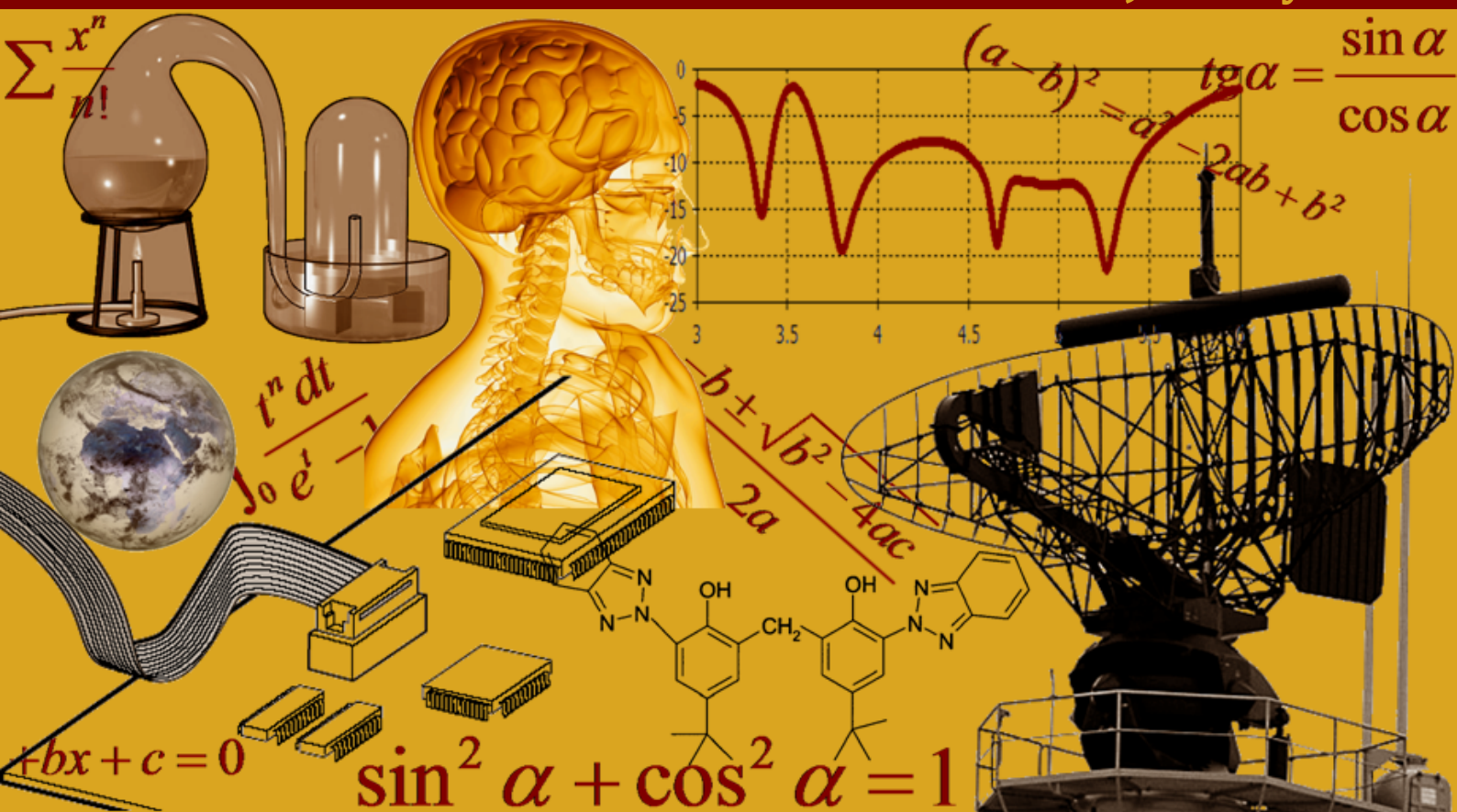


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 58 N. 2 January 2022



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

Table of Contents

Marqueurs biochimiques et COVID-19: Quel sont les marqueurs prédictifs de la sévérité de l'infection ?	105-115
<i><u>Rachid Elfaiz, Imad Elfaiz, Asmae Morjan, and Kamal Nabiha</u></i>	
Assessment of stress perceived pending of results after the test for covid-19 among Comorbid and non-Cormobid employees of a company in the Gabonese oil sector	116-124
<i><u>Tessa Moundjiegout, Boundenghan Méthode Claudien, and Mabika Landry Fabrice</u></i>	
Relations entre pluie pollinique, paramètres climatiques et sols en zone Soudano-guinéenne au Bénin	125-134
<i><u>A. R. S. Zanou, H. M. B. Alia, A. Tossa Dognon, I. Kenali, Komlan Batawila, M. G. Tossou, C. Adomou, Yedomonhan Hounankpon, and A. Akoegninou</u></i>	
Quantification and identification des bactéries potentiellement pathogènes dans les dépotoirs sauvages	135-142
<i><u>Balumisa Mubolwa Jules, Gabriel Baguma Balagizi, Rwabika Mushengezi Anicet, Munundu Mwangaza Aline, AKSANTI LWANGO, Safari Cizungu Dieu-donné, and Cubaka Kabagale Alfred</u></i>	

Marqueurs biochimiques et COVID-19: Quel sont les marqueurs prédictifs de la sévérité de l'infection ?

[Biochemical markers and COVID-19: Which markers predict the severity of the infection ?]

Rachid Elfaiz^{1,2}, Imad Elfaiz^{1,2}, Asmae Morjan^{1,3}, and Nabiha Kamal^{1,3}

¹Laboratoire de biochimie, CHU Ibn Rochd de Casablanca, Morocco

²Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Hassan II, Casablanca, Morocco

³Laboratoire d'Immunologie Clinique et d'Immuno-Allergie (LICIA), Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Hassan II, Casablanca, Morocco

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Introduction:* SARS-CoV-2 infection can induce disturbances of several biochemical parameters especially in patients with severe or critical forms of the disease. The aim of this study is to evaluate the predictive markers of the severity of COVID-19.

Materials and methods: Retrospective descriptive study, involving 129 COVID-19 positive patients. Patients were classified into two cohorts: severe (n=103) and non-severe (n=26) cases. The ROC curve and the associated area under the curve determination were used to determine the predictors of disease severity.

Results: The comparison between the two groups shows that the values of AST, GGT, LDH, CPK, CRP, Ferritin, PCT, Urea, Magnesium, Troponin I and BNP were significantly higher in patients with severe forms of COVID-19 compared to those with non-severe forms. While albumin, Chlorine and Calcium were significantly decreased in severe patients. ROC curve analysis showed that Albumin (AUC = 0.779), LDH (AUC = 0.798) and PCT (AUC = 0.732) have a medium predictive value for the severity of COVID-19. While the prognostic value were good for BNP (AUC = 0.854), CRP (AUC = 0.845) and high sensitivity Troponin I (AUC = 0.812).

Conclusion: The identification of biological factors predictive of the severity and/or mortality of COVID-19 infection will allow the development of predictive models of disease severity and their complementary uses in clinical practice for risk stratification and for early and adapted management to minimize the mortality rate and for rational allocation of medical resources.

KEYWORDS: Novel coronavirus, SARS-CoV-2, severity, prognostic value, laboratory Parameters.

RESUME: *Introduction:* L'infection au SARS-CoV-2 peut induire des perturbations de plusieurs paramètres biochimiques en particulier chez les patients ayant les formes sévères de la maladie. L'objectif de cette étude est d'évaluer les marqueurs prédictifs de la sévérité de la COVID-19.

Matériels et méthodes: Étude rétrospective descriptive, concernant 129 patients COVID-19 positifs. Les patients ont été divisés en deux cohortes: les cas sévères (n=103) et les cas non sévères (n=26). La courbe ROC et la détermination de l'aire sous la courbe associée étaient utilisés pour déterminer les variables prédictives de la sévérité de la maladie.

Résultats: La comparaison entre les deux groupes montre que les valeurs de l'ASAT, GGT, LDH, CPK, CRP, Ferritine, PCT, Urée, Magnésium, Troponine I et BNP étaient significativement élevées chez les cas sévères par rapport aux cas non sévères. Les valeurs de l'albumine, Chlore et le Calcium étaient significativement basses chez les cas sévères. L'analyse par courbe ROC a démontré que L'albumine (ASC = 0,779), LDH (ASC = 0,798) et la PCT (ASC = 0,732) ont une valeur prédictive moyenne de la sévérité de la COVID-19. La valeur pronostique était bonne pour BNP (ASC = 0,854), CRP (ASC = 0,845) et Troponine I hs (ASC = 0,812).

Conclusion: La connaissance des facteurs biologiques prédictifs de la sévérité de l'infection par la COVID-19 permettra l'élaboration de modèles prédictifs de la sévérité de la maladie et leurs utilisations en complément dans la pratique clinique pour la stratification des risques et pour une prise en charge précoce afin de minimiser le taux de mortalité et pour une gestion rationnelle des ressources médicales.

MOTS-CLEFS: Nouveau coronavirus, SARS-CoV-2, gravité, valeur pronostique, paramètres biologique.

1 INTRODUCTION

La contribution des marqueurs biologiques dans le diagnostic et les protocoles thérapeutiques des pathologies humaines est irremplaçable, la COVID-19 ne fait pas exception de ce paradigme.

Les manifestations cliniques de la COVID-19 sont dominées par des symptômes respiratoires tels que de la fièvre, une toux sèche et de la fatigue, qui surviennent fréquemment aux premiers stades de la COVID-19, mais certains patients peuvent rapidement développer un syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA), une insuffisance respiratoire aiguë, une défaillance de plusieurs organes et d'autres complications fatales [1], [2]. Aucun traitement antiviral spécifique n'a été entièrement développé pour la COVID-19. Ainsi, l'identification précoce des patients de mauvais pronostic peut faciliter une prise en charge appropriée à l'avance et réduire la mortalité.

L'identification des marqueurs biologiques prédictifs de la progression de la maladie vers les formes sévères et mortelles est une nécessité urgente. Elle permettra la stratification des risques, guidera l'intervention et la prise en charge thérapeutique. De plus, La détermination des paramètres biologiques permettant la discrimination entre les cas sévères et les cas non sévères, ou ceux qui présentent un risque élevé ou faible de mortalité, permettra une meilleure connaissance de la situation clinique [3].

L'infection au SARS-CoV-2 peut induire des perturbations de plusieurs paramètres biochimiques en particulier chez les patients ayant les formes sévères ou critiques de la maladie et nécessitant des soins intensifs [4], [5], [6], [7]. Ces perturbations sont le reflet des mécanismes physiopathologiques mis en jeu dans chaque organe. Plusieurs études ont montré que les marqueurs biochimiques inflammatoire et infectieux [8], [9], [10], les marqueurs cardiaques [11], [12] et de défaillance hépatique [13], [14] et rénale [15] peuvent être utilisés comme marqueurs prédictifs du pronostic de la COVID-19.

L'objectif de cette étude est d'analyser les anomalies des paramètres biochimiques chez les patients COVID19 positifs, hospitalisés au centre hospitalier universitaire Ibn Rochd de Casablanca, afin de déterminer la corrélation entre ces marqueurs biochimiques et la sévérité de la COVID-19. Ainsi que de déterminer les marqueurs prédictifs de la sévérité de cette maladie.

2 MATERIALES ET METHODES

Étude rétrospective descriptive, étalée sur une période de quatre mois, allant du 08/03/2020 au 30/06/2020. Concernant 129 patients COVID-19 positifs hospitalisés au niveau du CHU Ibn Rochd.

Les patients sont diagnostiqués COVID-19 positifs, selon les recommandations de l'OMS, par le test RT – PCR SARS COV2.

Les patients sont divisés en deux cohortes: les cas sévères (hospitalisés en soins intensifs) et les cas non sévères.

Tous les patients ont bénéficié d'un bilan à l'admission et des bilans de suivi au cours de leurs périodes de séjour à l'hôpital; comportant un bilan hydro-électrolytique, un bilan rénal, un bilan hépatique, bilan phosphocalcique, Troponine ultra-sensible, peptide natriurétique de type B (BNP), Lactate déshydrogénase, créatine kinase, protéine C réactive, Procalcitonine, Ferritine et le dosage du magnésium sanguin.

Les résultats d'analyses des paramètres biochimiques des patients sont pris à partir du SIL (système informatique du laboratoire) via le logiciel Kalisil.

La qualité des analyses est validée par des contrôles internes de qualité et la participation à des contrôles externes de qualités.

ANALYSE STATISTIQUE

Description des variables catégorielles en fréquences et pourcentages.

Description des variables continues en moyennes et écart-types pour les variables dont la distribution est normale, et en médiane et interquartile pour les distributions asymétriques.

Analyse de la distribution des variables par le test de Kolmogorov-Smirnov.

Comparaison des variables qualitatives entre les deux groupes par le test Khi-deux (χ^2).

Comparaison des variables quantitatives entre les deux groupes par le test de Student t pour les variables dont la distribution est normale, et le test non paramétrique de DE MANN-WHITNEY pour les variables dont la distribution est asymétrique.

La courbe ROC (receiver operating characteristic) et la détermination de l'aire sous la courbe (ASC) associée avec un intervalle de confiance de 95%, ainsi que l'analyse de régression logistique sont utilisés pour déterminer les variables prédictives de la sévérité de la maladie.

L'indice de Youden pour déterminer les seuils optimaux pour prédire la sévérité du COVID-19.

La valeur p significative a été définie à $p < 0,05$ comme habituellement convenu dans la littérature scientifique.

Les logiciels pour l'analyse statistique: SPSS version 19.0.0 et MEDCALC version 19.6.1

3 RESULTATS

3.1 DESCRIPTION DE LA POPULATION

Cent vingt neuf patients ont été inclus dans cette étude, l'âge moyen était de 55,5 ans (41 - 69), 59,69% des patients étaient de sexe masculin et 40,31% de sexe féminin, soit un sexe ratio H/F de 1,8.

Parmi ces patients, 103 présentaient des formes sévères de la maladie et 26 présentaient des formes non sévères.

La comparaison entre les deux groupes; cas sévères (n=103) et non sévères (n=26) en termes des caractéristiques démographiques est représenté dans le tableau I. Les patients avec des formes sévères étaient significativement plus âgés que les patients avec des formes non sévères

[58 (41 - 71) ans vs 41 (30 - 57,5) ans et $p=0,002$] alors que la répartition selon le genre était identique entre les deux groupes ($p=0,49$).

3.2 RÉSULTATS BIOLOGIQUES

Concernant les marqueurs biochimiques figurant dans le tableau II: Les résultats de l'exploration de la fonction hépatique montrent que les valeurs de l'Aspartate Aminotransférase (ASAT) et de la Gamma glutamyl-transférase (GGT) étaient significativement plus élevées ($p=0,012$ et $p=0,037$ respectivement) chez les patients avec des formes sévères par rapport aux formes non sévères. D'autre part l'albumine était significativement plus basse ($p<0,001$) chez les patients avec les formes sévères, alors que les deux groupes ne différaient pas significativement pour les valeurs de la Bilirubine, l'Alanine Aminotransférase (ALAT), la Phosphatase alcaline (PAL) et les protéines.

Au sujet de la fonction rénale l'urémie était significativement plus élevée ($p=0,0116$) chez le groupe des cas sévères par rapport au groupe des cas non sévères, cependant la créatinémie n'était pas significativement différente entre les deux cohortes ($p=0,103$).

En ce qui concerne les marqueurs du dommage tissulaire, La population avec une maladie sévère présentait des valeurs du Lactate deshydrogénase (LDH), de la Créatine phosphokinase (CPK) et Troponine I, significativement plus élevées ($p<0,001$, $p=0,01$ et $p<0,001$ respectivement) que la population avec des formes non sévères. Il en allait de même les marqueurs de l'inflammation, les valeurs de la protéine c-réactive (CRP), la Ferritine, et la Procalcitonine (PCT) ($p<0,001$, $p=0,012$ et $p=0,0012$ respectivement) étaient significativement plus élevées chez le groupe des cas sévères.

Par ailleurs pour les résultats des électrolytes sanguins, on a observé que les deux populations ne présentaient pas de différence statistiquement significative en Natrémie ($p=0,82$), Kaliémie ($p=0,76$), Phosphorémie ($p=0,078$) et bicarbonate ($p=0,37$). Alors que les valeurs du Chlore ($p=0,034$) et du Calcium ($p=0,002$) étaient significativement plus basses chez la population avec formes sévères tandis que le Magnésium était significativement plus élevé ($p=0,045$).

Enfin les valeurs du peptide natriurétique de type B (BNP) étaient significativement plus élevées chez le groupe des cas sévères par rapport au groupe des cas non sévère.

Tableau 1. Comparaison des caractéristiques démographiques entre le groupe des cas sévères (n=103) et le groupe des cas non sévères (n=26)

		Total (n=129)	Non Sévère (n=26)	Sévère (n=103)	P value
Sexe	MASCULIN	77 (59,69%)	14 (53,85%)	63 (61,17%)	0,49
	FEMININ	52 (40,31%)	12 (46,15%)	40 (38,83%)	
Age		55,5 (41 - 69)	41 (30 - 57,5)	58 (41 - 71)	0,002

Tableau 2. Comparaison des paramètres biochimiques entre le groupe des cas sévères (n=103) et le groupe des cas non sévères (n=26)

	Tous les patients (n=129)	Non Sévère (n=26)	Sévère (n=103)	z/t	P value
Albumine g/L	33,63 ± 6,77	38,45 ± 6,67	33 ± 6,34	3,910	0,0002
Alanine Aminotransférase (ALAT) UI/L	33 (19 -58)	28 (15,25-59,75)	34 (20 - 58)	-0,628	0,5298
Aspartate Aminotransférase (ASAT) UI/L	36 (22 -59)	23,5 (18,25-40)	37 (25 - 62)	-2,513	0,0120
Bilirubine conjuguée (directe) mg/L	2,8 (1,9 -4,4)	2,25 (1,775-3,975)	3 (2,05 - 4,55)	-1,127	0,2595
Bilirubine libre (indirecte) mg/L	3,2 (2 -5,05)	3,2 (2,05-6,55)	3,25 (1,93 - 4,83)	-0,484	0,6282
Bilirubine totale mg/L	6,4 (4,2 -9,6)	5,8 (3,65-10,35)	6,5 (4,2 - 9,4)	-0,279	0,7805
Gamma glutamyl-transférase (GGT) UI/L	56,5 (28,25 -107,25)	37,5 (19,25-84,5)	64,5 (29,75 - 124,25)	-2,087	0,0369
Phosphatase alcaline (PAL) UI/L	69,5 (55 -94,25)	59 (47,5-93)	73 (56 - 97)	-1,899	0,0576
Protéines totales g/L	66 (60,5 -72)	70 (63,5-75)	66 (60 - 71)	-1,873	0,0610
Bicarbonates mmol/L	26 (23 -29)	27,5 (24-30)	26 (23 - 29)	-0,884	0,3770
Calcium mg/L	84,98 ± 9,47	89,30 ± 6,45	84 ± 9,79	2,476	0,0020
Chlore (Cl) mmol/L	102 (99 -105)	104 (101-106)	102 (97 - 105)	-2,120	0,0340
Magnésium plasmatique mg/L	21 (20 -24)	21 (19,25-22)	22 (20 - 25)	-2,004	0,0451
Sodium (NA) mmol/L	138 (135 -140)	138 (136,5-139,5)	139 (135 - 141)	-0,223	0,8234
Potassium (K) mmol/L	4,1 (3,8 -4,4)	4,1 (3,65-4,4)	4,1 (3,8 - 4,4)	-0,301	0,7633
Phosphore mmol/L	33 (28 -40)	36 (31-42)	32 (27 - 39,5)	-1,761	0,0782
Créatinine mg/L	7,8 (6,7 -10)	7,4 (6,45-8,45)	8 (6,9 - 10,4)	-1,626	0,1039
Urée g/L	0,33 (0,24 -0,51)	0,28 (0,225-0,36)	0,35 (0,26 - 0,57)	-2,523	0,0116
Protéine c-réactive (CRP) mg/L	72,5 (16,08 -193,85)	4,05 (0,775-23,95)	90,35 (31,63 - 220,93)	-5,069	0,0000
Ferritine ng/ml	561 (199 -1385,5)	196 (94,5-848)	688,5 (258,75 - 1480)	-2,504	0,0123
Procalcitonine (PCT) ng/ml	0,09 (0,03 -0,36)	0,02 (0,01-0,09)	0,13 (0,04 - 0,49)	-3,191	0,0014
Créatine phosphokinase (CPK) UI/L	73,5 (40 -153,5)	44 (33-83)	77 (43 - 227)	-2,570	0,0102
Lactate deshydrogénase (LDH) UI/L	361 (265 -590)	250 (195,5-307,25)	403 (300,5 - 635,5)	-4,361	0,0000
Troponine I hs ng/L	6,4 (2,1 -36,5)	1,5 (0,325-3,075)	7,9 (2,7 - 42,9)	-4,389	0,0000
Brain natriuretic peptide (BNP) pg/ml	40 (13 -117)	10 (10-14,75)	44 (15 - 133)	-3,662	0,0003

3.3 ANALYSE PAR COURBE ROC DE LA PERFORMANCE DES TESTS BIOCHIMIQUES POUR PRÉDIRE LA SÉVÉRITÉ DE LA COVID-19

Les variables significativement différentes entre les deux groupes ont été étudiées comme tests pronostiques de la sévérité de la maladie. L'intérêt prédictif de chacune des variables prise isolément est présenté sous forme de courbes ROC dans la figure 1.

L'analyse des aires sous la courbe (ASC) a démontré que;

l'Age (ASC = 0,697 [IC 95%: 0,608 – 0,777]), ASAT (ASC = 0,665 [IC 95%: 0,576 – 0,746]), Calcémie (ASC = 0,684 [IC 95% 0,595 – 0,764]), Chlorémie (ASC = 0,642, [IC 95% 0,551 – 0,726]), Créatine phosphokinase (ASC = 0,687 [IC 95% 0,594 – 0,770]), Ferritinémie (ASC = 0,675 [IC 95% 0,582 – 0,759]), GGT (ASC = 0,645 [IC 95% 0,547– 0,734]), Magnésium plasmatique (ASC = 0,642 [IC 95% 0,547– 0,729]) et l'Urée sanguin (ASC = 0,660 [IC 95% 0,572 – 0,741]) ne permettaient pas de prédire la sévérité de la maladie, compte tenu des valeurs basses des ASC.

L'albumine (ASC = 0,779, [IC 95% 0,694 – 0,849]), LDH (ASC = 0,798, [IC 95% 0,715 – 0,866]) et la Procalcitonine (ASC = 0,732, [IC 95% 0,641 – 0,810]) ont une valeur prédictive moyenne avec des valeurs seuils de <36 g/L, > 308 UI/L et >0,02 ng/ml respectivement.

Tandis que la valeur pronostique est bonne pour BNP (ASC = 0,854, [IC 95% 0,766 – 0,919]), CRP (ASC = 0,845, [IC 95% 0,770 – 0,904]) et Troponine I hs (ASC = 0,812, [IC 95% 0,730– 0,878]) avec des valeurs seuils de >17 pg/ml, > 27,1 mg/L et >5,3 ng/l respectivement.

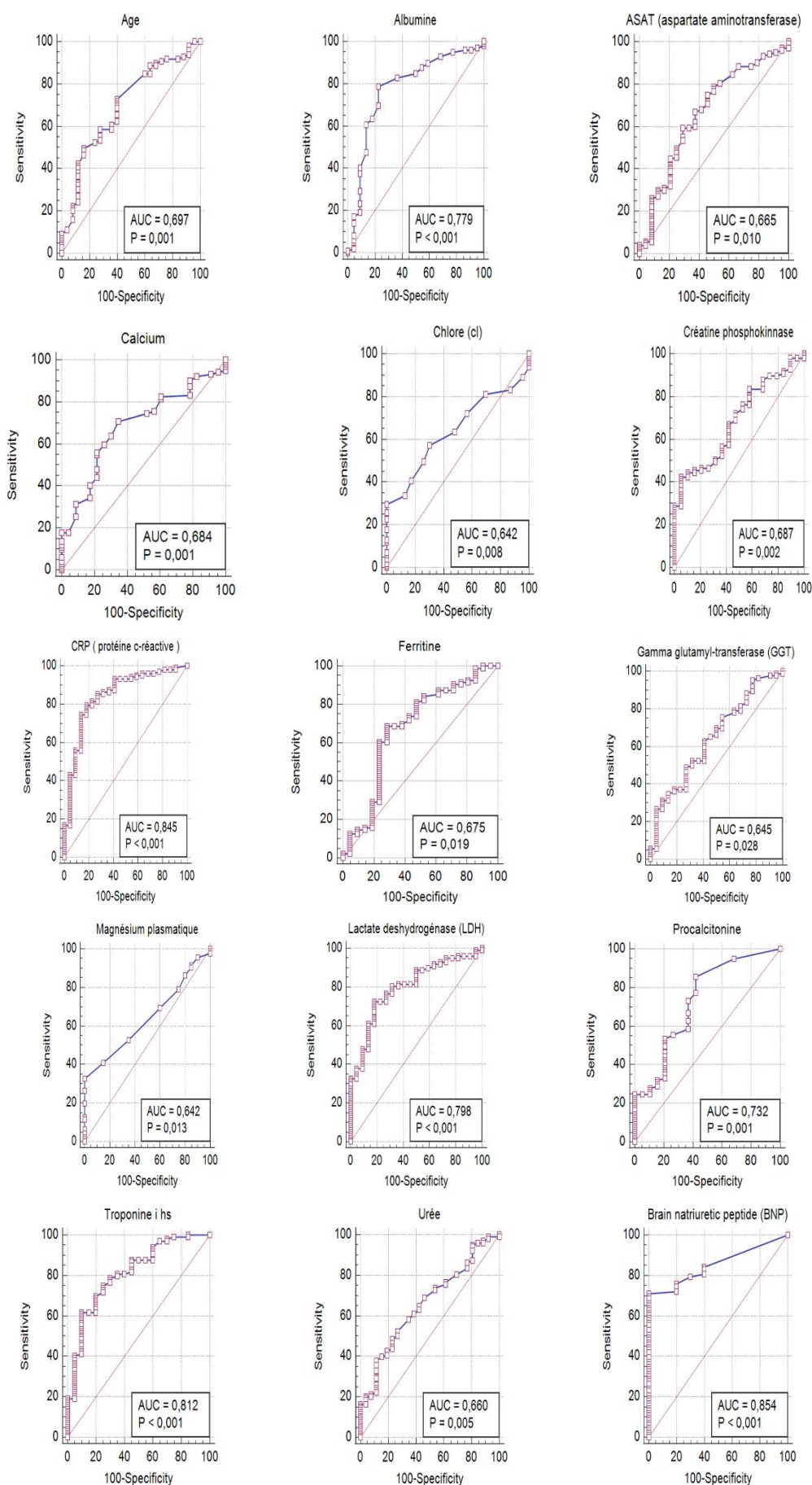


Fig. 1. Courbes ROC des marqueurs biochimiques

4 DISCUSSION

En décembre 2019, des pneumopathies sévères inexpliquées sont apparues dans la ville de Wuhan en Chine [16]. L'agent causal est un virus de la famille des coronavirus, initialement appelé nCoV-2019, puis SARS-CoV-2 par le comité international de taxonomie des virus [17]. Cette maladie nommée « COVID-19 » par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), s'est rapidement propagée atteignant des proportions épidémiques et a été détectée plus tard dans plusieurs pays du monde [18], ce qui a poussé l'OMS à déclarer officiellement le coronavirus disease 19 (COVID-19), une pandémie mondiale le 11 mars 2020 [19].

L'identification de marqueurs cliniques et biologiques prédictifs et fiables qui peuvent aider à identifier les patients COVID-19 positifs présentant un risque accru de développer des formes sévères de la maladie (par exemple, nécessitant une assistance respiratoire et/ou des soins intensifs), est primordiale pour adapter et rationaliser les modalités de la prise en charge, en particulier dans les établissements de santé dont les ressources ont été dépassées par le nombre énorme de cas COVID-19 nécessitant des soins intensifs.

Conformément à ce besoin impérieux, les résultats de notre étude fournissent une description concise des principales anomalies biochimiques caractérisant une cohorte de patients atteints du COVID-19 et nous avons observé qu'un certain nombre de ces marqueurs biochimiques présentent des différences significatives chez le groupe des cas sévères par rapport au groupe des cas non sévère.

Les définitions des formes non sévères et sévères sont hétérogènes selon les études et aucune définition des formes sévères n'a été validée. La commission nationale de santé chinoise a proposé les critères suivants pour la définition des formes sévères : fréquence respiratoire $> 30/\text{min}$, saturation pulsée en oxygène (SpO_2) $\leq 93\%$, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 300 \text{ mmHg}$, détresse respiratoire et nécessité d'une ventilation mécanique, signes de choc, défaillance d'organes nécessitant une prise en charge en soins intensifs [1].

Dans notre étude les patients hospitalisés dans les services de réanimations et nécessitant des soins intensifs sont classés dans le groupe des cas sévères et les patients hospitalisés dans les autres services et ne nécessitant pas une prise en charge en soins intensifs sont classés dans le groupe des cas non sévère. Le nombre élevé des cas sévères ($n=103$) par rapport au cas non sévères ($n=26$) dans notre cohorte s'explique par le fait que notre structure hospitalière prend en charge les formes sévères provenant des différentes provinces de la région et que la prise en charge des formes non sévères était réservée uniquement aux personnels médicaux et paramédicaux du CHU.

dans notre cohorte, on note une nette prédominance masculine (59,69%) avec un sexe ratio H/F de 1,8 ce qui est concordant avec plusieurs études, 63,7 % des patients étaient des hommes dans l'étude de Wu et al [20], 62 %, 58,1 %, 60,3 % et 59 % dans les études de Zhou et al [4], Guan et al [21], Richardson et al [22] et Gong et al [8] respectivement. Cette différence est possiblement expliquée par la fréquence plus élevée de facteurs de risques de sévérité de la maladie dans la population masculine. Cependant le genre n'est pas significativement différent entre les deux groupes ($p=0,49$) et n'étaient pas corrélés à la sévérité de la maladie et ceci en accord avec les études de Gong et al [8], Bonetti et al [23], Gao et al [24] et Wang et al [2], par contre Zhang et al [25] ont trouvé que le sexe masculin est un facteur de risque des formes sévères du COVID-19.

L'âge avancé a souvent été décrit comme facteurs de risque de la sévérité et de la mortalité du COVID-19 dans plusieurs études [2], [4], [8], [10], [22], [26], [27], [28]] et l'âge supérieur à 50 ans apparaissait comme fortement associé à la survenue d'un SDRA tandis que l'âge supérieur à 65 était associé à la mortalité selon l'étude de Wu et al [20]. Ceci est mis en évidence dans notre étude puisque les patients avec des cas sévères étaient significativement plus âgés ($p=0,002$), ceci peut être expliqué par le vieillissement du système immunitaire et le dysfonctionnement des lymphocytes T et B ainsi que la production excessive de cytokines de type 2 ce qui pourraient entraîner une déficience dans le contrôle de la réplication virale et des réponses pro-inflammatoires plus prolongées [29], [30].

Les différents marqueurs biologiques identifiés comme facteurs prédictifs de formes sévères de COVID-19 peuvent être classés en 3 groupes: les marqueurs biochimiques, immunologiques, inflammatoires et de défaillance viscérale. Dans notre étude on s'y intéressé aux marqueurs biochimiques de l'inflammation, d'infection et de défaillance d'organes.

Concernant les marqueurs biochimiques inflammatoires et infectieux, Plusieurs séries ont répertorié l'augmentation significative de la CRP chez les patients avec des formes sévères de la maladie par rapport aux cas non sévères de COVID-19 [8], [10], [20], [24], [26], [27], [31]], Gong et al [8] ont montré que la CRP est un marqueur prédictif de la sévérité de la maladie avec un $\text{ASC} = 0,838$ ($p=0,000$) et un seuil optimal de 30,7 mg/L. De même les travaux de Zhe et al [10], Liu et al [31] et Zhang et al [32] ont objectivé le même résultats en analyse multivariée par régression logistique avec un Odds Ratio (OR) = 1.030 [IC 95% 1.005-1.055], OR=10.530 [IC 95% 1.224-34.701] et OR=96.5 [IC 95% 4.6-2017.6]. Dans une autre étude Lu et al [27] ont trouvé qu'une valeur de la CRP $> 34 \text{ mg/L}$ était prédictif de la mortalité en analyse multivariée (modèle COX régression) avec un Hazard Ratio (HR) = 13,5 ([IC 95%, 3,1 - 58,0] $P<0,001$). Ces résultats corroborent bien ceux de notre étude qui retrouve une élévation significative de la CRP chez le groupe des cas sévères, à l'aide d'une courbe ROC ($\text{ASC} = 0,845$, [IC 95% 0,770 – 0,904]) par la méthode de maximalisation de l'indice de Youden, la valeur seuil de CRP de 27,1 mg/L a été identifiée comme permettant de discriminer les patients à risque de développer les formes sévères de la maladie confirmé en régression logistique univariée OR=1.019 ([IC 95% 1.007-1.031] $P=0,002$). La CRP est un marqueur réputé de l'inflammation. De cinétique rapide, elle est synthétisée par les hépatocytes et les adéocytes sous le contrôle des interleukines 6. A noter que plusieurs études ont montré que l'interleukine 6 est un facteur prédictif de la sévérité du COVID-19 [24], [10].

L'élévation de la Ferritinémie a été décrite comme facteur pronostique dans la littérature, la concentration moyenne de Ferritine était $>800 \mu\text{g/L}$ pour les patients atteints d'une maladie sévère. De plus, les niveaux de Ferritine à l'admission étaient entre 1,5 et 5,3 fois plus élevés chez les patients classés comme ayant une maladie sévère par rapport aux patients ayant une maladie COVID-19 non sévère [33]. Lin et al [34] ont trouvé qu'un taux élevé de la Ferritine était prédictif de la sévérité de la maladie OR = 3,302 [IC 95% 1.141 - 9.553, $p = 0.028$] et ceci était confirmé par l'analyse ROC (ASC = 0.7480, $p < 0.001$). Gandini et al [35] ont objectivé une discrimination excellente de la Ferritinémie (ASC = 0.939, [IC 95% 0,894-0,985], $p < 0.001$) et (OR = 1,0048, [IC 95% 1,0029 -1,0083] $p < 0,001$), Bai et al [28] ont incriminé également la Ferritinémie comme facteur pronostic (ASC = 0.833 [IC 95% 0.754-0.912]) et Wu et al [20] ont montré qu'une Ferritinémie élevée est un facteur de risque indépendant de développement d'un SDRA. D'autre part une méta-analyse de Henry et al [3] a recommandé l'utilisation du taux de la Ferritine sérique comme variable dans des modèles de stratification du risque qui peuvent servir de prédicteurs de la sévérité de la COVID-19. Alors que Feld et al [36] dans une étude rétrospective avec un effectif de 942 patients ont conclu que la Ferritine ne peut pas prédire de manière fiable la sévérité et la mortalité du COVID-19, bien que des taux de la Ferritine plus élevés soient associés à la mortalité toutes causes confondues.

Notre travail a objectivé une discrimination faible de la Ferritinémie (ASC = 0,675 [IC 95% 0,582 – 0,759], $p = 0.019$). Les mécanismes responsables de l'association de l'hyperferritinémie et de la sévérité de la maladie chez les patients atteints de COVID-19 ne sont pas élucidés, mais il existe plusieurs hypothèses [36], [37]; 1) La tempête cytokinique observée dans les formes sévères de COVID-19 et une production excessive, inadaptée et autoentretenue de médiateurs pro inflammatoires pourraient favoriser la synthèse de la Ferritine au début de l'inflammation. 2) La fuite de la Ferritine intracellulaire suite au dommage cellulaire provoqué par l'inflammation, ce qui augmente la Ferritine sérique. 3) En cas d'acidose, l'environnement microvasculaire et la production accrue d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) peuvent libérer le fer de la Ferritine, et c'est ce fer non ligaturé qui peut participer aux réactions de Haber-Weiss et de Fenton, en créant des radicaux hydroxyles, qui provoquent des dommages cellulaires supplémentaires.

La Procalcitonine est normalement produite par les cellules parafolliculaires de la thyroïde. Sa production extrathyroïdienne et sa libération dans la circulation est énormément amplifiées lors des infections bactériennes, et sont activement soutenues par des concentrations accrues d'interleukine (IL) - 1β , de facteur de nécrose tumorale (TNF) - α et d'IL-6. Néanmoins, la synthèse de ce biomarqueur est inhibée par l'interféron (INF) - γ , dont la concentration augmente lors des infections virales [38]. Plusieurs études ont cherché à élucider si la Procalcitonine, dont les valeurs ne sont pas sensiblement modifiées chez les patients atteints d'infections virales, peut jouer un rôle dans la distinction des patients avec ou sans formes sévères du COVID-19. Une méta analyse de Lippi et al [7] a montré que l'augmentation de la Procalcitonine semblent limitée à l'admission des patients, mais l'augmentation progressive de sa valeur semble refléter un pronostic défavorable. Dans la série de Bai et al menée sur une série de 127 patients, la PCT était retenue comme un facteur prédictif de décès (ASC = 0.900, $p < 0.001$) avec une valeur seuil de 0,15 ng/ml et en analyse multivariée un OR = 39.805 ([IC 95% 2.196-721.369], $p = 0.013$). Une autre étude de Pan et al [39] a retrouvé qu'un taux de PCT $> 0,2 \text{ ng/ml}$ était prédictif de la mortalité OR = 3.554 ([IC 95% 1.284-9.834], $p = 0.015$). L'étude de Liu et al [9] portant sur un effectif de 140 patients, a montré que la PCT peut être utilisée comme un facteur indépendant pour prédire la sévérité du COVID-19 (ASC = 0,812, $p < 0.001$) et que les patients avec un taux de la PCT $> 0,07 \text{ ng/ml}$ étaient plus susceptibles de présenter des complications sévères (HR = 4,908 ([IC 95%, 1.797–13.402] $P = 0.002$)). D'autre part une méta analyse de Lippi et al [38] a élucidé que l'augmentation des taux de la PCT est associée à un risque presque cinq fois plus élevé d'infection sévère par le SARS CoV-2. Tandis que l'étude de Gao et al [24] n'a pas objectivé de différence significative des taux de la PCT entre les deux groupes sévères et non sévères et ceci peut être expliqué par la taille d'échantillon (43 patients). Dans notre étude on a trouvé une différence significative entre les deux groupes et la PCT avait une valeur pronostique moyenne de la sévérité de la maladie (ASC = 0,732, $p < 0.001$).

L'élévation de la PCT chez les patients avec les formes sévères du COVID -19 peut être due aux infections bactériennes secondaires, il est donc important d'identifier l'infection potentielle et d'instaurer une antibiothérapie à temps [8], [28], [40].

LES MARQUEURS DE DÉFAILLANCE D'ORGANE

Dans notre étude, les biomarqueurs des lésions cardiaques et musculaires étaient significativement élevés chez les patients atteints de COVID-19 sévère. En effet la Troponine était prédictive de la sévérité de la maladie (ASC = 0,812 $p < 0.001$) et ceci est en accord avec plusieurs études, une méta-analyse de Lippi et al [41] ayant regroupé 341 patients, a montré que l'élévation de la Troponine était plus importante dans les formes sévères du COVID-19 (différence pondérée des moyennes de 25.6 ng/L) et s'associe à un pronostic péjoratif. Le même résultat était retrouvé dans la méta-analyse de Henry et al [3] avec une différence pondérée des moyennes de 32,7 ng/L. Dans une série de Bai et al [28] la Troponine était prédictif de la mortalité (ASC = 0,939 $p = 0.022$). Le même résultat était retrouvé dans l'étude de Shi et al [11] par analyse par la courbe ROC (ASC = 0.92, $P < 0.001$) avec une valeur seuil de 26 ng/ml et confirmé en modèle multivariée par la régression de COX avec un HR = 4.56 ([IC 95% 1.28–16.28]; $P = 0.019$). Une autre étude transversale de Chen et al [42] a mis en évidence qu'un taux élevé de Troponine I étaient un facteur prédictif indépendants d'une forme critique du COVID-19 (OR = 26,9 ([IC 95% 4,1-177,3] $P = 0.001$).

Le LDH est un acteur majeur dans le métabolisme du glucose qui est présent dans les tissus de tout l'organisme et catalyse réversiblement la transformation du pyruvate en lactate. Sa sécrétion est déclenchée par une nécrose de la membrane cellulaire.

Une série rétrospective observationnelle de Han et al [43] a montré que le LDH pouvait être identifié comme un puissant facteur prédictif pour la reconnaissance précoce des lésions pulmonaires et des cas sévères de COVID-19 (OR = 1,009 ([IC 95% 1,002 – 1,016] $P < 0,05$) et ceci

était confirmé par l'analyse ROC (ASC=0,878, $p < 0.001$) avec un seuil de discrimination de 344,5 UI/L. D'autre part l'élévation du LDH (environ 40 % des patients) était associée à la survenue d'un SDRA et à la mortalité dans l'étude de Zhou et al [4] en analyse univariée (OR= 45,43 ([IC 95% 6,10 – 338,44] $P = 0.002$), dans l'étude de Bai et al [28] (ASC=0,928, $p < 0.001$) et dans l'étude de Pan et al [39] une valeur de LDH > 481 UI/L est un facteur de risque indépendant de la mortalité (OR= 3.185 ([IC 95% 1.154-8.788] $P = 0.025$). Ces résultats corroborent bien ceux de notre étude; en effet le LDH était prédictif de la sévérité du COVID- 19 (ASC=0,798 $p < 0.001$) avec un seuil de discrimination de 308 UI/L.

Concernant la CPK, une étude rétrospective de Zhou et [4] a retrouvé qu'elle était un facteur de risque associé à la mortalité en analyse univarié OR= 2,56 ([IC 95% 1,03 – 6,36] $P = 0.043$). Dans la série Shi et al [11] l'isoenzyme CK MB ressortait comme prédictif de la mortalité avec une valeur seuil de 2,2 ng/ml (ASC=0,87 $p < 0.001$) et ceci était confirmé en analyse multivariée avec HR=6,62 ([IC 95% 2,49–17,59] $P < 0.001$). Bai et al [28] ont montré que la CPK était prédictive de la mortalité (ASC=0,864 $p = 0.032$). Cependant notre étude ne ressortait pas la CPK comme facteur prédictif de la sévérité de la maladie alors qu'il existait une différence significative entre les deux groupes, de même Wu et al [20] ont retrouvé que l'isoenzyme CK MB n'était pas un facteur de risque de mortalité ou de développement de SDRA.

Les peptides natriurétiques de type B (BNP et NT-pro-BNP) sont des marqueurs du stress myocardique et s'élèvent également en cas de pathologie respiratoire sévère en l'absence de dysfonction cardiaque clinique ou échographique. Leur élévation est aussi associée à un pronostic plus sombre chez des patients présentant un SDRA [44]. Les concentrations de BNP augmentent immédiatement après une lésion myocardique, l'ampleur de l'augmentation étant en corrélation avec l'importance de la lésion [45].

L'étude de Shi et al [11] a montré qu'un taux de NT-pro-BNP >900pg/ml est un facteur de risque de la mortalité HR= 3,12 ([IC 95% 1,25–7,80] $P = 0.015$). Guo et al [46] ont constaté que des taux élevés de Troponine T (cTnT) étaient significativement associés à des niveaux élevés de BNP sérique ($p < 0,001$) et ils ont rapporté que, parallèlement à l'élévation progressive des taux sériques de cTnT, les taux de BNP augmentaient aussi progressivement chez les patients COVID-19 dont l'état de santé se détériorait, contrairement aux patients avec des formes non sévères dont les taux sériques de BNP restaient faibles et stables. Une série de Stefanini et al [47] portant sur 397 patients a conclu que la détection précoce d'une élévation concomitante de hs-TnI et de BNP permet de prédire la mortalité chez les patients atteints de COVID-19 (OR =3, ([IC 95% 1,06 – 9,93] $p = 0.039$). Rath et al [12] ont observés que la majorité des patients sévèrement affectés par le COVID-19 révèlent des niveaux élevés de NT pro-BNP indiquant un stress myocardique aigu et qu'il est associé à un mauvais pronostic. Dans notre série Le BNP ressortait comme facteur prédictif de la sévérité de la maladie (ASC = 0,854; $P < 0,001$).

Les lésions myocardiques observées avec le COVID-19 sont attribuées à deux mécanismes d'action du Sars-Cov-2: direct par tropisme cardiaque via la protéine membranaire ACE2 et indirect via l'induction d'une intense réponse inflammatoire systémique, une tempête de cytokines et l'hypoxie secondaire à la lésion pulmonaire [11], [48], [49].

Les anomalies de la fonction hépatique sont un facteur prédictif important de la mortalité des patients atteints de COVID-19 [50], [13]. Une recherche récente a indiqué que le SRAS-CoV-2 peut se lier directement aux cholangiocytes ACE2-positifs; ainsi, les anomalies hépatiques chez les patients atteints de COVID-19 peuvent être dues à un dysfonctionnement des cholangiocytes et à d'autres causes, telles que des lésions hépatiques induites par des médicaments et par la réponse inflammatoire systémique [51].

L'hyperbilirubinémie totale signe une atteinte hépatique, elle a été décrite comme facteur de risque de la mortalité dans l'étude de Wu et al [20] HR=1,07 ([IC 95% 1,02-1,12] $P = 0,003$) et dans la série de Fu et al [14] OR=1,062 ([IC 95% 1,007 – 1,120] $P < 0,05$)

L'Aspartate Amino-transférase (ASAT) enzyme cytosolique et mitochondriale ubiquitaire (cœur, foie, muscle squelettique poumon, rein...), était retrouvé significativement élevé, en comparant les cas sévères et non sévères ou bien les patients décédés et les survivants, dans plusieurs études [5], [11], [12], [14], [23], [28], [32], [52] et sans différence significative dans d'autres [20], [39]. L'étude de Sun et al [5] a montré une forte corrélation entre la sévérité de la maladie et les taux de l'ASAT (Rho= 0.437; $P < 0,001$). D'autre part un taux élevé de l'ASAT était un facteur de risque de la mortalité dans l'étude de Fu et al [14] en analyse univariée (OR =2,627 ([IC 95% 1,586 – 4,351] $P < 0,001$).

De même L'Alanine Amino-transférase (ALAT), enzyme cytosolique spécifique du foie, était retrouvée significativement différent entre les différents groupes dans certaines études [13] [17] [32], [50], [53] et sans différence significative dans d'autres [11], [12], [23], [26], [28], [31], [39] alors qu'il n'était ressorti comme facteur prédictif de la fatalité du COVID-19 dans aucune étude.

Le rapport ASAT/ALAT a été également identifié comme facteur prédictif de la mortalité dans les travaux de Fu et al [14] (OR =3,224 ([IC 95% 1,586 – 6,555] $P < 0,001$))

Dans notre étude ces trois paramètres n'étaient pas retrouvés comme prédictif de la sévérité de la maladie.

L'albumine est l'indice le plus intuitif de l'état nutritionnel de l'organisme. Lorsque l'albumine diminue, l'organisme perd sa résistance au virus, ce qui entraîne la progression de la maladie [31].

La dénutrition est en règle générale un facteur de mauvais pronostic et doit donc être activement recherchée, Comme toute infection aiguë, COVID-19 est une maladie à haut risque de dénutrition [54].

L'hypoalbuminémie a une valeur pronostique péjorative au cours du COVID-19, elle a été décrite comme facteur prédictif de la sévérité de la maladie dans les travaux de Liu et al [31] (OR=7,353 ([IC 95% 1,098 – 50,000] P = 0,003) et une étude italienne de Bonneti et al [23] incluant 144 patients (dont 70 décès) a montré que l'hypoalbuminémie est un facteur prédictif de la mortalité par le SARS COV 2. D'autre part Wu et al [20] ont trouvé qu'elle est associée à la survenue d'un SDRA (HR=0,49 ([IC 95% 0,37-0,66] P<0,001) et à la mortalité (HR=0,19 ([IC 95% 0,07-0,49] P=0,001). Le même résultat était retenu par Bai et al [28] (ASC = 0.843; P<0,001). Une autre série de Fu et al [13] a rapporté que le taux de mortalité était très élevé chez les patients avec hypoprotéinémie par rapport à ceux avec une protéinémie normale (14.3 % vs 1.5%; RR=9,471 ([IC 95% 2,307- 38,880] P<0.001). Ces résultats sont en accord avec notre étude qui a ressorti l'hypoalbuminémie comme facteur prédictif de la sévérité du COVID-19 (ASC = 0,779; P<0,001) avec une valeur pronostic moyenne.

Il est également prouvé que les maladies rénales chroniques sont associées aux formes sévères de l'infection à COVID-19 [6]. De plus, le taux de mortalité lié à la pneumonie chez les patients atteints d'IRC semble être 14-16 fois plus élevé que dans la population générale [55].

Une étude prospective importante portant sur 701 patients a révélé que des taux élevés de la Créatinine sérique (HR=2,99 ([IC 95% 2,00–4,47] P<0,001) et de l'Urée (HR=7,15 ([IC 95% 4,92–10,39] P<0,001) à l'admission étaient en corrélation avec la sévérité de la maladie [15].

L'étude de Fu et al [14] a retrouvé que l'urémie était un facteur de risque de la mortalité en analyse univariée et multivariée (OR=1,589 ([IC 95% 1,273 – 1,984] P<0,001) alors que créatinémie n'était associé à la mortalité qu'en analyse univariée. Bai et al [28] ont montré que la Créatinine a une bonne valeur pronostic de la mortalité (ASC = 0,815; P<0,001) D'autre part Wu et al [20] ont trouvé que la Créatinine et l'Urée sont associés à la survenue d'un SDRA, de plus l'Urée était associée à la mortalité.

Les données d'une étude prospective multicentrique sur 16.749 patients au Royaume-Uni suggèrent une association entre la présence d'une insuffisance rénale chronique préalable, et le risque de mortalité chez les patients COVID-19 [56]. Cependant d'autres études n'ont pas trouvé une association entre la mortalité ou la sévérité de la COVID-19 et ces deux marqueurs rénaux [23], [31] et c'est le résultat de notre série.

Les mécanismes physiopathologiques de l'atteinte rénale de la COVID-19 restent hypothétiques; Elles peuvent être indirectes et rentrent dans le cadre de modifications hémodynamiques secondaires à l'état septique du patient et/ou à la présence d'une réponse immunitaire inflammatoire systémique inadaptée de type «tempête des cytokines». Ou bien une possible atteinte rénale cytopathique directe du coronavirus SARS-CoV-2, notamment du fait d'une expression préférentiellement tubulaire proximale de l'enzyme de conversion de l'angiotensine 2 (ACE2) [15], [57], [58] et l'expression de ACE2 dans les reins était près de 100 fois plus élevée que dans les poumons, selon des données récentes de séquençage de l'ARN de tissus humains [59].

5 CONCLUSION

Notre travail et ceux réalisés à ce jour suggèrent qu'il existe des preuves claires de l'association des biomarqueurs biochimiques, hématologiques et immunologiques avec la sévérité et/ou la mortalité de l'infection par la COVID-19.

Nos résultats ont démontré que la CRP, la Troponine, le BNP sont des facteurs prédictifs indépendants de la sévérité de la COVID-19 avec une bonne valeur pronostique, tandis que l'Albumine, LDH et la Procalcitonine ont une valeur pronostique moyenne.

La connaissance des facteurs pronostiques permettra l'élaboration de modèles prédictifs de la sévérité de la maladie et leurs utilisations en complément dans la pratique clinique pour la stratification des risques et pour une prise en charge précoce et adaptée afin de minimiser le taux de mortalité et pour une gestion rationnelle des ressources médicales.

REFERENCES

- [1] Plaçais L, Richier Q. COVID-19 : caractéristiques cliniques, biologiques et radiologiques chez l'adulte, la femme enceinte et l'enfant. Une mise au point au cœur de la pandémie. *Rev Médecine Interne* 2020; 41: 308–18. <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2020.04.004>.
- [2] Wang K, Zuo P, Liu Y, Zhang M, Zhao X, Xie S, et al. Clinical and laboratory predictors of in-hospital mortality in patients with COVID-19: a cohort study in Wuhan, China. *Clin Infect Dis* n.d. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa538>.
- [3] Henry BM, de Oliveira MHS, Benoit S, Plebani M, Lippi G. Hematologic, biochemical and immune biomarker abnormalities associated with severe illness and mortality in coronavirus disease 2019 (COVID-19): a meta-analysis. *Clin Chem Lab Med CCLM* 2020; 0. <https://doi.org/10.1515/cclm-2020-0369>.
- [4] Zhou F, Yu T, Du R, Fan G, Liu Y, Liu Z, et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *The Lancet* 2020; 395: 1054–62. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30566-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30566-3).
- [5] Sun Y, Dong Y, Wang L, Xie H, Li B, Chang C, et al. Characteristics and prognostic factors of disease severity in patients with COVID-19: The Beijing experience. *J Autoimmun* 2020; 112: 102473. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2020.102473>.
- [6] Henry BM, Lippi G. Chronic kidney disease is associated with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection. *Int Urol Nephrol* 2020; 52: 1193–4. <https://doi.org/10.1007/s11255-020-02451-9>.

- [7] Lippi G, Plebani M. Laboratory abnormalities in patients with COVID-2019 infection. *Clin Chem Lab Med* 2020; 58: 1131–4. <https://doi.org/10.1515/cclm-2020-0198>.
- [8] Gong J, Dong H, Xia Q, Huang Z, Wang D, Zhao Y, et al. Correlation Analysis Between Disease Severity and Inflammation-related Parameters in Patients with COVID-19 Pneumonia. *Infectious Diseases (except HIV/AIDS)*; 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.02.25.20025643>.
- [9] Liu F, Li L, Xu M, Wu J, Luo D, Zhu Y, et al. Prognostic value of interleukin-6, C-reactive protein, and procalcitonin in patients with COVID-19. *J Clin Virol Off Publ Pan Am Soc Clin Virol* 2020; 127: 104370. <https://doi.org/10.1016/j.jcv.2020.104370>.
- [10] Zhe Z, T C, K L, X H, Z H, G G. Clinical value of immune-inflammatory parameters to assess the severity of coronavirus disease 2019. *Int J Infect Dis IJID Off Publ Int Soc Infect Dis* 2020; 95. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.04.041>.
- [11] Shi S, Qin M, Cai Y, Liu T, Shen B, Yang F, et al. Characteristics and clinical significance of myocardial injury in patients with severe coronavirus disease 2019. *Eur Heart J* 2020. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa408>.
- [12] Rath D, Petersen-Urbe Á, Avdiu A, Witzel K, Jaeger P, Zdanyte M, et al. Impaired cardiac function is associated with mortality in patients with acute COVID-19 infection. *Clin Res Cardiol* 2020; 109: 1491–9. <https://doi.org/10.1007/s00392-020-01683-0>.
- [13] Fu L, Fei J, Xu S, Xiang H-X, Xiang Y, Tan Z-X, et al. Acute liver injury and its association with death risk of patients with COVID-19: a hospital-based prospective case-cohort study. *MedRxiv* 2020: 2020.04.02.20050997. <https://doi.org/10.1101/2020.04.02.20050997>.
- [14] Fu L, Fei J, Xiang H-X, Xiang Y, Tan Z-X, Liu F-F, et al. Influence factors of death risk among COVID-19 patients in Wuhan, China: a hospital-based case-cohort study n.d.: 20.
- [15] Cheng Y, Luo R, Wang K, Zhang M, Wang Z, Dong L, et al. Kidney disease is associated with in-hospital death of patients with COVID-19. *Kidney Int* 2020; 97: 829–38. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2020.03.005>.
- [16] Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med* 2020; 382: 727–33. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001017>.
- [17] Wu Y, Ho W, Huang Y, Jin D-Y, Li S, Liu S-L, et al. SARS-CoV-2 is an appropriate name for the new coronavirus. *The Lancet* 2020; 395: 949–50. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30557-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30557-2).
- [18] Wu JT, Leung K, Leung GM. Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-nCoV outbreak originating in Wuhan, China: a modelling study. *The Lancet* 2020; 395: 689–97. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30260-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30260-9).
- [19] Lippi G, Mattiuzzi C, Bovo C, Plebani M. Current laboratory diagnostics of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Acta Bio Medica Atenei Parm* 2020; 91: 137–45. <https://doi.org/10.23750/abm.v91i2.9548>.
- [20] Wu C, Chen X, Cai Y, Xia J, Zhou X, Xu S, et al. Risk Factors Associated With Acute Respiratory Distress Syndrome and Death in Patients With Coronavirus Disease 2019 Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA Intern Med* 2020; 180: 934–43. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.0994>.
- [21] Guan W, Ni Z, Hu Y, Liang W, Ou C, He J, et al. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *N Engl J Med* 2020; 382: 1708–20. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2002032>.
- [22] Richardson S, Hirsch JS, Narasimhan M, Crawford JM, McGinn T, Davidson KW, et al. Presenting Characteristics, Comorbidities, and Outcomes Among 5700 Patients Hospitalized With COVID-19 in the New York City Area. *JAMA* 2020; 323: 2052. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.6775>.
- [23] Bonetti G, Manelli F, Patroni A, Bettinardi A, Borrelli G, Fiordalisi G, et al. Laboratory predictors of death from coronavirus disease 2019 (COVID-19) in the area of Valcamonica, Italy. *Clin Chem Lab Med CCLM* 2020; 0. <https://doi.org/10.1515/cclm-2020-0459>.
- [24] Gao Y, Li T, Han M, Li X, Wu D, Xu Y, et al. Diagnostic Utility of Clinical Laboratory Data Determinations for Patients with the Severe COVID-19. *J Med Virol* 2020: jmv.25770. <https://doi.org/10.1002/jmv.25770>.
- [25] Zhang S, Zhao J, Wu Z, Shang Y, Zheng J, Meng M, et al. Potential Predictors for Disease Progression and Medication Evaluation of 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. Rochester, NY: Social Science Research Network; 2020. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3551399>.
- [26] Borobia AM, Carcas AJ, Arnalich F, Alvarez-Sala R, Montserrat J, Quintana M, et al. A cohort of patients with COVID-19 in a major teaching hospital in Europe. *Infectious Diseases (except HIV/AIDS)*; 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.29.20080853>.
- [27] Lu J, Hu S, Fan R, Liu Z, Yin X, Wang Q, et al. ACP risk grade: a simple mortality index for patients with confirmed or suspected severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 disease (COVID-19) during the early stage of outbreak in Wuhan, China. *Infectious Diseases (except HIV/AIDS)*; 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.02.20.20025510>.
- [28] Bai T, Tu S, Wei Y, Xiao L, Jin Y, Zhang L, et al. Clinical and Laboratory Factors Predicting the Prognosis of Patients with COVID-19: An Analysis of 127 Patients in Wuhan, China. *SSRN Electron J* 2020. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3546118>.
- [29] Opal SM, Girard TD, Ely EW. The Immunopathogenesis of Sepsis in Elderly Patients. *Clin Infect Dis* 2005; 41: S504–12. <https://doi.org/10.1086/432007>.
- [30] Goronzy JJ, Fang F, Cavanagh MM, Qi Q, Weyand CM. Naive T Cell Maintenance and Function in Human Aging. *J Immunol* 2015; 194: 4073–80. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1500046>.
- [31] Liu W, Tao Z-W, Wang L, Yuan M-L, Liu K, Zhou L, et al. Analysis of factors associated with disease outcomes in hospitalized patients with 2019 novel coronavirus disease. *Chin Med J (Engl)* 2020; 133: 1032–8. <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000000775>.
- [32] Zhang J, Yu M, Tong S, Liu L-Y, Tang L-V. Predictive factors for disease progression in hospitalized patients with coronavirus disease 2019 in Wuhan, China. *J Clin Virol Off Publ Pan Am Soc Clin Virol* 2020; 127: 104392. <https://doi.org/10.1016/j.jcv.2020.104392>.

- [33] Gómez-Pastora J, Weigand M, Kim J, Wu X, Strayer J, Palmer AF, et al. Hyperferritinemia in critically ill COVID-19 patients – Is ferritin the product of inflammation or a pathogenic mediator? *Clin Chim Acta Int J Clin Chem* 2020; 509: 249–51. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2020.06.033>.
- [34] Lin Z, Long F, Yang Y, Chen X, Xu L, Yang M. Serum ferritin as an independent risk factor for severity in COVID-19 patients. *J Infect* 2020; 81: 647–79. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.06.053>.
- [35] Gandini O, Criniti A, Ballesio L, Giglio S, Galardo G, Gianni W, et al. Serum Ferritin is an independent risk factor for Acute Respiratory Distress Syndrome in COVID-19. *J Infect* 2020; 81: 979–97. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.09.006>.
- [36] Feld J, Tremblay D, Thibaud S, Kessler A, Naymagon L. Ferritin levels in patients with COVID-19: A poor predictor of mortality and hemophagocytic lymphohistiocytosis. *Int J Lab Hematol* 2020; 42: 773–9. <https://doi.org/10.1111/ijlh.13309>.
- [37] Kappert K, Jahić A, Tauber R. Assessment of serum ferritin as a biomarker in COVID-19: bystander or participant? Insights by comparison with other infectious and non-infectious diseases. *Biomarkers* 2020; 25: 616–25. <https://doi.org/10.1080/1354750X.2020.1797880>.
- [38] Lippi G, Plebani M. Procalcitonin in patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19): A meta-analysis. *Clin Chim Acta Int J Clin Chem* 2020; 505: 190–1. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2020.03.004>.
- [39] Pan F, Yang L, Li Y, Liang B, Li L, Ye T, et al. Factors associated with death outcome in patients with severe coronavirus disease-19 (COVID-19): a case-control study. *Int J Med Sci* 2020; 17: 1281–92. <https://doi.org/10.7150/ijms.46614>.
- [40] Zhang J, Dong X, Cao Y, Yuan Y, Yang Y, Yan Y, et al. Clinical characteristics of 140 patients infected with SARS-CoV-2 in Wuhan, China. *Allergy* 2020; 75: 1730–41. <https://doi.org/10.1111/all.14238>.
- [41] Lippi G, Lavie CJ, Sanchis-Gomar F. Cardiac troponin I in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19): Evidence from a meta-analysis. *Prog Cardiovasc Dis* 2020; 63: 390–1. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2020.03.001>.
- [42] Chen C, Chen C, Yan JT, Zhou N, Zhao JP, Wang DW. [Analysis of myocardial injury in patients with COVID-19 and association between concomitant cardiovascular diseases and severity of COVID-19]. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi* 2020; 48: 567–71. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112148-20200225-00123>.
- [43] Han Y, Zhang H, Mu S, Wei W, Jin C, Tong C, et al. Lactate dehydrogenase, an independent risk factor of severe COVID-19 patients: a retrospective and observational study. *Aging* 2020; 12: 11245–58. <https://doi.org/10.18632/aging.103372>.
- [44] Bajwa EK, Januzzi JL, Gong MN, Thompson BT, Christiani DC. Prognostic value of plasma N-terminal pro-brain natriuretic peptide levels in the acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2008; 36: 2322–7. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e318181040d>.
- [45] Aboughdir M, Kirwin T, Abdul Khader A, Wang B. Prognostic Value of Cardiovascular Biomarkers in COVID-19: A Review. *Viruses* 2020; 12: 527. <https://doi.org/10.3390/v12050527>.
- [46] Guo T, Fan Y, Chen M, Wu X, Zhang L, He T, et al. Cardiovascular Implications of Fatal Outcomes of Patients With Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiol* 2020; 5: 811. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.1017>.
- [47] Stefanini GG, Chiarito M, Ferrante G, Cannata F, Azzolini E, Viggiani G, et al. Early detection of elevated cardiac biomarkers to optimise risk stratification in patients with COVID-19. *Heart* 2020; 106: 1512–8. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2020-317322>.
- [48] Yahia F, Zakhama L, Abdelaziz A. COVID-19 and Cardiovascular diseases. Scoping review study. *Tunis Med* 2020; 98: 283–94.
- [49] Atteintes du système cardiovasculaire chez les patients atteints de maladie coronavirus 19 | Elsevier Enhanced Reader n.d. <https://doi.org/10.1016/j.jancard.2020.11.004>.
- [50] Wang D, Hu B, Hu C, Zhu F, Liu X, Zhang J, et al. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus–Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA* 2020; 323: 1061. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.1585>.
- [51] Chai X, Hu L, Zhang Y, Han W, Lu Z, Ke A, et al. Specific ACE2 Expression in Cholangiocytes May Cause Liver Damage After 2019-nCoV Infection. *Genomics*; 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.02.03.931766>.
- [52] Feng Z, Yu Q, Yao S, Luo L, Zhou W, Mao X, et al. Early prediction of disease progression in COVID-19 pneumonia patients with chest CT and clinical characteristics. *Nat Commun* 2020; 11: 4968. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18786-x>.
- [53] Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet* 2020; 395: 497–506. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5).
- [54] Thibault R, Quilliot D, Seguin P, Tamion F, Schneider S, Déchelotte P. Stratégie de prise en charge nutritionnelle à l'hôpital au cours de l'épidémie virale Covid-19 : avis d'experts de la Société Francophone de Nutrition Clinique et Métabolisme (SFNCM). *Nutr Clin Métabolisme* 2020; 34: 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.nupar.2020.03.001>.
- [55] Sarnak MJ, Jaber BL. Pulmonary Infectious Mortality Among Patients With End-Stage Renal Disease. *CHEST* 2001; 120: 1883–7. <https://doi.org/10.1378/chest.120.6.1883>.
- [56] Docherty A, Harrison E, Green C, Hardwick H, Pius R, Norman L, et al. Features of 16,749 hospitalised UK patients with COVID-19 using the ISARIC WHO Clinical Characterisation Protocol. *Infectious Diseases (except HIV/AIDS)*; 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.23.20076042>.
- [57] ACE2 Expression in Kidney and Testis May Cause Kidney and Testis Damage After 2019-nCoV Infection | medRxiv n.d. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.02.12.20022418v1> (accessed March 15, 2021).
- [58] Bonny V, Maillard A, Mousseaux C, Plaçais L, Richier Q. COVID-19 : physiopathologie d'une maladie à plusieurs visages. *Rev Médecine Interne* 2020; S0248866320301648. <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2020.05.003>.
- [59] Li Z, Wu M, Yao J, Guo J, Liao X, Song S, et al. Caution on Kidney Dysfunctions of COVID-19 Patients n.d.: 25.

Assessment of stress perceived pending of results after the test for covid-19 among Comorbid and non-Cormobid employees of a company in the Gabonese oil sector

Moundjiegout Tessa¹, Boundenghan Méthode Claudien², and Mabika Landry Fabrice³

¹Enseignant-chercheur à l'Université Omar Bongo, Maitre-assistant en psychologie du travail et des organisations, Membre du Centre d'Etudes et de Recherche en Psychologie (CREP), Gabon

²Enseignant-chercheur Université Omar Bongo, Assistant en psychologie du travail et des organisations, Membre du Centre de Recherche et d'Etudes en Psychologie (CREP), Gabon

³Enseignant-chercheur Université Omar Bongo, Assistant en psychologie du travail et des organisations, Membre du Centre de Recherche et d'Etudes en Psychologie (CREP), Gabon

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study focuses on perceived stress and the COVID-19 pandemic among employees of a company in the Gabonese oil sector. It assesses the relationships between the sub-modalities of the covid-19 pandemic (knowledge of the pandemic, compliance with barrier measures and the effect of the pandemic) on perceived stress, on the one hand, and on the other hand the degree of stress perceived among employees diagnosed as co-morbid and not co morbid. The data from a questionnaire submitted to 54 men and women employees made it possible to establish an inter-correlation matrix, linear regressions on the pandemic, perceived stress and the type of employees who participated in this research. At the end of all these analyzes, we record strong and significant links; 1) between the quality of work, professional relationships and perceived stress; 2) between compliance with barrier measures, knowledge of the pandemic, the effect of the pandemic and the perception of COVID-19. To a lesser extent; 3) no difference recorded in the level of perceived stress between co-morbid and non-co-morbid employees while waiting for their results after the screening session.

KEYWORDS: Covid-19 pandemic, petroleum sector, Co morbid, non-Co morbid.

1 INTRODUCTION

The year 2020 will have marked the minds of everyone living in the world, regardless of the continent. The arrival of this pandemic upset the established order, leading to a change in attitudes and behavior in professional and non-professional settings. Authors such as [1] conducted a study on the psychopathological consequences of confinement. Based on the synthesis of the literature on the different pandemics and their consequences, they demonstrated that the psychological effects of isolation have already been described in the literature, however, the scale of the containment implemented during the COVID-19 pandemic by the authors remains unprecedented. According to their recommendations, it is not only necessary to reread the published studies, but also to anticipate the psychological problems that could arise during or after confinement. The authors chose to go beyond the COVID-19 literature to examine the implications of the known consequences of confinement: boredom, social isolation, stress, lack of sleep.

Faced with the panel of consequences of this pandemic, the organizational environment is also part of this phase of upheavals and other major changes in terms of work organization, working hours, quality of work, professional relations, reorganization of workstations, etc. This current pandemic context which has not only prompted the implementation of security measures by the government (respect for barrier measures, social distancing, wearing of individual and collective protection, etc.), but also and above all the applicability and scrupulous respect of said measures within all private and public

organizational structures in Gabon. On a reduced scale, the work environment is the place where exchanges between employees take place every day, as well as with staff outside the structure and therefore, it becomes a medium for the spread of the virus. This is why the employer must do everything possible to guarantee the safety and health of employees. Our objective in this study will be to simultaneously study the relationship between the covid-19 pandemic and the stress perceived among the employees of a company in the Gabonese oil sector and assess the degree of perceived stress based on the profile (co-morbidity or not) of employees while waiting for their results. In order to secure the working environment for employees, the managers of this company in the petroleum sector carried out a screening of all employees in order to curb the disastrous consequences within the structure, but also in their families.

2 THEORETICAL ASPECTS

2.1 THE COVID-19 PANDEMIC AND THE GABONESE STATE'S RESPONSE

Regarding the global spread of the virus, WHO Director Dr Tedros Adhanom Ghebreyesus recalls that it has saturated health systems and caused widespread social and economic disruption. In this vein, some governments have found a way to reduce the ability of the virus to spread more quickly inside and outside certain cities through so-called "barrier" measures which have been characterized by the border closure, the confinement of populations, the compulsory wearing of masks, massive screening, etc. These defensive measures helped limit the short-term impacts of the virus, which is how WHO launched the first preparedness and response plan to deal with this pandemic. This update of the strategy adopted by each state, builds on the evidence the world has accumulated in recent months on how the new coronavirus is spreading, the severity of the disease it causes, how to treat it and end this pandemic [2].

The Gabonese government, realizing that this pandemic is much more than a health crisis, has set up the Steering Committee (Copil) to fight against the Covid-19 pandemic. One of the main lessons the authorities have learned from this situation is that the sooner cases are identified, tested and isolated, the harder it is for this virus to spread. But between theory and reality on the ground, sometimes the gap is observed and currently Gabon has over 24,107 confirmed cases, including 20,916 cures (Wikipedia), and yet this principle aims to save lives and mitigate the economic impact of the pandemic. This reality teaches us that each individual at their level must show the same determination and the same sacrifice as health workers in order to put in place the measures that will make it possible to stop this pandemic. Remember, the daily life and behavior of individuals have been profoundly changed and other areas; social, economic, public health, etc., which many people rely on in times of difficulty, have been put to the test. In line with this approach, several sub-dimensions have been evaluated with a view to operationalizing the "pandemic" variable, of these sub-dimensions, there is knowledge of the pandemic (modes of contamination for example), the behavior adopted in the face of this pandemic (compliance with barrier measures), professional relations, the quality of work (modification of workstations), etc.

The authorities keep recalling that the countries in which local transmission has led to epidemic outbreaks with almost exponential growth, physical distancing measures and generalized movement restriction at the population level, have been introduced, to slow the spread, and other control measures have been put in place. However, these measures have had a profound negative impact on individuals and Gabonese society as a whole, bringing social and economic life to a virtual standstill. These measures have disproportionately affected disadvantaged groups, especially those in precarious situations; thus accentuating the degree of poverty. For others who depend on their jobs to support themselves, technical unemployment has shattered their dreams. It is in this vein that the Gabonese authorities felt that it was urgent to plan a gradual transition towards the abandonment of these restrictions so as to obtain a sustainably low level of transmission while allowing the recovery of certain sectors of economic and social life, while ensuring a careful balance between socio-economic benefits and epidemiological risk.

2.2 THE TRANSACTIONAL CONCEPT OF STRESS AND THE REASSESSMENT OF THE PANDEMIC SITUATION

Transactional models see stress as an interaction between the person and their environment. They explain that stress does not reside in the situation or in the person, but in the transaction between the environment and the person. R. Lazarus is the main representative of this cognitive approach. Work by [3] and [4] emerges a concept linking the individual and his environment [5]. Faced with an obstacle, the subject evaluates the threat or the challenge in relation to his own possibilities of response. It is the adequacy or not between the perceived external demand and the resources also perceived or self-assessed by the subject that will determine the occurrence or not of stress. In the current situation that interests us, the employees and management staff of this structure are facing a completely unknown pandemic, by carrying out mass screening, leaders seek to isolate employees with covid-19. This isolation leads to a wave of consequences ranging from quarantine (with a ban on setting foot in the company) to the amputation of 10, 15 or even 30% of the salary. As part of the eventuality of a

positive diagnosis, the employee here assesses the present situation and the consequences that this entails, we are talking about the adequacy or not between the perceived external demand characterized by this pandemic situation and the resources perceived by the subject. Faced with negative connotations, waiting for the test results when it is long, increases the degree of stress in the employee.

It is up to R. Lazarus and S. Folkman to have spoken for the first time of the transactional model [6]. It is first and foremost a model that sees the person and the environment in a dynamic, mutually reciprocal and two-way relationship. Separate characteristics of the subject and the environment converge to give new meanings through the process of situational assessment. Then, this model recognizes a process involving changes over time, differentiating the immediate consequences from the long-term consequences of stress on adaptation (temporal aspect). In addition, stress is conceived as a process which is constantly reiterated in the course of confrontational situations encountered in everyday life. Currently the situation that the employees of this company in the oil sector are facing is the occurrence of the covid-19 pandemic, for some it is the ignorance of the pandemic through the lack of control of the modes of contamination, the control of the symptoms, the ignorance of the profiles prone to the contamination of the pandemic, etc., which put some employees in a situation of extreme anxiety thus triggering the onset of stress. A situation that may or may not be repeated depending on the employee's degree of knowledge of the pandemic or depending on new elements specific to the pandemic situation.

Finally, R. Lazarus and S. Folkman insisted a lot on the three levels of stress included in a transactional perspective: the social, psychological and physiological level [6]. In the same vein, [7] conceive of stress not as a fixed component of the environment or of the individual but as a process evolving over time. In this state of affairs, the covid-19 pandemic, when it first appeared in its infancy, left an indelible anchor with the populations and the employees who participated in this study were not spared. For some of them who have seen relatives die, be unemployed or interned in certain university hospitals, observe and observe these variations. It is in a way a cybernetic model where, in addition to the components themselves, the relationships between them and their evolution over time as a function of certain factors, influence the onset of stress [6]. In fact, the concept of stress is at the crossroads of the individual and the environment in which they live. Stress management in the strict sense limits interventions to individuals.

Clearly, therefore, stimulus design does not open the door to stress management programs and that of response limits them to relaxation techniques or drug treatments. On the other hand, the notion of transaction assumes that each person has their own way of experiencing and managing this transaction. Stress management programs can then enable them to optimize this subject-environment transaction with their own resources. It is then a question of improving one's coping modes (action to deal with the problem of stress by individual cognitive-behavioral methods or in a work group). We will also see that just acting on the individual is not enough. Action on the environment is just as essential. The transactional approach emphasizes the idea of the individual's assessment of the situation. According to [6], before responding with a feeling of helplessness, the person subjected to the demands of his work environment first proceeds to an assessment of the situation, of his cognitive, emotional and behavioral resources. Depending on the results of this assessment, the individual will adopt one or the other coping strategy. These coping strategies go through awareness and information campaigns, regarding the respect of barrier measures and the application of the prevention system specific to each organizational structure.

2.3 PROBLEM

In view of the above, according to the transactional model of [8], stress depends on an individual's assessment of the stressful situation, but also of the individual's assessment of his ability to adjust to the demands of the situation. Thus, after assessing the situation, the individual can then engage in a series of adjustments that allow him to deal with the aggression arising from the situation. The assessment of the situation would therefore depend on the judgments of the individual who assesses the meaning of the transactions between him and the environment in which he operates [8]. Based on this state of affairs, we are in the process of emphasizing that, the current situation to which the employees who participated in this study are exposed, pushes each of them to take their responsibilities not only for their own safety, but also and above all for that of others, by evaluating the degree of risk involved. The pandemic is present, the consequences external to the company are known to all through the regular information spots broadcast in the public and private media, those specific to the company are also used, they are reminded every day during information or awareness points (quarantine in the event of a positive test for covid-19, reduction of the pay according to the organization of his working time, etc.) in the company. Measures to prevent the transmission of COVID-19 applicable in all workplaces and to all the people there are the following: frequent hand washing or frequent disinfection of the hands with a hydro-alcoholic solution, compliance with respiratory hygiene rules (for example, covering your mouth when coughing), physical distancing of at least 1 meter, according to national recommendations, wearing a mask when distancing is not possible, regular cleaning and disinfection of the environment and restriction of movement [9].

Enforcing clear policies, delivering unambiguous messages, and training staff and managers is essential to raise awareness of Covid-19. Care for people with covid-19 or their contacts is also essential [10]. For example, workers who are ill or showing symptoms should be required to stay at home, isolate themselves and contact a doctor, or call the Copil information number 1410 for advice on testing and treatment to behave. All of this information is considered standard, because no information on co-morbidity is given to employees or pathological profiles prone to contamination or at risk. These are the measures applicable and applied within this company in the Gabonese oil sector, but which leave some limits to be noted, limits which continue to cause concern for each employee, while awaiting the results of the covid test -19. An always long wait that allows employees to conduct a transactional assessment of the situation that will determine their fate to remain in the company or leave in the event of a positive diagnosis.

In short, two major questions constitute the framework of our problematic; is the covid-19 pandemic a predictor of perceived stress among employees of this company? Is there a significant difference between the profile (co-morbid and non-co-morbid) of employees and their degree of perceived stress? On the basis of the questionnaire developed and selected for this study, the data resulting from it will allow us to answer several questions; how do the employees of this company perceive the COVID-19 pandemic? What do they know about this pandemic? Do they master the measures decreed by the government in terms of prevention? Etc. So many questions that allow us to present in the following sub-section the different variables under study, before clearly explaining the research hypotheses dedicated to this study.

2.4 THE HYPOTHESES

THE GENERAL HYPOTHESIS (HG)

The stress perceived by the employees of this company in the Gabonese oil sector depends not only on their perception of the covid19 pandemic, but also and above all on the length of time to wait for results after the screening phase.

OPERATIONAL ASSUMPTIONS

H1: There is a significant link between the perception that employees have of the pandemic and perceived stress at work. The more employees have in-depth knowledge (knowledge of modes of transmission, type of virus, symptoms, etc.) of the pandemic, the better it reduces their degree of stress at work.

H2: There is a significant and positive link between the profile of the employees (co-morbid and not co-morbid) working in this company and the perceived stress. Employees with a co-morbidity profile present a much higher degree of stress than their non-co-morbid colleagues, because the co-morbidity profiles are prone to easier contamination of covid-19 than non-co morbid ones.

3 METHODOLOGICAL CONSIDERATIONS

3.1 THE SCOPE OF THE STUDY

Our study was conducted among the employees of an organizational structure in the Gabonese oil sector. This structure acts as an intermediary between the oil companies and the market. According to [11], this structure's mission is to strengthen the role of the State in the strategic field of hydrocarbons. It had initially focused on upstream oil, even daring to launch into the exploitation of the Remboué and Mboumba fields. This structure has agreed to open its doors to us in order to assess the perception of the pandemic among its employees and verify its effect on perceived stress.

3.2 THE STUDY POPULATION

The choice of this study was motivated by the fact that the covid-19 pandemic being a new and global phenomenon, it was necessary to study it in order to actively participate not only in a current event, but also and above all to shed light on the realities of this phenomenon in the Gabonese environment. Especially when the number of research publications continues to fuel the scientific literature. Our research was carried out with the staff of this structure and the only criterion for participation in it was the availability of agents at their workplace, in particular those who agreed to participate. This is a random sample consisting only of managerial and non-managerial employees of this company. By this principle, we have succeeded in having a participation of 54 employees, including 26 women and 28 men. The breakdown of our sample is shown below.

Table 1. The study sample

	Hommes	Femmes	Totaux
Cadres	14	3	17
Non cadres	14	23	37
Co-morbidity status	28 (10/18)	26 (5/21)	54 (15/39)

Source: Author's table, July 2020

After observing the table above, out of a sample of 54 employees, we count 14 male and 3 female managers. While among non-executives, we have 14 men against 23 women. Regarding the comorbidity characteristic, in men there are 18 employees with a negative status against 10 positive employees (therefore co-morbid). Among women, there are 5 co-morbid employees against 21 negative women, or 15 co-morbid male and female employees combined against 39 non-co-morbid employees.

3.3 THE DATA COLLECTION TOOL

As part of this exploratory study, we opted to collect quantitative data exclusively instead of qualitative data, given our time in this organizational structure. For the collection of our data, we opted for the use of the questionnaire, so the tool chosen for our study was subdivided into two main parts assessing the perception of the pandemic and the perceived stress. Regarding the pandemic, we used the questionnaire model (ERPC-19), developed by [12] composed of 73 items corresponding to the living conditions of households and the activities Gabonese entrepreneurs. These items were created and adapted to generically measure the perception of the response to the COVID-19 pandemic with 6 sub-dimensions (knowledge of the disease, behavior adopted in the face of the disease, impact on the employment of household members, loss of income, the future of SMEs and the debt ratio).

For the purposes of our research, we have retained only three sub-dimensions: knowledge of the disease (eg: Coronaviruses are a family of viruses. The disease caused by this coronavirus has been named COVID-19 by the World Health Organization - WHO, Since March 11, 2020, the WHO qualifies the global situation of COVID-19 as a pandemic, because the epidemic is now global. etc.), the effects of the pandemic (eg: Since the turnover mechanism, I notice that my state of health has (greatly) deteriorated since they changed our schedules. Since the turnover device, I manifest health problems, such as depression, Since the turnover device, I manifest health problems, such as migraine) and compliance with barrier measures in the face of the pandemic (I remain confined to my home if I do not live with a person suffering from COVID-19, I respect the distancing measures, I respect simple actions to protect myself and my neighbor, I only go out to go to work or to shop for groceries). Regarding perceived stress, we adapted the scale of [13], example: While waiting for my results, in my work, I perform repetitive tasks, While waiting for my results, my work requires a high level of competence, While waiting for my results, in my work, I have varied activities, While waiting for my results, in my work, I have to learn new things.

4 RESULTS

Table 2. Presentation of the inter-correlation matrix

	1	2	3	4	5	6	7
Quality of work	1 (.89)						
Professional relationships	,430**	1 (.850)					
Knowledge of the pandemic	,032	,040	1 (.854)				
Compliance with barrier measures	,268*	,361**	,596**	1 (.812)			
Effects of the pandemic	,072	-,288*	,276*	,097	1 (.884)		
Perception of COVID-19	,165	,061	,855**	,754**	,602**	1 (.901)	
Perceived stress	,949**	,692**	,039	,341*	-,043	,153	1 (.894)

Source: Author's table, July 2020

According to the literature, any study conducted in psychology, the inter-correlation matrix always appears in the form of a diagonal, this diagonal is only the presentation of the results of the crossing of the variables under study between themselves. Authors are free to add mean scores and standard deviations to their table, this is not the case here. Table 2 presents the

Pearson correlations and the cronbach alpha indices, evaluating the reliability of our variables according to the indices in parentheses present in the table. Regarding the work quality sub-dimension composed of 18 items, this variable records a reliability index of ($\alpha = 0.89$). For the second sub-dimension, related to the type of professional relations, a value of ($\alpha = 0.84$) is recorded for 8 items. Overall, these two sub-dimensions operationalize the perceived stress variable which in turn records an index of ($\alpha = 0.89$) with a total of 26 items. Regarding the sub-dimensions of the COVID-19 pandemic variable, knowledge of the pandemic totals an index of ($\alpha = 0.77$) with 13 items which assesses it. The barrier measures sub-dimension records an index of ($\alpha = 0.76$) with 9 items. The last sub-dimension is related to the effects of the pandemic on employees, it totals an alpha of ($\alpha = 0.88$) with 5 items. We will retain here that the global cronbach alpha of the COVID-19 pandemic scale is ($\alpha = 0.86$) with a total of 27 items, an acceptable reliability overall, which shows that the questions put to the employees who took part in the study were understood and well understood by them.

Regarding the rest of our analyzes, compliance with barrier measures has a significant and positive link with the perception of the COVID 19 pandemic ($r = 0.75$; $p = 0.00$), ditto with perceived stress ($r = 0.34$; $p = 0.01$), this result has a double objective; not only does it indicate that the employees of this company respect and apply the preventive measures decreed by the Gabonese government and applied within their company, but also recalls that the implementation of these measures acts directly on the degree of perceived stress of employees. Information and awareness campaigns are organized not only within their organizational structure, but also through the media. This partially validates our hypothesis (H1) which states that "There is a significant link between the perception that employees have of the pandemic and the stress perceived at work".

Conversely, there is no significant link between the perception of the COVID-19 pandemic and the quality of work ($r = 0.16$; $p = 0.23$), the finding is identical between compliance with barrier measures and the effect of the pandemic ($r = 0.09$; $p = 0.49$), between knowledge of the pandemic and perceived stress ($r = 0.039$; $p = 0.728$), between the effects of the pandemic and perceived stress ($r = 0.04$; $p = 0.76$). Finally, the relationship between the perception of COVID-19 does not show any significant link with perceived stress ($r = 0.15$; $p = 0.27$). This partially invalidates our hypothesis (H1), because only one sub-dimension out of three records a link with perceived stress. Faced with the limits of this correlational analysis, we are going to perform regression analyzes that can give us information on the significant differences between perceived stress and the profile of employees on the one hand, and on the other hand between the perception of the pandemic and the perceived stress.

Table 3. Regression analysis

MANOVA					
	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Quality of life at work	2,751	1	2,751	4,009	,050
Professional relationships	,617	1	,617	,784	,380
Perceived stress	1,942	1	1,942	3,631	,062
Knowledge of the pandemic	,024	1	,024	,110	,741
Knowledge of the pandemic	,906	1	,906	3,490	,067
Effects of the pandemic	4,495	1	4,495	4,157	,047
Perception of COVID-19	,612	1	,612	3,322	,074

Source: Author's table, July 2020

After the 3x1 type regression analysis (effect of the pandemic, barrier measures, knowledge of perceived stress) with employees, the conclusions record a significant result $F = 3.04$; $p = 0.03$, this presence of a relationship between two variables is explained to more than 15% of the total variance ($R^2 = 0.157$). We can retain here that the perception of the pandemic constitutes a predictor variable of the stress perceived by these employees when the barrier measures are not respected, that the employees are not aware of this pandemic and that its effects are also little known. We can conclude that the hypothesis (H1) "There is a significant link between the perception that employees have of the pandemic and the perceived stress at work. The more employees have in-depth knowledge (knowledge of modes of transmission, type of virus, symptoms, etc.) of the pandemic, the better it reduces their degree of stress at work" our study has been validated. The continuation of the regression analyzes underlines that the results obtained show an absence of significant link between knowledge of the pandemic and perceived stress ($\beta = 0.23$; $p < 0.171$), this lack of link is explained by more than 39% of the total variance ($R^2 = .397$; $p < .037$), same observation with the effects of the pandemic ($\beta = -0.23$; $p = 0.857$). In the same frame, a non-significant relationship is observed between the profile of employees; co-morbid (avg= 13, 26; $t = 0.32$, $p < 0.698$) against non-co-morbid employees (avg= 14.02; $t = 0.28$, $p < 0.741$) and perceived stress ($\beta = 0.48$; $p = 0.985$).

At the end of such a result, we are able to indicate that there is no perceptible difference in the level of the degree of stress perceived among co-morbid and non-co-morbid employees as our hypothesis stipulated (H2) "There is a significant and positive link between the profile of the employees (co-morbid and non-co-morbid) working in this company and the perceived stress. Employees with a co-morbidity profile present a much higher degree of stress than their non-co-morbid colleagues, because co-morbidity profiles are prone to easier covid-19 contamination than non-co-morbid ones"; which invalidates this research hypothesis. It should be noted that the medical term "comorbidity" is regularly pronounced with the Covid-19 epidemic. For good reason, the presence of comorbidity is one of the two most important risk factors for serious forms, after age. It designates the presence of illnesses and / or various acute or chronic disorders in addition to the initial illness (for example: having diabetes and hypertension, having diabetes and being infected with Covid-19). As an indication, let us add that these "secondary" diseases can be directly due to the first or not have any apparent links with it or be the consequence of it. To give an example, diabetes is a disease presenting a strong comorbidity: it is frequent that other diseases are associated with it. According to the WHO "the prevalence of diabetes in schizophrenics is about 15%, against 2% to 3% in the general population". The result obtained may or may not raise questions, questions because we expected the validation of this hypothesis, which completely defeats reality, on the other hand no questions because we tell ourselves that given the low rate of employees with a comorbid profile (27.77%), we should not expect a significant difference.

5 DISCUSSION

The results obtained at the end of the analyzes carried out tend to partially validate our initial hypotheses. We expected that there would be a significant link between employees. Employees who have in-depth knowledge (knowledge of modes of transmission, type of virus, symptoms, etc.) of the pandemic would experience a lower degree of stress at work (H1). Our regression analysis on the perception of the COVID-19 pandemic and the perceived stress confirms this hypothesis. On the other hand, the regression on the profile of employees and perceived stress does not validate the direct relationship between the two variables. The conclusions of our first hypothesis clearly show the predictor of the perception of the COVID-19 pandemic on perceived stress, that is to say that knowledge of the pandemic as a whole significantly reduces the degree of perceived stress among employees. When line managers insist that their employees avoid confined spaces, high-traffic areas, where they would be in close contact with other people, regardless of the environment or when they indicate that the risks of contracting COVID-19 are higher in high-traffic areas and insufficiently ventilated where infected people spend long periods together in close proximity, this can be accepted. These employees are aware that it is in these environments that the virus seems to spread most effectively by respiratory droplets, hence the importance of taking all precautions. They are very well informed and the statistical results show us that they are aware of the threat. In this diagram, the overall control of the pandemic is important because it makes it possible to reduce the degree of stress as demonstrated by the transactional approach of [11], [13], according to them stress does not reside in the environment or in the individual but in the transaction between the individual and the environment. Faced with this threat, employees implement coping mechanisms characterized by the meaning they give to this threat after assessing the situation. This is not surprising since stress levels vary for the same person depending on the circumstances. Likewise, some employees will be better equipped than others to deal with stress and the techniques (or means) of defense are more effective depending on the individual.

We assumed that, employees diagnosed with co-morbid present a relatively different degree of perceived stress than their non-co-morbid colleagues. One has to wonder why this lack of difference, especially when we stick to the writings of the high authority in health [2] which indicates that all the comorbidities do not have the same weight and people deemed particularly vulnerable and with rare and serious pre-existing conditions are at increased risk of dying from SARS-CoV-2 infection. Faced with such results, the managers of this company must continue their determination as to strict compliance with all the measures enacted, isolate the employees most at risk of developing a serious form of COVID-19 in the event of positive results, for example, because age remains the second factor. Although we have not presented the crossing of the age variable in this study, We can underline that the results obtained go completely against the results obtained by two large-scale French studies: the Epi-Phare study conducted by the Health Insurance and the National Agency for the Safety of Medicines and Health Products (ANSM), and the study of the Medical Information Systems Program (PMSI) carried out by the Bordeaux medical information department. These studies confirm that age is the predominant factor in the occurrence of severe forms and death linked to Covid-19.

6 CONCLUSION, SUGGESTIONS AND OUTLOOK

At the end of this study, remember that the objectives which formed the backbone of this study consisted here of evaluating the link or causal relationship between the perception of the Covid-19 pandemic characterized by knowledge of it, its effects

and compliance with barrier measures and perceived stress among employees of a company in the Gabonese oil sector. Then cross the profile of employees (co-morbid and not co-morbid) with the perceived stress, in order to identify any differences in the degree of stress between co-morbid and non-co-morbid employees awaiting the results of the test after screening. The main results revealed that these employees, committed and very involved in the achievement of the objectives assigned by the hierarchy, show moderate anxious manifestations, with a concern centered on their situation in the event of positive results to COVID-19. They also express the fear of contamination of relatives with immediate consequences of job loss or layoff. This type of study is unprecedented in the Gabonese oil sector, even if the results obtained agree with the conclusions of the work of [11], [13], faced with a stressful situation caused by the COVID-19 pandemic, the employees assessed the stakes of this situation (perceived stress). They then estimated the resources available to each of them to act, respond and possibly intervene on the problematic solution. It is this personal appreciation of the issue and the resources, which allowed each employee to orient their responses through adaptation strategies called coping. These objectives were partially achieved on the one hand because the perception of the pandemic predicts perceived stress, and on the other hand, there is no difference between co-morbid and non-co-morbid employees in terms of their degree of perceived stress.

Concretely, this company would benefit from reducing the rate of pressure inflicted on its employees, who are always put to the test, faced with the individual risk of contamination of their relatives and / or colleagues. This pressure involves a series of questions relating, on the one hand, to their experience of the epidemic (fear for oneself / for those close to them, isolation, feeling of injustice / helplessness...), their family behavior (widening or narrowing of the circle of relatives), their professional situation (working conditions, concerns), and their social activities, etc., for example or on the systematic search for symptoms suggestive of an infection. We cannot end without enumerating the few limits which marked out this research work. First, the data collected could suffer from the common variance bias, due to the fact that employees were questioned on all the variables studied in a single collection. Then, local companies constitute a unique field of research that does not allow us to generalize our observations, because each structure has its own realities and finally, the sample, the number of which does not even reflect half of the workforce of the overall population of this company, is predominantly made up of men. However, gender can be an explanatory factor for the results obtained.

As recommendations, we suggest that social contacts are important between the employees of this company. If their movements are restricted, they keep in regular contact with colleagues by phone or online. They must also increase the amount of traditional therapeutic potions consumed (steam bath, infusion recipes from grandmother or abstain altogether for some (in case of allergy). That they do not start consuming alcohol, if they have never used it before. That they avoid being in a situation of denial, as a way to deal with fear, anxiety, boredom or social isolation. There is no evidence that alcohol consumption has a protective effect against viral infections or other types of infections. In reality, we rather observe the reverse phenomenon, because the harmful use of alcohol is associated with an increased risk of infections and worse treatment outcomes. Discrimination at work should be avoided as much as possible, fear is a normal reaction in situations of uncertainty. But sometimes the fear is expressed in a form that can hurt other people (refusal for any hug).

AUTHOR'S CONTRIBUTION

All authors contributed equally to the manuscript.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

FUNDING SOURCE

The research has not received any external funding.

ACKNOWLEDGEMENT

We thank those who participated and contributed to the constitution of our sample under study.

INFORMED CONSENT

Written & Oral informed consent was obtained from all individual participants included in the study. Additional informed consent was obtained from all individual participants for whom identifying information is included in this manuscript.

REFERENCES

- [1] Mengin A, Alle M, Rolling J, Ligier F, Schroder C, Lalanne L, Berna R, Jardi G, Vaiva P, Paul G, Brunault P, Thibault FA, Giersch CA, 2020, «Conséquences psychopathologiques du confinement», *L'Encéphale*. <https://doi.org/10.1016/doi:2020.04.7>.
- [2] Haute Autorité de Santé, 2021, « Covid-19: quels leviers pour vacciner plus vite les personnes les plus vulnérables ? », Paris, HAS.
- [3] Cox T, Griffiths A. & Rial-Gonzalez E, 2002, «Work-Related Stress: The European Picture». *Magazine of the European Agency for Safety and Health at Work*, Vol. 5, p: 4-6. <https://osha.europa.eu/en/publications/magazine/5>.
- [4] Lazarus R, 1981, «The Stress and Coping Paradigm». In C. Eisdorfer, D. Cohen, A. Kleinman, & P. Maxim (Eds.), *Models for Clinical Psychopathology* (pp. 177-214). New York: Spectrum.
- [5] Chamoux MN, 1996, « La passation de savoir: stratigraphie d'une enquête sur le tissage au Mexique. Techniques et culture, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, juillet-décembre (28), p.83-103.
- [6] De Keyser V, Hansez I, 1996, « Vers une perspective transactionnelle du stress au travail: Pistes d'évaluations méthodologiques », *Cahiers de Médecine du Travail*, Vol. 33, p: 133–144.
- [7] Mackay, CJ. & Cooper, CL. 1986. Occupational stress and health: Some current issues. In C. L. Cooper & I. T. Robertson (Eds.), *International Review of Industrial and Organizational Psychology*, Volume 11. Chichester: Wiley.
- [8] Lazarus R, & Folkman S, 1988, «The relationship between coping and emotion». *Social and scientific Medicine*, Vol. 26, p: 309-317.
- [9] Haute Autorité de Santé, 2020, « Covid-19: Repérer les situations à risque pour proposer des mesures de prévention aux personnes les plus vulnérables », Paris, HAS.
- [10] Haut Conseil de la Santé Publique, 2020, « Avis du 29 octobre 2020 relatif à l'actualisation de la liste des facteurs de risque de forme grave de Covid-19 », Paris: HCSP.
- [11] Jeune Afrique sources, 2020.
- [12] Moundjiegout T, & Revaza E, 2020, Validation d'une échelle de riposte contre la pandémie du COVID-19 (ERPC-19) auprès des ménages et entrepreneurs gabonais, *Revue Gabonaise de Lettres et Sciences Humaines* (Regalish).
- [13] Lazarus R, & Folkman S, 1984, «Stress, appraisal and coping», New York: Springer.

Relations entre pluie pollinique, paramètres climatiques et sols en zone Soudano-guinéenne au Bénin

[Relationship between pollen rain, climatic parameters and soils in the Sudano-Guinean zone in Benin]

A. R. S. Zanou^{1,2}, H. M. B. Alia¹, A. Tossa Dognon¹, I. Kenali¹, K. Batawila², M. G. Tossou¹, C. Adomou¹, H. Yedomonhan¹, and A. Akoegninou¹

¹Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale (LaBEV), Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 4521, Cotonou, Bénin

²Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Végétale, Faculté des Sciences, Université de Lomé, BP 1515, Lomé, Togo

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this study is to assess the relationship between pollen rain, climatic parameters and surface sediments in the Sudano-Guinean zone. Pollen rain was evaluated from the pollen analysis of 30 samples of surface sediments treated by the method of Faegri and Iversen (1989). The sediments were subjected to treatment with HCl 10%, HF 10% and acetolysis. The floristic inventory was carried out on 500 m² plots in the Zou, Bassila and South Borgou phytodistricts in the Sudano-Guinean zone. A total of 30 surveys were obtained and submitted to the R software (R Core Team, 2019) for the various analyses. The climatic factors listed are temperature, rainfall and altitude. Pollen analysis identified a total of 271 taxa. The phytodistrict of Zou has the highest pollen richness (97 taxa) while the lowest is found in Bassila (60 taxa). Shannon's diversity index is between 3 and 4 and Pielou's equitability index is between 0.596 and 0.632. The results obtained on the relationship between pollen diversity, climatic parameters and soil characteristics in the Sudano-Guinean zone in Benin, allow us to affirm that soil texture and structure, climatic parameters such as altitude and average temperature condition the deposition and conservation of pollen and positively influence the pollen abundance in surface sediments.

KEYWORDS: pollen, plant formation, pollen analysis, taxon, Sudano-Guinean zone.

RESUME: Cette étude a pour but d'apprécier la relation entre la pluie pollinique, les paramètres climatiques et les sédiments de surface en zone soudano-guinéenne. La pluie pollinique a été évaluée à partir de l'analyse pollinique de 30 échantillons de sédiments de surface traités par la méthode de Faegri et Iversen (1989). Les sédiments ont été soumis au traitement à HCl 10%, HF 10% et l'acétolyse. L'inventaire floristique a été réalisé sur des placeaux de 500 m² dans les phytodistricts du Zou, de Bassila et de Borgou-sud dans la zone soudano-guinéenne. Au total 30 relevés ont été obtenus et soumis au logiciel R (R Core Team, 2019) pour les différentes analyses. Les facteurs climatiques répertoriés sont la température, la pluviométrie et l'altitude. L'analyse pollinique a permis d'identifier au total 271 taxons. Le phytodistrict du Zou regroupe la forte richesse pollinique (97 taxons) tandis que la plus faible est trouvée à Bassila (60 taxons). L'indice de diversité de Shannon est entre 3 et 4 et l'indice d'équitabilité de Pielou entre 0,596 et 0,632. Les résultats obtenus sur la relation entre la diversité pollinique, les paramètres climatiques et les caractéristiques des sols en zone soudano-guinéenne au Bénin, permettent d'affirmer que la texture et la structure du sol, les paramètres climatiques tels que l'altitude et la température moyenne conditionnent le dépôt, la conservation des pollens et influencent de façon positive l'abondance pollinique des sédiments de surface.

MOTS-CLEFS: pollen, formation végétale, analyse pollinique, taxon, zone soudano-guinéenne.

1 INTRODUCTION

La palynologie est couramment utilisée comme outil de paléoécologie quaternaire et de reconstruction paléoclimatique. Cependant, l'interprétation des données sur le pollen est parfois difficile, car les reconstructions doivent tenir compte des différences de production et de dispersion du pollen entre les espèces végétales, de la préservation du pollen et de la définition des zones sources de pollen [1]. De plus, les relevés de pollen varient selon les types de végétation, la taille de la zone de dépôt et d'autres caractéristiques de la zone d'étude [1].

L'interprétation des spectres polliniques en termes de végétation et de climat suppose que la pluie pollinique caractérise plus ou moins bien les types de végétation dont elle est issue. C'est le fondement même de l'analyse palynologique ([2, 3, 4, 5, 6, 7]). Cependant, en raison des variations dans la production et le mode de dispersion des pollens chez les plantes, il existe des distorsions entre la représentation d'une espèce dans la végétation et sa représentativité dans les spectres polliniques [8]. En Afrique en général, et en Afrique tropicale en particulier, on ne dispose que de très peu d'informations sur la production pollinique des différentes espèces et sur leur mode de dissémination. Ainsi, l'analyse pollinique de la couche superficielle des sols reste le seul moyen pour tenter d'établir une relation entre une formation végétale donnée et sa pluie pollinique. Dans les régions de transitions, une difficulté supplémentaire est liée aux pollens des arbres soufflés en amont des ceintures de végétation de basse altitude entre les ceintures guinéenne et soudanienne [9]. Dans ce cas, les sédiments sont couramment utilisés comme échantillons de surface pour le dépôt local de pollen moderne. Ils sont supposés enregistrer en moyenne plusieurs années de dépôt de pollen et être de bons analogues des assemblages de pollen. Basé sur l'analyse des spectres modernes de pollen de la zone soudano-guinéenne échantillonnés de part et d'autre. Ce travail vise à évaluer les relations entre les variables climatiques, la représentativité de la pluie pollinique et les caractéristiques des sols.

2 MILIEU D'ÉTUDE

Le secteur d'étude est la zone soudano-guinéenne située entre les parallèles 7°30' et 9°45' de latitude nord et les méridiens 1°30' et 2°40' de longitude est. Elle est limitée au nord par la zone soudanienne, au sud par la zone guinéenne, à l'ouest par la République du Togo et à l'est par la République du Nigéria (Figure 1).

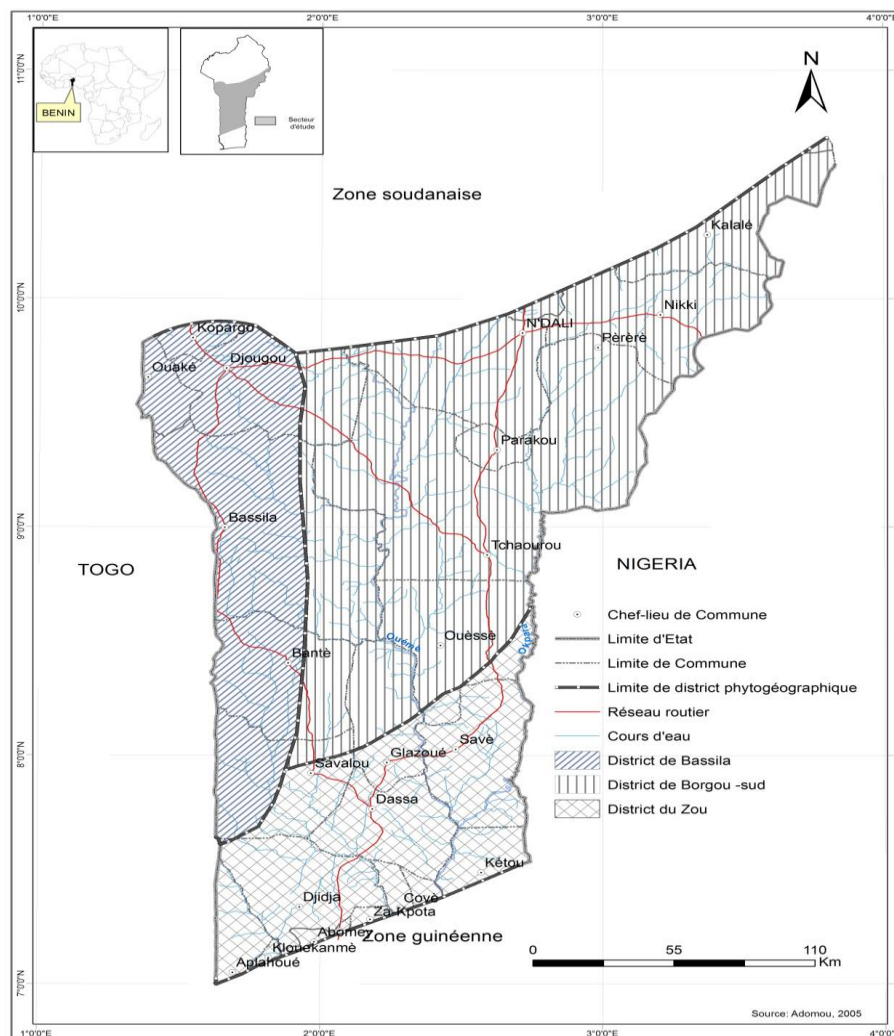


Fig. 1. Situation géographique du milieu d'étude

C'est une zone à trois districts phytogéographiques à savoir Zou, Borgou sud et Bassila [10] qui bénéficie d'un climat de transition entre le climat subéquatorial du sud et le climat soudanien du nord. Les totaux pluviométriques varient de façon très disparate du sud vers le nord [11]. C'est ainsi que les hauteurs de pluie de l'ordre de 1332 mm à Savè décroissent à 1067 mm à Savalou. Elle remonte à 1381 mm à Djougou. La zone soudano-guinéenne a un relief peu accidenté avec une altitude moyenne de 200 m [11], bien que possédant des escarpements rompant brusquement la monotonie du paysage [12, 13]. On rencontre dans cette zone du Bénin, des sols ferralitiques et des sols ferrugineux. Selon [14], la zone de transition soudano-guinéenne est composée d'une mosaïque de forêt claire, de forêt dense sèche, de forêt dense humide semi décidue, de savanes arborée et arbustive et de galerie forestière et groupements saxicoles. Elle comprend 3 secteurs désignés sous le nom de district par [15, 5]. Les espèces les plus importantes dans la zone sont *Antiaris toxicaria*, *Aubrevillea kerstingii*, *Ceiba pentandra*, *Cola gigantea*, *Holoptelea grandis*, *Ricinodendron heudelotii*, *Anogeissus leiocarpa*, *Bequaertiodendron oblanceolatum*, *Blighia sapida*, *Dialium guineense*, *Lannea. nigritana*, *Mimusops andongensis*, *Tamarindus indica*, *Monotes kerstingii*, *Anogeissus leiocarpa*, *Khaya senegalensis*, *Berlinia grandiflora*, *Elaeis guineensis*, *Hexalobus crispiflorus*, *Pouteria alnifolia*, *Cola gigantea*, *C. millenii*, *Lecaniodiscus cupanioides*, *Napoleonaea vogelii*, *Pterocarpus santalinoides*, *Uvaria chamae*, *Afrotrilepis pilosa*, *Hildegardia barteri*, *Bombax costatum* et *Isobertia doka*, *Pteleopsis suberosa*, *Isobertia tomentosa*, *Uapaca togoensis*, *Monotes kerstingii*, *Protea madiensis* var. *eliottii*, *Khaya grandifoliola*, *Celtis zenkeri*, *Celtis toka*, *Zanha golungensis*, *Bosqueia angolensis*, *Anogeissus leiocarpa*, *Trichilia prieuriana*, *Diospyros mespiliformis*, *Cola gigantea*, *Diospyros monbuttensis* et *Antiaris toxicaria*, [14].

3 MÉTHODES D'ÉTUDE

3.1 PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS DE SURFACE

Les prélèvements des sédiments de surface ont été réalisés dans différentes formations végétales rencontrées dans la zone d'étude. Ces formations ont été choisies en tenant compte de la présence des aires classées suivant la méthode de line transect [16] du sud au nord de la zone soudano-guinéenne. Le mode de prélèvement utilisé est celui de [16,17,18,19] qui a consisté à prélever les 5 premiers centimètres de profondeur du sol à l'aide d'une spatule. Ainsi soixante (60) placettes de 500 m² ont été installées dans la zone d'étude à raison de dix (20) placettes par phytodistrict. Au total 60 échantillons de sédiment de surface ont été prélevés et conservés dans des sachets plastiques hermétiquement fermés à l'abri des contaminations.

3.2 TRAITEMENT CHIMIQUE DES SÉDIMENTS ET ANALYSE POLLINIQUE

Dix (10) grammes de chaque échantillon ont été prélevés et homogénéisés avec de l'eau distillée puis passés à travers un tamis de mailles de 200 µm de diamètre. La solution obtenue a subi un traitement chimique à base d'acides forts (HF et HCl) selon les méthodes combinées de [20,21]. Suite aux traitements par les acides, les culots obtenus ont ensuite subi une acétolyse suivie de plusieurs centrifugations et rinçages à l'eau distillée. Un millilitre du culot obtenu par échantillon est mélangé à l'huile de silicone puis monter entre lame et lamelle pour analyse microscopique. Les observations ont été faites avec le microscope Jeulin® à caméra intégrée aux grossissements x200, x400 et x1000 pour le comptage et l'identification des pollens et des spores. La nomenclature utilisée est celle de [14]. Les déterminations ont été effectuées par comparaison aux ouvrages d'identifications des pollens de [21, 22, 23, 24, 25]. L'identification des pollens a été faite soit seulement au niveau de la famille, soit du genre et/ou de l'espèce.

3.3 TRAITEMENT STATISTIQUE

DIVERSITÉ TAXONOMIQUE DES SÉDIMENTS

Afin d'évaluer la diversité pollinique des sites d'étude, la richesse spécifique, l'abondance, l'indice de Shannon-Wiener et l'indice d'équitabilité de Pielou ont été calculés. Ces indices ont été évalués par phytodistrict.

La richesse spécifique correspond au nombre d'espèces identifiées au cours des analyses polliniques.

L'abondance représente quant à elle le cumul du nombre de pollen comptés par phytodistrict.

Le calcul des différents indices et toutes les analyses ont été réalisées sous R [26], et le niveau de significativité des tests statistiques a été fixé à 5%.

L'indice de Shannon-Wiener est calculé de la manière suivante [27]:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_{10} p_i$$

Où:

p_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

S = nombre total d'espèces;

n_i = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon;

N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte du nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont en codominances. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominante très largement toutes les autres) à $\log S$ (lorsque toutes les espèces ont même abondance). Cet indice varie donc de 0 à 6,35 ($\log(185)$) dans le cas de la présente étude. Plus la valeur de l'indice H' est élevée, plus la diversité est grande.

L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces). Cet indice est calculé de la manière suivante:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

$$H'_{max} = \log_2 S$$

Avec :
 S = nombre total d'espèces
 J' = l'indice d'équitabilité de Pielou
 H' = Indice de Shannon
 H'max = la diversité maximale

Une analyse discriminante de redondance (RDA) dans le package *vegan* a été réalisée sur la matrice constituée de la richesse pollinique, l'abondance pollinique et l'ensemble des variables climatiques afin d'évaluer les relations entre la pluie pollinique et les paramètres climatiques.

Enfin, un GLM (Generalized Linear Model) négative binomiale a permis de mettre en exergue l'effet du type de végétation, du type et de la texture du sol sur l'abondance pollinique dans le package *MASS* [28] et les moyennes d'abondance pollinique ont été projetées dans le package *ggplot2* [29].

4 RÉSULTATS

4.1 DIVERSITÉ TAXONOMIQUE DES SÉDIMENTS DE SURFACE DE LA ZONE SOUDANO-GUINÉENNE

L'analyse pollinique des sédiments a permis d'identifier au total 4868 Taxons (Tableau 1). Dans le phytodistrict du Zou, 97 taxons ont été identifiés répartis en 67 espèces, 63 genres regroupés en 33 familles. Il présentait la plus grande richesse pollinique suivi du phytodistrict Borgou-Sud avec 78 taxons subdivisés en 65 espèces, 61 genres et 35 familles. A Bassila, les 60 taxons polliniques appartiennent à 25 familles, en 40 genres et regroupant 41 espèces. L'indice de Shannon tourne autour de 3 et 4 indiquant une abondance moyenne des taxons au sein des phytodistricts. Par ailleurs, quelle que soit la zone, l'indice d'équitabilité de Pielou oscille entre 0,596 et 0,632. Cela indique une bonne répartition des taxons dans les différents phytodistricts.

Tableau 1. Diversité taxonomique et abondance des sédiments suivant les phytodistricts

Zone	Phytodistrict	Richesse Taxonomique	Abondance	Indice de Shannon	Indice de Pielou
Soudano-guinéenne	Zou	97	3114	4,173	0,632
	Bassila	60	1696	3,518	0,596
	Borgou-Sud	78	3127	3,954	0,629

Le tableau II montre la diversité pollinique des formations végétales suivant les phytodistricts. Dans le phytodistrict de Zou, la plantation (72 espèces) et la savane (56 espèces) présentaient plus de taxons polliniques et une grande abondance en espèces comparativement aux autres formations végétales avec 3 à 46 espèces. La jachère et le champ ont présentés la plus faible richesse pollinique (25 espèces). On constate que quelque soit le type de formation végétale, la répartition des espèces est plus ou moins bonne.

Dans les phytodistricts de Bassila et du Borgou-Sud, la forêt a présenté plus de taxons polliniques et une bonne abondance de ces espèces comparativement aux autres formations végétales (jachère, galerie forestière, champs). Ici également, la répartition des espèces est plus ou moins bonne quelque soit le type de formation végétale.

Tableau 2. Diversité taxonomique (RT) et abondance pollinique des sédiments de surface suivant les formations végétales des phytodistricts

Phytodistricts	Formations végétales	RT	Abondance	Indice de Shannon	Indice de Piélou
Zou	Galerie forestière	30	300	2,776	0,566
	Savane	56	1021	3,69	0,635
	Plantation	72	1061	3,917	0,635
	Jachère	25	465	2,63	0,566
	Champs	25	493	2,76	0,594
Bassila	Forêt Claire	41	541	3,167	0,591
	Savane	28	330	2,840	0,591
	Plantation	25	329	2,899	0,624
	Champs	20	431	2,71	0,627
	Jachère	3	65	1,065	0,672
Borgou-Sud	Forêt Claire	49	1048	3,329	0,593
	Savane	36	482	3,091	0,598
	Plantation	46	788	3,494	0,633
	Champs	28	598	2,956	0,615
	Jachère	11	211	2,133	0,617

4.2 RELATION ENTRE L'ABONDANCE POLLINIQUE, LA RICHESSE POLLINIQUE DES SÉDIMENTS DE SURFACE ET LES VARIABLES CLIMATIQUES DES SITES D'ÉTUDE

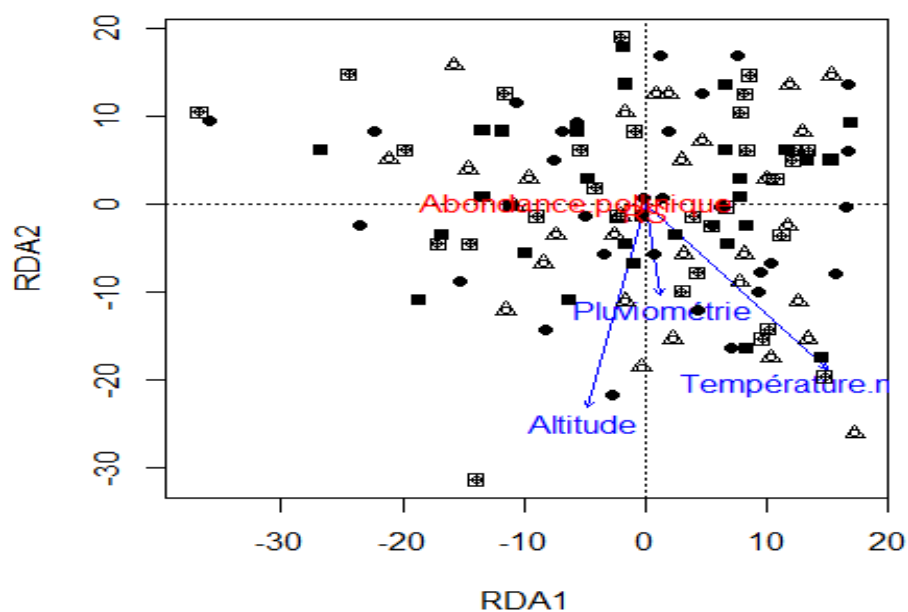


Fig. 2. Projection des espèces polliniques sur les axes

L'analyse de redondance révèle que seules deux (2) des 3 variables climatiques sont importantes pour expliquer les variations de l'abondance et de la richesse pollinique discriminantes (Prob = 0,043, F= 3,73, AIC= 1004,36, R^2 ajusté = 0,028). Il s'agit de l'altitude et de la température moyenne. Seul le premier axe est significatif (Prob. =0,001) et les deux premiers axes expliquent à eux seuls 100% de la variance totale de l'abondance et de la richesse pollinique en relation avec les variables climatiques. L'axe 1 (RDA1) prend en compte 99% de la variance totale. Cet axe est caractérisé par la température moyenne (tableau III). L'axe 2 (RDA2) explique 1% de la variance totale et est caractérisé par l'altitude. Les variables climatiques telles que l'altitude et la température moyenne sont significatives (Prob. < 0,05) dans le modèle.

Tableau 3. Significativité des variables climatiques et leurs scores sur les axes

Variables	ANOVA avec permutation				Axis scores	
	Df	Variance	F	Pr (>F)	RDA1	RDA2
Pluviométrie	1	0,320	0,022	0,901	0,048	-0,426
Altitude	1	118,1	3,339	0,057	-0,1948	-0,9808
Température moyenne	1	181,8	5,141	0,021	0,621	-0,784
Résidu	117	4138,2	-	-	-	-

En considérant les variables polliniques discriminantes et les deux axes retenus (tableau IV), on note que l'abondance est prise en compte par l'axe 1 (RDA1), tandis seule la richesse pollinique est pris en compte sur l'axe 2 (RDA2).

Tableau 4. Scores des variables morphologiques des arbres sur des axes

Variables polliniques	RDA1	RDA2
RS	0,009	-0,909
Abondance	-5,594	-0,001

4.3 RELATION ENTRE ABONDANCE POLLINIQUE, FORMATIONS VÉGÉTALES ET SOLS

L'abondance pollinique la plus élevée se retrouve dans les forêts et les plantations tandis que les jachères sont moins abondantes en pollen (Tableau 2). Selon la texture des sols, les argileux et argilo-sableux sont les plus abondants en pollen tandis que les sols sablo-limoneux et hydromorphes sont les moins abondants en pollens (figure 3.a). Quant au type de sol, le vertisol est plus riche en pollen que les sols hydromorphe et halomorphe (figure 3.b).

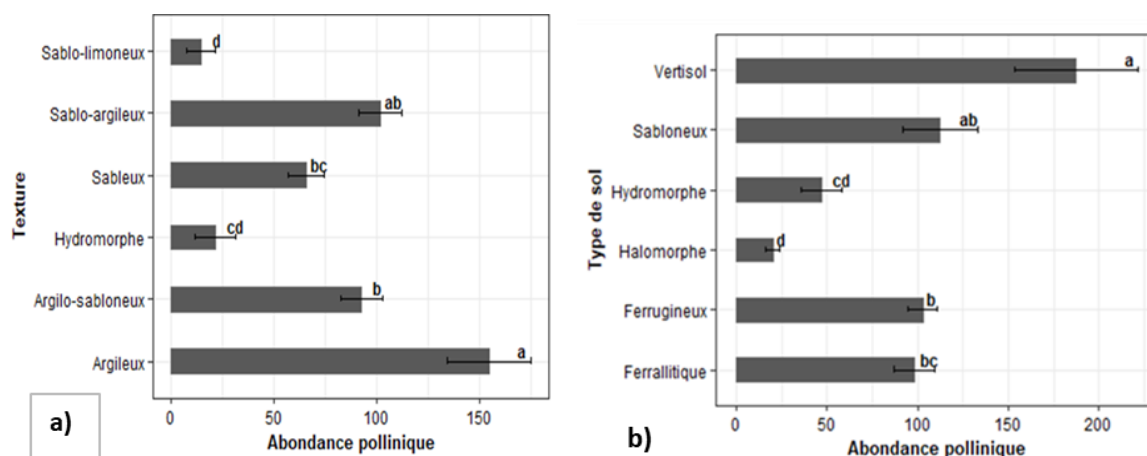


Fig. 3. Barplot avec barre d'erreur de l'abondance pollinique suivant le type de texture du sol (a) et le type de sol (b)

Les types de formation végétale, le type de sol et la texture du sol influencent hautement l'abondance pollinique ($p < 0,001$). La relation entre ces trois paramètres est présentée dans le tableau V.

Tableau 5. Influence des variables sur l'abondance pollinique

Variables	DL	Déviance résiduelle	p
Type de formations végétales	8	50.183	<0,001
Type de sol	5	54.609	<0,001
Texture du sol	3	16.323	<0,001

5 DISCUSSION

La richesse taxonomique et pollinique des sédiments varie d'un phytodistrict à un autre. Ainsi les différentes valeurs obtenues dans le Zou (97 taxons), le Borgou-Sud (78 taxons) et Bassila (69 taxons) sont supérieures aux 62 taxons identifiés par [30] dans la forêt classée de la Lama. Ces données sont néanmoins inférieures aux 126 taxons identifiés par [31] au sud du Bénin, aux 199 taxons de [32] en Inde et au Sri Lanka, aux 138 taxons recensés par [33] à Franche-Comté et aux 112 taxons identifiés par [35] au Congo. Les paramètres pouvant influencer la diversité et l'abondance pollinique des sédiments pourraient s'expliquer d'une part, par la différence de la taille des zones d'échantillonnages et des zones géographiques et d'autre part, par la différence des formations végétales, le nombre d'échantillons analysés et les conditions climatiques.

Quant à l'abondance pollinique elle varie de 3127 pollens (Borgou-sud) à 1696 pollens (Bassila). Ces valeurs polliniques sont supérieures à celles obtenues par [33] qui varient entre 531 et 1082 grains de pollens et inférieures à celles obtenues par [35] au Pérou qui se situent entre (5 et 3000 grains de pollens). En effet, selon [35], la structure, la texture et la composition chimique des sédiments pourraient impacter la richesse pollinique des échantillons.

Ainsi, l'analyse de redondance effectuée sur l'abondance pollinique et quelques paramètres climatiques (l'altitude, la pluviométrie et la température moyenne) révèle que seules deux (2) de ces 3 variables climatiques (altitude, température moyenne) sont importantes pour expliquer les variations de l'abondance pollinique discriminantes [36].

La présente étude a permis de montrer que les paramètres climatiques tel que l'altitude et température moyenne influencent la répartition des pollens lors de leur dépôt.

Parmi les facteurs qui participent à l'abondance pollinique des sédiments figurent le type de formation végétale et la nature du sol (texture et structure). En effet selon [36] les sols argileux et les formations végétales ouvertes regorgent une importante abondance pollinique. Ces résultats viennent confirmer l'hypothèse de [30] selon laquelle la typologie des formations végétales, le nombre d'échantillons de sédiments analysés et les conditions climatiques constitueraient les paramètres pouvant influencer la diversité et l'abondance pollinique des sédiments.

Les différentes observations faites corroborent celles de [36] qui ont montré qu'il existe une variation des abondances polliniques suivant les types de formations végétales. Aussi ont-ils fait remarqué que l'abondance pollinique variait suivant l'altitude et la pluviométrie.

6 CONCLUSION

L'étude de la relation entre la diversité pollinique, les paramètres climatiques et les facteurs physiques en zone soudano-guinéenne au Bénin a permis d'évaluer l'effet des paramètres climatiques et des types de végétations sur la diversité et l'abondance pollinique des sédiments. La richesse taxonomique et l'abondance pollinique des sédiments varient d'un phytodistrict à un autre. L'analyse de redondance nous a montré que l'altitude et la température moyenne influencent la répartition et l'abondance pollinique des sédiments. Aussi, les formations végétales telles que la forêt claire, les champs, les jachères et les plantations sont de bons milieux de conservation des pollens. Les sols ferrugineux, ferralitiques et vertisols avec des textures argileuses, sablo-argileux et argilo-sableux constituent les meilleurs sédiments pour réaliser des études sur la pluie pollinique.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient:

- L'Organization for Women in Science for the Developing World (OWSD) pour la subvention de séjour de recherche N° 3240291651 accordée à Salomé Adeline Rodica ZANOUE
- Projet Erasmus+ K107 de l'Université de Malaga (Espagne)

REFERENCES

- [1] Bunting.M, 2003. Pollen–vegetation relationships in non-arboreal moorland taxa. Review of Palaeobotany and Palynology, 125 (3–4), pp. 285-298.
- [2] J. Dubey, R. Ghosh, S. Agrawal, M.F. Quamar, P. Morthekai, R.K. Sharma, A. Sharma, P. Pandey, V. Srivastava and S.N. Ali, Characteristics of modern biotic data and their relationship to vegetation of the Alpine zone of Chopta valley, North Sikkim, India: Implications for palaeovegetation reconstruction: The Holocene 1–14. 2017.
- [3] S. JAOUADI, V. LEBRETON, V. BOUT-ROUMAZEILLES, G. SIANI, R. LAKHDAR, R. BOUSSOFFARA, L. DEZILEAU, N. KALLEL, B. MANNAITAYECH, N. COMBOURIEUNEBOU, Environmental changes, climate and anthropogenic impact in south-east Tunisia during the last 8 kyr, Clim. Past, 12, 1339–1359, 2016.
- [4] M. COURT-PICON, A. BUTTLER, J.L. BEAULIEU, Modern relations pollen / vegetation/utilisation des terres dans les ronnements: Un exemple de la vallee du Champsaur (français/Alpes). V Histoire et archéobotanique de la végétation 15: 151- 168, 2006.
- [5] R. CALCOTE, Identification des types de peuplements forestiers à l'aide de pollen creux forestiers. L'Holocène 8: 423–32, 1998.
- [6] R. BRADSHAW, T. WREFLUX, Relations entre les donnees contemporaines sur le pollen et la vegetation du Wisconsin et Michigan, Etats-Unis. Écologie 66: 721–737, 1985.
- [7] T. WEBB, S.E. HOWE, R.H.W. BRADSHAW, Estimat -l'abondance des plantes a partir des pourcentages de pollen: analyse de regression. Revue de Paléobotanique Palynologie 34: 269–300, 1981.
- [8] Y. MIRAS, L'étude des relations entre végétation et pluie pollinique actuelle sur le plateau de Millevaches (Limousin, France): outil pour une meilleure caractérisation pollen analytique des formes paysagères et des pratiques agrosylvopastorales. Revue des Sciences Naturelles d'Auvergne, 73 P.71-104, 2009.
- [9] H. Elenga, O. Peyron, R. Bonnefille, D. Jolly, R. Cheddadi, J. Guiot, V. Andrieu, S. Bottema, G. Buchet, J.-L. de Beaulieu, A. C. Hamilton, J. Maley, R. Marchan, R. Perez-Obiol, M. Reille, G. Riollet, L. Scott, H. Straka, D. Taylor, E. Van Campo, A. Vincens, F. Laarif and H. Jonson. Pollen-based biome reconstruction for southern Europe and Africa 18,000 yr BP, Journal of Biogeography, 27, 621–634.
- [10] C. A. Adomou (2005): Vegetation Patterns and Environmental gradients in Benin. Implications for biogeography and conservation. PhD Thesis; Wageningen University, Wageningen, 133 p.
- [11] A. K. Adam et M. Boko (1993): Le Bénin. Nouvelle édition. Edition du Flamboyant, Paris (France). 93 p.
- [12] R. Black (1967): Sur l'ordonnance des chaînes de métamorphiques en Afrique occidentale. Chron. Min. Rech. Min., Fr., n° 364, pp. 225-238.
- [13] Anonyme (1989): Carte géologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200000: Feuilles de Pira-Savè-Abomey-Zangnannado-Lokossa-Porto-Novo. Notice explicative, mém. N° 3, 77 p.
- [14] A AKOEGNINOU., W.J. VAN DER BURG. & L. J. G. VAN DER MAESEN, (2006) Flore analytique du Benin. Backhuys Publishers, Wageningen, 1034 p.
- [15] Houinato M., Delvau C. et Pauwels L. (2000): Les Eragrostis (Poaceae) du Bénin. Belg. Journ. Bot. 133, 1-2: pp. 21-35.
- [16] F. MAZIER., Modelisation de la relation entre pluie pollinique actuelle, vegetation et pratiques pastorales en moyenne montagne (Pyrenees ET Jura): Application pour l'interprétation des données polliniques fossiles. Ecologie, Environnement. Thèse de Université de Neuchatel, 244p, 2006.
- [17] M.G. TOSSOU, Recherche palynologique sur la vegetation holocene du Sud-Benin (Afrique de l'Ouest). These de l'Universite de Lome, 136 p. 2002.
- [18] Y. MIRAS, Environnement et peuplement de la moyenne montagne du tardiglaciaire à nos jours. 166p, P.158-164, 2004.
- [19] C. BRUN., Indicateurs anthropiques dans les diagrammes de pollen dans l'est de la France: une revue critique. Veget Hist Archaeobot 20, 135-142, 2011.
- [20] K. FAEGRI and J. IVERSEN, Text book of Pollen Analysis, Fourth ed., Wiley, Chichester, UK. 1989.
- [21] P.D. MOORE, J.A. WEBB, M.E. COLLINSON, Pollen analysis. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 216 p, 1991.
- [22] J-P. Ybert, Atlas des Pollens de Côte d'Ivoire. ORSTOM: Paris; 40 p. 1979.
- [23] M.A. SOWUNMI, Pollen grains of Nigeria plants I. Woody species. Grana, 13: 145-186, 1973.
- [24] M.A. SOWUNMI, Pollen grains of Nigeria plants II. Woody species. Grana, 34: 120-141, 1995.
- [25] W. D. GOSLING, C. S. MILLER, D.A. LIVINGSTONE, Atlas du pollen tropical ouest-africain flora, Review of Paleobotany and Palynology, 199, P. 1-135, 2013.
- [26] Frank E Harrell Jr, with contributions from Charles Dupont and many others. (2019). Hmisc: Harrell Miscellaneous. R package version 4.3-0. <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>.
- [27] E H. Jr. Frank, with contributions from C. Dupont. (2019). Hmisc: Harrell Miscellaneous. R package version 4.3-0. <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>.

- [28] Venables, W. N. & Ripley, B. D. (2002) Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0.
- [29] Wickham. H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2016.
- [30] A. R. S. ZANOU., A.D. TOSSA-DOGNON., M. G. TOSSOU., K. BATAWILA, A. AKOUEGNINO, K. AKPAGANA. Étude de la pluie pollinique de la forêt classée de la lama en zone guinéenne au Bénin. J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), 2020, 22 (1&2): 63-76.
- [31] M.G. TOSSOU, H. YEDOMONHAN, A. ADOMOU, A. AKOEGNINO, K. AKPAGANA, Dépôt pollinique actuel et végétation du sud du Benin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 6 (4): 1647- 1668. 2012.
- [32] R. BONNEFILLE, K. ANUPAMAL, D. BARBONI, J. PASCAL, S. PRASADL, J. P. SUTRAL, Modern pollen spectra from tropical South India and Sri Lanka: altitudinal distribution. Scientific Publications, Oxford. 216 p, 1992.
- [33] C. BRUN., Archeophytes et neophytes. Pour une nouvelle détermination des marqueurs polliniques de l'anthropisation. Le cas des milieux cultivés et rudéraux de Franche-Comte. 431 p, 2007.
- [34] M. ROUX, G. ACHOUNDONG, H. ELENGA, C. de NAMUR, I. REYNAUDFARRERA, A. VINCENS, Relations statistiques pluie pollinique végétation en forêt tropicale africaine, Dynamique à Long Terme des Ecosystèmes Forestiers Intertropicaux: Symposium International, Paris (FRA), P. 291-296, 2000.
- [35] P. T. WENG, M. B. BUSH, M. R. SILMAN., An analysis of modern pollen rain on an elevational gradient in southern Peru. Journal of Tropical Ecology 20: 113-124. 2004.

Quantification and identification des bactéries potentiellement pathogènes dans les dépotoirs sauvages

[Quantification and identification of potentially pathogenic bacteria in wild dumps]

Balumisa Mubolwa Jules¹, Gabriel Baguma Balagizi², Rwabika Mushengezi Anicet³, Munundu Mwangaza Aline⁴, Aksanti Lwango⁵, Safari Cizungu Dieu-donné⁶, and Cubaka Kabagale Alfred⁷

¹Master en gestion de l'environnement, Politique-socio- économie de l'environnement, Assistant de premier mandat à l'Institut Supérieur d'Agroforesterie et de Gestion de l'Environnement (ISAGE) de Kahuzi -Biega, RD Congo

²Assistant à l'Université Officielle de Bukavu, BP: 570 Bukavu, RD Congo

³ISP, Goma, RD Congo

⁴Centre Hydrobiologique d'Uvira, RD Congo

⁵Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu, RD Congo

⁶Master en gestion de l'environnement, Politique-socio-économie de l'environnement, RD Congo

⁷Laboratoire de Physiologie Végétale et de Microbiologie Appliquée, Université Officielle de Bukavu, BP: 570 Bukavu, RD Congo

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This part of our study focuses on the quantification and identification of potentially pathogenic bacteria from wild dumps in the municipality of Ibanda. The random sampling in the wild dumps was taken according to the standard of the Quebec expertise Center of environmental analysis (CEAEQ), which makes it possible to evaluate the average contamination of the environment. Hand and equipment disinfection was carried out using ethanol (70%). The bottles were placed in an isothermal bag ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) and then immediately transported to the LPVMA/UOB laboratory for further treatment. We made decimal dilutions, from 10^0 to a 10^{-3} dilution. For each dilution and culture medium, Pétri dishes were inoculated in triplicate and incubation was carried out at 37°C in a Memert incubator for 24 hours. Microsoft Excel and Past softwares were used to calculate the means of each CFUs collection and to perform the nonparametric Kruskal-Wallis test that compare the median of the data between columns. The results showed that FMAT germs were generally more frequent at all sites than Enterococci that were absent at more than half (60%) of the sites. *Pseudomonas* averaged 300 CFU/g 10^{-6} at 5 out of 8 sites including DSELA, DSCA, DSMUSH, DSKM, and DSRGK. *Salmonella* and *Shigella* were present in all wild dumps with a maximum average value of 160 CFU/g 10^{-6} . Nonetheless they were poorly represented in the DSGB and DSCS sites. The DSELA site had more fecal and total coliforms than the DSKR site where they were absent. Enterococci were the most represented with 38.8% and 36.79% respectively in the DSCS and DSMUSH sites and coliforms are represented with 24.75% in the DSELA site. Yet Enterococci were absent in the DSELA, DSISP, DSRGK, DSPC, and DSKM sites where the absence of CFT was also reported. Concerning the prevalence of potentially pathogenic bacteria, Nyalukemba district was in the lead with 61.4% of Enterococci, followed by Ndendere district with 57.18% of fecal and total coliforms. The Ndendere district seems to be the most exposed to diseases potentially related to wild dumps, followed by the Panzi district depending on the prevalence of bacterial groups. On 10 sites explored, 8 genera were identified on the selective medium, namely *Aeromonas*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Sphingomonas* and *Vibrio*. The implementation of the 3Rs strategy (Reduce, Recycle, and Reuse) as well as the installation of a biomethanisation plant could reduce the consequences of waste on the population and the environment.

KEYWORDS: quantification, identification, potentially pathogens bacteria, wild dumps.

RESUME: Cette partie de notre étude porte sur la quantification et identification des bactéries pathogènes des dépotoirs sauvages dans la commune d'Ibanda. Le choix d'échantillonnage aléatoire simple consistant à prélever des échantillons à des endroits dans les dépotoirs sauvages a été pris en compte suivant la norme du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) qui permet d'évaluer la contamination moyenne du milieu. La désinfection des mains et du matériel a été faite à l'éthanol (70%). Les bouteilles ont été placées dans un sac isotherme ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) puis transportées immédiatement au LPVMA/UOB pour différents traitements, le jour même du terrain. Nous avons réalisé des dilutions décimales de 10^0 jusqu'à 10^{-3} . L'ensemencement s'est réalisé dans des boîtes de Pétri en triplicat sur différents milieux de culture et l'incubation a été effectuée à 37°C dans un incubateur Memert pendant 24 heures. Microsoft Excel et Past ont été utilisés respectivement pour calculer les moyennes et pour effectuer le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis qui compare la médiane des données entre colonnes. Les résultats ont montré que les germes de la FMAT sont généralement plus fréquents sur tous les sites que les Entérocoques sont absents sur plus de la moitié (60%) des sites. Les *Pseudomonas* ont été en moyenne de 300 UFC/g 10^{-6} sur 5 sur 8 sites dont DSELA, DSCA, DSMUSH, DSKM et DSRGK. Les *Salmonella* et *Shigella* étaient présents dans tous les dépotoirs sauvages avec une valeur moyenne maximale de 160 UFC/g 10^{-6} . Le site DSELA a présenté plus de coliformes fécaux et totaux, catégories absentes sur le site DSKR. Les entérocoques ont été les plus représentés, notamment sur les sites DSCS (38,8%) et DSMUSH (36,79%) puis les coliformes sur le site DSELA (24,75%). Les *Salmonella-Shigella* ont été faiblement représentés sur les sites DSGB et DSCS tandis que les entérocoques ont été absents sur les sites DSELA, DSISP, DSRGK, DSPC et DSKM comme aussi les CFT sur DSKM. En ce qui concerne la prévalence de ces bactéries dans les 3 quartiers de la commune d'Ibanda, Nyalukemba a été en tête pour les Entérocoques et Ndendere pour les coliformes fécaux et totaux. Le quartier Ndendere serait le plus potentiellement exposé aux maladies liées aux dépotoirs sauvages puis Panzi, suivant la prévalence des groupes des bactéries. Sur les 10 sites explorés, 8 genres bactériens ont été identifiés sur les milieux de culture sélectifs utilisés, à savoir *Aeromonas*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Sphingomonas* et *Vibrio*. La mise en application de la stratégie des 3R (Réduire, Recycler et Réutiliser) ainsi que l'installation d'une centrale de biométhanisation pourraient réduire les conséquences des déchets sur la population et sur l'environnement.

MOTS-CLEFS: quantification, identification, bactéries potentiellement pathogènes, dépotoirs sauvages.

1 INTRODUCTION

Les déchets sont souvent associés à la détérioration de l'environnement et à de multiples risques pour la santé humaine (Bisimwa et al., 2013). La production mondiale de déchets solides municipaux a pratiquement doublé au cours des dix dernières années (Hoorweg, 2012) surtout dans le pays en développement lié à l'effet conjugué de la forte croissance urbaine et du développement économique. Les déchets abandonnés dans toutes les rues de la ville constituent donc un lieu idéal pour la prolifération de toutes sortes d'organismes vecteurs et pathogènes (Bisimwa et al., 2013), d'autant plus qu'aux détritus se mêlent souvent des déjections humaines et animales. Glandier (2002) a montré que le stockage de déchets ménagers et assimilés est un milieu riche en microorganismes, tant en nombre qu'en espèce, mais une faible part d'entre eux peut s'avérer pathogène à l'homme.

Sur les 20 dernières années, les recherches entreprises sur les bactéries pathogènes des déchets ont mis en évidence différents modes de contamination soit par ingestion, soit par inhalation, soit par digestion (Fervers, 2010; DCM1, 2003). La quantité des déchets entrant, leur composition et les conditions de combustion influencent les acteurs de ce secteur (Fervers, 2010; DCM1, 2003). IIA (2016) a classé les déchets en deux catégories pour les pays en développement entre autres les déchets ménagers et assimilés, et les déchets dangereux. Certains sont à composter si les normes de la Plateforme Re-Sources (IIA, 2016), sont respectées, d'autres sont dangereux comme les déchets hospitaliers, des piles, des équipements électriques et électroniques, des bombes aérosols, des pots de peinture et des cadavres animaux dont les lixiviats sont une source de maladies infectieuses (Glandier, 2002).

La Directive n°90/679/CEE (1980) a élaboré une directive concernant les risques liés à des agents biologiques au travail. Notre travail s'intéresse aux agents microbiologiques dont les bactéries pathogènes des dépotoirs sauvages de la commune d'Ibanda. La littérature relève deux types des contaminants: les entéro-pathogènes déjà présents dans le matériel brut à composter et susceptibles de disparaître au cours du compostage (Gebra, 2003) en outre les bactéries mésophiles et thermophiles (Anonyme, 1991). INREST (2014) a évalué la contribution des déchets vis-à-vis de la présence des coliformes totaux et fécaux dont les papiers contiennent eux-mêmes un seuil de 13 à 65% UFC. Bisimwa et al. (2013) et Bahri et al., (2009) spécifient que la gestion d'ordures ménagères est un problème dans les centres urbains et prolifèrent des microbes et parasites de toutes sortes ainsi que des insectes vecteurs Bahri et al. (2009).

En RD Congo, les mécanismes des traitements des déchets ne sont pas mis en application malgré la croissance démographique, la création des nouvelles provinces, des villes, des communes et nouveaux sites dans le pays durant les dernières décennies, les villes ont connu une croissance démographique liée à l'exode rural suite aux guerres multiples. Ceci provoque des difficultés de gestion de déchets d'origines diverses et une prolifération des épidémies à la population environnante. La commune d'Ibanda est le grand centre des institutions étatiques, des ONGs, des établissements privés de grande envergure dans la ville de Bukavu, mais la gestion de déchets ne semble être en rapport avec les normes de gestion environnementale. Les ASBL ne cessent d'augmenter pour le ramassage des déchets ménagers et biomédicaux surtout chez les abonnés moyennant les frais d'adhésion vers les dépotoirs sélectionnés.

Ces dépotoirs accueillent des déchets industriels, ménagers et assimilés, biomédicaux, électriques et électroniques... dont leurs produits chimiques migrent hors du site et polluent les milieux environnementaux (eau, sol, air). La population de la commune d'Ibanda peut se contaminer par l'air qu'elle respire, l'eau qu'elle boit, les végétaux qui poussent sur le sol pollué ou par ramassage de la nourriture dégradée. A ce jour, peu d'études ont été réalisées pour évaluer ce risque (Dolk, 1998).

Cette partie du travail vise à dénombrer et à identifier les bactéries pathogènes des dix dépotoirs sauvages en vue d'approfondir le secteur de la santé publique qu'environnemental sur la présence des certaines bactéries en milieu urbain.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Durant cette période de prélèvement des échantillons des déchets pour analyse bactériologique, l'échantillonnage n'a pas été sélectif du fait que les dépotoirs sauvages de la ville de Bukavu reçoivent toutes catégories de déchets. C'est pour ces raisons que le plan d'échantillonnage a été choisi selon la norme du Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec (2008-2015); un échantillonnage aléatoire simple consistant à prélever des échantillons à des endroits dans les dépotoirs sauvages. Cette méthode permet d'évaluer la contamination moyenne du milieu. A 20 cm de profondeur, un échantillon de 50g de sol a été prélevé et placé dans une bouteille en polyéthylène stérile à l'aide d'un couteau et une truelle préalablement stérilisés et les mains étant protégées par des gants médicaux aussi stériles.

La désinfection des mains et du matériel a été faite à l'éthanol (70%). Les bouteilles ont été placées dans une glacière ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) puis transportées immédiatement au laboratoire pour les analyses au Laboratoire de Physiologie Végétale et de Microbiologie Appliquée (LPVMA/UOB). Le traitement de l'échantillon prélevé sur chaque site était fait le même jour du terrain. Chaque groupe des bactéries était cherché en fonction du milieu de culture adapté. Pour la recherche de la flore mésophile aérobie totale (FMAT), a été réalisée à l'aide d'une spatule stérile, en prélevant aseptiquement 1 g de déchet en le mélangeant avec 9 ml d'eau distillée préalablement stérile pour aboutir à une dilution 10^{-1} . Au moment de la réalisation des dilutions décimales, les pipettes ont été changées jusqu'à une dilution 10^{-3} . L'ensemencement des germes s'est réalisé dans la série de 3 boîtes de pétri, chacun à 1 ml de dilution, puis ajouter 20 ml de gélose PCA et agiter constamment. L'incubation s'est effectuée à 37°C dans un incubateur Memert pendant 24 heures.

Pour la recherche des Streptocoques fécaux à l'aide de mêmes dilutions, 20 ml de KF Streptocoque Agar ont été utilisés. Les *Pseudomonas sp* ont été cultivés sur le milieu Pseudomonas Agar, les *Salmonella sp* et *Shigella sp* sur le SS Agar. Le milieu McConkey Agar a été utilisé pour la recherche de coliformes fécaux et totaux. Après incubation, les colonies se trouvant sur la surface de chaque boîte de Pétri ont été comptées en les multipliant par le facteur de dilution 10^6 et en les exprimant en unités formatrices de colonies par g (UFCgr⁻¹). Pour sélectionner les colonies de bactéries potentiellement pathogènes, les milieux Kligler Iron Agar (KIA), Citrate de Simons, Urée et sulfure-indole-motilité (SIM) ont été inoculés puis incubés à 37°C pendant 24h. Le test d'oxydase a été effectué pour certaines colonies. L'identification des bactéries potentiellement pathogènes a été effectuée grâce au *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (Holt et al., 1994).

Après analyse des bactéries pathogènes, les données ont été saisies dans le tableur de Microsoft Excel pour des analyses statistiques. Le dénombrement des bactéries pathogènes est représenté en tant que moyenne de chaque période de récolte des données. Grâce au logiciel Past (Hammer et al., 2001), nous avons effectué le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis pour comparer la médiane des données entre colonnes. Une ANOVA à un facteur a été effectuée par les données moyennes entre les UFC des bactéries.

3 RÉSULTATS

3.1 DENSITÉ DES BACTÉRIES POTENTIELLEMENT PATHOGÈNES DANS LES DÉPOTOIRS SAUVAGES

La figure 15 (page suivante) montre que les germes de la FMAT sont généralement plus fréquents sur tous les sites que les Entérocoques, absents sur plus de la moitié (60%) des sites. Les *Pseudomonas* sont en moyenne de 300 UFC/g 10^{-6} sur 5 sites dont DSELA, DSCA, DSMUSH, DSKM et DSRGK, mais ils sont en moyenne de 150 UFC/g 10^{-6} dans le DSKR. Les *Salmonella* et *Shigella* sont présents dans tous les dépotoirs sauvages avec une valeur moyenne maximale de 160 UFCg 10^{-6} . Le site DSELA présente plus de Coliformes fécaux et totaux que le site DSKR où ils sont absents.

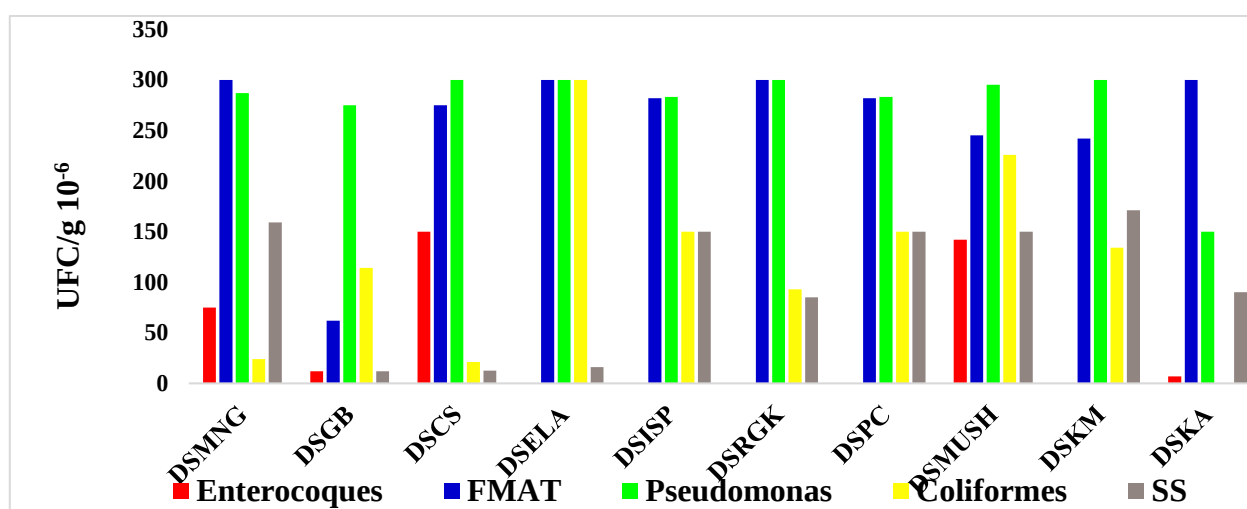


Fig. 1. Densité des bactéries potentiellement pathogènes dans les dépotoirs sauvages

Légende: DSMNG = Dépotoir Marché Nguba, DSGB = Dépotoir Galerie Bugugu, DSCS = Dépotoir Camp Saio, DSELA = Dépotoir ELAKAT, DSISP= Dépotoir ISP/Bukavu, DSRGK= Dépotoir REGIDESO Kasongo, DSPC = Dépotoir Prison Centrale, DSMUSH = Dépotoir de Mushununu, DSKM =Dépotoir Kasoko Maendeleo, DSKR=Dépotoir de Kaza Roho.

3.2 FRÉQUENCE DES BACTÉRIES POTENTIELLEMENT PATHOGÈNES DANS LES SITES SÉLECTIONNÉS

Le tableau 1 ci-dessous, montre que les Entérocoques sont les plus représentés avec 38,8% et 36,79% respectivement dans les sites DSCS et DSMUSH.

Tableau 1. Fréquence (en %) des UFC/g10⁻⁶ selon les sites d'échantillonnage

Sites	Entérocoques	FMAT	Pseudomonas	Coliformes	SS
DSKR	1,81	11,59	5,41	Nd	9,04
DSMNG	19,43	11,59	10,35	1,98	15,97
DSGB	3,11	2,40	9,92	9,41	1,21
DSELA	Nd	11,59	10,82	24,75	1,61
DSISP	Nd	10,90	10,21	12,38	15,07
DSCS	38,86	10,63	10,82	1,73	1,26
DSPC	Nd	10,90	10,21	12,38	15,07
DSMUSH	36,79	9,47	10,64	18,65	15,07
DSKM	Nd	9,35	10,82	11,06	17,18
DSRGK	Nd	11,59	10,82	7,67	8,54
%	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Légende: DSKR=Dépotoir de Kaza Roho, DSMNG = Dépotoir Marché Nguba, DSGB = Dépotoir Galerie Bugugu, DSELA = Dépotoir ELAKAT, DSISP= Dépotoir ISP/Bukavu, DSCS = Dépotoir Camp Saio, DSPC = Dépotoir Prison Centrale, DSMUSH = Dépotoir de Mushununu, DSKM =Dépotoir Kasoko Maendeleo, DSRGK= Dépotoir REGIDESO Kasongo, nd = non détectés

Les coliformes sont représentés avec 24,75% dans le site DSELA. Les *Salmonella-Shigella* sont faiblement représentés dans les sites DSGB et DSCS, avec 1,21% et 1,26%. Les entérocoques sont absents dans les sites DSELA, DSISP, DSRGK, DSPC et DSKM où l'absence des CFT est signalée.

3.3 PRÉVALENCE DES BACTÉRIES POTENTIELLEMENT PATHOGÈNES PAR QUARTIER EN COMMUNE D'IBANDA

Concernant les 3 quartiers de la commune d'Ibanda, le quartier Nyalukemba est en tête avec 61,4% des Entérocoques, ensuite le quartier Ndendere avec 57,18% des coliformes fécaux et totaux. Un faible pourcentage en coliformes fécaux et totaux est observé dans le quartier Nyalukemba respectivement avec 13,12 et 18,43%. Malgré l'absence d'entérocoques, le quartier Ndendere semble le plus exposé aux maladies potentiellement liées aux dépotoirs sauvages puis le quartier Panzi qui présente un pourcentage de ~27 à 41% suivant les groupes des bactéries.

Tableau 2. Fréquence (en %) des UFC/g10⁻⁶ selon les quartiers de la commune d'Ibanda

Quartier	Entérocoques	FMAT	Pseudomonas	Coliformes	SS
Nyalukemba	61,40	24,61	31,09	13,12	18,43
Ndendere	Nd	44,98	42,05	57,18	40,28
Panzi	38,60	30,41	26,87	29,70	41,29
Total	100	100	100	100	100

nd = non détectées, en-dessous du seuil de détection

3.4 VARIABILITÉ DES BACTÉRIES POTENTIELLEMENT PATHOGÈNES PAR QUARTIER EN COMMUNE D'IBANDA.

Au cours de nos recherches, 4 groupes des bactéries ont été répertoriés sur les dépotoirs sauvages de la commune d'Ibanda (Figure 16).

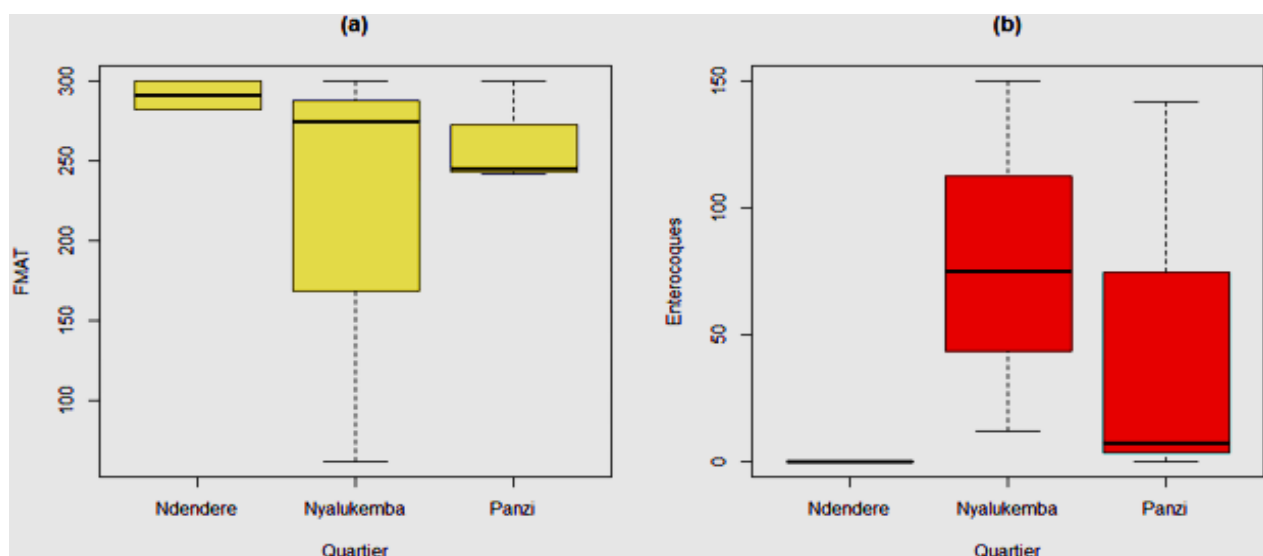


Fig. 2. Variabilité des FMAT et Entérocoques sur les dépotoirs sauvages dans les quartiers de la commune d'Ibanda

Il s'agit des germes de la FMAT, abondantes au quartier Nyalukemba; avec des valeurs comprises entre 50 et 300 x10⁶UFCg⁻¹ (figure 2a) alors que dans le quartier Ndendere, elles varient entre 275 et 300 x10⁶UFCg⁻¹ et que dans le quartier Panzi, elles se situent entre 250 et 300 x10⁶UFCg⁻¹. Les UFC des Entérocoques (figure 2b) varient entre un maximum de 150.10⁶UFCg⁻¹ (quartier Nyalukemba) et un minimum de 5.10⁶UFCg⁻¹ (quartier Ndendere). La variabilité la plus importante a été observée dans le quartier Panzi où la valeur maximale est de plus de 300.10⁶ UFCg⁻¹.

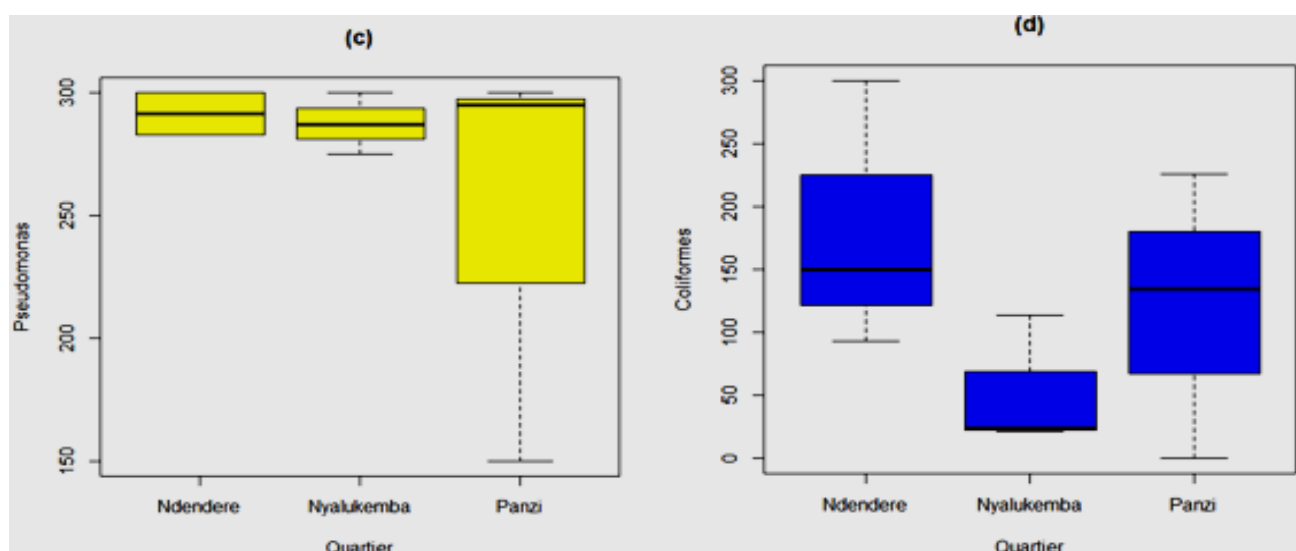


Fig. 3. Variabilité de *Pseudomonas* sp et Coliformes sur les dépotoirs sauvages dans les quartiers de la commune d'Ibanda.

La figure 3 ci-dessous montre que le quartier Panzi a une variabilité moyenne hautement élevée pour les *Pseudomonas* (de 150 à 230 x10⁶ UFCg⁻¹) alors que les valeurs des coliformes fécaux et totaux sont hautement plus élevées dans le quartier Ndendere qu'à Nyalukemba. Aucune variabilité importante de *Pseudomonas* à Ndendere n'a été signalée. La présence de chaque groupe des bactéries pathogènes a été fonction de la densité des UFCg⁻¹ dans différents dépotoirs sauvages.

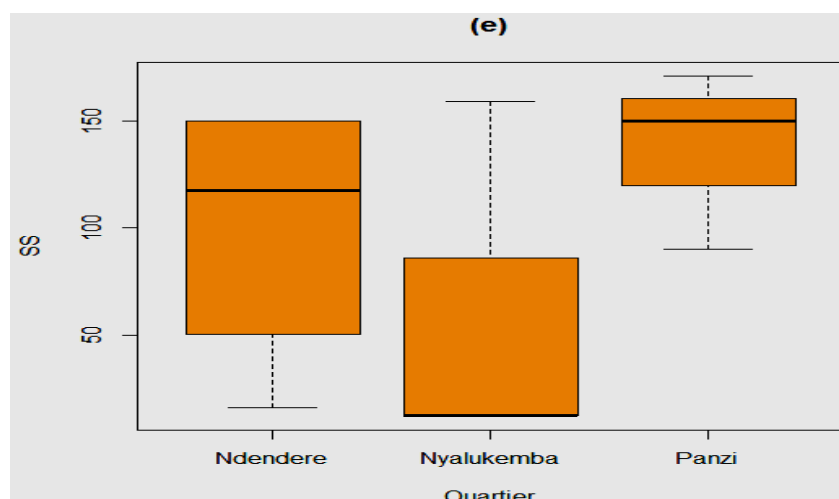


Fig. 4. Variabilité de *Salmonella/Shigella* sur les dépotoirs sauvages en commune d'Ibanda.

Pour *Salmonella* et *Shigella*, la fluctuation des UFC exprimée par la figure 4 montre que le quartier Nyalukemba a un pic élevé d'au moins 150 x10⁶ UFC g⁻¹ tandis que le quartier Ndendere présente la valeur moyenne la plus basse se situant entre 10 et 50 x10⁶ UFCg⁻¹.

Une ANOVA entre les divers groupes des bactéries potentiellement pathogènes détectées sur les différents quartiers de la Commune d'Ibanda révèle que les données ne suivent pas de distribution normale ($p > 5\%$). Pour cela, nous avons réalisé un test Shapiro pour l'analyse des résidus, sans prendre en compte les sites ayant des valeurs nulles. Ce test montre une différence significative entre les entérocoques et les *Pseudomonas* entre les 3 quartiers de la commune d'Ibanda ($W = 0.81$; $p\text{-val} = 0.01DS$). Toutefois, un test Tukey HSD a révélé qu'il n'y a pas de différence significative entre ces différents quartiers.

3.5 PRÉSENCE/ABSENCE DES BACTÉRIES DES DÉPOTOIRS SAUVAGES SUR LE MILIEU SÉLECTIF

Dans les 10 sites explorés, huit genres ont été identifiés sur les milieux sélectifs. Le tableau 3 montre la présence (1) ou absence (0) des genres dans les sites d'échantillonnage. Le genre *Pseudomonas* (*P. putrefasciens*) est le plus représenté car détecté sur 4 sites. Le genre *Vibrio* est présent sur 3 sites tandis que les autres genres n'ont été détectés que sur 1 ou 2 sites. Trois genres de bactéries ont été

détectés sur le site DSKR, entre autres *Escherichia*, *Enterobacter* et *Aeromonas*. Le genre *Citrobacter* n'a été détecté que sur le site DSKM et *Aeromonas* sur le site DSGB.

Tableau 3. Occurrence des bactéries potentiellement pathogènes sur les dépotoirs sauvages

Genres	DSKR	DSMNG	DSGB	DSELA	DSISP	DSCS	DSPC	DSMUSH	DSKM	DSRGK
<i>Aeromonas</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Citrobacter</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Enterobacter</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Escherichia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Pseudomonas</i>	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
<i>Serratia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Sphingomonas</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vibrio</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0

Légende: DSKR=Dépotoir de Kaza Roho, DSMNG = Dépotoir Marché Nguba, DSGB = Dépotoir Galerie Bugugu, DSELA = Dépotoir ELAKAT, DSISP= Dépotoir Dépotoir ISP/Bukavu, DSCS = Dépotoir Camp Saio, DSPC = Dépotoir Prison Centrale, DSMUSH = Dépotoir de Mushununu, DSKM =Dépotoir Kasoko Maendeleo, DSRGK= Dépotoir REGIDESO Kasongo

4 DISCUSSION

Dans la commune d'Ibanda, les hommes sont en contact direct avec les déchets entreposés au sol tout comme dans les eaux. Lorsque les enfants ou les adultes jouent dans les dépotoirs ou lorsqu'ils mangent des feuilles ou des racines de légumes, couvertes de poussière les risques de contamination due aux bactéries pathogènes augmentent. Au cours d'échantillonnage, cinq groupes des bactéries ont été recherchés dans les dépotoirs sauvages de la commune; les Entérocoques, la Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT), les *Shigella* et *Salmonella* (SS), ainsi que les Coliformes (totaux et fécaux). Un des facteurs majeurs expliquant le taux élevé des FMAT et des *Pseudomonas* serait l'augmentation de la température dans les dépotoirs sauvages (Prescott et al., 2007). La présence de ce type des bactéries pathogènes dans les dépotoirs sauvages est du pouvoir infectieux chez l'homme. Les Entérocoques sont responsables d'infections urinaires et d'endocardites, les *Salmonella* sont des parasites de l'homme, des Mammifères (rongeurs), des Oiseaux et des animaux à sang froid comme les Reptiles. Elles sont responsables après pénétration par voie orale, de nombreuses infections dont les fièvres typhoïdes.

Les végétaux poussant sur les dépotoirs sauvages sélectionnent aussi, de façon directe ou indirecte, la communauté microbienne. Prescott et al. (2007) soulignent que ces micro-organismes se développent dans la phyllosphère, dans la rhizosphère ou à l'intérieur de la plante comme bactéries endophytes. Ces auteurs ont montré, par exemple, que des bactéries du genre *Sphingomonas* sont présentes sur les feuilles et les tiges de certaines plantes. La population riveraine consommatrice des végétaux poussant dans les dépotoirs sauvages peuvent être atteints des maladies infectieuses dues à ce type des bactéries. Par ailleurs, Dommergues et Mangenot (1990) spécifient que les *Pseudomonas*, rhizobactéries promotrices de la croissance végétale, peuvent être des parasites opportunistes. Comme les mécanismes d'invasion des plantes ne sont pas éloignés de ceux impliqués dans la pathogénicité de certaines bactéries, il est donc question de comprendre que des bactéries vivant en association avec les plantes des dépotoirs sauvages peuvent être pathogènes à l'homme.

Fedorak et al. (1981) ont trouvé 66,4% de coliformes totaux et 29,5% de coliformes fécaux dans un centre de stockage des déchets ménagers et assimilés. Cette gamme n'est pas loin de celle détectée sur le site DSELA où nous avons trouvé un taux de coliformes de 24%. En effet, le dépôt de déchets sur le sol peut modifier sa qualité par l'action des microorganismes.

A la suite des recherches de Bertrand et al. (2011), nous affirmons que dans les dépotoirs de la commune d'Ibanda, il y a deux catégories des bactéries pathogènes: strictes ou spécifiques, responsables de maladie bien caractérisées comme c'est le cas des salmonelles, des entérocoques, des coliformes... et opportunistes, qui ne provoquent pas habituellement de maladie mais pathogènes chez des sujets à défenses immunitaires faibles ou altérées comme c'est le cas de *Pseudomonas*.

5 CONCLUSION

Cet objectif visait à dénombrer et à identifier les bactéries pathogènes des 10 dépotoirs sauvages à travers diverses méthodes en vue d'approfondir le secteur de la santé publique qu'environnemental sur la présence des certaines bactéries en milieu urbain. La culture bactérienne sur différents milieux de culture universels et spécifiques a montré la prévalence de huit genres de bactéries potentiellement pathogènes dont *Aeromonas*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Sphingomonas* et *Vibrio* atteignant par endroits les 300.10⁶ UFCg⁻¹ de sol. Les bactéries de ces genres sont les principales responsables de différentes maladies d'origine

hydrique. La population de la ville de Bukavu doit donc faire face à la contamination par ces bactéries soit par inhalation, soit par digestion, soit par contact direct. La mise en application de la stratégie des 3R (Réduire, Recycler et Réutiliser) ainsi que l'installation d'une centrale de bio méthanisation pourraient réduire les conséquences des déchets sur la population et sur l'environnement. Les travaux de recherche à venir pourront tenir compte d'études sur la résistance de ces bactéries pathogènes face aux antibiotiques.

REFERENCES

- [1] Bahri B, Leconte M, Ouffroukh A, de Vallavieille-Pope C, Enjalbert J., 2009b. Geographic limits of a clonal population of wheat yellow rust in the Mediterranean region. *Molecular Ecology*. (18): 4165-4179.
- [2] Bertrand J-C, Caumette P, Lebaron P, Matheron R & Normand P., 2011. *Ecologie microbienne: Microbiologie des milieux naturels et anthropiques*. Presses universitaires de Pau et des Pays de l'Adour (France). pp1002.
- [3] Bisimwa KD, Jung CG. et A. Cubaka-Kabagale, 2013. Essai de compostage comme voie de valorisation des déchets ménagers solides dans la ville de Bukavu au Sud-Kivu. *Déchets Sciences et Techniques*, 85: 31-38.
- [4] DCM1, 2003. Cours de Bactériologie, Service de Bactériologie, Université P-M Curie.
- [5] Dolk, H., 1998. Rise in prevalence of hypospadias, *Lancet*: 770-771.
- [6] Dommergues Y, Mangenot F., 1990. *Écologie microbienne du sol*. Masson, Paris, 796 p.
- [7] Fedorak, P.M., and Westlake, W.S., 1981. Microbial degradation of aromatics and saturates in Prudhoe Bay crude oil as determined by glass capillary gas chromatography, *Can J Microbial*, 27, 432-443.
- [8] Gebra, S., 2003. A submarine slide on the Trinity Peninsula Margin, Antarctica. *Marine Geology* 193 (2003) 235-252.
- [9] Glandier, S., 2002. Risques sanitaire liés aux fuites de lixiviats des autres de stockage de de déchets ménagers et assimilés, *Ecole Nationale de la Santé Publique de la France*, 92p.
- [10] Hammer, O., Harper, D.A.T. et Ryan, P.D., 2001. Paleontological Statistics Software package for education and data analysis, *Paleontologia Electronica* 4 (1), 9pp, Version 2.16.
- [11] Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Staley, J.T., Williams, S.T., 1994. *Genus Acetobacter and Gluconobacter*; *Bergey's Manual of Determinative Bacter.*, 19th ed. MD, USA, 200pp.
- [12] Hoornweg, D., Bahda, T., et Perinaz, 2012. *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*, Urban Development Series; <https://openknowledge.worldbank.org>.
- [13] Prescott L.M., Harley, J.P., and Klein, D.A., 2007. *Microbiologie*, Edition De Boeck et Larcier.

