

# The American Journal of Innovative Research & Applied Sciences



[www.american-jiras.com](http://www.american-jiras.com)

## Editorial Committee.....|

### Editor in Chief: Alex brond

The members of the editorial board who participated in writing editorials, reviewing submitted articles, and commenting the September Issue 3, Volume 17 (2023).

**Prof. Barouaca Hassan** | Morocco | Assistant Professor at the Higher Institute of Nursing Professions and Health Techniques |

**Affiliation:** | Higher Institute of Nursing Profession and Techniques of Health | Errachidia | BP: 57 ou BP:24 Errachidia 52000 | Morocco |

**Prof. Ibraheem A Alzahrani** |Al-Baha University | KSA| Associated Professor at the College of Education |

**Affiliation:** | Department of Educational Technology, Chair of IT dept and expert of E-learning in Al-Baha University | KSA| M. Mazharul Islam, Ph.D., |Associated Professor |

**Prof. Ali Mohammed Mutar** | Assistant professor | Koeit |

**Affiliation:** | Department of Chemical Engineering / Faculty of Engineering / University of Qahdisiya | Doctor in the Department of Chemical Engineering / Faculty of Engineering / University of Qadisiyah |

**Prof. Dr. Gancho Todorov Ganchev** | Blagoevgrad | Bulgaria |

**Affiliation:** | Dean, Faculty of Economics | South-West University | Blagoevgrad | Bulgaria |.

**Prof. Teodora Stefanova Kiryakova-Dineva.** | Assistant professor | Bulagaria |

**Affiliation:** | Assistant for foreign languages | Intenational Dialogue and Communication in Tourism | Common linguistics at the Departement of tourism |

**Dr., Alieza Heidari, Ph.D., D.Sc. | USA |**

**Affiliation:** | Faculty of Chemistry, California South University (CSU), Irvine, California | USA |.

**Research Interest:** |Biophysical Chemistry | Biomolecular Spectroscopy | Quantum Chemistry | Nanochemistry | Theoretical Chemistry | Mathematical Chemistry |Computational Chemistry | Vibrational Spectroscopy | Molecular Modelling |

**Prof. Boshia Joel A. | Veterinarian | Nigeria |**

**Affiliation:** | University of Agriculture | Makurdi | Nigeria |

**Prof. Fawzia Mohamed | Egypt |**

**Affiliation:** | Department of Genetic and Cytology | National Research Centre | Dokki, Cairo | Egypt |.

**Prof. Teodora Stefanova Kiryakova-Dineva. | Assistant professor | Bulagaria |**

**Affiliation:** | Assistant for foreign languages | Intenational Dialogue and Communication in Tourism | Common linguistics at the Departement of tourism |

**Ph.D., Mohammad Valipour | Iran | Lectur in Payame Noor University |**

**Affiliation:** | Payame Noor University, Tehran, Iran |

**Prof. Dr. Eng., Hamid Ali Abed AL-Asadi | IRAK | Lecturer |**

**Affiliation:** | Computer Science Department, Faculty of Education for Pure Science, Basra University, Basra, Iraq |

**Lecture Kanoun Khedoudja | Algeria |**

**Affiliation:** | Department of biology of the Faculty of the Nature Sciences and the Life | Laboratory of Molecular Microbiology Proteomics and Health | Djillali Laibés university of Sidi-Bel-Abbés 22000 | Algeria |

**Professor, ZININI Mohamed | Morocco |**

**Affiliation :** | Laboratory Natural Products, Synthesis and Molecular Dynamics, Department of Chemistry | Faculty of Sciences and Technology (FST) Errachidia | University My Ismail, Meknes, Morocco. |

**ARTICLE I.....160-175**

**ÉTUDE D'UN SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT D'UN MODULE PHOTOVOLTAÏQUE**

STUDY OF A COOLING SYSTEM FOR A PHOTOVOLTAIC MODULE

*Authors: | Abdoussalam Badrou-Dini | Michel Aimé Randriazanamparany | et | Rabemanantsoa Heriniaina Joslin |*

**ARTICLE II.....176-182**

**SIMULATION OF PALLADIUM GROWTH BY CLASSICAL MOLECULAR DYNAMIC**

*| Dimbimalala Randrianasoloharisoa | Iando Rinah Razafinjatovo | and | Fils, Lahatra Razafindramisa |*

**ARTICLE III.....283-292**

**DETERMINANTS DE LA PARTICIPATION DES HOMMES AUX SERVICES DE PROTECTION CONTRE LA TRANSMISSION MERE-ENFANT DU VIH DANS LA ZONE DE SANTE DE NDESHA**

DETERMINANTS OF MEN'S PARTICIPATION IN PREVENTION OF MOTHER-TO-CHILD TRANSMISSION OF HIV (PMTCT) SERVICES IN THE NDESHA HEALTH ZONE: A QUALITATIVE STUDY

*Authors: | Clément MULUMBA | Monique BIAKAMPANZAMBI | Stéphane KANGUDIA 3 | Alphonsine MWIKA | Etienne TSHIMANGA | Madeleine BALEKA | Honoré BALANGANAYI | et | Victor Ndibualonji |*

**ARTICLE IV.....293-299**

**ETUDE DE LA RESISTANCE DES SALMONELLA ISOLE CHEZ LES ENFANTS DE 0 A 5 ANS AU CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE LA MERE ET DE L'ENFANT**

STUDY OF SALMONELLA ISOLATES' RESISTANCE AMONG CHILDREN AGED 0 TO 5 YEARS AT THE UNIVERSITY HOSPITAL CENTER FOR MATERNAL AND CHILD HEALTH

LEARNING OF THE GYMNASTIC SKILL OF BACKWARD ROLLING IN CONGOLESE SECONDARY SCHOOL STUDENTS: EFFECT OF THE IDENTIFICATION OF OBSTACLES ON THE DIDACTIC TREATMENT

*Authors: | Mahamat Tahir N'garé Hassan | Ahmat Idriss Ahmat 1 | Yacoub Mahamat Allamine | Mbaigolmen Beral Valery | Mahamat Nour Abakar Djibrine | et | Ali Mahamat Moussa |*

**ARTICLE V.....200-209**

**TRANSFERT THERMIQUE PAR CONVECTION NATURELLE LAMINAIRE DANS LA COUCHE LIMITE AUTOUR D'UN ELLIPSOÏDE A PAROI SINUSOÏDALE**

**NATURAL LAMINAR CONVECTIVE HEAT TRANSFER IN THE BOUNDARY LAYER AROUND AN ELLIPSOID WITH SINUSOIDAL WALL**

*Authors: | Martini ZAFINDRABIRA | François d'Assise RAKOTOMANGA | Modeste RAMARAZARA | et | Edouard ALIDINA |*

**ARTICLE V.....210-218**

**RECOURS AUX APPROCHES DE SOINS NON CONVENTIONNELLES POUR LA GESTION DES PERSONNES VIVANT AVEC LA MALADIE MENTALE ET EPILEPSIE (PVMME) DANS LA REGION SANITAIRE D'IFFOU (CENTRE-EST DE LA COTE D'IVOIRE)**

USE OF NON-CONVENTIONAL CARE APPROACHES FOR THE MANAGEMENT OF PEOPLE LIVING WITH MENTAL ILLNESS AND EPILEPSY (PVMME) IN THE IFFOU HEALTH REGION (CENTRAL-EASTERN IVORY COAST)

*Authors: | KOUASSI Konan | KOUAKOU Koffi Ferdinand 1 | SREU Éric | et | MAFOU Kouassi Combo |*

This issue is made freely available as part of this journal's Open Archive.  
American Journal of Innovative Research and Applied Sciences  
Volume 17, Issue 3, Pages 160-118 (January 2023)  
Total of article: 06

---

*The journal aims to encourage all researchers, PhD, Students and physicians from all fields to publish results that challenge current models, tenets or dogmas. The American Journal of Innovative Research and Applied Sciences aims to give all researchers equal opportunity to share ideas, develop their career and for their work to have greater impact around the world.*

---



#### Editor's word:

Welcome to Volume 10, Issue 3 of our esteemed publication. We are thrilled to present to you a diverse and captivating collection of articles that promise to intrigue and inspire. In this edition, we explore a wide range of subjects, each offering unique insights and perspectives.

Let's take a sneak peek at the thought-provoking titles that await your perusal:

« ÉTUDE D'UN SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT D'UN MODULE PHOTOVOLTAÏQUE (STUDY OF A COOLING SYSTEM FOR A PHOTOVOLTAIC MODULE) »

« SIMULATION OF PALLADIUM GROWTH BY CLASSICAL MOLECULAR DYNAMIC »

« DETERMINANTS DE LA PARTICIPATION DES HOMMES AUX SERVICES DE PROTECTION CONTRE LA TRANSMISSION MERE-ENFANT DU VIH DANS LA ZONE DE SANTE DE NDESHA »

« DETERMINANTS OF MEN'S PARTICIPATION IN PREVENTION OF MOTHER-TO-CHILD TRANSMISSION OF HIV (PMTCT) SERVICES IN THE NDESHA HEALTH ZONE: A QUALITATIVE STUDY »

« ETUDE DE LA RESISTANCE DES SALMONELLA ISOLE CHEZ LES ENFANTS DE 0 A 5 ANS AU CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE LA MERE ET DE L'ENFANT »

« STUDY OF SALMONELLA ISOLATES' RESISTANCE AMONG CHILDREN AGED 0 TO 5 YEARS AT THE UNIVERSITY HOSPITAL CENTER FOR MATERNAL AND CHILD HEALTH»

« TRANSFERT THERMIQUE PAR CONVECTION NATURELLE LAMINAIRE DANS LA COUCHE LIMITE AUTOUR D'UN ELLIPSOÏDE A PAROI SINUSOÏDALE»

« NATURAL LAMINAR CONVECTIVE HEAT TRANSFER IN THE BOUNDARY LAYER AROUND AN ELLIPSOID WITH SINUSOIDAL WALL»

« RECOURS AUX APPROCHES DE SOINS NON CONVENTIONNELLES POUR LA GESTION DES PERSONNES VIVANT AVEC LA MALADIE MENTALE ET EPILEPSIE (PVMME) DANS LA REGION SANITAIRE D'IFFOU (CENTRE-EST DE LA COTE D'IVOIRE)»

« USE OF NON-CONVENTIONAL CARE APPROACHES FOR THE MANAGEMENT OF PEOPLE LIVING WITH MENTAL ILLNESS AND EPILEPSY (PVMME) IN THE IFFOU HEALTH REGION (CENTRAL-EASTERN IVORY COAST)»

Get ready for an exciting voyage of discovery as we delve into the intriguing worlds of dermatology, athletic prowess, botanical growth, traditional healing practices, and the intricate landscape of corporate finance. Our carefully curated selection of articles promises to enrich your understanding and provide invaluable insights into these diverse realms.

Within the pages of this issue, you'll find a treasure trove of knowledge and groundbreaking research waiting to captivate your curiosity. So, gear up for an enriching reading experience that will not only inform but also inspire.

We invite you to immerse yourself in this intellectual adventure, broadening your horizons and uncovering the latest developments in these fascinating fields. Happy reading!

Sincerely,

Warm regards,

Copyright © October 2023.: All Rights Reserved. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences* are the property of Atlantic Center for Research Sciences, and is protected by copyright laws CC-BY. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

*Atlantic Center for Research Sciences* : <https://www.american-jiras.com/index.html>  
**ISSN 2429-5396 = *American Journal of Innovative Research & Applied Sciences*.**

# ÉTUDE D'UN SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT D'UN MODULE PHOTOVOLTAÏQUE



## STUDY OF A COOLING SYSTEM FOR A PHOTOVOLTAIC MODULE

| Abdoussalam Badrou-Dini <sup>1\*</sup> | Michel Aimé Randriazanamparany <sup>2</sup> | et | Rabemanantsoa Heriniaina Joslin |

<sup>1</sup> Université d'Antsiranana | École doctorale thématique, Énergie renouvelable et Environnement | B.P 0 Antsiranana 201 | Madagascar |

<sup>2</sup> Université d'Antsiranana | École Supérieure Polytechnique | B.P 0 Antsiranana 201 | Madagascar |

| Received July 29, 2023 |

| Accepted August 28, 2023 |

| Published september 08 2023 |

| ID Article | Abdoussalam-Ref2-3-17ajiras280823 |

### RÉSUMÉ

**Contexte** : L'exploitation des panneaux solaires photovoltaïques (PV) dans des conditions climatiques extrêmes réduit considérablement leur efficacité. En effet, sous des rayonnements solaires intenses et des températures élevées de l'air ambiant, les panneaux solaires peuvent atteindre jusqu'à 100°C. Afin de remédier à ce dysfonctionnement, le refroidissement est nécessaire. **Objectif** : Cette étude vise à réaliser une analyse comparative entre le refroidissement à l'eau et celui à l'air. Les recherches effectuées reposent sur des bases théoriques et numériques. Les équations fondamentales du bilan thermique sont établies. **Méthode** : La résolution de ces équations est accomplie grâce à la méthode des différences finies. Un code informatique est développé pour effectuer la simulation numérique, et un modèle thermique est construit en conséquence. **Résultats** : Les résultats obtenus démontrent que le système de refroidissement à l'eau est plus efficace que le système de refroidissement à l'air, en raison des excellentes propriétés thermophysiques de l'eau.

**Mots-clés** : panneaux solaires, efficacité, température, code de calcul, différences finies.

### ABSTRACT

**Context**: The operation of photovoltaic (PV) solar panels under extreme weather conditions significantly reduces their efficiency. Indeed, under intense solar radiation and high ambient air temperatures, solar panels can reach up to 100°C. To address this issue, cooling is necessary. **Objective**: This study aims to conduct a comparative analysis between water cooling and air cooling. The research conducted is based on both theoretical and numerical studies. The fundamental equations of the thermal balance are established. **Method**: The resolution of these equations is achieved using the finite difference method. Computer code is developed to perform numerical simulations, and a thermal model is constructed accordingly. **Results**: The obtained results demonstrate that the water-cooling system is more effective than the air-cooling system, owing to the excellent thermophysical properties of water.

**Keywords**: solar panels, efficiency, temperature, calculation code, finite differences.

## 1. INTRODUCTION

Un module photovoltaïque (PV) classique de technologie silicium cristalline convertit entre 12 et 18 % de l'énergie solaire incidente. Pour arriver à ce résultat, il absorbe en réalité entre 80 et 90 % du rayonnement incident, dont la majeure partie est dissipée sous forme de chaleur, augmentant ainsi la température interne du module. Cette augmentation de la température réduit sensiblement les performances électriques du module. Partant du constat que le rendement du panneau photovoltaïque décroît avec l'augmentation de la température, l'idée est née d'étudier un système de refroidissement.

Beaucoup d'études expérimentales et numériques des systèmes de refroidissement à air et à eau ont été développées, mais en raison des coûts de construction relativement bas, les systèmes de refroidissement à air sont les plus convoités. La plupart des recherches menées dans ce domaine ont pour but l'optimisation des performances des composants solaires existants en améliorant les conditions de fonctionnement et par la suite, d'évaluer les performances thermiques et électriques du module.

Afin d'estimer leurs performances thermiques et électriques, Shan et al., (2014) [1] ont développé une série de modèles mathématiques pour cinq capteurs solaires refroidis à air qui sont différenciés par le mode de refroidissement. Tonui et Tripanagnostopoulos (2007) [2] ont effectué des tests expérimentaux sur trois capteurs solaires refroidis à air qui fonctionnent sous modes d'état forcé et naturel stables. Les résultats des derniers auteurs ont montré que le système d'ailettes est plus adapté pour les systèmes de capteur refroidi à air, car le système d'ailettes présente une performance globale beaucoup plus élevée à celle des deux autres configurations pour une longueur du canal d'environ trois mètres. Adnan Ibrahim et al., (2011) [3] ont présenté en 2011 un modèle d'un capteur refroidi à eau avec un tube d'écoulement en spirale. Le capteur était constitué d'un canal unique unilatéral pour permettre à l'eau de s'écouler. Le tube d'écoulement en spirale a été fabriqué en acier inoxydable avec une seule entrée et une seule sortie. Le rendement global de ce système hybride PV/T a été de 65 %, avec un rendement électrique de l'ordre de 13 %. Tripanagnostopoulos et al., (2011) [4] ont réalisé une étude expérimentale en utilisant l'eau pour extraire la chaleur de la surface arrière du module PV. Ceci permet de maintenir son efficacité électrique à un niveau satisfaisant par la réduction de sa température de fonctionnement. Les

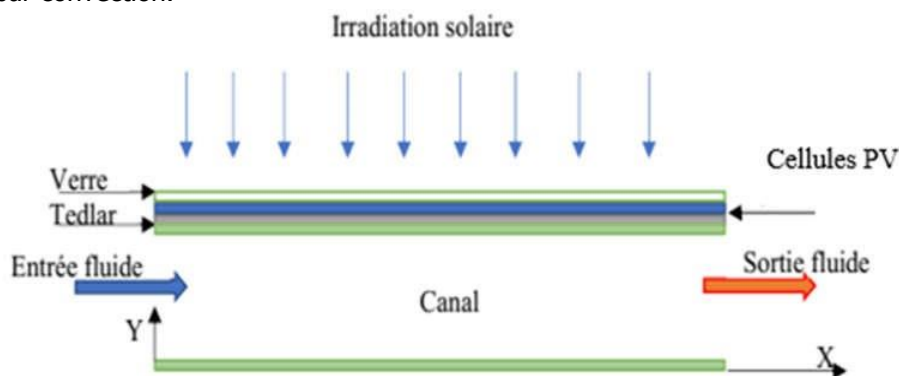
résultats ont montré que le refroidissement des cellules PV permet d'augmenter leur efficacité électrique.

Dans le présent article, nous présentons une étude théorique et numérique d'un modèle prédictif permettant d'appréhender et d'améliorer les performances électriques d'un panneau solaire en agissant sur les valeurs moyennes des cellules (température, rendement) et les fluides conventionnels en tant que fluides de refroidissement, pour tester leurs influences sur le rendement électrique du panneau solaire à travers la proposition d'une nouvelle configuration d'un canal de refroidissement démunie d'un matériau isolant.

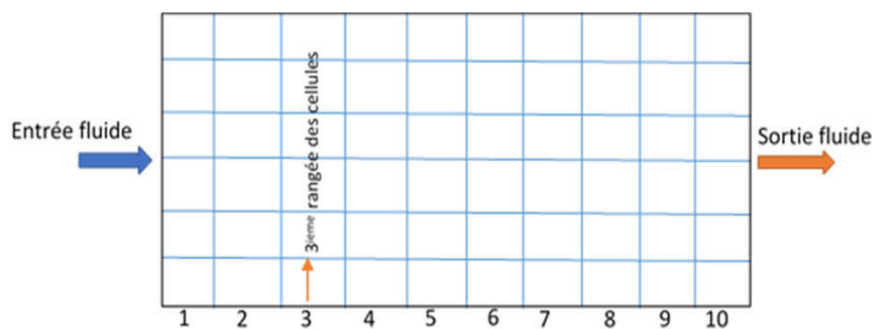
## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Description du système étudié

Le système examiné est illustré de manière schématique dans la figure 1. Il se compose d'un vitrage simple en verre, de cellules photovoltaïques générant de l'électricité, d'une couche adhésive en Tedlar, et d'un canal de refroidissement. L'objectif principal est d'améliorer les performances électriques du système. La chaleur résiduelle produite par les cellules photovoltaïques se propage par conduction à travers la couche de Tedlar, puis elle est transférée à l'intérieur du canal à la fois par conduction et par convection.



**Figure 1** : Schématisation des transferts thermiques dans le module PV.

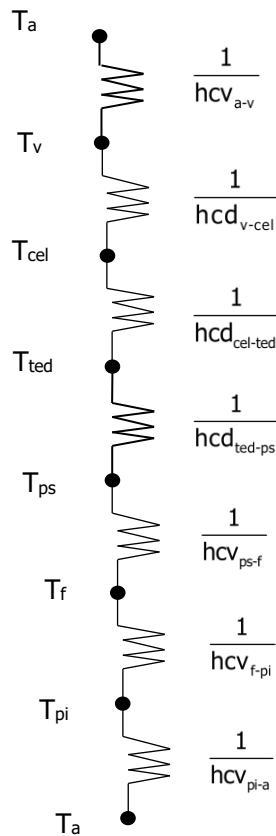


**Figure 2** : Vue de dessus du panneau PV.

### 2.2. Schéma par analogie électrique du prototype

Le prototype étudié est un système complexe impliquant un couplage de transfert thermique entre ses divers composants. Afin de prédire son comportement énergétique, il est essentiel de caractériser ces transferts d'énergie, comme illustré à la figure 1. Le système est également soumis à des influences extérieures, notamment :

- Le rayonnement solaire,
- La température de l'air ambiant,
- La température du fluide de refroidissement,
- La vitesse du vent.



**Figure 3** : Schématisation électrique des transferts thermiques du prototype.

### 2.3. Bilans thermiques des différents constituants

L'ensemble des éléments constituant notre système interagissent thermiquement les uns avec les autres, et ces interactions sont caractérisées par les coefficients d'échange thermique. Les constituants pris en compte comprennent :

- La couverture transparente,
- Les cellules solaires,
- Le Tedlar,
- La paroi supérieure du canal,
- Le fluide traversant le canal,
- La paroi inférieure du canal.

### 2.4. Hypothèses

Pour effectuer la modélisation mathématique du système, nous faisons les hypothèses simplificatrices suivantes :

Toutes les épaisseurs des couches du panneau sont supposées minces, et la distribution de la température est déterminée uniquement le long de l'axe [ox).

- L'écoulement du fluide est uniquement soumis à l'influence de la gravité.
- Le fluide est considéré comme newtonien.
- L'écoulement est laminaire.
- La dissipation visqueuse et l'effet de la pression dans l'équation de la chaleur sont négligés.
- La vitesse du vent à la surface du module PV est supposée constante, et la température du fluide à l'entrée est égale à la température ambiante de l'environnement.
- Les propriétés physiques du fluide sont considérées comme constantes.

### 2.5. Les coefficients d'échange thermiques

Le calcul des transferts de chaleur par conduction, convection et rayonnement dans le système à étudier, nécessite la détermination des différents coefficients d'échange thermique.

- Les coefficients d'échange thermiques par conduction



- Entre le verre et la cellule PV

$$hcd_{v-cel} = \frac{\lambda_v}{\delta_v} + \frac{\lambda_{cel}}{\delta_{cel}} \tag{1}$$

- Entre la cellule et le tedlar

$$hcd_{cel-ted} = \frac{\lambda_{cel}}{\delta_{cel}} + \frac{\lambda_{ted}}{\delta_{ted}} \tag{2}$$

- Entre le tedlar et la paroi supérieure

$$hcd_{ted-ps} = \frac{\lambda_{ted}}{\delta_{ted}} + \frac{\lambda_{ps}}{\delta_{ps}} \tag{3}$$

- Le coefficient d'échange thermique par rayonnement

- Entre le verre et le ciel

$$hr_{v-ciel} = \sigma \epsilon_v \frac{(T_v^4 - T_{ciel}^4)}{(T_v - T_{ciel})} \tag{4}$$

- Les coefficients d'échange thermiques par convection

- Entre le verre et l'air ambiant

$$hcv_{a-v} = 5,7 + 3,8V_{ve} \tag{5}$$

- Dans le canal de refroidissement

Dans le canal, le coefficient d'échange thermique par convection est calculé par des formules empiriques utilisant le nombre de Nusselt, la conductivité thermique du fluide, la longueur caractéristique du canal qui est, pour notre cas, le diamètre hydraulique  $D_h$  de sa section droite.

Le coefficient d'échange thermique par convection est ainsi calculé par la relation suivante :

$$hcv_{can} = \frac{N_u \lambda_f}{D_h} \tag{6}$$

Le diamètre hydraulique s'exprime en fonction de la hauteur et de la largeur du canal sous la forme suivante :

$$D_h = 2 \left( \frac{IH}{I+H} \right) \tag{7}$$

Dans les simulations, pour que l'on reste dans le domaine de la laminaire, il faut s'assurer à chaque fois que le nombre de Reynolds est inférieur à 2000. Ce nombre est donné par la formule suivante :

$$Re = \frac{V_{moy} D_h}{\nu_f} \tag{8}$$

## 2.6. Équations mathématiques

- Pour la couverture du verre

$$(\rho C_p \delta)_v \frac{\partial T_v}{\partial t} = \lambda_v \delta_v \left( \frac{\partial^2 T_v}{\partial X^2} \right) + G\alpha_v - hcv_{a-v}(T_v - T_a) - hr_{v-ciel}(T_v - T_{ciel}) - hcd_{v-cel}(T_v - T_{cel}) \tag{9}$$

La température équivalente du ciel est donnée par la relation de Swinbank [5]

$$T_{ciel} = 0,0552T_a^{1,5} \tag{10}$$

- Pour les cellules solaires

$$(\rho C_p \delta)_v \frac{\partial T_v}{\partial t} = \lambda_v \delta_v \left( \frac{\partial^2 T_v}{\partial X^2} \right) + G\alpha_v - hcv_{a-v}(T_v - T_a) - hr_{v-ciel}(T_v - T_{ciel}) - hcd_{v-cel}(T_v - T_{cel}) \tag{11}$$

La puissance électrique utile est liée avec la puissance de radiation solaire par la relation

$$E = \tau_v Q_{sol} \eta_{ele} \tag{12}$$

L'énergie thermique fournie par le rayonnement solaire est exprimée comme suit [6]

$$Q_{sol} = AG\tau_v \alpha_{cel} \tag{13}$$

- Pour la couche de tedlar

$$(\rho C_p \delta)_{ted} \frac{\partial T_{ted}}{\partial t} = \lambda_{ted} \delta_{ted} \left( \frac{\partial^2 T_{ted}}{\partial X^2} \right) + hcd_{ted-cel} (T_{cel} - T_{ted}) - hcd_{ted-ps} (T_{ted} - T_{ps}) \quad (14)$$

- Pour la paroi supérieure

$$(\rho C_p \delta)_{ps} \frac{\partial T_{ps}}{\partial t} = \lambda_{ps} \delta_{ps} \left( \frac{\partial^2 T_{ps}}{\partial X^2} \right) + hcd_{ted-ps} (T_{ted} - T_{ps}) - hcv_{f-ps} (T_{ps} - T_f) \quad (15)$$

- Le fluide dans le canal

$$(\rho C_p \delta)_f \left( \frac{\partial T_f}{\partial t} + u \frac{\partial T_f}{\partial x} \right) = \lambda_f \delta_f \left( \frac{\partial^2 T_f}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 T_f}{\partial y^2} \right) + hcv_{f-ps} (T_{ps} - T_f) - hcv_{f-pi} (T_f - T_{pi}) \quad (16)$$

- Pour la paroi inférieure

$$(\rho C_p \delta)_{pi} \frac{\partial T_{pi}}{\partial t} = \lambda_{pi} \delta_{pi} \left( \frac{\partial^2 T_{pi}}{\partial X^2} \right) + hcv_{f-pi} (T_{pi} - T_f) - hcv_{pi-a} (T_{pi} - T_a) \quad (17)$$

## 2.7. Conditions initiales

À l'instant  $t = 0$ , les différentes couches du panneau ainsi que le fluide de refroidissement sont à la température ambiante  $T_a$ , on a :

$$T_v(x) = T_{cel}(x) = T_{ted}(x) = T_{ps}(x) = T_{pi}(x) = T_a \quad \forall x$$

$$T_f(x,y) = T_a \quad \forall x,y$$

L'écoulement se fait entre deux plaques planes parallèles. Le régime dynamique est laminaire établi, tout le long du canal la répartition de vitesse est parabolique, donnée par la formule :

$$u = 6V_{moy} \frac{y}{\delta_{can}} \left( 1 - \frac{y}{\delta_{can}} \right) \quad (18)$$

## 2.8. Conditions aux limites

À tout instant  $0 \leq t \leq t_{max}$

- Sur les différentes couches du système
  - Pour  $x = 0$ ,  $T_k = T_a$ , pour  $x = L$ ,  $T_k = T_a$  avec  $k = \{v, cel, ted, ps \text{ et } pi\}$
- Dans le canal de refroidissement
  - À l'entrée, pour  $x = 0$ ,  $T_f = T_a$ .
  - À la sortie, pour  $x = L$ ,  $\frac{\partial T_f}{\partial x} = 0$

Nous utilisons la méthode des différences finies pour discrétiser les équations de transfert.

### 1.1. Procédure de calcul

- 1 - Initialiser à  $T_a$  les valeurs des  $T_{f(i,j)}$  et  $T_{k(i)}$  à  $t = 0$ .
- 2 - Passer au temps suivant.
- 3 - Affecter les  $T_{f(i,j)}$  et  $T_{k(i)}$  du pas précédent ( $t-dt$ ) dans les  $T_{f(i,j)}^-$  et  $T_{k(i)}^-$ .
- 4 - Calculer les  $T_{f(i,j)}$  et  $T_{k(i)}$  sur les nœuds internes,  $i=2$  à  $n_x$  et  $j=2$  à  $n_y$ .

- Dans toutes les couches

$$T_{k(i)} = T_{k(i)}^- + \frac{\lambda \Delta t}{\rho C_p} \left( \frac{T_{k(i-1)}^- - 2T_{k(i)}^- + T_{k(i+1)}^-}{\Delta x^2} \right) + \frac{Q \Delta t}{\rho C_p \delta} \quad (19)$$

- Dans le canal de refroidissement

$$T_{f(i,j)} = T_{f(i,j)}^- + \frac{\lambda \Delta t}{\rho C_p} \left( \frac{T_{f(i-1,j)}^- - 2T_{f(i,j)}^- + T_{f(i+1,j)}^-}{\Delta x^2} + \frac{T_{f(i,j-1)}^- - 2T_{f(i,j)}^- + T_{f(i,j+1)}^-}{\Delta y^2} \right) - u \frac{T_{f(i+1,j)}^- - T_{f(i-1,j)}^-}{2 \Delta x} + \frac{Q \Delta t}{\rho C_p \delta} \quad (20)$$

- 5 - Calculer les  $T_{f(i,j)}$  et  $T_{k(i)}$  sur les limites.
- 6 - Reprendre les calculs en 2/ Tant que  $t < t_{max}$ .

Nous utilisons la méthode des différences finies pour discrétiser les équations de transfert.

## 2.9. Procédure de calcul

- 1 - Initialiser à  $T_a$  les valeurs des  $T_{f(i,j)}$  et  $T_{k(i)}$  à  $t = 0$ .
- 2 - Passer au temps suivant.
- 3 - Affecter les  $T_{f(i,j)}$  et  $T_{k(i)}$  du pas précédent ( $t-dt$ ) dans les  $T_{f(i,j)}^-$  et  $T_{k(i)}^-$ .
- 4 - Calculer les  $T_{f(i,j)}$  et  $T_{k(i)}$  sur les nœuds internes,  $i=2$  à  $n_x$  et  $j=2$  à  $n_y$ .
  - Dans toutes les couches

$$T_{k(i)} = T_{k(i)}^- + \frac{\lambda \Delta t}{\rho C_p} \left( \frac{T_{k(i-1)}^- - 2T_{k(i)}^- + T_{k(i+1)}^-}{\Delta x^2} \right) + \frac{Q \Delta t}{\rho C_p \delta} \quad (19)$$

- Dans le canal de refroidissement

$$T_{f(i,j)} = T_{f(i,j)}^- + \frac{\lambda \Delta t}{\rho C_p} \left( \frac{T_{f(i-1,j)}^- - 2T_{f(i,j)}^- + T_{f(i+1,j)}^-}{\Delta x^2} + \frac{T_{f(i,j-1)}^- - 2T_{f(i,j)}^- + T_{f(i,j+1)}^-}{\Delta y^2} \right) - u \frac{T_{f(i+1,j)}^- - T_{f(i-1,j)}^-}{2 \Delta x} + \frac{Q \Delta t}{\rho C_p \delta} \quad (20)$$

- 5 - Calculer les  $T_{f(i,j)}$  et  $T_{k(i)}$  sur les limites.
- 6 - Reprendre les calculs en 2/ Tant que  $t < t_{max}$ .

## 2.10. Etude de l'efficacité du panneau PV

Dépendant de la température moyenne des cellules PV, l'efficacité électrique du panneau PV s'exprime [7].

$$\eta_{pv} = \eta_{ref} \left[ 1 - \beta_r (T_{moy(CEL)} - T_{ref}) \right] \quad (21)$$

Avec :

$$T_{moy(CEL)} = \frac{\sum T_{rg}}{N_{rg}} \quad (22)$$

$T_{rg}$  exprime la température des rangées des cellules PV, elle est donnée par la relation :

$$T_{rg}(x) = \frac{T_{c(i)} + T_{c(i-1)}}{2} \quad (23)$$

La puissance électrique instantanée produite par le capteur est déterminée par le produit du rendement électrique  $\eta_{pv}$  du panneau PV, et la quantité de rayonnement solaire incidente sur le vitrage sur la même période [8].

$$P_{pv} = \eta_{pv} A_{pv} G \quad (24)$$

L'amélioration du rendement du panneau PV refroidi est évaluée par l'écart relatif du rendement de ce panneau par rapport au rendement du panneau non refroidi. Il s'exprime par :

$$\eta_r = \frac{|\eta_{pv} - \eta_0|}{\eta_0} \times 100 \quad (25)$$

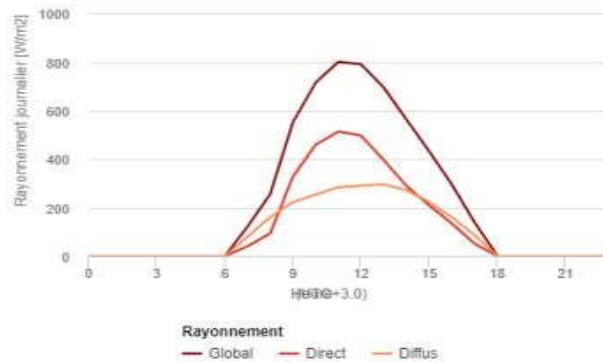
$\eta_0$  étant le rendement du panneau non refroidi, placé sous les mêmes conditions que celui refroidi.

Avec :

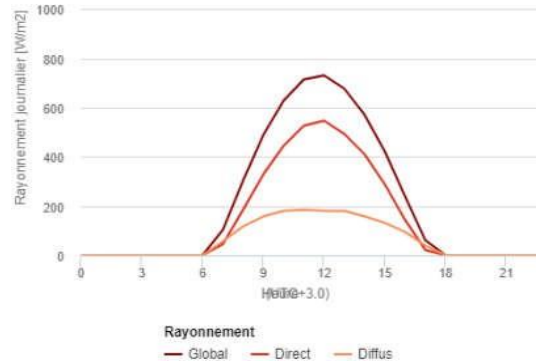
$$\eta_0 = \eta_{ref} \left[ 1 - \beta_r (T_{cel}^0 - T_{ref}) \right] \quad (26)$$

## 2.11. Données de la simulation

Les données météorologiques de la localité d'Antsiranana ont été recueillies au moyen du logiciel PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), une solution open source développée par l'Union européenne. L'analyse des données relatives au rayonnement global ainsi obtenues a conduit à l'identification des paramètres d'entrée essentiels qui seront utilisés dans le cadre des différentes simulations numériques. Les graphiques représentant les données de rayonnement global sont présentés dans les figures 4 et 5.



**Figure 4** : Variations horaires du rayonnement global pour un jour type du mois de Février.



**Figure 5** : Variations horaires du rayonnement global pour un jour type du mois d'Août.

Lors de la simulation numérique du capteur solaire PV nombreux sont les paramètres supposés constants tout au long de la journée. Ces paramètres sont présentés dans le tableau 1.

**Tableau 1** : Valeurs des paramètres climatiques de la simulation numérique.

Mois	Vitesse moyenne [m/s]	Irradiation maximale moyenne [ $W/m^2$ ]	Température ambiante [ $^{\circ}C$ ]
Février	4,4	801	$T_{min} = 23,1$ ; $T_{max} = 28,6$
Août	8,7	731	$T_{min} = 22,7$ ; $T_{max} = 27$

La géométrie du capteur et les propriétés thermophysiques utilisées dans le calcul sont montrées dans le tableau 2. Ce tableau fournit des informations cruciales concernant les composants utilisés dans la simulation, chaque composant étant caractérisé par plusieurs propriétés essentielles pour l'analyse thermique et énergétique du système.

**Couche de verre** : Cette couche, d'une masse volumique de  $2200 \text{ kg/m}^3$ , est dotée d'une capacité calorifique de  $670 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ . Sa conductivité thermique est de  $0,93 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ , et elle présente une émissivité de  $0,88$ . L'épaisseur de cette couche est de  $0,004 \text{ m}$ , avec un coefficient d'absorption de  $0,066$ .

**Cellule photovoltaïque (polycristallin), Max Power** : Ces cellules ont une masse volumique de  $2330 \text{ kg/m}^3$  et une capacité calorifique de  $836 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ . Leur conductivité thermique est de  $148 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ . Elles ont une émissivité de  $0,93$  et une épaisseur minimale de  $0,0003 \text{ m}$ . Le coefficient d'absorption est de  $0,9$ , et elles présentent un rendement de référence de  $0,165$ , avec un coefficient de température de  $0,0045 \text{ 1/K}$ . Les dimensions du panneau sont de  $1,64 \text{ m}$  (longueur) et  $0,99 \text{ m}$  (largeur), avec une puissance de  $250 \text{ W}$  et  $60$  cellules.

**Couche de tedlar** : Cette couche a une masse volumique de  $1390 \text{ kg/m}^3$  et une capacité calorifique de  $1400 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ . Sa conductivité thermique est de  $0,033 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ , avec une émissivité de  $0,88$  et une épaisseur de  $0,0004 \text{ m}$ . Son coefficient d'absorption est de  $0,5$ .

**Paroi** : La paroi a une masse volumique de  $8000 \text{ kg/m}^3$  et une capacité calorifique de  $3600 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , ce qui la rend très dense en chaleur. Sa conductivité thermique est élevée, à  $410 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ . Elle a une émissivité de  $0,04$  et une épaisseur de  $0,006 \text{ m}$ , avec un coefficient d'absorption de  $0,75$ .

**Fluide de refroidissement (air)** : Le fluide d'air a une masse volumique de  $1,136 \text{ kg/m}^3$  et une capacité calorifique de  $1000 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ . Sa conductivité thermique est relativement faible à  $0,027 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ , et son épaisseur est de  $0,02 \text{ m}$ .

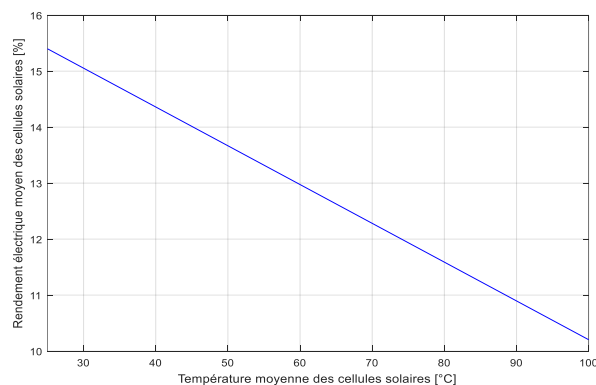
**Fluide de refroidissement (eau)** : Le fluide d'eau a une masse volumique de  $1000 \text{ kg/m}^3$  et une capacité calorifique élevée de  $4186 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ . Sa conductivité thermique est de  $0,6 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ , et son épaisseur est de  $0,01 \text{ m}$ .

**Tableau 2** : Valeurs utilisées dans la simulation.

Composants	Caractéristiques	Valeurs	Unité
<b>Couche de verre</b>	<b>Masse volumique</b>	<b>2200</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
	Capacité calorifique	670	J/kg.K
	Conductivité thermique	0,93	W/K.m
	Emissivité du vitrage	0,88	-
	Épaisseur	0,004	m
	Coefficient d'absorption	0,066	-
	Masse volumique	2330	kg/m <sup>3</sup>
	Capacité calorifique	836	J/kg.K
	Conductivité thermique	148	W/K.m
	Emissivité	0,93	-
<b>Cellule photovoltaïque (polycristallin), Max Power</b>	Épaisseur	0,0003	m
	Coefficient d'absorption	0,9	-
	Rendement de référence	0,165	-
	Coefficient de température	0,0045	1/K
	Longueur panneau	1,64	m
	Largeur panneau	0,99	m
	Puissance	250	W
	Nombres de cellules	60	-
	Masse volumique	1390	kg/m <sup>3</sup>
	Capacité calorifique	1400	J/kg.K
<b>Couche de tedlar</b>	Conductivité thermique	0,033	W/K.m
	Emissivité	0,88	-
	Épaisseur	0,0004	m
	Coefficient d'absorption	0,5	-
	Masse volumique	8000	kg/m <sup>3</sup>
<b>Paroi</b>	Capacité calorifique	3600	J/kg.K
	Conductivité thermique	410	W/K.m
	Emissivité	0,04	-
	Épaisseur	0,006	m
	Coefficient d'absorption	0,75	-
<b>Fluide de refroidissement (air)</b>	Masse volumique	1,136	kg/m <sup>3</sup>
	Capacité calorifique	1000	J/kg.K
	Conductivité thermique	0,027	W/K.m
<b>Fluide de refroidissement (eau)</b>	Épaisseur	0,02	m
	Masse volumique	1000	kg/m <sup>3</sup>
<b>Fluide de refroidissement (eau)</b>	Capacité calorifique	4186	J/kg.K
	Conductivité thermique	0,6	W/K.m
	<b>Épaisseur</b>	<b>0,01</b>	<b>m</b>

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

L'équation 21 permet de tracer la courbe de la figure 6 représentant les variations du rendement du panneau photovoltaïque en fonction de la température moyenne des cellules. On constate que l'élévation de la température des cellules PV affecte considérablement l'efficacité du panneau. En effet sur la figure 6, on constate que la température moyenne des cellules peut atteindre les 100°C. Le refroidissement permet d'abaisser cette température.



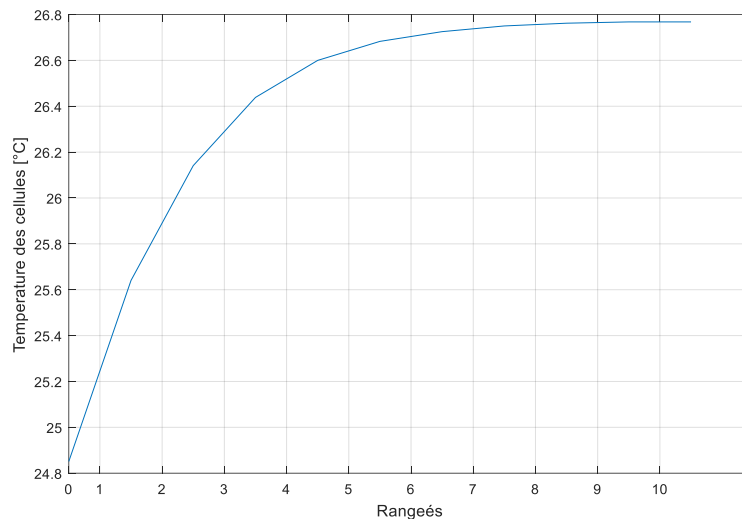
**Figure 6** : Évolution de l'efficacité du panneau PV avec la température moyenne des cellules solaires.

Les résultats présentés dans les figures 7 et 8 mettent en évidence les variations de température des cellules en fonction de leur position le long du panneau solaire, ainsi que l'influence du débit massique sur le rendement électrique.

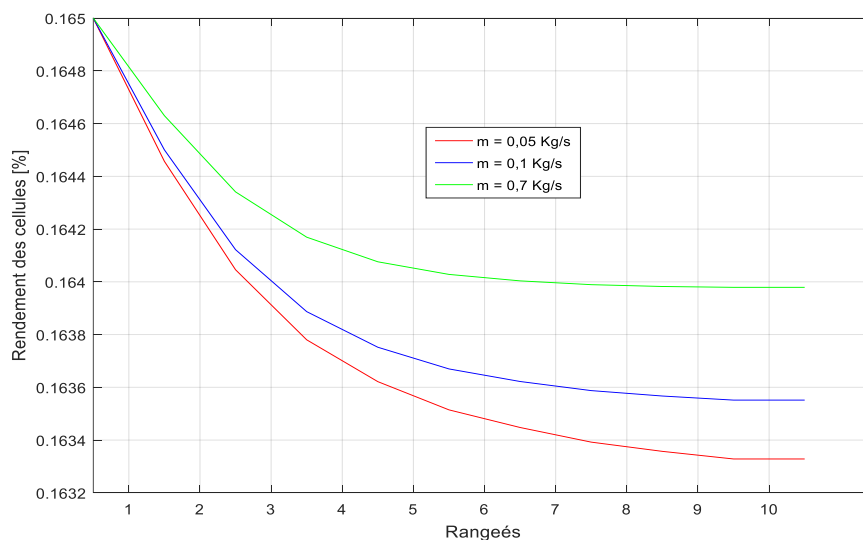
Il est observé que les températures des cellules augmentent avec la position le long du panneau ( $x$ ), ce qui souligne l'importance de calculer la température moyenne du panneau PV, car les températures des cellules PV varient en fonction de leur position le long du panneau.

De plus, il est remarqué que les premières rangées de cellules présentent un meilleur rendement électrique par rapport aux dernières rangées. Cette observation s'explique par le fait que les premières rangées bénéficient d'un meilleur refroidissement par rapport aux dernières rangées.

Il est également important de noter que le rendement électrique de chaque rangée de cellules diminue dans la direction de l'écoulement du fluide à mesure que la température augmente. De plus, pour un point donné le long du panneau PV, ce rendement augmente en fonction du débit massique du fluide de refroidissement



**Figure 7** : Variations de la température des cellules dans le sens de la longueur.



**Figure 8** : Variations du rendement électrique avec un débit massique différent

Pour évaluer l'efficacité du capteur photovoltaïque, deux systèmes de refroidissement, à savoir l'air et l'eau, ont été pris en compte dans nos simulations numériques. Une attention particulière a été accordée à l'évolution de la température moyenne des cellules photovoltaïques ainsi qu'à leur rendement électrique tout au long d'une journée-type.

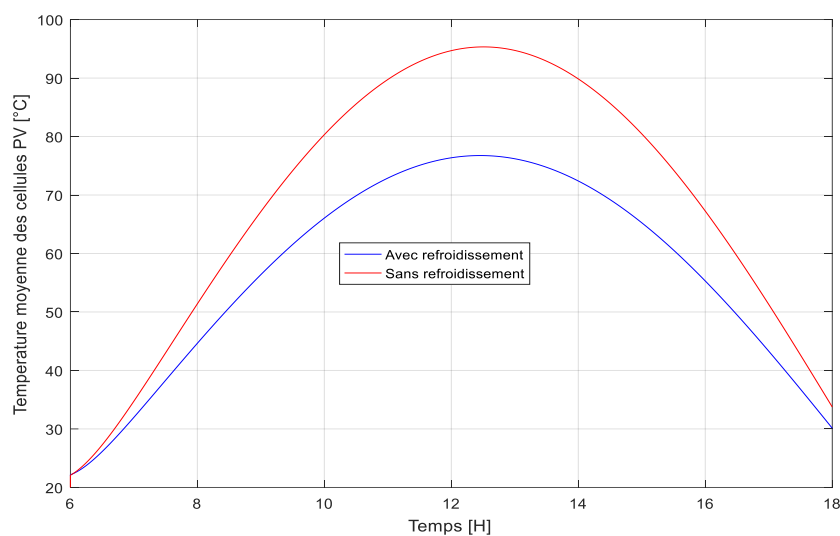
Il convient de noter que, dans toutes les simulations, les mêmes données météorologiques ont été utilisées pour examiner la réponse des cellules photovoltaïques dans des conditions avec refroidissement et sans refroidissement.

## ➤ Refroidissement à air

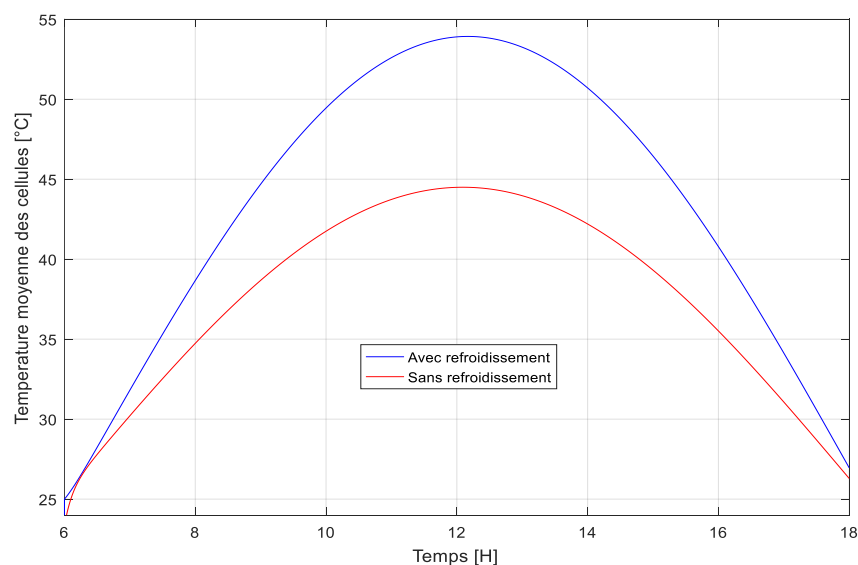
La Figure 9 illustre les variations de la température moyenne des cellules photovoltaïques (PV) soumises à un refroidissement par air et des cellules PV sans refroidissement, dans le cadre de notre simulation numérique, pour une journée-type sans vent. On observe que la température moyenne des cellules PV soumises à un refroidissement par air est inférieure à celle des cellules PV classiques sans refroidissement. Cette réduction est attribuable à la vitesse de l'air dans le canal de refroidissement, qui dépasse la vitesse du vent. Cependant, les Figures 10 et 11 révèlent que la température moyenne des cellules PV refroidies à l'air peut dépasser celle des cellules PV classiques non refroidies si l'écoulement reste laminaire. Cela se produit lorsque la vitesse du vent est strictement supérieure à la vitesse de l'air dans le canal de refroidissement pendant ces périodes spécifiques.

Il est important de noter que le rendement électrique moyen des cellules PV refroidies à l'air surpasse celui des cellules non refroidies uniquement lorsque la vitesse de l'air dans le canal de refroidissement est supérieure à la vitesse du vent, comme le démontrent les Figures 12, 13 et 14. De plus, il est à noter que le vent souffle davantage au mois d'août par rapport au mois de février.

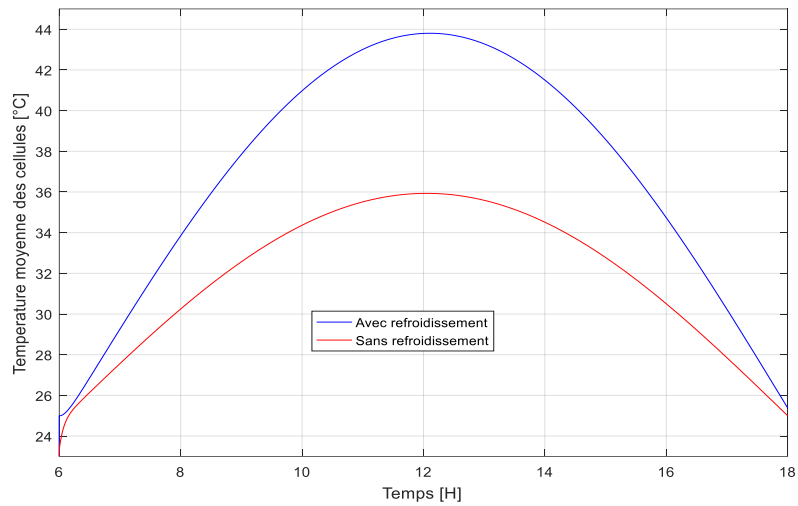
En outre, la Figure 15 indique que le rendement électrique d'un module PV classique est plus élevé au mois d'août par rapport au mois de février.



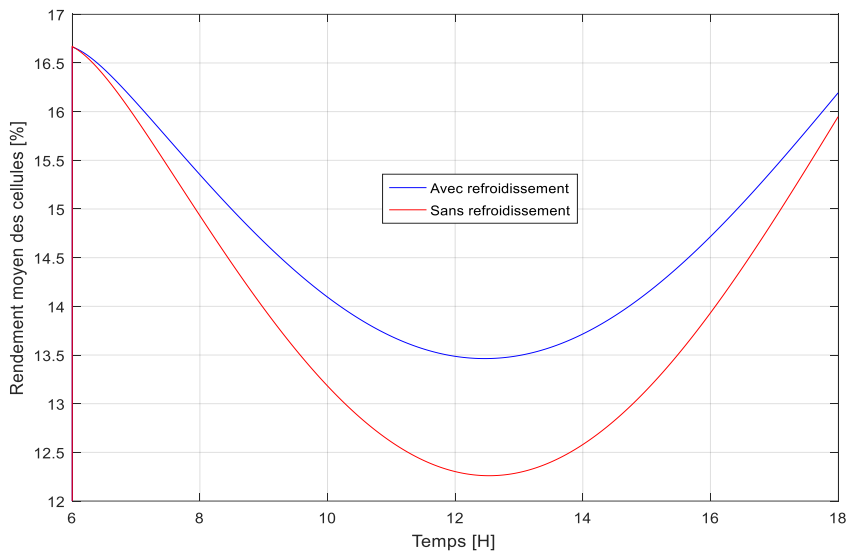
**Figure 9** : Variations horaires de la température moyenne des cellules PV refroidies à l'air et non refroidies pour un jour type sans vent.



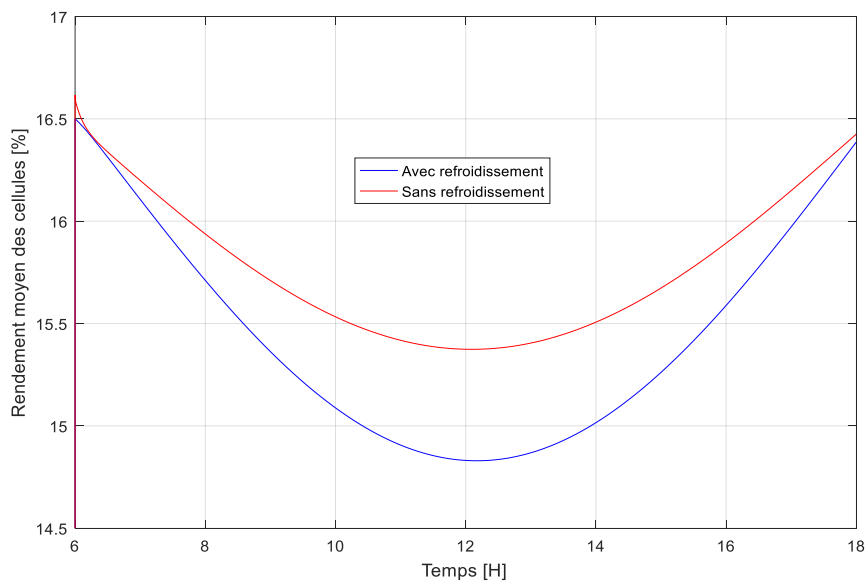
**Figure 10** : Variations horaires de la température moyenne des cellules PV refroidies à l'air et non refroidies au mois de Février.



**Figure 11** : Variations horaires de la température moyenne des cellules PV refroidies à l'air et non refroidies au mois d'Août.

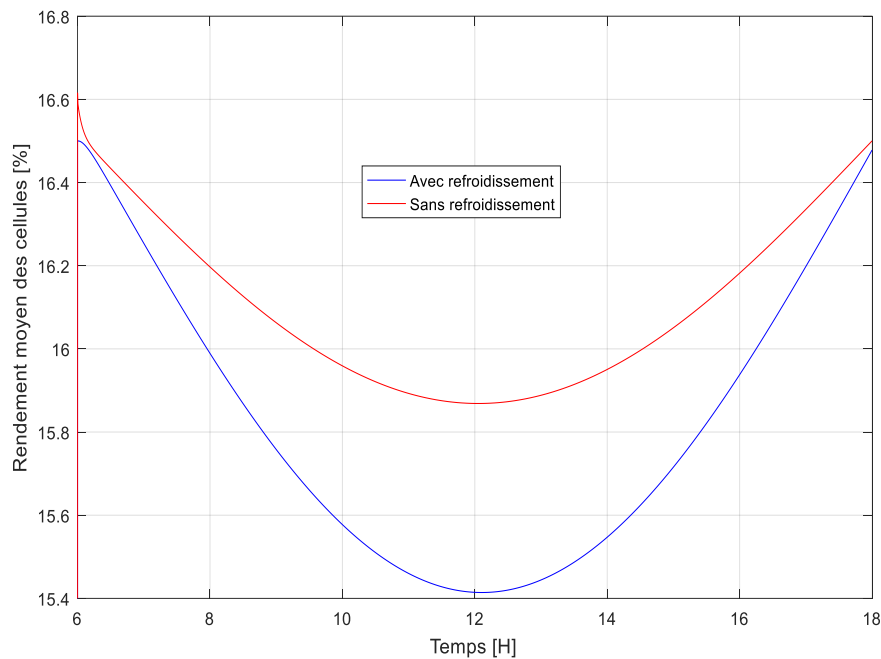


**Figure 12** : Variations horaires du rendement moyen des cellules PV refroidies à l'air et non refroidies pour un jour type sans vent.

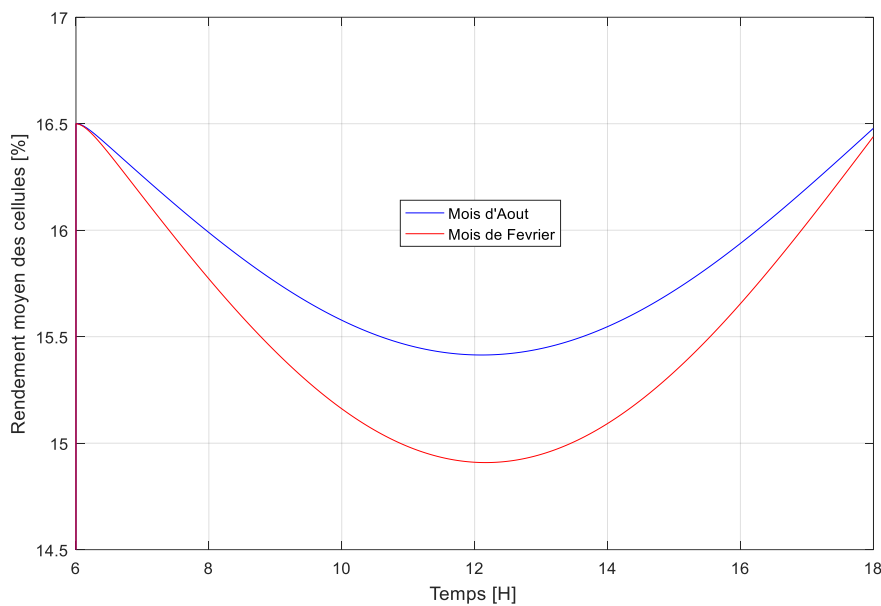


**Figure 13** : Variations horaires du rendement moyen des cellules PV refroidies à l'air et non refroidies au mois de Février.





**Figure 14** : Variations horaires du rendement moyen des cellules PV refroidies à l'air et non refroidies au mois d'août.

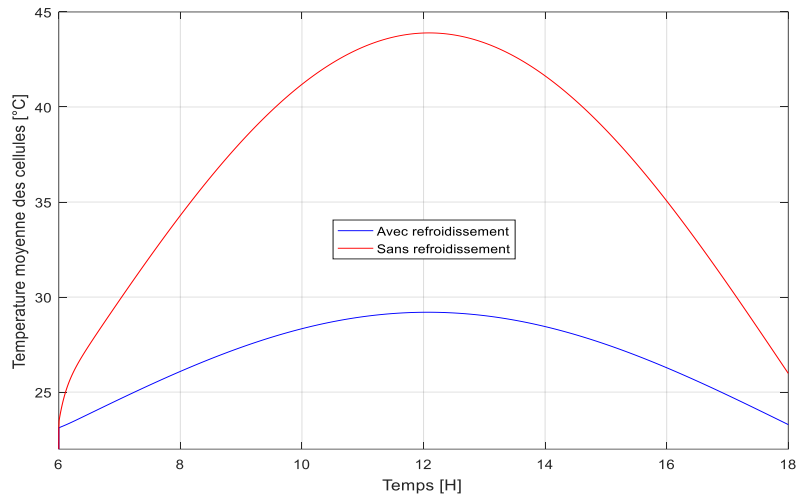


**Figure 15** : Variations horaires du rendement moyen des cellules PV classique au mois de Février et Août.

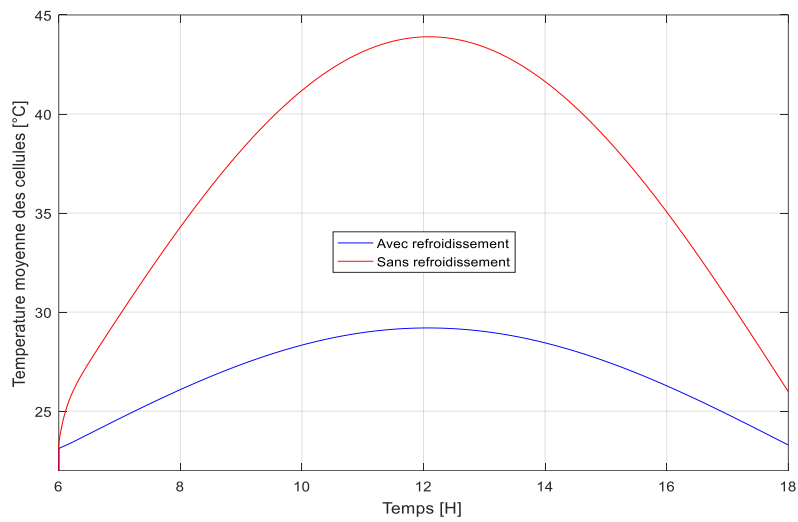
### ➤ Refroidissement à eau

Les Figures 16 et 17 présentent les variations de la température moyenne des cellules photovoltaïques (PV) non refroidies et refroidies à l'eau pour une journée-type en février et en août. Il est notable que la température moyenne des cellules PV refroidies à l'eau est inférieure à celle des cellules PV classiques sans refroidissement. Ces résultats soulignent que la capacité de l'eau à extraire la chaleur est supérieure aux deux autres scénarios (sans refroidissement et refroidissement à l'air). Cette supériorité est due à la meilleure conductivité thermique et à la plus grande densité de l'eau par rapport à l'air, améliorant ainsi le coefficient de transfert de chaleur des parois du canal de refroidissement. Ces observations ont un impact direct sur l'efficacité électrique, comme le montrent les Figures 18 et 19.

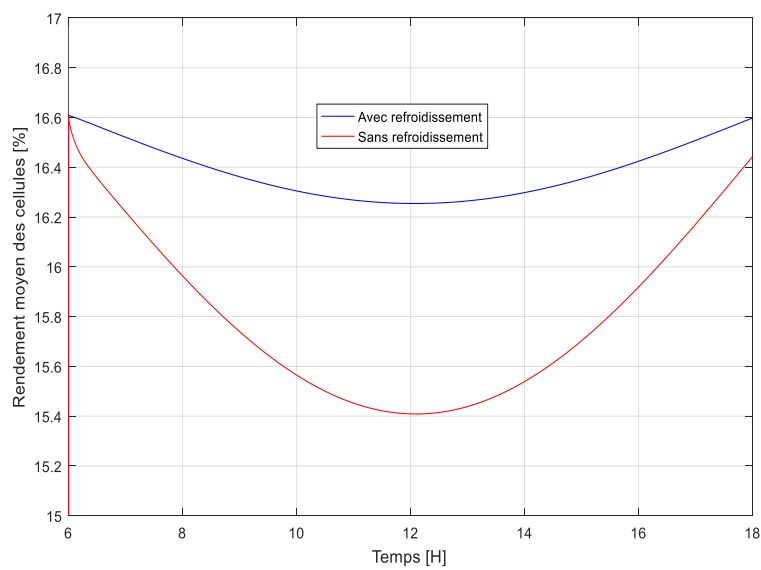
Quel que soit le climat, le refroidissement à l'eau se traduit par un rendement électrique supérieur à celui d'un refroidissement naturel, car l'élévation de la température moyenne des cellules PV entraîne une réduction de l'efficacité électrique. De plus, l'eau présente des propriétés thermophysiques favorables qui renforcent son efficacité dans ce contexte.



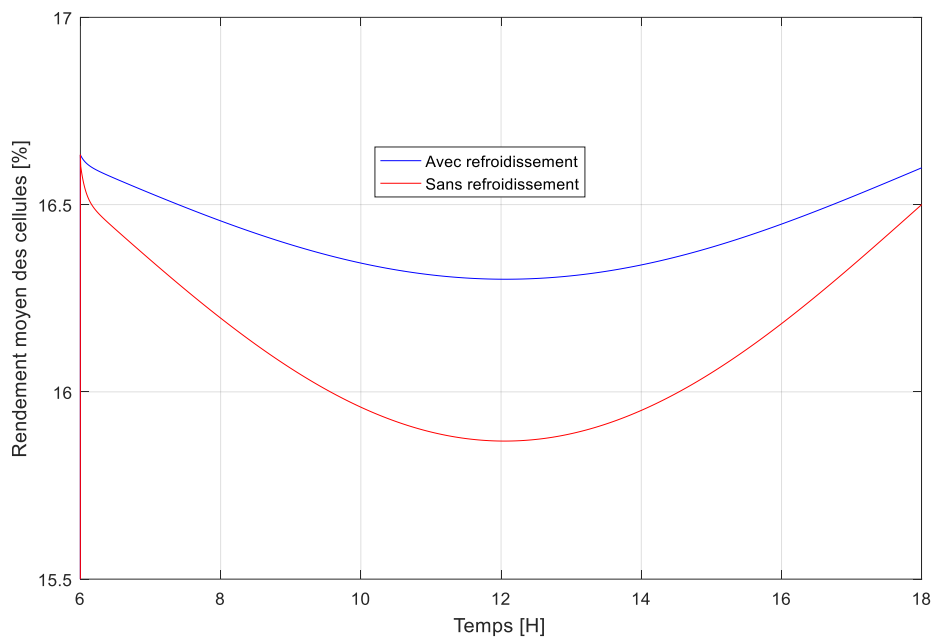
**Figure 16** : Variations horaires de la température moyenne des cellules PV refroidies à l'eau et non refroidies au mois de Février.



**Figure 17** : Variations horaires de la température moyenne des cellules PV refroidies à l'eau et non refroidies au mois d'Août.



**Figure 18** : Variations horaires du rendement moyen des cellules PV refroidies à l'eau et non refroidies au mois de Février.

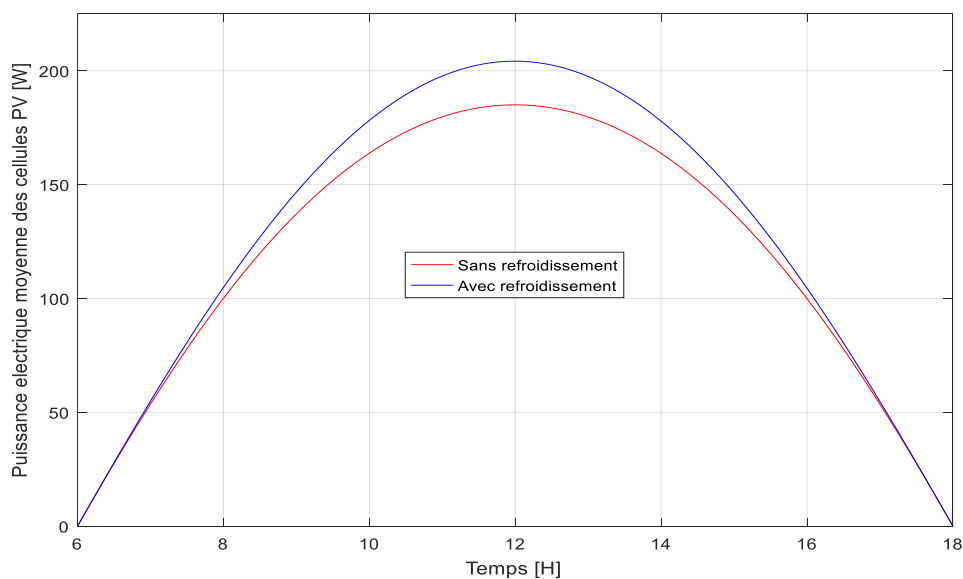


**Figure 19** : Variations horaires du rendement moyen des cellules PV refroidies à l'eau et non refroidies au mois d'août.

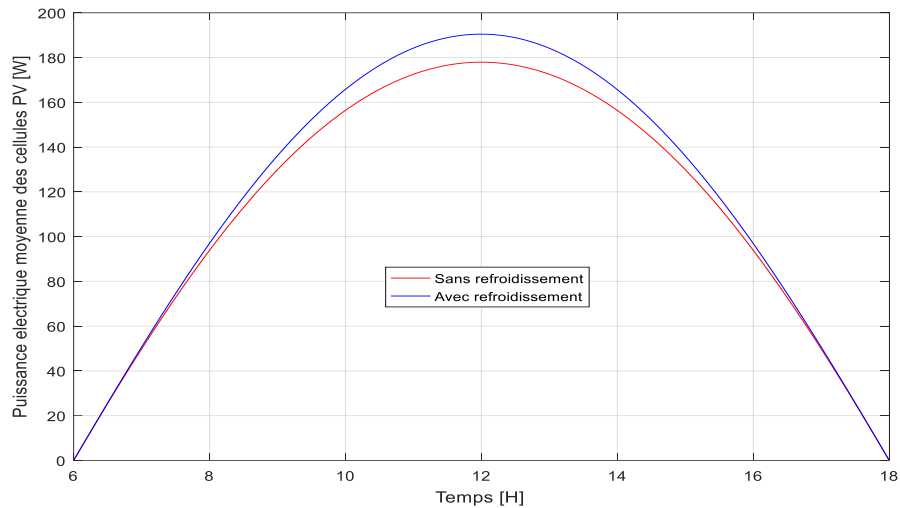
Dans cette étude, nous avons appliqué l'équation 24 pour générer les courbes présentées dans les Figures 20 et 21, qui décrivent les variations de la puissance électrique produite par le module photovoltaïque au cours d'une journée-type en février et en août. Ces courbes représentent une partie essentielle de notre analyse, permettant de mieux comprendre les performances du système.

L'analyse détaillée des puissances électriques générées par le panneau photovoltaïque conduit à une conclusion significative. Elle met en évidence que le refroidissement à l'eau engendre systématiquement une production électrique supérieure, quelle que soit la période de l'année. Cette observation est d'une grande importance car elle montre que le choix du système de refroidissement peut avoir un impact considérable sur la production d'électricité à partir du panneau photovoltaïque.

En outre, il est intéressant de noter que la variation de la puissance électrique suit de près le rayonnement solaire tout au long de la journée. Cette corrélation explique la constante amélioration de la production électrique sous refroidissement à l'eau. Ces résultats suggèrent que l'efficacité du refroidissement à l'eau est davantage renforcée par la disponibilité du rayonnement solaire, ce qui a un impact significatif sur les performances globales du système photovoltaïque.



**Figure 20** : Variations horaires de la puissance moyenne des cellules PV refroidies et non refroidies à l'eau au mois de février.



**Figure 21** : Variations horaires de la puissance moyenne des cellules PV refroidies et non refroidies à l'eau au mois d'Août.

## 4. CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons examiné le refroidissement d'un module photovoltaïque, en tenant compte de la diminution du rendement des cellules lorsque leur température augmente. Le refroidissement a été réalisé en faisant circuler de l'air ou de l'eau dans un échangeur sous la forme d'un canal adossé au dos du panneau. Une comparaison approfondie de ces deux systèmes a été entreprise. Pour ce faire, nous avons calculé numériquement la répartition de la température à l'intérieur du canal d'écoulement et au niveau des cellules photovoltaïques. Les équations régissant les phénomènes de transfert se déroulant dans les différents éléments du panneau photovoltaïque ont été discrétisées et résolues à l'aide de la méthode des différences finies. Les températures ainsi obtenues ont été utilisées pour déterminer le rendement électrique du panneau ainsi que la quantité d'énergie produite pour des journées types, en tenant compte des conditions climatiques de la ville de Diégo Suarez.

Les résultats de nos simulations révèlent que le rendement moyen des cellules refroidies à l'air est supérieur à celui des cellules non refroidies, à condition que la vitesse de l'air dans le canal de refroidissement dépasse celle du vent. En revanche, les cellules photovoltaïques refroidies à l'eau maintiennent une température moyenne inférieure à celles non refroidies, quelle que soit la période de l'année, indépendamment de la vitesse du vent. Il en découle que les performances électriques des modules photovoltaïques sont meilleures avec le refroidissement à l'eau, grâce aux excellentes propriétés thermophysiques de l'eau.

En perspective, pour valider ces résultats et éventuellement ajuster la modélisation du système, nous envisageons de poursuivre cette recherche par des études expérimentales. À cet effet, nous prévoyons de concevoir deux prototypes identiques, à l'exception que l'un sera refroidi à l'eau et l'autre ne le sera pas. Ils seront soumis aux mêmes conditions climatiques, et des mesures seront effectuées pour être comparées aux résultats de nos simulations.

## Nomenclature

### Lettres latines

<b>A</b>	surface du capteur ( $m^2$ )
<b>C<sub>p</sub></b>	capacité calorifique massique (J/kg.K)
<b>D</b>	diamètre du canal (m)
<b>G</b>	rayonnement direct total absorbé par la cellule solaire ( $W/m^2$ )
<b>g</b>	pesanteur (m/s)
<b>H</b>	hauteur du canal (m)
<b>h<sub>cd</sub></b>	coefficient d'échange thermique par conduction ( $W/m^2.K$ )
<b>h<sub>cv</sub></b>	coefficient d'échange thermique par convection ( $W/m^2.K$ )
<b>h<sub>r</sub></b>	coefficient d'échange thermique par rayonnement ( $W/m^2.K$ )
<b>l</b>	largeur du canal (m)
<b>ṁ</b>	débit massique (kg/s)
<b>N<sub>u</sub></b>	nombre de Nusselt
<b>P</b>	puissance (W)
<b>Re</b>	nombre de Reynolds
<b>T</b>	température (K)
<b>t</b>	temps (s)
<b>u</b>	Répartition de vitesse parabolique (m/s)
<b>V</b>	vitesse (m/s)
<b>X</b>	Coordonnée suivant la longueur du panneau (m)

**Y** Coordonnée suivant l'épaisseur du canal de refroidissement (m)

### Lettres grecques

<b><math>\alpha</math></b>	coefficient d'absorptivité
<b><math>\beta</math></b>	coefficient de température du silicium (1/K) $\delta$ épaisseur (m)
<b><math>\epsilon</math></b>	émissivité
<b><math>\eta</math></b>	rendement (%)
<b><math>\eta_r</math></b>	écart relatif (%)
<b><math>\lambda</math></b>	conductivité thermique (W/m.K) $\mu$ viscosité dynamique (kg/m.s)
<b><math>\rho</math></b>	masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )
<b><math>\sigma</math></b>	constante de Stefan-Boltzmann en (W/m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> )
<b><math>\tau</math></b>	transmittivité

### Indices

<b>0</b>	paramètres du panneau PV non refroidi a ambiante
<b>can</b>	canal
<b>cel</b>	cellule
<b>ele</b>	électrique
<b>f</b>	fluide
<b>h</b>	hydraulique
<b>pi</b>	paroi inférieure
<b>ps</b>	paroi supérieure
<b>PV</b>	panneau photovoltaïque
<b>ray</b>	rayonnement
<b>rg</b>	rangée
<b>ref</b>	sous conditions standards
<b>sol</b>	solaire
<b>ted</b>	tedlar
<b>v</b>	verre
<b>ve</b>	vent

## 5. REFERENCES

1. Shan F, Tang F, Cao L, Fang G. Comparative simulation analyses on dynamic performances of photovoltaic-thermal solar collectors with different configurations. *Energy Convers Manag.* 2014;87:778-786.
2. Tonui JK, Tripanagnostopoulos Y. Air-Cooled PV/T solar collectors with low cost performance improvements. *Sol Energy.* 2007;81:498-511.
3. Ibrahim A, Othman MY, Ruslan MH, et al. Recent advances in flat plate photovoltaic/thermal (PV/T) solar collectors. *Renew Sustain Energy Rev.* 2011;15:352-365.
4. Tiwari GN, Mishra RK, Solanki SC. Photovoltaic modules and their applications: A review on thermal modeling. *Appl Energy.* 2011;88:2287-2304.
5. Amori KE, Al-Najjar HMT. Analysis of thermal and electrical performance of a hybrid (PV/T) air based solar collector for Iraq.
6. Ong KS. Thermal performance of solar air heaters: Mathematical model and solution procedure. *Sol Energy.* 1995;55:93-109.
7. Skoplaki E, Palyvos JA. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations. *Sol Energy.* 2009;83:614-624.
8. Fantoni A, Vieira M, Martins R. Simulation of hydrogenated amorphous and microcrystalline silicon optoelectronic devices. *Math Comput Simulation.* 1999;49:381-401.



**How to cite this article: Abdoussalam Badrou-Dini, Michel Aimé Randriazanamparany et Rabemanantsoa Heriniaina Joslin. ETUDE D'UN SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT D'UN MODULE PHOTOVOLTAÏQUE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 17(3): 160-175.**

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

# SIMULATION OF PALLADIUM GROWTH BY CLASSICAL MOLECULAR DYNAMIC



| Dimbimalala, Randrianasoloharisoa <sup>1\*</sup> | Iando, Rinah Razafinjatovo <sup>1</sup> | and | Fils, Lahatra Razafindramisa <sup>1</sup> |

<sup>1</sup> Université d'Antananarivo | Département de Physique | Laboratoire de Physique de la Matière et du Rayonnement | Antananarivo | Madagascar |

| Received July 29, 2023 |

| Accepted September 07, 2023 |

| Published September 09 2023 |

| ID Article | Dimbimalala-Ref2-2-17ajiras290823 |

## ABSTRACT

**Background:** Palladium is a metal with numerous intriguing applications, particularly in catalysis, owing to its unique electronic properties. These electronic and catalytic characteristics are significantly influenced by its crystallographic structure. Palladium possesses a face-centered cubic (fcc) structure. **Objectives:** The principal aim of this study is to investigate the impact of temperature on the structure formed when palladium shells are deposited onto a palladium substrate. **Methods:** We employed the classical molecular dynamics method to simulate the growth process and determine the structure of the layers formed as atoms are deposited individually. The atomic interactions within the system were represented by the Embedded Atom Method (EAM) potential. Our approach involved constructing substrates, each composed of five layers of palladium oriented in the (111) direction. These various substrates were then subjected to different temperatures ranging from 150K to 1000K. Palladium atoms were subsequently deposited onto the substrates to create layers, and the interlayer and interatomic distances were assessed to determine the structure of the deposited layers. **Results:** In general, as temperature increases, both interlayer distances of substrates and adatoms also increase. Conversely, for adatoms, this distance decreases as one moves from the inner layers towards the surface layers at each temperature, converging toward the value of bulk palladium. Regarding interatomic distances, our results indicate that they increase with temperature, but they remain in close proximity to the distances observed in solid palladium. Analysis of the atomic arrangements reveals a tendency towards obtaining more fcc structures as the temperature rises. **Conclusions:** This study has provided insights into the influence of temperature on the formation of fcc structures during the deposition of palladium layers. The findings demonstrate that higher temperatures lead to increased distances between layers and atoms. Nevertheless, these distances remain similar to those found in solid palladium. Additionally, the rise in temperature promotes the prevalence of fcc structures at the expense of hcp structures.

**Keywords:** Thin films, thin layers, Embedded Atom Method.

## 1. INTRODUCTION

In today's world, the field of surface physics and the study of thin layers are experiencing remarkable growth due to their numerous and diverse applications, such as electronics and microelectronics, catalysis, magnetism, and metallurgy. Many studies have concentrated on the development and application of thin films or layers of these materials, as they often exhibit exceptional structural and physical properties distinct from those in their bulk state. For instance, refer to [1, 2, 3]. Experimental research involves the production and characterization of thin films to comprehend their characteristics and properties. In contrast, theoretical studies rely on solid-state physics and crystallography, with their role being to model the system (the film) and interpret experimental results. The emergence and evolution of increasingly powerful computers have also opened up another avenue for studying thin films: numerical simulation.

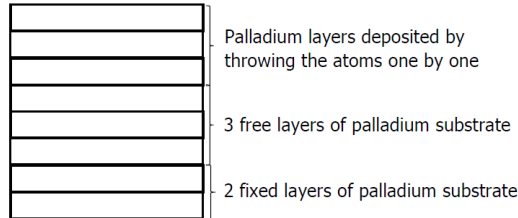
In this research, we will conduct numerical simulations of palladium-based thin-film systems to gain insights into various parameters, particularly temperature, which can affect the face-centered cubic (fcc) structure of palladium. Our goal is to achieve a palladium layer without altering the fcc structure. It's worth noting that palladium is a highly sought-after metal due to its remarkable physical and chemical properties. It finds applications in various industries, such as electronics and electrical, where it's used in the production of cell phones, computers, fax machines, dental prosthetics in the form of various alloys with copper, silver, gold, platinum, and even zinc, jewelry, where it contributes to the composition of white gold, and catalytic converters, which are a significant application today. In the chemical industry, it accounts for 5% of its global consumption and is used, for instance, as a catalyst in hydrogenation or dehydrogenation reactions, such as in petroleum cracking. Palladium also serves as an excellent electro-catalyst for the oxidation of primary alcohols in an alkaline medium [4]. However, the primary consumer of palladium is the automotive industry [5]. Palladium is indeed used, along with other compounds like platinum and rhodium, in catalytic converters to expedite the conversion of toxic products resulting from fuel combustion (carbon monoxide and nitrogen oxides) into less harmful compounds: CO<sub>2</sub> and water [6]. This sector accounted for 57% of estimated global consumption in 2006 and over 80% in 2018 [5]. Finally, its ability to capture dihydrogen holds potential applications in the energy sector."

## 2. MATERIALS AND METHODS

Our work consists in studying by molecular dynamics the mechanism of growth and the structure of palladium.

## 2.1 Systems studied

The system we studied consists of a palladium substrate on which layers of palladium are deposited. The substrate is formed of 5 layers, the surface of which is oriented (111). The 2 lower layers are kept fixed to preserve the orientation of the surface while the 3 upper ones can move to take into account the temperature. Each layer of the substrate is made up of 400 atoms, ie 2000 atoms in total for the 5 layers. The deposition of the layers consists in throwing one by one on the substrate the atoms which will spread out to form the layers. The initial energy of the atom to be deposited is 1eV. The lattice parameter of palladium is 3.89Å. We made simulations for different temperatures of the substrate: 150°K, 300°K, 600°K, 900°K and 1000°K.



**Figure 1:** The figure schematically shows the studied system.

## 2.2 Simulation method

The use of molecular dynamics (MD) methods dates back to the 1950s, and interest in these techniques continues to grow in the field of materials science. Despite recent advances, accessing the atomic scale experimentally remains challenging in many fields. Atomic-scale simulations, and molecular dynamics in particular, are, therefore, highly valuable investigative tools. In this study, we employed numerical simulation through classical Molecular Dynamics based on Verlet's algorithm [7]. The Molecular Dynamics method involves tracking the movement of each atom constituting the system by solving Newton's equations of motion. For a particle  $i$ , we have [8,9]:

$$\vec{f}_i = m_i \vec{\gamma}_i \tag{1}$$

$\vec{f}_i$  is the applied force to atom  $i$ ,  $m_i$  the mass of atom  $i$  and  $\vec{\gamma}_i(t)$  the acceleration of atom  $i$  at time  $t$ :

$$\Rightarrow \vec{f}_i = m_i \frac{d^2 \vec{r}_i(t)}{dt^2} \tag{2}$$

$\vec{r}_i(t)$  is the position of atom  $i$  at time  $t$

$$\Rightarrow \frac{\vec{f}_i}{m_i} = \frac{d^2 \vec{r}_i(t)}{dt^2} \tag{3}$$

Solving equation (3) gives the different positions  $\vec{r}_i(t)$  of particle  $i$  as a function of time. For this we can do the Taylor series expansion of order 4 of  $\vec{r}_i(t + \Delta t)$  and  $\vec{r}_i(t - \Delta t)$ :

$$\vec{r}_i(t + \Delta t) = \vec{r}_i(t) + \frac{d\vec{r}_i(t)}{dt} \Delta t + \frac{1}{2!} \frac{d^2 \vec{r}_i(t)}{dt^2} \Delta t^2 + \frac{1}{3!} \frac{d^3 \vec{r}_i(t)}{dt^3} \Delta t^3 + O(\Delta t^4) \tag{4}$$

$$\Rightarrow \vec{r}_i(t + \Delta t) = \vec{r}_i(t) + \frac{d\vec{r}_i(t)}{dt} \Delta t + \frac{1}{2} \frac{\vec{f}_i(t)}{m_i} \Delta t^2 + \frac{1}{6} \frac{d^3 \vec{r}_i(t)}{dt^3} \Delta t^3 + O(\Delta t^4) \tag{5}$$

$$\text{and } \vec{r}_i(t - \Delta t) = \vec{r}_i(t) - \frac{d\vec{r}_i(t)}{dt} \Delta t + \frac{1}{2} \frac{\vec{f}_i(t)}{m_i} \Delta t^2 - \frac{1}{6} \frac{d^3 \vec{r}_i(t)}{dt^3} \Delta t^3 + O(\Delta t^4) \tag{6}$$

By adding equations (5) and (6) we have:

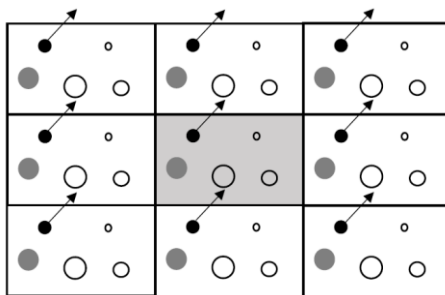
$$\vec{r}_i(t + \Delta t) + \vec{r}_i(t - \Delta t) = 2\vec{r}_i(t) + \frac{\vec{f}_i(t)}{m_i} \Delta t^2 + O(\Delta t^4) \tag{7}$$

$$\Rightarrow \vec{r}_i(t + \Delta t) = 2\vec{r}_i(t) - \vec{r}_i(t - \Delta t) + \frac{\vec{f}_i(t)}{m_i} \Delta t^2 + O(\Delta t^4) \tag{8}$$

Equation (8) constitutes Verlet's algorithm for a particle  $i$ . With this algorithm it is possible to determine the position of each particle  $i$  at time  $(t + \Delta t)$ . Its application requires knowing the positions of particle  $i$  at times  $t$  and  $(t - \Delta t)$  and the force applied to it at time  $t$ .

## 2.3 Edge effect and long-distance interaction

The number of atoms that the computer can simulate is limited. Typically, these  $N$  atoms are contained in a box with dimensions  $s_x$ ,  $s_y$ , and  $s_z$ . To simulate a crystal of pseudo-infinite size, periodic conditions are often applied to the edges of the box. Whenever an atom exits the box on one side, it re-enters from the opposite side with the same velocity. It's worth noting that periodic boundary conditions preserve the system's total momentum; this concept is known as the minimum image convention or periodic boundary condition. Essentially, the idea is to replicate each cell containing the  $N$  atoms in 2 (or 3) dimensions, depending on the study, maintaining the same relative positions for each particle. This replication creates a system of infinite size or infinite surface area in cases where replicas are made in two dimensions. Figure 2 illustrates this model, with the central gray box representing the system under study, which is then replicated in all directions.



**Figure 2:** The figure schematically shows the periodic boundary condition.

During the simulation, when a particle moves within the original box, its periodic images in each neighboring box move in exactly the same way. Therefore, if one of the movements causes a particle, such as the black one, to exit the central box, it simultaneously results in one of its images entering the central cell. Consequently, the total number of particles remains unchanged. There is no need to store the coordinates of all image particles in a simulation; only those of the central box need to be stored. The energy of the black particle within the central box must be calculated based on interactions with all particles, including the image particles.

In general, particle interaction potentials have a very long range, as is the case for Coulomb interactions. Nevertheless, their intensities become negligible at a certain distance. This implies that when calculating the energy of a given particle, only those particles whose distance from this center is less than  $rc$  (cutoff radius) are considered. Interactions between force centers located at a distance greater than  $rc$  are not taken into account [9].

#### 2.4 Embedded Atom Method (EAM) interatomic potential

The interatomic potential is a potential energy model used to describe interactions between atoms. The use of a potential is essential when employing the Molecular Dynamics method. The Embedded Atom Method (EAM) potential was introduced in the 1980s by Daw et al. The underlying concept of this method is to treat each atom as an impurity concerning the other atoms within the system. This potential was specifically developed for metallic systems [10].

$$E_i = \frac{1}{2} \sum_{j \neq i} \Phi_{ij}(\vec{r}_{ij}) + F(\rho_i(\vec{r}_{ij})) \quad (9) \quad [11]$$

In equation (9), the term  $\sum_{j \neq i} \Phi_{ij}(\vec{r}_{ij})$  represents the peer interaction energies of atom  $i$  with its neighbors  $j$  separated by a distance  $\vec{r}_{ij}$  and  $F(\rho_i(\vec{r}_{ij}))$  is the energy required to insert this atom  $i$  into the medium where there is an electronic density  $\rho_i(\vec{r}_{ij})$  created by the other atoms of this medium.

The total energy of the crystal is obtained by summing the energy of each atom, i.e.:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i,j(i \neq j)} \Phi_{ij}(\vec{r}_{ij}) + \sum_i F_i(\rho_i) \quad (10)$$

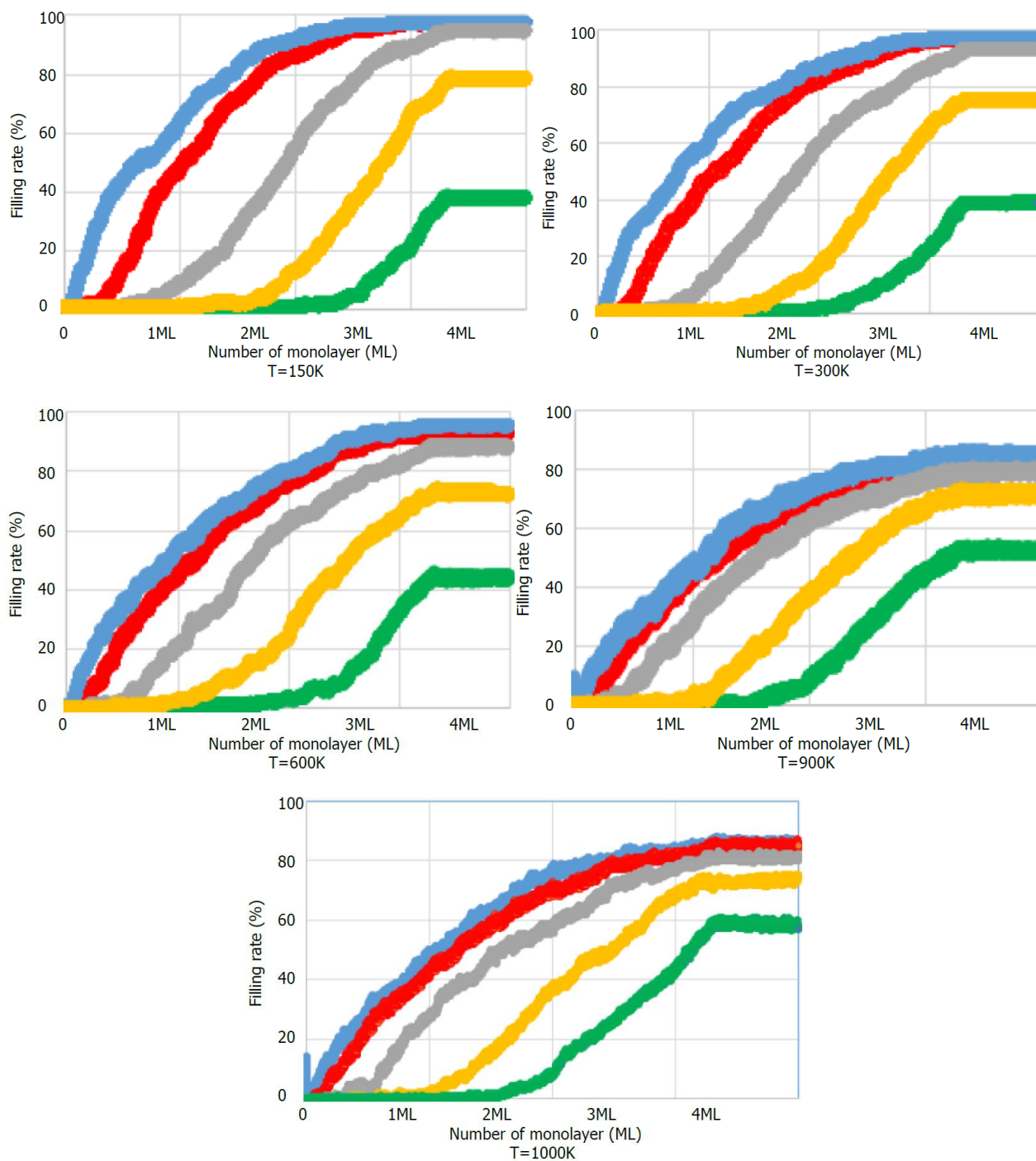
To calculate the terms  $\sum_{i,j(i \neq j)} \Phi_{ij}(\vec{r}_{ij})$ ,  $F(\rho_i(\vec{r}_{ij}))$ , and  $F(\rho_i(\vec{r}_{ij}))$  we use the method proposed by Johnson et al., (2001) [12].

### 3. RESULTS AND INTERPRETATION

Our work is centered around the study of the Pd/Pd system, specifically involving the simulation of palladium layer deposition on a palladium substrate with a face-centered cubic structure (111). During the thin-film deposition process, the morphological properties of the film are influenced by several parameters, including adatom deposition frequency, energy, angle of incidence, and substrate temperature.

In this research, we will investigate the impact of substrate temperature on the structure of the deposited layers. We have selected the following substrate temperatures: 150 K, 300 K, 600 K, 900 K, and 1000 K.





**Figure 3:** The figure represents the filling curves of the layers of adatoms for different temperatures. On the abscissa we have the number of monolayers (ML), i.e. the number of adatoms to fill a layer and on the ordinate we have the filling rate (in %) of the deposited layers.

Figure 3 represents the filling curve of adatom layers on the substrate. This curve illustrates the growth of each Pd monolayer (ML) on the Pd substrate. The blue curve represents the filling of the first layer, the red represents the second, the grey represents the third, the yellow represents the fourth, and the green represents the fifth. Please recall that a monolayer represents the number of atoms required to fill a layer.

The mode of filling or growth of these layers is determined by the slope of each curve and the difference between the abscissae of two adjacent curves. When the curve has a steep slope and the gap is significant, the growth mode closely resembles the Franck-Van der Merwe (2D) mode or layer-by-layer growth. In this mode, the filling of an upper layer begins only when the layer below it is completely filled. Conversely, when the gap is small, we observe Volmer-Weber-type growth (3D), where a layer begins to grow before the previous layer is completely filled.

According to Figure 3, at high temperatures, specifically 600K, 900K, and 1000K, the first and second layers are filled practically simultaneously. However, the difference in filling time increases as we move further from the substrate. This implies that in the vicinity of the substrate, atoms tend to settle on sites where islands have already formed rather than

directly on the substrate, indicating Volmer-Weber-type growth. As we move away from the substrate, adatoms start to exhibit Franck-Van der Merwe (2D) growth. But even as they grow on islands, a layer cannot be completely filled until the layer below it is full. This tendency toward 3D growth is less pronounced at substrate temperatures of 150K and 300K. However, it becomes more prominent as the substrate temperature increases. In fact, an adatom arriving on a hot substrate prefers to migrate to a colder layer of adatoms.

**Table 1:** The table presents coverage rate (in %) of the layers of adatoms deposited according to the temperatures. The 1<sup>st</sup> layer is the layer just above the substrate and the 5<sup>th</sup> layer is the layer on the surface.

	T=150K	T=300K	T=600K	T=900K	T=1000K
4 <sup>th</sup> layer	78.25	75.25	72.5	72.25	74
3 <sup>rd</sup> layer	94.25	92.75	88	78.5	81.5
2 <sup>nd</sup> layer	97.5	97.25	92.5	82.75	85
1 <sup>st</sup> layer	97.5	97.5	95.5	84.5	85.5

Table 1 summarizes the variation in the filling rate of a monolayer as a function of temperature. From Table 1, it is evident that the filling ratio of each layer decreases, indicating an increase in vacancies as one progresses to the upper layers. Indeed, the upper layers cannot be filled if the layers below them are not. The filling rates of the upper layers are either less than or equal to those of the lower layers. Similarly, the filling ratio decreases with increasing temperature. This is because temperature enhances the mobility of atoms, leading to the formation of gaps between atoms. However, even at high temperatures, specifically 600K, 900K, and 1000K, the filling rate of the lower layers remains high, ranging from 85.5% to 95.5% for the 1st layer and from 82.75% to 92.5% for the second layer. It's important to note that, as we observed in the filling curves in Figure 3, the growth of these first two layers follows the Volmer-Weber type, where the filling of the 1st layer is not yet complete when the 2nd layer begins to grow. Nevertheless, by the end, we find that the 1st layer is nearly filled, indicating that atoms on the formed islands migrate towards the gaps in the lower layers. This migration is possible due to the increased energy of the atoms with rising temperature.

In the following sections, we present the computational results of various parameters used to characterize the structures obtained at the end of the molecular dynamics simulations. We will examine the variation in interatomic distance and the variation in interlayer distance as functions of the changing substrate temperature.

The interlayer distance at the substrate level obtained from the simulation is provided in Table 2. This distance represents the spacing between two consecutive layers. Please remember that the substrate consists of five layers.

**Table 2:** The table presents distance between 2 adjacent layers (in Å) of the substrate layers according to the temperatures. The 1st layer is the lowest and the 5th is the layer just below the adatoms.

distance between 2 adjacent layers	T=150K	T=300K	T=600K	T=900K	T=1000K
4 <sup>th</sup> -5 <sup>th</sup> layer	2.30	2.31	2.31	2.37	2.39
3 <sup>rd</sup> -4 <sup>th</sup> layer	2.32	2.32	2.33	2.41	2.39
2 <sup>nd</sup> -3 <sup>rd</sup> layer	2.32	2.32	2.33	2.38	2.37
1 <sup>st</sup> -2 <sup>nd</sup> layer	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25

The lattice parameter of solid palladium is 3.89Å which gives an interlayer distance of 2.24Å according to the orientation (111). From table 2, we can see that this distance increases with temperature, resulting in a widening of the substrate layers. The deposition of a thin layer on a substrate thus causes deformation in the arrangement of the substrate atoms.

**Table 3:** The table presents distance between 2 adjacent layers (in Å) of the adatom layers according to the temperatures.

distance between 2 adjacent layers	T=150K	T=300K	T=600K	T=900K	T=1000K
3 <sup>rd</sup> -4 <sup>th</sup> layer	2.23	2.24	2.23	2.26	2.26
2 <sup>nd</sup> -3 <sup>rd</sup> layer	2.28	2.29	2.24	2.27	2.29
1 <sup>st</sup> -2 <sup>nd</sup> layer	2.30	2.30	2.29	2.27	2.28
Substrate-1 <sup>st</sup> layer	2.43	2.44	2.46	2.35	2.36

In Table 3, we present the simulation results for the distance between adatom layers. From these results, it's evident that interlayer distances do not vary significantly as a function of substrate temperature. Substrate temperature, therefore, exerts minimal influence on the distance between each layer during thin film deposition. It's also noteworthy that the distance between the last substrate layer and the first adatom layer is greater compared to the distance between the adatom layers. This difference arises from the interaction of the substrate with the adatoms arriving at a certain speed. Upon reaching the substrate, the incident atom undergoes a bounce before redistributing its energy to neighboring atoms, leading to the rearrangement of atoms on the surface of the substrate and the first layer of adatoms.

In Table 4, we present the interatomic distances for the deposited layers, specifically the average distance between an atom and its nearest neighbors.

**Table 4:** The table presents interatomic distance (in Å) of the adatom layers according to the temperatures.

	T=150K	T=300K	T=600K	T=900K	T=1000K
4 <sup>th</sup> layer	2.78	2.82	2.82	2.90	2.91
3 <sup>rd</sup> layer	2.77	2.80	2.81	2.88	2.88
2 <sup>nd</sup> layer	2.77	2.78	2.80	2.87	2.85
1 <sup>st</sup> layer	2.75	2.78	2.80	2.85	2.85

According to the results of the simulation presented in Table 4, as the temperature increases, the distance between an atom and its nearest neighbors tends to increase. Even at the same temperature, this distance increases when moving from the inner layer to the surface layer. Nevertheless, these distances remain relatively close to the calculated value, which is 2.75 Å for an oriented layer (111). This increase in distance can be described as relaxation—a process that manifests itself as a slight displacement of atoms.

According to the simulation, in addition to the face-centered cubic (fcc) structure, the hexagonal close packing (hcp) structure was observed. Table 5 summarizes the percentage of atoms adopting the hcp structure in each layer at different substrate temperatures. The coexistence of these two crystal structures can be attributed to surface reconstruction.

**Table 5:** The table presents the percentage of atoms with hcp structure in each deposited layer.

	T=150K	T=300K	T=600K	T=900K	T=1000K
4 <sup>th</sup> layer	0	10.33	9.06	6.30	0
3 <sup>rd</sup> layer	8.47	9.73	9.85	0	0
2 <sup>nd</sup> layer	18.46	9.79	9.50	0	0
1 <sup>st</sup> layer	10.26	6.67	5.84	0	0
Total	37.19	36.52	34.25	6.30	0

Table 5 presents the percentage of atoms adopting the hexagonal close packing (hcp) structure within each deposited layer at various substrate temperatures. The table showcases how the prevalence of the hcp structure changes with temperature:

At 150K: In the 4th layer, none of the atoms exhibit the hcp structure, while in the 3rd, 2nd, and 1st layers, there are relatively low percentages of atoms (10.33%, 9.79%, 6.67%, respectively) with the hcp structure. The total percentage of hcp-structured atoms across all layers at this temperature is 37.19%.

At 300K: The 4th layer still lacks the hcp structure, but the 3rd layer has a noticeable increase in atoms with hcp structure (9.73%). The 2nd layer also exhibits a similar percentage (9.79%), while the 1st layer shows a decrease (6.67%). The total percentage of hcp-structured atoms across all layers at this temperature is 36.52%.

At 600K: In the 4th layer, a small percentage of atoms (9.06%) now have the hcp structure. The 3rd and 2nd layers continue to have hcp-structured atoms (9.85% and 9.50%, respectively), while the 1st layer experiences a decrease (5.84%). The total percentage of hcp-structured atoms across all layers at this temperature is 34.25%.

At 900K: Interestingly, the 4th layer sees a decrease in hcp-structured atoms (6.30%). In contrast, the 3rd, 2nd, and 1st layers no longer have any atoms adopting the hcp structure. The total percentage of hcp-structured atoms across all layers at this temperature is 6.30%.

At 1000K: The hcp structure disappears entirely from all layers. The total percentage of hcp-structured atoms across all layers at this temperature is 0%.

Table 5 demonstrates that the prevalence of the hcp structure varies with temperature, diminishing as temperatures rise. As temperature increases, a higher proportion of face-centered cubic (fcc) structures forms. The elevated substrate temperature induces thermal agitation among the adatoms, increasing their mobility and improving growth quality, facilitating layer-by-layer growth without altering the initial crystalline structure.

## 4. CONCLUSION

In this study, we employed classical molecular dynamics to simulate the growth of palladium layers on a palladium substrate. Our objective was to investigate the growth and structure of palladium layers on a palladium substrate with a face-centered cubic structure oriented in a (111) plane. The primary focus was to examine the influence of substrate temperature on the structures of the deposited layers using the molecular dynamics algorithm. The various substrate

temperatures we utilized were 150K, 300K, 600K, 900K, and 1000K. To assess the impact of temperature, we calculated interlayer distances and interatomic distances to determine the crystallographic structures of the layers obtained.

The results obtained from the simulation revealed that a face-centered cubic structure of the deposited layers can be achieved when the substrate temperature is high, specifically at 900K and above. Increasing temperature has a minor effect on interlayer distances, whereas interatomic distances between first neighbors increase with temperature. Consequently, elevating the temperature leads to an increase in atomic mobility, causing more mobile atoms to adopt structures that minimize their energies.

## 6. REFERENCES

1. Alex NK. Selection of dielectrics for alternating-current thin-film electroluminescent device. *Thin Solid Films*. 1999;347(1-2):1-13.
2. James AO, Tien-Chien J. Atomic layer deposition and other thin film deposition techniques: from principles to film properties. *J Mater Res Technol*. 2022;21:2481-2514.
3. Thanka Rajan S, Subramanian B, Arockiarajan A. A comprehensive review on biocompatible thin films for biomedical application. *Ceram Int*. 2022;48(4):4377-4400.
4. Jiro T. Palladium Reagents and Catalysts: New Perspectives for the 21st Century. Wiley and Sons; 2004.
5. Tiffany H. This Metal Is Worth More Than Gold, and It Scrubs Your Car's Exhaust. The New York Times. 2018 Dec 13. Available from: <https://www.nytimes.com/2018/12/13/business/palladium-worth-more-than-gold.html>. Accessed 2021 Dec 30.
6. Carmen D. Palladium's Hidden Talent. *Chem Eng News*. 2008;86(35):53-56.
7. Pascal V. Simulation numérique en physique statistique. Cours de Master 2ème année « Physique théorique des systèmes complexes » et « Modélisation, statistique et algorithme des systèmes hors d'équilibre ». 2016. p33-45 (Chap 3). Available from: <https://cel.archives-ouvertes.fr/cel-00092945>.
8. Dimbimalala R, Heriniaina A, Fils LR. Etude par la dynamique moléculaire de la croissance de couches de platine. *Am J Innov Res Appl Sci*. 2020;11(3):165-172.
9. Toky HA, Dimbimalala R, Fils LR. Simulation numérique de la croissance du fer sur un substrat en cobalt et en nickel par la dynamique moléculaire. *Am J Innov Res Appl Sci*. 2022;14(6):288-294.
10. Daw MS, Baskes MI. Embedded-atom method: Derivation and application to impurities, surfaces and other defects in metals. *Phys Rev B*. 1984;29:6443.
11. Zou W, Wadley HNG, Zhou XW, Johnson RA, Brownell D. Surfactant-mediated growth of giant magnetoresistance multilayers. *Phys Rev B*. 2001;64:174418/1-10.
12. Wadley HNG, Zhou XW, Johnson RA. Atomic assembly of giant magnetoresistive multilayers. *MRS Symp Proc*. 2001;672:O4.1.1-O4.1.14.



How to cite this article: **Dimbimalala Randrianasoloharisoa, Iando Rinah Razafinjatovo, and Fils Lahatra Razafindramisa.** SIMULATION OF PALLADIUM GROWTH BY CLASSICAL MOLECULAR DYNAMIC. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 17(3): 176-182.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

# DETERMINANTS DE LA PARTICIPATION DES HOMMES AUX SERVICES DE PROTECTION CONTRE LA TRANSMISSION MERE-ENFANT DU VIH DANS LA ZONE DE SANTE DE NDESHA



DETERMINANTS OF MEN'S PARTICIPATION IN PREVENTION OF MOTHER-TO-CHILD TRANSMISSION OF HIV (PMTCT) SERVICES IN THE NDESHA HEALTH ZONE: A QUALITATIVE STUDY

| Clément MULUMBA <sup>1\*</sup> | Monique BIAKAMPANZAMBI <sup>2</sup> | Stéphane KANGUDIA <sup>3</sup> | Alphonsine MWIKA <sup>4</sup> | Etienne TSHIMANGA <sup>5</sup> | Madeleine BALEKA <sup>6</sup> | Honoré BALANGANAYI <sup>7</sup> | et | Victor Ndibualonji <sup>8</sup> |

<sup>1</sup>. Université de Kananga | Faculté de Médecine | Kananga, R.D. Congo |

<sup>2</sup>. Institut Supérieur de Techniques Médicales, ISTM | Kananga | R.D. Kananga |

<sup>3</sup>. Université de Kinshasa | Faculté de Médecine | Kinshasa, R.D. Congo |

<sup>4</sup>. Université de Kananga | Ecole de Santé Publique | Kananga, R.D. Congo |

<sup>5</sup>. Institut Supérieur de Techniques Médicales, ISTM | Tshikapa | R.D. Congo |

<sup>6</sup>. Office Congolais de Control | Kananga | R.D. Congo |

<sup>7</sup>. Université de Kananga | Faculté de Médecine | Kinshasa, R.D. Congo |

<sup>8</sup>. Université de Lubumbashi | Faculté de Médecine Vétérinaire | Département des Sciences de Base | Unité de Biochimie | Lubumbashi, R.D Congo |

| Received July 27, 2023 | Accepted September 11, 2023 | Published September 16, 2023 | ID Article | Clément-Ref19-1-17ajiras190723- |

## RESUME

**Introduction** : Malgré les efforts du Programme National de Lutte contre le Sida (PNLS) pour augmenter la participation des partenaires masculins dans les services de Prévention de la Transmission Mère-Enfant du VIH (PTME), leur engagement reste un défi majeur en République Démocratique du Congo (RDC). **Objectif** : Cette étude vise à identifier les facteurs contribuant à la faible implication des hommes dans les services de PTME dans la zone de santé de Ndesha. **Méthodes** : Au total, 39 participants, dont 18 mères, 16 pères, 2 leaders d'opinions et trois prestataires de soins (deux infirmiers titulaires et un médecin), ont été inclus dans cette recherche. Les données ont été recueillies à travers des discussions en groupe et des entretiens, avec une analyse thématique réalisée à l'aide d'Excel. Avant la transcription des récits, une vérification de la qualité des données a été effectuée en comparant les notes manuscrites avec les enregistrements. **Résultats** : Les résultats ont révélé que malgré une bonne connaissance du VIH/Sida, les normes sociétales et culturelles, les contraintes financières et la peur du dépistage du VIH étaient les principaux obstacles affectant la participation des hommes dans la PTME. La moitié des mères n'avait pas terminé l'école secondaire, et un cinquième seulement avait achevé l'école primaire. En revanche, tous les hommes interrogés n'ont jamais été invités au service de PTME. La majorité des mères considèrent qu'il est bénéfique pour l'homme d'accompagner sa femme à la CPN/PTME, tandis que certains pensent que cela devrait se faire uniquement en cas de nécessité ou sur invitation des prestataires. Les prestataires de soins sont unanimement favorables à la participation des hommes à la CPN/PTME, soulignant l'importance de conseils et d'un bon suivi. **Conclusion** : Pour encourager davantage la participation masculine dans les services de PTME, il est essentiel de s'attaquer aux obstacles tels que les normes sociétales et culturelles, les contraintes financières et la peur du dépistage du VIH. Des interventions ciblées et une sensibilisation communautaire seront nécessaires pour sensibiliser la population à l'importance de l'implication des hommes dans la PTME.

**Mots clés** : Implication, homme service de Protection de la Transmission Mère Enfant

## ABSTRACT

**Introduction**: Despite efforts made by the National Program for HIV/AIDS Control (PNLS) to increase male partner participation in Prevention of Mother-to-Child Transmission of HIV (PMTCT) services, their engagement remains a significant challenge in the Democratic Republic of the Congo (DRC). **Objective**: This study aimed to identify factors contributing to the low involvement of men in PMTCT services within the Ndesha Health Zone. **Methods**: A total of 39 participants, including 18 mothers, 16 fathers, 2 community leaders, and three healthcare providers (two nurses and one doctor), were included in this research. Data were collected through focus group discussions and interviews, with thematic analysis performed using Excel. Prior to transcribing the narratives, data quality was ensured by comparing handwritten notes with audio recordings. **Results**: The findings revealed that despite good awareness of HIV/AIDS, societal and cultural norms, financial constraints, and fear of HIV testing were major barriers affecting male participation in PMTCT. Half of the mothers had not completed secondary school, while only a fifth had completed primary education. In contrast, all the interviewed men stated they had never been invited to PMTCT services. The majority of mothers believed it was beneficial for men to accompany their wives to antenatal care/ PMTCT, while some thought men should only do so in case of necessity or upon invitation from healthcare providers. Healthcare providers unanimously supported male participation in antenatal care/ PMTCT, emphasizing the importance of counseling and proper follow-up. **Conclusion**: To encourage greater male involvement in PMTCT services, it is essential to address obstacles such as societal and cultural norms, financial constraints, and fear of HIV testing. Targeted interventions and community awareness will be necessary to educate the population on the importance of male engagement in PMTCT.

**Keywords**: Envolement, Men, Protection of mother-to-child transmission service.

## 1. INTRODUCTION

Prévention de la Transmission Mère-Enfant (PTME) du VIH : une priorité majeure de santé publique à l'échelle mondiale. Autrefois sous-estimée et négligée, elle est aujourd'hui reconnue comme l'une des stratégies essentielles pour lutter

contre la propagation du VIH/SIDA. La PTME permet non seulement de sauver la vie de nombreux enfants nés de mères séropositives, en réduisant la morbidité et la mortalité tant maternelle qu'infantile, mais elle constitue également le pilier central de la lutte contre le VIH/SIDA, représentant le seul moyen efficace de prévenir de nouvelles infections chez les nouveau-nés [1]. Alors que de multiples projets et programmes se sont concentrés sur les femmes en raison de leur vulnérabilité biologique, socioéconomique et socioculturelle accrue [2], une part significative de la population, à savoir les hommes, est souvent négligée, malgré leur influence majeure sur les pratiques sociales liées à la santé [2]. Selon le Programme commun des Nations Unies sur le VIH/SIDA, les décisions prises par les femmes concernant leurs grossesses et leur santé sont profondément influencées par leurs partenaires, leurs communautés ainsi que par les normes sociales et les croyances relatives à l'infection au VIH et au SIDA [3]. L'implication active et le soutien constructif des hommes dans l'éradication du VIH chez les enfants et dans la promotion de la santé des femmes et des familles permettraient non seulement de partager la responsabilité de la santé familiale (actuellement disproportionnellement supportée par les femmes), mais également d'accélérer les progrès vers l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (notamment les OMD 3 à 6), qui revêtent une importance cruciale pour le développement des pays [4]. En tant que partenaires solidaires, les hommes ont le pouvoir d'influencer l'environnement social de la famille, en particulier au sein de la famille élargie, afin de créer un contexte plus propice à l'adhésion au traitement, au respect des traitements et au suivi des soins, tant pendant la grossesse qu'après l'accouchement [2]. En revanche, le non-engagement des hommes dans les services de PTME pourrait avoir des conséquences tragiques, mettant en péril les grossesses des femmes et la survie des nourrissons pendant la période postnatale. Qui plus est, les femmes ont souvent besoin de l'aval de leur mari pour accéder au traitement, étant donné que celui-ci détient généralement les ressources financières et le pouvoir décisionnel [1]. L'implication des hommes dans la PTME peut s'opérer à différents niveaux d'intervention, notamment lors des consultations prénatales (participation aux consultations, soutien financier, discussion du contenu des consultations avec leurs épouses), dans le processus de conseil et de dépistage du VIH prénatal (discussion du VIH et de la sexualité avec leurs épouses, réalisation des tests individuellement ou en couple avec leurs épouses) et dans la prévention de la transmission postnatale du VIH (utilisation de préservatifs en cas de séropositivité, participation à l'adhésion au traitement et à l'alimentation des nourrissons) [5]. Une étude menée par Morfaw et ses collègues suggère que les hommes ont en grande partie des attitudes positives envers les programmes de PTME ; néanmoins, leur implication demeure limitée en raison de divers obstacles aux niveaux individuel, du système de santé et de la société [15]. De manière similaire, Castle identifie des entraves à la participation des hommes à la PTME en Côte d'Ivoire, notamment la féminisation des services de santé, les normes culturelles liées à la masculinité, les contraintes liées au travail et au temps, ainsi que les attitudes et les croyances du personnel de santé, le manque de salles d'attente appropriées et le non-respect de la vie privée et de la confidentialité [6]. En République démocratique du Congo, le profil épidémiologique du VIH, issu du rapport UNAIDS/RDC de 2013 et observé à travers la séro-surveillance du Programme National de Lutte contre le SIDA (PNLS), estimait que 100 000 enfants âgés de 0 à 14 ans vivaient avec le VIH. La prévalence du VIH chez les femmes enceintes fréquentant les soins prénatals était de 3,5 %, nécessitant ainsi des services de PTME pour 37 000 d'entre elles [7]. Cependant, selon l'EDS 2013-2014, cette prévalence était estimée à 0,6 % [8]. Afin d'accroître l'engagement des partenaires masculins dans les activités de PTME des femmes enceintes, le PNLS a mis en œuvre plusieurs stratégies, telles que l'adaptation des horaires et des jours d'invitation des hommes dans les établissements médicaux, l'amélioration des conditions pour les hommes au sein des structures de soins de santé et le renforcement des compétences des prestataires pour organiser des séances de conseil en couple ainsi que des séances spécifiques destinées aux hommes. La présente étude vise à contribuer à la réduction de la transmission du VIH de la mère à l'enfant dans la Zone de Santé de Ndesha en République démocratique du Congo.

Prevention of Mother-to-Child Transmission (PMTCT) of HIV is a global public health priority. Once underestimated and ignored, it is now recognized as one of the key strategies in combating the spread of HIV/AIDS. PMTCT not only saves the lives of many children born to HIV-positive mothers, reducing maternal and infant morbidity and mortality, but it is also the cornerstone of the fight against HIV/AIDS and the only effective means of preventing new infections in newborns [1]. While numerous projects and programs have focused on women due to their higher biological, socioeconomic, and sociocultural vulnerability [2], an important part of the population, namely men, is often overlooked, despite their significant influence on health-related social practices [2]. According to the United Nations Programme on HIV/AIDS, women's decision-making about their pregnancies and health is deeply influenced by their partners, communities, and social norms and beliefs concerning HIV infection and AIDS [3]. The active involvement and constructive support of men in eliminating HIV in children and promoting women's and family health would not only share the responsibility for family health (currently disproportionately borne by women) but also accelerate progress towards achieving the Millennium Development Goals (particularly MDGs 3 to 6) that are crucial for the development of countries [4]. As supportive partners, men can influence the social environment of the family, especially the extended family, to create an environment that is more conducive to treatment uptake, adherence, and retention in care both during pregnancy and after childbirth [2]. Conversely, the non-involvement of men in PMTCT services could have fatal consequences, compromising women's pregnancies and the survival of infants in the postnatal period. Moreover, women often require their husband's authorization for treatment, as he usually holds the financial means and decision-making power [1]. Male involvement in PMTCT can take place at different intervention levels, including antenatal consultations (attending consultations, providing financial support, discussing consultation content with their wives), in the prenatal HIV counseling/testing process (discussing HIV and sex with their wives, getting tested alone or as a couple with their

wives), and in the prevention of postnatal HIV transmission (using condoms in case of HIV-positive status, participating in treatment adherence, and infant feeding) [5]. A study by Morfaw and colleagues suggests that men have largely positive attitudes towards PMTCT programs; however, their involvement remains limited due to various barriers at the individual, healthcare system, and societal levels [15]. Similarly, Castle identifies obstacles to male participation in PMTCT in Côte d'Ivoire, including the feminization of health services, cultural norms related to masculinity, work and time constraints, gender and attitudes of healthcare personnel, lack of adequate waiting rooms, and lack of respect for privacy and confidentiality [6]. In the DRC, the epidemiological profile of HIV from the UNAIDS/DRC 2013 report, as viewed through the National Program for HIV/AIDS Control (PNLS) serosurveillance, estimated that 100,000 children aged 0 to 14 were living with HIV. The HIV prevalence among pregnant women attending antenatal care was 3.5%, with a need for PMTCT services for 37,000 [7]. The 2013-2014 DHS, however, estimated this prevalence to be 0.6% [8]. To increase the involvement of male partners in pregnant women's PMTCT activities, PNLS has implemented several strategies, such as modifying the timing and days of inviting men to medical facilities, improving the conditions for men in healthcare settings, and enhancing the capacity of providers in organizing couple counseling and specific counseling for men. The present study aims to contribute to reducing the mother-to-child HIV transmission in the Ndesha Health Zone in the DRC.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1 Lieu de l'étude

Cette étude a été réalisée au sein de la Zone de Santé de Ndesha, plus précisément dans les aires de santé Kamupongo 1 et Christ Roi, lesquelles offrent des services de PTME intégrés. Cette zone de santé fait partie des 26 zones de santé relevant de la Division Provinciale de la Santé du Kasai Central et est l'une des 6 Zones de Santé Urbaines. D'un point de vue démographique, elle compte environ 130 507 habitants répartis sur une superficie de 419 km<sup>2</sup>, avec une densité de population de 311 habitants/km<sup>2</sup> (source : projection de la population pour 2021). La situation sanitaire se caractérise par les maladies suivantes, prédominantes en termes de morbidité et de mortalité : le paludisme, les infections respiratoires aiguës, les maladies diarrhéiques, la malnutrition, la tuberculose et les IST/VIH/SIDA. Sur le plan socio-économique, la Commune de Ndesha se distingue par ses petites entreprises et la vente d'alcool. Les coutumes et traditions liées à la santé sont organisées au sein d'associations qui exercent une influence tribale significative. La majorité des ménages se compose de familles nombreuses, les chefs de ménage étant le plus souvent des hommes au chômage, bien que les femmes jouent un rôle crucial dans l'économie et la santé des foyers.

### 2.2 Méthode d'échantillonnage

Une étude qualitative a été menée du 1er janvier au 20 juin 2022 au sein de la Zone de Santé de Ndesha. Cinq entretiens approfondis ont été réalisés, dont 2 avec des leaders communautaires et 3 avec des prestataires de soins de santé, en plus de 4 groupes de discussion regroupant 16 pères et 18 mères allaitantes d'enfants âgés de 0 à 6 mois ayant bénéficié du service de Consultation Postnatale/Prévention de la Transmission Mère-Enfant (CPN/PTME). Les groupes de discussion ont été répartis en fonction du genre. Les discussions ont porté sur les connaissances relatives au VIH/SIDA et à la PTME, les opinions concernant l'implication des hommes dans la PTME, ainsi que les raisons expliquant le désengagement des hommes vis-à-vis de ce service. Les données recueillies ont été analysées à l'aide d'une approche d'analyse de contenu inductive.

### 2.3 Population de l'étude

Un total de 39 individus ont été inclus dans cette étude, se composant de 18 mères, 16 pères, 2 leaders communautaires et trois prestataires de soins de santé (deux infirmières diplômées et un médecin). Les pères et les mères ont été répartis en 4 groupes de discussion, avec deux groupes de discussion attribués à chaque aire de santé (un pour les pères et un pour les mères). Chaque groupe de discussion était composé de sept à douze pères ou mères, selon les cas respectifs.

### 2.4 Critères d'inclusion

Parmi les 9 aires de santé (AS) qui ont intégré le service de PTME dans la Zone de Santé de Ndesha, deux ont été sélectionnées de manière aléatoire grâce à un tirage au sort. À l'intérieur de chaque AS, un établissement de soins de santé a été choisi en fonction de l'intégration des activités de PTME. Le Centre de Santé Christ Roi et le Centre de Santé Kamupongo 1, faisant partie de l'aire de santé du même nom, ont été inclus dans cette étude. Un choix réfléchi a été effectué pour déterminer les unités d'étude.

### 2.5 Collecte de données

Cinq entretiens approfondis ont été réalisés auprès de leaders communautaires et de professionnels de la santé, impliquant un leader communautaire et un prestataire de soins de santé par aire de santé (AS), ainsi qu'un médecin en exercice à l'Hôpital Général de Ndesha. Toutes les entrevues ont été menées par le chercheur principal, avec l'assistance d'un preneur de notes. De plus, un dictaphone a été utilisé pour enregistrer différentes discussions en vue de compléter les récits.

## 2.6 Analyse des données

Toutes les interviews ont été traduites en français. Avant de transcrire les récits, nous avons minutieusement lu et examiné les notes manuscrites, les comparant aux enregistrements pour garantir la qualité des données et corriger les incohérences éventuelles. Nous avons utilisé le logiciel Excel pour le traitement des données relatives aux caractéristiques sociodémographiques des répondants. Pour l'analyse effective des données, les âges des répondants ont été résumés en utilisant la moyenne et l'écart type, tandis que les proportions ont été calculées pour les autres variables qualitatives des caractéristiques sociodémographiques, notamment l'état matrimonial, l'affiliation religieuse, le niveau d'éducation et la profession.

## 3. RESULTATS

### 3.1. Caractéristiques sociodémographiques des ménages enquêtés

Dans notre étude, nous avons animé 4 focus groups dans 2 Aires de santé ayant intégré la PTME, dans la Zone de santé de Ndesha. Ces focus groups ont été réalisés auprès de mères allaitantes des enfants de 0 à 6 mois d'une part, et de pères d'autre part. En plus nous avons effectué 5 entretiens individuels avec deux leaders communautaires, deux Infirmières à raison d'un par Aire de santé et un médecin. Au total 18 femmes ont été incluses dans l'étude : 7/18 dans l'AS Kamupongo 1 et 11/18 dans l'AS Christ Roi. L'âge des mères variait de 18 à 33 ans avec une moyenne de  $24 \pm 4$  ans.

**Tableau 1** : Le tableau présente les caractéristiques sociodémographiques des mères allaitantes.

Statut marital	Effectif (n= 18)	Percentage
Mariée	17	94.4
Mère Célibataire	1	5.6
Niveau d'instruction		
Primaire non achevé	4	22.2
Primaire achevé	2	11.1
Secondaire non achevé	7	38.9
Secondaire achevé	4	22.2
Supérieur (Graduat)	1	5.6
Profession		
Ménagère	14	77.8
Vendeuse d'articles divers	2	11.1
Couturière	1	5.6
Coiffeuse	1	5.6
Religion		
Eglise de réveil	11	61.1
Protestante	4	22.2
Catholique	3	16.7

Ce tableau révèle que presque la moitié des mères n'avaient pas terminé l'école secondaire, et un cinquième, l'école primaire. Les trois quarts de mères étaient ménagères. Les restes étaient constitués par les Vendeuses d'articles divers, les couturières et les coiffeuses.

**Tableau 2.** Caractéristiques sociodémographiques des pères.

Statut marital	Effectif n=16	Pourcentage
Marié	16	100
Célibataire	0	0
Niveau d'instruction		
Primaire achevé	1	6.25
Secondaire non achevé	7	43.75
Secondaire achevé	7	43.75
Universitaire	1	6.25
Profession		
Fonctionnaires	7	43.75
Chauffeurs	4	25
Vendeurs d'articles divers	2	12.5
Tailleur	1	6.25
Cordonnier	1	6.25
Ingénieur	1	6.25
Religion		
Eglise de réveil	9	56.25
Protestante	3	18.75
Catholique	4	25

Dans cette étude, un total de 16 pères ont été inclus, dont 8 (50 %) ont été recrutés dans la Zone de Santé Kamupongo 1 et 8 autres dans la Zone de Santé Christ Roi. L'âge des pères variait de 28 à 51 ans, avec une moyenne d'âge de  $38,3 \pm 6,5$  ans. Tous les pères étaient mariés, représentant ainsi 100 % des participants. En ce qui concerne leur niveau



d'instruction, presque la moitié des participants avaient terminé l'école secondaire (43,75 %), tandis que les autres étaient répartis de manière égale entre ceux ayant interrompu leurs études secondaires (43,75 %) et ceux ayant un diplôme universitaire (6,25 %). En ce qui concerne leur profession, la majorité des pères étaient des fonctionnaires (43,75 %), suivis de 4 chauffeurs (25 %) et de 2 vendeurs d'articles divers (12,5 %). D'autres professions, telles que tailleur, cordonnier et ingénieur, étaient représentées chacune par 1 participant (6,25 %). En ce qui concerne leur affiliation religieuse, 56,25 % des pères appartenaient à l'Église de réveil, 18,75 % étaient protestants et 25 % se déclaraient catholiques. Ces résultats mettent en lumière la démographie et les caractéristiques des pères participant à l'étude, fournissant ainsi des informations précieuses pour comprendre leurs perspectives et attitudes envers les services de Prévention de la Transmission Mère-Enfant du VIH (PTME) dans la Zone de Santé de Ndesha.

### **3.2. Connaissance des enquêtés sur le VIH/SIDA et de la transmission mère et enfant**

#### **3.2.1. Connaissance de la pathologie**

Au cours de cette étude, tant les mères que les pères et les leaders communautaires ont reconnu le VIH/Sida comme étant une maladie mortelle. Cependant, une minorité a considéré le Sida comme étant une punition divine. En ce qui concerne la transmission du VIH/Sida, la majorité des mères (12/18) et des pères (10/16) ont cité plusieurs voies, notamment le rapport sexuel avec un partenaire inconnu, l'utilisation d'objets tranchants (comme des lames de rasoir, des limes, des aiguilles de tressage de cheveux dames, des ciseaux) et l'allaitement maternel. Les leaders communautaires ont également évoqué ces mêmes voies de transmission. Cependant, une minorité a mentionné la consommation de viande d'animaux comme une voie de transmission possible du VIH/Sida.

Concernant la connaissance des moyens de prévention du VIH/Sida, les mères ont énuméré les méthodes suivantes : l'utilisation de préservatifs, la fidélité envers son mari, le fait d'avoir ses propres objets tranchants et d'éviter les rapports sexuels avec un partenaire inconnu. En revanche, la majorité des pères (9/16), contrairement aux mères, ne savaient pas quels étaient les moyens de prévention du VIH/Sida. Seule une minorité a mentionné les méthodes suivantes : l'utilisation de préservatifs, la fidélité réciproque, l'abstinence sexuelle, le fait d'avoir ses propres objets tranchants et la prise des ARV pour les femmes enceintes séropositives.

#### **3.2.2. Connaissances sur la transmission du VIH de la mère à l'enfant**

Presque tous les participants de l'étude, y compris les mères, les pères et les leaders communautaires, étaient conscients qu'une femme enceinte séropositive peut transmettre le VIH à son enfant. Ils ont unanimement reconnu que la transmission du VIH/Sida de la mère à l'enfant pouvait se produire pendant la grossesse, lors de l'accouchement et par l'allaitement maternel.

En ce qui concerne la prévention de la transmission du VIH/Sida de la mère à l'enfant, la majorité des mères (14/18) et des pères (9/16) ne connaissaient pas les mesures de prévention. Une minorité a suggéré que pour éviter cette transmission, il ne faut pas utiliser les mêmes matériels chez la mère et l'enfant lors de l'accouchement, interdire à la mère d'allaiter son enfant au sein pendant une année et demie, et suivre un traitement auprès des prestataires de soins. En outre, les leaders communautaires ignoraient également les méthodes de prévention de la transmission du VIH de la mère à l'enfant.

### **3.3. Opinions face à la participation des hommes au service de PTME**

#### **3.3.1. Accompagnement de la femme à la CPN/PTME par son mari**

La majorité des mères (12/18) ont exprimé leur accord sur le fait que les hommes devraient accompagner leur femme à la CPN/PTME afin de bénéficier des mêmes conseils et de se faire dépister au VIH. Cependant, elles ont souligné que cela pouvait entraîner des dépenses supplémentaires pour elles, car elles demandent plus d'argent à leurs époux pour la CPN/PTME, ce qui pourrait compromettre leurs intérêts. Néanmoins, une minorité de femmes a estimé que l'accompagnement à la CPN n'était pas une tâche de l'homme.

Concernant les pères, la majorité a exprimé leur volonté d'accompagner leurs femmes à la CPN/PTME pour connaître leur état de santé et suivre l'évolution de la grossesse. Ils ont mentionné qu'ils pourraient également suivre les informations à travers la carte ou la fiche de CPN une fois que la femme est rentrée à la maison, même s'ils ne l'accompagnaient pas physiquement. Cela leur permettrait de s'informer sur les événements à la CPN/PTME et de veiller au respect du calendrier des visites.

Cependant, une minorité a estimé que l'homme ne devrait accompagner sa femme qu'en cas de nécessité ou sur invitation des prestataires. Les leaders communautaires avaient des avis partagés. Certains ont considéré que c'était une bonne chose car cela permettrait à l'homme de connaître l'état sérologique de sa femme et l'évolution de la grossesse. D'autres ont estimé que l'accompagnement à la CPN n'était pas essentiel pour les couples plus âgés, mais plutôt pour les jeunes mariés. Enfin, les prestataires de soins étaient unanimes sur le fait qu'il serait bénéfique que l'homme accompagne sa femme à la CPN/PTME, car cela lui permettrait de bénéficier également des conseils et d'assurer un bon suivi de la CPN.

### 3.3.2. Invitation et Acceptation du dépistage VIH

#### • Invitation au service de PTME

Toutes les mères ont unanimement reconnu avoir été invitées au service de PTME et avaient répondu à ces invitations pour connaître leur état sérologique. En revanche, tous les hommes ont déclaré n'avoir jamais été invités au service de PTME. La majorité des mères (10/18) ont dit que les hommes refusent de répondre aux invitations et préfèrent se fier aux résultats sérologiques de leurs épouses. Certaines mères ont rapporté que d'autres hommes restent agités et posent beaucoup de questions à leurs femmes sur le motif de l'invitation. En revanche, les pères ont unanimement affirmé que les hommes finissent par répondre à l'invitation pour connaître le motif, mais qu'ils ont initialement peur.

Les leaders communautaires, en revanche, ont indiqué que les hommes restent très agités, ne sont pas tranquilles et cherchent à connaître le motif de l'invitation, car ils ont souvent peur du dépistage. Les prestataires de soins ont rapporté que les hommes ont souvent peur du dépistage et posent beaucoup de questions à leurs femmes sur le motif de l'invitation.

#### • Acceptation du dépistage VIH

La majorité des mères (10/18) ont témoigné que l'homme serait fâché, suspecterait sa femme d'être séropositive, la traumatiserait, et cela pourrait conduire au divorce. En revanche, les pères ont unanimement déclaré que les hommes seraient frustrés, bien qu'ils finiraient par accepter le test. Les prestataires de soins et les leaders communautaires ont également souligné que les hommes refusent souvent et ont peur de connaître leur état sérologique et d'éventuelles conséquences graves telles que la mort.

### 3.4. Raisons de la non implication des hommes à la PTME

#### 3.4.1. Comportement vis à vis de l'accompagnement des femmes à la CPN/PTME

##### • Refus de l'homme

Plusieurs raisons ont été évoquées par les mères concernant le refus de l'homme d'accompagner sa femme à la CPN/PTME, notamment le fait que certains considèrent ce service comme étant réservé aux femmes, le manque de moyens financiers, la crainte que leurs épouses demandent de l'argent supplémentaire en cours de route pour calmer la faim, la honte de marcher avec leur femme enceinte dans un milieu exclusivement féminin, et la participation à des causeries basées sur le sexe à la CPN. De plus, certains hommes craignent que leur présence dans les structures sanitaires entraîne une hausse des prix des actes médicaux. Les raisons évoquées par les pères sont principalement le manque de temps, le manque d'argent, la honte de marcher ou de rester aux côtés de leur femme enceinte dans un lieu public, ainsi que le manque de connaissances sur le sujet. Cependant, une minorité pense que la population n'est pas suffisamment informée sur l'importance de l'implication de l'homme dans les activités de la CPN/PTME et réclame davantage de sensibilisation. Les leaders communautaires ont reconnu que certains hommes pensent que la CPN/PTME est un service réservé aux femmes. Les prestataires ont également évoqué les comportements de certaines femmes qui viennent juste pour se faire remarquer par leur mode d'habillement, ce qui indispose les hommes à les accompagner à la CPN/PTME.

##### • Refus de la femme

Toutes les mères ont avoué unanimement que si les femmes amenaient leurs maris à la CPN/PTME, ceux-ci pourraient découvrir le coût réel de la CPN, car elles exigent souvent plus d'argent de leurs maris. Cela pourrait entraîner des conflits dès le retour à la maison. La majorité des pères (10/16) ont également reconnu cette situation et ont ajouté que certaines femmes sont infidèles, ce qui constitue une autre raison de refus d'accompagner leur conjointe.

#### 3.4.2. Comportement face à l'invitation et dépistage du VIH

##### • Comportement face à l'invitation des prestataires de soins

La majorité des participants ont expliqué que les hommes refusent souvent de répondre à l'invitation des prestataires de soins en raison de leur crainte du dépistage du VIH qui se fait à la CPN/PTME. Ils ont peur de connaître leur statut sérologique, de faire face à la stigmatisation et à la mort. Les leaders communautaires et les prestataires ont rapporté que les hommes refusent d'y participer en raison de leur peur du dépistage.

##### • Comportement face au dépistage

Les mères ont témoigné que les hommes ont peur de connaître leur statut sérologique en raison de la divulgation des résultats par leurs femmes et de la crainte de la discrimination. Les pères ont déclaré que les hommes ont souvent peur de connaître leur statut sérologique car, en cas de test positif, ils pourraient faire l'objet de critiques et de rejet de la part de leur belle famille et de leur entourage, ce qui pourrait leur causer des soucis et éventuellement la mort. Pour les leaders communautaires, les hommes préfèrent mourir sans connaître leur statut sérologique car ils considèrent que le Sida est une maladie incurable et mortelle. Les prestataires ont affirmé que certains hommes refusent catégoriquement le dépistage car ils estiment être fidèles à leurs épouses et qu'ils craignent la stigmatisation et la mort.

### 3.4.3. Comportement face au partage des résultats du dépistage au sein du couple

#### • Refus de partage des résultats par les femmes

Toutes les mères ont unanimement témoigné que le refus de partager les résultats survient souvent lorsque le test est positif. Elles ont peur de perdre leur mariage, de subir des traumatismes violents de la part de leur partenaire, de faire face à la stigmatisation et de perdre leur mari si celui-ci est hypertendu. Les leaders communautaires ont déclaré que ce refus est motivé par la peur du divorce et de la mort, tandis que les prestataires ont indiqué que les femmes craignent les pressions de leur belle-famille et de la communauté, ainsi que le rejet de leur partenaire qui pourrait les accuser d'infidélité.

#### • Refus de partage des résultats par les hommes

Les pères ont expliqué que les hommes ont peur de la divulgation des résultats par leurs femmes, de la stigmatisation et du divorce, ce qui pourrait les conduire à la mort. En dehors de ces raisons, les leaders communautaires ont ajouté que les hommes ont également peur de leur belle-famille. Les prestataires ont affirmé que les hommes refusent de partager les résultats par crainte de la discrimination, du rejet de leur entourage et du divorce.

## 4. DISCUSSION

Cette étude avait pour objectif de déterminer les facteurs explicatifs de la faible implication des hommes au service de PTME, en vue de contribuer à la réduction de la transmission du VIH de la mère à l'enfant dans la zone de santé de Ndesha. Il ressort de cette étude que la majorité des participants avaient un bon niveau de connaissance sur le VIH/sida, mais un faible niveau sur la TME. Cette étude a montré que les mères, les pères, les leaders communautaires et les prestataires de soins étaient favorables à la participation des hommes dans les services de PTME. Cependant, on a noté certaines barrières d'ordre socio-économique, culturel et sanitaire qui font obstruction à l'implication des hommes à ce service.

### 4.1. Connaissance sur le VIH/sida et sur la transmission mère et enfant du VIH

#### 4.1.1. Connaissance sur le VIH/sida

Au cours de cette étude, tous les participants et participantes ont reconnu le VIH/sida comme une maladie qui tue, et les trois voies de transmission ont été citées. Le mode de transmission le plus connu était la voie sexuelle (le rapport sexuel avec un partenaire inconnu) et dans une moindre mesure la voie sanguine (objets tranchants) et suivi de la voie verticale (l'allaitement). Ceci corrobore avec l'EDS -RDC qui a trouvé que la quasi-totalité de la population avait déclaré avoir entendu parler du VIH/sida [8]. Par ailleurs, un résultat similaire a été trouvé au Burkina Faso, où le mode de transmission le plus connu était le rapport sexuel et dans une moindre mesure l'utilisation d'objets souillés et la transfusion [9].

S'agissant des moyens de prévention du VIH/sida, on a noté que la majorité de mères connaissait mieux les moyens de prévention, alors que seule une minorité de pères les connaissaient. Ceci va en contradiction avec l'EDS qui a trouvé que 51% de femmes contre 67% d'hommes de 15-49 ans connaissaient à la fois les deux moyens de prévention (l'usage de condom et la limitation de rapports sexuels avec un partenaire inconnu). Cette disparité dans les connaissances serait due au fait que les femmes accèdent à l'information et l'éducation sur le VIH/sida lors de visites au service de CPN/PTME où les hommes sont peu susceptibles d'être trouvés [10]. Par ailleurs, des idées erronées sur l'infection à VIH ont été identifiées au cours de cette étude. Le VIH/sida a été reconnu par une minorité comme étant une punition divine pour ceux qui se livrent à la prostitution et à l'infidélité. En plus, certains ont évoqué la consommation de la viande d'animaux comme voie de transmission du VIH/sida. Ce résultat rejoint ceux de Mamadou Bâ et Damiba. Étant par ailleurs, une maladie sexuellement transmissible, le VIH/sida a été considéré dès son apparition comme une maladie qui ne pouvait atteindre que ceux et celles qui s'adonnaient à des relations sexuelles extraconjugales, libertines et non autorisées par Dieu [2, 9]. Ces fausses connaissances peuvent conditionner les attitudes et les comportements de la population vis-à-vis de l'infection à VIH/sida. Il est donc nécessaire d'informer et d'éduquer la communauté sur l'infection à VIH/sida.

#### 4.1.2. Connaissances sur la transmission du VIH de la mère à l'enfant

Les mères, les pères et les leaders communautaires ont presque tous reconnu que le VIH/sida peut être transmis d'une mère séropositive à son enfant. Ils ont également reconnu que cette transmission pourrait se faire pendant la grossesse, l'accouchement et l'allaitement maternel. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Anteneh Asefa en Éthiopie du Sud et Dinzela Tshibumbu en Zambie, qui ont trouvé que la majorité des répondants savait qu'une mère séropositive pouvait transmettre le virus à son bébé pendant la grossesse, l'accouchement et l'allaitement maternel [11, 10]. S'agissant du mode de prévention de la TME, la majorité des répondants n'en connaissait aucun. Seule une minorité a reconnu qu'il faut interdire à la mère d'allaiter l'enfant, à défaut d'une nourrice ou d'un biberon. Le recours aux ARV n'a pas été évoqué par les participants comme mode de prévention de la TME. Ce résultat rejoint celui trouvé au Burkina Faso où la majorité des mères ne savait pas qu'il était possible d'éviter la transmission mère-enfant du VIH par

l'administration des ARV [9]. Nous pensons, pour ce qui est de cette étude, que cette connaissance insuffisante de la prévention de la TME pourrait s'expliquer par le faible niveau d'instruction de nos répondants [3].

## 4.2. Opinions face à la participation des hommes au service de PTME

### 4.2.1. Accompagnement de la femme à la CPN/PTME par son mari

Au cours de cette étude, nous avons noté que la majorité des mères, des pères et des prestataires étaient favorables à l'accompagnement de la femme à la CPN/PTME par son conjoint. Ceci serait bénéfique pour le couple, car tous pourraient bénéficier des mêmes conseils, ce qui faciliterait la communication au sein du couple et permettrait l'amélioration de la santé maternelle et infantile. Ce résultat est conforme à ceux d'autres enquêtes réalisées au Népal, en Tanzanie et en Afrique du Sud où l'on a trouvé que la plupart des répondants avaient reconnu qu'il était approprié pour les hommes d'accompagner leurs partenaires pour les consultations prénatales/PTME [12, 13, 14]. Cependant, une minorité de mères a trouvé qu'accompagner sa femme à la CPN n'est pas le travail de l'homme. Ce résultat rejoint celui de Castle en Côte d'Ivoire, où certaines femmes étaient surprises quand on leur demandait d'impliquer leur mari dans le suivi de la grossesse et de leur demander de les accompagner à l'hôpital. Elles n'y voyaient pas d'intérêt [6]. Ce constat suggère que les femmes devraient être sensibilisées quant à l'importance de la participation des hommes dans la santé de la reproduction en général et à la CPN/PTME en particulier. On a également noté des idées négatives du côté des leaders communautaires, qui ont pensé qu'accompagner une femme enceinte à la CPN/PTME n'était pas important pour les vieux couples, mais plutôt pour les jeunes. La raison en était que plus le mariage prend de l'âge, plus la femme acquiert l'expérience de se protéger contre le VIH/sida. Ce résultat corrobore avec celui de Dinzela en Zambie, qui a trouvé qu'une plus longue durée de la relation entre un homme et une femme peut avoir une influence négative sur l'implication des hommes dans la PTME [10].

### 4.2.2. Invitation et acceptation du dépistage VIH

#### 4.2.2.1. Acceptation du dépistage VIH

Le sida est souvent associé à la mort, cette association entretient la peur et empêche les hommes de se faire dépister. Dans cette étude, parmi les éléments qui peuvent empêcher l'homme de se faire dépister au service de PTME, figurent la peur de connaître son statut sérologique et la mort. Plusieurs littératures trouvées en font allusion. Le non-recours au test de dépistage VIH/sida est souvent associé à la faible perception du risque, à la peur de se savoir infecter, à la peur d'être stigmatisé et à l'absence d'offre de thérapie en Afrique [2]. La plupart des conjoints estiment qu'ils seraient eux-mêmes victimes de stigmatisation, si leur entourage immédiat apprenait que leur femme était séropositive, ils influenceraient négativement leurs femmes par peur de connaître leur propre statut et /ou de mourir [9]. Les hommes hésitent à se faire tester avec leurs conjointes. Certains disent que vous allez vous retrouver avec un souci incontrôlé qui pourrait raccourcir votre vie [14].

## 4.3. Raison de la non-implication des hommes au service de PTME

### 4.3.1. Comportement vis-à-vis de l'accompagnement des femmes à la CPN/PTME

#### 4.3.1.1. Refus de l'homme

Il existe plusieurs raisons qui font obstruction à l'accompagnement de la femme par son conjoint au service de PTME. La principale est le refus de l'homme lui-même, pour des raisons d'ordre socio-économique et culturel. Au cours de cette étude, on a noté que certains hommes n'acceptent pas d'accompagner leur femme à la CPN/PTME, parce que cela exige une absence temporaire du lieu de travail, ce qui pourrait entraîner la perte de la journée de travail et par conséquent, la perte du gain journalier. Ce résultat est similaire à celui de Mullany au Népal, qui a trouvé que les hommes ont cité le travail comme une barrière majeure à la participation à la santé maternelle, car leur travail est leur seule source de revenus [13]. La dépendance économique de la femme par rapport à l'homme fait que certains hommes considèrent le fait d'accompagner leur femme comme une perte de temps et d'argent. Ce résultat est conforme à ceux trouvés dans les enquêtes au Népal et au Burkina Faso, où les hommes n'accompagnent pas leur femme aux soins de santé maternelle parce qu'ils n'ont pas le temps, sont occupés par leur travail, ou préfèrent rester à la maison pour gérer les biens de la famille [9, 13]. Cette situation suggère que les hommes devraient être sensibilisés sur l'importance de l'accompagnement de la femme à la CPN/PTME, mais également, il faudrait qu'ils soient pris en compte dans les actions visant l'amélioration de leur participation aux services de santé reproductive, surtout dans les pays en développement où les hommes ont la responsabilité de subvenir aux besoins de la famille.

#### 4.3.1.2. Acceptation de l'accompagnement par la femme

Au cours de cette étude, il ressort que certaines femmes ne souhaitent pas être accompagnées par leur conjoint au service de PTME. La raison évoquée est la mauvaise condition socio-économique de l'homme et/ou sa maladie. Certaines femmes préfèrent accompagner elles-mêmes leur conjoint au service de soins de santé, parce qu'elles se considèrent plus responsables que leur mari qui, malade, pourrait être découragé en cours de route. En plus, certaines femmes pensent que leur homme pourrait être mal vu s'il vient se faire dépister au service de PTME. Ce résultat rejoint celui de Castle en Côte d'Ivoire où certaines femmes ont dit que leur mari ne se fait pas dépister, car les gens du quartier

pourraient penser qu'il est malade, puisque tous les gens qui vont là-bas sont des malades [6]. Cette attitude de certaines femmes pourrait être due à la persistance des croyances populaires, qui font que la personne infectée par le VIH/sida est stigmatisée et rejetée par la communauté. Pourtant, l'acceptation du dépistage du VIH par les deux partenaires est fondamentale dans le suivi de la grossesse, car elle permettra à la femme d'être accompagnée pendant la grossesse et l'accouchement et aussi, en cas de résultat positif, l'homme pourrait bénéficier de la PTME.

#### 4.3.2. Peur de connaître son statut sérologique

La peur de connaître son statut sérologique est l'une des raisons qui font obstruction à l'implication des hommes au service de PTME. Au cours de cette étude, on a noté que certains hommes ont peur de se faire dépister au service de PTME pour des raisons d'ordre socio-économique et sanitaire. Certains hommes estiment qu'ils pourraient être victimes de stigmatisation, si leur statut sérologique était connu. Ils considèrent qu'il vaut mieux ne pas savoir son statut, car cela pourrait être stressant et perturbant. Ce résultat est conforme à ceux trouvés au Zimbabwe et au Népal, où les hommes hésitent à se faire tester avec leurs partenaires, car ils craignent de connaître leur statut et d'être stigmatisés par leur communauté [15, 13]. La stigmatisation et la discrimination liées au VIH/sida sont des problèmes persistants qui entravent l'accès aux services de dépistage, de soins et de traitement pour les personnes vivant avec le VIH/sida [16]. Les programmes de santé devraient donc prendre en compte cette crainte et mettre en place des stratégies pour réduire la stigmatisation et encourager le dépistage volontaire, notamment en informant et en éduquant la communauté sur le VIH/sida et en fournissant des services de dépistage confidentiels et accessibles.

#### 4.4. Limites de l'étude

Il est important de souligner que cette étude comporte certaines limites. Premièrement, la taille de l'échantillon était relativement faible, ce qui pourrait limiter la généralisation des résultats à d'autres populations. Deuxièmement, les données ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire auto-administré, ce qui pourrait entraîner un biais de réponse ou une sous-déclaration des comportements liés au VIH/sida et à la TME. Enfin, cette étude s'est limitée à la zone de santé de Ndesha, ce qui pourrait limiter la représentativité des résultats à d'autres zones de santé au Congo. Malgré ces limites, cette étude fournit des informations importantes sur les facteurs explicatifs de la faible implication des hommes au service de PTME dans la zone de santé de Ndesha.

### 5. CONCLUSION

Cette étude a montré que la faible implication des hommes au service de PTME dans la zone de santé de Ndesha est liée à des facteurs d'ordre socio-économique, culturel et sanitaire. Pour améliorer l'implication des hommes dans les programmes de PTME, il est nécessaire de sensibiliser et d'éduquer la communauté sur le VIH/sida et la TME, de réduire la stigmatisation et la discrimination liées au VIH/sida, d'améliorer l'accessibilité des services de dépistage et de traitement du VIH, et d'encourager l'accompagnement de la femme enceinte par son conjoint à la CPN/PTME. Les résultats de cette étude pourraient contribuer à renforcer les programmes de PTME et à améliorer les résultats de santé maternelle et infantile dans la zone de santé de Ndesha.

### 6. REFERENCES

- Orne-Gliemann J. Quelle place pour les hommes dans les programmes de prévention de la transmission mère-enfant du VIH? *Rev Autrepart*. 2009;52:113-129. Disponible sur: <http://www.cairn.info/revue-autrepart-2009-4-page-113.htm>
- Bâ M. Des Hommes et le dépistage du VIH/Sida au Sénégal, le dessous du refus. Mémoire de maîtrise en santé communautaire (M.Sc.), Faculté de Médecine, Université Laval, Québec, 2012;4-77.
- ONUSIDA. Compte à rebours jusqu'à zéro: Plan mondial pour éliminer les nouvelles infections à VIH chez les enfants à l'horizon 2015 et maintenir leurs mères en vie, 2011-2015.
- OMS. Impliquer les hommes dans la prévention de la transmission mère-enfant du VIH. Genève: OMS; 2012:1-34.
- Orne-Gliemann J. Quelle implication des hommes dans l'acceptabilité et l'efficacité des interventions de PTME? Université Bordeaux Segalen, Institut Pasteur, Paris. 2011:2-7.
- Castle S, Tano-Kamelan Y, Yahner M, N'Djore MA, Agbre-Yacé ML, Harper et al. Encourager les Hommes à Participer aux Services de Prévention du VIH et SIDA et de Dépistage du VIH: Évaluation de l'Approche Men As Partners® (MAP) en Côte d'Ivoire. Les séries d'études du projet RESPOND: Contributions à la connaissance globale—Rapport No New York: EngenderHealth/Le Projet RESPOND. 2013:1-25.
- PNMLS-RDC. Plan stratégique national de lutte contre le VIH/Sida 2014-2017, Programme National Multisectoriel de Lutte contre le VIH/Sida, 2014.
- Ministère du Plan et Suivi de la Mise en œuvre de la Révolution de la modernité, EDS-RDC II 2013-2014, Septembre 2014;219-269.
- Damiba JDD. Etude des facteurs limitant l'adhésion des femmes enceintes au conseil de dépistage volontaire dans le district sanitaire de Koupela, Centre International de Formation en Recherche Action (CIFRA) - Certificat en recherche action dans le domaine du VIH/SIDA 1998. Burkina Faso, 2008;10-35. Disponible sur: <http://www.cifra-bf.org>
- Dinzela Tshibumbu DD. Factors influencing men's involvement in prevention of mother-to-child transmission (PMCT) of HIV programmes in Mambwe district, Zambia. University of South Africa, 2006;5-63.
- Anteneh Asefa, Habtamu Beyene. Awareness and knowledge on timing of mother-to-child transmission of HIV among antenatal care attending women in Southern Ethiopia: a cross-sectional study. *Reprod Health*. 2013;10:66. Disponible sur: <http://www.reproductive-health-journal.com/content/10/1/66>
- Alice Norah Ladur, Christopher J. Colvin, Kathryn Stinson. Perceptions of Community Members and Healthcare Workers on Male Involvement in Prevention of Mother-To-Child Transmission Services in Khayelitsha, Cape Town, South Africa. *PLoS ONE*. 2015;10(7):e0133239. doi:10.1371/journal.pone.0133239.
- Mullany BC. Barriers to and attitudes towards promoting husbands' involvement in maternal health in Katmandu, Nepal. *Soc Sci Med*. 2006;62(11):2798-809. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16376007>
- Theuring S, Mbezi P, Luvanda H, Jordan Harder B, Kunz A, Harms G. Male Involvement in PMTCT Services in Mbeya Region, Tanzania. *AIDS Behav*. 2009;13(6):103-111. doi:10.1007/s10461-009-9543-0.
- Morfaw F et al. Male involvement in prevention programs of mother to child transmission of HIV: a systematic review to identify barriers and facilitators. *Syst Rev*. 2013;2:5. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23320454>.

16. Byamugisha R, Tumwine JK, Semiyaga N, Tylleskär T. Determinants of male involvement in the prevention of mother-to-child transmission of HIV programme in Eastern Uganda: a cross-sectional survey. *Reprod Health*. 2010;7:12. doi:10.1186/1742-4755-7-12.
17. Katz DA, Kiarie J, John-Stewart, Richardson B, John Francis N, Farquhar C. Male Perspectives on Incorporating Men into Antenatal HIV Counseling and Testing. *PLoS ONE*. 2009;4(11):e7602. doi:10.1371/journal.pone.0007602.
18. Brou H, Djohan G, Becquet R, Allou G, Ekouevi DK, Viho I et al. When do HIV-infected women disclose their HIV status to their male partner and why? A study in a PMTCT programme, Abidjan. *PLoS Med*. 2007;4(12):e342. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih>



How to cite this article: Clément MULUMBA, Monique BIAKAMPANZAMBI, Stéphane KANGUDIA, Alphonsine MWIKA, Etienne TSHIMANGA, Madeleine BALEKA, Honoré BALALNGANAYI et Victor Ndibualonji. DETERMINANTS DE LA PARTICIPATION DES HOMMES AUX SERVICES DE PROTECTION CONTRE LA TRANSMISSION MERE-ENFANT DANS LA ZONE DE SANTE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 17(3): 183-192.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

# ETUDE DE LA RESISTANCE DES *SALMONELLA* ISOLEE CHEZ LES ENFANTS DE 0 A 5 ANS AU CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE LA MERE ET DE L'ENFANT



## STUDY OF SALMONELLA ISOLATES' RESISTANCE AMONG CHILDREN AGED 0 TO 5 YEARS AT THE UNIVERSITY HOSPITAL CENTER FOR MATERNAL AND CHILD HEALTH

| Mahamat Tahir N'garé Hassan <sup>1\*</sup> | Ahmat Idriss Ahmat <sup>1</sup> | Yacoub Mahamat Allamine <sup>3</sup> | Mbaigolmen Beral Valery, <sup>1</sup> | Mahamat Nour Abakar Djibrine <sup>4</sup> | et | Ali Mahamat Moussa <sup>1</sup> |

<sup>1</sup>. Laboratoire de recherche Diagnostics et d'expertises scientifiques | Ministère de la Santé Publique et de la Prévention | Tchad |

<sup>1</sup>. Service Gastro-entéro-hépatique | Centre Hospitalier Universitaire de la Référence Nationale | N'Djaména BP :5524 | Tchad | et | Faculté des Sciences de la Santé Humaine | N'Djaména BP : 1117 | Tchad |

<sup>2</sup>. Laboratoires de recherche Diagnostics et d'expertises scientifiques des aliments et nutrition (Larsan)

<sup>3</sup>. Ministère de la Santé Publique et de la Prévention | Tchad |

<sup>4</sup>. Centre Hospitalier Universitaire de la Mère et Enfant | Faculté des Sciences de la Santé Humaine N'Djaména | BP :5524 | Tchad |

| Received August 18, 2023 |

| Accepted September 08, 2023 |

| Published September 16, 2023 |

| ID Article | Mahamat-Ref1-2-17ajiras180823 |

### RESUME

**Introduction** : Les diarrhées aiguës demeurent une des principales sources de morbidité et de mortalité parmi les enfants âgés de 0 à 5 ans au Tchad. L'usage excessif et non contrôlé d'antibiotiques face à diverses souches bactériennes a conduit à l'émergence de résistances à un ou plusieurs antibiotiques. Cette étude vise à examiner l'antibiorésistance des souches de *Salmonella typhi* isolées chez les enfants âgés de zéro à cinq ans souffrant de diarrhées à N'Djaména, plus précisément à l'Hôpital de la Mère et de l'Enfant.

**Objectif** : L'objectif de cette étude prospective, menée entre le 3 mars 2016 et le 31 août 2016 dans le service de bactériologie, est d'analyser l'antibiorésistance parmi les souches de *Salmonella typhi* isolées chez les enfants âgés de 0 à 5 ans avec des diarrhées dans l'environnement hospitalier.

**Méthodes** : Trois cent vingt-cinq échantillons de selles ont été collectés à l'Hôpital de la Mère et de l'Enfant. Au total, quinze souches de *Salmonella* ont été isolées, représentant une prévalence de 4,6%. L'identification des souches de *Salmonella* a été réalisée conformément aux méthodes standard de microbiologie. La confirmation des souches identifiées a été effectuée à l'aide de la galerie API 20 E, tandis que l'antibiogramme a été réalisé par la méthode de diffusion en milieu gélosé Muller Hinton.

**Résultats** : Les résultats montrent que la tranche d'âge la plus touchée par les infections à *Salmonella* se situe entre 0 et 11 mois. L'antibiogramme a révélé une résistance aux antibiotiques de la famille des bêta-lactamines, avec des taux de résistance de 53,33% pour la Ceftriaxone, 66,66% pour l'Amoxicilline + Acide clavulanique et 80% pour l'Ampicilline. En revanche, les familles d'antibiotiques aminosides ont montré une sensibilité de 80% pour la gentamicine et 73,33% pour la tobramycine, tandis que les familles de quinolones ont présenté une sensibilité de 100% pour le ciprofloxacine. **Conclusion** : Cette étude met en évidence l'inefficacité croissante des antibiotiques couramment utilisés contre les souches de *Salmonella*. Les taux de résistance élevés observés dans les familles d'antibiotiques bêta-lactamines soulignent l'urgence de développer des stratégies alternatives de traitement et de gestion des infections à *Salmonella* chez les jeunes enfants.

**Mots clés** : Diarrhées, *Salmonella spp*, enfants, antibiotiques, résistance.

### ABSTRACT

**Introduction**: Acute diarrheal diseases remain a significant cause of morbidity and mortality among children aged 0 to 5 years in Chad. The excessive and uncontrolled use of antibiotics against various bacterial strains has led to the emergence of resistance to one or more antibiotics. This study aims to examine the antibiotic resistance of *Salmonella typhi* strains isolated from children aged zero to five years with diarrhea in N'Djaména, specifically at the Mother and Child Hospital.

**Objective**: The objective of this prospective study, conducted between March 3, 2016, and August 31, 2016, in the bacteriology department, is to analyze antibiotic resistance among *Salmonella typhi* strains isolated from children aged 0 to 5 years with diarrhea in a hospital environment.

**Methods**: Three hundred twenty-five stool samples were collected at the Mother and Child Hospital. A total of fifteen *Salmonella* strains were isolated, representing a prevalence of 4.6%. Identification of *Salmonella* strains was conducted following standard microbiological methods. The confirmed strains were identified using the API 20 E gallery, and antibiotic susceptibility testing was performed using the disc diffusion method on Muller Hinton agar.

**Results**: The results indicate that the age group most affected by *Salmonella* infections is between 0 and 11 months. Antibiotic susceptibility testing revealed resistance in the beta-lactam antibiotic family, with resistance rates of 53.33% for Ceftriaxone, 66.66% for Amoxicillin + Clavulanic Acid, and 80% for Ampicillin. Conversely, the aminoglycoside antibiotic families showed susceptibility rates of 80% for Gentamicin and 73.33% for Tobramycin, while the quinolone antibiotic families exhibited 100% susceptibility to ciprofloxacin.

**Conclusion**: This study highlights the increasing inefficacy of commonly used antibiotics against *Salmonella* strains. The high resistance rates observed in the beta-lactam antibiotic families underscore the urgency of developing alternative strategies for treating and managing *Salmonella* infections in young children.

**Keywords**: Diarrhea, *Salmonella spp*, children, antibiotics, resistance.

## 1. INTRODUCTION

Les maladies diarrhéiques sont des problèmes de santé prévalents à l'échelle mondiale, particulièrement dans les pays en développement où elles persistent de manière endémique [1]. Actuellement, les maladies diarrhéiques suscitent des préoccupations en raison de leurs caractéristiques endémo-épidémiques. Elles se classent en troisième position parmi les maladies infectieuses les plus meurtrières au niveau mondial, ayant entraîné 2,5 millions de décès en 2004, touchant toutes les tranches d'âge [2]. Dans les pays en voie de développement, la fièvre typhoïde compte 600 000 victimes,

tandis que les salmonelloses non typhiques sont à l'origine de diarrhées aiguës. En Afrique subsaharienne, ces dernières, résultant de la contamination de l'eau et des aliments par les matières fécales, entraînent la mort de 22 à 45 % des personnes infectées [3]. Cependant, pour contrer l'impact négatif des pathologies majeures touchant les élevages, telles que les salmonelloses, les éleveurs ont recours à une utilisation abusive de médicaments vétérinaires, en particulier les antibiotiques [4,5,6]. D'autres chercheurs, comme [7], ont révélé la présence de résidus d'antibiotiques dans la chair de poulet provenant d'environ 10 % des élevages analysés. Les risques potentiels liés à ces résidus d'antibiotiques incluent notamment la sélection de bactéries résistantes aux antibiotiques.

L'augmentation et l'accumulation de la résistance aux antibiotiques constituent un autre aspect du problème de santé publique posé par les salmonelloses [8]. De nos jours, il est prouvé qu'une partie des souches de *Salmonella* multi-résistantes aux antibiotiques retrouvés chez l'homme provient du règne animal et acquiert ses gènes de résistance en élevage, avant d'être transmise à l'homme par le biais de la consommation alimentaire [9]. Cette résistance aux antibiotiques conduit à l'utilisation de médicaments plus coûteux, augmentant ainsi les coûts des soins de santé (OMS, 2005). En 1990, au Tchad, 32 284 enfants âgés de moins de cinq (5) ans sont décédés à la suite de gastro-entérites, représentant 36 % des décès dans cette tranche d'âge [10]. À la même période, les maladies diarrhéiques figuraient comme la deuxième cause d'hospitalisation chez les enfants de moins de cinq (5) ans, avec un taux de 21,4 % [11]. Les études réalisées sur ce type de pathologie chez les enfants se sont surtout concentrées sur les environnements urbains. Malgré la pertinence des résultats obtenus, les gastro-entérites sont montées au troisième rang de la mortalité infantile en 2003, avec un taux de létalité de 12 % [12].

## 2. MATERIEL ET METHODES

La méthodologie adoptée a intégré deux approches distinctes : une enquête exhaustive et des procédures de collecte d'échantillons, suivies d'analyses en laboratoire. Dans le cadre de cette démarche, une évaluation des divers types et quantités d'antibiotiques employés a été effectuée. Par la suite, le profil de sensibilité aux antibiotiques des souches de *Salmonella spp* isolées à partir des échantillons de selles d'enfants âgés de 0 à 5 ans a été établi.

### 2.1 Critères d'inclusion

La population de notre étude était composée d'enfants âgés de 0 à 5 ans présentant une diarrhée aiguë, définie conformément aux critères de l'OMS comme la survenue de plus de trois émissions fécales molles ou liquides par jour. Ces enfants avaient été hospitalisés ou avaient consulté en externe dans notre site d'étude pendant la période de recherche.

### 2.2 Critères de non inclusion

Les patients sélectionnés pour cette étude étaient ceux âgés de plus de 5 ans et ne présentant pas de symptômes de diarrhée aiguë caractérisée par des selles liquides et fréquentes.

### 2.3 Collecte des informations

Les données cliniques ont été consignées sur une fiche de collecte de données spécialement conçue à cet effet (voir annexe). Cette fiche est divisée en deux parties distinctes, chacune remplie selon une approche différente. La première section de la fiche a été complétée en se basant sur les informations extraites des dossiers médicaux et/ou obtenues lors des entretiens avec les accompagnants (parents). Quant à la deuxième partie, elle a été consacrée aux conditions de vie et aux habitudes alimentaires à domicile, et a été adressée directement aux accompagnants. Les informations essentielles collectées incluent : le nombre quotidien de selles, la description des caractéristiques des selles, l'historique des traitements antérieurs, le début des symptômes de la diarrhée. L'examen clinique des enfants a également été effectué, incluant la prise de la température corporelle, l'évaluation de l'état nutritionnel, la recherche de signes de déshydratation et l'identification de symptômes physiques associés.

Les résultats obtenus à partir de la coloration de Gram et de la culture bactérienne ont également été consignés dans la fiche de collecte. De plus, les données issues de l'antibiogramme ont été enregistrées afin de permettre une évaluation complète et approfondie des caractéristiques microbiologiques des échantillons prélevés. Cette approche méthodique a contribué à obtenir une vue d'ensemble détaillée de chaque cas étudié et à garantir la fiabilité des résultats obtenus.

### 2.4 Echantillonnage

La collecte des échantillons a été réalisée en collaboration avec les agents de santé à l'hôpital de la mère et de l'enfant, constituant ainsi le lieu de collecte. Dans le cadre de cette étude, un total de 325 enfants a été inclus dans l'échantillonnage, provenant des différents sites d'étude.

Après avoir prélevé les échantillons, ceux-ci ont été immédiatement acheminés vers le laboratoire pour y être soumis à une analyse approfondie. Les procédures de laboratoire ont été entreprises dès la réception des échantillons, avec un délai de 30 minutes après leur arrivée au laboratoire. Cette approche a permis de garantir que les échantillons soient traités rapidement et efficacement, afin d'obtenir des résultats fiables et précis dans les délais requis.



## 2.5 L'enrichissement

Pour la détection de *Salmonella spp*, nous avons utilisé le bouillon Rappaport-Vassiliadis Soja (RVS) dans le cadre de l'enrichissement sélectif. Ce bouillon a été réparti dans des tubes à essai stériles, avec une quantité de 10 ml par tube. Chaque tube contenait le bouillon RVS et était préalablement marqué avec le code correspondant à l'échantillon spécifique.

La méthode d'enrichissement a été réalisée en retournant précautionneusement le pot contenant l'échantillon sur lui-même, puis en le retirant et en le transférant dans le tube de Rappaport-Vassiliadis Soja (RVS) contenant le bouillon. Le mélange a été soigneusement agité dans le bouillon Rappaport-Vassiliadis Soja afin de permettre l'ensemencement de la portion d'échantillon prélevée. Une fois cette étape terminée, le contenu du tube ainsi ensemencé a été placé en incubation à une température de 37°C dans une étuve pendant une période de 18 heures. Cette approche d'enrichissement visait à favoriser la croissance des souches de *Salmonella spp* présentes dans les échantillons pour une détection ultérieure plus efficace.

## 2.6 Isolement et caractérisation

Les colonies soupçonnées d'appartenir à *Salmonella spp* ont été soumises à plusieurs tests distinctifs, dont le test de catalase, la coloration de Gram et l'examen à l'état frais. Les isolats spécifiques des souches de *Salmonella* ont été conservés à une température de -20 °C dans un milieu de congélation à base de BCC additionné de 25 % pour les besoins ultérieurs, notamment pour le test de la galerie API 20 E. Cette démarche visait à maintenir l'intégrité des échantillons en vue d'une identification plus approfondie et précise.

## 2.7 Identification sur galerie API 20 E

Les bactéries présentant une morphologie de forme bâtonnet, une positivité à la réaction de catalase et une coloration de Gram négatif ont été soumises à une identification utilisant les galeries API 20 E de la société BioMérieux (France), spécifiquement conçues pour les entérobactéries. La préparation de la galerie ainsi que de l'inoculum a été réalisée conformément aux instructions fournies par le fabricant. Après une période d'incubation de 24 heures à 37 °C, les résultats ont été analysés en utilisant le logiciel d'identification APIWEB, afin d'obtenir une caractérisation précise des différentes souches bactériennes.

**Tableau 1** : Principaux critères observés pour l'identification de salmonella.

Bactérie	Caractères culturels et morphologiques							Caractère biochimique					
	Ti	Di	Taille	Couleur	Mob	Uree	Gluc	Lact	Onpg	H2S	Gaz	Cit	Oxyd
Salmonella	37 °C	24h	1-3 mm	Vertes, roses à centres noires	+	-	+	-	+	+	+	-	-

Ti = Température d'incubation, Lact = Lactose, Cit = Citrate, Cat = Catalase, Oxyd = Oxydase, Di = Durée d'incubation, Gluc = Glucose,

## 2.8 Tests des Sensibilités aux Antibiotiques

L'étude des profils de résistance aux antibiotiques a été effectuée en utilisant la méthode de diffusion sur gélose Mueller-Hinton avec des disques d'antibiotiques (Bio-Rad). Les résultats ont été interprétés en conformité avec les règles et recommandations du Comité d'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CA-SFM, 2011). Après une période de culture bactérienne de 18 à 24 heures en bouillon Rappaport Vassiliadis-soja à 37 °C, les suspensions bactériennes ont été étalées sur des géloses Mueller-Hinton. L'inoculum a été dilué au 1/1000 pour obtenir une concentration équivalente à 10<sup>6</sup> UFC/ml. Les géloses ont été incubées à 37 °C pendant 18 à 20 heures avant d'être lues. Les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés, et les résultats ont été interprétés selon les critères définis par le Comité d'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CA-SFM).

Une gamme d'antibiotiques a été testée, incluant Amoxicilline/acide clavulanique (AUG) à 30 µg, Ciprofloxacine (CIP) à 05 µg, Céfotaxime (CTX) à 30 µg, Tétracycline (TE) à 30 µg, Cotrimoxazole (SXT) à 25 µg, Ceftriaxone (CRO) à 30 µg, Gentamicine (CN) à 10 µl, Ampicilline (AMP) à 10 µg, Chloramphénicol (C) à 30 µg, Imipénème (IMI) à 10 µg, Amikacine (AK) à 30 µg, Doxycycline (DXT) à 30 µg, Levofloxacine (LEV) à 05 µg, Acide nalidixique (NA) à 05 µg, Ofloxacine (OFX) à 05 µg, Vancomycine (VAN) à 30 µg et Meropenem (MRP) à 10 µg.

## 2.9 Analyse des données

L'analyse statistique des données a été réalisée en utilisant le logiciel XLSTAT 7.5.2. Cette étape a permis d'explorer les relations entre les différentes variables. Pour évaluer les différences significatives, une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée, mettant en œuvre les tests de Fisher. Le seuil de probabilité a été fixé à p = 5 %, ce qui permet de déterminer avec quel degré de confiance les divergences observées entre les moyennes sont statistiquement significatives.

# 3. RESULTATS

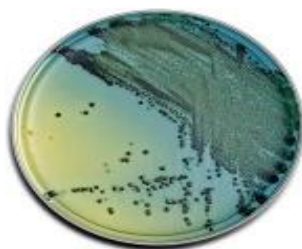
## 1. Caractéristiques de l'échantillon de l'étude

Les données recueillies à partir de la fiche d'enquête ont été utilisées pour caractériser les sites où les échantillons ont été prélevés. Au total, 15 souches de *Salmonella Spp* ont été isolées à partir des 325 échantillons collectés, ce qui

équivalent à 4,61 %. Ces souches ont été isolées à partir des échantillons de selles de différents patients âgés de 0 à 5 ans. Les analyses microbiologiques ont permis d'identifier les caractéristiques morphologiques et biochimiques des souches de *Salmonella* responsables des cas de diarrhée chez les enfants de 0 à 5 ans dans la ville de N'Djaména.

### • Caractéristiques morphologiques et biochimiques

Les colonies obtenues sur le milieu HKT sont de couleur bleu-vertes avec ou sans centre noir. Elles sont de 2 à 3 millimètres de diamètre, circulaires et lisses. Ces caractères sont semblables à ceux de type *Salmonella*.



**Figure 2 :** colonie de *Salmonella spp* sur Héktoen.

Les tests des souches de salmonelles sur galerie API 20 E présentent les caractéristiques résumés dans la galerie.



**Figure 3:** Résultat d'une galerie API 20E ensemencée avec *Salmonella spp*  
Profil numérique obtenu pour ce test est : 2-5-0-4-7-5-2 (*Salmonella spp*)

## 2. Répartition des souches isolées par tranche d'âge, par sexe et leurs doses vaccinales

Environ 40 % des souches ont été isolées chez les patients âgés de 0 à 11 mois, suivis par les patients âgés de 12 à 35 mois avec un pourcentage de (33,33 %), et enfin, (26,66 %) pour les patients âgés de 36 à 60 mois. Cette distribution peut s'expliquer par le manque de conditions d'hygiène chez leurs mères et la fragilité du système immunitaire chez les nourrissons.

**Tableau 3 :** Répartition des souches isolées par tranche d'âge, par sexe et leurs doses vaccinale

Tranche d'Age (mois)	Sexe		Total %
	Masculin	Féminin	
<b>0 – 11</b>	04 (26,66%)	02 (13,33 %)	06 (40,00 %)
<b>12 – 35</b>	02 (13,33%)	03 (20,00 %)	05 (33,33 %)
<b>36 – 60</b>	01 (6,66 %)	03 (20,00%)	04 (26,66 %)
<b>Total %</b>	07 (46,66 %)	08 (53,33%)	15 (100 %)

## 3. Profil des antibiorésistance des souches de *Salmonella* isolées

Quinze (15) souches de *Salmonella* ont été soumises à des tests de sensibilité en utilisant la méthode de diffusion en milieu gélosé Mueller Hinton. Cette méthode est recommandée par le Comité d'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CA-SFM). Trois catégories ont été retenues pour l'interprétation des tests de sensibilité in vitro : Sensible, indiquant une probabilité acceptable de succès thérapeutique ; Résistant, anticipant un échec thérapeutique ; Intermédiaire, signifiant un succès thérapeutique imprévisible (CA-SFM, 2013).

## 3. Profil de résistance des *Salmonelles* isolées aux Bétalactamines

**Tableau 4 :** Profil de résistance des *Salmonella* isolées aux 4 antibiotiques de la famille Beta-lactamines.

Antibiotique Utilisés	Interprétations et Fréquences					
	Résistance (R)		Intermédiaire (I)		Sensibilité (S)	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
<b>Augmentin</b>	10	66,66%	00	0,00%	05	33,33%
<b>Ceftriaxone</b>	08	53,33%	03	20,00%	04	26,66%
<b>Imipénème</b>	05	33,33%	04	26,66%	06	40,00%
<b>Ampicilline</b>	12	80,00%	01	06,66%	02	13,33%

Les souches de *Salmonella* ont présenté une résistance significative à l'ampicilline, avec un taux de 80 %. Ensuite, l'augmentin a affiché un taux de résistance de 66,66 %, suivi de la ceftriaxone à 53,33 %. Notre étude a également révélé des fréquences intermédiaires pour la ceftriaxone, l'imipénème et l'ampicilline, tandis qu'une sensibilité modérée a été constatée pour l'imipénème, atteignant 26,66 %. En revanche, les taux de sensibilité de l'augmentin, de la ceftriaxone, de l'imipénème et de l'ampicilline se sont établis respectivement à 33,33 %, 26,66 %, 40 % et 13,33 %.

#### 4. Profil de résistance des *Salmonelles* isolées aux aminosides

**Tableau 5** : Profil de résistance des *Salmonella* isolées aux 4 antibiotiques de la famille aminosides.

Antibiotique Utilisés	Interprétations et Fréquences					
	Résistance (R)		Intermédiaire (I)		Sensibilité (S)	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
<b>Tobramycine</b>	04	26,66%	00	0,00%	11	73,33%
<b>Amikacine</b>	07	46,66%	00	00,00%	08	53,33%
<b>Gentamicine</b>	03	20,00%	00	00,00%	12	80,00%
<b>Doxycycline</b>	05	33,33%	01	06,66%	09	60,00%

Les conclusions de notre étude révèlent que les souches de *Salmonella* demeurent sensibles à un degré considérable à la Gentamicine (80,00 %), à la Tobramycine (73,33 %), ainsi qu'à l'Amikacine (53,33 %).

#### 4. Profil de Résistance des *Salmonelles* isolées aux quinolones

**Tableau 6** : Profil de Résistance des *Salmonella* isolées aux 4 antibiotiques de la famille Quinolones

Antibiotique Utilisés	Interprétations et Fréquences					
	Résistance (R)		Intermédiaire (I)		Sensibilité (S)	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
<b>Acide Nalidixique</b>	04	26,66%	00	0,00%	11	73,33%
<b>Ciprofloxacine</b>	00	00,00%	00	00,00%	15	100,00%
<b>Ofloxacine</b>	01	06,66%	02	13,33%	12	80,00%
<b>Lévofloxacine</b>	04	26,66%	01	06,66%	10	66,66%

Les souches de *Salmonella* isolées au cours de notre étude ont démontré une sensibilité de 100 % à la ciprofloxacine, sans aucune résistance observée. Pour ce qui est de l'ofloxacine, nous avons enregistré une résistance de 6 %, tandis que l'acide nalidixique a montré une résistance légère de 26,66 %. De plus, une résistance très marginale de 26 % a été observée pour l'acide nalidixique et la lévofloxacine.

## 4. DISCUSSION

Quinze (15) souches de *Salmonella* ont été soumises à des tests de sensibilité en utilisant la méthode de diffusion en milieu gélosé Mueller Hinton, recommandée par le Comité de Tests de Sensibilité aux Antibiotiques de la Société Française de Microbiologie [13]. Les trois catégories utilisées pour interpréter les tests de sensibilité in vitro étaient les suivantes : Sensible = probabilité acceptable de succès thérapeutique ; Résistant = échec thérapeutique anticipé ; Intermédiaire = résultat thérapeutique imprévisible [13].

Les constatations rapportées par Morpeth et al., (2009) [14] ont conduit à la conclusion que les enfants âgés de trois ans ou moins présentaient un taux d'infection remarquablement élevé. En ce qui concerne la prévalence basée sur le genre, il n'y avait pas de différence significative dans les taux d'infection entre les garçons et les filles. Cependant, une légère augmentation des taux d'infection a été observée chez les filles (53,33 %) par rapport aux garçons (46,66 %). Une légère prédominance basée sur le genre a également été remarquée par Diouf et al., (1990) [15], avec une prévalence de 58 % chez les garçons et de 42 % chez les filles.

En ce qui concerne la résistance de *Salmonella* à la famille des antibiotiques bêta-lactamines, des études antérieures au Burkina Faso ont rapporté des taux de résistance plus élevés par rapport à notre étude, avec des taux de 95,23 % pour l'Augmentin et de 90 % pour l'Ampicilline [16]. Cette différence dans les taux de résistance pourrait être attribuée à l'utilisation plus contrôlée et limitée des antibiotiques chez les enfants, par opposition aux adultes. De plus, leurs études englobaient des populations de tous âges. À l'inverse, les résultats rapportés par Gassama (2004) [17] au Sénégal indiquent une multirésistance aux antibiotiques tels que l'Ampicilline, la Streptomycine et le Chloramphénicol. Certaines études [17,18] ont démontré des taux de sensibilité de 88 % avec la Ceftriaxone. Une étude menée en Algérie en 2013 par Des et al., (2013) [19] a rapporté une résistance dans les souches de *Salmonella* similaire à celle observée pour l'Ampicilline.

De plus, notre enquête a révélé que les antibiotiques de la famille des aminosides ne sont pas largement utilisés chez les enfants de moins de cinq ans. Les travaux de Karraouan et al., (2010) [20] ont indiqué un taux de résistance de 23 % à la Tobramycine parmi les souches de *Salmonella*. Ces résultats ne concordent pas avec ceux de Fofana., (2004)

[21] (1,08 % de résistance pour la Gentamicine). Des études antérieures menées au Burkina Faso par Kagambega et al., (2011) [17] et Somda et al., (2013) [18] ont démontré un taux de sensibilité de 100 % pour la Ciprofloxacine et de 88 % pour l'Acide Nalidixique, reflétant les résultats de notre étude. Les recherches de Karraouan et al., (2010) [20] ont rapporté un taux de résistance de 23 % à la Ciprofloxacine dans les souches de Salmonella, tandis que ANNES et al., (2015) [22] ont rapporté un taux de 16,7 % en Inde.

## 5. CONCLUSION

Les issues en matière de santé au Tchad se révèlent être davantage une question sociale qu'une question purement médicale. Ce constat est complété par le problème croissant de la résistance aux antibiotiques. La dimension de ce problème s'amplifie, et la principale source de cette résistance réside dans l'utilisation désordonnée d'antibiotiques à large spectre, que ce soit dans le domaine médical humain ou dans l'élevage animal.

Dans notre cas spécifique, la résistance aux antibiotiques au sein de la famille des bêta-lactamines (telle que l'Ampicilline, l'Amoxicilline, l'Amoxicilline + Acide clavulanique et la Ceftriaxone) est manifeste. De plus, cette résistance se manifeste également dans d'autres familles d'antibiotiques, notamment les aminosides, tandis qu'une sensibilité croissante est observée dans la famille des quinolones. En conséquence, les antibiotiques couramment utilisés semblent avoir perdu leur efficacité contre les souches de Salmonella.

En parallèle, la lutte contre les maladies diarrhéiques requiert une prise de conscience collective, des mesures engagées et une sensibilisation active, à l'instar de la Journée Mondiale du Lavage des Mains qui a été instaurée le 15 octobre 2008.

**Conflit d'intérêt :** Les auteurs déclarent qu'il n'y a pas de conflit d'intérêt.

**Reconnaissance :** Les auteurs remercient la direction du Centre Hospitalier Mère et Enfant et le staff du service laboratoire.

## 6. REFERENCE

- Dupeyron A. Les diarrhées aiguës bactériennes : causes et mécanismes. *Développement et santé*. 1997;37(128):1-9.
- Thapar N, Sanderson IR. Diarrhea in children: an interface between developing and developed countries. *The Lancet*. 2004 Feb;363(9409):641-653. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(04\)15599-2](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)15599-2)
- Kingsley RA, Msefula CL, Thomson NR, Kariuki S, Holt KE, Gordon MA, et al. Epidemic multiple drug resistant Salmonella Typhimurium causing invasive disease in sub-Saharan Africa have a distinct genotype. *Genome Research*. 2009 Dec;19(12):2279-2287. DOI: 10.1101/gr.091017.109
- Biagui C. Utilisation des médicaments vétérinaires en élevage avicole dans la région de Dakar; qualité de la viande à travers la recherche de résidus de substances à activité antimicrobienne (Antibiotiques). Thèse de Doctorat en Médecine Vétérinaire, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, Université Cheick Anta Diop de Dakar, 2002. Available from: <http://www.beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/TD02-8.dir/TD02-8.pdf>.
- Molla B, Mesfin A. A survey of Salmonella contamination in chicken carcass and giblets in central Ethiopia. *Revue de Médecine Vétérinaire*. 2003;154(4):267-270. Available from: [www.revmedvet.com/2003/RMV154\\_267\\_270.pdf](http://www.revmedvet.com/2003/RMV154_267_270.pdf).
- Gaudel P. Juste usage des antibiotiques à l'hôpital de Brabois adultes CHU de Nancy. Bilan du rôle du pharmacien et de l'équipe opérationnelle en infectiologie de 2006 à 2012. Thèse de Doctorat, Université de Lorraine, 2013. p.120.
- Alamedji RB, et al. Contrôle des résidus : exemples des antibiotiques dans les aliments au Sénégal. In: Conférence de l'OIE sur les médicaments vétérinaires en Afrique. Dakar; 2008 Mar 25-27.
- Courvalin P. La résistance des bactéries aux antibiotiques: combinaison des mécanismes biochimiques et génétiques. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. 2008;161:7-12. Available from: <http://academieveterinaire.free.fr/bulletin/pdf/2008/numero01/07.pdf>.
- François X. Salmonelles non typhiques d'origine animale et résistance aux antibiotiques. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. 2008;163(3):221-234. Available from: [www.academieveterinaire-defrance.org](http://www.academieveterinaire-defrance.org).
- Annuaire Statistique du Ministère de la Santé et de la Solidarité Nationale du Tchad, 2018.
- Annuaire Statistique du Ministère de la Santé et de la Solidarité Nationale du Tchad, Edition 2020.
- Mzungu I, Inabo HI, Olonitola SO, Aminu M. Antibiotic susceptibilities of Salmonella species prevalent among children of 0-5 years with diarrhea in Katsina state, Nigeria. *Archives of Medical and Biomedical Research*. 2016;3(1):39-51. Available from: [www.ajol.info/index.php/ambr/article/download/133012/122635](http://www.ajol.info/index.php/ambr/article/download/133012/122635)
- Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie-EUCAST. *Recommandation* 2014. 2014.
- Morpeth SC, Ramadhani HO, Crump JA. Invasive Non-Typhi Salmonella Disease in Africa. *Clinical Infectious Diseases*. 2009 Aug 15;49(4):607-609.
- Diouf KCN. Surveillance de la résistance aux antibiotiques des souches de Salmonella spp. et Escherichia coli isolées de la viande de poulet de chair au Sénégal. Mémoire de DEA. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 2006. p.60.
- Compaore L. Analyse phénotypique et génotypique de la résistance de sept espèces d'Entérobactéries aux antibiotiques. Thèse Pharmacie, Université de Ouagadougou, 2006. p.110.
- Kagambega A, Haukka K, Sitonen A, Traore AS, Barro N. Prevalence of Salmonella Enterica and the hygiene indicator Escherichia coli in raw meat at markets in Ouagadougou, Burkina Faso. *Journal of Food Protection*. 2011;74(10):1547-1551. DOI: 10.1089/fpd.2011.1071

18. Somda N. Sérotypage et antibiorésistance des souches de Salmonella spp. et de Shigellaspp. isolées chez les enfants de moins de cinq ans en milieux urbain et rural au Burkina Faso. Mémoire DEA. Université de Ouagadougou, 2012. p.60.
19. Des P, David O. Sous typage moléculaire et mécanisme de résistance. 2013. pp.1-188.
20. Karraouan et al. Prévalence et gènes de virulence des Salmonella isolées des viandes hachées crues de dinde à Casablanca (Maroc). *Revue Médicale Vétérinaire*. 2010;161(3):127-132. Available from: [http://www.revmedvet.com/2010/RMV161\\_127\\_132.pdf](http://www.revmedvet.com/2010/RMV161_127_132.pdf)
21. Fofana A. Résistance aux antibiotiques des souches de Salmonella spp. et Escherichia coli isolées de la viande de poulets de chair au Sénégal. Mémoire de DEA. Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, Dakar, 2004. p.43. Available from: <http://www.beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/MEM06-6.dir/MEM06-6.pdf>.
22. Annes A, Indu S, Fatima K, Anjum P. Multi-drug Resistant Salmonella enterica Subspecies enterica Serotype typhi: A Diagnostic and Therapeutic Challenge. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2015;1:19-25.



**How to cite this article: Mahamat Tahir N'garé Hassan, Ahmat Idriss Ahmat, Valery Beral Mbaigolmen, Yacoub Mahamat Allamine, Mahamat Nour Abakar Djibrine, et Ali Mahamat Moussa. ETUDE DE LA RESISTANCE DES SALMONELLA ISOLE CHEZ LES ENFANTS DE 0 A 5 ANS AU CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE LA MERE ET DE L'ENFANT. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 17(3): 193-199.**

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

# TRANSFERT THERMIQUE PAR CONVECTION NATURELLE LAMINAIRE DANS LA COUCHE LIMITE AUTOUR D'UN ELLIPSOÏDE A PAROI SINUSOÏDALE

## NATURAL LAMINAR CONVECTIVE HEAT TRANSFER IN THE BOUNDARY LAYER AROUND AN ELLIPSOID WITH SINUSOIDAL WALL



| Martini ZAFINDRABIRA <sup>1\*</sup> | François d'Assise RAKOTOMANGA <sup>1,2</sup> | Modeste RAMAROZARA <sup>1,2</sup> | et | Edouard ALIDINA <sup>1,2</sup> |

<sup>1</sup>. Université d'Antsiranana | Ecole doctorale thématique, Energie renouvelable et Environnement | Laboratoire de Mécanique des Fluides et Systèmes Energétiques Appliqués (LMFSEA) | B.P 0 Antsiranana 201 | Madagascar |

<sup>2</sup>. Université d'Antsiranana | Faculté des Sciences | B.P 0 Antsiranana 201 | Madagascar

| Received August 15, 2023 |

| Accepted August 17, 2023 |

| Published September 19 2023 |

| ID Article | Martini-Ref3-2-17ajiras150923 |

### RESUME

**Contexte** : Le transfert de chaleur par convection naturelle à travers des corps à symétrie de révolution a suscité ces dernières années un intérêt considérable en raison de ses diverses applications dans le domaine technologique. De nombreuses études, à la fois théoriques et expérimentales, ont déjà été menées sur la convection naturelle se développant sur des surfaces ondulées.

**Objectif** : L'objectif de ce travail consiste à étudier numériquement le transfert thermique par convection naturelle dans la couche limite développée autour d'un ellipsoïde vertical à paroi sinusoïdale. Le fluide considéré, supposé newtonien, est de l'hydrogène porté à une très haute température de 500 °C, ce qui confère à ce fluide des propriétés physiques variables en fonction de la température. L'influence de la variabilité des propriétés physiques et de l'amplitude sinusoïdale pariétale est analysée. **Méthode** : Tout d'abord, les équations de transfert dans la couche limite, à savoir l'équation de continuité, l'équation de Navier-Stokes et l'équation de l'énergie, sont discrétisées en utilisant la méthode des différences finies sous sa forme implicite. Ensuite, elles sont arrangées et résolues à l'aide de l'algorithme de Thomas. La simulation numérique est réalisée à l'aide d'un programme écrit en langage Fortran.

**Résultats** : Les résultats numériques sont présentés sous forme de profils adimensionnels des vitesses et de la température, du nombre de Nusselt et du coefficient de frottement pariétal. Lorsque les propriétés physiques sont variables, la masse du fluide devient plus chaude, et la vitesse d'écoulement suivant la méridienne atteint un maximum. L'augmentation de l'amplitude  $a_1$  augmente la surface d'échange entre la paroi et le milieu ambiant, sans avoir un effet significatif sur le transfert thermique. Nous avons observé que les profils de vitesses pour l'amplitude impaire sont toujours plus faibles que ceux pour l'amplitude paire. **Conclusion** : En présence de la variabilité des propriétés physiques, les particules fluides de faible viscosité sont repoussées vers la paroi par aspiration, et les vitesses sont plus élevées que dans le cas des propriétés physiques constantes. La variation de l'amplitude n'a pas d'effets considérables sur la température adimensionnelle. En outre, la surface d'échange entre le fluide et le milieu ambiant augmente en présence de la protubérance.

**Mots-clés** : Etude numérique, écoulement de la convection naturelle, régime laminaire et permanent, transfert thermique, paroi sinusoïdale, propriétés physiques variables

### ABSTRACT

**Context**: Natural convection heat transfer through bodies with axisymmetric shapes has garnered significant interest in recent years due to its various technological applications. Additionally, numerous studies, both theoretical and experimental, have already been conducted on natural convection that develops on wavy surfaces. **Objective**: The aim of this study is to numerically investigate heat transfer by natural convection within the boundary layer developed around a vertically oriented ellipsoid with a sinusoidal wall. The considered fluid, assumed to be Newtonian, is hydrogen heated to a very high temperature of 500°C, resulting in variable physical properties with temperature. The influence of the variability of physical properties and the sinusoidal wall amplitude is analyzed.

**Method**: Firstly, the transfer equations within the boundary layer, including the continuity equation, the Navier-Stokes equation, and the energy equation, are discretized using the implicit finite difference method. They are then arranged and solved using the Thomas algorithm. Numerical simulation is carried out using a program written in Fortran. **Results**: The numerical results are presented in the form of dimensionless profiles of velocity and temperature, Nusselt number, and wall friction coefficient. When physical properties vary, the fluid mass becomes hotter, and the meridional flow velocity reaches a maximum point. Increasing the amplitude  $a_1$  enlarges the exchange area between the wall and the ambient medium, without having a significant effect on heat transfer. We observed that velocity profiles for odd amplitudes are consistently lower than those for even amplitudes. **Conclusion**: In the presence of variable physical properties, low-viscosity fluid particles are pushed toward the wall due to suction, and velocities are higher than those under constant physical properties. The variation in amplitude has no considerable effects on dimensionless temperature. Furthermore, the exchange area between the fluid and the ambient medium increases in the presence of the protrusion.

**Keywords**: Numerical study, Natural convection flow, Laminar and steady regime, Heat transfer, Sinusoidal wall, Variable physical properties.

## 1. INTRODUCTION

Les transferts de momentum et de chaleur qui surviennent autour de corps présentant une symétrie de révolution ont fait l'objet de nombreuses recherches, tant sur le plan théorique qu'expérimental, en raison de leur importance cruciale dans divers domaines technologiques. Des applications industrielles et technologiques notables comprennent les collecteurs solaires, les échangeurs de chaleur, le refroidissement des composants électroniques et l'industrie agroalimentaire. Par conséquent, de nombreuses études ont été publiées concernant les phénomènes de convection autour de corps solides. Raminosoa et al. (1994) ont mené une étude sur la convection mixte autour d'une sphère en

rotation uniforme, révélant l'impact significatif des variations des propriétés physiques sur l'écoulement et le transfert de chaleur [1]. Prétot et al. (2000) ont examiné l'influence de la topographie de la surface sur la convection naturelle au-dessus de plaques horizontales. Leurs résultats ont montré comment la topographie de la surface modifie la morphologie de l'écoulement, entraînant des transferts moins intenses par rapport à une plaque plane de surface projetée équivalente [2]. Anwar et al., (2001) ont exploré l'effet des propriétés physiques variables, telles que la conductivité thermique et la viscosité, sur la convection naturelle autour d'un cône à paroi ondulée. Leur étude a noté que l'augmentation de la viscosité entraînait une réduction du coefficient de frottement et du nombre de Nusselt moyen [3].

Mayoudf et al. (2005) ont réalisé une étude numérique sur la convection naturelle et le transfert de masse autour d'un cône tronqué à paroi sinusoïdale. Leur investigation a révélé que l'augmentation de l'amplitude sinusoïdale de la surface de la paroi entraînait une diminution des nombres locaux et moyens de Nusselt et de Sherwood [4]. Ramarozara et al. (2007) ont mené des recherches sur la convection mixte générée par la rotation uniforme d'un ellipsoïde de révolution immergé dans un flux d'air ascendant aux propriétés physiques variables. Leurs résultats ont montré que la rotation de l'ellipsoïde chauffait la masse de fluide, provoquant la disparition de la viscosité du fluide [5]. Canissius (2016) a examiné l'influence de l'angle d'inclinaison et du facteur de forme sur la convection mixte autour d'un ellipsoïde de révolution, révélant que l'épaisseur de la couche limite variait en fonction de l'abscisse curviligne et de l'angle d'inclinaison [6]. Fanambinantsoa et al., (2022) ont effectué une étude numérique sur la transition vers le chaos dans la convection mixte laminaire à l'intérieur d'un canal rectangulaire horizontal équipé de protubérances sinusoïdales. Leur investigation a observé qu'à de faibles nombres de Richardson (Ri), le régime d'écoulement restait stable, mais à mesure que Ri augmentait, le régime devenait périodique avant de subir des perturbations intenses et de devenir chaotique [7]. A ce propose le présent travail consiste en une étude numérique de la convection naturelle autour d'un ellipsoïde vertical doté d'un profil de paroi sinusoïdal. L'objectif principal est d'analyser l'influence des propriétés physiques variables et de l'amplitude sinusoïdale sur l'écoulement et le transfert de chaleur.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1 Modèle physique

Le système étudié est un ellipsoïde de révolution, vertical, plongé dans un fluide newtonien (Figure 1). La paroi du corps est supposée à une température constante  $T_p$ , différente de la température  $T_\infty$  du fluide loin de la paroi qui est également constante. Dans cette étude, nous nous intéressons à l'influence de la variabilité des propriétés physiques et de l'amplitude sinusoïdale  $a_1$  sur les transferts d'impulsion et de chaleur en convection naturelle autour d'un ellipsoïde vertical.

### 2.2 Hypothèse simplificatrices

Outre les hypothèses classiques de la couche limite, nous posons les hypothèses simplificatrices suivantes :

- L'ellipsoïde est vertical et immobile.
- L'écoulement et les transferts sont bidimensionnels, laminaires et permanents,
- Le fluide considéré est de l'hydrogène assimilé à un gaz incompressible.
- Les transferts par rayonnement et la dissipation d'énergie visqueuse sont négligeables,
- Les propriétés physiques du fluide sont constantes à l'infini.

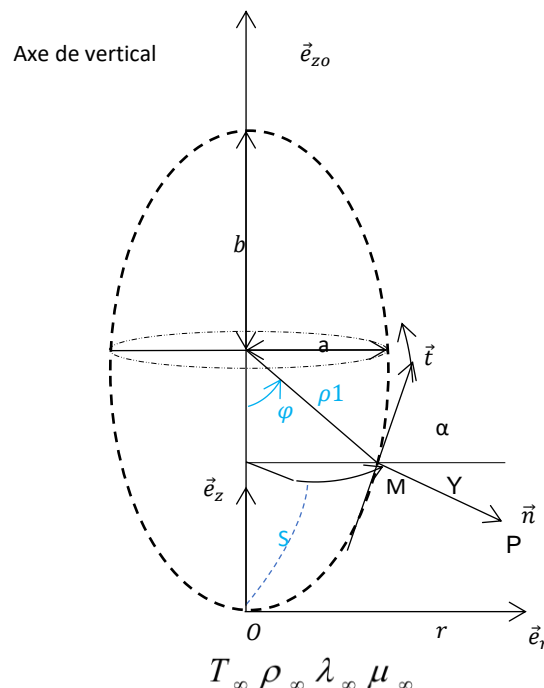


Figure 1 : Représentation schématique du modèle physique.

## 2.3 Equations de conservation dans la couche limite

### 2.3.1 Equation de continuité

$$\frac{\partial(\rho U)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V)}{\partial y} + \frac{\rho U}{r} \frac{dr}{dx} = 0 \quad (1)$$

### 2.3.2 Equation de la quantité de mouvement

$$\rho \left( U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial U}{\partial y} \right) + g \beta_i \rho_\infty S_{(x)} (T - T_\infty) \quad (2)$$

avec  $S_x = \sin(\varphi)$ ;  $\beta_i = \frac{1}{T_\infty}$ ;  $f(x) = A \sin \left[ 2\pi \left( \frac{x-x_0}{\lambda_0} \right) \right]$  et  $r = \rho l \sin(\varphi) + f(x) \cos(\varphi)$

### 2.3.3 Equation de la chaleur

$$\rho C_p \left( U \frac{\partial T}{\partial x} + V \frac{\partial T}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad (3)$$

## 2.4 Conditions aux limites

- A la surface ondulée :  $y = f(x)$  et  $x \geq x_0$

$$T(x, y) = 1; U(x, y) = 0 \text{ et } V(x, y) = 0 \quad (4)$$

- Loin de la paroi :  $y \rightarrow \infty$

$$T(x, y) = 0; U(x, y) = 0 \text{ et } V(x, y) = 0 \quad (5)$$

Les propriétés physiques du fluide dans la couche limite sont calculées à l'aide des relations suivantes :

$$\rho(T) = \rho(T_r, P_r) \frac{T_r P}{T P_r} \quad (6)$$

$$\mu(T) = \mu(T_r) \frac{\Gamma(T_r)}{\Gamma(T')} \sqrt{\frac{T}{T_r}} \quad (7)$$

$$\lambda(T) = \lambda(T_r) \frac{\Gamma(T_r)}{\Gamma(T')} \sqrt{\frac{T}{T_r}} \quad (8)$$

Avec  $1 < T' = \frac{kT}{e} < 90$  et pour l'hydrogène

$$\Gamma(T') = \exp \left[ 0,45567 - 0,53955 \ln T' + 0,1826 (\ln T')^2 - 0,3629 (\ln T')^3 + 0,24 (\ln T')^4 \right] \quad (9)$$

$$C_p(T) = 1,3650 + 1,65T + 2,5 \cdot 10^{-6} T^2 \quad (10)$$

La température  $T_r$  et la pression  $P_r$  de référence sont respectivement égales à 25 °C et 1.013 10<sup>5</sup> Pa

$$\mu(T_r) = 8,25 \cdot 10^{-6} \text{ kgm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \quad (11)$$

$$\rho(T_r) = 0,089 \text{ kgm}^{-3} \quad (12)$$

$$C_p(T_r) = 14364 \text{ J.kg}^{-1} \quad (13)$$

$$\lambda(T_r) = 0,1673 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{k}^{-1} \quad (14)$$

## 2.5 Grandeurs caractéristiques

- Nombre de Nusselt :

$$Nu = - \frac{L}{(T_p - T_\infty) \lambda_\infty} \left[ \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right]_{y=0} \quad (15)$$

- Nombre de Grashof :

$$Gr = \frac{g \beta_i L^3 (T_p - T_\infty)}{\nu_\infty^2} \quad (16)$$



- Contrainte de frottement à la paroi suivant x:  $\tau_{px} = \left[ \mu \frac{\partial U}{\partial y} \right]_{y=0}$  (17)

- Coefficient de frottement pariétal :  $Cf_u = \frac{2\tau_{px}}{\rho_\infty V_\infty^2}$  (18)

### 2.6 Transformation des équations adimensionnelles

En utilisant les variables adimensionnelles suivantes :

$$x_+ = \frac{x}{L}; \varphi_+ = \frac{\varphi}{\pi}; r^+ = \frac{r}{L}; a1 = \frac{A}{L}; \rho_+ = \frac{\rho}{\rho_\infty}; \mu_+ = \frac{\mu}{\mu_\infty}; C_p^+ = \frac{C_p}{C_{p\infty}}; \lambda_+ = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}; T^+ = \frac{T - T_\infty}{T_p - T_\infty}$$

$$y_+ = \frac{y}{L} \left( Gr^{\frac{1}{4}} \right); U^+ = U \left( \frac{LGr^{\frac{1}{4}}}{v_\infty} \right) \text{ et } V^+ = V \left( \frac{LGr^{\frac{1}{4}}}{v_\infty} \right)$$

Pour transformer la surface de l'ellipsoïde en une surface plane, nous avons utilisé la transformation homotopique suivante :

$$\xi = x_+, \quad \eta = \frac{y_+ - F(x_+)}{\frac{1}{x_+^4} - F(x_+)}$$

avec  $\xi \geq 0$  et  $0 \leq \eta \leq 1$

Avec :

$$F(\xi) = a1 \sin(2\pi\xi),$$

$$r(\xi) = \rho1 \sin \varphi + F(\xi) \cos \varphi.$$

A l'aide de cette transformation, les équations des transferts et les conditions aux limites seront écrites dans le système de coordonnées  $(\xi, \eta)$ , dans lequel les dérivées partielles de ces coordonnées par rapport aux variables primitives sont définies comme suit :

$$\frac{\partial \xi}{\partial x_+} = \xi_x = 1, \quad \frac{\partial \xi}{\partial y_+} = \xi_y = 0, \quad \frac{\partial \eta}{\partial y_+} = \eta_y = \frac{1}{\xi^4 - F(\xi)}, \quad \frac{\partial \eta}{\partial x_+} = \eta_x = \frac{(\eta-1)F'(\xi) - \eta \frac{\xi^{-\frac{3}{4}}}{4}}{\xi^4 - F(\xi)}, \quad \eta_{xx} = \eta_{yy} = 0$$

#### 2.6.1 Equation de continuité

$$\frac{\partial}{\partial \xi} (\rho_+ U^+) + \eta_x \frac{\partial}{\partial \eta} (\rho_+ U^+) + Gr^{-\frac{1}{4}} \eta_y \frac{\partial}{\partial \eta} (\rho_+ V^+) + \frac{\rho_+ U^+}{r^+} \left( \frac{\partial r^+}{\partial \xi} \right) = 0 \quad (19)$$

#### 2.6.2 Equations de la quantité de mouvement

$$\rho_+ \left[ U^+ \left( \frac{\partial U^+}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial U^+}{\partial \eta} \right) + Gr^{-\frac{1}{4}} V^+ \eta_y \frac{\partial U^+}{\partial \eta} \right] = Gr^{\frac{1}{4}} \eta_y^2 \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \mu_+ \frac{\partial U^+}{\partial \eta} \right) + Gr^{\frac{1}{2}} S_{(\xi)} T^+ \quad (20)$$

#### 2.6.3 Equation de la chaleur

$$\rho_+ C_{p+} \left[ U^+ \left( \frac{\partial T^+}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial T^+}{\partial \eta} \right) + Gr^{-\frac{1}{4}} V^+ \eta_y \frac{\partial T^+}{\partial \eta} \right] = \frac{Gr^{\frac{1}{4}}}{Pr} \eta_y^2 \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \lambda_+ \frac{\partial T^+}{\partial \eta} \right) \quad (21)$$

#### 2.6.4 Conditions aux limites

- A la surface ondulée :  $\eta = 0$  et  $\xi \geq x_0$

$$T^+(\xi, 0) = 1; U^+(\xi, 0) = V^+(\xi, 0) = 0 \quad (22)$$

- Loin de la paroi :  $\eta \rightarrow \infty$

$$T^+(\xi, \eta) = U^+(\xi, \eta) = V^+(\xi, \eta) = 0 \quad (23)$$

### 2.6.5 Nombre de Nusselt et coefficients de frottement

- Nombre de Nusselt : 
$$Nu = -Gr^{\frac{1}{4}} \eta_y \lambda_+ \left( \frac{\partial T^+}{\partial \eta} \right)_{\eta=0} \tag{24}$$

- Coefficient de frottement : 
$$Cf_u = 2Gr^{\frac{1}{2}} \eta_y \mu_+ \left( \frac{\partial U^+}{\partial \eta} \right)_{\eta=0} \tag{25}$$

### 2.7 Résolution numérique

Les équations de continuité, de quantité de mouvements et de la chaleur associées aux conditions limites sont discrétisées à l'aide d'une méthode implicite aux différences finies. Ainsi, les équations de quantité de mouvement et de la chaleur se mettent sous la forme d'un système d'équations :

$$A_j X_{j-1} + B_j X_j + C_j X_{j+1} = D_j \quad 2 \leq J \leq \max - 1$$

qui sera résolu par l'algorithme de Thomas.

Le critère de convergence pour vérifier simultanément T, U et V est défini comme :

$$\left| \frac{\max(F^{N+1} - F^N)}{\max(F^N)} \right| \leq 10^{-6} \tag{26}$$

Enfin les dérivées partielles des expressions de Nombre Nusselt et des coefficients de frottement sont déterminés par une approche de discrétisation à trois points.

### 2.8 Validation du code de calcul

Pour valider la précision de notre code de calcul lors de la simulation numérique, nous avons effectué une comparaison entre les résultats générés par notre code et ceux disponibles dans la littérature. Plus spécifiquement, nous avons étudié la convection naturelle autour d'une sphère immergée dans un écoulement d'hydrogène, en nous appuyant sur les travaux préalablement présentés par Raminosoa et al., en 1994 [1].

La comparaison des profils adimensionnels de la vitesse méridienne en fonction de la coordonnée normale pour  $x+ = 90^\circ$ , comme illustrée dans la figure 2, a confirmé l'importance des propriétés physiques et a révélé une concordance satisfaisante entre nos résultats et ceux de la référence, avec une erreur relative maximale ne dépassant pas huit pour cent (8%).

**Tableau 1** : Comparaison de la vitesse méridienne adimensionnelle en fonction de  $Y^*$ .

Coordonnée normale	Présent travail	Raminosoa et al, (1994) [1]
0	0	0
<b>0,06048</b>	0,00352	0,00352
<b>0,12096</b>	0,00680	0,00662
<b>0,18144</b>	0,00989	0,00978
<b>0,24192</b>	0,01281	0,01280
<b>1,0281</b>	0,03703	0,03698
<b>1,0886</b>	0,03805	0,03802
<b>1,1491</b>	0,03900	0,03898
<b>1,2096</b>	0,03986	0,03966
<b>1,2701</b>	0,04065	0,04053
<b>2,0563</b>	0,04581	0,04579
<b>2,1168</b>	0,04591	0,04583
<b>2,1772</b>	0,04598	0,04575
<b>2,2377</b>	0,04602	0,04598
<b>2,2982</b>	0,04603	0,04601
<b>3,0239</b>	0,04461	0,04452
<b>3,0844</b>	0,04439	0,04424
<b>3,1449</b>	0,04417	0,04405
<b>3,2054</b>	0,04394	0,04386
<b>3,2659</b>	0,04370	0,04329
<b>4,0521</b>	0,04015	0,04008
<b>4,1126</b>	0,03986	0,03984
<b>4,1730</b>	0,03957	0,03942
<b>4,2335</b>	0,03956	0,03917
<b>4,2940</b>	0,03956	0,03896
<b>5,0197</b>	0,03555	0,03553

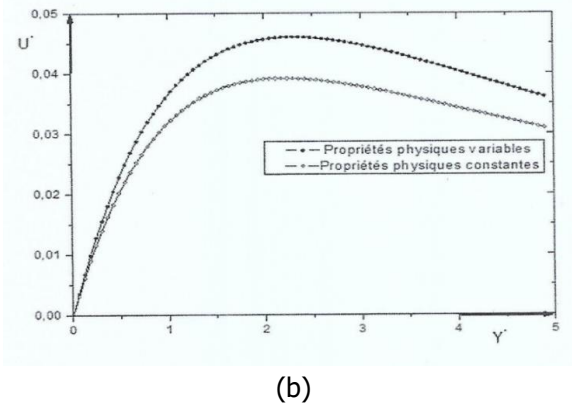
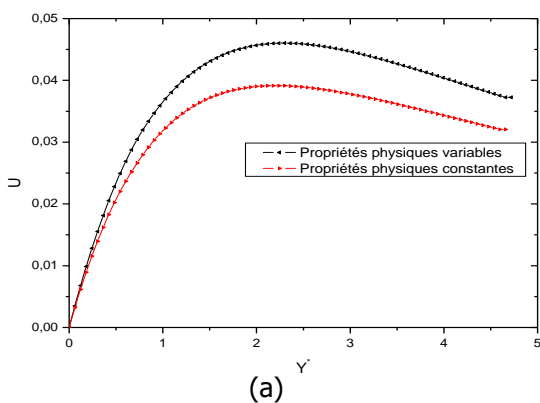


Figure 2: Comparaison de nos résultats (a) avec ceux de Raminosa et al., (1994) [1] (b).

### 3.RESULTATS

#### 3.1 Influence de la variabilité des propriétés physiques

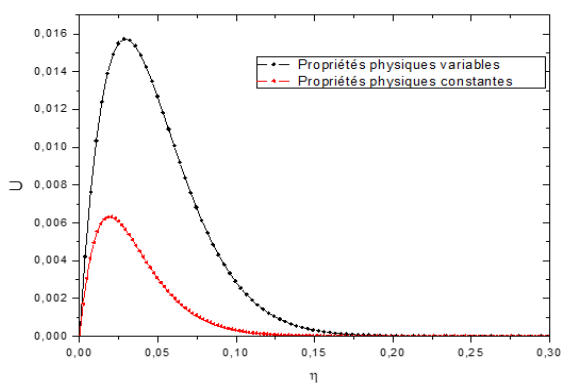


Figure 3 Evolution de la vitesse méridienne en fonction de  $\eta$  pour  $\xi = 0.02$ .

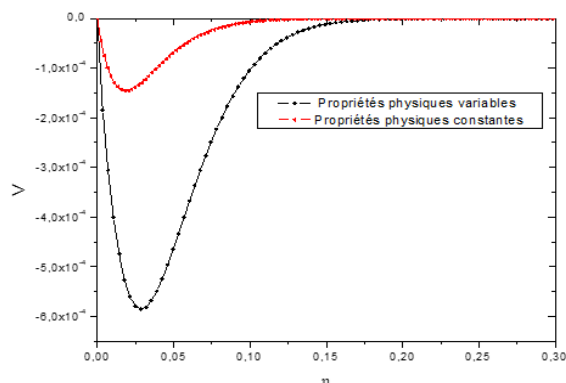


Figure 4: Evolution de la vitesse normale en fonction de  $\eta$  pour  $\xi = 0.02$ .

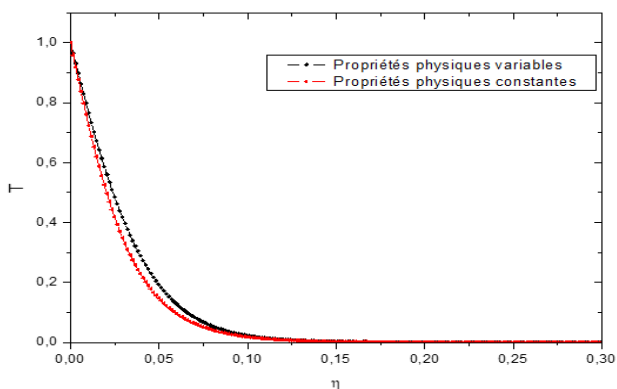


Figure 5: Evolution de la température en fonction de  $\eta$  pour  $\xi = 0.02$ .

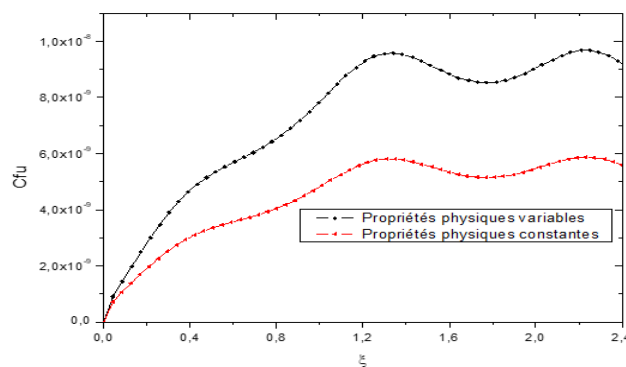


Figure 6: Evolution de  $Cf_u$  en fonction de  $\xi$ .

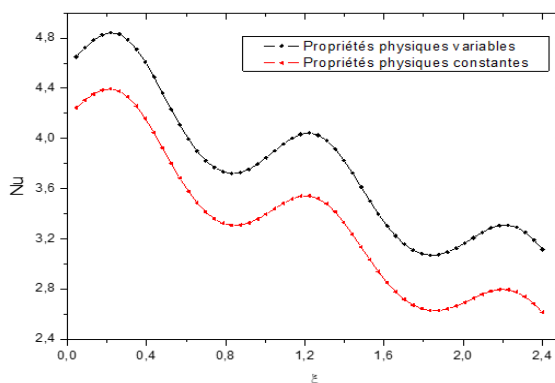
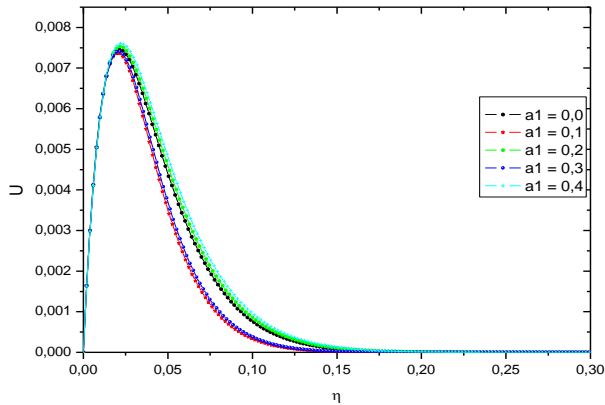
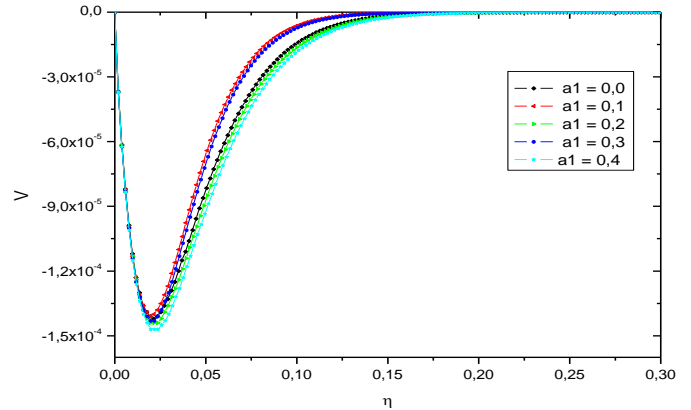


Figure 7 : Evolution de  $Nu$  en fonction de  $\xi$ .

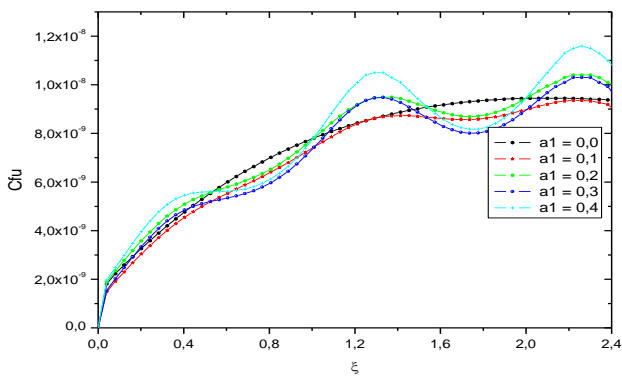
### 3.2 Influence de l'amplitude sinusoïdale



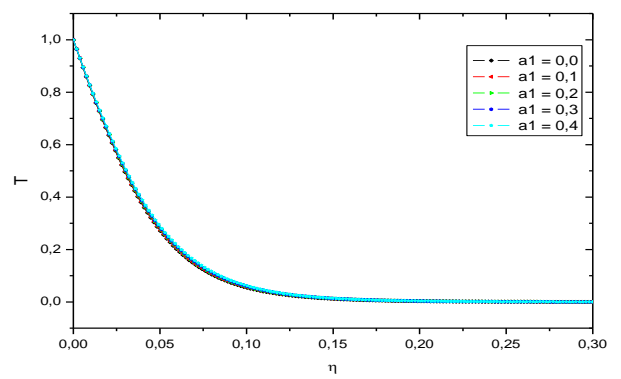
**Figure 8 :** Evolution de la vitesse méridienne en fonction de  $\eta$  pour  $\xi = 0.02$  et plusieurs valeurs de  $a_1$ .



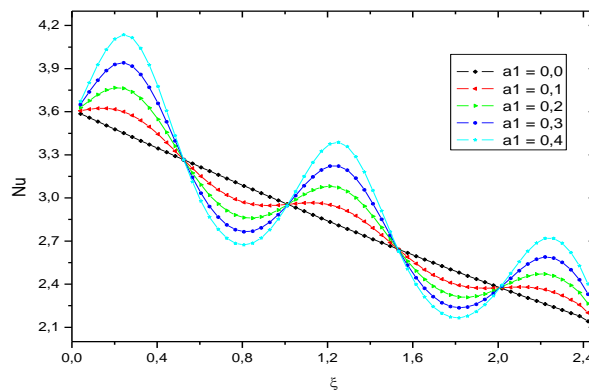
**Figure 9 :** Evolution de la vitesse normale en fonction de  $\eta$  pour  $\xi = 0.02$  et plusieurs valeurs de  $a_1$ .



**Figure 9 :** Evolution de la température en fonction de  $\eta$  pour  $\xi = 0.02$  et plusieurs valeurs de  $a_1$ .



**Figure 10 :** Evolution de  $Cf_u$  en fonction de  $\xi$  et plusieurs valeurs de  $a_1$ .



**Figure 11 :** Evolution de  $Nu$  en fonction de  $\xi$  et plusieurs valeurs de  $a_1$ .

## 4. DISCUSSION

Le présent travail se penche sur la convection naturelle autour d'un ellipsoïde à paroi ondulée immergé dans un écoulement de gaz dont les propriétés physiques varient, en l'occurrence, nous considérons l'hydrogène. Les simulations numériques ont été effectuées pour différentes valeurs de l'amplitude  $a_1$ , tout en maintenant l'abscisse à  $\xi = 0.02$  et le nombre de Prandtl  $Pr = 0.71$  constants. Pour analyser les résultats de ces simulations, nous examinons les vitesses d'écoulement, le champ de température, le coefficient de frottement et le nombre de Nusselt.

### 4.1 Influence de la variabilité des propriétés physiques

La figure 3 illustre la variation de la composante méridienne adimensionnelle de la vitesse en fonction de  $\eta$  pour  $\xi = 0.02$ . Nous observons que le profil de cette vitesse atteint un pic significatif lorsque les propriétés physiques varient.

Cela indique que la masse du fluide près de la paroi subit une convection naturelle, intensifiant ainsi le transfert de matières réactives dans cette zone. En présence de propriétés physiques variables, la vitesse d'écoulement est dominante par rapport à celle en cas de propriétés physiques constantes. Ce phénomène révèle également que la variabilité des propriétés physiques élargit la couche limite le long de la paroi.

La figure 4 représente l'évolution de la composante normale adimensionnelle de la vitesse en fonction de  $\eta$  pour  $\xi$  fixé à 0.02. Nous constatons que la décroissance de cette vitesse est plus prononcée lorsque les propriétés physiques varient. Néanmoins, la variabilité des propriétés physiques favorise l'adhérence des particules fluides à la paroi, indiquant que le fluide est aspiré de manière significative vers la paroi lorsque celle-ci est maintenue à une température très élevée. La figure 5 illustre la variation de la température adimensionnelle en fonction de  $\eta$  pour une abscisse fixe. On remarque que la masse du fluide devient plus chaude lorsque les propriétés physiques du fluide sont variables, en raison de la faible viscosité des particules fluides. Le coefficient de frottement le long de la coordonnée méridienne présente une variation sinusoïdale croissante, comme illustré dans la figure 6. Ce coefficient est plus élevé lorsque les propriétés physiques sont variables. Nous notons également que le coefficient de frottement est plus important lorsque le fluide est soumis à une température élevée, soit une paroi maintenue à 500 °C. Cependant, à basse température, où les propriétés physiques sont constantes, l'épaisseur de la couche limite est réduite, comme le confirment les courbes de la figure 3.

La figure 7 présente la variation du nombre de Nusselt en fonction de l'abscisse  $\xi$ . Ce profil montre que la viscosité du fluide est faible lorsque les propriétés physiques du fluide sont variables, et le nombre de Nusselt suit une variation sinusoïdale décroissante par rapport à l'abscisse  $\xi$ . En d'autres termes, la variabilité des propriétés physiques influe considérablement sur l'échange de chaleur entre la paroi et le fluide. Ce résultat est en accord avec celui illustré dans la figure 5.

#### 4.2 Influence de l'amplitude de la protubérance

La figure 8 présente l'évolution de la vitesse méridienne adimensionnelle en fonction de la coordonnée normale  $\eta$  pour différentes valeurs de l'amplitude de la protubérance et pour une abscisse  $\xi$  de 0.02. Ces courbes montrent que la vitesse méridienne atteint son maximum près de  $\eta = 0.05$  et que son amplitude augmente lorsque la paroi passe d'une surface lisse à une paroi ondulée. En effet, l'augmentation de l'amplitude sinusoïdale permet d'augmenter la surface d'échange entre la paroi et le milieu ambiant, légèrement épaississant ainsi la couche limite pour les amplitudes paires.

L'évolution de la vitesse normale adimensionnelle en fonction de  $\eta$  pour différentes valeurs de l'amplitude de la protubérance et pour  $\xi = 0.02$  est illustrée par la figure 4. Les profils de cette vitesse, marqués par des valeurs négatives, témoignent de l'aspiration des particules fluides vers la paroi. On observe que cette adhérence du fluide est plus prononcée lorsque la paroi de l'ellipsoïde est ondulée. En revanche, le décollement de la couche limite est marqué par la diminution de l'amplitude sinusoïdale, notamment lorsque cette dernière prend des valeurs impaires.

La figure 9 présente l'évolution du champ de température adimensionnelle en fonction de  $\eta$  pour différentes valeurs de l'amplitude sinusoïdale. On constate que la présence de la protubérance sinusoïdale n'a pas d'influence significative sur le profil du champ de température, qui reste pratiquement invariant quelle que soit la valeur de l'amplitude considérée. Néanmoins, le creux de la sinusoïde présent sur la paroi de l'ellipsoïde n'affecte pas le transfert thermique à travers la couche limite, indiquant que le transfert de chaleur par convection et conduction demeure stable, malgré la présence de la protubérance.

La figure 10 représente l'évolution du coefficient de frottement le long de la coordonnée méridienne en fonction de  $\xi$ . Le profil décrit une variation sinusoïdale croissante en présence de la protubérance sinusoïdale. En revanche, lorsque la paroi est lisse, le coefficient de frottement présente une variation croissante non périodique en fonction de l'abscisse. On remarque que le terme est plus élevé lorsque l'amplitude sinusoïdale augmente.

Enfin, la figure 11 illustre la variation du nombre de Nusselt en fonction de  $\xi$  pour différentes valeurs de l'amplitude. Le terme de suit une variation sinusoïdale croissante par rapport à  $\xi$  lorsque l'amplitude est strictement supérieure à zéro. On constate que le nombre de Nusselt le long de la paroi varie proportionnellement avec l'amplitude considérée. Les transferts de chaleur sont plus intenses au sommet de la sinusoïde, car les transferts s'effectuent principalement par convection, tandis que dans les creux de la sinusoïde, les transferts par conduction prédominent.

## 5. CONCLUSION

Cette étude se penche sur la convection naturelle autour d'un ellipsoïde vertical à paroi non uniforme, immergé dans un écoulement de gaz d'hydrogène caractérisé par des propriétés physiques variables. Les investigations menées dans ce cadre ont permis de mettre en évidence plusieurs observations significatives :

Dans un premier temps, les vitesses adimensionnelles, tant méridiennes que normales, présentes dans la couche limite, connaissent des variations marquées en présence de la protubérance. En revanche, la variation de l'amplitude de cette protubérance ne semble pas avoir d'incidence significative sur le champ de température. Cette observation suggère que le transfert thermique reste relativement stable, qu'il s'agisse d'une paroi lisse ou ondulée. Il est cependant important

de noter que l'augmentation de l'amplitude de la protubérance favorise l'augmentation de la surface d'échange entre le fluide et la paroi, ce qui a pour conséquence d'intensifier l'échange thermique par conduction entre ces deux éléments.

Par ailleurs, l'influence de la variabilité des propriétés physiques du fluide se fait ressentir de manière significative sur le coefficient de frottement et le nombre de Nusselt. Les résultats obtenus grâce aux simulations montrent que, en présence de propriétés physiques variables, les particules fluides prennent une température plus élevée, et cette variation peut entraîner leur détachement de la paroi, en particulier lorsque celle-ci est portée à une température très élevée.

## Nomenclature

### Lettres latines

**a** : longueur du demi-axe horizontal, m  
**A** : amplitude du profil sinusoïdal, m  
**a1** : amplitude adimensionnelle du profil sinusoïdal  
**b** : longueur du demi-axe vertical, m  
**C<sub>f<sub>u</sub></sub>** : coefficient de frottement suivant x  
**C<sub>p</sub>** : capacité calorifique, J. Kg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>  
**F(x)** : profil de la paroi sinusoïdale de l'ellipsoïde  
**g** : accélération pesanteur, m. s<sup>-2</sup>  
**Gr** : nombre de Grashof  
**k** : constante de Boltzmann  
**L** : longueur de référence, m  
**Nu** : nombre de Nusselt  
**P** : pression, Pa  
**Pr** : nombre de Prandtl  
**S<sub>x</sub>** : projection du vecteur unitaire sur la direction x  
**T** : température du fluide, K  
**T<sub>p</sub>** : température du fluide à la paroi, K  
**U** : composante méridienne de la vitesse, m. s<sup>-1</sup>  
**V** : composante normale de la vitesse, m. s<sup>-1</sup>  
**x** : coordonnée méridienne, m  
**y** : coordonnée normale, m

### Lettres grecques

**β<sub>t</sub>** : coefficient de dilatation volumique du fluide, K<sup>-1</sup>  
**φ** : coordonnée azimutale, rad  
**λ** : viscosité dynamique du fluide, Kg. m<sup>-1</sup>. s<sup>-1</sup>  
**λ<sub>0</sub>** : longueur d'onde du profil sinusoïdal, m  
**μ** : conductivité thermique du fluide, W. m<sup>-1</sup>. K<sup>-1</sup>  
**ν** : viscosité cinématique du fluide, m<sup>2</sup>. s<sup>-1</sup>  
**ρ1** : rayon du vecteur suivant méridien  
**ξ, η** : coordonnées homotopiques adimensionnelles  
**τ<sub>px</sub>** : contrainte de frottement suivant x, Kg. m<sup>-1</sup>. s<sup>-2</sup>

### Indice et exposant

∞ : grandeurs à une distance suffisamment éloignée de la paroi  
 + : grandeurs adimensionnelles

## VI. REFERENCES

- [1] Ch. R. R. RAMINOSOA et al., «Convection mixte autour d'une sphère. Influence de la variabilité des propriétés physiques du fluides,» *In Revue Générale de Thermique*, vol. 389, pp. 315-322, 1994.
- [2] Prétot S. et al., «Influence of surface roughness on natural convection above a horizontal plate,» *Advances in Engineering Software*, vol. 31, pp. 793-801, 2000.
- [3] Anwar H. et al., «Natural convection with variable viscosity and thermal conductivity from a vertical wavy cone,» *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 40, pp. 437-443, 2001.
- [4] Mayoudf SI ABDALLAH et al., «Étude de la convection naturelle thermique et massique laminaire et permanent dans la couche limite autour d'un tronc cône paroi sinusoïdale,» *12<sup>ème</sup> Journée Internationales de Thermique*, vol. 31, pp. 793-801, 2005.
- [5] Modeste RAMARAZARA et al., «Mixed convection of an axisymmetric flow of air with variable physical properties,» *In The Canadian Journal of Chemical Engineering*, vol. 40, pp. 37-44, 2007.
- [6] Ulrich CANISSIUS., «Contribution à l'étude des transferts thermiques convectifs tridimensionnels autour d'un cône de révolution,» *International Journal of Advanced Research in Physical Science (IJARPS)*, vol. 3, pp. 48-60, 2016.

- [7] Vanissa Hasimamy FANAMBINANTSOA et al., «Étude numérique de la transitoires ves le chaos d'un écoulement laminaire en convection mixte dans un canal rectangulaire horizontale muni de protubérances sinusoïdales.» *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, vol. 15, pp. 793-801, 2022. Available on : <https://american-jiras.com/Hasimamy%E2%80%93ajiras020922.pdf>



How to cite this article: **Martini ZAFINDRABIRA, François d'Assise RAKOTOMANGA, Modeste RAMARAZARA et Edouard ALIDINA.** TRANSFERT THERMIQUE PAR CONVECTION NATURELLE LAMINAIRE DANS LA COUCHE LIMITE AUTOUR D'UN ELLIPSOÏDE A PAROI SINUSOÏDALE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 17(3): 200-209.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial.

See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

# RECOURS AUX APPROCHES DE SOINS NON CONVENTIONNELLES POUR LA GESTION DES PERSONNES VIVANT AVEC LA MALADIE MENTALE ET EPILEPSIE (PVMME) DANS LA REGION SANITAIRE D'IFFOU (CENTRE-EST DE LA COTE D'IVOIRE)



## USE OF NON-CONVENTIONAL CARE APPROACHES FOR THE MANAGEMENT OF PEOPLE LIVING WITH MENTAL ILLNESS AND EPILEPSY (PVMME) IN THE IFFOU HEALTH REGION (CENTRAL-EASTERN IVORY COAST)

| KOUASSI Konan <sup>1\*</sup> | KOUAKOU Koffi Ferdinand <sup>1</sup> | SREU Eric <sup>1</sup> | et | MAFOU Kouassi Combo <sup>2</sup> |

<sup>1</sup>. Université Alassane OUATTARA | Laboratoire d'Analyse des Vulnérabilités Socio-Environnementales (LAVSE) | Université Alassane Ouattara (Bouaké) | Côte d'Ivoire |

<sup>2</sup>. Université JEAN LOROUGNON GUEDE | Département de Géographie | Côte d'Ivoire |

| Received August 11, 2023 |

| Accepted September xx, 2023 |

| Published September 22 2023 |

| ID Article | Kouassi -Ref3-3-17ajras110923 |

### Résumé

**Introduction** : Dans un contexte de manque d'offre de soins psychiatriques conventionnels, la région de l'Iffou est marquée par une multitude de camps de prière et de centres de guérison traditionnels, dont l'un des objectifs principaux est d'assurer la prise en charge des personnes vivant avec des maladies mentales et de l'épilepsie. Face à cette carence en offre de soins psychiatriques, les camps de prière et les centres de guérison traditionnels apparaissent de plus en plus comme des alternatives pour le traitement et la prise en charge des troubles mentaux. **Objectif** : L'objectif de cet article est de mettre en évidence les raisons pour lesquelles les personnes vivant avec des maladies mentales et de l'épilepsie se tournent vers les camps de prière et les centres de guérison traditionnels pour leur prise en charge. **Méthodes** : La méthodologie utilisée repose sur l'analyse des données recueillies lors d'enquêtes de terrain menées du 10 mars au 02 juillet 2020, ainsi qu'en août 2021. **Résultats** : Les résultats de cette étude ont révélé l'existence de 21 structures non conventionnelles, dont 17 camps de prière et 4 centres de guérison traditionnels axés sur la curative dans la région sanitaire de l'Iffou. Il apparaît que 78% des personnes vivant avec des maladies mentales et de l'épilepsie se dirigent vers ces structures de soins en santé mentale non conventionnelles, tandis que seulement 22% optent pour les centres de soins conventionnels. Ces structures non conventionnelles servent de refuge à la majorité des patients abandonnés et confrontés à des maladies à l'origine mystérieuse. **Conclusion** : cette étude met en évidence le recours massif des personnes vivant avec des maladies mentales et de l'épilepsie aux camps de prière et aux centres de guérison traditionnels dans la région de l'Iffou, en raison du déficit d'offre de soins psychiatriques conventionnels. Ces structures non conventionnelles jouent un rôle essentiel en tant qu'alternatives de prise en charge, offrant un refuge à de nombreux patients délaissés. Pour améliorer la santé mentale dans cette région, il est impératif de comprendre les motivations de ces patients et d'envisager des approches intégrées combinant les méthodes traditionnelles et modernes pour répondre à leurs besoins de manière plus complète et efficace.

**Mot clés** : Camp de prière, centre de guérison traditionnel, PVMME, maladie mentale, épilepsie

### ABSTRACT

**Introduction**: In a context of limited availability of conventional psychiatric care services, the Iffou region is marked by a plethora of prayer camps and traditional healing centers, with one of their primary objectives being the care of individuals living with mental illnesses and epilepsy. Faced with this shortage of psychiatric care services, prayer camps and traditional healing centers are increasingly emerging as alternatives for the treatment and management of mental disorders. **Objective**: The objective of this article is to highlight the reasons why individuals living with mental illnesses and epilepsy turn to prayer camps and traditional healing centers for their care. **Methods**: The methodology used is based on the analysis of data collected during field surveys conducted from March 10 to July 2, 2020, as well as in August 2021. **Results**: The results of this study revealed the existence of 21 non-conventional structures, including 17 prayer camps and 4 curative-oriented traditional healing centers in the health region of Iffou. It appears that 78% of individuals living with mental illnesses and epilepsy seek care in these non-conventional mental health care facilities, while only 22% opt for conventional healthcare centers. These non-conventional structures serve as a refuge for the majority of abandoned patients who are confronted with illnesses of mysterious origin. **Conclusion**: This study highlights the significant reliance of individuals living with mental illnesses and epilepsy on prayer camps and traditional healing centers in the Iffou region due to the lack of conventional psychiatric care services. These non-conventional structures play a crucial role as alternative care options, providing a sanctuary for many marginalized patients. To improve mental health in this region, it is imperative to understand the motivations of these patients and consider integrated approaches that combine traditional and modern methods to address their needs more comprehensively and effectively.

**Key words**: prayer camp, traditional healing center, PVMME, mental illness, epilepsy

## 1. INTRODUCTION

Les maladies mentales représentent une proportion considérable et croissante de la charge mondiale de morbidité [1]. On estime qu'une personne sur deux sera atteinte d'une maladie mentale au cours de sa vie, et qu'environ un adulte en âge de travailler sur cinq en souffre à tout moment. Le nombre de personnes souffrant de troubles mentaux ou du comportement atteint 450 millions et près d'un million se suicident tous les ans [2]. Singulièrement dans les pays à revenu faible ou intermédiaire environ quatre personnes sur cinq ayant besoin d'être prises en charge pour une



pathologie Mentale, neurologique ou liée à l'utilisation de substances psychoactives ne reçoivent aucun soin dans ce domaine [3].

En Côte d'Ivoire, la politique relative à la psychiatrie et à la santé mentale a fait l'objet de nombreux rapports et plans successifs qui n'ont pas permis à ce jour d'apporter toutes les réponses aux attentes des professionnels, des patients et de leurs familles. Les raisons en sont complexes, et tiennent entre autres aux difficultés d'articulation entre le système de soins de première ligne, et l'offre de soins spécialisée, qu'elle soit publique, privée, sanitaire ou médico-sociale et ce tant pour la psychiatrie adulte que pour la psychiatrie infanto-juvénile [4].

Devant l'accroissement de la demande des soins en santé mentale et tenant compte des ressources limitées, notre système de santé mentale fait face aux camps de prière et les centres de guérison traditionnels sur certaines régions du territoire ivoirien. Dans un contexte de désert d'offre de soins psychiatrique, le paysage religieux et guérisseur traditionnel sont marqués par un foisonnement de camps de prière et les centres de guérison traditionnels dont l'un des objectifs curatifs est de garantir la sécurité sanitaire aux populations souffrant de la maladie mentale. Cette étude qui vise à montrer les déterminants du recours aux soins de santé mentale non conventionnels dans la région sanitaire de l'Iffou se structure en trois parties. La première sert à faire l'état des lieux de la distribution spatiale et caractéristiques sociodémographiques des structures non conventionnelles dans la région sanitaire de l'Iffou. La seconde détermine les caractéristiques socio-sanitaires des personnes vivant avec la maladie mentale et épilepsie. La troisième montre les raisons du recours aux soins de santé mentale non conventionnels dans ladite région sanitaire.

## 1. MATERIELS ET METHODE

### 1.1 Présentation du cadre spatial d'étude

Située au Centre-Est de la Côte d'Ivoire, elle est bornée au Sud par la région de Moronou et N'zi, au Sud-Est par la région de l'Indénié-Djouablin, au Nord par la région de Hambol et Gontougo enfin à l'Ouest par le Gbêkè et le Bélier. Elle est composée de 3(trois) départements dont Daoukro, M'bahiakro et Prikro (carte 1).



**Carte 1 :** Localisation de la région sanitaire de l'Iffou  
Kouakou Koffi Ferdinand, Avril 2020 (Source : BNETD /CCT, 2014).

Cette région sanitaire couvre environ 230 localités et une population estimée de 362604 habitants répartis sur une superficie d'environ 3619 km<sup>2</sup> [5]. La région sanitaire de l'Iffou disposait en 2014, d'une offre de 14 Établissements Sanitaire Publique (ESP), dont 11 Établissements Sanitaire de Premier Contact (ESPC). Celle-ci dispose également de 3(trois) hôpitaux généraux et ne dispose aucun hôpital général spécialisé (HG) en offre de soins psychiatriques [5]. Daoukro, chef-lieu de cette région fait une distance de 161 km de la ville de Bouaké où il y a un hôpital psychiatrique et à plus de 249 km de Bingerville où se trouve le deuxième.

## 1.2. Approche Méthodologique

**1.2.1 Recherche Documentaire :** La recherche documentaire a été menée pour recueillir une compréhension approfondie des questions de santé mentale, y compris les aspects historiques, culturels, et les pratiques traditionnelles de prise en charge. Les sources documentaires comprenaient des articles de recherche, des publications gouvernementales, et des ouvrages spécialisés dans le domaine de la santé mentale.

**1.2.2 Enquêtes de Terrain :** Les enquêtes de terrain ont été conçues pour collecter des données empiriques sur les camps de prière et les centres de guérison traditionnels dans la région de l'Iffou. Cette approche a permis d'obtenir des informations qualitatives et quantitatives sur les pratiques de soins non conventionnels, les patients et les responsables de ces structures.

## 1.3. Phase de Dénombrement

**1.3.1 Première Phase (Mars 2020 - Juillet 2020) :** Pendant cette phase, une enquête nationale a été menée pour identifier et localiser les structures de soins de santé mentale non conventionnelles en Côte d'Ivoire. Cette cartographie a permis de recenser un total de 541 structures, réparties comme suit : 326 camps de prière, 127 centres de guérison traditionnels, et 59 centres de phytothérapie. Cette première phase a fourni une vue d'ensemble de la distribution géographique de ces structures.

**1.3.2 Deuxième Phase (Mai 2021) :** La deuxième phase s'est concentrée spécifiquement sur la région sanitaire de l'Iffou. Des enquêtes approfondies ont été menées dans 17 camps de prière et 04 centres de guérison traditionnels de cette région. L'échantillonnage accidentel a été utilisé pour sélectionner les participants, comprenant 10 responsables, 10 parents, et 27 patients atteints de troubles mentaux. Cette phase a permis de recueillir des données contextuelles et des témoignages des parties prenantes directes.

## 1.4. Méthodologie d'Échantillonnage

**1.4.1 Type d'Échantillonnage :** L'échantillonnage de type accidentel a été choisi pour la deuxième phase de l'enquête, permettant une sélection aléatoire de participants parmi les camps de prière et les centres de guérison traditionnels de la région de l'Iffou. Cette méthode visait à garantir la représentativité de l'échantillon.

**1.4.2 Participants :** Les participants ont été sélectionnés en fonction de leur rôle dans les structures de soins non conventionnelles. Les responsables ont fourni des informations sur le fonctionnement des établissements, les parents ont partagé des perspectives familiales, tandis que les patients ont donné un aperçu direct de leur expérience.

## 1.5. Traitement des Données

**1.5.1 Saisie des Données :** Les données recueillies lors des enquêtes de terrain ont été consignées et codées à l'aide du logiciel Microsoft Office Word 2016 pour assurer leur cohérence et leur traçabilité.

**1.5.2 Traitement Statistique :** Le logiciel Microsoft Excel a été utilisé pour effectuer des analyses statistiques des données quantitatives, notamment la création de tableaux et de graphiques des résultats. Cela a permis de dégager des tendances et des corrélations importantes dans les données.

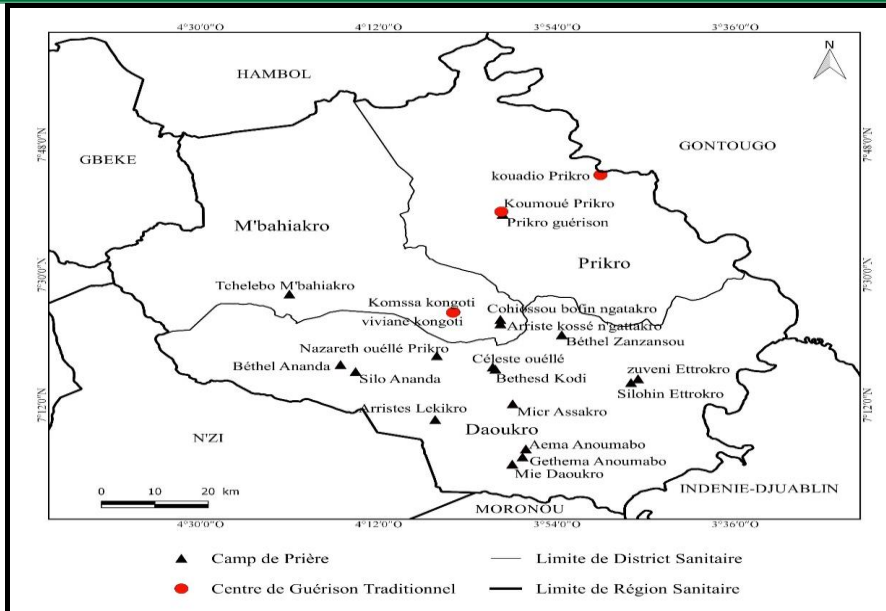
**1.5.3 Réalisation des Cartes :** Les cartes géographiques ont été élaborées à l'aide du logiciel QGIS 2.18, intégrant les données géospatiales collectées lors de la première phase de l'enquête. Ces cartes ont été utiles pour visualiser la distribution des structures de soins non conventionnelles dans la région de l'Iffou.

## 2. RESULTATS

### 2.1. Distribution spatiale et caractéristiques sociodémographiques des structures de soins de santé mentale non conventionnelles dans la région sanitaire de l'Iffou

#### 2.1.1. Cartographie des camps de prière et des centres de guérison traditionnels

Les structures non conventionnelles en santé mentale constituent le premier recours thérapeutique des patients et de leurs familles. On note une répartition qui est inégalement répartie sur l'ensemble des trois districts sanitaires comme illustre bien la carte 2.

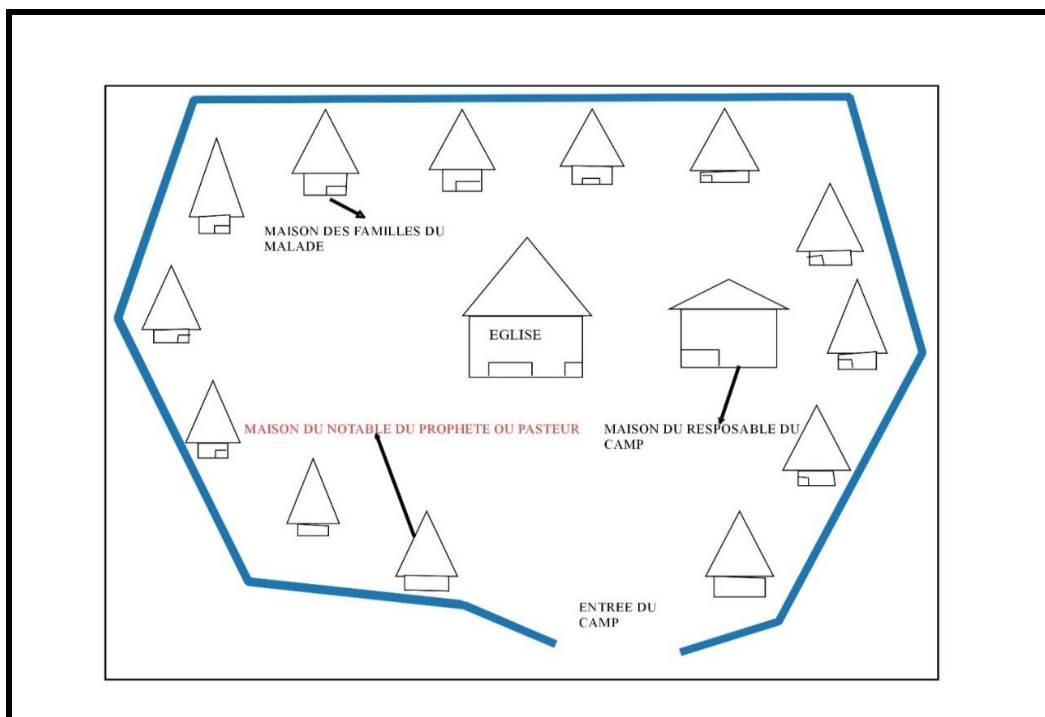


**Figure 2 :** Répartition des structures de soins psychiatriques non conventionnelles (Source : Carto psy, 2020 Réalisation : KOUAKOU Koffi Ferdinand, Mai 2023).

Les camps de prière et les centres de guérison traditionnels (tradipraticiens) sont inégalement répartis dans la région sanitaire de l’Ifou. La région sanitaire de l’Ifou dispose au total 21 structures de soins de santé mentale non conventionnelles dont 17 camps de prière et 4 centres de guérison traditionnels. Le district sanitaire de Daoukro concentre la majorité des camps de prière. Un effectif de 13 camps de prière sur 17 sont installés dans le district sanitaire de Daoukro, contre 3 dans le district sanitaire de M’bahiakro et 1 dans le district sanitaire de Prikro. Par ailleurs, il existe respectivement 2 centres de guérison traditionnels dans le district sanitaire de Prikro et de M’bahiakro. Par contre, il n’existe aucun centre de guérison traditionnel dans le district sanitaire de Daoukro. Le paysage de la région sanitaire de l’Ifou est fortement marqué par l’implantation des camps de prières (80,95%) au détriment des centres de guérison traditionnels (19,04%).

**2.1.2. Caractéristiques des camps de prière et des centres de guérison traditionnels**

Les camps de prière ou cliniques à ciel ouvert sont des micro-espaces ou petits espaces, des centres de guérison spirituels sous la responsabilité des guides religieux qui sont détenteurs de dons de guérison reçus de Dieu [6]. La figure 1 qui présente le plan typique d’un camp de prière.



**Figure 3 :** Plan de l’espace d’un camp de prière (Source : KOUAKOU Koffi Ferdinand, Mai 2022).

Dans le fonctionnement d'un camp de prière, le premier responsable est le prophète et les décisions viennent de lui. Ainsi, les pasteurs ou d'autres frères sont ici considérés comme des notables auprès du prophète, responsable premier du camp de prière car ils sont aux services du prophète et veillent au bon fonctionnement du camp. De plus, il existe un contact récurrent des malades et leurs familles envers le premier responsable du camp. Les camps de prière gardent toujours le rôle ou statut d'église en prenant soins aux malades.

Les centres de guérison traditionnels, sont des lieux de guérison spirituels ou traditionnels comportant des personnes ayant des connaissances et pratiques explicables ou non pour diagnostiquer, prévenir ou éliminer, un déséquilibre physique, mental ou social, en s'appuyant sur l'expérience vécue et l'observation transmise de génération en génération oralement ou par écrit. Contrairement aux camps de prière qui sont bien souvent en retrait des villages sous décision des autorités villageoises pour éviter la cohabitation entre religions traditionnelles et la religion chrétienne, les centres de guérison traditionnels sont implantés dans le village ou dans la ville. Dans leur organisation spatiale, les centres de guérison traditionnels ont des modes d'organisation qui diffèrent des camps de prière, car ils ne construisent pas de vie communautaire. Les guérisseurs traditionnels gardent toujours le rôle ou statut de connaisseur de plantes et consultation en prenant soins des malades. Dans la région sanitaire de l'Iffou, les centres de guérison traditionnelle et les camps de prières sont inégalement répartis.

## 2.2. Caractéristiques socio sanitaires des personnes vivant avec la maladie mentale et épilepsie dans la région sanitaire de l'Iffou

### 2.2.1. Profil sociodémographique des patients

La question des troubles mentaux est un souci majeur qui touche toutes les sociétés sans distinction d'âge et sexe. Dans la région sanitaire de l'Iffou, la structure par âge et par sexe des populations à risque révèle que les jeunes et les femmes sont les plus vulnérables face à la maladie mentale et l'épilepsie (figures 2 et 3).

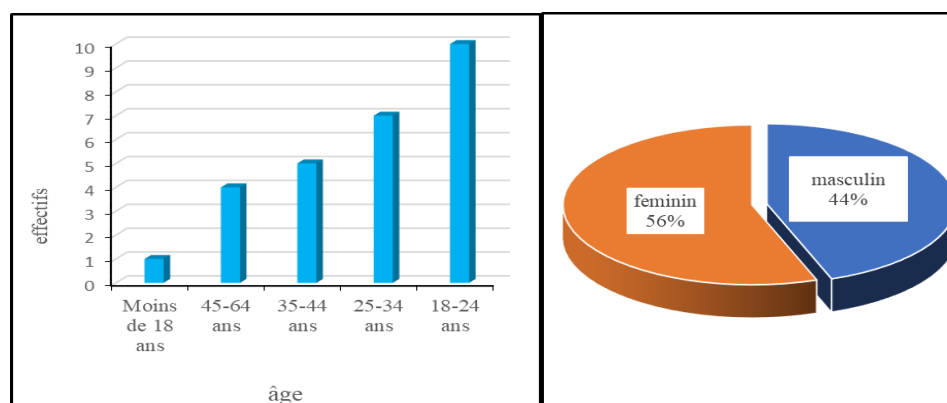


Figure 2 : Classe d'âge des PVMME.

Figure 3 : Distribution des PVMME selon le sexe

L'analyse de ces figures (2 et 3) montre que les cas des Personnes Vivant Avec La Maladie Mentale Et Epilepsie (PVMME) sont plus enregistrés chez les jeunes de tranche d'âge compris entre 18 à 44 ans pour la première figure et chez les femmes par rapport aux hommes pour la seconde figure. La figure (2), montre des cas élevés des PVMME dont l'âge varie entre 18 et 24 ans. Cette tranche d'âge concentre 37% de PVMME enregistrés. D'après les résultats des investigations, les populations de cette tranche d'âge sont les plus touchées par les maladies mentales et l'épilepsie à cause de l'effet systémique de l'infidélité dans les relations conjugales et de couples, de la consommation abusive de l'alcool et de la cocaïne, de l'adoption des pratiques mystiques (cas du phénomène de broutage et portefeuille magique) en vue de parvenir à un enrichissement rapide et accéléré. Les populations jeunes ont davantage recours aux féticheurs en vue de leur assurer une protection mystique.

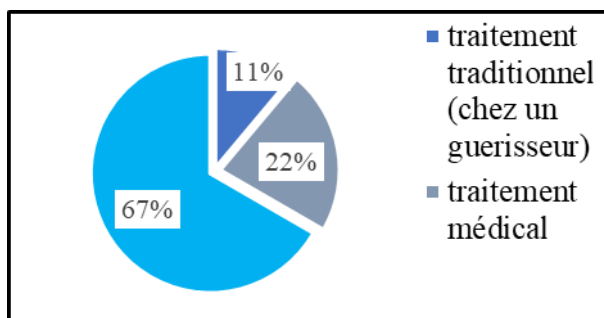
Les PVMME comprises dans les tranches d'âge de 25 à 34 ans et 35 à 44 ans représentent respectivement 26% et 19% des cas enregistrés. Le facteur dominant évoqué, dans ces tranches d'âge, par les enquêtés est le refus de danser le « *komian* » ou adorer les « *fétiches* ». Les PVMME situées dans la tranche d'âge de 45 à 64 ans, cumulent 4 cas enregistrés soit 14,8% de l'effectif. Les cas enregistrés au niveau des populations dont l'âge varie entre 45 et 64 ans s'expliquent spécifiquement d'après les enquêtés par l'effet de vieillissement des fonctions intellectuelles, de l'anxiété, des troubles de sommeil associé au deuil familial et à l'impuissance sexuelle notamment chez les populations masculines. Chez les moins de 18 ans, une proportion de 4% de PVMME a été enregistrée. Ces cas sont associés aux accouchements précoces et le retard mental par les enquêtés.

La figure 3, révèle une prédominance des femmes avec 56% des cas des Personnes Vivant Avec La Maladie Mentale Et Epilepsie (PVMME) contre 44% chez les hommes. Les patients de sexe féminin sont les plus touchés par la maladie mentale et épilepsie dans la région sanitaire de l'Iffou contrairement aux études réalisées ailleurs où les hommes sont les plus affectés. Généralement les maladies mentales et épilepsies proviennent des esprits impurs. Dans la majorité

des églises, les femmes sont plus nombreuses que les hommes. En effet, la forte proportion des malades mentaux et épilepsies chez les femmes serait due, selon nos investigations, par le fait qu'elles sont plus exposées aux démons et faciles à manipuler par ces démons. Pour exemplifier leur affirmation, les enquêtés font souvent référence à l'histoire d'Adan et Eve selon laquelle la femme aurait été à l'origine des péchés chez les humains.

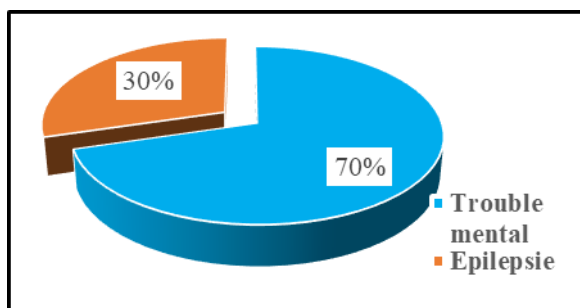
### 2.2.2. Une prédominance des troubles mentaux chez les patients ayant recours aux structures de soins non conventionnelles

Les camps de prière et les centres de guérison traditionnels représentent des lieux de refuge pour la plupart des populations ayant été atteintes par les troubles mentaux et l'épilepsie. Les PVMME ont opté notamment pour le traitement traditionnel, le traitement médical et le traitement dans les camps de prière. La figure 4 montre les choix thérapeutiques.



**Figure 4 :** Choix thérapeutique des Personnes Vivant Avec La Maladie Mentale Et Epilepsie (PVMME).

La figure 4 montre que 67% des PVMME préfèrent camps de prière comme choix thérapeutiques. La forte présence des PVMME dans les camps de prière au détriment des autres espaces non conventionnels de soins s'expliquerait en partie la gratuité qu'ils offrent. Dans les camps de prière il n'y a pas de dépense à faire car tout est gratuit. Ce qui n'est pas le cas pour le traitement médical. Selon l'avis du prophète KONAN Blé Célestin du camp de prière d'Abokro, il existe certaines maladies que la médecine moderne est incapable de soigner. Il a cité l'exemple des maladies qu'il qualifie de « *maladies spirituelles* ». Pour lui, ces maladies se guérissent dans les camps de prière à travers la prière et les jeûnes.



**Figure 5 :** Type de maladie mentale.

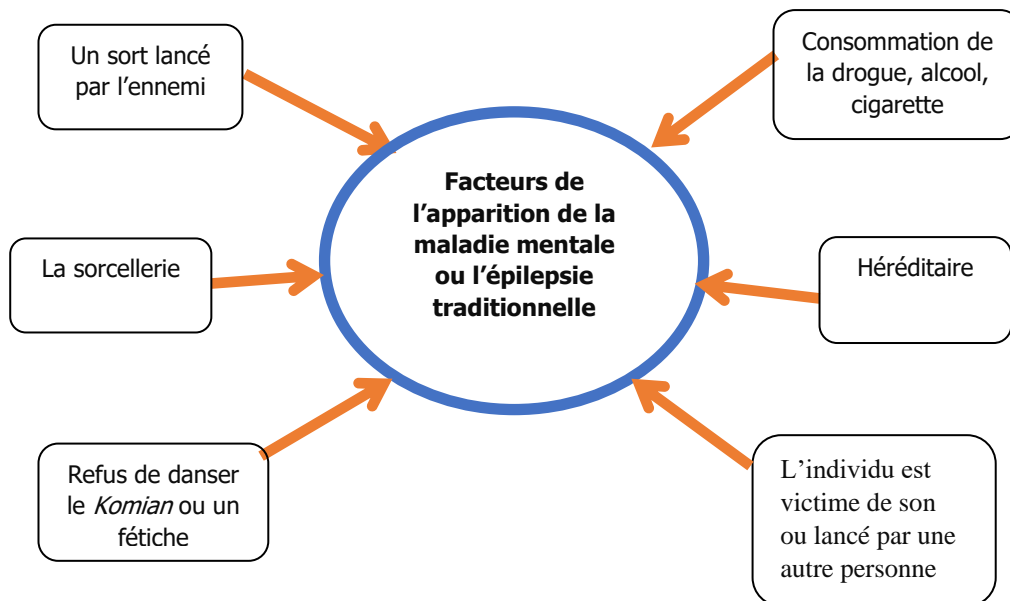
D'après les résultats d'enquêtes 70% des malades souffrent de troubles mentaux contre 30% souffrant des cas d'épilepsie. La forte dominance des cas des troubles mentaux s'explique par la consommation abusive de la drogue, de l'alcool, de la cigarette de certaines jeunes de la région. Ainsi, il s'ajoute l'apparition de certains esprits mauvais (démons, esprit de *komian* ou esprit d'adoration de fétiche), des sorts lancés par autrui qui favorisent la folie dans certains cas. Ces personnes atteintes de troubles mentaux sont nombreuses et s'orientent dans les structures de soins de santé mentale non conventionnelles. Concernant la faible proportion de 30% des cas d'épilepsie, nos recherches ont montré que la maladie de l'épilepsie est une maladie rare qui est causé spécifiquement par un démon. Selon les propos du prophète YAO Brou du camp de prière Béthel d'Ananda, il affirme que : « *l'épilepsie est une maladie rare qui est provoqué par un démon, quand ce démon saisi l'esprit d'une personne, il le serre et quand il le relâche, la personne tombe et crie* ».

## 2.3. Les déterminants du recours aux soins dans la région sanitaire de l'Iffou

### 2.3.1. Facteurs socio-culturels du recours de la maladie mentale chez les PVMME

D'après 60% des enquêtés, les guérisseurs et les prophètes s'occupe à la fois du malade et de la maladie. Alors que 40% des enquêtés quant à eux, les structures de soins conventionnelles se focalisent sur la maladie au détriment des malades. Selon eux, pour comprendre l'étiologie de la maladie, les guérisseurs et les prophètes s'interrogent sur le

comment et le pourquoi de la maladie. La question du « comment » vise à comprendre l'origine de la maladie. Par contre celle du « pourquoi » s'intéresse au sens profond de la maladie. Les causes des maladies mentales sont matérialisées à travers la figure 6.



**Figure 6 :** Synthèse des causes des maladies mentales.

Certains responsables des camps de prière et centres de guérison traditionnels perçoivent 6% des malades mentaux comme des victimes de leurs propres actions dans la mesure où l'individu dans sa quête d'argent ou de biens matériels peut avoir recours à un « féticheur » ou à un « marabout ». Celui-ci lui donne un talisman pour répondre à ses besoins. Dans l'usage du fétiche, le non-respect des prescriptions et interdits du féticheur peut le rendre « fou » [7].

Ainsi, le malade mental peut être victime des actions d'un être jaloux qui lui lancerait un sort par le don de son nom ou de sa photo à un « marabout » ou à un « féticheur » pour le rendre « fou ». D'après 4% des enquêtés, les troubles mentaux sont d'origine héréditaire. En plus, 20% des enquêtés ont associé les troubles mentaux à l'adoration des fétiches. Ils ont souligné que dans certaines familles l'institution « Komian » ou l'adoration des « fétiches » se transmet de génération en génération. Ainsi, lorsque les « génies » portent leur choix sur un membre de la famille, ce dernier n'a le choix que d'être à leur merci. Dans cette dynamique, tout individu qui refuse de danser le « Komian » ou adorer les « fétiches », voire déroger à ces règles devient « fou ». Selon 30% des enquêtés, l'effet conjugué de l'abus de la consommation de l'alcool, de la drogue, et de la cigarette explique les troubles mentaux chez les populations jeunes.

### 2.3.2. Facteurs économiques du recours aux soins dans les structures de soins de santé mentale non conventionnelles

Le manque de centre psychiatrique moderne dans la région sanitaire de l'Iffou, conduit les personnes atteintes de troubles mentaux dans les camps de prière et les centres de guérison traditionnels. Outre cela, dans ces structures de soins de santé mentale non conventionnelles, le coût des soins des PVMME par an est en grande quantité gratuite. Le tableau 1 montre bien cette dominance.

**Tableau 1 :** Coût de la prise en charge des PVMME dans les camps de prière.

Coût de la prise en charge des PVMME en dollars USA	Effectifs des PVMME	Pourcentages (%)
Gratuit	17	62,9
4 dollars USA	4	14,8
10 dollars USA	4	14,8
14 dollars USA	2	7,4
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>100</b>

**PVMME :** Personnes Vivant Avec La Maladie Mentale Et Epilepsie.

Ce tableau 1 témoigne que 62,9% des personnes souffrant de la maladie mentale et épilepsie bénéficiaient d'une prise en charge gratuite. Par contre, 37,10% d'entre eux payent, des montants variant entre 4 dollars USA et 14 dollars USA. Selon les responsables de ces camps de prières, le malade pourrait revenir après son rétablissement pour

« *dire merci en faisant parler son cœur* ». Pour certains responsables, cet argent nous permettra d'effectuer certains travaux dans le camp où centre. Nos résultats ont montré que dans ces structures non conventionnelles les gens font du social, ce qui est contraire dans les centres spécialisés en psychiatrie.

### 3. DISCUSSION

Les problèmes de santé mentale représentent un lourd fardeau économique, humain et social à travers le monde et la Côte d'Ivoire ne fait pas exception à ce fléau. Pour cela, la Côte d'Ivoire s'est d'avance engagée dans la promotion de la santé mentale sous la recommandation de l'OMS [8]. Malgré les efforts fournis par le gouvernement ivoirien pour la bonne prise en charge des malades mentaux, la région sanitaire de l'Iffou fait face à un déficit de centre psychiatrique moderne.

L'absence de centre psychiatrique dans la région de l'Iffou a occasionné l'installation des structures de soins de santé mentale non conventionnelles (les camps de prière et les centres de guérison traditionnels). Ces structures sont inégalement réparties et assurent la sécurité sanitaire de personnes souffrantes de troubles mentaux. Les résultats de l'étude sont similaires à ceux obtenus par Kouassi (2019) [9], en indiquant que, dans un contexte de désert d'offre de soins psychiatrique, le paysage religieux chrétien de la région de Gbêkê est marqué par un foisonnement de camps de prière dont l'un des objectifs curatifs est de garantir la sécurité sanitaire aux populations souffrant de maladie mentale. Pour eux, les jeunes (18-35 ans) et les femmes (58%) sont les plus touchés par les troubles mentaux et épilepsies. L'étude a aussi relevé que l'apparition la maladie mentale et épilepsie chez les Personnes Vivant Avec La Maladie Mentale et Epilepsie (PVMME) est à l'origine de plusieurs causes. Un individu peut devenir "fou" par sa propre action, un "sort" lancé par Autrui, par les esprits maléfiques, par la sorcellerie, par maladie héréditaire et biens d'autres. Nos résultats sont corroborés par ceux obtenus par Langevin (2017) [10], à travers une étude menée sur les croyances culturelles de la santé mentale au Ghana affirmant que la plupart des causes de trouble de santé mentale (TSM) sont dues à des conflits entre des gens. Ces conflits débouchent sur des batailles spirituelles dans lesquelles les adversaires se lancent des sorts maléfiques qui conduire le plus souvent à la folie.

Nos résultats sont en phases avec ceux obtenus par Samentacom (2019) [7], à travers une étude intitulée : « santé mentale et droits de l'homme dans les camps de prière en Côte d'Ivoire : analyse situationnelle dans la région sanitaire du Gbêkê ». D'après les résultats de cette étude les maladies en générale et les maladies mentales et l'épilepsie en particulier sont perçues par les responsables des camps de prière comme étant à la fois spirituelles et médicales. Des résultats similaires ont été obtenus, au Canada, par le CRDI (1979) [11], qui situe les causes de la maladie mentale à deux niveaux. Il s'agit entre autres des causes naturelles et non naturelles. Le fait de qualifier une maladie de naturelle n'implique pas nécessairement que le guérisseur s'intéresse à l'agent causal précis qui est intervenu dans cette maladie. Cela peut constituer simplement un préalable à un traitement qui sera de type purement naturaliste. Les causes non naturelles sont notamment recherchées dans du côté de la sorcellerie, des esprits et de la magie ou des fétiches (mystique). Face aux délires mystiques étroitement liés aux thèmes religieux ou surnaturels tels que la prière, le péché, la possession, la culpabilité, les esprits, les démons, l'ensorcellement, les forces mystiques, les fantômes et les sorciers, les malades mentaux sont isolés dans les camps de prière. A l'instar des résultats obtenus au Ghana par HUMAN RIGHTS WATCH, [12], cette étude menée dans la région de l'Iffou en Côte d'Ivoire révèle également la précarité des conditions de vie des populations malades dans les camps de prière. Selon les propos du prophète Oforie Atiemo Ambamfo, chef du camp de prière de Nyakumassi affirme que « *Dieu guérira les gens à travers moi que ce soit la dimension de la maladie. En jeûnant...je guéris les gens.* ».

En plus, la majorité des personnes vivant avec des troubles mentaux et épilepsies ont opté comme premier choix thérapeutique les structures de soins de santé mentale non conventionnelles pour plusieurs raisons. La gratuité où le coût moins élevé de la prise en charge des PVMME favorise la présence de ces PVMME dans les camps de prière et les centres de guérison traditionnels. Toutefois, nos résultats sont en adéquation avec ceux obtenus par J.D. D. N'ZI [13], qui affirme que, l'acceptation des malades dans les camps de prière est souvent gratuite ou payante selon les parents des malades. Souvent, les malades sont invités à s'acquitter d'une somme maigre entre 5000 à 10 000 FCFA seulement pour leur prise en charge. Nos résultats sont aussi superposables avec les résultats d'une étude menée au Ghana par Roberts (2014) [14], en indiquant que les camps de prière ou « *prayer camp* », sont détenus par des leaders religieux qui offrent des services de soins basés sur la foi chrétienne. Dans ces camps de prière on retrouve les cas de schizophrénie (28 %), d'épilepsie (5 %), de troubles d'humeur (8%), de toxicomanie (19%) et autres troubles mentaux (45%). Tout comme les camps de prière chez les chrétiens, il existe des centres de guérison spirituels chez les adeptes de l'Islam. Ce sont les centres roqya. Ainsi, il existe une similarité de nos résultats avec celui de Cherak (2019) [15], lorsqu'il affirme que la pratique de la roqya est apparue et se diffuse dans un contexte d'effervescence religieuse liée à un retour d'Islam des origines précisément dans les pays du Maghreb. Le malade et sa famille sont reçus par le *râqis*. Ces derniers, tout en s'appuyant sur des références religieuses coraniques font appel à leur expérience et représentativité de la maladie mentale pour chasser les *Djinn*s du corps du malade.

Les résultats d'une étude menée par Koyatte et Ymba (2018) [16], sont en conformité avec les résultats de notre présente étude. Pour eux, le recours aux guérisseurs traditionnels, aux devins et aux centres de guérison religieux chrétiens est le fait d'une faible offre de soins psychiatrique. La faible disponibilité de ressources adaptées notamment

pour les enfants atteints de troubles mentaux en Côte d'Ivoire rend l'accès au soin psychiatrique problématique. La dimension mystique conférée à la maladie mentale un facteur discriminant qui motive les populations atteintes de troubles mentaux et épilepsies d'aller dans les structures non conventionnelles au détriment des soins modernes.

#### 4. CONCLUSION

Les structures de soins de santé mentale non conventionnelles, telles que les camps de prière et les centres de guérison traditionnels, jouent un rôle essentiel dans la prise en charge des personnes vivant avec des troubles mentaux et l'épilepsie, comblant ainsi un vide dans l'offre de soins psychiatriques dans la région sanitaire de l'Iffou. Ces structures présentent une organisation spatiale similaire à celle des zones rurales, mais leur répartition dans la région est inégale, et elles accueillent un nombre considérable de patients atteints de troubles mentaux et d'épilepsie, avec une prédominance chez les jeunes et les femmes.

La disponibilité de soins gratuits ou à moindre coût dans ces établissements favorise la fréquentation des patients atteints de maladies mentales. De plus, la perception mystérieuse associée à la maladie mentale motive les individus souffrant de ces troubles à se tourner vers ces structures non conventionnelles pour leur prise en charge.

Ces structures de soins de santé mentale non conventionnelles remplissent trois fonctions distinctes : religieuse, curative et de socialisation des patients. En tant qu'espaces socio-spatiaux, les camps de prière et les centres de guérison traditionnels deviennent des lieux privilégiés pour le traitement et la gestion des maladies mentales qui échappent au système de soins de santé conventionnel en Côte d'Ivoire, en particulier dans la région sanitaire de l'Iffou.

#### 5. REFERENCES

1. Safon Mo, Suhard V. La santé mentale en France et dans les pays de l'OCDE. 2019;298p.
2. World Health Organization (OMS). *Investir dans la santé mentale*. 2004;27p.
3. World Health Organization (OMS). Plan d'action pour la santé mentale. Genève. 2011-2013;50p.
4. LE DROIT A LA SANTE EN COTE D'IVOIRE: ETAT DES LIEUX. Rapport de recherche. 1er août 2017;44p.
5. Direction de l'Informatique et l'Information Sanitaire. 2018;407p.
6. Sreu E. Santé mentale communautaire et accès aux soins psychiatriques dans la région sanitaire de Gbêkê. Thèse de doctorat en géographie humaine à l'Université Alassane Ouattara Bouaké. 2020;536p.
7. SAMENTACOM. Santé mentale et droits de l'homme dans les camps de prière en Côte d'Ivoire: analyse situationnelle dans la région sanitaire du Gbêkê. 2019;34p.
8. Programme national de santé mentale. Analyse situationnelle de base des structures offrant des soins de santé mentale en Côte d'Ivoire. Abidjan. 2011;71p.
9. Kouassi K, Sreu E, Koua Am. Les camps de prière: quelle soupape de sécurité sanitaire dans un désert d'offre de soins psychiatriques dans la région sanitaire de Gbêkê (centre - Côte d'Ivoire)? In RIGES, numéro spécial. 2019;pp 306-307.
10. Langevin R, Lavoie E, Laurent A. Les croyances culturelles sur la santé mentale: point de vue de parents francophones migrants de l'Afrique subsaharienne. *Neuropsychiatrie enfance adolescence*. 2017. DOI: 10.1016/j.neurenf.
11. CRDI. La médecine traditionnelle au Zaïre (Canada). 1979;63p.
12. HUMAN RIGHTS WATCH. La dimension (in)humaine des camps de prière du Ghana. 2014.
13. N'ZI JDD. Perceptions et pratiques thérapeutiques autour des maladies mentales dans les camps de prière: cas de la région sanitaire de Gbêkê. Thèse de doctorat en médecine. 2020;69p.
14. Roberts M, Mogan C, Asare Jb. An overview of Ghana's mental health system: results from an assessment using the World Health Organization's Assessment Instrument for Mental Health Systems (WHO-AIMS). *International journal of mental health systems*. 2014;8:16.
15. Cherak F-Z. La roqya, une forme d'automédication chez les possédés et les ensorcelés (Algérie, Égypte, France)? *Anthropologie et santé*. 2019;18.
16. Koyatte S, Ymba M. Prise en charge des enfants victimes de troubles mentaux dans le District sanitaire de Ferkessédougou (Côte d'Ivoire): offre de soins et itinéraires thérapeutiques. 2018;13p.



**How to cite this article: KOUASSI Konan, KOUAKOU Koffi Ferdinand, SREU Éric, et MAFOU Kouassi Combo.** RECOURS AUX STRUCTURES DE SOINS NON CONVENTIONNEL POUR LA PRISE EN CHARGE DES PERSONNES VIVANT AVEC LA MALADIE MENTALE ET EPILEPSIE (PVMME) DANS LA REGION SANITAIRE DE L'IFFOU (CENTRE-EST DE LA COTE D'IVOIRE). *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 17(3): 210-218.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial.

See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>





# American Journal of innovative Research & Applied Sciences

[American Journal of Innovative Research & Applied Sciences](#)

[www.american-jiras.com](http://www.american-jiras.com)

AJIRAS, Atlantic Centre for Research Sciences, All Rights Reserved.

Info-AJIRAS-® Multidisciplinary Journal:

ISSN-L 2429-5396 / OCLC Number: 920041286

-The AJIRAS Journal belongs to France country: See [link](#)

-Instructions and catalog listing on the National Library of France: See [link](#)

-The ISSN was registered on ISSN International Centre: See [link](#)

More information:

-AJIRAS is Open access scholarly journal published under Creative Commons licenses CC-BY

-ISSN and key title: ISSN 2429-5396 = American Journal of Innovative Research & Applied Sciences.

-Abbreviated key title: Am. J. innov. res. appl. sci.

-Indice(s) Dewey: 505 (22nd ed). 605 (22nd ed.); 570.5 (22nd ed.); 001 305 (22nd ed.).

-AJIRAS JOURNAL is an international online open access journal published monthly.