18    | 1.15       | 45 |        |

\*la Différence est significative.

N: Taille de l'échantillon

En bref, l'analyse statistique des résultats de deux sols sous étude montrent que tous les paramètres testés diffèrent significativement entre l'Arénoferralsol et le Ferralsol. Le détail se présente de la manière suivante:

- Le pH dans l'Arénoferralsol du plateau (pH 5,65) est statistiquement le même que celui observé au bas-fond (pH 5,11) mais tous deux sont statistiquement supérieurs à celui prélevé dans le Ferralsol de Lubumbashi (pH 4,5). Donc, le pH de l'Arénoferralsol de Kinshasa est relativement plus élevé que celui du Ferralsol de Lubumbashi. Le premier appartient à la gamme des sols moyennement acide (pH entre 5,6-6,0) tandis que celui du Ferralsol appartient à la catégorie des sols fortement acide (pH entre 4,5-5,5)
- Le CO<sub>2</sub> de l'Arénoferralsol du plateau est statistiquement le même que celui du bas-fond, mais plus faible que celui du Ferralsol de Lubumbashi
- NH<sub>3</sub> volatil dans le sol du plateau est statistiquement le même que celui de bas-fond, mais plus élevé que celui du Ferralsol de Lubumbashi
- La teneur en NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N varie au niveau de l'Arénoferralsol de Kinshasa avec une teneur relativement élevée au bas-fond dans les deux profondeurs par rapport au plateau dans les deux profondeurs. Toutefois, le sol du plateau et du bas-fond contiennent une teneur en NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N relativement supérieur au Ferralsol de Lubumbashi
- La teneur en NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N est moins importante dans l'Arénoferralsol du plateau que dans le sol du bas-fond, mais dans les deux cas, elle est supérieure à celle du Ferralsol de Lubumbashi

## 5 CONCLUSION

A travers cette étude, notre intention était d'évaluer, par la méthode d'incubation durant 15 jours, la dynamique de minéralisation de l'urée dans deux sols de la R.D Congo et, de quantifier des émissions gazeuses de l'ammoniac volatil et de CO<sub>2</sub> dégagé dans ces sols. Pour ce faire, nous avons dosé CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N et mesuré le pH, dans les conditions ambiantes de laboratoire selon la méthode modifiée de [9] sachant que c'est une mesure d'activité potentielle de minéralisation en absence des racines.

Partant des résultats obtenus, les échantillons de l'Arénoferralsol, sol sableux, ont présentés une forte montée du pH du 3<sup>ème</sup> au 7<sup>ème</sup> jour d'incubation qui témoigne de l'hydrolyse de l'urée. Cette montée du pH due à une forte volatilisation de l'ammoniac semble être facilitée par la nature sableuse de ce sol. Du 11<sup>ème</sup> au 15<sup>ème</sup> jour d'incubation, les échantillons de l'Arénoferralsol ont enregistré une baisse du pH qui amorce la diminution de l'ammoniac volatil et une faible réponse de l'activité respiratoire due à la réactivation des microorganismes, notamment ceux de la nitrification. En effet, le processus de nitrification, observé par l'évolution des quantités de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, s'accroît avec le temps et est inversement proportionnelle à la volatilisation ammoniacale.

Dans les échantillons du Ferralsol de Lubumbashi, les deux profondeurs analysées, en raison de leur forte acidité, en moyenne 4,5, ont montré une faible montée du pH remarquée du 3<sup>ème</sup> au 7<sup>ème</sup> jour d'incubation, alors que demeurant dans la zone d'acidité. Cette faible montée du pH signale certainement la capacité de neutralisation de ce sol, affirmée par la faible volatilisation de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) et conséquemment une faible teneur de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N et de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N.

En comparant l'Arénoferralsol de Kinshasa au Ferralsol de Lubumbashi, l'analyse Multivariée de la variance (MANOVA) à 5% révèle que les paramètres observés diffèrent significativement. En effet, l'Arénoferralsol de Kinshasa moins acide que le Ferralsol présente un bon taux de nitrification beaucoup meilleure que ce dernier.

La faible nitrification observée dans le Ferralsol de Lubumbashi est sans doute due à la forte acidité qui inhibe l'activité des microorganismes dans ce sol.

Par ce travail, nous confirmons avec [22], qu'il existe une corrélation entre la production de nitrate et le pH. En effet, le taux de nitrification dans les sols cultivés diminue en dessous du pH 6 et devient négligeable en dessous de pH 4,5. Aux pH élevés, l'oxydation de l'ammonium en nitrite puis en nitrate est inhibée.

En outre, du fait que l'activité enzymatique de l'uréase a tendance à varier avec le pH du sol, la réaction du sol doit être comprise entre 6,5 et 7,5 pour tirer profit, au maximum, de l'hydrolyse de l'urée.

La prise en compte de cette perte potentiellement, très variable, ne doit pas intervenir a priori dans le calcul prévisionnel de l'apport total sans une analyse préalable de risque à chaque apport, mais selon, surtout les caractéristiques de chaque sol pour:

1. Eviter ou réduire la perte ammoniacale par des pratiques adaptées
2. Utiliser une grille d'évaluation du risque avant chaque apport d'azote, surtout uréique.

## REFERENCES

- [1] B. Lele, S. Kachaka, and J. Lejoly, «Effet du biochar et des feuilles de *Tithonia diversifolia* combiné à l'engrais minéral sur la culture du maïs (*Zea mays* L.) et les propriétés d'un sol ferrallitique à Kinshasa (RDC)», *BASE*, vol. 20, no 1, pp. 57-67, 2016.
- [2] P. Pieter, W. Bimponda, J.P. Lodi-Lama, B. Lele, and R. Mulumba, «Combining mineral fertilizer and green manure for increased, profitable Cassava Production Cassava production», *Agronomy Journal*, vol 104, no 1, pp. 178-187, 2012.
- [3] J.N. Chianu, J.O. Akintola and P.M. Kormawa, «Profitability of cassava-maize production under different fallow systems and land-use intensities in the derived savanna of southwest Nigeria», *Exp. Agric.*, vol 38, pp. 51-63, 2002.
- [4] IFA, «*IFADATA 2010*», 2011, [Online] Available: <http://www.fertilizer.org/ifa/ifadata/search> (19/03/2019).
- [5] J. Mataba, «Évaluation de la capacité de nitrification d'un sol de Kinshasa: Une contribution à l'étude de la dynamique de l'urée dans le sol», Mémoire de 2ème cycle, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, Kinshasa-RDC, pp. 39, 2010.
- [6] K. Lumpungu, «*La perte en azote et la phytotoxicité de l'urée dans le sol*», *Annales de Gembloux (Belgique)*, vol 89, pp. 117 – 127, 1983.
- [7] F. Kamion, «*Évaluation de la perte de l'azote uréique dans le sol de Kinshasa*», Travail de fin de cycle, faculté des Sciences agronomiques, Université de Kinshasa, Kinshasa-RDC, pp. 37, 1998.
- [8] G. Stanford and S. J. Smith, «*Nitrogen mineralization potentials of soil*», *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, vol 36, pp. 465-472, 1972.
- [9] K. Lumpungu, «*Die Ammoniakfreisetzung aus Harnstoff und die Harnstoff-N-wirking bei verschiedenen Behandlungen*», Thèse de Doctorat, Université de Bonn, Faculté des Sciences Agronomique, Département de chimie agricole, République Fédérale d'Allemagne, 1978.
- [10] H. Nordmeyer and J. Richter, «*Incubation experiments on nitrogen mineralization in loess and sandy soils*», *Plant and Soil*, vol 83, pp. 433-445. 1985.
- [11] S. Kachaka, «Decomposition and N-Mineralization of prunings of various quality and age», Ph D. Thesis, K. U. Leuven, p. 117, 1993.
- [12] Afnor, «Amendements organiques et supports de culture - Caractérisation de la matière organique par fractionnement biochimique et estimation de sa stabilité biologique», Norme XP U 44-162, Paris, p. 47, 2009.
- [13] R.J. Raison, M.J. Connell and P.K. Khanna, «*Methodology for studying fluxes of soil mineral-N in situ*», *Soil Biol.Biochem.*, vol 19, no 5, pp. 521-530, 1987.
- [14] M. Pain, «*Kinshasa: la ville et la cité*», Etudes urbaines, ORSTOM, Paris. 1984.
- [15] K.C. Mulaji, «Utilisation des composts de bio déchet ménagère pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la Province de Kinshasa (Rép. Dém. du Congo)», Thèse de Doctorat, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique, p. 172, 2011.
- [16] K.R. Koy, «Amélioration de la qualité des sols sableux du plateau de Batéké (R D Congo) par application des matériels géologiques et des déchets organiques des industriels locaux», Thèse de doctorat en Sciences de la Terre, Université de Gand, Gent, p 323, 2009.
- [17] M. Mpundu, «Contamination des sols en Éléments Traces Métalliques à Lubumbashi (Katanga/RD Congo): Évaluation des risques de contamination de la chaîne alimentaire et choix de solutions de remédiation», Thèse de doctorat, Faculté des sciences agronomiques, Université de Lubumbashi, p. 410, 2010.
- [18] B. Lele, «Potentiel d'amélioration de la fertilité des sols sableux et acides de Kinshasa (RDC) par l'usage du charbon des bois (biochar), de la biomasse végétale et des engrais minéraux», Thèse de doctorat, Ecole Régionale Postuniversitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux, Kinshasa, RDC. p. 243, 2016.
- [19] S. Klose and M.A. Tabatabai, «Urease activity of microbial biomass in soils as affected by cropping systems», *Biology and Fertility of Soils*, vol 31, pp. 191–199. 2000.
- [20] J.K.R. Gasser, «Urea as fertilizer», *Soils and Fertilizers*, vol 27, pp. 175-180, 1964.
- [21] L.N. Overrien and P.G. Moe, «Factors affecting urea hydrolysis and ammoniac volatilization in soil», *Proc. Soil Sci. Soc Am.*, vol 31, pp. 57-61, 1967.
- [22] Paul, E.A. & Clark, F.E., 1989. «Soil microbiology and Biochemistry». Academic Press, INC.275p.

## **Etude comparative économico-structurale d'une poutre en treillis de type Warren et d'une poutre Vierendeel comme structure porteuse d'un pont de portée 30 mètres sur la rivière Kahira à Sake, Goma, dans le Nord Kivu en République Démocratique du Congo (RDC)**

### **[ Comparative economic-structural study of a Warren truss girder and a Vierendeel girder as main beams for a 30-meter span bridge on the Kahira river in Sake, Goma, North Kivu, Democratic Republic of Congo (DRC) ]**

**Amadou MOUNDOM<sup>1</sup>, Patient KUBUYA BINWA<sup>2</sup>, Michel MBESSA<sup>3</sup>, Cobler STEEVEN TAMENYA<sup>4</sup>, François NGAPGUE<sup>5</sup>, and Thomas TAMO TATIETSE<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Chargé de Cours en Génie Civil, Département du Génie Rural, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, BP 222, Dschang, Région de l'Ouest, Cameroon

<sup>2</sup>Assistant et Etudiant de Troisième Cycle en Génie Civil, Département de Génie Civil, Faculté de Sciences et Technologies Appliquées, Université Libre des Pays des Grands Lacs, BP. 368 GOMA, RD Congo

<sup>3</sup>Maître de Conférences en Génie Civil, Département du Génie Civil, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé 1, Université de Yaoundé I, Cameroon

<sup>4</sup>Ingénieur de Génie Civil, Département de Génie Civil, Faculté de Sciences et Technologies Appliquées, Université Libre des Pays des Grands Lacs, BP. 368 GOMA, RD Congo

<sup>5</sup>Professeur Titulaire en Génie Civil, Département de Génie Civil, Institut Universitaire de Technologie Fotso Victor de Bandjoun de l'Université de Dschang, Laboratoire du LISIE, BP 134 Bandjoun, Cameroon

<sup>6</sup>Professeur Titulaire HDR en Génie Civil, Département du Génie Civil, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé 1, Université de Yaoundé I, Cameroon

---

Copyright © 2022 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 work proposes an economic-structural study of a bridge girder with two variants: the metallic Vierendeel girder and the Warren type steel truss girder formed of top and bottom chords and diagonals in order to propose the girder that fulfills the conditions of Ultimate Limit State (ULS), Serviceability Limit State (SLS) and economically profitable for the bridge over the Kahira River in Sake, Goma in the Capital of North Kivu in the Democratic Republic of Congo (DRC). In order to analyze structural elements, the French method of loads on bridges was used, the Naylor method derived from the Cross moment distribution method was used for the analysis of the Vierendeel girder, the method of joints and method of sections for the Warren truss girder; the French code «Béton Armé aux Etats Limites 91 modified 99» was used for the design of the reinforced concrete parts; the Eurocode 3 and the «Construction Métallique 66 (CM66) » were used to determine the cross-sectional area of different elements of the steel girder. An economic study was carried out passing the bill of quantities and cost estimate for each type of beam giving a total of \$2485.1 for the Vierendeel beam, a total of \$5866.95 for the Warren truss beam, the total cost of the Vierendeel beam representing 42.36% of the total cost of the Warren truss beam. The Vierendeel girder meeting the structural and economic conditions is proposed for the bridge over the Kahira River in Sake.

**KEYWORDS:** Vierendeel steel beam, Warren truss beam, reinforced concrete, unknowns, design, economic study.

**RESUME:** Le présent travail propose l'étude économico-structurale d'une poutre porteuse de pont avec deux variantes à savoir: la poutre Vierendeel métallique et la poutre en treillis métallique de type Warren formée des membrures et des diagonales afin de proposer la poutre qui remplit les conditions d'Etat Limite Ultime (ELU), Etat Limite de Service (ELS) et Economiquement rentable pour le pont sur la rivière Kahira à Sake, Goma dans la Capitale du Nord Kivu en République Démocratique du Congo (RDC). En vue de déterminer les éléments de réduction, la méthode française de charges sur les ponts est utilisée, la méthode de Naylor dérivée de la méthode de Cross a été utilisée pour l'analyse de la poutre Vierendeel et les méthodes de nœuds et de sections pour la poutre en treillis; Le Béton Armé aux Etats Limites 91 modifié 99 a été utilisé pour le dimensionnement des parties en béton armé; L'Eurocode 3 et la Construction Métallique 66 (CM66) ont été utilisés pour déterminer les sections des différents éléments de la poutre métallique. Une étude économique a été réalisée passant le devis quantitatif et estimatif pour chaque type de poutre donnant 2485.1 \$ pour le coût total de la poutre Vierendeel 5866.95 \$ pour le coût total de la poutre en treillis, le coût total de la poutre Vierendeel représentant 42,36% du coût total de la poutre en treillis. La poutre Vierendeel remplissant les conditions structurales et économiques est proposée pour le pont sur la rivière Kahira à Sake.

**MOTS-CLEFS:** Poutre Vierendeel métallique, poutre en treillis métallique de Warren, béton armé, éléments de réduction, dimensionnement, étude économique.

## **1 INTRODUCTION GENERALE**

### **1.1 CONTEXTE**

Le développement économique d'un Etat passe par l'amélioration des conditions de ses infrastructures en général, et en particulier des infrastructures routières. Cela étant, les pays dits développés sont ceux possédant des infrastructures routières continues, et d'autres dits sous-développés comme étant ceux présentant des infrastructures routières non continues. La discontinuité est souvent due à des cours d'eau et des vallées coupant des tracés routiers.

Dans le but de franchir ces obstacles avec des moyens limités, les ingénieurs sont appelés à faire des choix structuraux présentant des avantages économiques considérables. C'est dans ce cadre que nous avons cherché à comparer deux types de poutres pouvant être utilisées dans les ponts, sachant que les poutres les plus répandues dans les pays en voie de développement dans les ponts sont des poutres en treillis. Il existe un autre type de pont ayant comme poutre porteuse la poutre Vierendeel, qui présenterait assez d'avantages structuraux comme économiques que celle en treillis. C'est donc dans cet esprit que nous voulons réaliser une étude comparative économico-structurale d'une poutre de pont en treillis et poutre Vierendeel comme structure porteuse d'un pont sur la rivière Kahira où existent trois ouvrages dont deux sont en bois, de tonnage limite non précisé et l'autre en acier de 30 m de portée et de 3.4m de largeur.

### **1.2 OBJECTIF DU TRAVAIL**

L'objectif principal de ce travail est de faire une étude comparative économico-structurale entre la poutre Vierendeel et la poutre en treillis travaillant dans les conditions d'un pont poutre de moins de 50 mètres de portée comme c'est le cas pour le pont Kihira à Sake, Goma dans le Nord Kivu en RDC.

## **2 REVUE DE LA LITTERATURE**

Des travaux antérieurs existant dans le domaine, on note que:

- Ben Ouédzou (2008) a étudié toutes les charges des ponts et dimensionné les ponts à poutres à travées indépendantes;
- Krishna Raju (2018) a étudié et dimensionné des buses, dalots, et ponts en béton armé, ponts en béton précontraint avec détermination des sections d'armature ainsi que le calcul des ponts métalliques;
- Charon (1981) et Charon (1983) ont étudié et dimensionné les ponts à poutres droites en béton armé ainsi que les systèmes de charge A et B pouvant s'appliquer aux ponts;
- Krishna Raju (2005) a étudié et dimensionné les poutres Vierendeel et les poutres en treillis en béton armé ainsi que la détermination des différentes sections d'armature;

- Charon (1983) a utilisé la méthode approchée et Krishna Raju (2005) a utilisé la méthode de Cross telle que développée par Charon (1982), pour le calcul des poutres Vierendeel;
- Husson (2002) a étudié les éléments porteurs d'une structure en béton armé et déterminé les différentes sections d'armature;
- Maitre (1997) a étudié et déterminé les aciers pour les éléments porteurs d'une structure métallique selon Construction Métallique 66 (CM 66) et Eurocode 3;
- Morel (2005) a étudié et déterminé les aciers pour les éléments porteurs d'une structure métallique selon Eurocode 3;
- Coates et al (1987) ont déterminé les éléments de réduction d'une structure ainsi que les déplacements pouvant se produire à une abscisse donnée de la structure.

Les travaux antérieurs portent sur les ponts à poutre Vierendeel et les poutres en treillis séparément et non pas sur les deux types de ponts à la fois sur la rivière Kahira en RDC ainsi que l'étude de l'aspect économique: D'où l'intérêt de ce travail.

### 3 MATERIELS ET METHODES

Nous présentons la localisation du site du pont et la méthodologie utilisée pour analyser les poutres et tablier ainsi que la détermination des armatures de béton armé et les profilés pour chaque composante des poutres.

#### 3.1 LOCALISATION DU SITE

Le territoire de Masisi est une entité décentralisée de la province du Nord-Kivu reliant le Nord et le Sud-Kivu par voie terrestre; il partage également ses limites avec la ville de Goma, Chef-lieu de la province et les territoires de Rutshuru, de Masisi et de Walikale.

En effet, cette liaison est rendue possible grâce à la traversée de ce territoire par la route nationale numéro deux (RN2). La figure 1 montre la situation de Sake, traversée par la rivière Kihira site de construction du pont.



**Fig. 1. Localisation de Sake traversé par la rivière Kihira en bleu**

Ce territoire possédant une hydrographie complexe, cette route va souvent être coupée par une rivière dénommée Kihira au point des coordonnées:

- Latitude: 1°34'28.47756" Sud
- Longitude: 29°3'55.76004" Est
- Altitude: 4870 m

La précision de l'appareil utilisé est de 5m.

### **3.2 ETAT DES LIEUX**

En effet, les traversées actuelles de Kihira se font par 3 ouvrages qui y sont érigés. Deux sont en bois, de tonnage limite non précisé et l'autre en acier de 30m de portée et de 3.4m de largeur. Etant donné l'importance de cette route, certaines normes devraient être prises en compte dans la conception de ce pont. La figure 2 présente l'ouvrage avec poutres en acier sur culée en béton sur la rivière Kahira et la figure 3 présente l'ouvrage en bois sur culée en gabions sur la rivière Kahira.



**Fig. 2.     Ouvrage avec poutres en acier sur culée en béton sur la rivière Kahira**



**Fig. 3.     Ouvrage en bois sur culée en gabions sur la rivière Kahira**

### 3.3 MÉTHODES

Les méthodes suivantes ont été utilisées dans le présent travail:

La détermination des éléments de réduction de la poutre en treillis est effectuée par la méthode de nœuds et celle des sections telle que développée par Coates et al (1987);

La détermination des éléments de réduction de la poutre Vierendeel est effectuée par la méthode de Naylor adaptée de la méthode de Cross (1982) et développée dans Krishna Raju (2005);

La détermination des différentes sections d'acier de nuance 235 des éléments porteurs des poutres métalliques en treillis et Vierendeel ainsi que des entretoises en acier espacées de 5 m est effectuée suivant Maître (1997) et Morel (2005);

Les flèches au centre des différentes poutres sont déterminées par le Théorème de MÜLLER-BRESLAU (formule de MOHR), Théorème décrit dans Delaplace et al. (2008) et les flèches déterminées par l'équation 1:

$$\delta_p = \int_{Structure} \left( \frac{Mm}{EI} + \frac{Nn}{ES} + \frac{Vv}{GS_R} \right) ds \quad (1)$$

Où:

- $\delta_p$  représente le déplacement ou la rotation,
- M, N et V représentent les efforts intérieurs associés au chargement extérieur,
- m, n et v représentent les efforts intérieurs associés causés par une charge unitaire appliquée dans le sens du déplacement,
- E, S, G et  $S_R$  sont respectivement le module d'Young du matériau, l'aire de la section de chaque élément de la structure, le module de cisaillement et la section réduite en cisaillement.

La flèche maximale f (m) de chacune des poutres de portée L (m) est donnée par l'équation 2:

$$f = \frac{L}{500} \quad (2)$$

Les culées et le tablier de 20 cm en béton armé sont dimensionnées conformément au BAEL 91 modifié 99 avec une densité de béton de 24 kN/m<sup>3</sup>, une résistance caractéristique de béton à 28 jours 30 MPa et une limite de rupture des armatures de FeE400 (400 MPa);

Les différents assemblages sont réalisés suivant Maître (1997) et Morel (2005);

En ce qui concerne les charges sismiques, il est convenable d'utiliser les appareils d'appuis pour isoler l'infrastructure de la superstructure: Ainsi, tout mouvement ondulatoire du sol sera en phase avec les culées, dès que les culées sont en mouvement, les appareils d'appuis amortiront le mouvement oscillatoire et la superstructure ne sera pas affectée par les charges sismiques.

Le système français de charge d'exploitation est utilisé dans ce travail pour le pont de largeur roulable 7m (2 x 3,5m), donc de classe 1, d'accotement 2 x 1,5 m et de portée 30 m, de hauteur de poutre 4 m. Ainsi les surcharges suivantes sont étudiées: Surcharge A (L), Système B<sub>c</sub>, Système B<sub>t</sub>, Système B<sub>r</sub>, Surcharge militaire MC120, Charge exceptionnelle D240, Surcharges sur trottoirs, Surcharges dues au vent, Efforts de freinage.

Le revêtement hydrocarboné a une épaisseur de 8 cm et une densité de 24 kN/m<sup>3</sup>.

La pression dynamique normale de base et la pression dynamique extrême de base dans la zone d'étude obtenues auprès du service météo du Nord Kivu capitale de la zone d'étude sont respectivement de 90 et 157,5 daN/m<sup>2</sup>.

## 4 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### 4.1 SURCHARGE DE DIMENSIONNEMENT

Après examen de toutes les surcharges, la surcharge B<sub>c</sub> est celle qui a produit les effets les plus défavorables et est donc considérée pour le dimensionnement.

### 4.2 ELEMENTS DE REDUCTION DE LA POUTRE EN TREILLIS DE TYPE WARREN

Les éléments de réduction de la poutre en treillis de type Warren sont présentés dans le tableau 1:

**Tableau 1. Efforts des familles des barres**

| Elément du treillis | Efforts maximaux (kN) |
|---------------------|-----------------------|
| Corde inférieure    | -913.16               |
| Corde supérieure    | 2141.15               |
| Diagonale           | -1241.29              |

Les valeurs du tableau 1 sont conformes à celles déterminées par Krishna Raju (2005) et Charon (1983). Les éléments de la corde supérieure seront calculés comme supportant un effort de compression, ceux de la corde inférieure comme supportant un effort de traction tandis que les diagonales le seront comme supportant un effort axial de traction.

#### 4.3 ELEMENTS DE REDUCTION DE LA POUTRE VIERENDEEL

Les éléments de réduction de la poutre Vierendeel sont présentés dans le tableau 2:

**Tableau 2. Nœud de la poutre Vierendeel avec moment maximal et barres avec effort normal maximal**

| Elément de la poutre | Force de compression axiale (kN) | Force de traction axiale (kN) | Moment fléchissant (kN.m) | Effort tranchant (kN) |
|----------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Membrane supérieure  | 1349,03                          | -                             | 2602,67                   | 769,8                 |
| Membrane inférieure  | -                                | 507,11                        | 2602,67                   | 769,8                 |
| Montant              | 769,8                            |                               | 1698,74                   | 1349,03               |

Les valeurs du tableau 2 sont conformes à celles déterminées par Krishna Raju (2005) et Charon (1983). Les éléments de la membrane supérieure seront calculés comme supportant un effort de compression et un moment, ceux de la membrane inférieure comme supportant un effort de traction et un moment tandis que les montants le seront comme supportant un effort axial de compression et un moment.

#### 4.4 SECTION DES PROFILS EN ACIER RETENUES POUR LES ÉLÉMENTS DES POUTRES EN TREILLIS ET VIERENDEEL

Les calculs de structure donnent les différents profilés et boulons pour la réalisation de la poutre Vierendeel et la poutre en treillis de type Warren comme présentés dans le tableau 3:

**Tableau 3. Différents profilés et boulons pour la poutre Vierendeel et la poutre en treillis**

| Profilés et boulons     | Destination                                                                                                                 |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IPE 200 (26.2 kg/m)     | Poutre Vierendeel (Membrane supérieure et membrane inférieure)                                                              |
| HEB 120 (26.7 kg/m)     | Poutre Vierendeel (Deux montants placés aux extrémités pour limiter le gabarit du pont et ne rentrant pas dans les calculs) |
| HEB 200 (61.3 kg/m)     | Poutre en treillis (Corde supérieure et corde inférieure)                                                                   |
| IPE 330 (49.1 kg/m)     | Poutre en treillis (Montants)                                                                                               |
| HEB 140 (33.7 kg/m)     | Poutre en treillis (Diagonales)                                                                                             |
| Boulon M16, Classe 10.9 | Poutre Vierendeel et poutre en treillis (Assemblages)                                                                       |

Le tableau 3 montre que les cordes supérieure et inférieure de la poutre en treillis de masse linéaire 61,3 kg/m sont plus lourdes que les membrures supérieure et inférieure de la poutre Vierendeel de masse linéaire 26,2 kg/m impliquant aussi que la poutre en treillis de type Warren est plus lourde que la poutre Vierendeel.

#### 4.5 FLECHES AU CENTRE DE CHAQUE POUTRE

Les flèches au centre des poutres sont présentées dans le tableau 4:

**Tableau 4.** *Flèches au centre des poutres*

| Poutre                     | Flèche au centre (cm) | Flèche maximale (cm) |
|----------------------------|-----------------------|----------------------|
| En treillis de type Warren | 5,8                   | 6                    |
| Vierendeel                 | 1,393                 | 6                    |

Le tableau 4 montre que les flèches au centre de chaque poutre sont inférieures à la flèche maximale de 6 cm.

#### 4.6 ETUDES ÉCONOMIQUES

L'étude du coût des deux choix de construction est présentée dans le tableau 5 pour la poutre Vierendeel et dans le tableau 6 pour la poutre en treillis de type Warren.

**Tableau 5.** *Devis quantitatif et estimatif d'acier pour la réalisation de la poutre Vierendeel*

| Nº | Désignation              | Unité | Quantité | P. U. [\$] | P. T. [\$]    |
|----|--------------------------|-------|----------|------------|---------------|
| 1  | IPE 200                  | tonne | 1.572    | 820        | 1289.04       |
| 2  | HEB 120                  | tonne | 0.9345   | 820        | 766.26        |
| 3  | Boulon M 16, classe 10.9 | unité | 140      | 3.07       | 429.8         |
|    | <b>TOTAL</b>             |       |          |            | <b>2485.1</b> |

**Tableau 6.** *Devis quantitatif et estimatif d'acier pour la réalisation de la poutre en treillis*

| Nº | Désignation              | Unité | Quantité | P. U. [\$] | P. T. [\$]     |
|----|--------------------------|-------|----------|------------|----------------|
| 1  | IPE 330                  | tonne | 2.946    | 820        | 2415.72        |
| 2  | HEB 140                  | tonne | 1.1795   | 820        | 967.19         |
| 3  | HEB 200                  | tonne | 2.61     | 820        | 2140.2         |
| 4  | Boulon M 16, classe 10.9 | unité | 112      | 3.07       | 343.84         |
|    | <b>TOTAL</b>             |       |          |            | <b>5866.95</b> |

- $C_{\text{VIERENDEEL}}$  = Coût total de la poutre Vierendeel = 2485.1 \$
- $C_{\text{TREILLIS}}$  = Coût total de la poutre en treillis = 5866.95 \$
- Le coût total de la poutre Vierendeel est de 42,36% du coût total de la poutre en treillis
- $C_{\text{TOTAL}}$  = Somme de  $C_{\text{TREILLIS}}$  et  $C_{\text{VIERENDEEL}}$  = 8352.05 \$

En déterminant le rendement qui est le rapport du coût d'une poutre au coût nous donne:

$$R_{\text{treillis}} = 70.24 \%$$

$$R_{\text{vierendeel}} = 29.76 \%$$

En considérant le coût total, la poutre Vierendeel consomme 29.76 % du total, quand la poutre en treillis en consomme 70.24 % pour la même résistance.

## 5 CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Le présent travail propose l'étude économico-structurale d'une poutre porteuse de pont avec deux variantes à savoir: la poutre Vierendeel métallique et la poutre en treillis métallique de type Warren formée des membrures et des diagonales afin de proposer la poutre qui remplit les conditions d'Etat Limite Ultime (ELU), Etat Limite de Service (ELS) et Economiquement rentable pour le pont sur la rivière Kahira à Sake, Goma dans la Capitale du Nord Kivu en RDC. En vue de déterminer les éléments de réduction, la méthode française

de charges sur les ponts est utilisée, la méthode de Naylor dérivée de la méthode de Cross a été utilisée pour l'analyse de la poutre Vierendeel et les méthodes de nœuds et de sections pour la poutre en treillis; Le Béton Armé aux Etats Limites 91 modifié 99 a été utilisé pour le dimensionnement des parties en béton armé; L'Eurode 3 et la Construction Métallique 66 (CM66) ont été utilisés pour déterminer les sections des différents éléments de la poutre métallique. Une étude économique a été réalisée passant le devis quantitatif et estimatif pour chaque type de poutre donnant 2485.1 \$ pour le coût total de la poutre Vierendeel 5866.95 \$ pour le coût total de la poutre en treillis, le coût total de la poutre Vierendeel représentant 42,36% du coût total de la poutre en treillis. La poutre Vierendeel remplissant les conditions structurales et économiques est proposée pour le pont sur la rivière Kahira à Sake. Cette étude s'est concentrée sur les poutres qui sont les éléments prépondérants d'un pont à poutres. Cette étude peut être étendue à d'autres types de poutre Warren.

## REFERENCES

- [1] Ben Ouédou, M., Cours d'ouvrages d'art, tome 2 (Dimensionnement), Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, 2008, 155p.
- [2] Charon, P., Calcul des ouvrages en béton suivant les règles B.A.E.L. 80 (Théorie et applications), Eyrolles, Paris, 1981, 470p.
- [3] Charon, P., La méthode de Cross et le calcul pratique des constructions hyperstatiques (Théorie et applications), Eyrolles, Paris, 1982, 320p.
- [4] Charon, P., Calcul et la vérification des ouvrages en béton armé (Théorie et applications), Règles CCBA 68, Dixième Edition (Nouveau tirage), Eyrolles, Paris, 1983, 640p.
- [5] Coates, R. C., Coutie, M. G. and Kong, F. K., Structural Analysis (Third Edition), Van Nostrand (UK) Co. Ltd, Molly Millars Lane, Wokingham, Berkshire, England, 1987, 605p.
- [6] Delaplace, A., Gatuingt, F. et Ragueneau, F., Mécanique des structures (Resistance des matériaux), Dunod, Paris, 2008, 230p.
- [7] Husson, J. M., Etude des structures en béton (BAEL 91 révisé 99), Casteilla, Paris, 2002, 248p.
- [8] Krishna Raju, N., Advanced Reinforced Concrete (2nd Edition), CBS Publishers & Distributors, New Delhi, 2005, 353p.
- [9] Krishna Raju, N., Design of Bridges (Fifth Edition), Oxford & IBH Publishers, New Delhi, 2017 (Reprinted 2018), 666p.
- [10] Maître, P., Formulaire de la construction métallique, Règles CM66 plus additif, Eurocode 3, Le Moniteur, Paris, 1997, 459p.
- [11] Morel, J., Calcul des structures métalliques selon l'Eurocode 3, Première Edition (Sixième tirage), Eyrolles, Paris, 2005, 331p.

## **Efficacité de la nutrition minérale sur les rendements et les teneurs en minéraux P, K, Ca, Mg et Zn des grains et la paille des repousses de riz (*Oryza sp*) variété Nerica L 14 de bas-fond inondable en régime pluvial**

### **[ Mineral nutrition effectiveness on flood-prone lowland ratoon rice (*Oryza sp*) Nerica L 14 variety grain and straw minerals P, K, Ca, Mg and Zn contents and yields under rainfield regime ]**

**Kouakou Olivier KONAN<sup>1</sup>, Théodore Alla Kouadio<sup>2</sup>, and Kouamé René N'GANZOUA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Université Felix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire de physiologie végétale, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Institut Pédagogique National de l'Enseignement Technique et Professionnel, Département de Formation des Formateurs aux Métiers de l'Agriculture, 08 BP 2098 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Département d'Agropédologie, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2022 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:** Field fertilization trials were conducted on 15 cm high rice stubble in lowland rainfed rice to determine the effectiveness of mineral nutrition on yields and mineral contents of grain and straw of Nerica L 14 ratoon. 4 complete block design of 7 fully randomized treatments were used. N and K significantly stimulated tillering ( $p = 0,05$ ; 419 and 407 Nb $m^{-2}$ ), panicle production ( $p = 0,04$ ; 330 and 337 Nb $m^{-2}$ ), number of grains per panicle ( $p = 0,00$ ; 66 grains / panicle) as did P, Ca, Mn and Zn. GY and SY due to N were highest by 1,7  $tha^{-1}$  ( $p < 0,00$ ) and 1,4  $tha^{-1}$  ( $p = 0,01$ ), respectively. However, IR<sub>Zn</sub> ( $p = 0,04$ ; 68%) was the most important. N promoted high K accumulation in straw ( $p = 0,02$ ; 1,89% DM) as did Mg (1,72% DM) and Ca ( $p = 0,01$ ; 0,28% Ms) in grain. 100 N  $kgha^{-1}$  or in combination with 10 Zn  $kgha^{-1}$  may be recommended for rainfed lowland rice ratoon cultivation.

**KEYWORDS:** fertilization, yields, ratoon rice, nutrients effectiveness.

**RESUME:** Des essais de fertilisation au champ ont été réalisés sur des chaumes de riz hauts de 15 cm en riziculture pluviale de bas-fond pour déterminer l'efficacité de la nutrition minérale sur les rendements et les teneurs en minéraux des grains et la paille des repousses de Nerica L 14. Un dispositif en 4 blocs complets de 7 traitements totalement randomisés a été utilisé. N et K ont significativement stimulé le tallage ( $p = 0,05$ ; 419 et 407 Nb $m^{-2}$ ), la production de panicules ( $p = 0,04$ ; 330 et 337 Nb $m^{-2}$ ), le nombre de grains par panicule ( $p = 0,00$ ; 66 grains / panicule) comme P, Ca, Mn et Zn. Les RDG et RDP dus à N ont été les plus élevés respectivement de 1,7  $tha^{-1}$  ( $p < 0,00$ ) et de 1,4  $tha^{-1}$  ( $p = 0,01$ ). Cependant, IR<sub>Zn</sub> ( $p = 0,04$ ; 68 %) a été le plus important. N a favorisé une grande accumulation de K dans la paille ( $p = 0,02$ ; 1,89 % MS) comme Mg (1,72 % MS) et Ca ( $p = 0,01$ ; 0,28 % Ms) dans les grains. 100 N  $kgha^{-1}$  ou en association avec 10 Zn  $kgha^{-1}$  peuvent être recommandés pour une culture pluviale de repousses de riz de bas-fond.

**MOTS-CLEFS:** fertilisation, rendements, repousses de riz, efficacité des nutriments.

## **1 INTRODUCTION**

En Côte d'Ivoire, le riz est la céréale la plus consommée. Mais la production ne couvre pas les besoins de consommation. L'Etat ivoirien a donc recouru à des importations massives [1-2]. Pour augmenter la production nationale de riz et envisager la sécurité alimentaire, en prenant en compte la riziculture pluviale qui est le mode de culture le plus pratiqué, avec 90% des superficies emblavées et 80% de la production, la culture des repousses de riz est une opportunité. En effet cette seconde récolte non fertilisée est en général très faible et ne justifie pas l'immobilisation du sol [3]. Mais des essais de fertilisation azotée [4] ont permis non seulement d'avoir des rendements en grains correspondant à 54 % de ceux des plantes non fertilisées, mais aussi de stimuler le métabolisme des repousses de riz. La présente étude a donc été réalisée pour:

- Déterminer l'efficacité de la nutrition minérale appliquée aux repousses
- D'évaluer les teneurs en minéraux des grains et la pailles des repousses

## **2 MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 DESCRIPTION DU SITE EXPERIMENTAL ET CARACTERISTIQUES FLORISTIQUES**

Les essais ont été réalisés sur un sol de bas-fond inondable dans une parcelle à une altitude de 29 m par rapport au niveau de la mer qui s'étend entre les coordonnées 5°19'54,3" N et 4°22'44,1" W à Dabou au Sud de la Côte d'Ivoire. Ce champ expérimental était anciennement une exploitation agricole paysanne. Sa flore de 2 années de jachère, était non seulement dominée par *Melochia corchorifolia* et *Echinochloa obtusiflora*, appartenant respectivement aux familles des Malvaceae et des Poaceae, mais aussi caractérisée par une espèce indicatrice d'un agrosystème hydromorphe, *Nymphaea lotus*.

### **2.2 MATÉRIEL**

#### **2.2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL**

Le matériel végétal utilisé a été des chaumes de riz NERICA L14. Les Nerica sont des espèces interspécifiques issus de l'hybridation entre *O. sativa* et *O. glaberrima* [5]. Cette variété fleurit entre 63 et 73 jours après germination. La durée de son cycle est comprise entre 95 et 110 jours pour des rendements potentiels en grains fluctuant entre 4 et 8  $\text{tha}^{-1}$  [4]. Ces performances agronomiques et la durée courte de son cycle de production, ont grandement favorisé le choix de cette variété. En effet, en zone de climat bimodal, la culture des repousses de Nerica L 14 issues d'une culture principale mise en place en début de la grande saison des pluies peut coïncider avec la petite saison pluvieuse.

#### **2.2.2 MATÉRIEL CHIMIQUE**

Le matériel chimique est essentiellement constitué de minéraux: N, P, K, Ca, Mg et Zn.

- Ca provenait du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) dosé à 40 % CaO. Une molécule de CaO correspond à 0,71 Ca
- K a été répandu sous la forme de sel de chlorure (KCl, 50 % K). Une molécule de  $\text{K}_2\text{O}$  correspond à 1,20 K
- N a été l'urée [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , 46 % N]
- Mg était sous forme de poudre de sulfate de magnésium ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 17 % Mg)
- Le sulfate de zinc ( $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 36 % Zn) a été utilisé comme pourvoyeur de Zn
- Le triple superphosphate [ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 38 - 46 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ] a servi de source de P

### **2.3 METHODES**

#### **2.3.1 MISE EN PLACE DES ESSAIS**

##### **2.3.1.1 AMÉNAGEMENT DE LA PARCELLE ET DÉSHÉBAGE**

Une parcelle en jachère âgée de 2 ans de superficie égale à 1050  $\text{m}^2$  a été délimitée ensuite traitée avec 0,5 L équivalent acide de glyphosate ( $360 \text{ gL}^{-1}$ ) comme herbicide. Trois semaines plus tard, le terrain a été nettoyé manuellement. Ensuite les débris végétaux ont été enlevés et brûlés hors du site. La parcelle débarrassée des débris a été subdivisée en quatre blocs. Chaque bloc rectangulaire long de 29 m et large de 6 m a aussi été subdivisé en sept microparcelles de 5 m x 3 m. Une diguette

large de 0,5 m et haute de 0,5 m séparait deux microparcelles consécutives. Des canaux primaires et secondaires d'évacuation larges respectivement de 1 et 0,5 m ont été creusés pour délimiter l'ensemble des quatre blocs et faciliter le drainage de l'eau de submersion.

### 2.3.1.2 PRODUCTION DES CHAUMES

Les parcelles de la culture principale ont subi une mise à boue de deux semaines, ensuite un drainage 24 h avant l'application de 200 kg $ha^{-1}$  de NPK en fumure de fond. Les plants ont été repiqués à 21 jours après la pépinière, selon un espacement de 20 cm entre et dans les rangs consécutifs. Le champ a été gardé inondé à partir de 10 jours après le repiquage (DAT) sauf pendant l'application d'urée (35 kg $ha^{-1}$ ) à 21 jours (stade de tallage) et 45 jours (stade d'initiation des panicules). Un désherbage manuel a également été effectué deux fois avant l'application de l'urée, complétant ainsi la gestion de la première culture. A maturité, le fauchage du riz à la faucille à 15 cm par rapport au niveau du sol a permis d'obtenir des chaumes.

### 2.3.2 TRAITEMENTS FERTILISANTS

Un jour après la récolte de la première culture (culture principale), des engrais N-, P-, K-, Ca-, Mg-, et Zn- ont été appliqués à 100 kg $ha^{-1}$ , 55 kg $ha^{-1}$ , 150 kg $ha^{-1}$ , 33 kg $ha^{-1}$ , 15 kg $ha^{-1}$  et 10 kg $ha^{-1}$  respectivement, comme recommandé par [6-7] pour la deuxième culture sous forme de repousses. Aucune application d'engrais n'a été réalisée dans les microparcelles témoins.

### 2.3.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif d'expérimentation était un plan en blocs aléatoires complets randomisés de sept traitements avec quatre répétitions. Aucune autre intervention n'a été effectuée et le champ dépendait strictement de l'humidité résiduelle du sol (provenant de l'approvisionnement en eau de la culture précédente) et de la pluviométrie.

### 2.3.4 DONNÉES COLLECTÉES

#### NOMBRES DE TALLES, DE PANICULES ET DE GRAINS PAR PANICULE

A maturité, dans 1 m<sup>2</sup> d'observation, les nombres de talles, de panicules et de grains par panicule de chacun des 36 pieds ont été comptés. La somme des 36 valeurs trouvées représente le nombre total de chaque organe et exprimé par mètre carré.

#### RENDEMENTS EN GRAINS (RDG), EN PAILLE (RDP) ET INDICE DE RÉCOLTE (IR)

Le riz a été fauché dans 8 m<sup>2</sup> à l'exclusion des deux lignes de bordure. La récolte a été battue, triée, vannée, séchée et pesée. Le rendement en grains (RDG) exprimé en tha<sup>-1</sup> a été déterminé à 14 % d'humidité [7] selon la formule [1].

$$RDG \text{ (tha}^{-1}\text{)} = [MGS/SR] * [10000/1000] * [HR/100 - HRS] \quad [1]$$

MGS: masse des grains pleins séchés en kg, SR: surface de récolte (8 m<sup>2</sup>), HR: humidité relative, HRS: humidité relative standard (14 %).

Dans chaque microparcelle, la paille de 8 m<sup>2</sup> de surface récoltée, a été rassemblée, reliée et séchée au soleil pendant 21 jours. Le poids obtenu par pesée à l'aide d'une balance à cadran a été utilisé pour le calcul du rendement en paille (RDP) exprimé en tha<sup>-1</sup> [8] selon l'équation [2].

$$RDP \text{ (tha}^{-1}\text{)} = [MPS/SR] * [10000/1000] \quad [2]$$

MPS: masse de paille séchée en kg, SR: surface de récolte (8 m<sup>2</sup>).

L'indice de récolte reflète l'importance de la translocation des substances nutritives accumulées vers les organes de réserves de la plante [9]. Ce paramètre est exprimé en % et calculé selon la formule [3].

$$IR \text{ (\%)} = [RDG/RDG + RDP] * 100 \quad [3]$$

IR: indice de récolte en %.

## **EFFICIENCES AGRONOMIQUES ET DE RECOUVREMENTS APPARENTS**

L'efficacité agronomique du fertilisant donne un aperçu de l'efficacité de la nutrition minérale. Elle traduit l'effet de l'absorption d'un nutriment sur le rendement [10]. Elle se calcule suivant l'équation [4] et s'exprime en kg de paddy / kg de fertilisant.

$$EA_x \text{ (kgkg}^{-1}\text{)} = \frac{RDG_x - RDG_0}{\text{Dose de fertilisant appliqué}} \quad [4]$$

EA<sub>x</sub>: efficacité agronomique du fertilisant x en kg de paddy/kg d'engrais x, RDG<sub>x</sub>: rendement en grains de l'essai x, RDG<sub>0</sub>: rendement en grains du témoin, Dose de fertilisant: quantité de fertilisant en kg par hectare

L'efficacité de recouvrement apparent correspond au taux d'accumulation dans les tissus végétaux des nutriments appliqués au sol [11]. Notée ERA<sub>x</sub> et exprimée en %, elle a été calculée en tenant compte des teneurs du minéral dans la biomasse aérienne constituée par les grains et la paille, en fonction des traitements, par la formule [5].

$$ERA_x \text{ (\%)} = \frac{TxBTC - TxTT}{\text{Dose du fertilisant appliqué}} \times 100 \quad [5]$$

ERA<sub>x</sub>: efficacité de recouvrement apparent du nutriment x, TxBTC: teneur de x dans la biomasse (grains + paille) de l'essai, TxTT: teneur de x dans la biomasse (grains + paille) du témoin

## **TENEURS MINÉRALES (P, K, Ca, Mg et Zn) DES GRAINS ET DE LA PAILLE DU RIZ**

Les teneurs de P exprimées en pourcentage de matière de sèche (% MS) ont été déterminées selon la méthode de [12]. Les méthodes décrites par [13] ont été utilisées pour la détermination des teneurs de K, Ca et Mg exprimées en pourcentage de matière sèche (% MS), et de celles de Zn en ppm.

### **2.4 ANALYSE STATISTIQUE**

Les valeurs moyennes des données relatives aux nombres de talles, de panicules, de grains par panicule, aux rendements en grains et en paille, à l'indice de récolte, aux efficacités agronomiques et de recouvrements apparents ont été générées et séparées en groupes homogènes à partir d'une analyse de variance grâce au test de Student-Newman-Keuls au seuil α de 0,05 par SAS for Windows version 9.1.

## **3 RESULTATS**

### **3.1 CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DE L'HORIZON 0 – 20 CM DU SOL**

L'horizon 0 – 20 cm (**Tableau 1**) était acide relativement aux valeurs optimales. Le pH<sub>Eau</sub> enregistrés de 5,19 était supérieur au pH<sub>KCl</sub> (4,07). Les teneurs en carbone de 5,14 g.kg<sup>-1</sup> ont été faibles. De même celles de la matière organique, de 8,86 g.kg<sup>-1</sup> ont été basses. Cet horizon a été particulièrement pauvres en K, Mg, Ca, P assimilable, et très riches en oligoéléments que sont Zn, Fe et Cu en comparaison aux valeurs seuils. Celles-ci sont respectivement de 0,1 cmol.l<sup>-1</sup> 0,5 à 4 cmol.l<sup>-1</sup>, 4 cmol.l<sup>-1</sup>, 0,3 à 0,4 cmol.l<sup>-1</sup>, 0,5 à 2,2 ppm, 1 à 300 ppm et 200 à 300 ppm. Relativement aux équilibres chimiques, les rapports Ca/Mg > 10 et Mg/K < 2 ont été respectivement supérieurs à 10 et inférieurs à 2. Les valeurs du rapport Ca/K qui ont été incluses dans l'intervalle des normes. Les rapports K/CEC et K/Ca + Mg ont été inférieurs à 2. Le taux de saturation en bases de 13,29 % a été inférieur aux valeurs optimales comprises entre 60 et 90 %.

### **3.2 EFFETS DES TRAITEMENTS FERTILISANTS SUR LES PARAMETRES AGROMORPHOLOGIQUES**

Les nombres de talles, de panicules et de grains par panicule des repousses ont été évalués en fonction des traitements fertilisants. Les résultats sont consignés dans le tableau 2. Les effets des fertilisants sur ces paramètres, ont été significatifs (p ≤ 0,05). N et K ont induit des nombres de talles (419 et 407 Nb m<sup>-2</sup>) et de panicules (330 et 337 Nb m<sup>-2</sup>) plus élevés que ceux du témoin respectivement de 313 et 261 Nb m<sup>-2</sup>. Les traitements fertilisants effectués ont produit des résultats statistiquement identiques, fluctuant entre 58 et 66 grains par panicule, et supérieurs à celui du témoin non fertilisé (42 grains par panicule).

**Tableau 1.** *Caractéristiques chimiques de l'horizon 0 – 20 cm du sol de bas-fond après deux années de jachère*

| Paramètres                   | Valeurs | Valeurs optimales |
|------------------------------|---------|-------------------|
| pH <sub>Eau</sub>            | 5,19    | 6,5 < VO < 7      |
| pH <sub>KCl</sub>            | 4,07    |                   |
| N (gkg <sup>-1</sup> )       | 0,86    | 1,26 – 2,25       |
| C (g kg <sup>-1</sup> )      | 5,14    | 10,26 - 20,5      |
| C / N                        | 5,97    | 11 – 15           |
| MO (gkg <sup>-1</sup> )      | 8,86    | 20,1 – 40,2       |
| K (cmol kg <sup>-1</sup> )   | 0,18    | 0,1               |
| Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )  | 0,10    | 0,5 – 4           |
| Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )  | 1,14    | > 4               |
| CEC (cmol kg <sup>-1</sup> ) | 10,68   | 12 – 15           |
| P ass (gkg <sup>-1</sup> )   | 0,04    | 0,3 – 0,4         |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> )    | 6,76    | 0,5 – 2,2         |
| Fe (ppm)                     | 174     | 1 – 300           |
| Cu (ppm)                     | 7,20    |                   |
| Ca / Mg                      | 11,40   | 2 – 10            |
| Ca / K                       | 6,33    | 4 – 17            |
| Mg / K                       | 0,55    | 2 – 4             |
| K / CEC (%)                  | 2       | > 2               |
| K / Ca + Mg                  | 0,14    | > 2               |
| TS (%): (k+Mg+Ca+ / CES)     | 13,29   | 60<TS<90          |

**Tableau 2.** *Nombres de talles, de panicules et de grains par panicule à la maturité des repousses de riz du bas-fond en fonction des traitements fertilisants*

| Traitements fertilisants | Talles (Nbm <sup>-2</sup> ) | Panicules (Nbm <sup>-2</sup> ) | Nombre de grains par panicule |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Te                       | 313 b                       | 261 b                          | 42 b                          |
| N                        | 419 a                       | 330 a                          | 66 a                          |
| P                        | 363 ab                      | 300 ab                         | 62 a                          |
| K                        | 407 a                       | 337 a                          | 66 a                          |
| Ca                       | 348 ab                      | 293 ab                         | 61 a                          |
| Mg                       | 377 ab                      | 296 ab                         | 61 a                          |
| Zn                       | 380 ab                      | 304 ab                         | 58 a                          |
| P > F                    | 0,05                        | 0,04                           | 0,00                          |
| CV (%)                   | 38,15                       | 7,32                           | 9,02                          |
| Moyenne                  | 374                         | 303                            | 59                            |

Dans la colonne les moyennes affectées des lettres a et b sont significativement différentes au seuil de 5 % (test Student-Newman-Keuls), Te: témoin non fertilisé.

### 3.3 EFFETS DES TRAITEMENTS FERTILISANTS SUR LES RENDEMENTS EN GRAINS, EN PAILLE ET L'INDICE DE RECOLTE

Les valeurs moyennes relatives aux rendements en grains et en paille de riz en fonction des traitements fertilisants ainsi qu'aux indices de récolte des fertilisants appliqués ont été consignées dans le tableau 3. Les différences entre les valeurs de chaque paramètre ont été significatives au seuil de 5 %. N a permis d'avoir les meilleurs rendements en grains (1,7 tha<sup>-1</sup>) et en paille (1,4 tha<sup>-1</sup>). Mais son indice de récolte généré (55 %) a été faible comme celui du témoin (58 %) de P et de Ca. Toutefois Zn (68 %) a induit l'indice de récolte le plus élevé.

**Tableau 3. Rendements en grains et en paille de riz ( $\text{tha}^{-1}$ ) des repousses et IR (%) des traitements fertilisants**

| Traitements fertilisants | RDG ( $\text{tha}^{-1}$ ) | RDP ( $\text{tha}^{-1}$ ) | IR (%) |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|
| Te                       | 1,1 d                     | 0,8 b                     | 58 b   |
| N                        | 1,7 a                     | 1,4 a                     | 55 b   |
| P                        | 1,2 cd                    | 0,8 b                     | 57 b   |
| K                        | 1,5 b                     | 0,8 b                     | 65 ab  |
| Ca                       | 1,1 d                     | 0,8 b                     | 55 b   |
| Mg                       | 1,1 d                     | 0,7 b                     | 61 ab  |
| Zn                       | 1,3 c                     | 0,5 b                     | 68 a   |
| P>F                      | <0,00                     | 0,01                      | 0,04   |
| CV (%)                   | 6                         | 30,39                     | 11     |
| Moyenne                  | 1,28                      | 0,8                       | 60     |

Dans une même colonne, les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Student-Newman-Keuls), Te: témoin non fertilisé.

### **3.4 EFFICACITES DES ENGRAIS ET TENEURS EN MINERAUX DES GRAINS ET DE LA PAILLE DE RIZ DES REPOUSSES EN FONCTION DES TRAITEMENTS FERTILISANTS**

#### **3.4.1 EFFICIENCES AGRONOMIQUES DES FERTILISANTS**

Les efficacités agronomiques des fertilisants ont été illustrées par la figure 1. Les différences entre les traitements ont été significatives au seuil de 5 %. Le fertilisant à base de Zn a permis l'efficacité agronomique la plus élevée (22 kg de grains paddy.kg<sup>-1</sup> de fertilisant) comparativement aux autres nutriments dont les valeurs, statistiquement identiques, ont été les plus faibles.

#### **3.4.2 TENEURS EN MINERAUX DES GRAINS ET DE LA PAILLE DE RIZ DES REPOUSSES EN FONCTION DES TRAITEMENTS FERTILISANTS**

Selon les valeurs consignées dans le tableau 4, les traitements n'ont pas eu d'effet significatif sur les teneurs en P, K, Mg et Zn des grains de riz. Les valeurs moyennes relevées ont été de 0,20 % (P et K), 0,11 % (Mg) et 0,00 ppm (Zn). Par contre, dans ces mêmes organes, les teneurs en Ca ont fluctué selon le fertilisant apporté ( $P = 0,01$ ). La valeur la plus élevée (0,28 %) a été conséquente à la fertilisation azotée, et les plus faibles, à l'application de Ca, Mg et Zn aux repousses. Egalement, les variations des teneurs de la paille en P, Ca et Zn n'ont pas été significatives. Les valeurs moyennes obtenues ont été de 0,13 % (P), 0,72 % (Ca) et 0,01 ppm (Zn). Par contre, les teneurs en K et Mg ont varié significativement en fonction des fertilisants appliqués ( $P = 0,02$  et  $0,01$ ). Les traitements fertilisants ont tous induit des valeurs de Mg les plus élevées et statistiquement similaires dans la paille des repousses. La teneur la plus faible a été observée chez le témoin non traité. Concernant le potassium, les valeurs les plus importantes ont été relevées chez les repousses traitées avec l'azote (1,89 %) et le magnésium (1,72 %), tout comme chez le témoin (1,77 %). La teneur la moins élevée (1,13 %) a été inhérente à l'application de Ca.

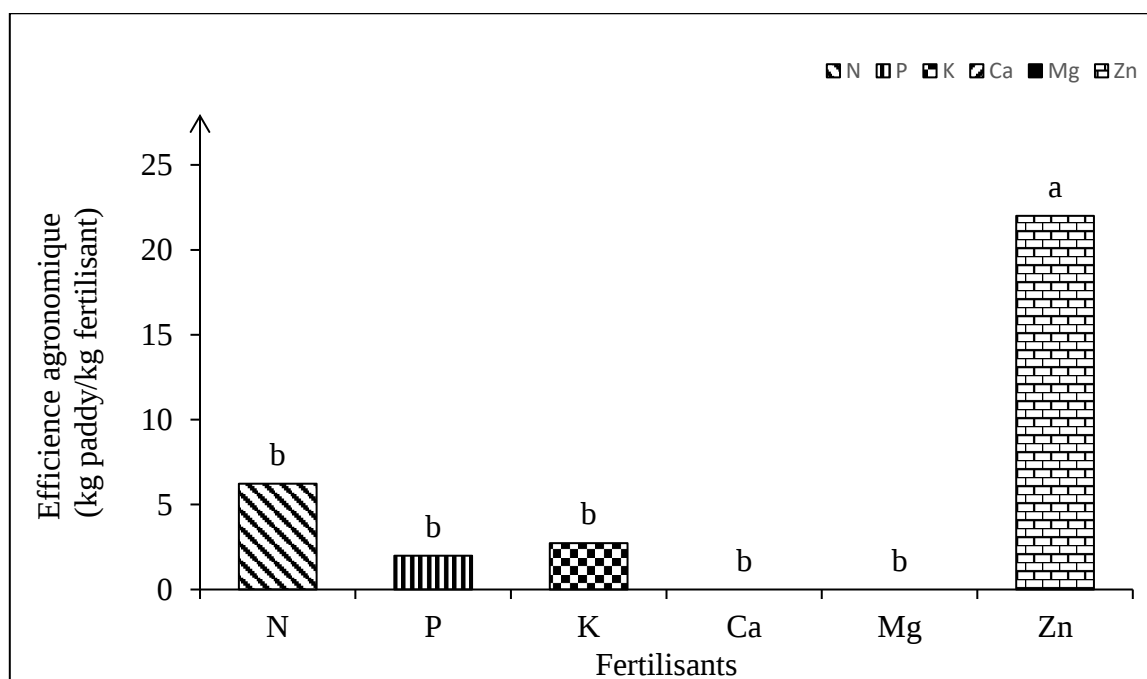


Fig. 1. *Efficacités agronomiques des fertilisants appliqués aux repousses de riz*

Sur l'histogramme, les bandes affectées des lettres a et b sont significativement différentes au seuil de 5% (test de Student-Newman-Keuls),  $p = 0,04$ .

### 3.4.3 EFFICACITES DE RECOUVREMENT APPARENT DES NUTRIMENTS

Les efficacités de recouvrement apparent des nutriments, à la maturité des repousses, déterminées dans le site d'étude, ont été illustrées par la figure 2. Les différences entre les traitements ont été significatives. Les taux de recouvrement apparent de l'azote (23,02 %) et du zinc (24,18 %) ont été les plus élevées tandis que ceux du phosphore (3,16 %), du calcium (3,34 %) et du magnésium (0,3 %) ont été les plus faibles.

Tableau 4. *Teneurs en minéraux des grains et de la paille de riz issus des repousses de riz en fonction des traitements fertilisants*

| Traitements fertilisants | Teneurs en minéraux des différents organes |         |           |           |          |          |         |           |           |          |
|--------------------------|--------------------------------------------|---------|-----------|-----------|----------|----------|---------|-----------|-----------|----------|
|                          | Grains                                     |         |           |           |          | Paille   |         |           |           |          |
|                          | P (% MS)                                   | K (%MS) | Ca (% MS) | Mg (% MS) | Zn (ppm) | P (% MS) | K (%MS) | Ca (% MS) | Mg (% MS) | Zn (ppm) |
| Te                       | 0,18 a                                     | 0,19 a  | 0,17 ab   | 0,11 a    | 0,00 a   | 0,14 a   | 1,77 a  | 0,69 a    | 0,15 b    | 0,06 a   |
| N                        | 0,22 a                                     | 0,18 a  | 0,28 a    | 0,11 a    | 0,00 a   | 0,11 a   | 1,89 a  | 0,70 a    | 0,26 a    | 0,04 a   |
| P                        | 0,20 a                                     | 0,21 a  | 0,13 ab   | 0,12 a    | 0,00 a   | 0,16 a   | 1,62 ab | 0,67 a    | 0,25 a    | 0,00 a   |
| K                        | 0,22 a                                     | 0,20 a  | 0,10 ab   | 0,11 a    | 0,00 a   | 0,11 a   | 1,60 ab | 0,86 a    | 0,25 a    | 0,00 a   |
| Ca                       | 0,21 a                                     | 0,21 a  | 0,01 b    | 0,11 a    | 0,00 a   | 0,17 a   | 1,13 b  | 0,72 a    | 0,29 a    | 0,00 a   |
| Mg                       | 0,22 a                                     | 0,21 a  | 0,03 b    | 0,11 a    | 0,00 a   | 0,13 a   | 1,72 a  | 0,67 a    | 0,27 a    | 0,01 a   |
| Zn                       | 0,21 a                                     | 0,21 a  | 0,02 b    | 0,12 a    | 0,00 a   | 0,14 a   | 1,49 ab | 0,73 a    | 0,26 a    | 0,00 a   |
| P> F                     | 0,10                                       | 0,24    | 0,01      | 0,67      | 0,95     | 0,41     | 0,02    | 0,13      | 0,01      | 0,84     |
| CV (%)                   | 7,62                                       | 7,25    | 15,24     | 8,17      | 26,12    | 29,14    | 14,69   | 22,13     | 14,19     | 34,47    |
| Moyenne                  | 0,20                                       | 0,20    | 0,10      | 0,11      | 0,00     | 0,13     | 1,6     | 0,72      | 0,24      | 0,01     |

Dans une même colonne, les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Student-Newman-Keuls), Te: témoin non fertilisé.

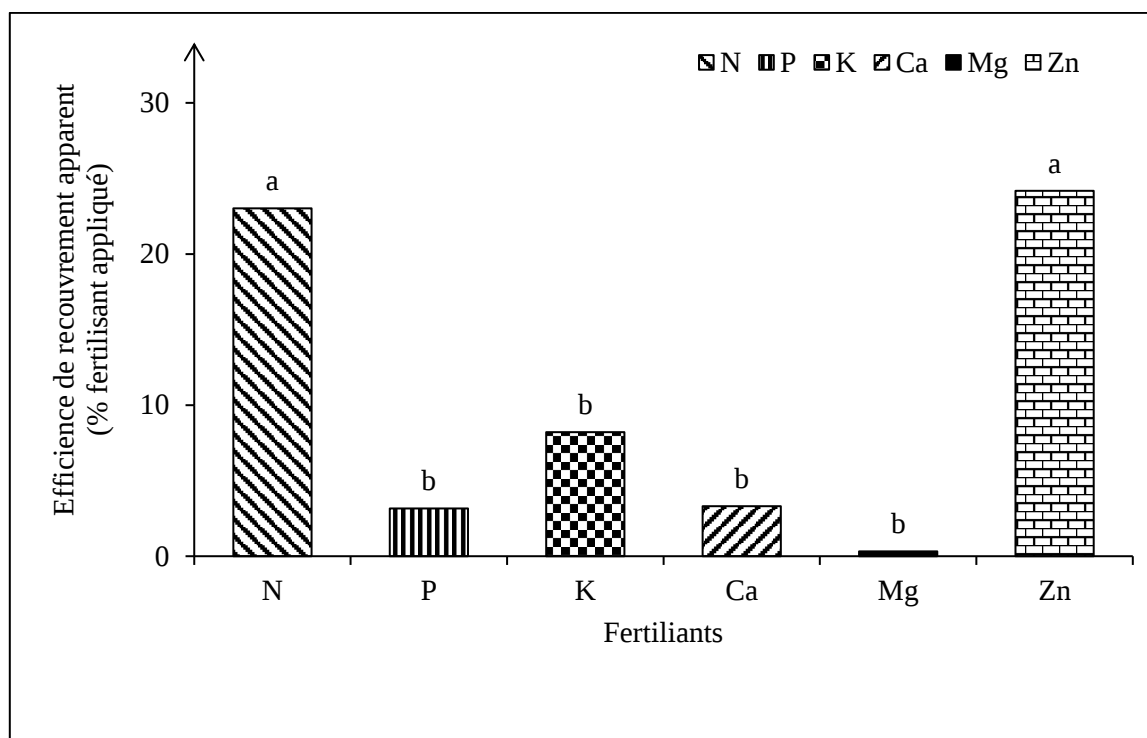


Fig. 2. Efficacités de recouvrement apparent des nutriments appliqués aux repousses de riz

Sur l'histogramme, les bandes affectées des lettres a et b pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Student-Newman-Keuls),  $p = 0,04$ .

#### 4 DISCUSSIONS

Les proportions en sables fins élevées (53,7 %) et la présence de *Nymphaea lotus* montrent que le sol de bas-fond est colluvionnaire et hydromorphe avec la présence d'une lame d'eau de submersion [14]. La facilité de drainage de ce sol aurait entraîner les particules d'argile vers les horizons de profondeur appauvrissant (0,1 % argile) ainsi les couches superficielles. L'étude de la composition chimique de l'horizon 0 – 20 cm a en outre indiqué un caractère très acide [15], une pauvreté en cations échangeables, en azote et en phosphore. Les valeurs faibles de C/N seraient dues à un blocage de la minéralisation de la matière organique en condition d'anaérobiose [16]. L'accumulation de cette dernière sous forme plus ou moins évoluée entraîne une acidification du sol de nature organique avec une capacité d'échange cationique faible. Les rapports  $Ca / Mg > 10$ ;  $4 < Ca / K < 17$  et  $Mg / K < 2$  indiquent que le calcium a été excédentaire par rapport au magnésium et au potassium pendant que le magnésium a présenté une déficience par rapport au potassium. En outre, les rapports  $K / CEC < 2$  et  $K / Ca + Mg < 2$  ont été très faibles permettant de conclure que le potassium était déficient par rapport à la somme du calcium et du magnésium sur le complexe adsorbant du sol [17].

Le tallage des repousses a été stimulé de façon importante par l'apport d'azote. Des observations similaires ont été faites sur le riz [18]. L'estimation du nombre de panicules a signalé que les effets de l'azote ont été plus élevés. Ces résultats confirment les observations de [19] en riziculture pluviale. Par ailleurs, de nos expérimentations, il ressort que l'azote a eu un effet stimulant sur le nombre de grains par panicule. Toutefois, les autres minéraux appliqués (P, K, Mg et Zn) ont aussi augmenté de façon similaire ce paramètre comme l'azote. Les caractéristiques floristiques et physico-chimiques du sol de l'étude ont révélé la présence persistante d'une lame d'eau de submersion, une déficience en base échangeables, en azote. Cet élément minéral peut être considéré comme celui qui est susceptible de limiter la croissance des plantes [20] car sa disponibilité est souvent faible alors que les besoins sont importants, notamment pour la photosynthèse [21]. C'est un constituant essentiel des acides nucléiques, des acides aminés, des protéines enzymatiques et de structure, des chlorophylles, molécules indispensables à la croissance et au développement des plantes. La nutrition azotée du fait de son application et la présence de l'eau de submersion du bas-fond d'étude auraient influer sur la distribution des photoassimilats entre les organes aériens et racinaires des plantes herbacées [22]. Les proportions importantes allouées aux organes aériens pourraient expliquer le fort tallage, comme déjà observée chez le blé [23]. Le transit des métabolites induits par l'azote (glucides,

protéines, amino acides etc.) vers les zones méristématiques en vue d'initier la transformation des bourgeons végétatifs en structures florales serait à la base d'une formation plus importante de panicules. Les effets stimulants de P, K, Ca, Mg et Zn comme de N sur le nombre de grains par panicule pourraient être liés à une différence de réponse des repousses de riz [24] et à leurs implications dans le métabolisme des cytokinines au stade de l'initiation paniculaire. En effet, cette hormone aurait grandement influencé les divisions cellulaires.

Egalement les effets stimulateurs de l'azote ont été observés au niveau du rendement en grains et en paille. Les données révélées sont similaires à celles obtenues par [25-19]. La nutrition azotée aurait ainsi favorisé la bonne translocation des nutriments vers leurs sites d'action dans la plante (zones méristématiques) ou contribué à la production de métabolites utiles au développement [26]. Relativement à l'indice de récolte, celui dû à l'application de Zn a été le plus important, contrairement aux résultats présentés par [27] sur les repousses de riz en culture irriguée. Ainsi, la fertilisation des repousses par le zinc semble avoir un effet favorable sur l'indice de récolte. Le sol du bas-fond a été caractérisé par de fortes teneurs de zinc, une CEC faible avant la mise en place des cultures. Cette faible teneur de CEC a certainement favorisé un appauvrissement du sol en zinc à la culture précédant celle des repousses. Ainsi, le zinc apporté en fumure de fond, par son adsorption sur le complexe argilo-humique, aurait induit une grande efficacité physiologique. Celle-ci provient d'un synergisme d'absorption de l'azote, du phosphore avec le calcium capable de modifier les balances minérales au niveau de la plante et intervenant dans divers processus biologiques [28]. Ces modifications du métabolisme des repousses seraient en faveur du remplissage des grains à partir des photoassimilats issus des organes végétatifs.

Les teneurs les plus élevées en éléments minéraux évaluées dans les organes aériens, ont été celles du Ca dans les grains de riz après fertilisation azotée, du K de la paille après apport de Mg aux repousses des repousses. Les situations décrites pourraient s'expliquer par le fait que le sol du site expérimental est relativement pauvre en azote et en magnésium, avec des ratios peu favorables entre les nutriments apportés. Dans ces conditions, la fertilisation à base d'azote en quantité adéquate aurait induit l'absorption de Ca et K et l'assimilation préférentielle de Ca. Toutefois, en quantité excédentaire, un effet de limitation aurait été perçu, comme l'admet [29]. Il en est probablement de même pour le potassium dans la paille des repousses cultivées, après application du magnésium. L'azote a donc permis d'améliorer les qualités minérales spécifiquement en calcium des grains.

Concernant l'efficacité de recouvrement, l'azote et le zinc, ont été mieux recouverts parmi tous les minéraux appliqués. Selon [30], le recouvrement des oligoéléments est de 5 à 10 % de la dose appliquée, celui des macroéléments étant comprise entre 10 et 50 %. La grande efficacité de recouvrement du zinc pourrait s'expliquer par le pH acide du sol et la faible teneur en argile du sol. En effet, selon [31-32], à pH 5,19, l'absorption du zinc sur ce complexe argilo-humique aurait été plus optimale par les repousses engendrant une efficacité de recouvrement plus élevée. Quant à l'efficacité de recouvrement de l'azote, il serait dû à une grande absorption de l'azote aussi bien à pH 5,19 qu'à 6,35 parce que sa disponibilité est moins directement affectée par les variations de pH [33].

## 5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

N améliore non seulement le tallage, la production et le nombre de grains de panicule comme le K, mais aussi les rendements en grains et en paille des repousses de bas-fond. Toutefois, l'efficacité agronomique et l'indice de récolte les plus élevés ont obtenu avec l'apport de Zn. N favorise, comme K, une grande accumulation de K dans la paille et Ca dans les grains de riz.

100 N kg<sup>ha</sup><sup>-1</sup> ou en association avec 10 Zn kg<sup>ha</sup><sup>-1</sup> peuvent être recommandés pour une culture pluviale de repousses de riz de bas-fond inondable.

## REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciement vont à l'endroit de Dr. Sitapha Diatta donateur des semences de Nerica L 14, et au Dr. Brahim Koné initiateur du projet de recherche.

## REFERENCES

- [1] A. Amancho, A. Diallo, K. Kouassi, A. Bouet & N'guessan K. Criblage de quelques variétés de riz de Côte d'Ivoire pour la résistance à la panachure jaune du riz: incidence de la maladie sur quelques caractères agronomiques. *Sciences et Nature*, Vol. 6 (1), pp. 27 – 37, 2009.
- [2] N. Kouablé. Transmission des fluctuations et calcul des prix de parité du riz et du maïs à l'importation en Côte d'Ivoire. Michigan State University, CILSS, RESIMAO, Syngenta Foundation. 56 p.  
([http://www.aec.msu.edu/fs2/srai/RAPPORT\\_RCI-MSU-PROMISAM\\_10052010\\_revue.pdf](http://www.aec.msu.edu/fs2/srai/RAPPORT_RCI-MSU-PROMISAM_10052010_revue.pdf)), 2010.
- [3] F. A. Bahar & S. K. De Datta. Prospects of increasing tropical rice production through ratooning. *Agronomy Journal*, Vol. 69, pp. 536-540, 1977.
- [4] O. Kouakou, C. Mamadou, B. Kone, E. Dick & K. F. Konan. Growth, yields and ratooning performance of lowland rice Nerica L14 as affected by different fertilizers. *International Journal of Science and Technology*, Vol. 2 (2), pp. 20-22, 2014.
- [5] E. A. Somado, R. G. Guei & S. O. Keya. NERICA: the New Rice for Africa - a Compendium. 52 p, 2008.
- [6] B. Koné, G. L. Amadji, A. M. Igue & A. Ogunbayo. Rainfed upland rice production on derived savannah soil in West Africa. *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 3 (1), pp. 156-162, 2009.
- [7] B. Koné, J. B. Ettien, G. L. Amadji, S. Diatta & M. Camara. Effets d'engrais phosphatés de différentes origines sur la production rizicole pluviale sur des sols acides en zone de forêt semi-montagneuse sous climats tropicaux. *Etude et Gestion des Sols*, Vol. 17 (1), pp. 7-18, 2010.
- [8] B. Koné, S. Fatogoma & M. Chérif. Diagnostic of mineral deficiencies and interactions in upland rice yield declining on foot slope in a humid forest zone. *International Network for Natural Sciences*, pp. 11-19, 2013.
- [9] M. Unkovich, J. Baldock & M. Forbes. Variability in harvest index of grain crops and potential significance for carbon accounting: Examples from Australian agriculture. *Advances in Agronomy*, Vol. 105, pp. 173-219, 2010.
- [10] A. Muhammad, K. A. Lal, J. Amanullah, S. Zahir, R. Hidayatur & K. K. Shad. Agronomic efficiency and profitability of P-fertilizers applied at different planting densities of maize in northwest Pakistan, *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 35 (3), pp. 331-341, 2012.
- [11] A. Dobermann. Nutrient use efficiency-measurement and management. Fertilizer best management practices. General principles strategy for their adoption and voluntary initiatives vs regulations. International fertilizer industry association Paris, France, pp. 1 – 28, 2007.
- [12] AOAC. Official method of Analysis. Food composition, official analytical chemists, additives natural contaminant. Adrich RC (éd) Vol. 2, 15e éd. Association des officiels chimistes analytiques, Inc USA, 1990.
- [13] M. Pinta. Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux. Détermination des éléments Ca, Mg, Fe, Mn, Zn et Cu par absorption atomique. *Oléagineux*, Vol. 2, pp. 87-92, 1973.
- [14] I. O. Akobundu & C. W. Agyakwam. A handbook of West African weeds. International Institute of Tropical Agriculture (I.I.T.A) Ibadan, Nigeria. 194 p, 1987.
- [15] LANO. Analyses des terres <http://www.lano.asso.fr/web/analysEssai.html>, 2008. [Consulté en 2017].
- [16] D. Lavigne, L. Boucher & L. Vidal. Les bas-fonds en Afrique tropicale humide: stratégies paysannes, contraintes agronomiques et aménagements in Pichot et al eds. *Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides*, actes du séminaire international, CIRAD, pp. 148 – 161, 1996.
- [17] E. F. Akassimadou & A. Yao-Kouamé. Caractéristiques morpho-pédologiques et potentiels d'un sol de bas-fond secondaire développe sur granito-gneiss en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, Vol. 79, pp. 6968 – 6982, 2014.
- [18] R. B. Negular, G. S. Yadahalli, B. M. Chittapur, G. S. Guruprasad & G. Narappa. Ratoon Rice: A Climate and Resource Smart Technology. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, Vol. 6 (5), pp. 1638-1653, 2017.
- [19] J. M. Jonathan, S. Hironobu, T. Hisamitsu & I. Kenji. Nutrient deficiencies and symptoms in upland rice. *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*, Vol. 17 (1), pp. 59-67, 2011.
- [20] R. Aerts & F. S III Chapin. The mineral nutrition of wilds plants revisited: A re-evaluation of processes and patterns. *Advances in ecological research*, Vol. 30, pp. 1-67, 2000.
- [21] K. Hikosaka & T. Hirose. Nitrogen uptake and use by competing individuals in a *Xanthium canadense* Stand., *Oecologia*, Vol. 126, pp. 174-181, 2001.
- [22] G. Bélanger, F. Gastal & F. R. Warembourg. The effects of nitrogen fertilisation and the growing season on carbon partitioning in a sward of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). *Annals of Botany*, Vol.70, pp. 239-244, 1992.
- [23] M. Arif, M. Tasneem, F. Bashir, G. Yaseen & A. Anwar. Evaluation of Different Levels of Potassium and Zinc Fertilizer on the Growth and Yield of Wheat. *International Journal of Biosensors & Bioelectronics*, Vol. 3 (2), pp. 1-5, 2017.
- [24] M. Ghosh, B. Mandal, B. Mandal, S. Lodh & A. Dash. The effect of planting date and nitrogen management on yield and quality of aromatic rice (*Oryza sativa*). *Journal of Agricultural Sciences*, Vol. 142, pp. 183-191, 2004.

- [25] V. K. Srivastava, S. Govind, J. S. Bohra, S. Avijit, J. P. Singh & S. K. Gouda. Response of hybrid rice to the application of nitrogen, magnesium and boron. *Annal of Agricultural Research New Series*, Vol. 27 (4), pp. 392-396, 2006.
- [26] J. M. G. Carvalho, E. M. Bonfim-Silva, T. J. A. Silva, H. H. F. Sousa, S. L. Guimarães & A. B. Pacheco. Nitrogen and potassium in production, nutrition and water use efficiency in wheat plant. *Ciencia e investigacio*.
- [27] M. S. Islam, M. Hasanuzzaman & Md. Rokonzaman. Ratoon rice response to different fertilizer doses in irrigated condition. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, Vol. 73 (4), pp. 197- 202, 2008.
- [28] Z. Rengel. Genotypic differences in micronutrient use efficiency in crops. *Comm. Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 32, pp. 1163-1186, 2001.
- [29] A. C. Le Gall. Effets des dépôts atmosphériques de soufre et de l'azote sur les sols et les eaux douces en France. Unité de modélisation et analyse économique pour la gestion des risques. Direction des risques chroniques, INERIS. 116 p, 2004.
- [30] N. K. Fageria & V. C. Baligar. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, Vol. 88, pp. 97-185, 2005.
- [31] B. Hafeez, Y. M. Khanif & M. Saleem. Role of Zinc in Plant Nutrition. *American Journal of Experimental Agriculture*, Vol. 3 (2), pp. 374-391, 2013.
- [32] H. Ali, Z. Hasnain, A. N. Shahzad, N. Sarwar, M. K. Qureshi, S. Khaliq & M. F. Qayyum. Nitrogen and zinc interaction improve yield and quality of submerged basmati rice (*Oryza sativa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj - Napoca*, Vol. 42 (2), pp. 372 – 379, 2014.
- [33] B. G. Bekele. Review on nitrogen: Forms, functions and effects on potato growth performance. *World Scientific News*, Vol. 101, pp. 44-54, 2018.

## Mise au point d'un concasseur à noix palmistes pour les Paysans de Secteur de Loango/Kongo Central en République Démocratique du Congo, afin de pallier aux problèmes liés à la production quantitative des amandes palmistes

[ Development of a palm nuts crusher for farmers in the Loango/Kongo Central sector in the Democratic Republic of Congo, in order to overcome the problems associated with the quantitative production of palm kernels ]

*Bunga Ki-Mombo Noël*

Institut Supérieur des Techniques Médicales de Tshela, Technique de Laboratoire, RD Congo

---

Copyright © 2022 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 objective of this project is to develop a palm nuts crusher to produce a large quantity of kernels for the benefit of the inhabitants of Loango Sector in Kongo-Central in the Democratic Republic of Congo. During the dry season, the palm trees produce a small quantity of palm nuts for the manufacture of palm oil. Farmers resort to the exploitation of palmite nuts by separating them with the fibers which are considered to be the residues during the extraction of palm oil. To have an estimated quantity of 30 and 35 kg of almonds per week, a household has to crush the palm nuts manually. The process is done using two stones with which the women (the family) break the nuts one by one with the risk of injury and fracture of fingers for 4 or 5 days in order to sell them at the market on the 6th day. To overcome the problems of crushing palm kernels, we have developed a crusher capable of crushing several tons of palm kernels in a short time. The tests showed that after 9 minutes the machine crushed 200 kg of almonds on the first test and 22 minutes on the second test of 600 kg.

**KEYWORDS:** Palm nuts, crusher, palm kernels, Loango sector, phuka.

**RESUME:** L'objectif visé par ce projet est de mettre au point un concasseur à noix palmistes pour produire une quantité importante d'amandes au profit des habitants de Secteur de Loango dans le Kongo-Central en République Démocratique du Congo. Durant la période de saison sèche les palmiers produisent une quantité faible de noix de palme pour la fabrication de l'huile de palme. Les paysans font recours à l'exploitation des noix de palmistes en les séparant avec les fibres qui sont considérés comme étant les résidus lors de l'extraction de l'huile de palme.

Pour avoir une quantité estimée à 30 et 35 Kg des amandes par semaine, un ménage est soumis à concasser les noix palmistes manuellement. Le processus se fait à l'aide de deux pierres avec lesquelles les femmes (la famille) cassent une à une les noix avec des risques de blessure et de fracture des doigts durant 4 ou 5 jours afin les vendre au marché le 6<sup>ème</sup> jour.

Pour pallier aux problèmes de concassage des amandes palmistes nous avons mis au point un concasseur capable de concasser plusieurs tonnes d'amandes palmistes en peu de temps. Les essais ont montré qu'au bout de 9 minutes la machine a concassé 200 Kg d'amandes palmistes lors du premier essai et 22 minutes au second essai de 600 Kg.

**MOTS-CLEFS:** Noix palmistes, Concasseur, Amandes palmistes, Loango, Phuka.

## 1 INTRODUCTION

Le palmiste est l'amande contenue dans le noyau du fruit du palmier. Elle contient un pourcentage important d'huile, qui peut être extraite de différentes manières. Les paysans dans les milieux ruraux vivent souvent sur base de produits agricoles qu'ils cultivent manuellement. Ils rencontrent des difficultés pour épargner, car la production est tellement faible parce que les travaux de champ la plupart ne sont pas mécanisés. Durant la saison de pluies les paysans s'occupent aux travaux de champ et à l'extraction de l'huile de palme qu'ils vendent pour la survie.

Durant la période de saison sèche les palmiers produisent une quantité faible de noix de palme pour la fabrication de l'huile de palme. Les paysans font recours à l'exploitation des noix de palme en les séparant avec les fibres qui sont considérés comme étant les résidus lors de l'extraction de l'huile de palme.

### 1.1 OBJECTIF

Pour avoir une quantité estimée entre 30 à 35 Kg par semaine, un ménage est soumis à concasser les noix palmistes manuellement. Le processus se fait à l'aide de deux pierres avec lesquelles les femmes (la famille) cassent une à une les noix avec des risques de blessure et de fracture des doigts durant 4 ou 5 jours afin les vendre au marché le 6<sup>ème</sup> jour. Alors que à l'issue d'une étude de faisabilité il a été possible concevoir une machine motorisée pour diminuer l'effort musculaire.

### 1.2 OBJECTIF SPÉCIFIQUE

L'objectif poursuivi par cette recherche est mettre au point un concasseur à amande palmiste pour pallier aux problèmes liés à la production quantitative des amandes palmistes afin de permettre aux paysans de secteur de Loango une production quantitative des amandes palmistes durant une courte période. Quels sont les moyens mis en œuvre pour mettre en lumière ce projet ?

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Le secteur de Loango est localisé par la latitude de -5.164205 et la longitude de 12.970361 et à 15 Km de Tshéla à 105 Km de la ville de Boma.

Nous avons choisi une place à la forêt d'une surface d'un are localisée par la latitude de -5.148128 et la longitude de 12.979249 à proximité de quatre villages. Il s'agit de Loango M'bindi, Loango Sina, Phuka Nguvu, et Mbenza Phuka afin de nous procurer sans peine les noix palmistes pour effectuer les expériences de la machine après sa conception.

### 2.2 MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

L'objectif poursuivi par cette recherche est de mettre au point un concasseur à amandes palmistes pour palier au problème lié à la production quantitative des amandes palmistes afin de permettre aux paysans de Secteur de Loango de produire les amandes palmistes en grande quantité durant une courte période. Quels sont les moyens mis en œuvre pour mettre en lumière ce projet ?

Dans cette optique nous avons pensé à mettre au point un concasseur à amandes palmistes afin de trouver une solution durable pour aider la population à la production quantitative en peu de temps.

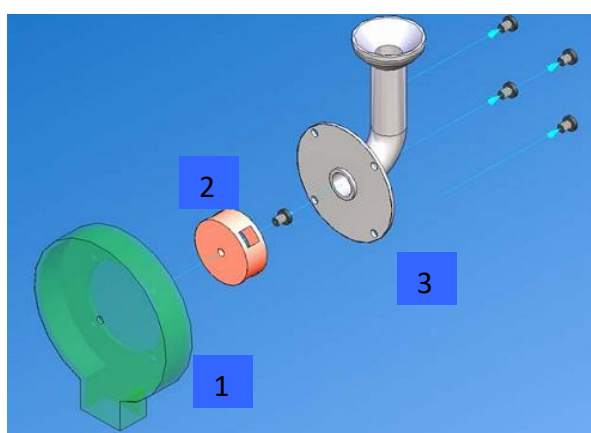
#### 2.2.1 CONCEPTION DU MODÈLE

Concevoir un modèle du concasseur est une étape cruciale permettant de résoudre les problèmes liés à la production quantitative des amandes palmistes. Nous avons esquissé un dessin puis utiliser le logiciel de dessin assisté par ordinateur *Solid Edge V16*. Ce logiciel nous a permis de dessiner à trois dimensions en partant de l'esquisse. La figure 1 montre le modèle du concasseur 3D.



**Fig. 1.** *Concasseur à noix palmiste*

Nous avons souhaité d'ajouter le dessin vue éclatée pour permettre une compréhension de l'emplacement de chacune des pièces qui constituent le concasseur. La figure 2 Montre la vue en éclatée.



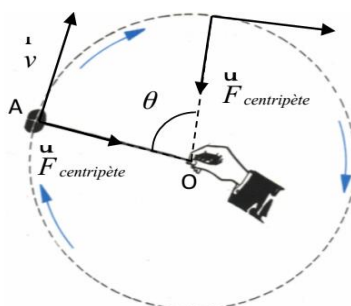
**Fig. 2.** *Concasseur à noix palmiste vue en éclatée*

La machine est constituée de trois (3) parties essentielles:

Le bâti (1), la fronde (2), la trémie (3)

### 2.2.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le fonctionnement de la machine est basé sur le principe d'une fronde (Rotation d'une pierre accrochée à une corde). La pierre décrit un mouvement circulaire uniforme, sur sa trajectoire la vitesse est constante et la pierre ne possède pas d'accélération dans la direction du mouvement.



**Fig. 3.**

Dans le cas d'une trajectoire circulaire, la force à exercer est dirigée vers le centre de la trajectoire, la force est radiale ou encore centripète.

On peut donc définir une accélération centripète et d'après loi de Newton.

$$\vec{F}_{\text{centripète}} = m \cdot \vec{a}_{\text{centripète}} \quad (\text{i})$$

$$\vec{a}_{\text{centripète}} = \frac{v^2}{R} \quad (\text{ii})$$

Mettons (ii) dans (i):

$$\vec{F}_{\text{centripète}} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

Avec: R: rayon de la trajectoire circulaire

v: vitesse linéaire

m: masse de l'objet

On appelle vitesse linéaire du point A, l'arc de cercle décrit par A en 1 seconde.

$$v = \frac{2\pi R}{T} \text{ avec: } v: \text{vitesse linéaire (m/s)}$$

R: rayon du cercle (m)

T: période (temps mis pour faire 1 tour) (s)

Pour ce qui concerne notre projet la fronde est une pièce cylindrique avec quatre (4) trous ou sorties opposées les uns aux autres couplée avec un moteur d'entraînement. Les noix séchées sont introduits dans l'entonnoir au moment où la fronde est en mouvement circulaire. Les noix palmistes tombent à l'intérieur de la fronde. Les noix se créent un chemin suivant les vides de la pièce par le principe de la fronde avec une certaine force en se projetant comme les projectiles vers la paroi du bâti fixe. Par la suite les noix vont exploser.

La fronde est représentée en section A-A' sur la figure 3.

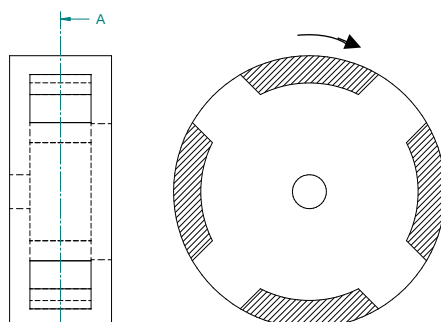


Fig. 4. Vue en coupe A-A' de la fronde

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 ESSAI TECHNIQUE 1

Après la conception du concasseur, nous avons procédé aux essais pour évaluer les performances de la machine. Le premier essai était basé sur une masse de 200 Kilogrammes des noix palmistes. La machine a concassé d'une durée de 9 minutes et 35 secondes. Les résultats issus de cette expérience sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1.

|               | Différentes Masses | En pourcentage |
|---------------|--------------------|----------------|
| Amandes bruts | 200 Kg             | 100%           |
| Amandes finis | 35 Kg              | 17,5 %         |
| Amandes ratés | 55 Kg              | 27,5 %         |
| Résidus       | 110 Kg             | 55%            |

Source: Résultat essai technique 1

### 3.1.1 EVALUATION DES PERFORMANCES DU CONCASSEUR

L'évaluation des performances du concasseur est une des activités maîtresses du point de vue technique. Les éléments nécessaires à déterminer sont:

- La capacité horaire
- Le taux de brisures des amandes
- Le taux de concassage

#### 3.1.1.1 CAPACITE HORAIRE $C_h$ (Kg/H)

La capacité horaire exprimée en kilogramme par heure détermine la quantité de noix palmistes concassées par le concasseur durant une heure:

$$C_h = \frac{m_e}{T_e} \text{ [Kg/h]}$$

$m_e$ : La masse de l'échantillon (Kg)

$T_e$ : La durée du concassage de l'échantillon (h)

Pour le cas du projet nous avons concassé 200 Kg durant 9 minutes et 35 secondes. On a déduit que:

$$C_h = \frac{200 \text{ Kg}}{575 \text{ s}} \times 3600 = 1252 \text{ Kg/h}$$

#### 3.1.1.2 TAUX DE BRISURE DES AMANDES $T_b$ (%)

Le taux de brisure est déterminé par la formule:

$$T_b = \frac{m_b}{m_a} (\%)$$

$m_b$ : Masse des amandes brisées (g)

$m_a$ : Masse total d'amande obtenue (g)

Pour déterminer le taux de brisure des amandes, nous avons estimé de prendre l'échantillon d'un kilogramme. Nous avons trié et pesé les amandes brisées:

$m_b = 0,07 \text{ Kg} \approx 70 \text{ g}$  et  $m_a = 1 \text{ Kg} \approx 1000 \text{ g}$

$$T_b = \frac{70}{1000} \times 100 \% = 7 \%$$

#### 3.1.1.3 TAUX DE CONCASSEGE $T_c$ (%)

Le taux de concassage détermine la quantité des noix concassées par rapport à la quantité totale de noix introduites dans le concasseur.

$$T_c = \frac{m_c}{m_t}$$

Avec: -  $m_c$ : masse de noix concassées

-  $m_t$ : masse totale de noix introduite dans le concasseur

$$T_c = \frac{145}{200} \times 100 = 72,5 \%$$

### 3.2 ESSAI TECHNIQUE 2

Lors du deuxième essai nous avons procéder avec un échantillon de 600 Kg, concassés durant 22 minutes. A la suite de l'expérience nous déduisons:

Tableau 2.

|               | Différentes Masses | En pourcentage |
|---------------|--------------------|----------------|
| Amandes bruts | 600 Kg             | 100%           |
| Amandes finis | 102 Kg             | 17 %           |
| Amandes ratés | 98 Kg              | 16,3 %         |
| Résidus       | 400 Kg             | 66,7%          |

Source: Résultat essai technique 2

### 3.2.1 CAPACITE HORAIRE CH (KG/H)

La capacité horaire est déterminée par:

$$C_h = \frac{600 \text{ Kg}}{1320 \text{ s}} \times 3600 = 1636,3636 \text{ Kg/h}$$

### 3.2.2 TAUX DE BRISURE DES AMANDES Tb (%)

Le taux de brisure des amandes est identique à celui de la première expérience:

$$T_b = 7\%$$

### 3.2.3 TAUX DE CONCASSAGE Tc (%)

Le taux de concassage est estimé par:

$$T_c = \frac{502}{600} \times 100 = 83,66 \%$$

## 3.3 MÉTHODE DE SÉPARATION

La séparation des amandes palmistes avec les coques représentant une tâche complexe. Plusieurs techniques sont utilisées. Pour ce projet nous avons utilisé la méthode de séparation par bain d'argile.

La méthode de séparation par bain d'argile est une méthode traditionnelle qui consiste à mettre le mélange (coques et amandes palmistes) dans un bain d'argile. Les amandes moins denses flottent et les coques denses coulent. Cette méthode requiert un séchage des amandes. Pour ce projet, nous avons utilisé les deux méthodes de séparation:

- Premièrement l'ensemble des amandes palmistes et les résidus tombent verticalement sur un dispositif incliné d'un angle de 60° avec l'horizontal. Ce dispositif joue le rôle d'un tamis permettant à diminuer la quantité des coques avant de passer au deuxième processus



Fig. 5. Photo site (chantier) choisi pour les expériences

- Deuxièmement nous avons utilisé la séparation par bain d'argile dans un bassin de volume  $2\text{m} \times 1\text{m} \times 0,7\text{m}$



**Fig. 6. Photo cuve**

#### **4 DISCUSSION**

Pour avoir une quantité estimée à 30 et 35 Kg des amandes palmistes par semaine, un ménage est soumis à concasser les noix palmistes manuellement. Le processus se fait à l'aide de deux pierres avec lesquelles les femmes (un ménage) cassent une à une les noix avec des risques de blessure et de fracture des doigts les durant 4 à 5 jours afin les vendre au marché le 6<sup>ème</sup> jour. A l'issue d'une étude de faisabilité nous sommes arrivés à concevoir une machine motorisée pour diminuer l'effort musculaire.

Concevoir un concasseur à noix palmistes est indispensable pour pallier aux problèmes majeurs compromettant la production quantitative des amandes palmistes à une courte durée.

Lors de premier essai nous avons estimé un échantillon de 200 Kg concassé durant 9 minutes et 35 secondes. Les résultats recueillis sont repris dans le tableau ci-après:

**Tableau 3.**

|               | <b>Différentes Masses</b> | <b>En pourcentage</b> |
|---------------|---------------------------|-----------------------|
| Amandes bruts | 200 Kg                    | 100%                  |
| Amandes finis | 35 Kg                     | 17,5 %                |
| Amandes ratés | 55 Kg                     | 27,5 %                |
| Résidus       | 110 Kg                    | 55%                   |

Source: Résultat essai technique 1

Nous avons séparé les coques aux amandes par la méthode traditionnelle (séparation par bain d'argile) durant 40 minutes à deux personnes. Donc le temps écoulé pour cette opération est estimé 50 minutes.

Les éléments essentiels pour évaluer les performances du concasseur lors de premier essai sont repris dans le tableau ci-après:

**Tableau 4.**

| <b>La capacité horaire<br/><math>C_h[\text{kg/h}]</math></b> | <b>Taux de brisures des amandes<br/><math>T_b[\%]</math></b> | <b>Taux de concassage<br/><math>T_c[\%]</math></b> |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1252                                                         | 7                                                            | 72,5                                               |

Source: Résultat essai technique 1

A la suite de premier essai, nous avons procédé au deuxième avec un échantillon de 600 Kg de noix palmistes concassés durant 22 minutes dont les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5.

|               | Différentes Masses | En pourcentage |
|---------------|--------------------|----------------|
| Amandes bruts | 600 Kg             | 100%           |
| Amandes finis | 102 Kg             | 17 %           |
| Amandes ratés | 98 Kg              | 16,3 %         |
| Résidus       | 400 Kg             | 66,7%          |

Source: Résultant essai technique 2

La séparation des coques aux amandes a durée 1heure 30 minutes de travail effectué par deux personnes. Donc le temps écoulé pour cette opération est estimé 1heure et 52 minutes.

Pour cette étape, les éléments essentiels pour évaluer les performances du concasseur lors du premier essai sont repris dans le tableau ci-après:

Table 1.

| La capacité horaire<br>$C_h$ [kg/h] | Taux de brisures des amandes<br>$T_b$ [%] | Taux de concassage<br>$T_c$ [%] |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| 1636,3636                           | 7                                         | 83,66                           |

Source: Résultant essai technique 2

Lors des essais, nous avons constaté que les taux de brisures des amandes sont égaux. Alors que le taux de concassage est de 72, 5 % pour le premier essai et de 83, 66 % durant le deuxième essai. Nous avons conclu que cet écart est dû à la présence d'une faible quantité de fibres durant la première expérience, car nous avons entretenu la machine avant la deuxième expérience qui nous a donné un taux de brisures de 83,66%.

## 5 CONCLUSION

Nous voici au terme de notre étude qui a porté sur « Mise au point d'un concasseur à noix palmistes pour les Paysans de Secteur de Loango/Kongo Central, en République Démocratique du Congo, afin de palier au problème lié à la production quantitative de noix palmistes ».

Nous avons observé avec attention la quantité des amandes palmistes que les Paysans vendent au marché est estimé entre 30 et 35kg/semaine par ménage. Alors qu'il s'agit d'un travail de pénible de 5 jours pour un ménage. Sur base de cette réalité que nous avons eu l'initiative de concevoir un concasseur à noix palmistes pour aider les paysans.

Pour pallier aux problèmes de concassage des noix palmistes nous avons mis au point un concasseur capable de concasser plusieurs tonnes de noix palmistes en peu de temps. Les essais ont montré qu'au bout de 9 minutes la machine a concassé 200 Kg d'amandes palmistes lors de premier essai et 600 Kg au bout de 22 minutes pendant le second.

## REMERCIEMENT

L'auteur remercie Ingénieur MVUMBI MAYALA et Madame NZAU BIET Hélène pour leur contribution le long de cette étude.

## REFERENCES

- [1] Dang Phuc Tran, CODEART asbl, Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes, 53p, Avril 2010.
- [2] Djamba E.O., katunda R.M., Masengo E.I., Banguma P., Kanyanga M.P., Kibal M.I., Siasia A.D., Kalanda L.K. « Effet de séchage de noix palmiste sur le rendement de l'huile de palmiste extraite par les techniques traditionnelles utilisées dans le territoire de Kabinda, R.D.Congo », *Congo Science, Journal en ligne de l'ACASTI et du CEDESURK*, 7p, 2016.
- [3] R. Ahouansou, P. Houssou et A. Singbo. *Mise au point et évaluation technique de concasseur de noix de palmiste*, Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin 9p, Mars 2006.
- [4] Introduction À Solid Edge Version 16, MU29000-F 160, 113p, 2004.
- [5] [www.afblum.be](http://www.afblum.be), UAA5: FORCES ET MOUVEMENT), p30, 2020.

