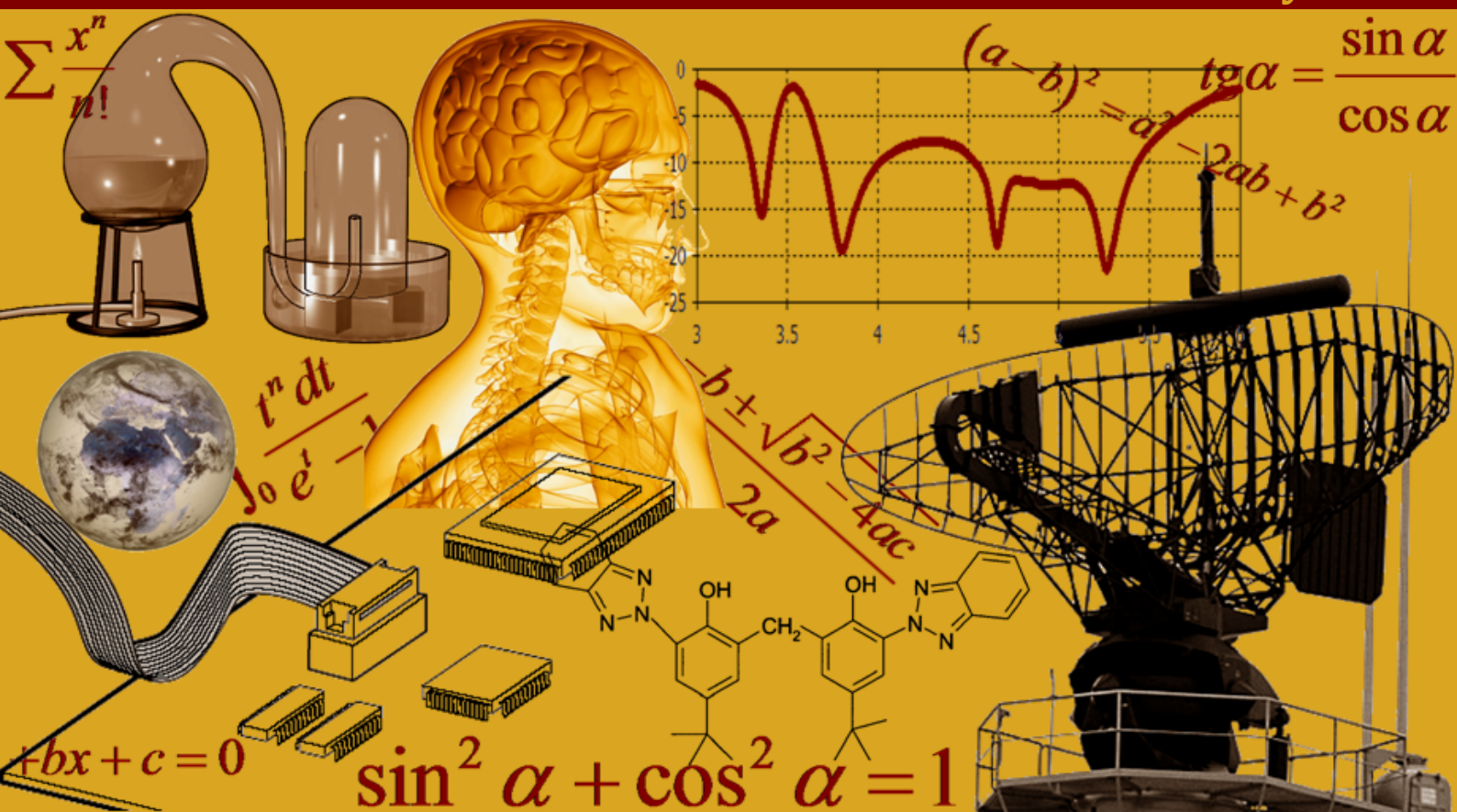


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 78 N. 2 May 2025



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2336-0046) 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 Raisoni 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

Desarrollo de un instrumento para la evaluación docente a nivel posgrado aplicando metodologías ágiles <i>José Juan Hernández Mora, María Guadalupe Medina Barrera, Elizabeth Cuatecontzi Cuahutle, and Juan Ramos Ramos</i>	125-132
Enhancing the Teaching-Learning Process in Life and Earth Sciences through Simulated Experiments: Challenges and Solutions <i>Aziz Bidari, Mourad Madrane, Rachid Janati-Idrissi, El Mustapha Amiri, and Anouar AIDOUN</i>	133-143
Probable substitution du kaolin importé par une argile locale dans les formulations à base d'élastomères manufacturés aux ateliers plastiques de la Gécamines <i>Jean Luc Kashala Kapalola</i>	144-160
Integrating IT in Higher Education: The Role of LMS, SIS and HMS <i>Moe Moe Zaw</i>	161-166
Inférence bayésienne de la fiabilité structurelle d'une passe vannée de barrage à partir de son arbre de défaillance <i>Guy-de-Patience FTATSI MBETMI, François Juvenaul TAMO CHEKAM, Frédéric DUPRAT, and Wolfgang NZIE</i>	167-173
La problématique de la discrimination de la femme dans l'administration publique au Sud-Kivu: Cas de la femme enseignante dans la ville de Bukavu <i>Nshokano Mulegwa Jacques</i>	174-179

Desarrollo de un instrumento para la evaluación docente a nivel posgrado aplicando metodologías ágiles

[Development of a teaching evaluation instrument at the graduate level using agile methodologies]

José Juan Hernández Mora, María Guadalupe Medina Barrera, Elizabeth Cuatecontzi Cuahutle, and Juan Ramos Ramos

División de estudio de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Apizaco, Apizaco, Tlaxcala, México

Copyright © 2025 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 many institutions, the evaluation of faculty performance in graduate programs is carried out using instruments designed for undergraduate programs or with an exclusive focus on research, which limits the effectiveness and objectivity of the evaluation in the classroom. Therefore, it is necessary to develop a specific instrument to assess teaching in the graduate context, one that facilitates effective feedback and promotes continuous improvement in the teaching-learning process. This work presents the development of a methodology based on the Design Science Research model and an agile approach using Scrum, applied to create a teaching evaluation instrument for graduate programs. The methodological process was structured in two phases: the first phase involved an analysis of the state of the art, while the second adopted an iterative approach in three stages. During each sprint, the instrument was refined through feedback from students, faculty, and administration, allowing for continuous improvement and adaptation to the needs of the context. The applied methodology resulted in an effective tool, adapted to the academic environment, that significantly contributes to the improvement of educational management and teaching quality in graduate-level programs.

KEYWORDS: Teaching Evaluation, Design Science Research, Graduate Teaching, Agile Methodology, Teaching Performance.

RESUMEN: En muchas instituciones, la evaluación del desempeño docente en programas de posgrado se realiza mediante instrumentos diseñados para licenciatura o con un enfoque exclusivo en la investigación, lo que limita la efectividad y objetividad de la evaluación en el aula. Por ello, es necesario desarrollar un instrumento específico para evaluar la docencia en el contexto del posgrado, que facilite retroalimentación efectiva y promueva la mejora continua del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Este trabajo presenta el desarrollo de una metodología basada en el modelo de Investigación en Ciencias del Diseño y un enfoque ágil utilizando Scrum, aplicada para crear un instrumento de evaluación docente en programas de posgrado. El proceso metodológico se estructuró en dos fases: la primera consistió en el análisis del estado del arte, mientras que la segunda adoptó un enfoque iterativo en tres etapas. Durante cada sprint, el instrumento fue refinado mediante la retroalimentación de estudiantes, docentes y la administración, permitiendo su mejora continua y adaptación a las necesidades del contexto. La metodología aplicada resultó en una herramienta eficaz, adaptada al entorno académico, que contribuye significativamente a la mejora de la gestión educativa y la calidad docente en el nivel de posgrado.

PALABRAS-CLAVES: Evaluación docente, Investigación en Ciencias del Diseño, Docencia en Posgrado, Metodología Ágil, Desempeño docente.

1 INTRODUCCIÓN

La mejora continua de la calidad educativa es una prioridad para las Instituciones de Educación Superior (IES), donde la calidad docente constituye uno de los pilares fundamentales. En el nivel de posgrado, esta mejora requiere un enfoque capaz de integrar elementos altamente especializados y diversos. Por ello, se propone el desarrollo de un instrumento de evaluación docente diseñado específicamente para este nivel, con el propósito de generar una retroalimentación multidimensional e integral que abarque las áreas de docencia, investigación y proyección social.

En este trabajo se propone una Metodología para el Desarrollo de un Modelo Ágil para desarrollar un instrumento para la evaluación docente en programas de posgrado, integrando las perspectivas de estudiantes, docentes y la administración educativa, con el objetivo de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión académica y la calidad educativa. Además, la metodología desarrollada destaca por su capacidad para fomentar la colaboración entre las partes interesadas, aprovechar sus conocimientos y experiencias, y adaptar el diseño a las necesidades específicas del entorno educativo.

Esta propuesta prioriza la colaboración eficiente y la comunicación precisa entre los distintos actores involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este documento se presenta la metodología empleada para desarrollar el sistema de evaluación docente y, finalmente, se presentan los resultados obtenidos, resaltando su impacto en la mejora continua de la calidad educativa en el ámbito de posgrado.

2 ANTECEDENTES

La evaluación docente tiene como objetivo analizar la eficiencia del docente para identificar indicadores que permitan tomar decisiones informadas y mejorar la calidad de la enseñanza [1]. Este proceso es complejo debido a la diversidad de factores involucrados, como las características del proceso de enseñanza-aprendizaje y las variaciones contextuales disciplinarias [2]. En el nivel de posgrado, este ámbito ha sido poco explorado, y se critican los métodos tradicionales por su ambigüedad y falta de adaptación al contexto, destacando la necesidad de diferenciar entre la evaluación de la enseñanza y el trabajo académico en general [3].

La evaluación docente en el nivel de postgrado ha sido objeto de múltiples investigaciones. Diversas metodologías se han propuesto para evaluar a los docentes en este nivel, cada una con sus propias ventajas y desventajas. A continuación, se muestran algunos de los paradigmas más utilizados en este contexto.

2.1 EVALUACIÓN A TRAVÉS DE ENCUESTAS DE SATISFACCIÓN ESTUDIANTEL

Las encuestas de satisfacción estudiantil constituyen uno de los métodos más utilizados para evaluar el desempeño docente. Este enfoque se fundamenta en la retroalimentación directa de los estudiantes sobre diversos aspectos de la enseñanza, tales como la calidad educativa, el dominio de la materia y la capacidad comunicativa del docente. Según [4], estas encuestas permiten obtener datos de manera rápida y eficiente, alcanzando a un amplio número de estudiantes. Por su parte, en [5] se sostiene que este método proporciona una evaluación directa de la experiencia estudiantil, capturando las percepciones de los alumnos sobre diferentes facetas del proceso educativo. Sin embargo, también existen algunos inconvenientes asociados a este tipo de evaluación. Las respuestas obtenidas pueden verse influenciadas por factores personales, como la relación entre el docente y el estudiante o la carga de trabajo, lo cual puede distorsionar la representación objetiva de la calidad educativa [6]. Asimismo, es posible que las evaluaciones se vean sesgadas por emociones o prejuicios hacia el profesor, lo que afecta la imparcialidad de los resultados.

2.2 EVALUACIÓN MEDIANTE OBSERVACIÓN DIRECTA DEL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE

La observación directa constituye otro método empleado para evaluar el desempeño docente, en el cual observadores capacitados analizan aspectos clave como la interacción del docente con los estudiantes, la gestión de los contenidos y las metodologías utilizadas en el aula. Además, este enfoque permite realizar una observación precisa y un análisis exhaustivo de las técnicas y el estilo andragógico del docente [7]. Asimismo, en [8] señalan que la observación directa ofrece la oportunidad de proporcionar retroalimentación personalizada, lo que facilita la mejora de las prácticas docentes. No obstante, esta técnica presenta ciertos desafíos. Por un lado, los observadores pueden interpretar de manera subjetiva las acciones del docente, lo que podría afectar la objetividad de la evaluación [9]. Por otro lado, algunos docentes pueden experimentar incomodidad o sensación de ser vigilados durante las observaciones, lo que puede influir negativamente en su desempeño [10].

2.3 AUTOEVALUACIÓN DOCENTE

La autoevaluación es un proceso mediante el cual los docentes reflexionan sobre su práctica educativa, identifican áreas de mejora y analizan su desempeño en relación con los objetivos de aprendizaje establecidos. Asimismo, este tipo de evaluación fomenta la autorreflexión, lo que permite a los docentes reconocer tanto sus fortalezas como sus debilidades en el proceso de enseñanza [11]. Paralelamente, en [12] se destaca que la autoevaluación contribuye al desarrollo de la autonomía y el compromiso con el aprendizaje, promoviendo la mejora continua del docente. No obstante, el autoanálisis puede estar sujeto a sesgos, ya que los docentes podrían tender a sobrevalorar sus logros o minimizar sus deficiencias [13].

2.4 EVALUACIÓN DOCENTE MULTIDIMENSIONAL Y METODOLOGÍAS ÁGILES EN EL CONTEXTO DE LA EDUCACIÓN DE POSGRADO

Cada metodología de evaluación docente en el nivel de postgrado ofrece una perspectiva distinta y tiene implicaciones tanto positivas como limitaciones. Si bien los métodos más comunes como las encuestas de satisfacción y la observación directa proporcionan valiosa retroalimentación, es necesario considerar sus limitaciones inherentes en cada una de ellas.

Por ello, en [14] proponen un modelo de evaluación docente de carácter multidimensional que integre las dimensiones de docencia, investigación y proyección social. Este enfoque estratégico permite identificar fortalezas y áreas de mejora en el desempeño docente, beneficiando tanto a los estudiantes como a la institución educativa al fortalecer las competencias pedagógicas y profesionales del profesor.

En el contexto de los programas de posgrado, la evaluación docente debe considerar las elevadas expectativas de los estudiantes, quienes buscan aplicar los conocimientos adquiridos en sus entornos laborales. Además, es fundamental incluir todas las variables relacionadas con el proceso educativo, tales como el clima escolar, la infraestructura y el currículo, así como los factores contextuales que influyen en la calidad educativa [14], [15].

En este sentido, un modelo de evaluación docente en el nivel de posgrado debe integrar estos factores de manera sistemática y utilizar metodologías ágiles para identificar áreas de oportunidad en los procesos académicos, administrativos y de apoyo. Este enfoque permite diseñar e implementar estrategias orientadas a la mejora continua de la calidad educativa.

Las metodologías ágiles, definidas como un enfoque flexible, adaptable e iterativo para la gestión de proyectos y el desarrollo de productos, priorizan la colaboración, la retroalimentación continua y la entrega incremental de resultados funcionales. Estas metodologías permiten una rápida adaptación a los cambios y están diseñadas para satisfacer de manera más eficiente las necesidades de los usuarios [16].

Igualmente, las metodologías ágiles fomentan el trabajo en equipo eficaz, los ciclos cortos de desarrollo y la mejora continua mediante una evaluación constante. Asimismo, enfatizan la importancia de las personas y sus interacciones por encima de los procesos rígidos, promoviendo una comunicación directa y una toma de decisiones en tiempo real [17].

Ejemplos destacados de metodologías ágiles, como Scrum y Kanban, han demostrado su eficacia no solo en el desarrollo de software, sino también en una amplia variedad de contextos organizacionales. Su capacidad para responder de manera rápida y efectiva a entornos dinámicos las convierte en herramientas valiosas para gestionar procesos educativos en instituciones de nivel superior [18].

2.5 EL PARADIGMA DE LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DEL DISEÑO

El paradigma de la Investigación en Ciencias del Diseño (Design Science Research, DSR) se fundamenta en la ingeniería y las ciencias de lo artificial, con el objetivo de ampliar el conocimiento humano mediante la creación de artefactos innovadores y soluciones aplicadas a problemas del mundo real [19]. Este enfoque integra elementos de diseño existentes, evalúa empíricamente las soluciones y genera conocimiento prescriptivo útil para alcanzar objetivos específicos.

La DSR se organiza en seis actividades principales: identificación del problema, definición de objetivos, diseño y desarrollo, demostración, evaluación y comunicación. Este modelo facilita un ciclo iterativo que combina diversas técnicas de investigación propias de las ciencias sociales, como entrevistas, encuestas y análisis de casos [19], [20].

El conocimiento generado por la DSR destaca por su validez científica y utilidad práctica. También, incluye enunciados prescriptivos que guían cómo alcanzar objetivos determinados [21]. Además, el pragmatismo se considera una base epistemológica adecuada para la DSR, dado su enfoque en promover el cambio y la mejora en contextos específicos. Este paradigma se aplica a áreas como la gestión de proyectos, combinando métodos tradicionales de investigación con técnicas cuantitativas y cualitativas.

Estudios recientes, han demostrado la eficacia del enfoque iterativo en la DSR [22]. En su caso, dos iteraciones sobre una misma solución revelaron hallazgos significativos a través de actividades de desarrollo, demostración y evaluación. Estos resultados subrayan la importancia de integrar a las partes interesadas y utilizar herramientas metodológicas diversas para maximizar el impacto de la investigación.

En conclusión, la DSR es un enfoque versátil y pragmático que genera conocimiento aplicable a problemas complejos, promoviendo innovación, validez científica y mejora continua en múltiples dominios.

3 METODOLOGÍA

3.1 METODOLOGÍA BASADA EN FASES E ITERACIONES PARA EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE INSTRUMENTOS EN GESTIÓN EDUCATIVA

La metodología se fundamenta en la Investigación en Ciencias del Diseño (DSR) y en modelos ágiles, estructurándose en dos fases, como se ilustra en la Figura 1.

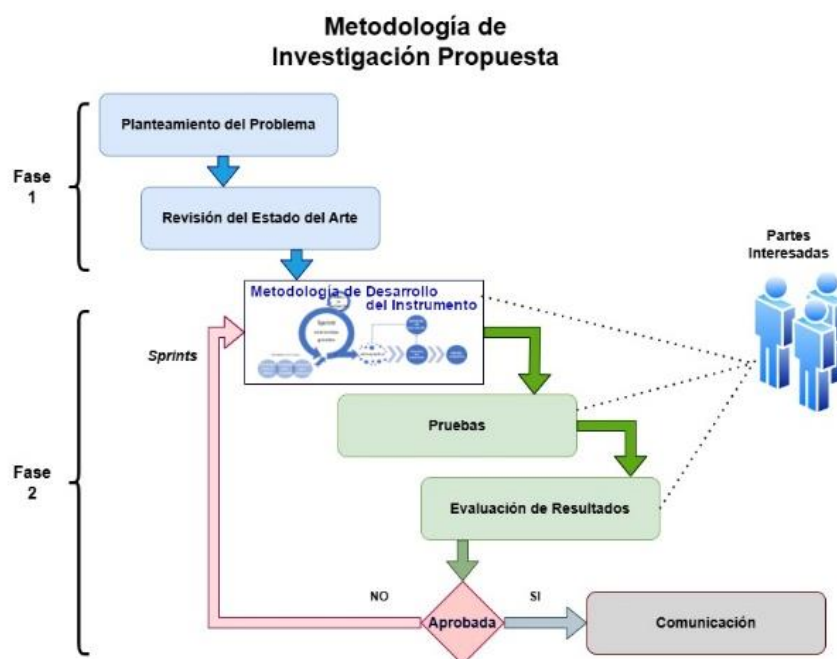


Fig. 1. Metodología propuesta para el Desarrollo de un Modelo Ágil en la Gestión de Proyectos de Investigación en Gestión Académica

La metodología desarrollada consta de dos fases principales, estructuradas para abordar de manera integral el diseño y evaluación de instrumentos aplicados a la gestión educativa.

En la **Primera Fase**, se lleva a cabo el planteamiento del problema y la revisión exhaustiva del estado del arte. Este proceso permite establecer las bases conceptuales y contextuales del proyecto, asegurando una comprensión clara del problema y su marco teórico.

En la **Segunda Fase**, se adopta una metodología ágil basada en iteraciones del modelo Scrum, que comprende tres etapas clave:

1. **Metodología de Desarrollo del Instrumento:** Esta etapa implica la elaboración del instrumento con la participación activa de un equipo multidisciplinario de investigadores, promoviendo un enfoque colaborativo y también ágil, que integra las diversas perspectivas.
2. **Pruebas o Demostración del Instrumento:** El instrumento diseñado se aplica en el problema a resolver, permitiendo evaluar su funcionalidad, pertinencia y efectividad inicial.
3. **Evaluación de Factores:** Se analizan los factores contextuales y metodológicos que influyen en el modelo. Los hallazgos obtenidos en esta etapa generan retroalimentación crítica que se utiliza para ajustar y mejorar el instrumento en iteraciones posteriores.

Estas tres etapas constituyen un ciclo iterativo propio de los modelos ágiles, adaptado para proyectos de investigación en el ámbito de la gestión educativa. La flexibilidad de este enfoque permite la refinación continua del instrumento, asegurando su alineación con los objetivos del proyecto.

Finalmente, la metodología desarrollada se comunica como un modelo de referencia para la creación del instrumento de evaluación docente en programas de posgrado.

3.2 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL INSTRUMENTO

La metodología que se desarrolló para la creación del instrumento integral de la evaluación docente en el nivel de posgrado está basada en el marco de desarrollo para proyectos ágiles *Scrum* [23]. En la figura 2 se muestra la metodología.

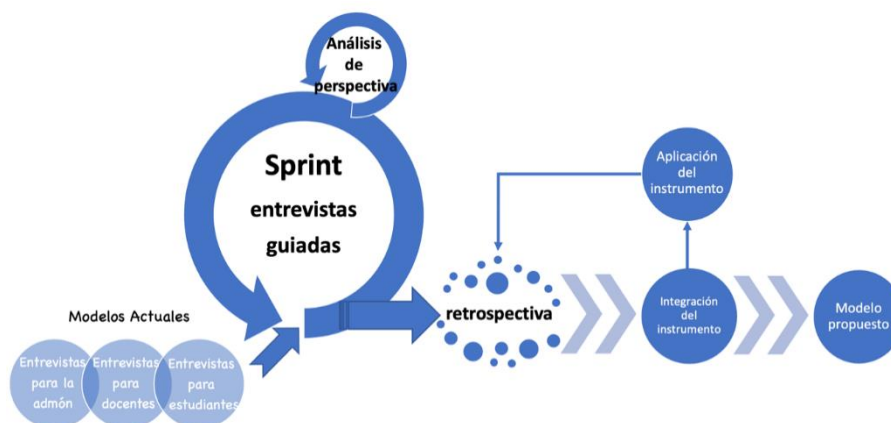


Fig. 2. Metodología de desarrollo del instrumento

La metodología expuesta en la Figura 2 se estructura en cuatro etapas principales: a) Revisión de literatura e identificación de factores y modelos existentes, b) Primer sprint: perspectiva del estudiante, c) Segundo sprint: perspectiva del docente, d) Tercer sprint: perspectiva de la administración, y e) Reuniones de retrospectiva.

- a) **Revisión de literatura e identificación de factores y modelos existentes.** En esta etapa inicial, se realiza una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con instrumentos de evaluación docente en el nivel de posgrado. A partir de este análisis, se identifican los factores y modelos relevantes desde las perspectivas de los estudiantes, docentes y personal administrativo.
- b) **Primer sprint: perspectiva del estudiante.** Se llevan a cabo entrevistas guiadas con estudiantes de posgrado para recopilar información clave sobre los aspectos que contribuyen a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Con los datos obtenidos, se diseña un instrumento preliminar para evaluar la actividad docente en aulas y laboratorios. Posteriormente, el instrumento se presenta y discute con los estudiantes, integrando sus sugerencias para su mejora.
- c) **Segundo sprint: perspectiva del docente.** Se aplican entrevistas a profesores de posgrado para identificar los puntos clave que deben ser considerados en el proceso de evaluación, priorizando el beneficio para los estudiantes. A partir de los hallazgos, se complementa el instrumento inicial con los aportes del profesorado. El instrumento revisado se presenta a los docentes para su retroalimentación y perfeccionamiento.
- d) **Tercer sprint: perspectiva de la administración.** Mediante entrevistas con el personal directivo, se establece qué aspectos del desempeño docente deben ser evaluados para promover la mejora continua en la calidad educativa. Con la información recabada, se diseña un instrumento desde la perspectiva administrativa, que posteriormente se discute con el cuerpo directivo para su ajuste final.
- e) **Reuniones de retrospectiva.** El modelo de evaluación docente desarrollado se presenta a la comunidad académica del posgrado para su validación y ajuste mediante críticas constructivas. Este proceso incluye la implementación de una evaluación piloto para analizar los resultados y generar una versión final del instrumento.

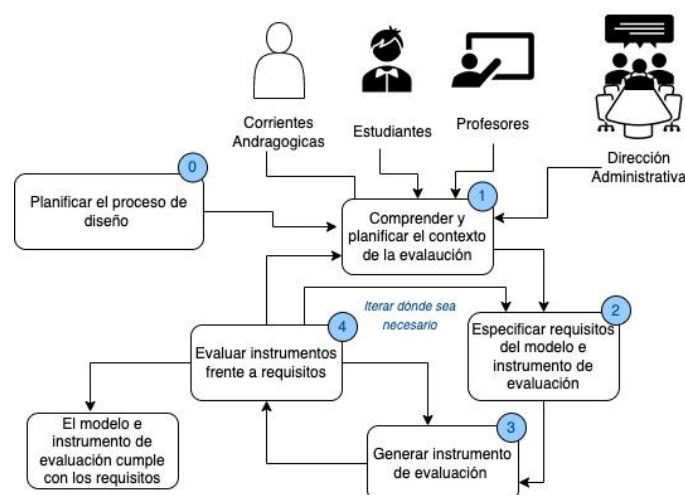


Fig. 3. Proceso del diseño del instrumento

Para garantizar la eficacia del modelo, se involucra a todas las partes interesadas en el proceso de diseño y evaluación. La metodología adoptada, basada en Scrum, sigue un enfoque iterativo que permite comprender y planificar el contexto de evaluación, especificar los requisitos, desarrollar el instrumento, evaluar su desempeño frente a los criterios establecidos y, finalmente, liberar una versión final para la prueba piloto. La Figura 3 ilustra el modelo iterativo implementado.

4 RESULTADOS

Se llevó a cabo un análisis de los instrumentos y criterios de evaluación a nivel posgrado presentes en la literatura, tanto a nivel nacional como internacional. Este análisis permitió realizar una comparación dimensional de los principales criterios e instrumentos de evaluación utilizados en las instituciones educativas de posgrado. Asimismo, se analizó los criterios e instrumentos de evaluación empleados por los organismos evaluadores de programas educativos a nivel posgrado.

Se consideraron los requisitos con la perspectiva del estudiante para identificar y discutir criterios de desempeño esperados del docente, para plantearlos en un instrumento de evaluación. Después, se realizó el análisis desde la perspectiva del docente para igualmente identificar y discutir criterios de autoevaluación de desempeño para el instrumento de evaluación. Finalmente, se planteó el instrumento para evaluar la actividad docente desde la perspectiva administrativa y se discutió con el cuerpo directivo para su afinación.

A partir de las tres versiones anteriores, se desarrolló una versión beta del instrumento de evaluación docente en posgrado, la cual fue presentada a las partes interesadas. Con base en la retroalimentación recibida, se obtuvo la versión 0 del instrumento, con la que se llevó a cabo una prueba piloto con los estudiantes de posgrado. A partir de los resultados obtenidos y la retroalimentación final de las partes interesadas, se desarrolló la versión final del instrumento de evaluación docente, la cual incluye un cuestionario con las siguientes áreas de evaluación.

- Evaluación del docente en el curso impartido.
- Evaluación del aprendizaje.
- Capacidad y competencia docente.
- Compromiso docente.
- Ambiente para el aprendizaje.
- Resultados del aprendizaje.
- Materiales enseñanza-aprendizaje.
- Satisfacción del estudiante.
- Evaluación del director y codirector de tesis.
- Evaluación del Tutor Académico.

5 CONCLUSIONES

El análisis comparativo entre las metodologías de investigación tradicionales y el modelo de Investigación en Ciencias del Diseño (DSR) permitió la creación de una propuesta metodológica innovadora, capaz de adaptarse a los desafíos específicos

de la gestión de proyectos en el ámbito académico. Esta propuesta demuestra la capacidad del enfoque DSR para abordar problemas complejos y generar soluciones prácticas y aplicables.

La incorporación del marco ágil Scrum se destacó como una estrategia eficaz para estructurar y perfeccionar proyectos de investigación. Su enfoque iterativo y colaborativo facilitó la integración dinámica de las perspectivas de las partes interesadas, asegurando un desarrollo continuo centrado en las necesidades reales del contexto educativo.

El diseño y validación del artefacto desarrollado establecieron una metodología aplicable para la creación de instrumentos de evaluación docente en el nivel de posgrado. Este proceso subrayó la relevancia de considerar las perspectivas de estudiantes, docentes y personal administrativo en la gestión educativa, lo que resultó en una herramienta integral y adecuada al contexto, favoreciendo así su aceptación. De esta manera, los estudiantes sienten que su voz es tomada en cuenta al evaluar a los docentes, los profesores reciben retroalimentación valiosa para mejorar su práctica educativa, y los directivos obtienen información clave para optimizar la calidad educativa en los programas de posgrado.

La metodología propuesta no solo constituye un modelo específico para la evaluación docente en el nivel de posgrado, sino que también ofrece un esquema replicable para futuros proyectos en gestión académica. Este enfoque promueve una cultura de mejora continua y de adaptación ágil, alineada con los principios de las metodologías ágiles.

En síntesis, la metodología empleada, junto con las técnicas y herramientas utilizadas, resultó en un instrumento de evaluación docente que no solo responde a las necesidades actuales del posgrado, sino que también contribuye al avance en el diseño de estrategias orientadas a la mejora de la calidad educativa y la gestión académica.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México y, en particular, a la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Apizaco por su apoyo y colaboración al permitirnos realizar entrevistas a estudiantes, profesores y miembros de la dirección, fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Villalpando C. G., y Ponce L. A. «Evaluación sobre el desempeño de docentes de un programa de Maestría». *Alteridad*, 11 (1), pp. 78-87. 2016.
- [2] Loredó Enríquez, J., Romero Lara, R., e Inda Icaza, P. «Comprensión de la práctica y la evaluación docente en el posgrado a partir de la percepción de los profesores». *REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa*, pp. 1-16. 2008.
- [3] Ramírez, M. I., Montoya, J. «La buena docencia y su evaluación desde el punto de vista de las disciplinas en la Universidad». *REDU. Revista de Docencia Universitaria* Vol. 16 (1). DOI: <https://doi.org/10.4995/redu.2018.6073>. 2018.
- [4] Santiago, R. «Higher education teaching evaluations: An international review of research». Springer. 2018.
- [5] Feldman, K. A. «The nature of college teaching: Evaluations and effectiveness». *Educational Researcher*, 28 (5), pp. 10-18. 2019.
- [6] Marsh, H. W. «Student evaluations of teaching: A multidimensional perspective». Springer. 2018.
- [7] Kember, D. «Promoting lifelong learning in higher education». Routledge. 2016.
- [8] Cohen, D. K., Raudenbush, S. W., & Ball, D. L. «Improving education: A qualitative approach». University of Chicago Press. 2017.
- [9] Scriven, M. «Evaluation thesaurus». Sage. 2017.
- [10] Richards, K. A. R. «Classroom observations in higher education: Methodology, practices, and uses». Routledge. 2018.
- [11] Tirado, G. «Self-assessment and professional development in higher education». Springer. 2020.
- [12] Schön, D. A. «The reflective practitioner: How professionals think in action». Routledge. 2019.
- [13] Mills, G. E., Gay, L. R., & Airasian, P. W. (2020). «Educational research: Competencies for analysis and applications». Pearson. 2020.
- [14] Vásquez-Rizo, F. E., y Gabalán-Coello, J. «La evaluación docente en posgrado: variables y factores influyentes». *Educación y Educadores*, 15 (3), pp. 445-460. 2012.
- [15] Villalpando C. G., y Ponce L. A. «Evaluación sobre el desempeño de docentes de un programa de Maestría». *Alteridad*, 11 (1), pp. 78-87. 2016.
- [16] Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M. & Thomas, D. «Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software». Recuperado de <https://agilemanifesto.org/iso/es/manifesto.html>. 2001.
- [17] Highsmith, Jim. «Agile Software Development Ecosystems». Addison-Wesley. 2002.

- [18] Schwaber, K., & Sutherland, J. «The Scrum Guide™: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game». Scrum.org. Recuperado de <https://scrumguides.org/>. 2017.
- [19] vom Brocke J., Hevner A., Maedche A. «Introduction to Design Science Research». In: vom Brocke J., Hevner A., Maedche A. (eds) Design Science Research. Cases, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4_1. 2020.
- [20] Reyes B. K. y Aquino T. J. «Investigación en las ciencias del diseño, Aplicación en los contextos de computación y tecnología». USAT, Universidad Católica. Perú. 2023.
- [21] Gregor, Shirley & Zwikaël, Ofer. «Design science research and the co-creation of project management knowledge», International Journal of Project Management, Volume 42, Issue 3. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2024.102584>. 2024.
- [22] Amorim, A. C.; Mira da Silva, M. Pereira, R. Gonçalves, M. «Using agile methodologies for adopting COBIT», Information Systems, Volume 101. <https://doi.org/10.1016/j.is.2020.101496>. 2021.
- [23] Sutherland, J., Harrison, N., and Riddle, J. «Teams that finish early accelerate faster: A pattern language for high performing scrum teams». In 47th Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 4722–4728. 2014.

Enhancing the Teaching-Learning Process in Life and Earth Sciences through Simulated Experiments: Challenges and Solutions

Aziz Bidari, Mourad Madrane, Rachid Janati-Idrissi, El Mustapha Amiri, and Anouar Aidoun

Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Ingénierie Pédagogique (LIRIP), Ecole Normale Supérieure, Université Abdelmalek ESSAADI, Tétouan, Morocco

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study explores the significance of practical experimentation in the teaching of life and earth sciences (LES), particularly in the context of studying microorganisms. The research focuses on identifying key challenges that hinder the effective use of experiments in science classrooms and highlights the potential role of simulation as a remedial tool. A mixed-method approach was employed, including interviews with teachers and surveys targeting both teachers and students. Two main issues were identified: inadequate infrastructure for practical work in two educational institutions (a middle school and a high school) and varied student perceptions regarding experimental activities. The findings revealed that, under current conditions, the laboratories at these institutions fail to support active learning and scientific knowledge development. Most scientific activities are conducted in a theoretical context due to poor laboratory facilities and management. Additionally, students expressed a lack of motivation, partly due to their awareness of the poor laboratory conditions and the unengaging teaching methods employed. This research underscores the potential of simulations as a valuable tool to address these challenges and improve the LES teaching-learning process, without replacing traditional experiments. The study emphasizes the need for improving both the infrastructure and the pedagogical approaches to enhance the educational experience in the sciences.

KEYWORDS: experimentation, life and earth sciences (LES), simulation, student motivation, teaching/learning process, laboratory infrastructure.

1 INTRODUCTION

Life and Earth Sciences, in particular life sciences, form a functionalist discipline which aims to identify key concepts, where observation of reality and experimentation are very important, and whose interest is to make manipulate and encourage students to search by arousing their motivation and curiosity. Indeed, experimental activities, or practical work (PW) constitute an essential foundation of teaching, they are par excellence the framework for learning the experimental approach, which promotes active participation of students to build their own know.

The teaching of life and earth sciences are experimental disciplines par excellence, which are largely affected by the precarious conditions which prevail in educational establishments. The experimental approach has always been a topical subject in didactic research, official instructions and school textbooks in Morocco, just as program designers clearly express the importance of experimental practice in the teaching of experimental sciences (Develay, 1989).

In this approach, it is the student who actively participates in the development of his knowledge. Currently science teaching in high school and college is most often far removed from this approach, due to the almost total absence of the necessary equipment, the lack of specialized rooms, qualified personnel (teachers) as well as the excess of students in classes. We are then witnessing an increasingly accentuated convergence towards passive and purely theoretical teaching.

Our research focuses, initially, on the study of problems linked to experimental activities which oppose the acquisition of scientific concepts relating to the theme of the microbial world. We will focus, secondly, on the infrastructures reserved for

experimental activities in middle and high schools (specialized rooms, equipment), as well as on the students' points of view on these activities to relate them to educational orientations. Officials, Subsequently, our task will contribute to the remediation of practical work in microbiology through simulation.

2 PROBLEMATIC

In our science classrooms, several challenges confront both teachers and students, including:

- Scientific concepts taught in class are treated in a dogmatic manner, which demotivates students;
- The documents used by the student are limited at the structural and anatomical level;
- A total lack of practical work;
- The practice of ICT is done in an anecdotal manner and without resorting to the educational scenario despite the presence of basic equipment in IT tools
- The problem situations are poorly formulated targeting everything that is propositional.
- Basic scientific knowledge is not mastered by most students and the explanations of scientific phenomena are very superficial.

And from the visit to the life and earth sciences laboratories of the current secondary levels, it was noted that the cupboards are filled with obsolete materials relating to experimentation with the abundance of glassware and expired chemicals, However, according to educational guidelines and official programs, observation and experimentation occupy a primordial place in the teaching of LES: If we look closely at the impact of the experimental approach in the success of the teaching/learning process of concepts LES scientists, we find a lack of experimental activities which can be considered among the main causes of the introduction of false representations among learners. However, in many cases the teacher finds himself confronted with the problems of the absence or total lack of fresh materials and equipment. We still note a limited use of ICT in the teaching of LES which can be an alternative to experimentation. These two parameters, experimentation and ICT, are recognized by several authors as an important lever in the teaching of LES (Bidari et al., 2017; Develay, 1989). It is to this question that our contribution is devoted, focusing on the place of taught experiences. We studied on the one hand why LES teachers do not use the experimental approach? And on the other hand, does the exploitation of simulations have a real impact in the conceptualization of scientific notions as long as our laboratories are still poor in the equipment necessary for experimentation? In these situations, does the use of information and communication technologies constitute, even partially, an effective and promising alternative? To resolve this problem, the following hypotheses were formulated:

- Lack of scientific materials in scientific laboratories;
- Methodological problem linked to the teacher;
- Absence of continuing training for science teachers in experimental approach and ICT integration;
- The timetables are very limited and the program too vast;
- Overload in classes;
- The introduction of simulations in the teaching of LES allows the improvement of the acquisition of skills among students and increases their motivation thanks to the opportunities offered by these technological means when they are used adequately and on the basis of 'an educational scenario.

3 RESEARCH METHODOLOGY

The methodology adopted in our work is twofold, first of all we carried out an interview with four teachers from the middle and high school secondary cycles: One teacher teaches at the Med VI high school in Martil, while the other three teach at the Ibn SINA college to the same city.

Regarding our interview questions, they are mainly based on the level of students and their involvement in science activities, as well as the problem or problems encountered by students or teachers during the teaching-learning process.

In order to broaden our study and to have more information on the problems linked to experimentation and their remediations mainly in the case of teaching the theme of the microbial world, we tried to write a survey in the form of a targeted questionnaire, based on the results of the interview carried out previously. This questionnaire is intended for teachers of life and earth sciences.

Remember that the first tools used were intended to conduct qualitative studies, while the second was intended to conduct quantitative studies.

Table 1. Target population of the study

Level	College	High School
Number of teachers	25	25

4 RESULTS ANALYSIS

Our interview discusses three main questions:

- Q1: What is the degree of satisfaction with student performance ?
- Q2: Are your students motivated to learn LES ?
- Q3: What problems did you encounter during your classroom practice ?

These questions are intended for four teachers, including two qualifying secondary level teachers.

The table below summarizes the results obtained:

Table 2. Teachers' responses to the questions asked

Types of questions	Teacher responses
Q1	All teachers say their students' performance is generally below average
Q2	All teachers attest that most students are unmotivated to learn scientific concepts.
Q3	Among the problems cited by teachers: • Lack of prerequisites among students. • French language problem • Programs too busy. • Lack of equipment to carry out experiments. • Lack of student motivation. • Continuous absence of students. • Unavailability of real experiences and activities. • The majority of students do not master certain skills relating to learning LES (Observation, description, deduction,)

In general, we notice that our students are not motivated to learn science and that their level is not acceptable to their teachers. We also note that the teaching-learning process in our science classes suffers from a variety of problems. And during this interview all the teachers affirm that they do not carry out experiments and do not use ICT as an alternative to this practice.

Concerning the questionnaire, our study is based on work carried out with 25 high school LES teachers and 25 middle school LES teachers. We distributed an online form (Google Forms) to several groups of teachers (public and private) located in several academies in Morocco. 50 responses were collected. The questionnaire is written in French, it is individual and anonymous.

The questions are asked in two forms: closed questions and semi-open questions giving teachers more freedom of response.

- Q1: What is your professional training?

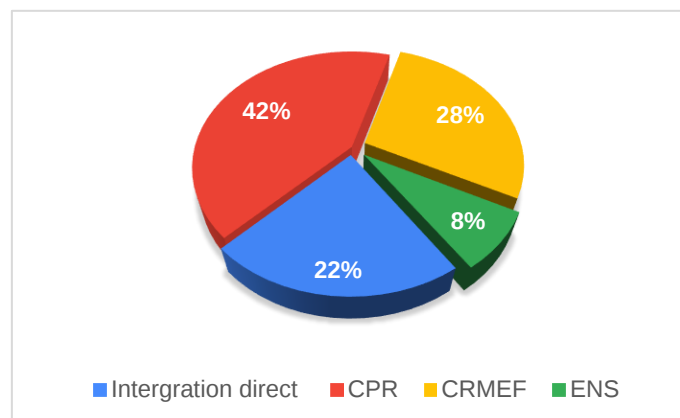


Fig. 1. *professional training of the surveyed population*

Almost half of the teachers surveyed (42%) entered the teaching profession through CPR, 28% underwent their training in CRMEF (Regional Centers for Education and Training Professions), and 22% joined directly, without professional training, 8% graduates of Ecoles Normales Supérieures,

- Q2: What is the specialty of your degree

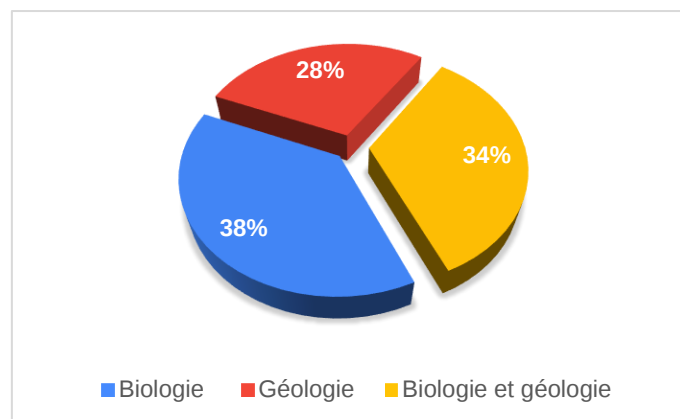


Fig. 2. *The rate of teachers according to the specialty of the diploma*

For the specialty, 38% of teachers have a degree in biology, 28% have a degree in geology and only 34% have a degree in biology and geology.

- Q3: Types of ICT training that you have already followed

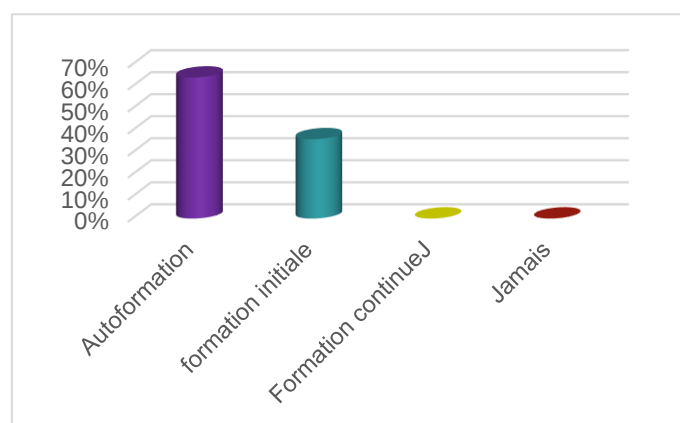


Fig. 3. Continuing education of the surveyed population

More than 60% of respondents are self-trained in ICT, and only 36% have followed initial training.

- Q 4: What approach do you use to teach life and earth sciences (LES).

5 RESULTS INTERPRETATION

The results obtained from this interview show that learning certain concepts relating to LES represents a problem. Indeed, the almost total absence of experiments makes the acquisition of scientific knowledge far from reality and therefore more abstract, demotivating our students.

Note that the teachers who participated in this survey declare that the laboratories of their establishments present a lack of materials necessary for experimentation; even the easiest experiments to perform, such as microscopic observation of cells, are impossible to perform. We also note that these teachers are not aware of the importance of ICT in experimentation, especially in these unfavorable conditions.

Let us first mention that this study is a pre-exploratory and qualitative study since it targets a very limited number of people. But to broaden our research and to reach a more or less large number of students, we carried out a questionnaire reserved for the two principals, the teachers. The writing of this questionnaire is based on the results obtained from the interview cited above.

And despite the use of the questionnaire to extend our research to a larger sample, our sample is not entirely representative. As a result, the analysis of the results obtained only concerns a small sample of the population surveyed, but in all cases we can detect numerous constraints or difficulties which hinder the practice of experimentation in our secondary science classes and mainly at the college level.

Indeed, regarding the question relating to professional training, it turned out that 42% of teachers are CPR graduates compared to 28% trained within CRMEF and 20% from ENS. All approve of having training in general didactics unlike the rest of the teachers who joined directly without professional training. Something which reveals their insufficiency of training on didactics and pedagogy, the teaching profession in general, thus affirming the difficulty of its practice in the classroom.

According to the population surveyed, the most common teaching method is the problem-based approach. None of the teachers opt for the transmissive as a teaching practice, this shows that these teachers are aware of the value of active pedagogies in the teaching-learning process which alone can promote the effective participation of students in the construction of their own knowledge as well as the acquisition of a scientific mind. But unfortunately the approach by experimentation is only approached by 16% of teachers despite its major place in the training of the scientific mind, even sometimes it seems that experimentation is the best means which facilitates the acquisition of certain concepts in LES in particular the concept of microbe. In this case the student can, for example, follow the evolution of certain microbial activities such as their rapid multiplication.

Let us recall that all the teachers surveyed agree on the fact that experimentation has a very important value in the acquisition of science, but the problem that arises is particularly the lack of scientific equipment in the laboratories, the

insufficiency of hourly volume, class size or LES school programs which often tend to be too busy, especially in high school. All these factors can only have a negative impact on the organization of experimental activities, which demotivates teachers, especially since certain activities require the use of experimentation to be masterable by students. Take the case of the rapid multiplication of bacteria, a phenomenon which shows the pathogenicity of these microorganisms. In this situation three tools are used by teachers to compensate for the absence of experiments in class, either models (drawing, diagram, etc.) or documents where the experiments are carried out and remain on "paper" and are therefore not palpable. In the majority of cases, the final objective is not achieved. This explains the use of information and communication technologies by the majority of teachers. (Video, animation) which have become a necessity of the emergency plan.

Note again that all teachers (100%) indicate that the use of practical work promotes the acquisition of scientific concepts in life and earth sciences, particularly those which are not accessible to the naked eye and require a tool. observation such as the microscope for our case of the microbial world. Indeed, direct contact with scientific material and its manipulation by learners allows them to better assimilate and understand biological concepts.

The use of experimentation using ICT was accepted by most of the teachers surveyed, because for them ICT remains a good means of complementing experiments in the event of insufficient or total lack of materials without completely replacing the real experience. In other words, these technologies are used to save time and remedy the shortage of scientific materials and to compensate for real experiences, which motivates both teachers and their students.

It should be noted, according to the respondents, that establishments have the IT tools necessary for the integration of information and communication technologies. And the most common type of ICT use in class is generally videos and animations. However, the latter still remain insufficient as long as the students do not manipulate them and the transmissive then remains the last resort for teachers. Unlike simulations, which make the student more active and more motivated due to their active participation in the construction of their own knowledge, but which are unfortunately not used by teachers.

As we specified above, simulations interfere with numerous more or less simple phenomena that can approach this complex reality, thanks to multiple variables. It is impossible for a teacher to be able, alone, to carry out them, analyze them and produce results, but simulation software is capable of doing so. All of this makes these simulations an essential tool for learning science.

Take as an example the study of virulence, in this case the experiment consists of testing the ability of a microbe to cause an infection by infecting experimental models, such as animals or cell cultures.

Another example studied in the 3rd year of college is the cultivation of bacteria: the experiment consists of cultivating colonies of bacteria in different media to study their rapid growth, this is one of the characteristics of the pathogenicity of this type of microbes.

When teaching this topic, teachers only use videos and animations

Thus, to succeed in the educational use of ICT in general and simulation in particular, it is necessary to plan the implementation of an educational scenario. However, it is the tool that the majority of teachers surveyed neglect. However, in the field of teaching we must plan in advance the progress of scientific activities in class. Scripting is therefore necessary to manage both the content and the time and especially the time of interaction between different components in class in order to succeed in our teaching and achieve the objectives outlined.

And to better demonstrate the significant impact of simulation in the teaching of microbiology, we will exploit data from the use of a simulation platform.

REMEDIATION FROM A SIMULATION PLATFORM

After analysis and interpretation of the results obtained, it seems important to argue that simulation is an effective means of remediation, not only to overcome the problems that may be encountered during experimentation but also to make the more active student following better integration into the learning process.

For this reason, in what follows, we will discuss an example of simulation related to the microbial world chapter intended for 3rd year middle school students. To do this, we chose the Thyp software which is a free online tool and which works on different IT tools, such as the computer, smartphone or tablet. It requires a browser and an internet connection, but an offline version is also available. This software can be consulted from the following link: Life and Earth Sciences - THYP: simulation software (ac-creteil.fr).

SOFTWARE FEATURES

In life and earth sciences, we are fortunate to have several software programs at our disposal to simulate experiments. We will cite as a non-exhaustive example the software of Mr. Gallerand or that of Mr. Sauvion.

Regarding the THYP software, it is inspired by the software mentioned but it has three specific features of its own with the aim of promoting the appropriation of the scientific approach by students:

- 1st characteristic: This software facilitates the processing of a lot of knowledge since it allows you to work on different guinea pigs (mice, bacteria, tomato, etc.) and with the BioLab: an airtight chamber equipped with different measuring devices. And thanks to this software we can work on: Germination, growth, pollination, vegetative reproduction, photosynthesis and symbioses (mycorrhizae) in tomatoes, the immune system, vaccination, the action of antibiotics and genetic mutations in bacteria, the nervous system, etc.
- 2nd characteristic: software that gives students complete autonomy: The diversity of experience and guinea pigs encourages significant autonomy for students and encourages them to think. This characteristic therefore forces students to think about what they want to demonstrate. At the beginning, students are most often lost and do not know what to do. They click on certain features at random or have fun injecting products into the guinea pig while studying bacterial multiplication. Students should know that a resolution strategy must be developed before handling the software.
- 3rd characteristic: THYP is software that reproduces (a little) the variability of living things.

But to use this software in our science class, the implementation of an educational scenario is essential.

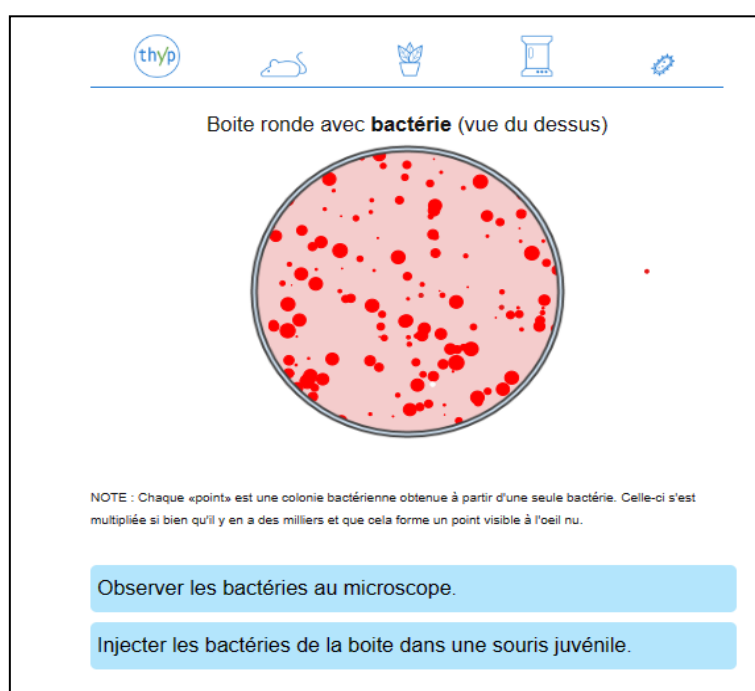
The chosen activity concerns the characteristics of pathogenic microbes that appear in the theme of the microbial world:

PUTTING A SIMULATION INTO PRACTICE

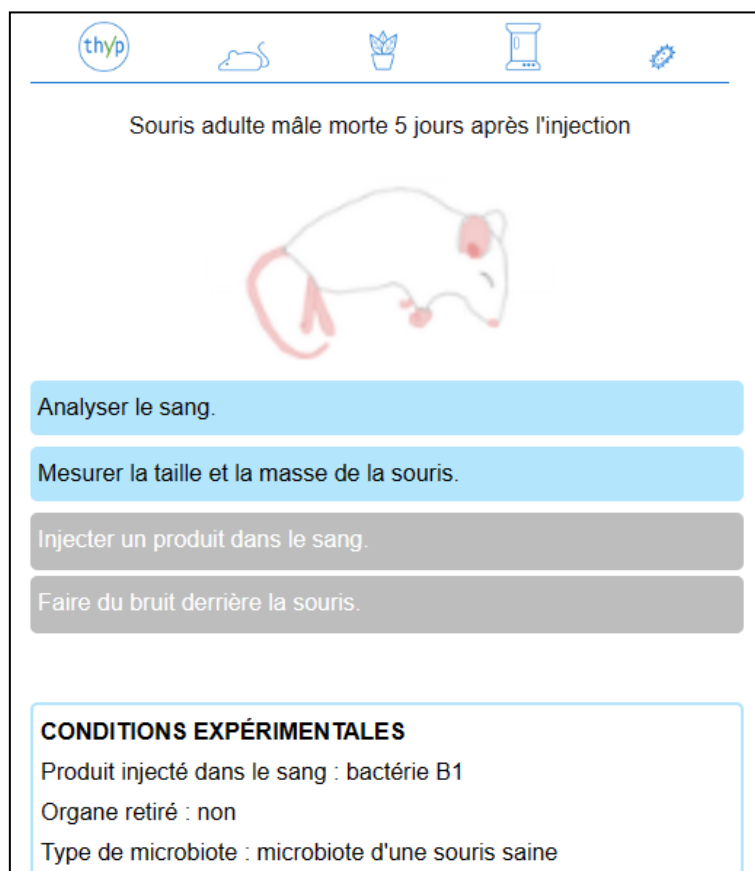
As we have indicated above, the integration of a simulation in the teaching-learning process requires the use of a pedagogical scenario. Note that this tool is turnkey and presents several models. The model that we have adopted is inspired by the TICE portal platform of the Ministry of Education and in the authors are JANATI-IDRISSI Rachid R., Zerhane.

DEVELOPMENT OF A PEDAGOGICAL SCENARIO

1. Subject of the scenario: integration of a simulation concerning rapid bacterial proliferation and another which treats the pathogenicity of certain microbes by the toxin.
2. Summary:



Rapid multiplication of bacteria



The first simulation shows the danger of certain microbes through septicemia:

- 1st step: bacteria culture
- 2nd step: colony formation (rapid bacterial multiplication)
- 3rd step: microscopic observation of proliferated bacteria

The second simulation makes it possible to determine the danger arising from certain bacteria through toxemia.

3. School level: 3rd year international college

Target audience: all students in the 3rd year college-8 class

- 4. The targeted skill: the student must be able to identify the different characteristics that make certain microorganisms pathogenic by exploiting the different mechanisms by which microbes act in order to resolve the problem of their danger and subsequently arrive at the notion of the virulence of certain microorganisms.

LEARNING OBJECTIVES

- Describe the mode of multiplication of pathogenic viruses and bacteria
- Specify the dangers that bacterial toxin represents for health

5. Prerequisites:

❖ Les prérequis technologiques:

The teacher	- Basic principles of computing - Basic principles of surfing the Net - Basic principles of using Data show
The student	- Basic knowledge of IT tools (computer; tablet; smartphone)

❖ Scientific prerequisites:

- The cell as a functional and structural unit of living beings.
- Classification of different micro-organisms.
- Blood cells.
- Microscopic observation

❖ Skills: observation, description, connection, questioning, deduction, the ability to express the phenomenon studied in text and graph form.

6. The stages of the realization:

Role of the teacher	Student activity
- Organizes the class (individual or group) according to the type of computer equipment available. - Links the current session with the prerequisites. - Presents the experimental protocol - Explains the different functionalities of the software - Answers students' questions - Asks students to simulate following the protocol - Asks questions about the simulation - Guides the debate between students to reach a conclusion.	- Follows the teacher's instructions. - Reminder of prerequisites - Prepares for new activities - Reads the protocol carefully - Asks questions about the software's features - Practices the simulation: either by computer or by smartphone. - Observes the results - Analyzes and interprets the results obtained - Builds his/her own knowledge

7. Workspace:

The scientific room equipped with a Data show with use of a personal computer of the teacher, and personal use by the students under the supervision of the teacher.

8. Time volume:

We estimated 2min for each simulation, but we can reach up to 30min if we take into account the debates and the evaluations.

9. The working method:

2 minutes for each simulation, but we can exceed 30 minutes if we take into account discussions and evaluations.

The exploitation of software is done in a collective manner.

10. Technological resources:

- Preparation of the room.
- Check the status of the internet connection.
- Install the software on students' smartphones.

11. The added value of simulations:

Given the problems of actually carrying out this type of experiment that are necessary for the assimilation of certain scientific concepts, these simulations therefore have an added value since they facilitate the practice of this scientific activity, even by students at home, something that could in reality seem unlikely.

12. Evaluation:

This is a formative evaluation: we have previously prepared questions to assess students' learning:

- In the form of a diagram, show how bacterial multiplication occurs.

13. Remarks:

We noticed that the estimated time for this activity was not sufficient since some students did not have the technological tools (smartphones) necessary to simulate.

For any remediation in a subsequent activity, we must use the multimedia room, since the establishment has one, but despite all the obstacles, we have been able to see that the students who have benefited from these simulations are more motivated and more active than we

Evaluation of the impact of simulation on the learning of concepts relating to the microbial world

To evaluate the impact of the use of simulation on scientific knowledge of the microbial world, likely to be mobilized in the subjects of the regional examination of third year college; we have written a test:

- A control class: made up of students who did not use the simulation during their activities;
- An experimental class: made up of students who benefited from the simulation during their session;

The dedicated test is made up of 5 questions related to the theme taught.

To understand the results of the test, we calculated the percentages of the results of each class, showing the percentage of correct answers of each group for a possible interpretation.

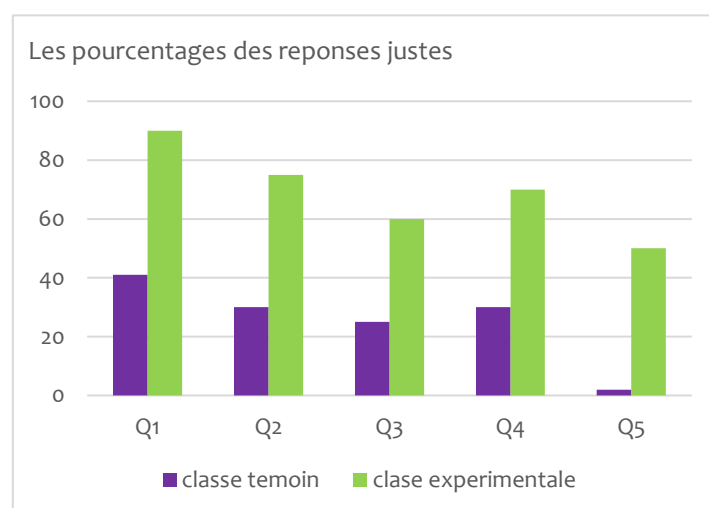


Fig. 4. A comparison of the percentages of correct responses of the control class and the experimental class

We note a remarkable difference between the correct answers of each of the two classes; the results obtained from the students of the experimental class who participated in our research are clearly better than those of the control class.

This simulation that we applied, allows to offer students a form of effective interactivity and consequently, a better participation in class favoring an ideal preparation for the regional exam.

It is indisputable that the simulation thus constitutes a specific pedagogical, collaborative and active domain avoiding the constraints linked to the experiment such as the lack of materials, the insufficient volume of hours, the demotivation of teachers...

6 CONCLUSION AND OUTLOOK

At the end of this study, we can say that the practical work session plays an important role for students in terms of acquiring new knowledge and correct and concrete notions making it possible to liven up the course, making it more attractive, stimulating the curiosity to research, manipulate, test hypotheses and analyze them; it is a link between theory and reality.

However, according to the results obtained from the analysis of the interview and questionnaires, we can deduce that the hypotheses posed at the start are almost all affirmed, in other words, real problems make it difficult to carry out the practical work. We will note as examples:

- First of all, laboratories mark an impoverishment of scientific equipment which hinders experimental activities
- Lack of carrying out practical work in class due to difficulties in the shortage of experimental materials.
- A very high number of students.
- Insufficient hourly volume which opposes an overly busy program

All these points and many others demotivate teachers towards the practices of experimental activities, which results in the implementation of a descriptive and dogmatic course. But to overcome this present problem, the use of simulation remains an effective means of improving the quality of the teaching-learning process.

Simulation is an active learning practice centered on the student and allowing the establishment of a continuous, individualized or group relationship between the student and their learning. The flexibility of simulation allows students to manage their learning to achieve their goals. This approach gives all participants the opportunity to be more active and involved.

To conclude, and in order to overcome these learning obstacles, to have a remarkable evolution in students' conceptions and in a short and long term perspective, we plan to change the way of doing the SVT course and that of the world microbial in particular, based on simulation. But this does not mean that simulation replaces real experimentation.

REFERENCES

- [1] Bidari, A., Madrane, M., Zerhane, R., Janati-Idrissi, R., Laafou, M., & Benjaber, M. (2017). Pour une intégration réussie des TIC dans l'enseignement marocain. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 20 (4), 1132.
- [2] Charte Nationale d'Education et de Formation. (Octobre 1999). Consulté à l'adresse: <https://www.groupeiscae.ma/wp-content/uploads/2016/05/Charte-nationale-Education-Formation.pdf>
- [3] Develay, M. (1989). Sur la méthode expérimentale. Aster: Recherches en didactique des sciences expérimentales, 8 (1), 3-16.
- [4] Ministère de l'Éducation nationale Direction de l'enseignement scolaire. (JANVIER 2002). GUIDE D'ÉQUIPEMENT SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE AU LYCÉE. Consulté à l'adresse: https://pedagogie.acstrasbourg.fr/fileadmin/pedagogie/svt/fichiers/Guide_d_equipement_lycee.pdf
- [5] Najoui, N. & Alam, A. (2017). IMPORTANCE DES TRAVAUX PRATIQUES DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE AU SECONDAIRE QUALIFIANT MAROCAIN. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. ISSN 2429-5396 (MAROC). Consulté à l'adresse: <http://www.americanjiras.com/Najoui-ManuscriptRef.2-ajira130517.pd>.
- [6] Taoufik, M., Abouzaid, A., & Moufti, A. (2016). Les Activités Expérimentales Dans L'enseignement Des Sciences Physiques: Cas Des Collèges Marocains. *European scientific journal*, vol.12, No.22.

Probable substitution du kaolin importé par une argile locale dans les formulations à base d'élastomères manufacturés aux ateliers plastiques de la Gécamines

[Probable substitution of imported kaolin by a local clay in the formulations based on elastomers manufactured in the plastic workshops of Gécamines]

Jean Luc Kashala Kapalola

Commissariat General à l'Energie Atomique, Ministère de la Recherche Scientifique-Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2025 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: Gécamines, through its Central Panda Workshops with the acronym ACP, manufactures several items using natural and synthetic rubber. These materials are used to absorb shocks in structures such as tarpaulins, channels, pump volutes, and others, and to limit the abrasion of metallic materials that would occur due to pulp particles. Other properties linked to the application must be taken into account in the formulation of these materials, including breaking resistance, elongation, aging, and so on. Generally speaking, the composition of these rubber materials is made with a reinforcing clay filler such as kaolin imported from London. Since clay materials are abundant in our environment, we set out to study the impact of replacing this kaolin with a local clay mechanically transformed into fine powders (KALUBWE clay) on the modification of the mechanical properties required for these rubber articles. We note from our experiments conducted according to a Gécamines workshop formula named P 760 based on natural rubber and acrylonitrile butadiene rubber that the substitution of imported kaolin by KALUBWE clay prepared according to our experimental conditions is possible with a reduction in its share in the rubber, since it tends to increase the mechanical properties of vulcanizates.

KEYWORDS: Rubber, Natural, Kaolin, Clay, Local, Mechanical, Properties.

RESUME: La Gécamines à travers ses Ateliers Centraux de Panda en sigle ACP fabrique plusieurs articles en caoutchouc naturel et synthétique. Ces matériaux servent à l'amortissement des chocs dans les ouvrages tels que bâches, chenaux, volutes de pompes, etc. et à limiter l'abrasion des matériaux métalliques qui serait due aux particules des pulpes. D'autres propriétés liées à l'application doivent être prises en compte dans la formulation de ces matériaux (résistance à la rupture, allongement, vieillissement, etc.). D'une manière générale, la composition de ces matériaux en caoutchouc est confectionnée avec une charge renforçante argileuse qu'est le kaolin importé de Londres. Les matières argileuses ne manquant pas dans notre environnement, nous nous sommes proposé d'étudier l'impact de la substitution de ce kaolin par une argile locale transformée mécaniquement en fines poudres (argile de KALUBWE) sur la modification des propriétés mécaniques exigées pour ces articles en caoutchouc. Nous notons de nos expérimentations faites selon une formule atelier Gécamines nommée P 760 à base du caoutchouc naturel et du caoutchouc butadiène acrylonitrile que la substitution du kaolin importé par l'argile de KALUBWE préparée selon nos conditions expérimentales est possible avec diminution de ses parts dans le caoutchouc puisqu'il tend à augmenter les propriétés mécaniques des vulcanisats.

MOTS-CLEFS: Caoutchouc, Naturel, Kaolin, Argile, Locale, Propriétés, Mécaniques.

1 INTRODUCTION

Le nom de caoutchouc vient de l'indien « cao-chou » qui signifie « l'arbre qui pleure ». L'évolution technique de l'industrie du caoutchouc depuis la découverte du caoutchouc naturel, jusqu'à la mise au point des élastomères spéciaux, n'aurait pas été possible sans la découverte par C. Good Year en 1840 de la vulcanisation du caoutchouc naturel, par addition du soufre dans sa matrice à une température supérieure à son point fusion [1].

Un matériau est considéré comme caoutchouc s'il est souple, hautement déformable et élastique.

Le terme élastomère est utilisé depuis quelques années d'une façon générale pour désigner tous les matériaux possédant une certaine élasticité, propriété recherchée dans les applications dynamiques telle que l'isolation vibratoire directe (suspension des moteurs et des machines, suspension du train à grande vitesse et des trains d'atterrissage d'avion, etc.).

En caoutchouterie, les élastomères sont d'une manière générale formulés en mélangeant plusieurs charges et additifs (charges renforçantes ou inertes, antioxygène, agents de vulcanisation, accélérateurs de vulcanisation, etc.), en vue d'une application spécifique. Les matériaux composés assurent ainsi un service de l'utilisation en présentant les compromis des propriétés recherchées à l'usage.

Dans notre pays, la Générale des Carrières et des Mines en sigle G.C.M à travers son Atelier Central de Panda (ACP) fabrique beaucoup d'articles en caoutchouc naturel et synthétique. Nous citerons notamment les revêtements anti-abrasifs des bâches, chenaux, trémies de décharge, des volutes des pompes centrifuges et ventilateurs, des joints d'étanchéité, des galets des bandes transporteuses. Les formules ateliers de tous ces articles sont des formules achetées devant répondre à deux caractéristiques très importantes qui sont la dureté et la résistance à l'abrasion. Le vieillissement, la résistance aux hydrocarbures, aux acides et aux bases constituant les caractéristiques secondaires.

Une des formules très utilisée dans les ateliers Gécamines, nommée P 760, sert à la fabrication des revêtements pour joint d'étanchéité des tuyaux, pompes centrifuges, goulottes, etc. dans cette formule les matériaux de base sont le caoutchouc naturel (NR) le copolymère butadiène-acrylonitrile (NBR) et la charge, le kaolin. Ce dernier, importé, est composé à plus de 50 parts dans les articles fabriqués.

Dans le but de rendre plus économiques, les formulations d'élastomères à la Gécamines, nous proposons d'étudier les propriétés de ces joints confectionnés selon la formule P 760 en substituant le kaolin par une argile locale (l'argile de Kalubwe).

2 CAOUTCHOUC ET ELASTOMERES

2.1 CARACTERISTIQUES FONDAMENTALES [1]

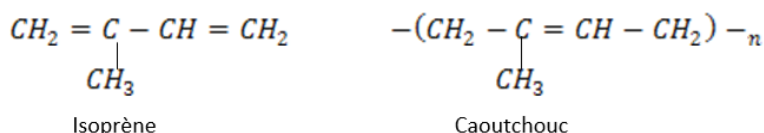
Un morceau de caoutchouc brut est constitué d'un très grand nombre de chaînes enchevêtrées les unes des autres comme un plat de spaghetti. Si l'on étire légèrement un morceau de caoutchouc brut, chaque ressort, chaque chaîne va s'allonger; après relâchement, le matériau retrouvera pratiquement sa forme initiale; il a un comportement élastique. Si ce morceau de caoutchouc est soumis à une élongation plus importante et maintenu un certain temps en déformation, en dépit de l'enchevêtrement, les chaînes auront tendance à glisser les unes par rapport aux autres, après cessation de la contrainte, le morceau de caoutchouc ne reprendra pas sa forme initiale; il a donc aussi un comportement plastique.

Pour obtenir un matériau vraiment élastique, c'est-à-dire qui retrouve intégralement sa forme originale après formation, il faut empêcher les chaînes de glisser les unes sur les autres, en les reliant entre elles par des ponts, pour constituer un réseau. La vulcanisation, cuisson en présence d'agents de vulcanisation, est l'opération de réticulation qui consiste à créer des liaisons chimiques entre chaînes de sorte que l'enchevêtrement des chaînes séparées devienne un réseau tridimensionnel unique. Le caoutchouc reste alors élastique, tout en conservant une certaine plasticité.

2.2 CAOUTCHOUC NATUREL [2], [3]

2.2.1 ORIGINE

Le caoutchouc naturel (NR) (cis -1, 4- polyisoprène) provient d'un arbre l'hévéa brasiliensis, arbre de la famille des euphorbiacées, cultivé principalement dans les pays d'Asie du Sud Est et dans les pays Africains.



L'hévéa ne prospère qu'en climat équatorial ou tropical humide, où la température moyenne annuelle est de l'ordre de 25° C, avec des minimums supérieurs à 10 °C et la pluviosité moyenne annuelle minimale de 1500 mm et bien répartie dans l'année.

2.2.2 PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES ET APPLICATION

Le caoutchouc pur, non vulcanisé, se présente en masses translucides, incolores ou jaunies de densité voisine de 0,92; il est mauvais conducteur de chaleur et d'électricité et possède des propriétés de haute extensibilité réversible, dite de haute élasticité, qui sont à la base de ses applications. Ses propriétés élastiques dépendent fortement de la température. Au-dessus de 4°, il devient dur et cassant; chauffé à 30°, il se ramollit et devient plastique; au-dessus de 40°, il est poisseux et collant, puis se liquéfie.

La vulcanisation étend largement son domaine d'utilisation élastique et lui fait perdre la propriété d'auto adhésion. Par refroidissement à basse température, il subit une certaine cristallisation, facilitée par la tension. A haute température, il se décompose en donnant des produits de pyrolyse divers notamment du dipentène et finalement de l'isoprène.

2.3 LES ELASTOMERES DE SYNTHESE [4]

Les élastomères de synthèse sont repartis en quatre familles principales suivant leur prix et leurs propriétés.

On a: les élastomères à usages généraux, Les élastomères à usages spéciaux, Les élastomères à usages très spéciaux et Les élastomères thermoplastiques.

3 FORMULATION DES ELASTOMERES

3.1 GENERALITES [5]

La formulation est un compromis qui tient compte de la nature, des propriétés et des proportions des corps présents ainsi que des conditions de leur mise en œuvre. Le travail du formulateur consiste, compte tenu des propriétés physico-chimiques de la matière active ou des composants considérés, à leur associer d'autres composés appelés adjuvants qui auront pour but de faciliter leur emploi tout en exaltant leur activité. Ce travail comprend une démarche itérative d'optimisation car il n'y a pas de lois générales régissant les phénomènes impliqués.

Les synergies qui peuvent alors résulter de l'association entre composants nécessitent l'étude des propriétés physico-chimiques de tous ces composés.

3.1.1 LA FORMULATION [1], [5]

La formulation consiste à choisir le ou les élastomères répondant aux lignes fondamentales du cahier des charges puis à ajouter et doser les ingrédients entrant dans le mélange pour obtenir le meilleur équilibre entre les propriétés requises: charges renforçantes (noirs de carbone, silice), semi-renforçante (kaolin) ou inertes, permettant d'ajuster les propriétés mécaniques, plastifiantes (huiles), facilitant l'incorporation des charges et l'ajustement de la souplesse du produit fini, des ingrédients de vulcanisation (souffre, oxyde de zinc, acide stéarique, accélérateur, produits spéciaux), des produits organiques améliorant la résistance au vieillissement, des produits divers tels que colorants, cires, agent gonflant pour le caoutchouc mousse. Une formule de mélange peut contenir jusqu'à 30 ingrédients différents.

3.1.2 MELANGEAGE, MISE EN FORME ET VULCANISATION

La figure 1 schématise les différentes étapes de la mise en œuvre des élastomères.

Les ingrédients entrant dans la formule, une fois sélectionnés et pesés, doivent être incorporés au caoutchouc au moyen d'un mélangeur horizontal à deux cylindres ou d'un mélangeur interne. La pâte plastique ainsi obtenue est ensuite reprise pour mise en forme par extrusion, calandrage ou moulage.

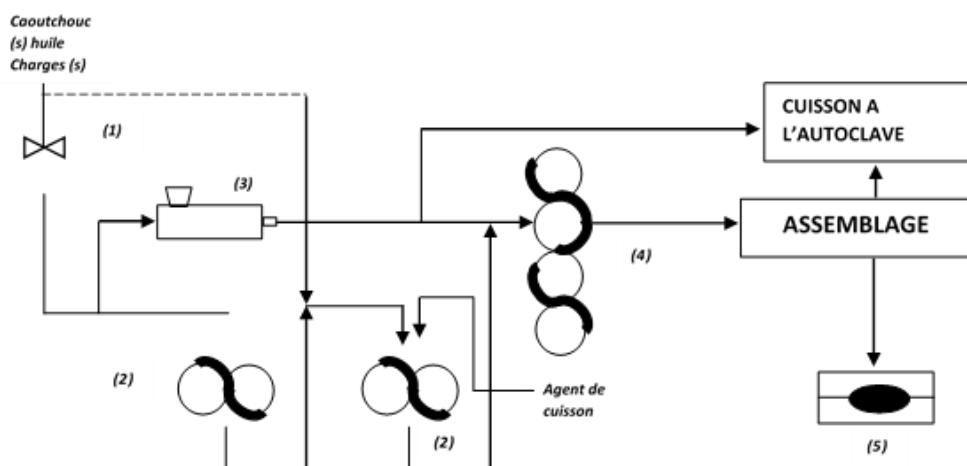


Fig. 1. Schéma général d'une usine de fabrication de caoutchouc

(1) mélangeur interne, (2) malaxeur ou mélangeur à cylindres, (3) extrusion, (4) calandrage, (5) vulcanisation sous presse.

3.2 CONSTITUANTS DES MELANGES DES CAOUTCHOUCS [5], [6]

3.2.1 LES AGENTS DE VULCANISATION

3.2.1.1 AGENTS PRINCIPAUX

L'agent principal de vulcanisation est presque toujours le soufre sous forme de soufre libre ou de composés dissociables, mais dans certains cas, on emploie le sélénium et le tellure.

3.2.1.2 AGENTS AUXILIAIRES

Par agents auxiliaires de vulcanisation, il faut entendre les produits grâce auxquels la vulcanisation est effectuée dans des conditions pratiques conduisant à des meilleurs résultats. Ce sont les accélérateurs, les activateurs et les retardateurs.

3.2.2 LES CHARGES RENFORÇANTES

Les charges renforçantes les plus utilisées dans les formules des élastomères sont les noirs de carbone et la silice. Pendant près de 100 ans la charge renforçante la plus utilisée surtout en pneumatique a été le noir de carbone. Cette charge présente une affinité naturelle avec les élastomères.

3.2.3 LES CHARGES CLAIRES

On distingue deux groupes: les charges inertes et les charges renforçantes.

3.2.3.1 CHARGES RENFORÇANTES CLAIRES

Pour être renforçante, une charge doit répondre à un certain nombre de facteurs relatifs notamment à sa facilité de dispersion, à sa nature chimique et à sa résistance. Nous reprenons ci-dessous deux charges renforçantes claires qui nous intéressent.

3.2.3.1.1 OXYDE DE ZINC

Depuis le développement des noirs de carbone, l'emploi de l'oxyde de zinc comme charge renforçante, a été considérablement réduit en raison de sa densité (5,57), son prix de revient est élevé.

3.2.3.1.2 ARGILES ET KAOLINS

L'argile est un des minéraux les plus répandus du globe terrestre. Les argiles se différencient par la forme et la dimension de leurs particules, par leur origine et leurs méthodes de fabrication. Il existe une grande variété d'argiles et de kaolins.

Chimiquement l'argile contient aussi en dehors d'alumine, de silice et d'eau d'hydratation, certains composés de fer, titane, calcium, magnésium, potassium, sodium et parfois de manganèse dont le taux peut varier de zéro jusqu'à des pourcentages élevés. Le rapport Si/Al, qui dans le kaolin est de 2/l, peut atteindre 6/l ou davantage dans la bentonite, et contribue pour une large part aux propriétés caractéristiques d'une argile, telles que la plasticité et la chaleur de mouillage.

3.2.3.2 CHARGES INERTES [3]

3.2.3.2.1 SILICE NATURELLE

Dans les mélanges, elle apporte parfois un retard à la vulcanisation. Les silices ordinaires donnent une résistance à la rupture d'environ 2/3 de celle donnée par les noirs de carbone.

3.2.3.2.2 TALC

C'est une charge inerte dont l'utilisation se perd de plus en plus; elle confère aux mélanges à peu près les mêmes caractéristiques que la craie; mais elle a l'avantage de résister aux acides, d'avoir une bonne propriété diélectrique et de faciliter le boudinage.

3.2.4 PLASTIFIANTS [3]

Le rôle des plastifiants est de:

- Réduire l'énergie nécessaire à la plastification;
- Faciliter l'incorporation et la dispersion des charges;
- Diminuer la température de mélangeage;
- Faciliter la mise en forme ultérieure des mélanges;
- Augmenter les propriétés adhésives et donner du collant;
- Apporter des propriétés spécifiques (tenue au froid, résistance au feu,...).

3.2.5 LES ANTIOXYDANTS ET LES ANTIOZONANTS [2], [7]

Le caoutchouc, matériau particulièrement passionnant dans son comportement viscoélastique, a une sensibilité particulière aux agressions extérieures dues à l'oxygène et à l'ozone. Cette sensibilité se traduit par une modification des propriétés mécaniques, modification qui peut être préjudiciable à la performance: dureté. Les antioxydants doivent avoir la vertu de limiter les réactions d'oxydation pour assurer la pérennité des propriétés mécaniques.

Le mécanisme de dégradation des élastomères utilisés dans le mélange a un caractère radicalaire. Les antioxydants doivent avoir la vertu de limiter ces réactions radicalaires.

3.2.6 INHIBITEURS DES MÉTAUX GÊNANTS

Certains métaux, notamment le cuivre et le manganèse, catalysent la destruction du caoutchouc. On protège celui-ci au moyen des antioxydants typiques et notamment des aldols-naphtylamines sous forme de résines. Les inhibiteurs des métaux gênants agissent comme agents complexant ou séquestrant de ces derniers.

3.2.7 AGENTS DE PROTECTION CONTRE LA PHOTO-DEGRADATION

Plusieurs agents de protection sont connus. C'est le cas du dibutyl dithio-carbamate de nickel ou NBC (du Pont) qui préserve du craquellement les copolymères butadiènes – styrène exposé à la lumière sous des conditions statiques ou dynamiques.

Il retarde le brunissement à la lumière des polymères du chlorobutadiène.

4 LES METHODES D'ESSAIS

La grande majorité des pièces en caoutchouc est destinée à des applications dynamiques; c'est le cas, en particulier, des pneumatiques, des soufflets de transmission, des supports moteurs, des articulations élastiques... D'autres au contraire jouent un rôle important sur le plan de la sécurité (joint d'étanchéité, flexibles hydrauliques ou pour haute pressions, joints d'installations nucléaires...). D'autres enfin sont destinées à véhiculer des liquides corrosifs (tuyauteries) ou à protéger des installations (revêtement de cuve).

C'est la raison pour laquelle toutes ces pièces doivent être contrôlées de manière rigoureuse, ce qui nécessite peu à peu la mise au point et la normalisation de nombreuses méthodes d'essais.

4.1 ESSAIS SUR LES ELASTOMERES DE BASE ET LES MELANGES [3].

4.1.1 CONSISTANCE MOONEY (NORME NFT 43 0005).

La consistance MOONEY qui est, dans le cas d'un élastomère à l'état brut, liée à la masse moléculaire est, en fait l'inverse d'une plasticité, mais on peut également la considérer comme une viscosité à l'état solide.

4.1.2 CARACTÉRISTIQUES DE VULCANISATION D'UN MÉLANGE

Il est possible de déterminer l'optimum de vulcanisation d'un mélange (pour une température donnée) en le vulcanisant pendant des temps de cuisson différents, puis en déterminant la valeur maximale d'une propriété choisie arbitrairement (résistance à la rupture, contrainte pour un allongement donnée...): le temps de cuisson correspondant est « l'optimum de vulcanisation ».

La méthode est simple mais longue donc peu compatible avec des processus industriels. Pour cela on utilise des appareils grâce auxquels il est possible de suivre le déroulement de la vulcanisation.

4.1.3 RESISTANCE À CRU (« GREEN STRENGTH »)

Cet essai, non normalisé, est surtout intéressant pour les mélanges destinés à subir des déformations à l'état non vulcanisé (extrusion et vulcanisation en continu, galbage des pneumatiques de type radial...).

On détermine, à partir de la courbe de traction d'une éprouvette de mélange cru, la contrainte correspondante, soit au seuil d'écoulement, soit à un allongement donné, soit à la rupture, celles-ci étant assez représentatives de la résistance du mélange à cru.

On peut également prendre la valeur de l'énergie correspondant à la déformation de l'éprouvette.

4.2 ESSAIS SUR LES VULCANISATS

Il peut s'agir d'essais sur éprouvettes (le plus souvent normalisées) ou sur pièces préalablement vulcanisées.

4.2.1 DURETÉ

Il s'agit de la détermination du module élastique d'un vulcanisat sous faible contrainte. En fait, les méthodes les plus courantes sont basées sur une mesure de pénétration d'un indenteur (pointe, cône arrondi) de dimensions données sous l'effet d'une charge constante.

Dans l'industrie du caoutchouc, on utilise presque exclusivement la dureté SHORE et la dureté DIDC ou IRH (International Rubber Hardness).

4.2.2 ESSAIS DYNAMOMÉTRIQUES

A l'aide d'un dynamomètre, on soumet une éprouvette normalisée (de type haltère ou anneau) à une traction constante dans des conditions bien définies de vitesse, de température et d'humidité.

Force de traction (MPa)

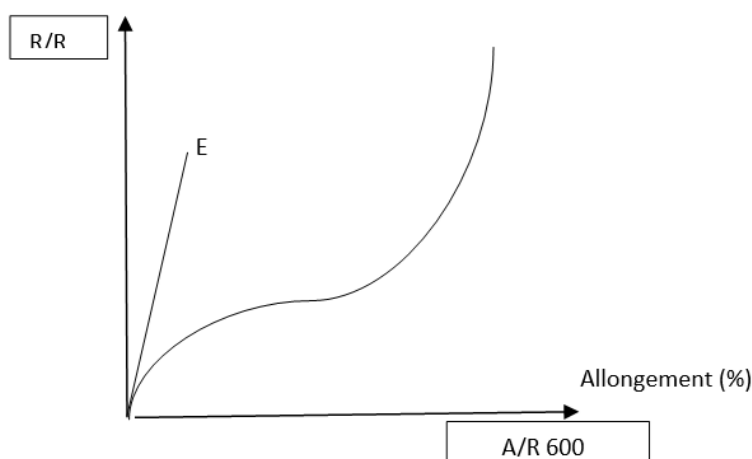


Fig. 2. Courbe de traction-allongement d'un vulcanisat

A partir d'une telle courbe, on peut déterminer:

- **La résistance à la rupture (R/R)** qui s'exprime en MPa et **l'allongement à la rupture (A/R)** en pourcentage.
- Les contraintes nécessaires pour obtenir un allongement donné (M_{100} et M_{300} dans le cas de la figure 2) couramment appelées par les caoutchoutiers Modules 100, 300... Elles s'expriment également en MPa.
- Le **module de YOUNG (E_0)** qui est la pente de la tangente à l'origine.

Signalons cependant que cette détermination est peu précise compte tenu de la non linéarité de la réponse.

4.2.3 DEFORMATION RÉMANENTE À LA COMPRESSION (« COMPRESSION SET », NORME 46 011)

La déformation rémanente à la compression est le degré de déformation résiduelle subsistant après enlèvement de la charge appliquée sur une éprouvette de caoutchouc normalisée, pendant un temps et à une température déterminée.

Elle s'exprime, le plus souvent, en pourcentage de la déformation appliquée. Cet essai peut également être réalisé en traction (Norme NFT 46 009).

4.2.4 RÉSILIENGE

La résilience d'un matériau quelconque (et donc d'un vulcanisat) est, par définition, le rapport entre l'énergie restituée par ce matériau après déformation et l'énergie qui lui avait été fournie pour le déformer.

On peut déterminer la résilience R d'un vulcanisat, ou son hystérèse qui en est le complément ($H = 1 - R$) à partir des cycles d'hystérèse obtenus par tractions et relâchements successifs d'une éprouvette à l'aide d'un dynamomètre.

Il est également possible de déterminer la résilience en soumettant une éprouvette (généralement circulaire et de quelques millimètres d'épaisseurs) à un choc grâce à un système à balancier. La hauteur de remontée du bras donne directement la résilience de rebondissement (Norme NFT 46 036).

L'un des appareils les plus utilisés est le rebondi mètre de LUPKE.

4.2.5 RÉSISTANCE À L'ABRASION (NORME NFT 46 012)

Le principe général des essais d'abrasion, assez différents les uns des autres dans leur méthodologie et par ailleurs peu représentatifs, par exemple, de l'usure sur route d'un pneumatique, consiste à soumettre des échantillons à l'action d'un abrasif.

La résistance à l'abrasion s'exprime, le plus souvent, en perte de volume pour un parcours donné ($\text{cm}^3/1000$ tours, $\text{mm}^3/40\text{m}...$), mais il est préférable, compte tenu de la diversité des méthodes de détermination, de l'exprimer en indice d'abrasion par rapport à des mélanges de référence.

L'une des plus utilisées parmi les machines d'essais est l'abrasimètre DIN.

4.2.6 ESSAIS DE RESISTANCE À LA DEGRADATION

On sait que la majorité des pièces en caoutchouc perdent peu à peu leurs caractéristiques initiales sous l'action de différents facteurs de dégradation (chaleur, lumière, ozone, huiles, solvants...). Mais le vieillissement naturel étant généralement assez lent, il a été nécessaire de normaliser des méthodes plus rapides de vieillissement « artificiel ».

Les essais proprement dits consistent à laisser séjourner l'échantillon (ou la pièce) dans le liquide considéré pendant un temps donné et à une température déterminée.

Les effets engendrés peuvent être mis en évidence de plusieurs manières:

- Evaluation de la variation de volume ou de dimensions de l'échantillon ;
- Détermination du pourcentage de matières extraites ;
- Variation ou évolution des caractéristiques mécaniques après le séchage de l'échantillon ou de la pièce.

5 LES ARGILES ET KAOLINS DANS L'INDUSTRIE DU CAOUTCHOUC

5.1 GENERALITES

L'industrie du caoutchouc, même à ses débuts se servait couramment de charges minérales finement broyées comme produit de remplissage des mélanges pour en abaisser le prix de revient. Elles permettaient en outre de réduire la plasticité et de gagner en rigidité. Enfin, elles offraient la possibilité de fabriquer des mélanges de couleur claire [5].

Le terme « argile recouvre un grand nombre de composés minéraux dont les points communs sont leur origine sédimentaire, la présence d'atome de silicium, d'aluminium et d'eau. Toutes les argiles sont de silico-aluminates hydratés dont les composants sont universellement répandus et forment la couche terrestre SIAT. Dans ce groupe, nous trouvons les Montmorillonites, les Holloysites, les Bentonites,... et surtout les Kaolinites, les plus utilisées dans le caoutchouc.

A côté de ces éléments constitutifs qui sont la silice (SiO_2), l'alumine (Al_2O_3) et l'eau (H_2O) on trouve aussi, selon la nature des gisements: du dioxyde de titane (TiO_2), de l'oxyde de calcium (CaO), de l'oxyde fer (Fe_2O_3) qui colore plus ou moins l'argile. Il est impossible de trouver un minerai pur, mais ces « impuretés » n'affectent en rien les propriétés de l'argile dans le caoutchouc.

5.2 PREPARATION DES ARGILES

Il existe deux modes de fabrication des argiles pour caoutchouc suivant leur type minéralogique:

La voie humide pour le kaolin noir (grosses particules) et la sélection à l'air pour l'argile (fines particules).

5.3 CONTROLE DES LABORATOIRES SUR LES POUDRES

Un contrôle complet des argiles pour l'industrie du caoutchouc nécessite un matériel important et coûteux et, à part certains cas particuliers, ne se révèle pas d'une importance fondamentale. Un contrôle efficace et peu onéreux en matériel portera sur les paramètres suivants:

5.3.1 L'HUMIDITÉ

Les argiles sont très sensibles à l'humidité atmosphérique. Un fort taux d'humidité peut entraîner des problèmes de mise en œuvre et des défauts dans les pièces finies. Ce taux ne doit généralement pas dépasser 2 à 2,5 %.

5.3.2 REFUS AU TAMIS 50 MICRONS

Un refus trop élevé entraîne dans les articles fabriqués des défauts, pas trop graves dans le cas d'articles moulés, mais des amorces de claquages dans les isolants. Le refus maximum au tamis 50 microns acceptable est de 0,4 %.

5.3.3 LE PH

Il doit être compris dans la fourchette indiquée par les producteurs, des valeurs anormales entraînant des différences dans les vitesses de vulcanisation.

5.3.4 LA COULEUR

Elle peut être donnée par des appareils spéciaux ou plus simplement par empattage avec du DOP.

5.3.5 CONTRÔLES DIVERS

Ces contrôles facultatifs concernent la perte au feu à 1000°C, la granulométrie, la teneur en SiO₂ et Al₂O₃ etc. ces caractéristiques sont celles d'un gisement tout entier. Des gisements géographiquement différents ont des caractéristiques qui leur sont propres.

6 PREPARATION ET CARACTERISATION DE L'ARGILE DE KALUBWE

6.1 DESCRIPTION DU SITE

L'argile que nous avons utilisée dans le présent travail provient des rives du ruisseau qui coule au nord de la ville de Lubumbashi. Ce ruisseau s'appelle KALUBWE. Il existe plusieurs voies d'accès. Notre échantillon a été prélevé sur la rive droite du ruisseau au niveau de l'avenue du 30 juin. Il faudrait noter que le site de KALUBWE comparativement aux autres sites présente des caractéristiques homogènes tout au long du ruisseau à l'exception de la couleur qui varie du gris au noir foncé.

6.2 PROCEDE DE PREPARATION

L'argile dans nos formulations a été préparée en suivant les opérations ci-après:

6.2.1 LE DÉLAYAGE

L'opération consiste à mettre l'argile dans des bacs, à l'humecter d'eau et à laisser reposer pendant vingt-quatre heures. Après vingt-quatre heures, l'argile humectée est tamisée pour la séparer des impuretés avec un tamis de 0,5 maille.

6.2.2 ETUVAGE

L'argile débarrassée d'impuretés contient encore l'eau d'humectation. Cette eau est éliminée par chauffage dans une étuve, et cela à 105°C pendant vingt-quatre heures.

6.2.3 BROYAGE ET TAMISAGE

Après étuvage, il se forme des agrégats. Ces agrégats sont soumis au broyage à sec dans un broyeur à boulets. La poudre obtenue est ensuite pulvérisée dans un pulvérisateur à disques. Cette dernière opération est effectuée dans le but de préparer des particules fines avec un refus maximum au tamis de 325 mesh inférieur à 1 %.

6.3 CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

La connaissance des caractéristiques physico-chimiques est très importante lorsqu'il faudra discuter sur certaines propriétés des vulcanisats. Pour les charges comme l'argile, en caoutchouterie, il est recommandé de déterminer les caractéristiques physiques suivantes:

- La couleur

Dans notre cas, cette caractéristique a été déterminée à l'œil nu par comparaison aux couleurs existantes.

- La densité

La densité a été déterminée par la méthode picnométrique.

- Le pH

Il a été déterminé en mesurant au Ph mètre, le pH d'une eau distillée mélangée à une certaine quantité d'argile.

- L'humidité hygroscopique

Cette caractéristique est déterminée par la mesure des différences de poids entre l'échantillon de départ et l'échantillon séché à l'étuve à 120°C pendant 24 heures.

- La forme des particules

Pour la détermination de la forme des particules nous avons utilisé un microscope du type binoculaire (CETI-BELGIUM FOCUS – 38).

Les caractéristiques physiques de l'argile prélevée sur le site de KALUBWE sont données dans le tableau 1 par comparaison au kaolin utilisé dans les ateliers plastiques de la Gécamines. La composition chimique de ces deux échantillons est indiquée dans le tableau 2.

Tableau 1. Caractéristiques physiques de l'argile de KALUBWE

Caractéristiques	Argile de Kalubwe	Kaolin
Couleur	Gris clair	Blanche
Densité	2.42	2.6
PH	5.4	5.6
Humidité hygroscopique	3.30	1.30
Forme des particules	Laminaire	Laminaire

Tableau 2. Composition chimique de l'argile et du kaolin

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO ₂	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O
Argile	61.84	17.8	2.93	1.14	1.37	0.08	0.01	4.89
Kaolin	46.5	39.5	-	-	-	-	-	14

-: Signifie non analysé.

7 FORMULATIONS DES ECHANTILLONS EN CAOUTCHOUCS ET PROCEDURES EXPERIMENTALES

7.1 FORMULATION DES ECHANTILLONS EN CAOUTCHOUC

7.1.1 FORMULE ATELIER P 760

La formule atelier P 760 sur laquelle nous nous sommes basé pour mener notre étude est donnée au tableau 3.

Tableau 3. Formule atelier P 760

	Part	KG
Elastomère (NR OU NBR)	100	7
HAF	2	0.14
ZnO	5	0.35
Acide stéarique	1	0.07
4010 Na	1	0.07
Kaolin	60	4.2
Plastifiant	5	0.35
Soufre	3	0.21
D.M.	1	0.07
G.S.	0.2	0.014

7.1.2 CARACTERISATION DES DIVERS CONSTITUANTS DE NOS FORMULATIONS

A. Le caoutchouc naturel (N.R)

Le caoutchouc NR utilisé dans notre travail provient de la Malaisie.

B. Le caoutchouc NBR

Ce caoutchouc provient DE BAYER LEVERKUSEN de type: PERBUNAN N 3807 NS (EUROPRENE N 3345).

C. L'accélérateur DM/MG (MBTS)

L'accélérateur provient de BAYER LEVERKUSEN en Allemagne.

D. L'antioxygène Vulkanox 4010 NA

L'antioxygène utilisé (antioxygène colorant avec effet protecteur contre la fatigue et l'ozone).

E. Les plastifiants

Dans notre étude, les formules à base de caoutchouc naturel NR ont été confectionnées avec l'huile NAPREX comme plastifiant. Celles à base du copolymère butadiène-acrylonitrile (NBR) ont été fabriquées avec le plastifiant Vulkanol 88.

F. Le noir de carbone

Le noir de carbone utilisé est du type HAF (High Abrasion Furnace).

G. Le kaolin

Le kaolin utilisé dans notre étude provient de Londres (Angleterre). Il se présente sous forme d'une poudre fine blanche. Elle est constituée essentiellement des passants sur tamis de 325 mesh.

H. Le soufre

Le soufre utilisé dans notre travail avait un aspect d'une poudre fine jaune. Toutes les particules passent sur un tamis de 325 mesh. Il provient de l'Afrique du Sud sous forme de granulés.

I. L'oxyde De Zinc

L'oxyde de zinc est un produit de l'Usine à Zinc de Kolwezi (UZK). C'est un produit du grillage de la blende au four spirlet pour la production de dioxyde de soufre, utilisé pour la fabrication de l'acide sulfurique. La blende de départ est constituée des particules de granulométrie 80 % des passants sur un tamis de 325 mesh.

J. L'acide stéarique

L'acide stéarique que nous avons utilisé se présentait sous forme de paillettes blanches. C'est un produit qui se fritte lors du mélangeage, la granulométrie n'a pas une très grande importance lors de la confection des formules à base des élastomères.

7.1.3 FORMULATION DES ÉCHANTILLONS

Les premières formulations ont été confectionnées avec le kaolin comme charge renforçante. Pour les secondes formulations, nous avons substitué le kaolin par l'argile de KALUBWE. La substitution du kaolin par l'argile à parts égales ne pouvant donner toutes les propriétés recherchées, ce dernier a été incorporé à des doses variant entre 40 et 70 parts. Guidé par la littérature, la température de vulcanisation a été gardée constante à 145°C.

7.2 MATERIELS UTILISES ET TECHNIQUES DE TRAVAIL

Les matériels suivants ont été utilisés pour nos expérimentations:

- Mélangeur à cylindres;
- Calandreur;
- Presse de vulcanisation;
- Shoremètre A,
- Abrasimètre;
- Extensomètre,
- Balance de précision.

Les formulations se faisaient en pesant au gramme près les constituants entrant dans la composition, puis, on les mélangeait avec 100 parts d'élastomères dans un mélangeur à cylindres. Le temps de mastication était de 12 minutes. Et après cette opération, on faisait passer le mélange prêt dans un calandreur afin d'avoir des feuilles uniformes où on coupait des échantillons à soumettre à la vulcanisation sous presse dans un moule.

7.2.1 DÉTERMINATION DU TEMPS DE VULCANISATION

Les premiers essais nous ont permis de fixer le temps de vulcanisation pour nos formulations. La procédure a consisté à vulcaniser certaines formules (par une température de 145°C) pendant des temps de cuisson différents, puis en déterminer la valeur maximale de la résistance à la rupture. Le temps de cuisson correspondant est l'optimum recherché.

7.2.2 DÉTERMINATION DE LA DURETE DES ÉCHANTILLONS VULCANISES

La mesure est effectuée par pénétration d'un indenteur (pointe, cône arrondi) sur le vulcanisat sous l'effet d'une charge constante appliquée à l'aide d'un shoremètre.

7.2.3 DÉTERMINATION DE LA RESISTANCE À L'ABRASION

On soumet une éprouvette de caoutchouc cylindrique à l'action d'une toile abrasive de qualité abrasive spécifiée, sous une pression de contact de 10 N et sur une surface déterminée.

L'abrasion se produit sur l'une des faces planes de l'éprouvette cylindrique, la toile abrasive étant fixée sur la surface d'un tambour cylindrique tournant contre lequel l'éprouvette est maintenue sur toute la largeur duquel elle se déplace.

La détermination de la perte de volume d'après la densité du matériau se fait suivant la formule:

$$ARI = \frac{V_s}{V_1} \times 100$$

Où V_s est la perte de volume, en millimètres cubes, du caoutchouc de référence.

V_1 est la perte de volume, en millimètres cubes du caoutchouc à l'essai.

7.2.4 MESURE DES ALLONGEMENTS ET RESISTANCE À LA RUPTURE

Les mesures des allongements et résistances à la rupture de nos vulcanisats ont été faites sur un extensomètre MONSANTO 20. Les éprouvettes en forme d'haltères sont soumises à une traction jusqu'à la rupture. La force de traction est donnée en mégapascals (Mpa), par la formule

$$F/A$$

Où :

F est la force de rupture en Newtons;

A est la surface initiale de la section droite, en mm².

L'allongement pour cent à la rupture est donné par la formule:

$$\frac{L-L_0}{L_0} \times 100$$

L est la longueur, en mm entre les traits repères, à la rupture;

L₀ est la longueur initiale, en mm, entre les traits repères.

8 RESULTATS ET DISCUSSION

8.1 CONFECTION DES FORMULES

En recherchant une probable substitution du kaolin dans les formulations en caoutchouc des articles manufacturés aux ateliers des A.C.P./LIKASI des plastiques, nous avons confectionné des formules partant d'une formule nommée P 760. Cette dernière utilisée pour fabriquer des revêtements pour joints d'étanchéité est composée avec 10 constituants, les constituants majoritaires étant l'élastomère (NR ou NBR) et le kaolin (60 parts par rapport au caoutchouc).

Lors du mélangeage, nous avons varié dans les formules à base d'argile de KALUBWE, uniquement les parts de cette argile; la substitution du caoutchouc à parts égales ne pouvant donner l'optimisation du compromis des performances recherchées pour ces joints d'étanchéité.

Le système de vulcanisation utilisée dans nos formules se compose des produits suivants:

1. Agent:

- Le soufre (3 parts par rapport au caoutchouc);
- Oxyde de zinc (5 parts par rapport au caoutchouc);

2. Activateurs:

- acide stéarique (agent solubilisant) (1 part par rapport au caoutchouc)
- DM (1 part par rapport au caoutchouc);

3. Accélérateurs:

- GS (0,2 part par rapport au caoutchouc) ;

8.2 COURBES DE VULCANISATION

La mesure de la résistance à la rupture des vulcanisats, nous donne les résultats consignés dans le tableau 4. Les courbes y afférentes sont données à la figure 4

Tableau 4. Variation de la résistance à la rupture en fonction du temps

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
K/NR	8.25	10.35	13.95	15.15	15.00	9.00	7.95	7.50	7.20	7.20	7.20	5.85
K/NBR	6.45	6.90	7.95	9.45	7.05	7.50	7.65	6.30	6.00	6.30	5.55	5.10
A/NR	10.2	8.25	8.85	12.00	10.95	7.95	6.60	7.95	7.05	6.00	6.15	5.25
A/NBR	7.05	7.05	6.00	8.55	7.20	6.75	7.05	6.00	6.45	5.40	6.15	6.45

T: temps de vulcanisation en minute; K: kaolin importé; A: argile de Kalubwe.

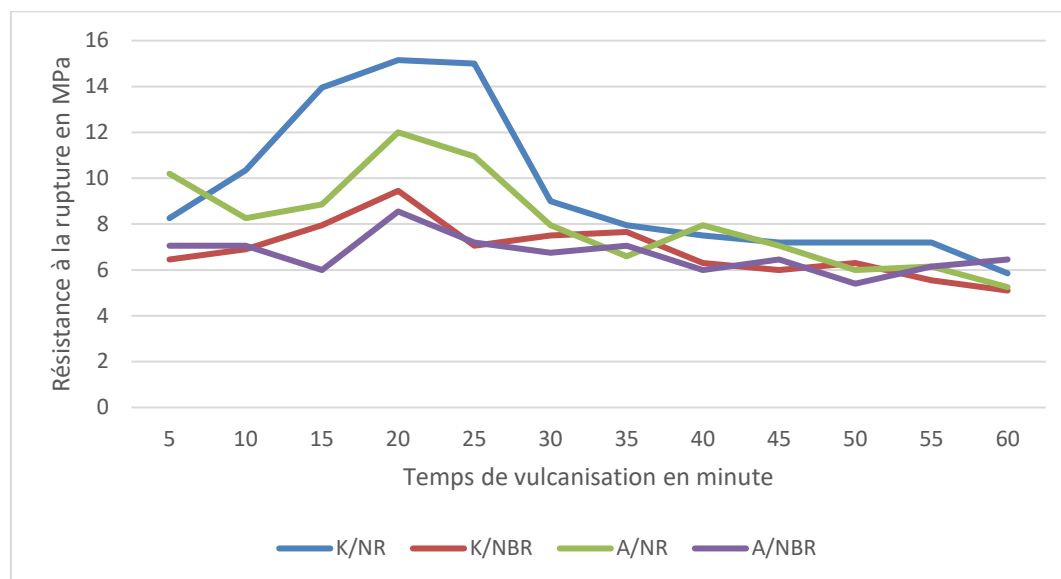


Fig. 3. Variation de la résistance à la rupture des formules en NR ET NBR en fonction du temps de vulcanisation; formule P760

L'examen de l'allure des courbes de la figure 4 montre que les valeurs maximales de la résistance à la rupture des vulcanisats sont atteintes à un temps de cuisson de 20 minutes. Après ce temps, on constate une décroissance de la résistance à la rupture (réversion). C'est ce temps de vulcanisation de 20 minutes, qui a été gardé pour la suite de nos expériences.

8.3 PROPRIETES COMPAREES DES MELANGES CONFECTIONNES SELON LA FORMULE P 760

Les mélanges confectionnés selon la formule P 760 à base de NR et NBR ont donné les propriétés reprises au tableau 5.

Tableau 5. Propriétés comparées des mélanges confectionnés selon la formule P 760

	K/NBR	K/NR	A/NBR	A/NR
Dureté shore A	61	52	63	49
Indice d'abrasion	73.8	34.7	80.6	35.2
Résistance à la rupture en Mpa	9.45	15.15	8.55	12.00
Allongement en %	318.0	878.8	501.6	957.8
Densité	1.65	1.49	1.37	1.63

8.4 VARIATION DES PROPRIETES MECANQUES DES FORMULES EN FONCTION DE LA CHARGE EN ARGILE DE KALUBWE

Le tableau 5 reprend la dureté shore A, l'indice de résistance à l'abrasion, la résistance à la rupture, l'allongement à la rupture et la densité des formules à base des élastomères NR et NBR confectionnées avec 40, 60, 70 parts d'argile de KALUBWE.

Toutes ces formules ont été fabriquées avec des parts constantes et égales, pour tous les constituants sauf la charge renforçante claire (l'argile) et aux proportions indiquées à la formule P 760. Le temps et la température de vulcanisation ont été gardés constants, respectivement égaux à 20 minutes et 145°C. Les courbes se rapportant aux résultats du tableau 5 sont reprises aux figures 5, 6, 7 et 8.

Tableau 6. Variation des propriétés mécaniques des formules en fonction de la charge en argile de Kalubwe

		NR				NBR			
		Dureté shore A	ARI	R/R	A/R	Dureté shore	ARI	R/R	A/R
Parts en argile	40	46	50.5	12.4	715.0	50	72.0	14.1	486.0
	60	49	35.2	12.0	957.2	63	80.6	8.75	501.6
	70	63	30.0	16.3	625.0	67	83.7	16.8	528.0

8.5 DISCUSSION DES RESULTATS

Nous rappelons que l'objectif visé dans nos expérimentations est de voir si on peut substituer, dans les formules en caoutchouc de la Gécamines, le kaolin importé par une argile locale (l'argile de KALUBWE). La substitution n'est possible qu'en retrouvant toutes les propriétés désirées.

8.5.1 SUBSTITUTION À PART ÉGALE

L'examen des résultats du tableau 5, nous conduit à tirer les constatations ci-après.

8.5.1.1 SUR LA DURETÉ

La dureté est trouvée presque constante à plus ou moins 3 points shore près. Les formules à base de copolymères butadiène-acrylonitrile (NBR) ont donné des duretés plus grandes que celles à base du caoutchouc naturel (NR). Cette constatation est conforme à la littérature. En effet, certains chercheurs attribuent cet état de chose au fait que le caoutchouc naturel possède un caractère cristallin alors que le caoutchouc NBR a un caractère amorphe [5].

8.5.1.2 SUR LA RÉSISTANCE À L'ABRASION

Nous remarquons que les formules à base du caoutchouc naturel ont donné le même ARI égal à plus ou moins 35. Par contre les formules confectionnées avec le polymère NBR, l'indice de résistance à l'abrasion a augmenté d'environ 7 unités, en substituant le kaolin par l'argile.

En comparant les propriétés de deux charges (kaolin et argile), nous remarquons que l'argile de KALUBWE est constituée des particules plus fines que le kaolin importé. L'incorporation de ces charges dans une matrice de caoutchouc tend à diminuer normalement les interactions entre macromolécules responsables de meilleures résistances à l'abrasion. Cette diminution qui s'explique par l'augmentation des espaces intermoléculaires est faible pour des particules très fines.

En comparant les ARI des formules à base du polymère NBR et celles à base du caoutchouc naturel, nous constatons que les résistances à l'abrasion des formules en NBR sont plus grandes. Ceci se justifie aussi par le caractère cristallin du caoutchouc NR et amorphe de l'élastomère NBR.

8.5.1.3 SUR LA RESISTANCE À LA RUPTURE

En substituant le kaolin par l'argile dans les mélanges fabriqués selon la formule P 760, la résistance à la rupture diminue d'environ 3 MPa pour les formulations à base du polymère NR. Par contre, la résistance à la rupture est presque la même pour les formules à base du polymère NBR.

Les formules à base du caoutchouc naturel comparées à celles confectionnées avec le caoutchouc NBR présentent des résistances à la rupture les plus grandes. On peut le remarquer très bien sur les courbes de vulcanisation données à la figure 4. Ceci se justifie par le caractère cristallin du caoutchouc naturel.

8.5.1.4 SUR L'ALLONGEMENT

Cette propriété est fortement améliorée lorsqu'on substitue dans les formules le kaolin par l'argile de KALUBWE. Les allongements à la rupture des vulcanisats à base de caoutchouc NR sont plus grands que ceux présentés par les formules à base du copolymère NBR. Ici aussi, la littérature le confirme en se basant sur les propriétés cristallines des élastomères [5].

8.5.2 VARIATION DES PROPRIETES MECANQUES EN FONCTION DES PARTS EN ARGILE

Il ressort des essais de formulation de nos échantillons en variant les parts de l'argile de KALUBWE dans les composites à base des élastomères NR et NBR ce qui suit:

1. La dureté croît continuellement avec l'augmentation du taux d'argiles dans les formules à base de NBR ou de NR (voir figure 5). La courbe se rapportant au copolymère butadiène acrylonitrile est à des valeurs supérieures à celles du caoutchouc naturel. L'interprétation a été donnée au point VI.5.1. Où nous avons signifié que le polymère NBR donne les propriétés mécaniques les plus bonnes en mélange chargé qu'en mélange non chargé.
2. L'indice de résistance à l'abrasion est amélioré avec l'augmentation des parts de l'argile dans l'élastomère NBR, tandis que cette propriété diminue dans le caoutchouc naturel avec l'accroissement de la quantité d'argile. De plus la courbe des ARI des formules en NBR se trouve au-dessus de celle relative au polymère NR (voir figure 6). Ceci s'interprète de la même manière que précédemment mais l'effet contraire de l'évolution de ARI est confirmé par des recherches passées où on a trouvé que le caoutchouc naturel perd souvent certaines propriétés quand il est chargé [1]; [5].
3. L'accroissement du taux d'argile dans une matrice des élastomères NR et NBR donne des courbes de variation de résistance à la rupture donnant un minimum à 60 parts d'argile. Cette variation, ne trouvant pas à notre niveau une explication fiable, montre qu'en caoutchouterie, il est réellement difficile de prévoir théoriquement les modifications qui peuvent découler du changement des parts d'un constituant. Théoriquement et en se basant sur la littérature l'augmentation des charges diminue les espaces libres intermoléculaires et cela a pour conséquence l'augmentation des forces de Van Der Waals responsables des grandes résistances à la rupture. Une fois ces espaces remplis, tout ajout de charge tend à augmenter les espaces intermoléculaires et par conséquent la résistance à la rupture diminue.
4. L'allongement à la rupture des formules à base de NBR augmente lentement avec l'ajout de l'argile dans la matrice de caoutchouc. La courbe de variation de l'allongement à la rupture des formules du polymère NR présente un maximum à 60 parts en argile. Cette allure est difficile à expliquer avec les prévisions de la littérature qui indique que ce sont les composés à structures cristallines qui s'étirent facilement et présentent des allongements à la rupture les plus élevés.

9 CONCLUSION GENERALE

Nous notons de nos expérimentations faites selon une formule atelier Gécamines nommée P 760 à base des élastomères NR et NBR ce qui suit:

1. La substitution à parts égales du kaolin par l'argile de KALUBWE dans les formulations en caoutchouc de la Gécamines tend à améliorer les propriétés mécaniques des vulcanisats.
2. Dans les formules à base du polymère NBR, toutes les propriétés mécaniques augmentent avec l'ajout progressif de l'argile de KALUBWE sauf l'allongement à la rupture où sa variation a présenté un minimum à 60 parts d'argiles.
3. Le caoutchouc naturel présente des propriétés mécaniques moindre que les formules à base du copolymère butadiène-acrylonitrile et leurs variations en fonction des parts en argile sont difficiles à interpréter.
4. Il ressort des résultats, de nos expérimentations que la substitution du kaolin importé par l'argile de KALUBWE préparée selon nos conditions expérimentales est possible avec diminution de ses parts dans le caoutchouc puisqu'il tend à augmenter les propriétés mécaniques des vulcanisats et que l'accroissement de ses parts dans le caoutchouc tend à augmenter les propriétés mécaniques.
5. Le métier de caoutchoutier restant un art, notre objectif sera réellement atteint lorsque le compromis de toutes les propriétés exigées pour les articles en élastomères manufacturés à la Gécamines est obtenu. Cela exige une étude plus approfondie.

REFERENCES

- [1] R. PERIN et J.P. SCHARFT, Chimie Industrielle, 2^{ème} édition, (MASSON), Tome II, 1997 PARIS, pp 625-638.
- [2] G. CHAMPETIER et L. MONNERIE, Introduction à la Chimie macromoléculaire; (MASSON), PARIS 1969, pp: 615, 616, 617.
- [3] IFOCA., Initiation à la technologie des élastomères, Tome I, France 1989 (8ème partie: Plastifiants, 9 émé partie: Elastomères, pp 8, 13,18.).
- [4] PAUL FOURNIER, Les élastomères (technique de l'ingénieur A 2310), France, Paris 1968; pp: 6, 7, 17.
- [5] G. GENIN et B/MIRISSONS; Encyclopédie technologique de l'industrie du caoutchouc, Tome II. (DUNOD), PARIS 1960; pp: 419, 461, 485, 509, 605, 641.
- [6] KIRK-OTHMER, Encyclopedia of chemical technology. Third edition, Volume 20. (A. WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION. JOHN WILEY AND SONS).CANADA 1982; pp: 337, 349, 353, 374, 402, 403, 410, 432, 481.
- [7] Chimie et vie quotidienne. Numéro spécial, novembre 1999, l'actualité chimique, Société française de Chimie, PARIS 1999, p 68.
- [8] NORME INTERNATIONALE, ISO 4649-1985 (F); Détermination de la résistance à l'abrasion à l'aide d'un dispositif à tambour tournant, France 1985, pp: 1-7.
- [9] NORME INTERNATIONALE, ISO 2871 – 1977 (F); Détermination de la masse volumique.
- [10] NORME INTERNATIONALE, ISO 37 – 1977 (F), Caoutchoucs vulcanisés – Essai de traction allongement.
- [11] NORME INTERNATIONALE, ISO 48 – 1977 (F), Détermination de la dureté au moyen d'un duromètre.

Integrating IT in Higher Education: The Role of LMS, SIS and HMS

Moe Moe Zaw

Department of Applied Information Technology, Naypyitaw State Polytechnic University, Naypyitaw, Myanmar

Copyright © 2025 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 rapid advancement of information technology (IT) is transforming the field of higher education. This paper examines how using Learning Management System (LMS), Student Information System (SIS) and Hostel Management System (HMS) in higher education can make education and administration easier. It discusses how LMS helps with online learning, SIS tracks student progress and HMS manages student accommodations. It also shows how these systems can support global sustainability goals (SDGs) in education. Adopting these technologies can enhance operational efficiency, improve the student experience and create a more connected and sustainable educational environment.

KEYWORDS: Information Technology, Digital Systems, Learning Management Systems (LMS), Student Information Systems (SIS), Hostel Management Systems (HMS), Sustainable Development Goals (SDGs), SDG 4, Quality Education.

1 INTRODUCTION

In the rapidly evolving environment of higher education, technology has become an indispensable tool for improving administrative efficiency and enhancing the student experience. Among the technologies gaining significant growth in higher education are Learning Management Systems (LMS), Student Information Systems (SIS) and Hostel Management Systems (HMS). These systems have revolutionized how educational institutions manage various aspects of academic life, including teaching and learning, student data, and campus facilities. Their integration into university operations has the potential to transform educational practices, simplify processes, and provide better learning environments for students.

A crucial framework guiding educational development is the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), with SDG 4 specifically focused on "ensuring inclusive and equitable quality education and promoting lifelong learning opportunities for all" (United Nations, 2015) [1], [2]. The integration of technology in higher education plays a pivotal role in achieving SDG 4, which seeks to ensure inclusive, equitable, and quality education. Research highlights that the adoption of Information and Communication Technologies (ICT) in universities contributes significantly to improving educational accessibility and engagement. A study on e-learning in higher education explores how ICT enables universities to provide flexible learning opportunities, thus reaching a broader and more diverse student population, particularly in areas with limited access to traditional educational resources [4].

The UNESCO Global Education Monitoring Report (2023) highlights the critical role of digital transformation, inclusivity, and equitable access in achieving Sustainable Development Goal 4 (Quality Education). By emphasizing the importance of technology in reducing educational disparities and improving outcomes, the report provides valuable context for understanding global education priorities. Its focus on innovative approaches and strategies aligns with efforts to enhance efficiency and accessibility in education systems, supporting the integration of digital solutions to advance quality and inclusivity in higher education [3].

The integration of Information and Communication Technologies (ICT) in higher education has been a subject of ongoing research, with significant focus on how these technologies enhance both teaching and administrative functions. Studies have shown that the adoption of ICT can transform educational systems by improving access to resources, streamlining administrative processes, and fostering better communication between faculty, students, and institutions [5].

In today's internet-driven world, Learning Management Systems (LMS) have become indispensable for university education, enabling students to stay updated on coursework and receive instant assignment notifications. These systems also facilitate communication between lecturers and students outside class hours. Despite initial challenges in adopting a new system, proper training, support, and an on-call technical team can ensure smooth usage. Most university students benefit from LMS, reporting positive experiences, underscoring its importance in enhancing the learning process and its necessity for global implementation in higher education [6].

This paper examines how Learning Management Systems (LMS), Student Information Systems (SIS), and Hostel Management Systems (HMS) can help achieve SDG 4, which focuses on providing quality education for everyone. It discusses how these systems can improve education, support student success, and create a fair and inclusive learning environment. The paper also explores the benefits and functions of these systems in enhancing education and how they contribute to the goals of sustainable development in education.

2 INTEGRATING DIGITAL SYSTEMS IN HIGHER EDUCATION

Digital systems are becoming an important part of higher education, helping universities work more efficiently and improve the quality of education. Tools like Learning Management Systems (LMS), Student Information Systems (SIS), and Hostel Management Systems (HMS) are being used to make things easier for students, teachers and staff. These systems help with communication, keep track of student progress and manage important information. By using these digital tools, universities can create a better learning experience and support goals for better education worldwide.

In this section, the details of Student Information Systems (SIS), Learning Management Systems (LMS) and Hostel Management Systems (HMS) will be discussed on exploring how each of these digital tools contributes to improving the overall educational experience.

2.1 LEARNING MANAGEMENT SYSTEMS (LMS)

A Learning Management System (LMS) is a software that operates on a web server, cloud computing platform or personal local computer, facilitating the management of teaching and learning in both academic and non-academic programs without being limited by time or location. Since most LMS platforms can be accessed through an internet browser or as a standalone application, they offer unlimited accessibility. Currently, numerous LMS platforms have been developed for both academic and industrial use. [7,8]

LMS offers many functionalities, but in this paper will focus on the key features in Fig. 1 that enhance the learning experience and improve efficiency for both teachers and students.

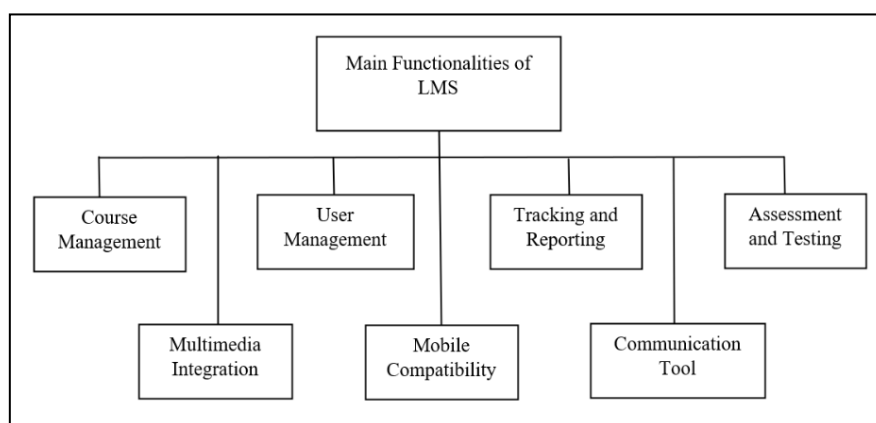


Fig. 1. Main Functionalities of LMS

Course Management: provides centralized organization and easy access to course materials. It helps teachers to create, manage, and update courses efficiently, ensuring consistency in content delivery. Students can find all resources in one place improving the learning experience.

User Management: it is easy to add students, teachers and administrators. It helps assign the right roles to each user, so they can access what they need. This keeps the system secure and ensures that everyone has the right level of access.

Assessment and Testing: LMS allows teachers to create quizzes and assignments easily and teachers can quickly grade and give feedback to students.

Tracking and Reporting: teachers can easily create quizzes and assignments. The system grades them automatically and gives students quick feedback, saving time and helping students learn faster.: A teacher can keep the records of attendance, assignments, quizzes and course progress. So, teachers can easily check what students have done and track their learning journey.

Communication Tool: Teachers can communicate with students through messages, forums or announcements. Students can use forums to discuss topics and ask questions. These tools also help with teamwork.

Multimedia Integration: In LMS, teachers can add videos, audio and interactive activities to lessons. This makes learning more interesting and fun. Students can better understand concepts through visuals and multimedia. It helps keep students engaged and motivated to learn.

Mobile Compatibility: Students can access course materials anytime even when they're not at a computer. They can use their phones or tablets to continue learning on the go.

Besides the above benefits, an LMS saves time and reduces paperwork in several ways. It simplifies the learning process for both teachers and students. Teachers can focus more on teaching while students can benefit from a more organized and accessible learning experience.

2.2 STUDENT INFORMATION SYSTEM (SIS)

SIS platforms are central to managing student-related data throughout their academic journey. They automate processes that would otherwise require significant manual effort. SIS offers a wide range of functionalities but in this paper, the key features in Fig. 2 that directly contribute to improving student support and decision-making within the university will be focused on.

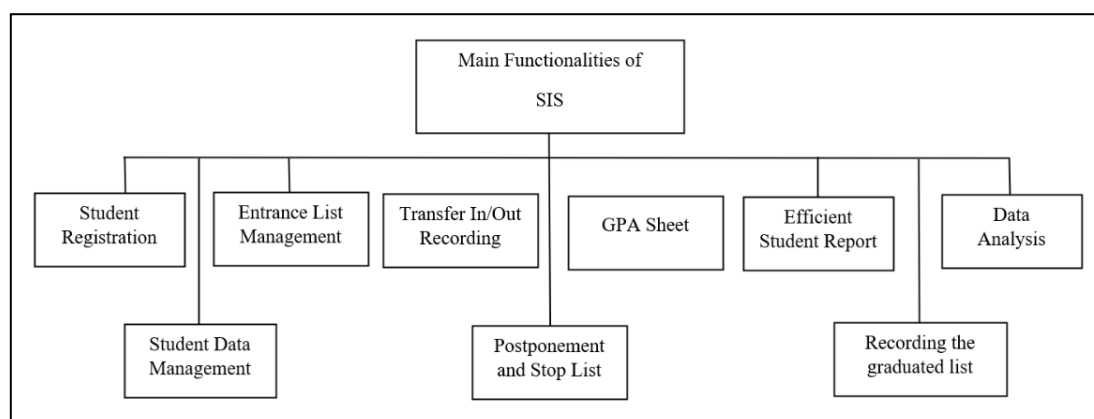


Fig. 2. Main Functionalities of SIS

Student Registration: benefits both students and administrators by making the enrollment process faster and more organized. This eliminates the need for paper forms and long waits. For administrators, it helps keep student information organized in one system making it easier to track and manage each student's information.

Student Data Management: makes it easier to store and access important information about students like their personal details, grades and contact information. With all the data in one place, it's quick and simple for staff to update and retrieve records, saving time and reducing mistakes.

Entrance List Management: Once the staff uploads the entrance list, students can immediately view whether they have been admitted to the university. This system makes it easier for students to confirm their admission status and ensures transparency. It also helps staff efficiently manage and keep track of the students who are officially enrolled for that academic year.

Transfer In/Out Recording: SIS allows the staff at Student Affair Department to record and view data about students transferring into or out of the university. This includes details about which university and on which date a student has transferred from or to. Staff can easily search and access this information ensuring that the transfer process is accurately

documented. By recording transfer data in the system, staff can efficiently track the movement of students between universities and ensure that all relevant details are available for reference when needed.

Postponement and Stop List: It is easy for the staff to quickly search and access records of students who have postponed their studies or stopped attending. When the admin requests these records, staff can quickly find the information in the system without needing to search through paper files. This saves time, reduces the chance of errors and ensures that the information is always up-to-date and easily accessible whenever needed.

GPA Sheet: Once the staff uploads the Excel file containing students' grades, the SIS automatically generates the GPA sheet. This system allows students to instantly view and download their GPA sheet based on the uploaded grades. It eliminates the need for manual GPA calculations and provides students with accurate, real-time updates on their academic performance. This process saves time for both staff and students, making the GPA information easily accessible and transparent.

Efficient Student Report by Academic Year and Class: SIS allows the staff to generate reports by academic year and class. It makes finding specific student information quick and easy. Staff can quickly create reports for a particular group of students based on their academic year or class, saving time and effort compared to manually going through files. It also improves organization and reduces the chances of errors.

Recording the graduated list: Recording the graduated list by academic year in the SIS allows the university to keep an organized and accurate record of all students who have completed their studies. Staff can quickly search for and retrieve this information whenever needed, saving time and effort compared to searching through paper records. This makes it easier to track alumni, generate reports and provide data for administrative purposes.

Data Analysis: Data analysis in SIS can be done on various data points to improve decision-making and planning. Analyzing yearly enrollment trends helps in resource planning. Comparing number of university entrance students to number of enrolled students identifies gaps in admissions. Graduation rates show program success. Analyzing the number of students who enroll in the university versus the number who successfully graduate can also be made with SIS data analysis. These insights enable the university to provide better support for students, make more effective use of resources and support better decision-making for University administrators.

By automating such routine tasks, SIS reduces the need for manual work, making these processes faster and more accurate for the university. This allows the university to focus on more strategic tasks, such as enhancing student services and improving academic programs.

2.3 HOSTEL MANAGEMENT SYSTEMS (HMS)

HMS platforms address the specific needs of managing student accommodations. They integrate various functionalities to ensure smooth and efficient hostel operations. The functionalities listed in Fig. 3 are key features of the Hostel Management System. There can be many other features available to support the complete hostel management process.

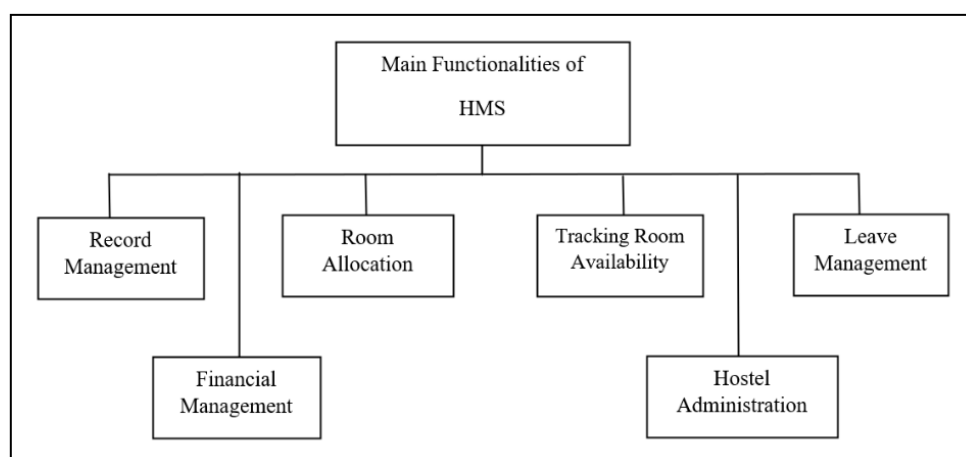


Fig. 3. Main Functionalities of HMS

Record Management: Recording and managing student details in the hostel each academic year ensures organized and up-to-date records that can be accessed anywhere, anytime.

Room Allocation: Making room allocation using HMS prevents overbooking, ensuring that no room is assigned to more than available number of students in the room. Efficient room assignments make it easier for hostel staff to manage occupancy and keep track of who is staying in each room. It also allows for quick reference to view a list of students assigned to each room, making room management more organized and reducing confusion. This system improves both student satisfaction and administrative efficiency.

Tracking Room Availability: Tracking and displaying room availability in real-time helps hostel administrators stay updated on which rooms are available or unavailable. This ensures that rooms are allocated efficiently without confusion. By allowing administrators to update room statuses, such as available or unavailable, the system keeps everything organized and up-to-date.

Leave Management: Leave management helps hostel administrators efficiently track and record student leave history ensuring that each application is processed in a timely manner. Maintaining a leave history for each student helps keep accurate records making it easy to review past leave details when needed.

Financial Management: Financial management allows Finance Department to record payments made by students for accommodation ensuring that all transactions are accurately documented. By tracking payments by month and semester, the system provides a clear overview of the hostel's financial status. So, HMS ensures transparency, reduces errors and simplifies financial tracking for hostel operations.

Hostel Administration: The ability to generate reports on occupancy, student attendance, and financial status gives administrators a clear overview of hostel operations making it easier to make informed decisions.

HMS platforms improve the quality of campus life by ensuring efficient housing allocation and maintenance. They create a safe and well-managed environment for students, enhancing their focus on academics.

2.4 COMPARING THE FEATURES OF LMS, SIS AND HMS

A clear comparison of the key features of LMS, SIS and HMS is shown in Table 1. Each system plays a unique role in supporting high education operations and focuses on areas such as online learning, student record management and accommodation services.

Tableau 1. Comparing the features of LMS, SIS and HMS

Feature	LMS	SIS	HMS
Primary Purpose	Manages online learning and courses	Tracks student records and performance	Manages student accommodations
Core Functionality	Course management, assignments, assessments	Student registration, GPA Sheet	Room allocation, Payment Record, Leave Record
User	Students, Teachers, Administrators	Students, Department of Student Affair, Administrators	Hostel staff, Department of Finance, Administrators
Reports and Analytics	Provides performance analytics and reports	Provides reports on student records on various criteria	Provides reports on room occupancy and leaves

3 CHALLENGES TO INTEGRATION

Incorporating digital systems into higher education offers many opportunities but it also presents several challenges.

Technical Challenges

Integrating digital systems in higher education can be difficult due to technical issues. Many institutions lack the infrastructure, such as reliable internet or modern devices, needed to support new systems.

Resistance to Change

Faculty, staff and students may resist using new technologies. They might feel uncomfortable with the changes or worry about the impact on their work.

Data Privacy and Security Concerns

With digital systems comes the need to protect sensitive data such as personal information and academic records.

Inadequate Training and Support

If users are not properly trained, digital systems may not be used effectively. Faculty and staff need ongoing training to feel confident in using new tools.

4 ALIGNING HIGHER EDUCATION SYSTEMS WITH SDG 4: QUALITY EDUCATION

The Sustainable Development Goals (SDGs) also called the Global Goals were agreed upon by the United Nations in 2015 as a worldwide plan to eliminate poverty, protect the environment and ensure that by 2030, everyone can live in peace and prosperity.

The 17 SDGs are connected—they acknowledge that progress in one area will impact others and that development should focus on balancing social, economic, and environmental well-being [1].

SDG 4 which focuses on providing quality education for all is not limited to primary and secondary education; it also includes higher education [2]. This study aligns with SDG 4 by exploring how modern systems, such as Learning Management System (LMS), Student Information System (SIS) and Hostel Management System can enhance the quality and accessibility of higher education.

By improving the management of student data, learning resources and campus facilities, these systems make it easier for universities to offer a more organized and efficient educational experience. For example, LMS can help manage online courses, SIS can manage student records and progress and Hostel Management Systems can ensure smooth operation of campus accommodations. Together, they create a more supportive and inclusive learning environment.

These systems contribute to SDG 4's goal of ensuring that all students, no matter their situation, have access to quality education. They help universities provide better services to students, improve learning outcomes and make education more accessible to a wider range of people aligning with the broader vision of sustainable and inclusive education at all levels.

5 CONCLUSION

Integrating digital systems like Learning Management System (LMS), Student Information System (SIS) and Hostel Management System (HMS) into higher education can greatly improve higher education. These systems help make administrative tasks easier, increase student involvement and offer better learning opportunities. However, there are challenges to implementing these systems such as lack of infrastructure, training and resistance to change. Despite these challenges, aligning digital systems with the United Nations Sustainable Development Goal (SDG) 4, which emphasizes quality education for all, presents a clear path forward. By overcoming these challenges, universities can improve access to education and learning outcomes for all students. In conclusion, these systems play a key role in making education better and more sustainable in the future.

REFERENCES

- [1] United Nations. (2015). Sustainable Development Goals.
- [2] UNESCO. (2020). SDG 4: Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all.
- [3] Global education monitoring report summary 2023 Technology in education.
- [4] Ghanem, S. (2020). E-Learning in Higher Education to Achieve SDG 4: Benefits and Challenges. In 2020 Second International Sustainability and Resilience Conference Technology and Innovation in Building Designs (51154) (pp. 1-6). IEEE.
- [5] H. Ateş, «Using Information Systems and Technologies in Higher Education Institution», *International Journal of Research - Granthaalayah*, 7 (10), 226-239, 2019.
- [6] Ismail, A., & Azman, N, «Learning Management System (LMS) among university students: Does it work?» ResearchGate, 2014.
- [7] Sharifov, M., & Mustafa, A. S., «Review of prevailing trends, barriers, and future perspectives of learning management systems (LMSs) in higher institutions», *Online Journal of New Horizons in Education*, 10 (3), 166, 2020.
- [8] Kraveva, R., Sabani, M., & Kravev, V, «An analysis of some learning management systems», *International Journal of Advanced Science, Engineering, and Information Technology*, 9 (4), 1190–1198, 2019.

Inférence bayésienne de la fiabilité structurelle d'une passe vannée de barrage à partir de son arbre de défaillance

[Bayesian inference of the structural reliability of a spillway gate from its fault tree]

Guy-de-Patience FTATSI MBETMI¹, François Juvenaul TAMO CHEKAM¹, Frédéric DUPRAT², and Wolfgang NZIE³

¹LASE, Université de Ngaoundéré, IUT, P.O. Box 455, Ngaoundéré, Cameroon

²LMDC, Université de Toulouse, INSA, UPS, 135 Avenue de Rangueil, 31077 Toulouse cedex 04, France

³LA2MP, Université de Ngaoundéré, ENSAI, P.O. Box 455, Ngaoundéré, Cameroon

Copyright © 2025 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: Bayesian networks have shown their interest in the field of reliability to model the degradation of dynamical systems. The objective of this work is to set up a Bayesian network to model the degradation of the structural reliability of a spillway. For this purpose, a structural fault tree from the literature was transformed into a Bayesian network using equivalences with the various logic gates. Then, the distributions of the structural reliability of each node, determined in the literature by the condition index method, were implemented, and the Bayesian network was calculated. The inferences were made on the Bayesian lattice using the Monte Carlo algorithm. The Bayesian network built was deployed to assess the temporal evolution of the structural reliability of a spillway over a 100-year period.

KEYWORDS: transformation of a fault tree, Bayesian network, structural reliability, spillway, logic gates.

RESUME: Les réseaux bayésiens ont montré leurs intérêts dans le domaine de la fiabilité pour modéliser la dégradation des systèmes dynamiques. L'objectif de ce travail est de mettre en place un réseau bayésien permettant de modéliser la dégradation de la fiabilité structurelle d'un évacuateur de crues. À cet effet, un arbre de défaillances structurelles tiré de la littérature a été transformé en réseau bayésien en utilisant des équivalences avec les diverses portes logiques. Ensuite, les lois de distributions de la fiabilité structurelle de chaque nœud, déterminées dans la littérature par la méthode d'indice de condition, ont été implémentées, puis le réseau bayésien calculé. Les inférences ont été faites sur le réseau bayésien en utilisant l'algorithme de Monte Carlo. Le réseau bayésien construit a été déployé pour évaluer l'évolution temporelle de la fiabilité structurelle d'un évacuateur de crues sur une période de 100 ans.

MOTS-CLEFS: transformation d'un arbre de défaillance, réseau bayésien, fiabilité structurelle, évacuateur de crues, portes logiques.

1 INTRODUCTION

Compte tenu de l'importance des barrages en général, et des évacuateurs de crues (voir figure 1) en particulier, certains travaux de recherche ont été menés pour améliorer l'analyse de leurs fiabilités, à l'instar de [1], [2], [3], ainsi que le suivi de la détérioration de leurs structures [3], [4], [5], [6]. De manière générale, au nombre d'approches les plus populaires pour l'analyse fiabiliste l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) et les ADD (Arbres De Défaillances) peuvent être comptés. Cependant, ces dernières négligent les dépendances et dynamiques internes aux

systèmes, contrairement à l'utilisation des Réseaux Bayésiens (RB) par exemple. Dans ce travail, une brève présentation des RB sera faite, ainsi que le processus de leur construction à partir d'un ADD. Les résultats de l'application de cette méthodologie pour évaluer la fiabilité structurelle d'une passe vannée de barrage au cours du temps seront présentés.

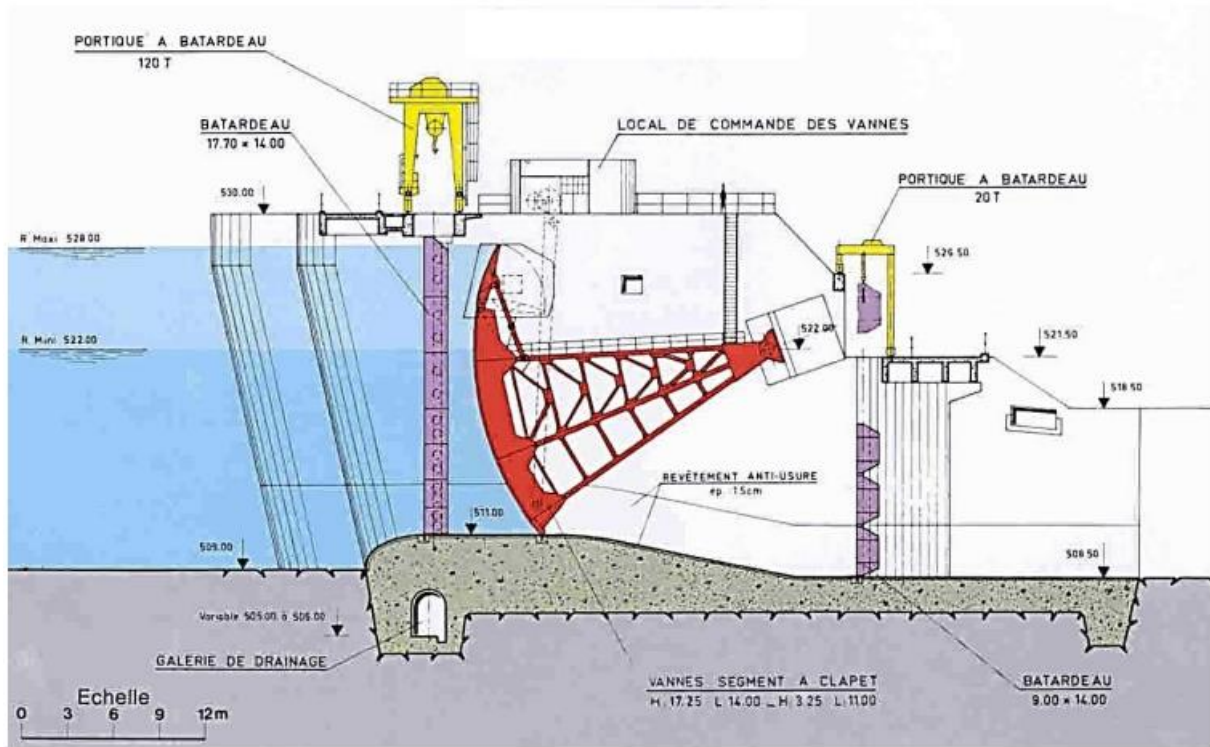


Fig. 1. Vue d'ensemble d'un évacuateur de crues [3], [7]

2 GENERALITES SUR LES RESEAUX BAYESIENS

Un réseau bayésien [8], [9] est un graphe orienté sans circuit, dans lequel chaque nœud représente une variable du système, et chaque arc représente une relation de dépendance directe entre deux variables. C'est un outil mathématique reposant sur la théorie des probabilités et la théorie des graphes. Le théorème de Bayes s'écrit selon l'équation 1 découlant de la figure 2.

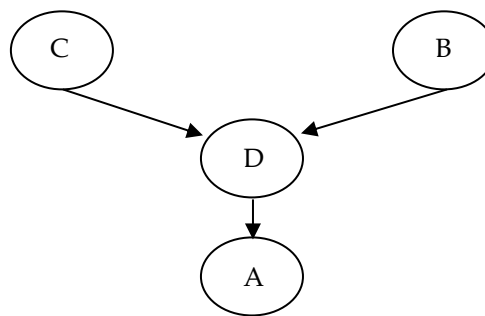


Fig. 2. Exemple d'un Réseau bayésien à quatre (04) nœuds

$$P\left(\frac{A}{B}, c\right) = \frac{P\left(\frac{B}{A}, c\right) \times P\left(\frac{A}{c}\right)}{P\left(\frac{B}{c}\right)} \quad (1)$$

Où: $P(A|B, c)$ est la probabilité a posteriori de l'événement A, $P(A|c)$ est la probabilité a priori de l'événement A, $P(B|A, c)$ est la probabilité de B si l'on suppose que A est vrai dans un contexte c, Elle est appelée aussi la "vraisemblance"; et $P(B|c)$ est la normalisation.

3 METHODOLOGIE ADOPTÉE

En utilisant la procédure indiquée par [10], [11] et illustrée par l'exemple de la figure 3 ci-après, l'arbre de défaillances (ADD) structurelles de la figure 4, présenté à l'origine par [12], puis par [2], [3], sera transformé en réseau bayésien (RB).

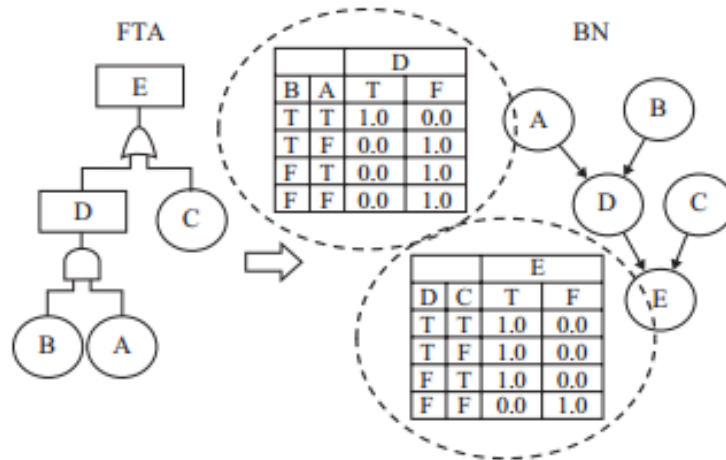


Fig. 3. Processus de transformation d'un arbre de défaillances en réseau bayésien

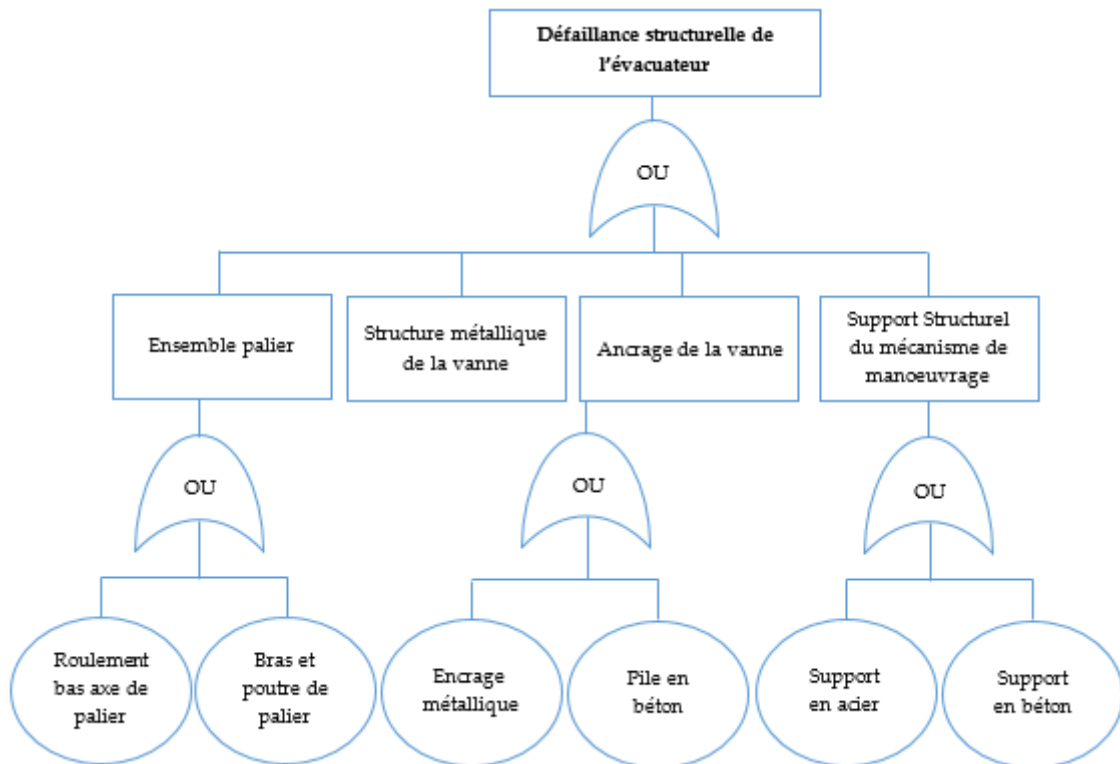


Fig. 4. Arbre de défaillance structurelle de l'évacuateur de crues

Les événements de base (respectivement intermédiaires et redoutés) de l'ADD deviennent les nœuds racines (respectivement intermédiaires et feuilles) du RB. Les probabilités de défaillance des événements de base de l'ADD deviennent les probabilités à priori des nœuds du RB. Les tables de vérité des portes logiques de l'ADD deviennent les tables de probabilités conditionnelles initiales du RB.

Ensuite, les lois de distributions pour l'apprentissage ont été déterminées du retour d'expérience présenté dans la littérature [1], [13], ainsi que calculer par la méthode d'indice de condition [14].

Enfin, l'inférence approchée par la méthode de Monte Carlo, adoptée en raison de ses meilleures performances, se fait selon l'expression ci-dessous.

$$P(X(1), X(2), X(3), \dots, X(T)) = \prod_{t=1}^T \prod_{i=1}^n P\left(\frac{X_i(t)}{\text{parents}(X_i(t))}\right) \quad (2)$$

Où t est l'indice temporel sur les T intervalles de temps considérés, et n est le nombre de variables qui interviennent dans le processus d'évaluation de la fiabilité de l'évacuateur de crues dans le temps.

La création, l'apprentissage et l'inférence du modèle du réseau bayésien construit ont été programmés avec le langage python en utilisant principalement la bibliothèque pyAgrum.

4 RESULTATS

4.1 IDENTIFICATION DES VARIABLES ET STRUCTURE DU RESEAU

Les désignations et codification des variables du réseau bayésien déduit de l'arbre de défaillances structurelles d'une passe vannée de barrage sont données dans le tableau 1.

Les lois de distribution de fiabilité du système à considérer pour les différents nœuds du réseau Bayésien [14], qui ont été obtenues par l'application de la méthode d'Indice de Condition aux données de retours d'expériences de [15], sont également indiquées dans le tableau 1.

Tableau 1. Codification et lois de distributions des variables du réseau bayésien

Codification	Désignation	Loi	Paramètres	Périodes d'observation (année)
R_B_A_P	Roulement Bas Axe de Palier	Weibull	$\alpha = 129 ; \beta = 5,18$	100
B_P_P	Bras et Poutre de Palier	Weibull	$\alpha = 65,47 ; \beta = 4,00$	100
E_M	Ancrage Métallique	Weibull	$\alpha = 70,86 ; \beta = 3,35$	100
P_B	Pile en Béton	Weibull	$\alpha = 74,15 ; \beta = 5,05$	100
S_A	Support en Acier	Weibull	$\alpha = 67,73 ; \beta = 5,41$	100
S_B	Support en Béton	Weibull	$\alpha = 67,73 ; \beta = 5,42$	100
S_M_V	Structure Métallique de la Vanne	Weibull	$\alpha = 89,10 ; \beta = 5,32$	100

Où l'expression de la fiabilité de la loi de Weibull à deux paramètres est:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (3)$$

Et en faisant un développement mathématique, on obtient celui du temps t (avec $t \in [0; 100]$) en fonction de la fonction de densité qui est comme suit:

$$t = \alpha \left[\ln \left(\frac{1}{R} \right) \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (4)$$

4.2 STRUCTURE DU RESEAU

La méthodologie de conversion d'un arbre de défaillance en réseau bayésien, illustrée graphiquement plus haut à la figure 3, appliquée à l'arbre de défaillances structurelles de l'évacuateur de crues présenté à la figure 4, donne la structure graphique du réseau bayésien présentée à la figure 5. L'indépendance entre les nœuds de bases (nœuds parents) est justifiée par la structure du système.

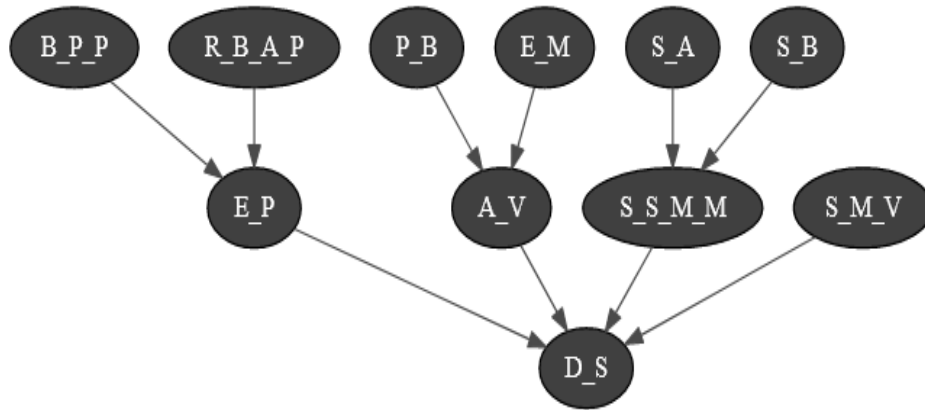


Fig. 5. Réseau bayésien des défaillances structurales d'un évacuateur de crues

4.3 LOIS DE DISTRIBUTIONS DES NŒUDS DU RESEAU ET IMPLEMENTATION

Les différentes lois ainsi que leurs paramètres respectifs utilisées pour la simulation du réseau sont présentées dans le tableau 1, et obtenus de [14]. Les données utilisées dans le cadre de ce travail pour le réseau ont été générées par les simulations de Monte-Carlo sur ces lois.

L'implémentation du réseau bayésien s'est faite en utilisant en langage python certaines fonction de la bibliothèque pyAgrum.

Sur la figure 6 ci-dessous est présentée l'inférence effectuée sur le réseau dans le cadre de son utilisation pour le calcul de la fiabilité structurelle de l'évacuateur de crue sur une période de cent ans (100 ans).

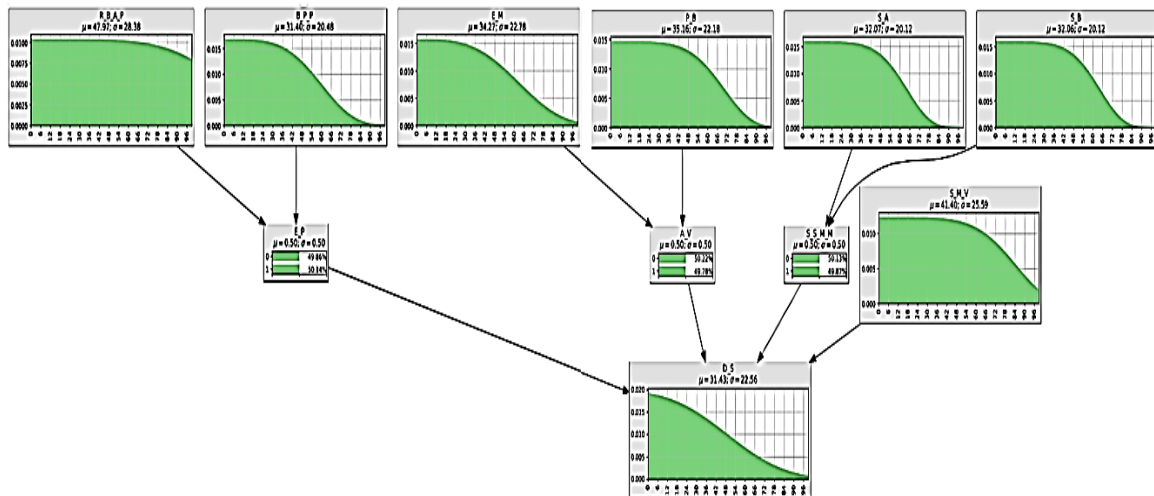


Fig. 6. Inférence sur le réseau bayésien construit

4.4 FIABILITÉ DE L'ÉVACUATEUR DE CRUE

Après la construction, la caractérisation et le calcul du réseau, il a été utilisé pour évaluer la fiabilité structurelle de l'évacuateur de crues dans le temps conformément aux équations 2, 3 et 4. La figure 7 nous présente la courbe de fiabilité de la défaillance structurale d'un évacuateur de crues obtenue après simulation du réseau bayésien sur une période de 100 ans.

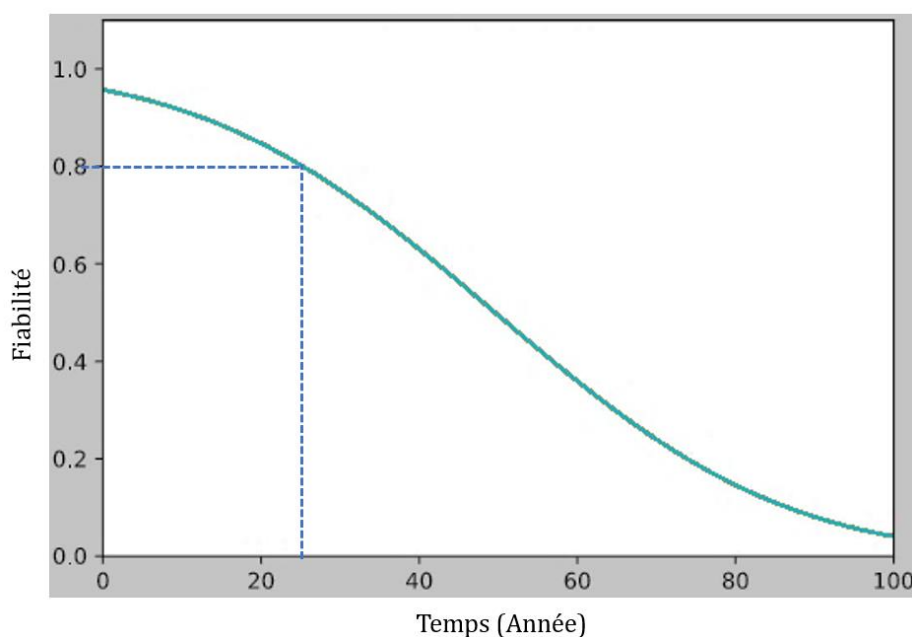


Fig. 7. Évolution de la Fiabilité de l'évacuateur de crue dans le temps

Nous constatons, sans surprise, que la fiabilité structurelle de l'évacuateur de crue diminue plus rapidement dans le temps que celles des éléments qui le constituent. Au bout de vingt-cinq années de service, la fiabilité structurelle de l'évacuateur de crues prédite est d'environ 80%. Plus couramment, une telle courbe pourrait servir à planifier les opérations de maintenance à partir d'un seuil de fiabilité. Le réseau bayésien de la figure 6 peut être utilisé pour actualiser la courbe d'évolution de la fiabilité chaque fois que de nouvelles informations sont collectées sur l'état des éléments structurels de l'évacuateur de crue, notamment suite à des inspections.

5 CONCLUSION

Ce travail développe un réseau bayésien permettant de calculer la probabilité de défaillance structurelle des évacuateurs de crues dans le but de mettre en place une politique de maintenance prévisionnelle. Suite à la transformation de l'arbre de défaillances structurelles d'un évacuateur de crues et à l'utilisation de lois de fiabilité indiquées dans la littérature, un réseau bayésien a été construit et déployé. Il permet d'évaluer dans le temps, l'évolution de la fiabilité structurelle d'un évacuateur de crues sur une période de 100 ans. Ce changement d'outils méthodologique permet de passer d'une évaluation statique à une évaluation dynamique de la fiabilité structurelle d'un évacuateur de crues. Le réseau bayésien obtenu offre également la possibilité de mettre à jour le modèle global de fiabilité chaque fois qu'il y a de nouvelles informations sur l'état de ses composants. La procédure d'actualisation de modèles bayésiens, ainsi que leur utilisation pour l'analyse de sensibilité de la variation d'états des composants sur l'état du système pourraient être abordées ultérieurement.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les différents laboratoires pour le cadre fourni et mis à notre disposition pour l'accomplissement de ce travail.

REFERENCES

- [1] P. Broy, « Evaluation de la sûreté de systèmes dynamiques hybrides complexes: application aux systèmes hydrauliques », PhD Thesis, Troyes, 2014.
- [2] M. Kalantarnia, L. Chouinard, et S. Foltz, « Objective procedure for optimization of inspection and testing strategies for spillways », *J. Infrastruct. Syst.*, vol. 22, n° 1, p. 04015011, 2016.
- [3] G. Ftatsi Mbetmi, « Fiabilité résiduelle des ouvrages en béton dégradés par réaction alcali-granulat: application au barrage hydroélectrique de Song Loulou », PhD Thesis, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier, 2018.
- [4] E. Bismut et D. Straub, « Optimal adaptive inspection and maintenance planning for deteriorating structural systems », *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 215, p. 107891, 2021.
- [5] F. Duprat, N. T. Vu, et A. Sellier, « Accelerated carbonation tests for the probabilistic prediction of the durability of concrete structures », *Constr. Build. Mater.*, vol. 66, p. 597-605, sept. 2014, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.05.103.
- [6] D. Straub et A. Der Kiureghian, « Bayesian network enhanced with structural reliability methods: methodology », *J. Eng. Mech.*, vol. 136, n° 10, p. 1248-1258, 2010.
- [7] K. F. K. Donchi, Ftatsi Mbetmi Guy-De-Patience, B. Djeumako, et Fotsa Mbogne David Jaurès, « Modélisation et estimation de la fiabilité dynamique d'un évacuateur de crues par réseaux de Petri stochastiques », 2022.
- [8] J. Pearl, « Bayesian networks: A model of self-activated memory for evidential reasoning », in *Proceedings of the 7th Conference of the Cognitive Science Society*, University of California, Irvine, CA, USA, 1985, p. 15-17.
- [9] P. Naïm, P. Willemin, P. Leray, O. Pourret, et A. Becker, « Introduction aux réseaux bayésiens », *Réseaux Bayésiens*, p. 20-22, 2007.
- [10] A. Bobbio, L. Portinale, M. Minichino, et E. Ciancamerla, « Improving the analysis of dependable systems by mapping fault trees into Bayesian networks », *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 71, n° 3, p. 249-260, 2001.
- [11] S. Kabir et Y. Papadopoulos, « Applications of Bayesian networks and Petri nets in safety, reliability, and risk assessments: A review », *Saf. Sci.*, vol. 115, p. 154-175, 2019.
- [12] R. C. Patev, C. Putcha, et S. D. Foltz, « Methodology for risk analysis of dam gates and associated operating equipment using fault tree analysis », *ENGINEER RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER VICKSBURG MS*, 2005.
- [13] M. Barker, B. Vivian, et D. S. Bowles, « Reliability assessment for a spillway gate upgrade design in Queensland, Australia », in *United States Society on Dams Conference*, Citeseer, 2006.
- [14] G. Ftatsi Mbetmi, F. J. Tamo Chekam, F. Duprat, et G. E. Ntamack, « Détermination des lois de distribution des éléments structurels des évacuateurs de crue par la méthode d'indice de condition », *Int. J. Innov. Sci. Res.*, vol. 78, no 1, p. 112-124, 2025.
- [15] L. Chouinard, S. Foltz, J.-G. Robichaud, et R. Wittebolle, « Condition assessment methodology for spillways », 2008.

La problématique de la discrimination de la femme dans l'administration publique au Sud-Kivu: Cas de la femme enseignante dans la ville de Bukavu

[The issue of discrimination against women in public administration in South Kivu: The case of female teachers in the city of Bukavu]

Nshokano Mulegwa Jacques¹⁻²

¹Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques et Vétérinaire, l'ISEAV, Walungu, RD Congo

²Chercheur en sciences sociales à l'école Doctorale de l'Université Catholique de Bukavu, RD Congo

Copyright © 2025 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: Women face issues of discrimination in public administration in South Kivu in terms of promotion, prejudices regarding their competence, wage inequalities compared to men, and discrimination in recruitment. This persists despite several legal instruments promoting women's rights, notably UN Resolution 1325. Women are victims of stereotypes in their professional work and experience sexism in the workplace. Men tend to underestimate women's competence, reinforcing biases against them and reducing equal opportunities between men and women, despite women's academic performance often being better than that of men.

KEYWORDS: discrimination, public administration, female teachers, Bukavu/South Kivu.

RESUME: Les femmes connaissent les problèmes de la discrimination dans l'administration publique au Sud-Kivu en termes de la promotion, de préjugés en termes de compétence, des inégalités salariales avec les hommes, dans les recrutements les femmes connaissent de discrimination, malgré plusieurs instruments juridiques de la promotion de droit de la femme à l'occurrence la résolution 1325 de l'ONU. Les femmes sont victimes de stéréotypes dans l'exercice de leur travail, les femmes sont victimes de sexisme dans leur travail, les hommes sous-estiment les femmes en termes de compétence, ce qui accentue les préjugés envers les femmes et déduit l'égalité de chance entre l'homme et la femme malgré le score scolaire de femmes meilleur que celui des hommes.

MOTS-CLEFS: discrimination, administration publique, femmes enseignantes, Bukavu/Sud-Kivu.

1 INTRODUCTION

La question de la discrimination des femmes dans l'administration publique demeure d'une actualité brûlante, malgré les avancées théoriques en matière d'égalité des sexes [1]. Des discours historiques décrivant les femmes comme sources de désordre dans la gouvernance continuent d'influencer certaines philosophies contemporaines [2]. Ces stéréotypes, profondément ancrés dans la culture, persistent même face aux engagements internationaux, tels que la Résolution 1325 des Nations Unies, qui vise à promouvoir l'égalité entre les sexes dans les processus décisionnels. Ce décalage entre les idéaux proclamés et la réalité observée souligne la nécessité d'une prise de conscience et d'une action renforcée pour combattre ces préjugés [3].

Malgré ces engagements, l'accès des femmes aux postes de direction dans la fonction publique reste limité, et la discrimination se manifeste dès les premières étapes de leurs parcours professionnels [4]. Les mécanismes de recrutement et de promotion, souvent biaisés, entravent l'ascension des femmes, qui se heurtent à des obstacles systémiques. Il est crucial d'analyser ces dynamiques pour comprendre comment elles affectent non seulement la représentation des femmes dans l'administration, mais aussi leur capacité à influencer les décisions qui façonnent les politiques publiques [5]. Une telle analyse peut éclairer les voies à suivre pour garantir une réelle égalité des sexes dans les sphères décisionnelles.

Les statistiques sur la représentation des femmes en République Démocratique du Congo (RDC) sont alarmantes [6]. Actuellement, seulement 10,3 % des sièges à l'Assemblée nationale sont occupés par des femmes et ses inégalités sont visibles en province à travers le faible taux de représentativité des femmes au sein des instances de prise de décisions [7]. Ce faible niveau de représentation témoigne d'une discrimination systémique qui entrave l'accès des femmes aux postes de décision [8]. Les préjugés culturels et sociétaux contribuent à cette situation, renforçant l'idée que les femmes sont moins aptes à diriger, une perception qui se traduit par des pratiques de recrutement et de promotion biaisées [9]. Les discriminations salariales et les préjugés liés au statut marital exacerbent encore les inégalités [10]. Les femmes, souvent mieux formées que leurs homologues masculins, rencontrent des obstacles supplémentaires dans le milieu professionnel, notamment dans le secteur éducatif [1]. Les établissements scolaires préfèrent souvent recruter des hommes, motivés par des craintes concernant les coûts additionnels liés à la maternité.

Cette dynamique non seulement limite les opportunités professionnelles pour les femmes, mais elle contribue également à la pérennisation de stéréotypes négatifs qui les dévalorisent [5]. La lenteur dans l'application des lois sur la parité et des quotas politiques aggrave cette situation. Bien que des mesures aient été mises en place pour promouvoir l'égalité des sexes, leur mise en œuvre reste insuffisante [11]. Cela empêche un véritable progrès vers l'égalité, maintenant les femmes dans des positions subalternes et les privant de leur droit à une représentation équitable [12]. Il est donc essentiel d'accélérer l'application de ces lois et de sensibiliser davantage les acteurs concernés pour garantir que les femmes puissent pleinement participer à la vie politique et administrative du pays [13].

Face à la situation préoccupante des femmes en République Démocratique du Congo, notamment à Bukavu, il est impératif d'explorer les mécanismes qui sous-tendent les discriminations dont elles sont victimes [14]. Ces inégalités se manifestent non seulement en matière de promotion [10], mais aussi en ce qui concerne le statut marital et l'accès à des avantages financiers. Il est crucial de se demander si les femmes bénéficient réellement des mêmes opportunités que leurs homologues masculins et si elles sont protégées contre les discriminations sexistes dans l'exercice de leurs fonctions.

Cette étude a pour objectif d'examiner ces questions critiques afin de mieux comprendre les défis auxquels les femmes sont confrontées dans l'administration publique. En identifiant les obstacles spécifiques à leur émancipation, nous espérons proposer des solutions concrètes pour favoriser leur participation active dans les processus décisionnels. Une telle approche permettra non seulement de promouvoir l'égalité des sexes, mais également d'améliorer l'efficacité globale de l'administration en intégrant des perspectives diversifiées.

2 MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDE

Pour réaliser notre enquête sur la discrimination des femmes dans l'administration publique, nous avons d'abord effectué une pré-enquête qui a révélé que ce problème est généralisé dans l'ensemble de l'administration, et non limité au secteur de l'enseignement. Cette phase préliminaire a consisté à interroger un échantillon de femmes travaillant dans divers secteurs de l'administration, afin d'évaluer l'ampleur de la discrimination. Les questions de routine préparées pour cette pré-enquête incluaient des aspects tels que les heures de début de service, l'âge et l'expérience professionnelle, ainsi que des éléments liés à la fiabilité de carrière et aux préjugés rencontrés au quotidien. Pour circonscrire notre échantillon, nous avons ciblé neuf écoles d'État, ce qui nous a permis de définir plus précisément le champ d'action de notre recherche à Bukavu.

Concernant la taille de l'échantillon, nous avons calculé cette dernière en utilisant une formule spécifique [7], estimant une erreur à 10 %, ce qui a abouti à un échantillon de 70 femmes [15]. Nous avons distribué ces questionnaires dans sept écoles, en veillant à interroger dix femmes par école. Dans les établissements où le nombre de femmes était inférieur à dix, nous avons inclus des écoles voisines pour compléter notre échantillon. Pour la collecte de données, des enquêteurs ont été déployés sur le terrain dans différentes écoles de Kadutu, Ibanda et Bagira. Nous avons utilisé un questionnaire contenant des questions ouvertes et fermées pour recueillir des informations précieuses sur les expériences des enseignantes en matière de discrimination. Une fois les données collectées, nous avons analysé les résultats à l'aide du logiciel STATA 14.0, ce qui nous a permis de traiter les données de manière efficace et de discuter des problématiques soulevées par notre étude.

3 RÉSULTATS

Au travers de cette introduction théorique, nous présentons nos résultats dans le tableau ci-après:

Tableau 1. *Fréquence des divers aspects faisant objet de la discrimination de la femme enseignante*

	Modalités	Fréquence	Pourcentage
Mode de Recrutement	Par test	37	52,86
	Recommandation	33	47,14
	Total	70	100,00
Connaissance des discriminations basée sur le genre	Oui	43	61,43
	Non	27	38,57
	Total	70	100,00
Temps avant d'être discriminée	Moins de 10 ans	28	40,00
	Entre 10 et 25 ans	21	30,00
	Entre 26 et 35 ans	21	30,00
	Total	70	100,00
Connaissance de la résolution 1325	Oui	39	55,71
	Non	31	44,28
	Total	70	100,00
Egalité dans l'octroie des avantages salariaux	Oui	47	67,14
	Non	23	32,86
	Total	70	100,00
Existence des préjugés	Oui	53	75,71
	Non	17	24,29
	Total	70	100,00
Connaissance du Sexisme	Oui	45	64,29
	Non	25	35,71
	Total	70	100,00
Victime des préjugés	Oui	47	67,14
	Non	23	32,86
	Total	70	100,00
Victimes des stéréotypes	Oui	46	65,71
	Non	24	34,29
	Total	70	100,00

Source: Nos analyses dans Stat.14.2

Les résultats concernant le mode de recrutement des femmes enseignantes montrent une division intéressante entre les méthodes basées sur le mérite et celles basées sur les recommandations personnelles. Avec 52,86 % des répondantes recrutées par test, il semble que les responsables cherchent à valoriser les compétences des candidates. Cependant, la proximité de ce chiffre avec celui des recrutements par recommandation (47,14 %) soulève des préoccupations quant à l'équité du processus. Ces résultats suggèrent que, même si les tests sont privilégiés, les réseaux personnels jouent un rôle significatif, ce qui peut renforcer des dynamiques de favoritisme et d'inégalité. Dans un contexte où les femmes doivent parfois lutter contre des stéréotypes de genre, cette dualité dans le mode de recrutement peut avoir des implications profondes sur leur perception de l'équité dans l'accès aux postes.

La reconnaissance par 61,43 % des femmes de l'existence de discriminations basées sur le genre indique une sensibilisation croissante à ces enjeux. Cela est crucial pour le développement d'une culture de lutte contre les inégalités. Cette prise de conscience peut motiver les femmes à revendiquer leurs droits et à rechercher des solutions pour contraindre la discrimination. Cependant, le fait que 38,57 % des répondantes ne reconnaissent pas cette discrimination pourrait suggérer un manque d'information ou une normalisation des inégalités, qui peut être néfaste pour la dynamique de changement. La sensibilisation est ainsi un premier pas vers l'égalité, mais elle doit être soutenue par des actions et des politiques concrètes.

Le fait que 40 % des femmes aient été discriminées dans les dix premières années de leur carrière souligne l'urgence de l'intervention précoce. Cela indique que la discrimination n'est pas seulement un problème d'égalité des chances, mais aussi un obstacle au développement professionnel des femmes enseignantes. Les premières années de carrière sont cruciales pour construire une base solide de compétences et de confiance, et une discrimination précoce peut avoir des effets durables sur l'évolution de carrière. Ce constat appelle à des programmes de mentorat et de soutien pour les jeunes enseignantes, afin de les protéger contre les inégalités et de favoriser leur épanouissement professionnel.

Outre, il se constate que plus de la moitié des femmes interrogées (55,71 %) connaissent la Résolution 1325, ce qui montre une certaine sensibilisation aux enjeux de genre dans les contextes de paix et de sécurité. Cependant, le fait que près de 44 % ne soient pas informées souligne un besoin urgent d'amélioration de la communication et de l'éducation sur cette résolution. L'absence d'information peut limiter la capacité des femmes à revendiquer leur place dans les processus décisionnels. Cela souligne l'importance d'initiatives éducatives pour sensibiliser non seulement les femmes, mais aussi les acteurs de l'éducation à l'importance de la participation des femmes dans la prise de décisions.

Le fait que 67,14 % des femmes estiment qu'il y a une égalité dans l'octroi des avantages salariaux pourrait être interprété comme un signe positif de la perception de l'équité dans le milieu éducatif. Toutefois, la proportion significative de 32,86 % qui ne partage pas cet avis soulève des questions sur la réalité des inégalités salariales. Cela pourrait indiquer des disparités non seulement perçues, mais également vécues, ce qui appelle à une analyse plus approfondie des structures salariales. Il est essentiel d'établir des mécanismes de transparence pour garantir que toutes les enseignantes bénéficient d'un traitement équitable.

Une majorité écrasante (75,71 %) des enseignantes rapporte l'existence de préjugés dans leur milieu professionnel, ce qui met en lumière un problème systémique qui ne peut être ignoré. Ces préjugés peuvent influencer non seulement les opportunités de carrière, mais aussi l'environnement de travail des enseignantes, affectant leur moral et leur performance. Cette situation appelle à une réforme des pratiques de gestion des ressources humaines dans le secteur éducatif, ainsi qu'à des formations sur la sensibilité au genre pour lutter contre ces préjugés. Une telle démarche pourrait contribuer à créer un environnement de travail plus inclusif et respectueux.

La constatation selon laquelle 67,14 % des femmes se considèrent comme victimes de préjugés et 65,71 % comme victimes de stéréotypes révèle l'ampleur de la discrimination systémique à laquelle elles sont confrontées. Ces résultats montrent que les attentes basées sur le genre influencent non seulement la perception des capacités des femmes, mais aussi leur vécu quotidien dans le milieu éducatif. Cela souligne l'importance de programmes de sensibilisation et d'interventions visant à déconstruire les stéréotypes de genre.

En fin de compte, le changement culturel est essentiel pour garantir que les femmes enseignantes puissent évoluer dans un environnement où leurs talents et leurs contributions sont pleinement reconnus et valorisés. Ces résultats révèlent non seulement les défis auxquels les femmes enseignantes font face, mais aussi les opportunités d'amélioration et de changement dans le système éducatif du Sud-Kivu.

4 DISCUSSION DE RÉSULTAT

Les résultats obtenus dans notre étude mettent en lumière plusieurs dimensions critiques de la discrimination des femmes dans l'administration publique au Sud-Kivu, en particulier chez les enseignantes à Bukavu. L'analyse révèle des schémas de recrutement qui soulignent à la fois des efforts pour valoriser le mérite et une dépendance persistante aux recommandations personnelles. Bien que 52,86 % des femmes aient été recrutées par test, la proximité avec les 47,14 % recrutées par recommandation suscite des interrogations sur l'équité du processus. Cela rejoint les conclusions de [15], qui a noté que les stéréotypes de genre influencent l'accès des femmes aux postes décisionnels. Ainsi, la dualité dans les modalités de recrutement pourrait renforcer les dynamiques de favoritisme, créant un environnement où les compétences des femmes sont souvent éclipsées par des réseaux informels.

La reconnaissance par 61,43 % des participantes de la discrimination basée sur le genre témoigne d'une sensibilisation croissante à ces enjeux. Cela est crucial pour le développement d'une culture de lutte contre les inégalités, comme le soutient [16] dans son analyse des inégalités salariales. Cependant, le fait que 38,57 % des répondantes ne voient pas de discrimination suggère un manque d'information ou une normalisation des inégalités, ce qui pourrait freiner le changement. Cette sensibilisation doit être accompagnée d'actions concrètes pour transformer les attitudes et les pratiques au sein de l'administration publique.

L'urgence d'interventions précoces est également mise en avant par le fait que 40 % des femmes ont été discriminées dans les dix premières années de leur carrière. Cela souligne que la discrimination n'est pas seulement un problème d'égalité des

chances, mais un obstacle significatif au développement professionnel. Les résultats corroborent les observations sur la discrimination systémique qui peut avoir des effets délétères sur la motivation et la performance des femmes [14]. Des programmes de mentorat, comme ceux suggérés par [8], pourraient jouer un rôle essentiel en offrant un soutien structurel aux jeunes enseignantes, leur permettant de naviguer dans un environnement professionnel souvent hostile.

En ce qui concerne la connaissance de la Résolution 1325, bien que 55,71 % des femmes soient informées, près de 44 % ne le sont pas, ce qui limite leur capacité à revendiquer leur place dans les processus décisionnels. Cela rejoint les conclusions sur l'importance de la sensibilisation aux droits des femmes [12]. La mise en place d'initiatives éducatives pourrait renforcer cette connaissance, favorisant ainsi une participation plus active des femmes dans les décisions qui les concernent.

Les perceptions d'égalité salariale, où 67,14 % des répondantes estiment qu'il y a une équité, contrastent avec les 32,86 % qui ne partagent pas cet avis. Cela soulève des questions sur la réalité des inégalités salariales vécues, appelant à une analyse plus approfondie des structures salariales [8]. Des mécanismes de transparence sont essentiels pour garantir que toutes les enseignantes bénéficient d'un traitement équitable. La constatation que 75,71 % des enseignantes rapportent l'existence de préjugés dans leur milieu professionnel révèle un problème systémique qui nécessite une attention urgente. Les préjugés et stéréotypes de genre sont des obstacles majeurs à l'épanouissement professionnel des femmes [17]. Des réformes des pratiques de gestion des ressources humaines et des formations sur la sensibilité au genre sont donc cruciales pour créer un environnement de travail inclusif et respectueux.

Ainsi, les résultats de cette recherche mettent en lumière les défis multiples auxquels les femmes enseignantes sont confrontées au Sud-Kivu. Bien qu'il existe des signes de sensibilisation et d'efforts pour améliorer la situation, des obstacles structurels persistent, nécessitant des actions ciblées et des changements culturels. Un engagement collectif est essentiel pour garantir que les femmes puissent évoluer dans un environnement où leurs compétences et contributions sont pleinement reconnues et valorisées.

5 CONCLUSION

La discrimination de la femme dans l'administration publique à Bukavu en particulier et en RDC en général s'observe par plusieurs indicateurs, malgré les instruments juridiques qui viennent appuyer la constitution. Les femmes connaissent les marginalisations dans la promotion. Les femmes tardent dans la reconnaissance de carrière comme l'affirme X-Pont et C Guillaume, les femmes connaissent les lois et résolutions internationales applicable pour leurs promotions mais la volonté de l'application ne s'observe pas chez l'homme en majorité décideur de la cause de la femme. Les femmes connaissent les préjugés sur leurs compétences. Les femmes vivent les stéréotypes dans leurs carrières. Les femmes connaissent la sous-estimation et se livrent dans les efforts d'auto affirmation. Malgré, les résolutions de la loi n°08/005 portant modalité de l'application de parité, et la loi n°015/013 portant l'effectivité de la parité dans l'administration publique, les femmes restent discriminer par rapport aux hommes au Sud-Kivu.

REFERENCES

- [1] B. A, Place aux femmes ! Les carrières féminines administratives et libérales, Paris: Fayard, 1992.
- [2] Anne-Marie, «L'encadrement supérieur de la fonction publique: vers l'égalité entre les hommes et les femmes, rapport au Ministre de la fonction publique, de la réforme de l'État et de la décentralisation, » La Documentation française, Paris, 1999.
- [3] Catherine et L. Sandrine, Femmes en politique, Paris,: La Découverte, coll. Repères, 2e éd, 2010.
- [4] B.-P. Geneviève, Les femmes aux postes de direction de la fonction publique, 1974.
- [5] Anne-Sophie et S. Sylvie, De l'inégalité des mobilités dans la fonction publique: les inspectrices du travail 1898-1974, vol. 3, Travail et Emploi, 2011, pp. 41-52.
- [6] Rapport du comité du travail féminin, «Place aux femmes ! Les carrières féminines administratives et libérales, » Ministère du Travail Français, Paris, 1912.
- [7] A. Sophie et S. Sylvie, De l'inégalité des mobilités dans la fonction publique: les inspectrices du travail 1898 1974, Vols. %1 sur %23, 127, p. 41 52., Paris: Travail et Emploi, 2011.
- [8] R. Tshibanda, «L'application des lois sur la parité en République Démocratique du Congo: un défi à relever, » vol. 3, n° %114, 2021.
- [9] G. Roger, L'encadrement supérieur de l'État, Rapport pour l'Equipe des problèmes administratifs, Paris: Fondation Alexis Carrel, 1943.

-
- [10] L. P. Anicet et M. Françoise, «Vouloir l'égalité: troisième rapport du Comité de pilotage pour l'égal accès des femmes et des hommes aux emplois supérieurs des fonctions publique, » Comité de pilotage pour l'égal accès des femmes et des homme, 2005.
- [11] T. Guy, « Les femmes dans l'administration depuis 1900, Paris, PUF. Bécane Pascaud Geneviève (1974): Les femmes aux postes de direction de la fonction publique. Rapport du comité du travail féminin, » Ministère du Travail, Paris, 1988.
- [12] F. Louis, Le grand catéchisme de la femme, Paris: Bibliothèque Gilon, 1894.
- [13] M. Luhaka, «Vers une meilleure inclusion des femmes dans l'administration publique: recommandations pour le Sud Kivu, » vol. 3, n° 18, 2021.
- [14] T. Kanyamuna, «Impact de la discrimination sur la carrière des femmes enseignantes au Sud Kivu, » vol. 1, n° 112, 2020.
- [15] Mbuyi, «Stéréotypes de genre et discrimination dans l'administration publique en RDC, » vol. 4, n° 110, 2019.
- [16] J. Kambale, «Inégalités salariales entre hommes et femmes dans le secteur éducatif au Sud Kivu, » vol. 2, n° 115, 2020.
- [17] Mbuyi et al., «Sensibilisation aux droits des femmes dans l'administration publique: un impératif pour l'égalité, » vol. 2, n° 15, 2023.
- [18] Catherine et L. Lévêque Sandrine, Femmes en politique, Paris: La Découverte, coll. Repères 2e éd., 2010.
- [19] P. Ngoy, «Réseaux de soutien et mentorat pour les femmes enseignantes au Sud Kivu, » vol. 1, n° 19, 2022.

