UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

# Influence de l'incinération des déchets médicaux sur la qualité de l'air dans deux hôpitaux de Bujumbura-Burundi : cas du CHUK et de la CPLR

**HARAGAKIZA, Thierry; Sous la direction de : Pr NDIKUMANA Théophile**

**2024**
UB, FACULTE DES SCIENCES
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/983

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

**UNIVERSITE DU BURUNDI**

**FACULTE DES SCIENCES**

**Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement**

# INFLUENCE DE L'INCINERATION DES DECHETS MEDICAUX SUR LA QUALITE DE L'AIR DANS DEUX HOPITAUX DE BUJUMBURA-BURUNDI: CAS DU CHUK ET DE LA CPLR.

**Par:**

**Thierry HARAGAKIZA**

**Mémoire**

**Présenté en vue d'obtenir :**

**Le Diplôme de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement**

**Specialité: Eau et Assainissement**

---

**Sous la direction de :** Pr NDIKUMANA Théophile

**Bujumbura, avril 2024**

*Influence de l'incinération des déchets médicaux sur la qualité de l'air dans deux hôpitaux de Bujumbura-Burundi : Cas du CHUK et de la CPLR.*

## MEMBRES DU JURY

Pr Samuel BUNANI: Président

Dr Pierre NTAKIYIRUTA : Secrétaire

Pr Théophile NDIKUMANA : Directeur

## DEDICACE

- A mes parents ;
- A mes frères et sœurs ;
- A toute ma famille ;
- A tous mes amis ;
-A tous ceux qui me sont chers.

Je dédie ce mémoire

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, il nous est agréable d'exprimer toute notre profonde gratitude aux diverses personnes et institutions qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à sa réalisation.

Nous exprimons tout particulièrement notre gratitude envers le professeur Théophile NDIKUMANA, promoteur et directeur de ce mémoire. La pertinence de ses conseils méthodologiques, sa rigueur scientifique, ses critiques constructives et surtout sa disponibilité nous ont été de grand intérêt et ont fait de ce travail ce qu'il est maintenant.

Une vive reconnaissance est adressée à tous les enseignants de l'université du Burundi et particulièrement à tous les professeurs de la Faculté des sciences, pour la formation tant humaine que scientifique qu'ils nous ont inculquée.

Nous tenons à remercier le Gouvernement du Burundi qui a financé nos études durant notre parcours académique.

Nous remercions également les Médecins Directeurs du CHUK et de la CPLR qui nous ont autorisés d'y recueillir des données aussi importantes.

Nous remercions également les chefs des Services d'Hygiène Hospitalière ainsi que les agents chargés de l'élimination des déchets de soins qui nous ont expliqués le processus de gestion et d'élimination des déchets médicaux.

Nous adressons de même nos vifs remerciements à toutes les personnes qui ont contribué moralement et matériellement à la réalisation de ce travail.

Enfin, que quiconque qui, de près ou de loin, aurait contribué à l'aboutissement de notre travail trouve ici l'expression de nos sentiments de reconnaissance.

*Influence de l'incinération des déchets médicaux sur la qualité de l'air dans deux hôpitaux de Bujumbura-Burundi : Cas du CHUK et de la CPLR.*

## RESUME

Cette étude a été initiée dans le but d'évaluer l'influence de l'incinération des déchets médicaux sur la qualité de l'air dans deux hôpitaux de Bujumbura: le CHUK et la CPLR.

Elle s'est déroulée dans la capitale économique du Burundi dans les deux hôpitaux de troisième référence afin de mesurer la concentration des matières particulaires à l'extérieur et dans les espaces clos et d'examiner son impact sanitaire.

Les observations ont été conduites sur dix jours( 30 novembre au 9 décembre 2023) et ce sur l'incinérateur électrique à combustion pyrolytique du CHUK et l'incinérateur de type Montfort de la CPLR.

Les particules ont été mesurées avec un compteur de particules TROTEC modèle PC220 et la vitesse du vent a été mesurée à l'aide d'un anémomètre marque OMEGA, série HHF11A. Nous avons également utilisé un décamètre pour mesurer les distances ou rayons séparant la zone d'incinération et les points de mesure.

Nous avons mesuré la qualité de l'air sur les directions choisies tout en s'orientant vers les services de l'hôpital principalement les services d'hospitalisation à raison d'au moins 10 mesures par point de mesure et suivant les tranches d'heures.

Les mesures des particules effectuées révèlent que, les concentrations moyennes (en PM 2,5 et en PM 10) mesurées au CHUK et à la CPLR, pendant l'incinération, quelle que soit la situation par rapport à l'incinérateur, dépassent largement les normes fixées par l'OMS comme l'indiquent les écarts types calculés.

Nous avons observé une diminution régulière des concentrations avec la distance séparant la zone d'incinération indiquant par-là l'effet bénéfique du vent, c'est dans la zone extérieure.

Les concentrations ont augmenté dans les espaces clos comme les services d'hospitalisation et les blocs administratifs.

En plus, les concentrations mesurées à la CPLR (avant l'incinération) avaient tendance de diminuer dans tous les rayons mais restent supérieures aux normes de l'OMS dans les services d'hospitalisation (Médecine interne et Pédiatrie Hospitalisation).

Les résultats obtenus révèlent que, pendant l'incinération, les alentours et les espaces clos de l'hôpital sont tous exposés à la pollution particulaire dépassant les normes de l'OMS.

Mots clés: qualité de l'air, incinération, déchets médicaux, les particules en suspension

*Influence de l'incinération des déchets médicaux sur la qualité de l'air dans deux hôpitaux de Bujumbura-Burundi：Cas du CHUK et de la CPLR.*

## ABSTRACT

This study was initiated with the aim of evaluating the influence of medical waste incineration on air quality in two hospitals in Bujumbura: CHUK and CPLR.

It took place in the economic capital of Burundi in the two third-reference hospitals in order to measure the concentration of particulate matter outdoors and in enclosed spaces and to examine its health impact.

The observations were carried out over ten days (November 30 to December 9, 2023) on the CHUK's electric pyrolytic combustion incinerator and the CPLR's Montfort-type incinerator.

The particles were measured with a TROTEC particle counter model PC220 and the wind speed was measured using an OMEGA brand anemometer, HHF11A series. We also used a tape measure to measure the distances or radii separating the incineration zone and the measurement points.

We measured the air quality in the chosen directions while focusing on the hospital services, mainly the hospitalization services, at the rate of at least 10 measurements per measurement point and following the time slots. .

The particle measurements carried out reveal that the average concentrations (in PM 2.5 and PM 10) measured at the CHUK and at the CPLR, during incineration, whatever the situation in relation to the incinerator, largely exceed the standards set by WHO as indicated by the calculated standard deviations.

We observed a regular decrease in concentrations with the distance separating the incineration zone, thereby indicating the beneficial effect of the wind, it is in the exterior zone. Concentrations increased in enclosed spaces such as hospital wards and administrative blocks.

In addition, the concentrations measured at the CPLR (before incineration) tended to decrease in all departments but remained higher than WHO standards in the hospitalization departments (Internal Medicine and Pediatric Hospitalization).

The results obtained show that, during cremation, the surroundings and enclosed spaces of the hospital are all exposed to particle pollution exceeding WHO standards.

Keywords: air quality, incineration, medical waste, suspended particles

# TABLE DES MATIERES

**MEMBRES DU JURY** ..... **i**
**DEDICACE** ..... **ii**
**REMERCIEMENTS** ..... **iii**
**RESUME** ..... **iv**
**ABSTRACT** ..... **v**
**TABLE DES MATIERES** ..... **vi**
**LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS** ..... **viii**
**LISTE DES TABLEAUX** ..... **ix**
**LISTE DES FIGURES** ..... **x**
**AVANT PROPOS** ..... **xi**
**INTRODUCTION GENERALE** ..... **1**
**CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE** ..... **6**
I.1. Structure de l'atmosphère terrestre ..... 6
I.2. Sources des particules atmosphériques ..... 6
I.3. Paramètres météorologiques influençant la qualité de l'air ..... 8
I.3.1. Le vent ..... 8
I.3.2. La chaleur et la lumière ..... 9
I.3.3. La pluie ..... 10
I.3.4. Influence de la couche d'inversion ..... 10
I.3.5. Humidité relative ..... 10
I.3.6. Topographie locale ..... 10
I.4. Conditions météorologiques ..... 10
I.5. Différentes échelles de pollution ..... 11
I.5.1. Echelle locale ..... 11
I.5.2. Echelle régionale ..... 11
I.5.3. Echelle globale ..... 12
**CHAPITRE II: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES MATIERES PARTICULAIRES** ..... **13**
II.1. Classification des particules atmosphériques ..... 13
II.1.1. Selon leurs sources. ..... 13
II.1.1.1. Poussières naturelles ..... 13
II.1.1.2. Poussières anthropiques ..... 14
II.1.2. Selon leurs modes de formation. ..... 15
II.1.3. Selon leur taille ..... 15

II.1.4. Selon leur composition ..... 16
II.2. Evolution des particules dans l'atmosphère ..... 17
II.2.1.Evolution physique ..... 17
II.2.2. Evolution chimique ..... 17
II.3. Dispersion des particules dans l'organisme ..... 19
II.4. Impact des matières particulaires sur la santé et l'environnement ..... 20
II.4.1. Effets sur la santé humaine ..... 20
II.4.2.Effets des particules fines sur l'environnement ..... 22
II.4.2.1. Effets sur le climat ..... 22
II.4.2.2. Effets sur la visibilité ..... 23
II.4.2.3. Effets sur l'écosystème ..... 23
**CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES ..... 24**
III.1. Présentation des zones d'études ..... 24
III.2. Mesure des PM 2, 5 ET PM 10 ..... 26
III.2.1. Description des appareils de mesure ..... 26
III.2.2. Méthodologie ..... 27
III.2.3. Méthodes d'analyse et traitement des données. ..... 30
**CHAPITRE IV: PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS ..... 32**
IV.1. Les données collectées au CHUK et à la CPLR pendant l'incinération. ..... 32
IV.1.1. Traitement des données recueillies au CHUK ..... 32
IV.1.2. Traitement des données recueillies à la CPLR ..... 34
IV.2. Les données collectées à la CPLR avant l'incinération. ..... 37
**CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS ..... 39**
**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ..... 41**
**ANNEXES ..... 45**

## LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

CHUK : Centre Hospitalo-universitaire de KAMENGE

CPLR : Clinique Prince Louis RWAGASORE

DAS : Déchet d'Activité de Soins

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONU : Organisation des Nations Unies

PM 2,5 : Matière particulaire de diamètre inférieur à 2,5 μm

PM 10 : Matière particulaire de diamètre inférieur à 10 μm

VIH : Virus de l'Immunodéficience Humain

WHO : World Health Organisation

PNLS : Programme National de Lutte contre le SIDA

PNSR : Programme National de Santé et de Reproduction

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Conséquences de l'exposition aux particules sur la santé . ..... 21
Tableau 2: Concentrations en PM 2,5 et PM 10 relevées au CHU de Kamenge pendant l'incinération. ..... 32
Tableau 3: Concentrations en PM 2,5 et PM 10 relevées à la CPLR pendant l'incinération. ..... 34
Tableau 4: Concentrations en PM 2,5 et PM 10 relevées à la CPLR avant l'incinération ..... 37

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Photographie de l' incinérateur eléctrique à combustion pyrolytique du CHU Kamenge (A) et l' incinérateur de type montfort de la CPLR (B) ..... 8
Figure 2: Phénomène de retombée en panache ..... 9
Figure 4:Principales classes granulométriques des particules ..... 16
Figure 5: Présentation schématique simplifiée de la distribution de taille des particules d'un aérosol atmosphérique proche des sources . ..... 18
Figure 6: Depots des aérosols dans l'appareil respiratoire en fonction du diamètre des aérosols..... 19
Figure 7: Voies d'exposition aux émissions des incinérateurs ..... 20
Figure 8: Photographie des effets des retombées atmosphériques sur le manguier autour de l'incinérateur du CHUK..... 23
Figure 9: Photographie du Centre Hospitalo-Universitaire de KAMENGE..... 25
Figure 10: Photographie de la Clinique Prince Louis RWAGASORE..... 25
Figure 11: L'appareil TROTEC modèle PC220 (A), l'anémomètre série HHF11A (B) et le décamètre (C). ..... 27
Figure 12: Points de mesure à la Clinique Prince Louis RWAGASORE (CPLR) ..... 29
Figure 13: Points de mesure au Centre Hospitalo-Universitaire de Kamenge (CHUK)..... 29
Figure 14: Variations des concentrations moyennes mesurées au CHUK pendant l'incinération ..... 33
Figure 15: Variations des concentrations moyennes mesurées à la CPLR pendant l'incinération ..... 35
Figure 16: Variations de concentrations moyennes mesurées à la CPLR avant l'incinération ..... 37

# AVANT PROPOS

Ce mémoire rentre dans le cadre de l'obtention du diplôme de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement, specialité Eau et Assainissement.

Il évalue l'influence de l'incinération des déchets de soins sur la qualité de l'air dans hôpitaux de Bujumbura à savoir le Centre Hospitalo-Universitaire de KAMENGE et la Clinique Prince Louis RWAGASORE.

L'idée de ce travail de recherche est venue du constat que la pollution de l'air intérieur dans les hôpitaux en Afrique en général et au Burundi en particulier, est un réel problème négligé ou encore mal évalué.

Au Burundi , aucune étude n'a été faite sur l'état de la qualité de l'air lié aux matières particulaires en milieu hospitalier.

A l'heure actuelle, il n'existe aucun référentiel précis relatif aux milieux de soins, et décrivant à la fois la qualité d'air attendue dans les différents endroits de l'établissement et les moyens nécessaires pour y parvenir. De la même manière, la conduite à tenir en cas de dépassement des seuils n'est pas mise en place.

*Influence de l'incinération des déchets médicaux sur la qualité de l'air dans deux hôpitaux de Bujumbura-Burundi：Cas du CHUK et de la CPLR.*

# INTRODUCTION GENERALE

Les établissements de santé génèrent au quotidien de multiples déchets qui constituent un problème sanitaire et environnemental en cas de mauvaise gestion.

Les Déchets d'Activités de Soins (DAS) sont des déchets solides,liquides ou gazeuses provenant des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif dans les domaines de la médecine humaine ( hôpitaux , cliniques, établissements de la recherche scientifique biomédicale , laboratoires d'analyses et tous les établissements assimilés) ou vétérinaire (Ajzoul *et al*., 2011).

Les déchets de soins mal gérés peuvent entraîner non seulement la contaminations du milieu ou des objets par la pollution atmosphérique lors de l'incinération , mais aussi représenter un danger pour les patients, les professionnels de santé et les visiteurs dans son ensemble (Koné, 2023) . Selon l'Organisation Mondiale de la Santé ,environ 15% des déchets médicaux sont potentiellement infectieux et dangereux et un patient produit en moyenne 0,5 kg de déchets infectieux par lit et par jour (OMS et PNUE, 2005).

L'Organisation Mondiale de la Santé (2011) a également montré que 16 milliards d'injections sont effectuées chaque année dans le monde et toutes les aiguilles ne sont pas correctement éliminées· Elle a souligné que 16000 cas d'infections au virus de l'hépatite B, 66000 cas d'infections au virus de l'hépatite C et 200 à 5000 cas d'infections à VIH, chez les personnels soignants , ont été recensés dans le monde avec comme cause principale la gestion inefficace des déchets de soins (OMS, 2000).

La politique d'amélioration continue de la qualité et de la sécurité des soins pourrait prévenir des infections nosocomiales mais les conditions actuelles d'élimination des déchets médicaux et pharmaceutiques ne sont pas toujours satisfaisantes (CICR, 2011).

L'incinération est l'une des méthodes d'élimination des déchets de soins même si elle est confrontée à un certain nombre de défis.

Dans certains cas, y compris le Burundi, les déchets sont incinérés dans des mauvaises conditions (combustion incomplète des déchets) et cela entraine, par conséquent, le rejet des particules volantes dans l'atmosphère (OMS et PNUE, 2005).

*Influence de l'incinération des déchets médicaux sur la qualité de l'air dans deux hôpitaux de Bujumbura-Burundi : Cas du CHUK et de la CPLR.*

La qualité de l'air intérieur occupe une place de plus en plus importante dans les préoccupations des professionnels de santé afin de garantir un air de bonne qualité qui est donc essentiel au sein des établissements de santé (Lippmann *et al*., 2000).

Le volume d'air qui peut être inhalé par un sujet au repos, estimé entre 5 et 8 litres par minute, augmente considérablement s'il est en activité. On comprend donc l'importance d'éviter toute forme de pollution tendant à modifier la qualité de l'air (Ndiaye *et al*., 2016).

Les maladies liées à la qualité de l'air ne cessent pas d'augmenter dans plusieurs pays du monde à cause de l'accumulation des polluants dans l'atmosphère comme les particules fines qui représentent une menace croissante pour la santé humaine et à l'environnement.

Plusieurs épisodes de pollution, qui ont eu lieu dans différents coins du monde, ont causé de graves problèmes sanitaires et environnementaux. Citons à cet effet:

- Le grand smog de Londres du 5 au 9 décembre 1952, qui a entrainé plus de 4000 morts, était dû principalement à la combustion du charbon fortement soufré et donc à l'émission du dioxyde de soufre (Waked, 2012).
- Le smog photochimique de Los Angeles en 1943 a été causé par la formation de polluants secondaires. Ce second type de smog qui s'observe actuellement dans les grandes villes et qui est dû à la réaction des oxydes d'azote avec des hydrocarbures en présence du soleil, produisent un mélange nocif de gaz et de particules (Waked, 2012).

Selon l'OMS (OMS, 2018a), la pollution atmosphérique est l'une des menaces pour la santé publique mondiale aujourd'hui, et intervient à plus grande échelle plus que le VIH ou le virus Ébola.

Elle a été classée parmi les causes de nombreux effets sur la santé, notamment une augmentation du nombre d'hospitalisations, de visites aux urgences, et une mortalité prématurée (Dockery DW *et al*., 1993).

La pollution atmosphérique, associée uniquement aux énergies fossiles, est responsable de 10,2 millions de décès annuellement à travers le monde (Kerbachi *et al*., 2009).

L'ensemble de ces constats font de la pollution de l'air un enjeu majeur de santé publique à l'échelle mondiale et l'une des toutes premières causes de mortalité à l'échelle de la planète.

L'OMS cible en premier lieu quatre polluants communs ayant des répercussions majeures sur la santé (OMS, 2018b).

Il s'agit des particules fines (ou matières particulaires), de l'ozone troposphérique, des oxydes d'azote (NOx dont le $NO_2$ principalement) et du dioxyde de soufre ($SO_2$).

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la mortalité due à la pollution particulaire consiste principalement, par ordre d'importance quantitative, en

- accidents vasculaires cérébraux,
- cardiopathies ischémiques (c'est-à-dire due à une restriction de l'apport sanguin au muscle cardiaque par athérosclérose des artères coronaires),
- bronco-pneumopathies chroniques obstructives,
- cancers du poumon,
- infections aiguës des voies respiratoires inférieures chez l'enfant (Durand, 2014).

Selon la même organisation, 9 personnes sur 10 dans le monde respirent un air pollué et il a souligné que la pollution atmosphérique est responsable de (24 %) des décès d'adultes imputables à des cardiopathies, de 25 % des décès imputables aux accidents vasculaires cérébraux, de 43 % des décès imputables à la broncho-pneumopathie chronique obstructive et de 29 % des décès imputables au cancer du poumon (Organisation mondiale de la Santé, 2018a).

En effet, elle a également démontré que les polluants atmosphériques ont des conséquences sur la santé même à des concentrations jugées « acceptables » (Donaldson *et al*., 2002).

La pollution atmosphérique par les particules fines est responsable de près de 7 millions de décès prématurés par an dont 4,2 millions pour la pollution de l'air ambiant et 2,6 millions pour la pollution de l'air intérieur due à l'usage des combustibles solides tels que le charbon et le bois (OMS, 2012).

Selon Santé publique France, la pollution aux particules fines (PM 2,5) est responsable de 48 000 décès par an (soit 9 % de la mortalité en France) et entraine une perte d'espérance de vie pouvant dépasser 2 ans, à un horizon de 30 ans (Favez *et al*., 2007).

En effet, l'Agence Française de Sécurité Sanitaire, de l'Environnement et du Travail a publié un rapport concernant les effets des particules sur la santé indiquant que des expositions fréquentes à des niveaux modérés ou expositions chroniques sont plus dangereuses qu'une exposition occasionnelle à des pics de concentrations (Favez *et al*., 2007).

*Influence de l'incinération des déchets médicaux sur la qualité de l'air dans deux hôpitaux de Bujumbura-Burundi：Cas du CHUK et de la CPLR.*

En Afrique, le nombre de morts prématurés causés par la pollution ambiante et domestique de l'air a augmenté de 36% entre 1990 et 2013, passant de 180.000 à 250. 000 décès dus à la pollution atmosphérique (Dominici *et al.,* 2017).

L'estimation de la charge de morbidité imputable aux facteurs environnementaux a montré qu'en Algérie, les PM 10, et les PM 2,5 sont responsables de 11400 décès prématurés par an et que les jeunes enfants et les personnes âgées constituent le groupe de personnes le plus vulnérable aux effets de cette pollution (OMS, 2016).

Les principales sources d'émissions de particules de combustion en Afrique sont les feux domestiques, le trafic routier, les feux de décharge, les unités d'incinération, les industries et les centrales thermiques (Deltras *et al*.,1998).

La multiplicité des activités anthropiques par l'urbanisation intensive et surtout la non mise en vigueur des mesures de sauvegarde environnementale et de contrôle des émissions accentuent, dans certains pays en voie de développement, une surexposition des populations à la pollution atmosphérique.

Il faut souligner qu'en général le développement d'une ville et l'augmentation de sa richesse s'accompagnent d'une diminution de sa qualité de l'air (Dominici *et al*., 2004).

En Afrique sub-saharienne, aucune ville , à part Dakar au Sénégal, ne dispose d'un réseau de surveillance de la qualité de l'air (Gnamien, 2022).

Notons que plusieurs pays du monde ont du mal à atteindre les cibles de qualité de l'air fixées par l'OMS.

Une étude menée en Côte d'Ivoire dans les villes d'Abidjan et de Korhogo) a montré que les niveaux de concentration de PM10 et PM 2,5 à moyen terme de 2018 à 2020, sont de loin supérieures aux recommandations de l'OMS de 2021 (Gnamien, 2022).

Mais dans de nombreuses régions d'Europe et d'Amérique du Nord, une partie des polluants atmosphériques ont connu une tendance générale à la baisse depuis quelques décennies, et notamment sur la période 2012-2018 (Organisation mondiale de la Santé, 2018a).

Au Canada , la concentration annuelle moyenne en PM 2,5 est ainsi passée de 7,3 en 2002 à 6,4 µg/ $m^3$ en 2016. Sur l'ensemble du pays, la concentration maximale (en PM 2,5) relevée sur une période de 24 heures est passée de 25,9 en 2002 à 19,6 µg /$m^3$ en 2016 (Bertrando, 2014).

Partant des conséquences graves du point de vue sanitaire, il est important que chaque pays mette en place une législation sur les normes de qualité de l'air et un réseau de surveillance de la qualité de l'air.

Au Burundi, aucune étude n'a été faite sur l'influence de l'incinération des déchets de soins sur la qualité de l'air en milieu hospitalier ainsi que leurs impacts négatifs sur la santé des personnes qui les fréquentent.

Ces impacts sont méconnus à cause de l'absence de travaux effectués sur cette thématique ainsi qu'en l'absence de stations de mesure de la qualité de l'air dans des zones d'incinération.

C'est dans cette optique que nous avons voulu donner notre contribution en menant cette étude intitulée **«Influence de l'incinération des déchets de médicauxs sur la qualité de l'air dans deux hôpitaux de Bujumbura ».**

L'objectif général de cette étude est d'évaluer l'influence de l'incinération des déchets de soins sur la qualité de l'air en milieu hospitalier.

Pour atteindre l'objectif général, des objectifs spécifiques nécessitent d'être explorés:

- ✓ Mesurer les concentrations des particules PM 2,5 et PM 10 avant l'incinération et pendant l'incinération.
- ✓ Comparer les concentrations mesurées avec les normes fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé.

Notre travail est fondé sur les hypothèses suivantes :

- Le mode d'incinération des déchets de soins serait parmi les sources qui contribuent largement à la pollution de l'air par les particules PM 2,5 et PM 10 dans les hôpitaux.
- Les concentrations de particules PM 2,5 et PM10 émises par l'incinération des déchets de soins à l'intérieur des hôpitaux dépasseraient les valeurs-guides édictées par l'Organisation Mondiale de la Santé.

Pour y parvenir, nous articulons ce travail autour de quatre chapitres.

Le premier chapitre concerne les généralités sur la pollution atmosphérique.

Le deuxième chapitre concerne une synthèse bibliographique sur les matières particulaires.

Le troisième chapitre relate les matériels et les méthodes d'analyse utilisées

Le quatrième chapitre relate l'interprétation des différents résultats obtenus ainsi qu'une discussion.

Une conclusion générale ainsi que les recommandations sont données à la fin du document.

# CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

## I.1. Structure de l'atmosphère terrestre

L'atmosphère terrestre est la couche gazeuse entourant la terre. Elle a un rôle protecteur très important, permettant la vie sur la planète. Elle protège la terre contre certains rayonnements ultraviolets. Elle est subdivisée en quatre régions, du niveau le plus élevé en altitude au niveau le plus bas: la thermosphère, la mésosphère, la stratosphère et la troposphère (Borgie, 2014).

Les phénomènes de pollution atmosphérique se manifestent principalement dans la plus basse couche de l'atmosphère qui est la troposphère mais elle peut aussi se manifester, moins fréquemment, dans la stratosphère dans le cas de polluants ayant une durée de vie plus longue (Borgie, 2014).

Les niveaux de polluants dans l'air dépendent de leur nature et de leurs conditions de rejet dans l'atmosphère notamment par l'intensité de la source et de la météorologie.

## I.2. Sources des particules atmosphériques

La pollution atmosphérique se définit comme la présence de polluants soit gazeux ou Particulaires dans l'atmosphère, susceptibles de nuire aux êtres humains, animaux, plantes ou matériaux.

Elle est mesurée sur base de polluants indicateurs tels que les poussières fines (PM10 ou PM2,5), l'ozone, les oxydes d'azote (NOx ), le dioxyde de soufre, les métaux lourds contenus dans les particules fines ou les composés organiques volatils (Kutlar *et al*., 2019)**.**

Les particules présentes dans l'air ambiant proviennent de sources naturelles et anthropiques.

C'est le résultat direct de la croissance et des progrès industriels, comme par exemple l'émission continue des polluants associés aux processus de combustion à savoir les véhicules automobiles, les installations industrielles et la production d'énergie par combustion.

Dans les centres urbains, les aérosols secondaires sont principalement le résultat de la transformation des NOx émis par la circulation automobile et du $SO_2$ provenant des combustibles contenant du soufre (CRABBE, 2007).

Les principaux secteurs qui contribuent énormément à la formation des matières particulaires d'origine anthropique sont les secteurs du transport, de l'industrie, de l'agriculture et le secteur domestique (résidentiel et commercial).

Le secteur du transport est un important émetteur de particules fines, particulièrement à cause des moteurs diesel, mais aussi de particules grossières produites par abrasion mécanique des surfaces carrossables .

Dans le secteur industriel, la consommation d'énergie et/ou la production d'énergie, l'incinération des déchets constituent des sources importantes de particules primaires.

Le secteur domestique produit autant de PM 2,5 que de PM 10, à cause du processus de combustion pour le chauffage dans les pays à climat tempéré ou froid.

Enfin, le secteur agricole génère des particules anthropiques secondaires par la production de précurseurs, principalement l'ammoniac ($NH_3$) et d'autres composés azotés.

Ce secteur émet aussi des quantités importantes de particules primaires (poussières de terre, brûlis, gaz de machines motorisées...) (CRABBE, 2007).

Les principaux polluants atmosphériques sont principalement le monoxyde de carbone, l'ammoniac, les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, l'ozone troposphérique, les Composés Organiques Volatils(COV), les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques(HAP),les polychlorodibenzo-p-dioxines et furanes ainsi que les métaux lourds (Ndong, 2019).

La figure 1 montre les types des incinérateurs utilisés par le CHUK et la CPLR·




**Figure 1: Photographie de l' incinérateur eléctrique à combustion pyrolytique du CHU Kamenge (A) et l' incinérateur de type montfort de la CPLR (B).**

## I.3. Paramètres météorologiques influençant la qualité de l'air

Les polluants atmosphériques sont aussi déterminés par des paramètres physiques qui relèvent de la dynamique atmosphérique en les transportant et en les diffusant.

La température, la vitesse du vent et les précipitations sont parmi les facteurs influençant les concentrations des particules dans l'atmosphère (Waked *et al*., 2012).

### I.3.1. Le vent

Le vent joue un rôle important dans la dispersion des polluants atmosphériques. Ainsi, avec un vent de force moyenne et de mauvaises conditions de rejet des effluents (cheminée trop basse, vitesse d'éjection des gaz insuffisante, etc.), il peut se produire un phénomène de retombée en panache vers le sol. C'est ce qu'on appelle « Down Draught » (Waked *et al*., 2012).

Le vent intervient à toutes les échelles (locale, régionale et globale) tant par sa direction que par sa vitesse. En se déplaçant, il crée ailleurs le problème et son absence favorise donc une accumulation des polluants dans la zone (voir figure 2).

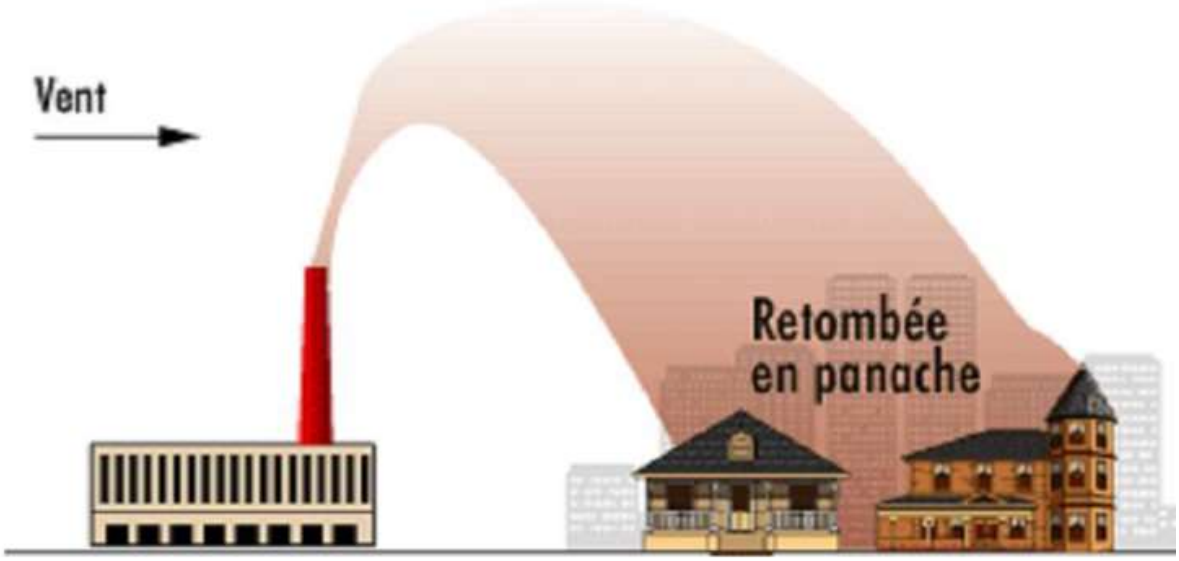



**Figure 2: Phénomène de retombée en panache**

## I.3.2. La chaleur et la lumière

L'ensoleillement peut activer les réactions photochimiques, modifier considérablement le profil des polluants.

Les températures élevées peuvent favoriser la modification des polluants en d'autres qui peuvent être plus dangereux que les premiers en dégradant la qualité de l'air.

Le soleil intervient par exemple sur la pollution en transformant les oxydes d'azote en ozone, c'est la pollution photochimique (Khadidja *et al*., 2017).




Les influences saisonnières favorisent la transformation des polluants. Les basses températures favorisent la présence et la concentration de polluants primaires, tandis que des températures plus importantes combinées à un rayonnement solaire sont plus favorables à la réaction photochimique (voir les particules secondaires).

### I.3.3. La pluie

Les précipitations interviennent à une réduction de la pollution en lessivant l'air par la dissolution des molécules de dioxyde de souffre et d'oxyde d'azote présentes dans l'air. Lorsqu'il pleut, l'atmosphère est purifiée, mais les pluies sont acidifiées, ce qui entraîne le transfert de la pollution de l'air vers les sols, les plantes, les eaux de surfaces et les eaux souterraines (Khadidja *et al*., 2017).

### I.3.4. Influence de la couche d'inversion

Dans certaines conditions météorologiques, il se produit en altitude une inversion de température et la masse d'air est bloquée par une couche d'inversion qui agit comme un couvercle empêchant la dispersion des polluants. L'air sous la couche d'inversion est plus froid et plus dense et ne peut se mélanger, la hauteur de la couche étant faible, la concentration des polluants augmente (Khadidja *et al*., 2017).

### I.3.5. Humidité relative

L'humidité de l'air est un paramètre climatique, qui joue un rôle dans le captage des particules polluantes, les gouttelettes d'eau en suspension retiennent les polluants, ce qui accroit leur stagnation.

### I.3.6. Topographie locale

D'une manière générale, la topographie, les obstacles naturels, les constructions sont des éléments qui modifient la circulation des vents.

La topographie d'un site peut influencer la circulation et la dispersion des masses d'air. En ville, les infrastructures peuvent réduire le vent et contribuer à la concentration des polluants atmosphériques près du sol.

## I.4. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques tiennent une part importante dans la dispersion des polluants atmosphériques. On considère, en général les situations suivantes:

- ✓ Atmosphère instable: si la masse d'air soulevée est plus chaude que le milieu environnant, elle sera légère et subira donc une élévation.

Dans de telles situations, la dispersion des polluants est facilitée. Les risques de pollution localement concentrée sont alors très réduits. Ces situations apparaissent par fort réchauffement du sol. Elles se retrouvent principalement le jour en absence de vent fort (Turner *et al*., 2003)..

- ✓ Atmosphère stable: si la masse d'air soulevée est plus froide que le milieu environnant, les polluants s'accumulent à la base de la troposphère, causant souvent des pollutions locales intenses. Ces situations se retrouvent principalement la nuit par vent faible (Aouragh, 2015).

## I.5. Différentes échelles de pollution

La pollution atmosphérique ne connaît pas de frontières. Après leurs émissions, les polluants primaires sont transportés sur des distances variables par les mouvements des masses d'air. Les polluants secondaires sont produits pendant ce transport. Les polluants retombent au sol par déposition sèche ou humide.

### I.5.1. Echelle locale

Il s'agit des sources qui engendrent des pollutions de proximité comme les foyers industriels de combustion, les axes de circulation, le chauffage domestique, l'incinération des déchets, etc.

Elle concerne les émissions de polluants produites le plus souvent en milieu urbain qui participent donc à une pollution urbaine de fond, en affectant en premier lieu la population par son action directe à court terme mais exerce aussi une toxicité à plus long terme pour certaines pathologies. Elle participe aussi à la dégradation du patrimoine bâti (corrosion, salissure des bâtiments).

En effet, les polluants les plus caractéristiques de ce type de pollution sont la matière particulaire en suspension (Particulate Matter, PM), les oxydes d'azote (NOx), le dioxyde de soufre ($SO_2$), le monoxyde de carbone (CO), les Composés Organiques Volatils (COV), les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) ainsi que les métaux (Guillaume, 2020).

### I.5.2. Echelle régionale

La pollution régionale concerne les zones distantes de quelques kilomètres à un millier de kilomètres des sources d'émissions de polluants.

Cette pollution résulte des phénomènes physico-chimiques plus ou moins complexes à l'origine de la formation dans l'atmosphère de polluants dits « secondaires » à partir de polluants dits « primaires » rejetés par des sources émettrices.

Elle regroupe souvent deux phénomènes de pollution qui sont :

- ✓ L'acidification, provoquée par la transformation des oxydes de soufre et d'azote en acides sulfuriques et nitriques. Elles se déposent en retombées sèches ou humides (pluies acides).
- ✓ La pollution photochimique : elle touche les zones urbaines et rurales notamment les jours de fort ensoleillement (été). La plupart des polluants participent à la formation d'ozone troposphérique, principal représentant de la pollution photochimique.

## I.5.3. Echelle globale

L'echelle globale concerne la pollution planétaire et se caractérise par les substances impliquées dans le phénomène de changement climatique· Ce sont des des substances responsables de l'amincissement de la couche d'ozone stratosphérique (les Gaz à Effet de Serre) qui sont impliquées dans ce phénomène.

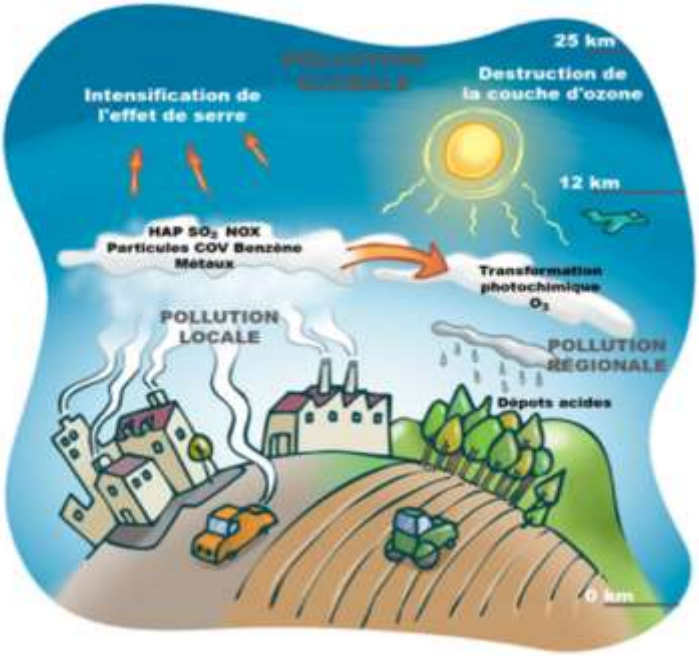



**Figure 3: Cycle de la pollution atmosphérique (Normand, 2012)**

# CHAPITRE II: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES MATIERES PARTICULAIRES

L'étude des aérosols est très complexe en raison de ses propriétés physicochimiques (mode de formation, interactions entre les espèces chimiques et avec le milieu, sensibilité à la climatologie, temps de séjour dans l'atmosphère) et de ses sources d'émissions multiples.

Pourtant son étude suscite un intérêt certain du fait que la présence des particules fines dans l'air a des impacts sur l'évolution du climat, le cycle de l'eau, le développement des plantes, la faune aquatique, mais également sur la santé humaine.

On définit les particules comme un ensemble de substances microscopiques de l'ordre du micron sous forme solide, liquide ou en suspension dans l'air.

Elles sont généralement composées d'un mélange complexe de substances chimiques organiques et inorganiques (Ba *et al*., 2000).

## II.1. Classification des particules atmosphériques

Les particules peuvent être classées de différentes façons selon leur origine, leur dimension, leur composition et leur mode de formation.

### II.1.1. Selon leurs sources.

Selon leurs sources, on distingue les 2 types de particules:

#### II.1.1.1. Poussières naturelles

Parmi les poussières naturelles, on distingue :

- ✓ **Poussières terrigènes** : la terre est arrachée du sol sous l'action du vent, puis elle est dispersée dans l'atmosphère (envol des poussières provenant principalement des sols désertiques ou semi-arides).

  Une partie des émissions peut être imputable aux activités humaines car le développement de l'agriculture intensive tend à augmenter la surface des zones érodables.
- ✓ **Poussières marines :** Les poussières marines sont produites lors de la formation des gouttelettes d'eau chargées de sels marins. Celles-ci, par évaporation, conduisent à la formation de cristaux solides.

Ils sont composés à 99 % de six ions majeurs : ce sont quatre cations, sodium ($Na^+$), potassium ($K^+$), magnésium ($Mg^{2+}$) et calcium ($Ca^{2+}$) et deux anions, Chlorure ($Cl^-$) et sulfate ($SO4^{2-}$) (Srikanth *et al.,* 2005).

- ✓ **Poussières biogéniques :** Les particules émises par cette source sont principalement d'origine végétale ou animale. Elles sont composées de pollen, de spores, de débris divers d'animaux et de végétaux, de virus, de bactéries et autres micro-organismes. Les quantités émises sont fonction de l'écosystème ; plus la végétation est dense, plus elles sont abondantes.
- ✓ **Poussières de combustion :** Elles sont produites par les feux de biomasse (feux de forêts et feux de savane) et sont aussi constituées essentiellement de matière carbonée.
- ✓ **Poussières volcaniques :** Les volcans peuvent émettre des fines particules de roches et de minéraux encore appelés cendres volcaniques.

  Deux types d'aérosols sont directement émis : les aérosols silicatés et les aérosols sulfatés. Les aérosols silicatés contiennent en grande proportion des métaux lourds tandis que les aérosols sulfatés résultent de la transformation des gaz volcaniques soufrés au contact de la vapeur d'eau qui refroidit et se condense (Khadidja, 2017).

## II.1.1.2. Poussières anthropiques

Les sources majeures des aérosols anthropiques sont les combustions. L'émission des aérosols de combustion résulte des réactions de combustions incomplètes. Contrairement aux combustions complètes qui transforment le carbone en dioxyde de carbone ($CO_2$), les combustions incomplètes conduisent à l'émission de particules dites primaires telles que les carbones suies et le carbone organique primaire (OCp), les polluants gazeux tels que le monoxyde de carbone (CO) et des composés organiques volatiles (COV).

Par photochimie, ces COV peuvent donner lieu à la formation de particules organiques dites secondaires (SOA).

Il existe deux types de poussières émises par les activités humaines : les poussières détritiques et les poussières formées par la conversion des gaz.

- ✓ **Poussières de conversion :** Elles sont produites par la condensation des vapeurs polluantes quand la vapeur du composé excède le point de saturation. Les poussières sont formées par un processus appelé conversion gaz/particule.

Elles sont constituées principalement de matières organique et de sulfates formés par la conversion du dioxyde de souffre gazeux en particules solides.

- ✓ **Poussières détritiques :** Ce sont des poussières grossières directement émises sous forme solide. Elles sont mises en suspension dans l'atmosphère sous l'action du vent. (C'est le cas des débris de pneus, des poussières provenant des extractions minières, des carrières, des cimenteries, des poussières de charbon, des poussières émises par les incinérateurs de déchets (Khadidja, 2017).

## II.1.2. Selon leurs modes de formation.

Selon le mode de formation, on distingue les 3 types de particules:

- **les particules primaires:** directement émises dans l'atmosphère. Elles sont majoritairement issues de toutes les combustions incomplètes liées aux activités anthropiques. Elles peuvent également être d'origine naturelle (érosion des sols, pollens, feux de forêt, etc.).
- **les particules secondaires :** particules formées dans l'air par des processus chimiques complexes, à partir notamment de précurseurs gazeux tels que les oxydes de soufre et d'azote, l'ammoniac, et les composés organiques présents dans l'air.
- **les particules remises en suspension:** une fois déposées en surface, ces particules peuvent être remises en suspension sous l'action du vent, du trafic routier, des travaux des champs... (Beltrando, 2014).

## II.1.3. Selon leur taille

En fonction de leur dimension, les particules en suspension sont classées en en fonction des diamètres (Ibrir *et al*., 2022) :

- PM 10: Masse des particules (Particulate Matter) dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 10µm
- PM 2,5: Masse des particules (Particulate Matter) dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 2,5µm

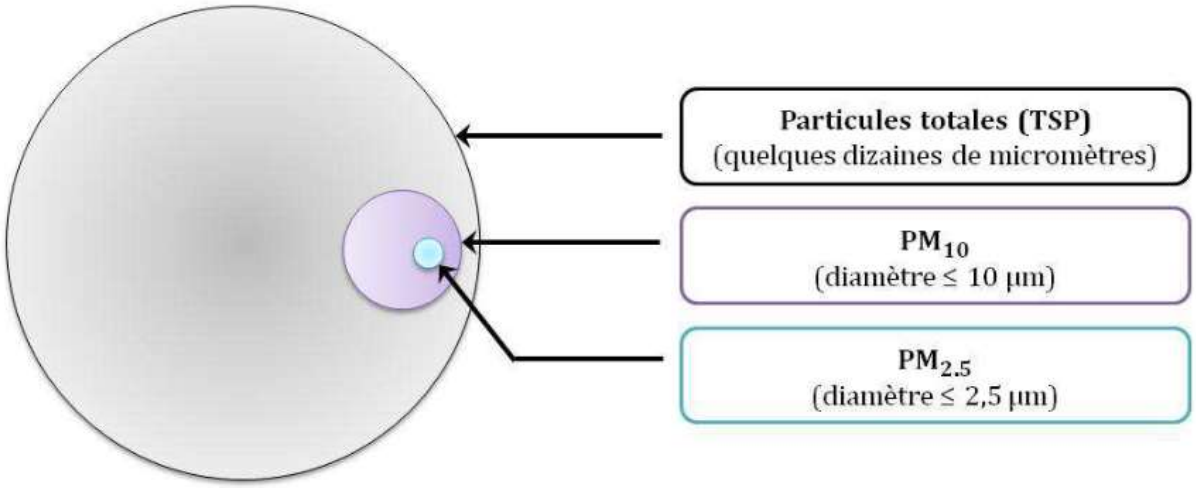



**Figure 4:Principales classes granulométriques des particules (Cachon, 2013)**

On appelle particules grossières celles qui ont un diamètre aérodynamique compris entre 2,5 et 10 µm. Ces particules sont généralement issues de processus mécaniques naturels (suspension de poussières, embruns marins, volcans, particules des plantes) ou anthropiques (usure de pneus, garnitures de freins et d'embrayage, travaux du bâtiment, manipulation de minerais ou de produits industriels).

Les particules avec un diamètre aérodynamique compris entre 0,1 et 2,5 µm, sont les particules fines. Elles sont en général d'origines anthropiques et/ou issues de la condensation de particules de plus petite taille.

## II.1.4. Selon leur composition

La composition des particules atmosphériques est très hétérogène et varie en fonction de leurs sources d'émission, de leurs évolutions physico-chimiques dans l'atmosphère ainsi que de leurs fractions granulométriques.

Les particules sont généralement composées d'un mélange de :

- Matière organique (OM)
- Carbone suie (ou black carbon, noté BC)
- Ions inorganiques (Ibrir *et al*., 2022).

## II.2. Evolution des particules dans l'atmosphère

Les particules n'ont pas une composition constante tout au long de leur vie dans l'atmosphère. Depuis leur émission, leur taille, leur abondance et leur composition chimique peuvent être modifiées par différents processus physico-chimiques (Borgie , 2016).

### II.2.1.Evolution physique

Les deux processus de transformation la coagulation et la condensation (Borgie 2016).

- **La coagulation :** les particules migrent en permanence dans l'atmosphère et peuvent entrer en collision avec d'autres particules pour former des particules de taille plus grande. Les particules les plus petites subissent le phénomène de coagulation si rapidement (Borgie, 2014).
- **La condensation :** L'augmentation de la taille des particules par condensation est le mécanisme le plus important pouvant se produire entre les gaz et les particules dans l'atmosphère. Ce processus nécessite une phase vapeur sursaturée en présence de particules jouant le rôle de noyaux de condensation.

  Cependant les condensations de gaz qui s'en suivent sur ces particules nouvellement formées, conduisent à des phénomènes de transformation, à savoir des changements au niveau de leur composition et de leur taille.

### II.2.2. Evolution chimique

Les processus d'évolution chimique des particules au cours de leur transport correspondent le plus souvent à des réactions chimiques homogènes ou hétérogènes de nucléation ou de condensation de gaz émis de façon naturelle ou anthropique (voir figure 5).

Ce phénomène est connu sous le nom de conversion gaz-particules. Les particules résultantes ont une faible taille à l'état initial, mais qui augmente rapidement par des processus de coagulation et de condensation.

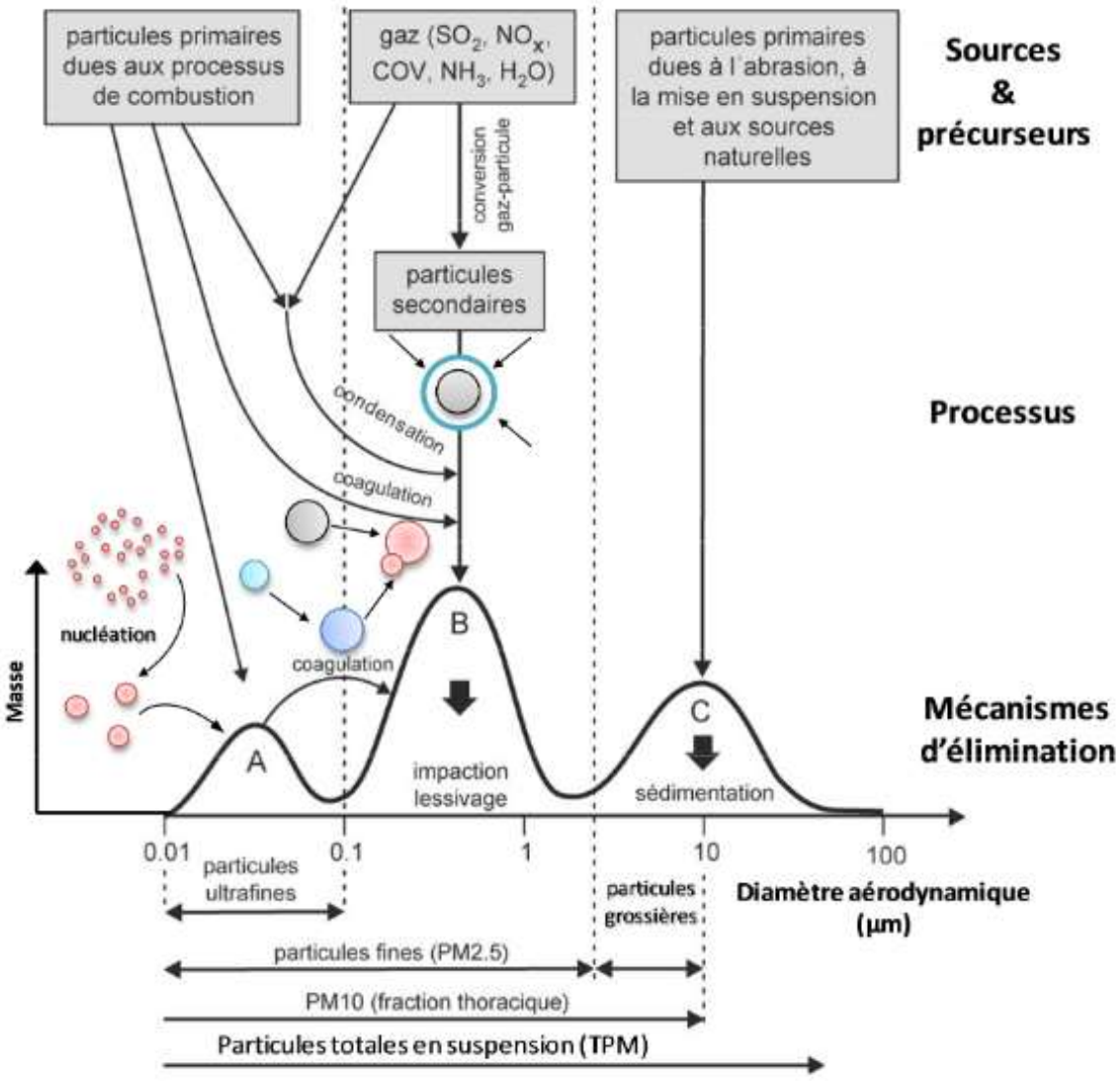



**Figure 5: Présentation schématique simplifiée de la distribution de taille des particules d'un aérosol atmosphérique proche des sources (Cachon, 2013).**

## II.3. Dispersion des particules dans l'organisme

Plus la taille de l'aérosol est petite, plus l'impact sur la santé humaine est important.

Les particules fines (PM 2,5) sont plus nocives que les grosses particules (PM 10) car elles pénètrent profondément dans l'organisme. Les PM10 sont connues pour leurs propriétés cytotoxiques et pro-inflammatoires (Talbi, 2013).

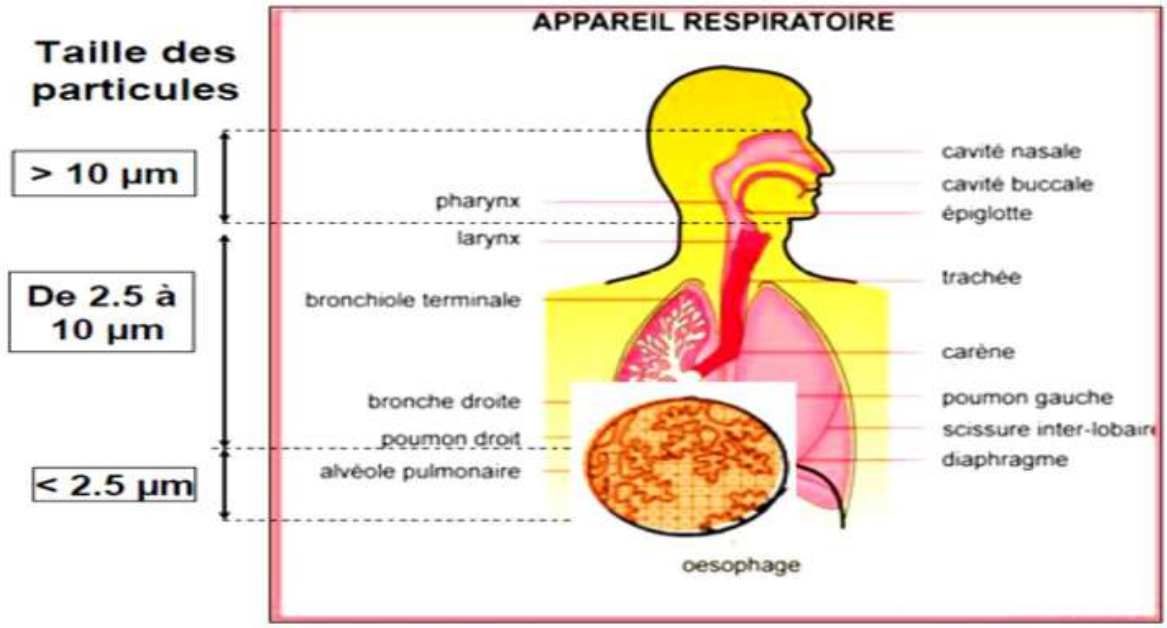



**Figure 6: Depots des aérosols dans l'appareil respiratoire en fonction du diamètre des aérosols (Talbi, 2013).**

Les plus grosses particules restent dans la partie extra-thoracique (nez-gorge-larynx) alors que jusqu'à 50% des particules fines se déposent dans les alvéoles pulmonaires.

Ces particules fines peuvent également pénétrer dans le sang, se disperser dans tout le corps et atteindre les organes essentiels (rein, foie, moelle osseuse, cerveau) tout en véhiculant des métaux comme l'arsenic, le chrome ou le cadmium et des hydrocarbures cancérigènes (voir figure 6).

Les sujets les plus vulnérables sont les enfants et les personnes porteuses d'affections cardio-respiratoires.

Néanmoins la taille et la composition chimique ne sont pas les seuls facteurs, la morphologie des particules joue également une importance capitale.

Par exemple, la morphologie des particules d'amiante en forme de fibre leur permet de pénétrer très profondément dans les alvéoles pulmonaires.

## II.4. Impact des matières particulaires sur la santé et l'environnement

### II.4.1. Effets sur la santé humaine

Les populations vivant à proximité des sources d'émissions (zone d'incinération) sont potentiellement exposées à une pollution particulaire par inhalation d'air pollué, par la consommation des aliments ou d'eau polluée ou par contact cutané avec le sol·

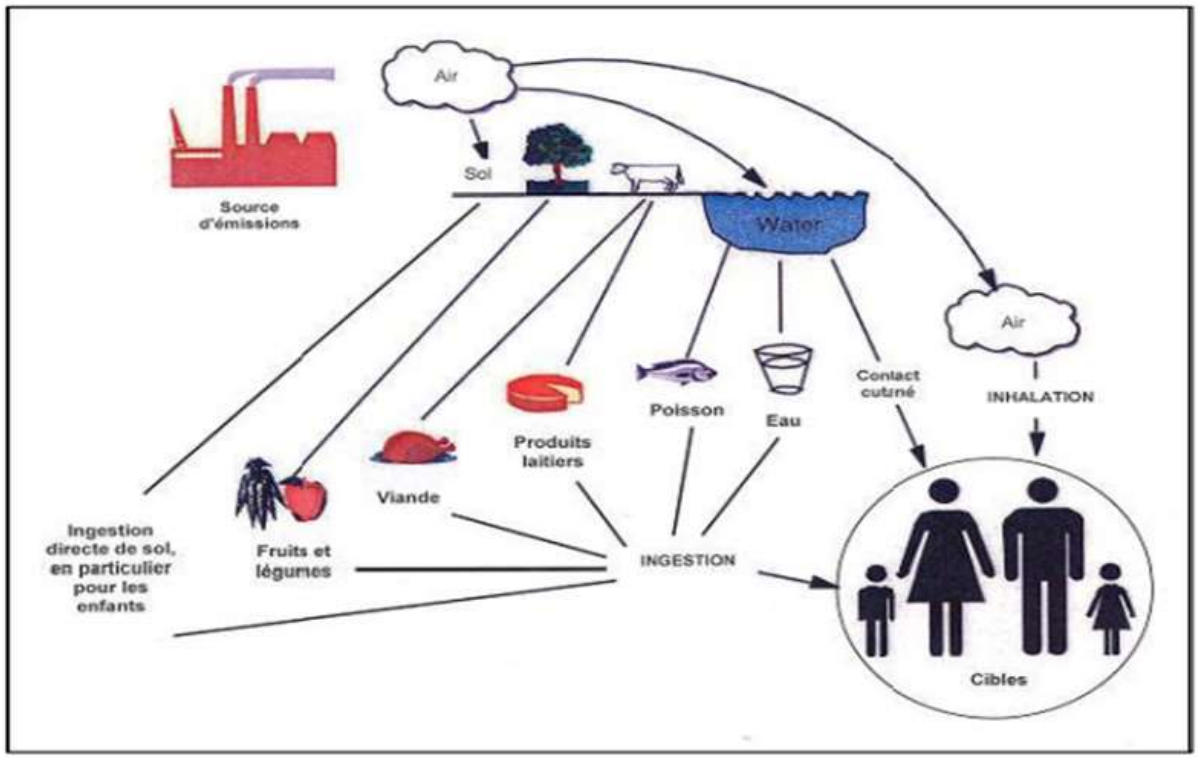



**Figure 7: Voies d'exposition aux émissions des incinérateurs (Camard et al., 2005).**

A court terme, ces aérosols sont à l'origine des maladies telles que la toux, les maux de gorge, les crises d'asthme.

A long terme et en fonction de la sensibilité de chaque individu, ils conduisent au développement des maladies respiratoires chroniques (diminution des capacités respiratoires, bronchites chroniques, cancer des poumons), d'accidents cardiovasculaires tels que thromboses et infarctus ainsi que les maladies de la peau (Dockery *et al*., 2007).

Ces effets sont résumés dans le tableau 1.

**Tableau 1: Conséquences de l'exposition aux particules sur la santé (Kutlar Joss et al., 2019).**

| **Effets à court terme** | **Effets à long terme** |
|---|---|
| Augmentation globale des décès dus à des maladies | Diminution de l'espérance de vie en raison de maladies cardiaques et pulmonaires ou de cancer des poumons |
| Augmentation des décès dus à des maladies cardiovasculaires | Mortalité accrue en raison de maladies cardiopulmonaires |
| Augmentation des décès dus à des maladies respiratoires (augmentation des symptômes asthmatiques par exemple) | Fréquence accrue de modifications artériosclérotiques (infarctus du myocarde) |
| Augmentation des admissions à l'hôpital et consultations d'urgence en raison de troubles cardiovasculaires | Réduction de la croissance pulmonaire chez les enfants, fonction pulmonaire réduite chez les adultes |
| Augmentation des admissions à l'hôpital et consultations d'urgence en raison de troubles respiratoires | Fréquence accrue de maladies respiratoires (asthme, BPCO), infections respiratoires, bronchites chroniques, maladies allergiques des voies respiratoires (émissions dues au trafic) |
| Augmentation des absences au lieu de travail ou à l'école, augmentation des journées avec activité restreinte, augmentation des consultations de médecine générale, de la prise de médicaments, de l'automédication, du comportement d'évitement, des modifications physiologiques par ex. au niveau de la fonction pulmonaire | Prévalence accrue de symptômes des voies respiratoires inférieures: toux, expectoration, dyspnées |

Ces différents effets peuvent se traduire notamment en termes de consultations médicales, d'hospitalisations ou de décès anticipés.

Le programme CAFE (Clean Air For Europe) estime que les PM 2,5 présentes dans l'atmosphère, sur la base des émissions de l'année 2000, ont entraîné en Europe une perte annuelle de 3,7 millions d'années de vie, et environ 348 000 décès prématurés (Etudes, A - P.2008).

Une étude a été menée sur la mortalité d'habitants de l'Utah aux Etats-Unis suite à des pics de pollution par des PM 10 entre 1985 et 1989 (Pope *et al*., 2004).

Elle a montré une association entre les pics de pollution particulaire et la mortalité journalière qui subit une hausse de 16 % lorsqu'il y a une augmentation de 100 $\mu g/m^3$ de PM10 sur 5 jours d'affilée.

Des études principalement menées aux États-Unis, ont montré que l'exposition chronique aux particules fines est associée à un risque accru de maladies respiratoires et de tumeurs du système respiratoire et qu' une augmentation de 10 $\mu g/m^3$ des valeurs ambiantes moyennes de PM 2,5 équivaut à une incidence de 15 à 21 % dans les cas de cancer du poumon (Troen *et al*., 2011).

L'exposition des femmes enceintes aux PM 2,5 pendant la grossesse a un impact négatif sur l'issu de la grossesse (le poids et la taille de l'enfant, la naissance prématurée et la mortinatalité) (Ghring *et al*., 2015).

## II.4.2.Effets des particules fines sur l'environnement

### II.4.2.1. Effets sur le climat

Les concentrations de gaz à effet de serre (GES) sont à l'origine du réchauffement climatique de la planète (Chang-chuan, 2004).

Les aérosols jouent un rôle important dans l'équilibre climatique global et ont un effet sur le changement climatique (Colbeck et al., 2010), car ils ont un impact sur la chimie atmosphérique et le bilan radiatif de la terre (forçage radiatif).

La pollution atmosphérique intervient à la destruction de la couche d'ozone et à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ce qui provoque, par conséquent, un réchauffement planétaire.

### II.4.2.2. Effets sur la visibilité

Une concentration élevée de polluants atmosphériques gazeux peut limiter la visibilité dans l'atmosphère. C'est une forme de pollution de l'air observable a l'œil nu. (Kim *et al*., 2006).

Les sulfates ainsi que les particules organiques sont aussi responsables de la diminution de la visibilité (smog) causée par l'absorption des rayonnements visibles par les brouillards des usines dans les grandes agglomérations comme en Chine (Chang-chuan, 2004).

### II.4.2.3. Effets sur l'écosystème

Les particules atmosphériques des zones industrielles peuvent atteindre les zones rurales et reculées en raison de la capacité de transport à longue distance. Après un dépôt sec ou humide, ils participent aux cycles biogéochimiques terrestres des métaux traces dans divers systèmes sol-plante.

Sur les végétaux, certaines particules peuvent réduire la photosynthèse et des composés chimiques sont susceptibles de contaminer la chaîne alimentaire.

Enfin, les NOx, $SO_2$) et $NH_3$ contribuent à la modification du Ph des lacs et des rivières et par conséquent perturbent l'écosystème et la biodiversité ,sans oublier les pertes sur le patrimoine bâti qui se corrode et dont le ravalement réguliers entraine des couts importants pour la société (Ba *et al*., 2000) .



**Figure 8: Photographie des effets des retombées atmosphériques sur le manguier autour de l'incinérateur du CHUK**

# CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

## III.1. Présentation des zones d'études

L'étude s'est déroulée en commune Mukaza (Mairie de Bujumbura), dans les 2 hôpitaux de troisième référence à savoir la Clinique Prince Louis RWAGASORE et le Centre Hospitalo-Universitaire de KAMENGE. On incinère les déchets de soins par 2 types des incinérateurs: l'incinérateur à combustion pyrolytique au CHUK et l'incinérateur Montfort à la CPLR.

Au nord de la zone d'incinération de la Clinique Prince Louis RWAGASORE se trouve le siège de la Croix Rouge Burundi (à 10 m). Au Nord Nord- Ouest se trouve un bar KU KIYAGO (à 20 m), au Sud se trouve le service de médecine interne (à 30 m).

Au Sud-Ouest se trouve le Centre National de Transfusion Sanguine (à100 m). A l'Est se trouve le service de Pédiatrie (à 100 m), les champs de cultures (à 5 m) et la cuisine (à 50 m). A l'Ouest se trouve des champs de cultures les bureaux de PNLS (à 20 m) et PNSR (à 30 m).

Au Nord de la zone d'incinération du Centre Hospitalo-Universitaire de Kamenge se trouve la Station ENGEN (à 25 m).

A l'Est se trouve le champ des manguiers. Au sud Est se trouvent les services de Pédiatrie et de maternité (Hospitalisations).

Au sud se trouve les services de pédiatrie consultations et de Médecine Communautaire (à 70 m), le bloc administratif (à 100 m).

Les figures 9 et 10 montrent ces services par rapport à l'incinérateur, respectivement au CHUK et à la CPLR.




**Figure 9: Photographie du Centre Hospitalo-Universitaire de KAMENGE**

**Légende:** **Service de Maternité Hospitalisation et de Pédiatrie Hospitalisation**

**Service de Pédiatrie consultation et Service de Médecine Communautaire**

**Bloc administratif**

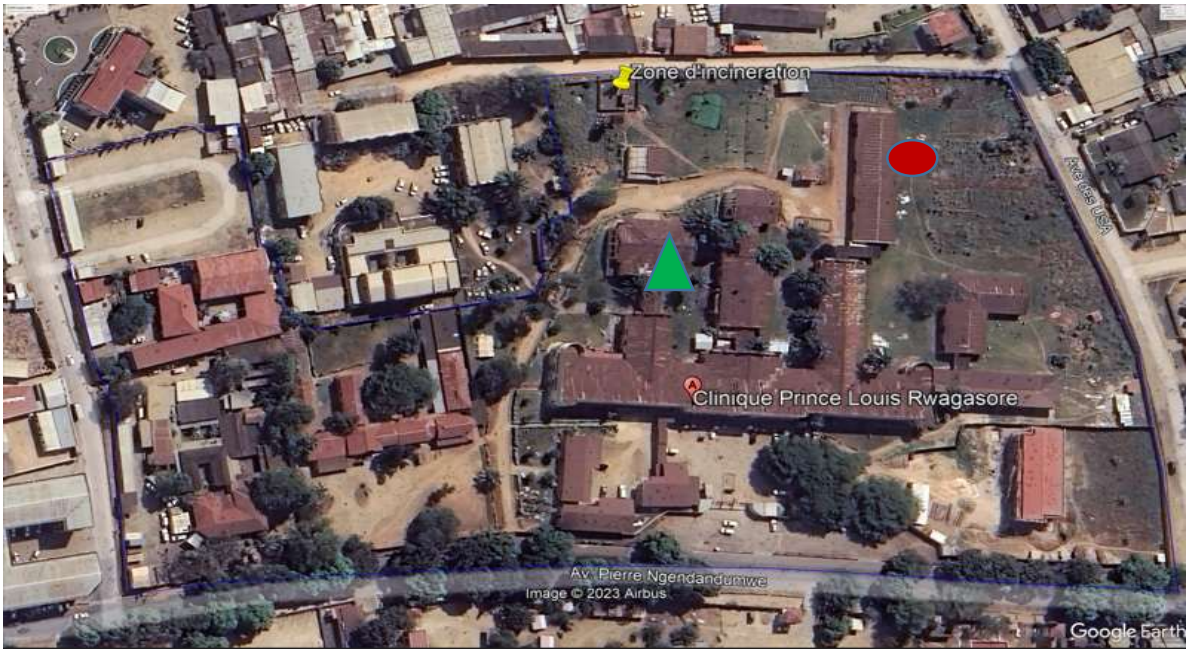



**Figure 10: Photographie de la Clinique Prince Louis RWAGASORE**

**Légende:** Service de Pédiatrie Hospitalisation

Service de Médecine interne

## III.2. Mesure des PM 2, 5 ET PM 10

### III.2.1. Description des appareils de mesure

Nous avons utilisé un compteur de particules TROTEC modèle PC220 et un anémomètre.

Le PC220 est un appareil de mesure portatif polyvalent qui analyse la qualité de l'air simultanément dans six canaux de taille entre 0,3 et 10 µm, mais aussi capable de détecter les concentrations du gaz formaldéhyde et monoxyde de carbone, ainsi que les données climatiques comme la température de l'air, l'humidité relative, la température de rosée et la température humide.

Par ailleurs, Le PC220 permet également de réaliser une évaluation quantitative en µg/m³ des émissions de poussières fines d'un diamètre aérodynamique de moins de 10 µm (poussières inhalables) et de moins de 2,5 µm (fraction alvéolaire). Dans notre étude, nous avons mesuré uniquement ces deux particules.

Une caméra numérique installée pour la documentation photo et vidéo de l'environnement de mesure fait partie de l'équipement standard de ce compteur conforme à la norme ISO-21501-4.

Les données de mesure, ainsi que l'heure et la date permettant de documenter l'emplacement des mesures, s'affichent.

Pour les mesures en continu, une fonction d'enregistrement qui permet la sauvegarde de 5 000 enregistrements de données de mesure directement dans la mémoire interne est intégrée dans le PC220.

En raison de ses nombreuses fonctions de mesure, le PC220 représente la solution idéale pour la surveillance, l'assurance qualité et l'évaluation de la qualité de l'air dans les secteurs de la santé, de la sécurité et de la productivité.
L'anémomètre série HHF11A assure la mesure de la température, du point de rosée, du bulbe humide, , de l'humidité relative, du débit d'air et de la capacité.

Le microprocesseur intégré assure une précision élevée. Il peut également enregistrer les valeurs minimum et maximum, et afficher les valeurs en cours dans des unités sélectionnables par l'utilisateur : mètres par seconde ou pieds cubiques par minute.

Avec son design d'hélice sur roulement à bille à faible friction, le HHF11A offre des mesures précises pour toutes les vitesses d'air faibles ou fortes.

La turbine a une précision de 5 % et peut mesurer les brises les plus légères (0,3 m/s). Les autres fonctions incluent la moyenne à point unique du volume d'air et de la capacité, la sélection °C/°F et l'arrêt automatique après 10 minutes d'inactivité.

On a également utilisé un décamètre de 10 m de longueur au maximum afin de mesurer la distance se trouvant entre l'incinérateur et les points de mesure. C'est un outil servant à prendre des mesures sur de grandes longueurs et constitué d'un ruban de plastique ou de métal gradué de dix mètres de long.




**Figure 11: L'appareil TROTEC modèle PC220 (A), l'anémomètre série HHF11A (B) et le décamètre (C).**

## III.2.2. Méthodologie

Les incinérateurs qui ont fait objet de notre travail de recherche sont l'incinérateur électrique à combustion pyrolytique du CHUK et l'incinérateur modèle Montfort de la CPLR.

La campagne de mesure des particules PM 2,5 et PM 10 a duré 10 jours (30 novembre au 9 décembre 2023)·

Nous avons collecté les concentrations journalières des particules PM 10 et PM 2,5 à des distances ou rayons choisis autour de l'incinérateur tout en tenant compte des directions différentes en s'orientant vers les infrastructures de l'hôpital les plus proches (principalement les services d'hospitalisation, les bureaux administratifs,…) et en mesurant la vitesse du vent (à l'aide d'un anémomètre série HHF11A),la température ambiante, l'humidité relative

(à l'aide de l'appareil TROTEC modèle PC220) à chaque point de mesure. La collecte se fait avant et pendant l'incinération pour faire une comparaison.

L'appareil de mesure sera tenu à la main et les données seront enregistrées sur des intervalles de 21 secondes.

Au Centre Hospitalo-Universitaire de KAMENGE et à la Clinique Prince Louis RWAGASORE, les mesures effectuées pendant l'incinération ont été faites respectivement dans l'avant- midi (9h-10h et 10h-11h) et dans l'après-midi (18h-19h et 19h-20h).

Au CHU de KAMENGE, l'incinération se fait pendant toute la journée tout en tenant compte de la quantité élévée des déchets générés par l'hôpital.

Les mesures ont été effectuées entre 9 et 11 heures c'est-à-dire une tranche horaire où la dispersion des matières particulaires pourrait être influencée par différentes conditions météorologiques.

A la CPLR , les mesures ont été effectuées entre 18 et 20 heures c'est-à-dire dans une tranche horaire où nous avons une atmosphère stable à indifférente. Signalons que ce choix a été dicté par l'alerte du personnel de la croix Rouge Burundi, du Programme National de Santé et Reproduction(PNSR), du Programme National de Lutte contre le SIDA(PNLS) et du Centre National de Transfusion Sanguine(CNTS) sur le risque d'exposition aux matières particulaires émises par l'incinérateur de la CPLR pendant la journée.

Ainsi, la direction de la Clinique Prince Louis RWAGASORE a décidé d'incinérer les déchets de soins après les heures de travail.

De plus, les trois directions des mesures sont choisies en fonction de la disposition des services d'hospitalisation ou blocs administratifs par rapport à la zone d'incinération.

Nous avons également effectué des mesures avant l'incinération à la Clinique Prince Louis RWAGASORE dans les heures d'avant- midi (7h-8h).

Il est difficile d'effectuer des mesures au CHUK avant l'incinération car les activités d'incinération se font pendant toute la journée et commencent toujours très tôt le matin ( à partir de 5h du matin) . C'est donc une question de sécurité·

Les données sont enregistrées dans un cahier de terrain mais toutes ces données peuvent être transférées pour analyse par liaison USB rapidement et simplement sur un PC.

Les figures 12 et 13 montrent grosso modo les directions suivant lesquelles les mesures ont été effectuées, ainsi que les infrastructures situées à telles distance sur cette direction.

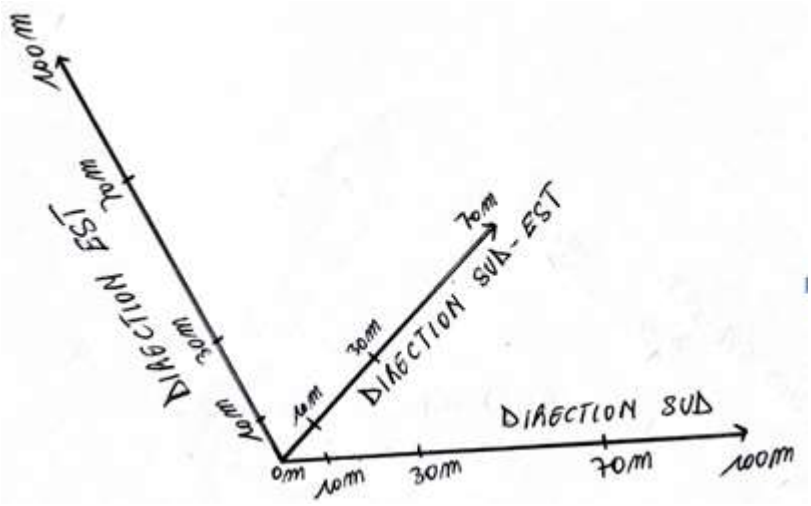



**Figure 12: Points de mesure à la Clinique Prince Louis RWAGASORE (CPLR)**

- A 0 m: La zone d'incinération
- Direction Est (à 100m): Service de Pédiatrie Hospitalisation
- Direction Sud (à 30m): Service de Médecine Interne

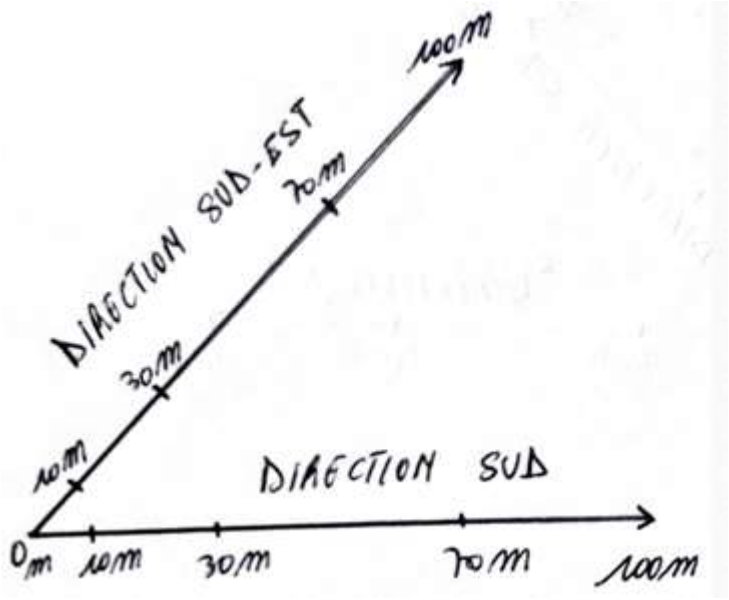



**Figure 13: Points de mesure au Centre Hospitalo-Universitaire de Kamenge (CHUK)**

- A 0 m: La zone d'incinération
- Direction Sud- Est (à 100m): Service de Maternité Hospitalisation et service de Pédiatrie Hospitalisation

- Direction Sud (à 70m): Service de Pédiatrie Consultation et service de Médecine communautaire
- Direction Sud (à 100m):Bloc administratif

## III.2.3. Méthodes d'analyse et traitement des données.

L'exploitation des résultats est effectuée par le logiciel SPSS.

Le logiciel SPSS "Statistical package for the Social Sciences" est un instrument particulièrement adapté à la mise en œuvre de techniques d'analyse des données statistiques. Il favorise la gestion des données dans un environnement graphique convivial associant menu descriptif et boites de dialogue. En plus cet environnement offre un langage de commande qui permet d'écrire des programmes afin d'optimiser des taches de production. Il permet de traiter les données avec efficacité et d'effectuer des analyses sur de grandes bases de données. Il offre plusieurs possibilités pour organiser et synthétiser les informations statistiques.

SPSS peut être utilisé pour analyser les données environnementales telles que la qualité de l'eau, les données météorologiques et la pollution de l'air.

Il permet d'effectuer des opérations de nettoyage, de filtrage, de regroupement et de transformation des données et de proposer des statistiques descriptives pour résumer et visualiser les caractéristiques clés des données environnementales.

Des techniques statistiques avancées telles que les tests d'hypothèses, les analyses de variance et les régressions peuvent être appliquées aux données environnementales.

Bien que SPSS ne soit pas principalement conçu pour l'analyse spatiale, des extensions ou des modules complémentaires peuvent être utilisés pour ajouter des fonctionnalités d'analyse spatiale.

SPSS facilite également la génération de rapports personnalisés et la création de graphiques pour présenter les résultats des analyses environnementales.

Il est important de noter que SPSS peut être utilisé en combinaison avec d'autres outils spécialisés dans les analyses environnementales pour répondre aux besoins spécifiques du domaine.

Il s'agit d'un logiciel dont les premières versions datent des années soixante (sans doute l'un des plus anciens). À l'origine, il s'agissant d'un programme "open source", c'est à dire que n'importe qui pouvait ajouter de nouvelles commandes, et les possesseurs du logiciel recevaient un pamphlet supplémentaire décrivant cette commande. Dans les années 80, le logiciel a cessé d'être "open source" et est maintenant la propriété exclusive de SPSS inc.

Néanmoins, les propriétaires sont très agressifs, sortant de nouvelles versions régulièrement (en moins de 8 ans, nous sommes passé de SPSS v. 6 à SPSS v.12). À partir de la version 7, SPSS est devenu un produit pour Windows. SPSS est un produit très dispendieux, et la licence dure généralement une année seulement.

# CHAPITRE IV: PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

## IV.1. Les données collectées au CHUK et à la CPLR pendant l'incinération.

L'ensemble des valeurs relevées dans les deux hôpitaux en fonction des directions choisies sont reportées dans les tableaux 2 et 3 où nous donnons les valeurs moyennes en µg/m$^3$, les écarts-type les valeurs maxima et minima ainsi que les valeurs-guide de l'OMS.

### IV.1.1. Traitement des données recueillies au CHUK

**Tableau 2: Concentrations en PM 2,5 et PM 10 relevées au CHU de Kamenge pendant l'incinération.**

| | | | | PM 2,5 en µg/m³ | | | | | PM 10 en µg/m³ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nom de l'hôpital | Direction | Distance | Temps | Moy | Max | Min | E-T | Valeurs - guide(OMS 2021) | Moy | Max | Min | E-T | Valeurs - guide(OMS 2021) |
| CHUK | Sud - Est | 10 m | 10H-11H | 47 | 101 | 10 | 28 | 15/24 heures | 95 | 193 | 38 | 51 | 45/24 heures |
| | | | 9H-10H | 55 | 162 | 14 | 42 | | 110 | 292 | 37 | 73 | |
| | | 30 m | 10H-11H | 43 | 122 | 8 | 32 | | 80 | 185 | 27 | 49 | |
| | | | 9H-10H | 48 | 147 | 13 | 37 | | 88 | 204 | 34 | 52 | |
| | | 70 m | 10H-11H | 33 | 97 | 8 | 25 | | 65 | 136 | 15 | 37 | |
| | | | 9H-10H | 32 | 94 | 8 | 24 | | 66 | 186 | 23 | 46 | |
| | | 100 m | 10H-11H | 75 | 142 | 23 | 35 | | 132 | 258 | 36 | 64 | |
| | | | 9H-10H | 72 | 147 | 31 | 43 | | 133 | 275 | 49 | 79 | |
| | Sud | 10 m | 10H-11H | 36 | 56 | 8 | 16 | 5/1 an | 75 | 128 | 24 | 37 | 15/1 an |
| | | | 9H-10H | 33 | 48 | 9 | 11 | | 57 | 76 | 24 | 14 | |
| | | 30 m | 10H-11H | 42 | 83 | 9 | 23 | | 80 | 149 | 17 | 44 | |
| | | | 9H-10H | 30 | 48 | 10 | 13 | | 49 | 82 | 31 | 17 | |
| | | 70 m | 10H-11H | 47 | 71 | 10 | 18 | | 94 | 138 | 26 | 36 | |
| | | | 9H-10H | 35 | 57 | 20 | 11 | | 62 | 83 | 39 | 15 | |
| | | 100 m | 10H-11H | 52 | 128 | 18 | 30 | | 99 | 239 | 34 | 56 | |
| | | | 9H-10H | 40 | 63 | 20 | 13 | | 71 | 112 | 37 | 24 | |

Les concentrations mesurées pour les PM 2,5 et les PM 10,quelque soit la direction ou la tranche d'heure,dépassent les normes recommandées par l'OMS ( pour une exposition aigue ou chronique)·

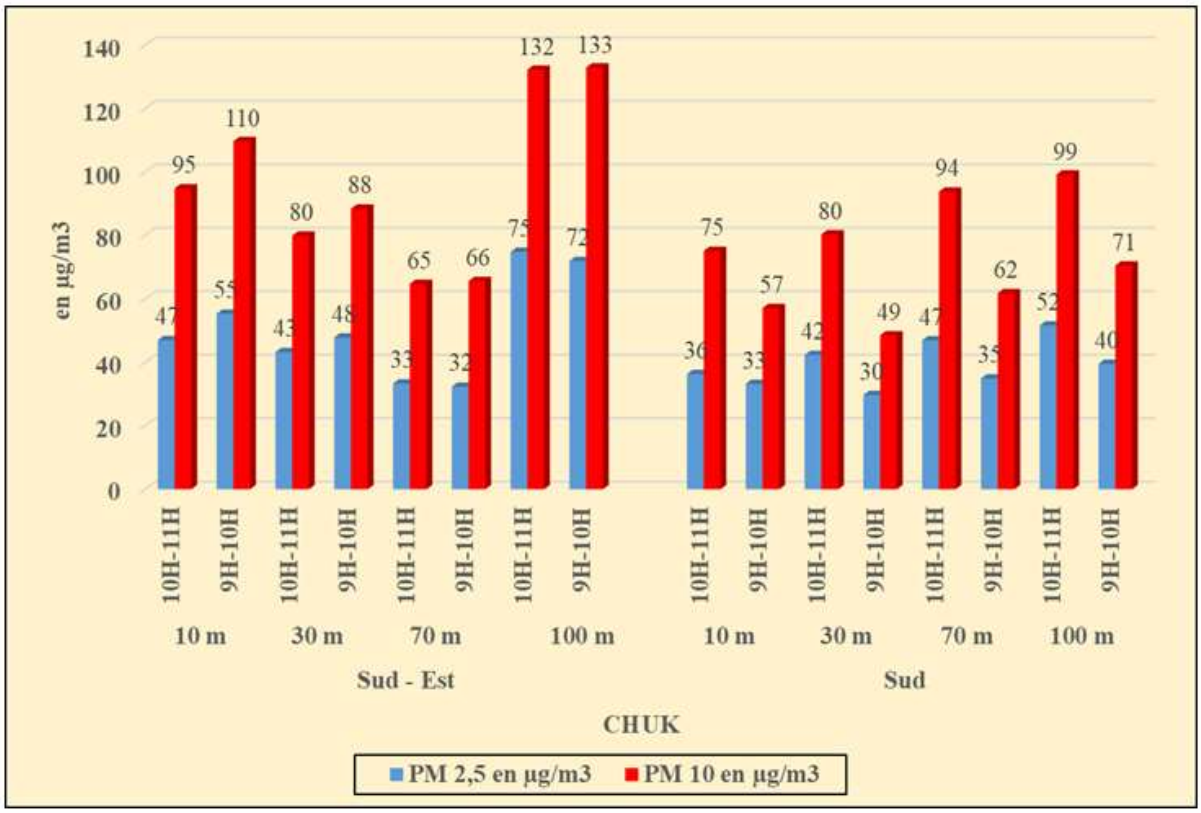



**Figure 14: Variations des concentrations moyennes mesurées au CHUK pendant l'incinération**

**Considérons la direction Sud-Est**

L'effet de la dispersion par le vent est révélé par la diminution régulière des concentrations moyennes en PM 2,5 et PM 10 lorsque l'on s'écarte de la source d'émissions ou zone d'incinération.

Un constant est observée à 100 m c'est-à-dire à l'intérieur du service de pédiatrie hospitalisation et service de maternité hospitalisation où des concentrations moyennes de PM 2,5 et PM 10 sont supérieures aux valeurs-guide de l'OMS. Quand on sait que ces services sont les plus sensibles en matière de santé publique, il y a lieu de se poser des questions.

Les particules ne sont pas à mesure de circuler dans un milieu enfermé d'où leur stagnation. On comprend que les femmes enceintes et les enfants hospitalisés sont les plus exposés à cette pollution particulaire; il s'agit d'ailleurs d'une exposition chronique.

Si on considère tous les rayons, on constate que les concentrations mesurées sont supérieures aux normes fixées par l'OMS. Non seulement le milieu est relativement fermé, mais aussi la température ambiante élevée permet d'augmenter la concentration en particules, l'humidité relative favorise la stabilité des particules dans le milieu.

**Considérons la direction Sud**

Les concentrations élevées ont été observées dans un rayon de 70m (service de pédiatrie consultation et service de médecine communautaire) et 100m (le bloc Administratif).
Comme ce sont des endroits enfermés, les particules ne sont pas à mesure de circuler d'où leur stagnation.

Même si ce sont des endroits fréquentés principalement par des patients ambulatoires, ils sont aussi exposés à cette pollution particulaire même si c'est une exposition de courte durée, c'est-à-dire une exposition aigüe.

## IV.1.2. Traitement des données recueillies à la CPLR

Nous considérons trois directions : Sud, Est et Sud-Est.
Les valeurs sont consignées dans le tableau 3 et présentées en graphique dans la figure 15.

**Tableau 3: Concentrations en PM 2,5 et PM 10 relevées à la CPLR pendant l'incinération.**

| | | | | PM 2,5 en µg/m³ | | | | | PM 10 en µg/m³ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nom de l'hôpital | Direction | Distance | Temps | Moy | Max | Min | E-T | Valeurs - guide(OMS 2021) | Moy | Max | Min | E-T | Valeurs - guide(OMS 2021) |
| CPLR | Sud - Est | 10 m | 18H-19H | 60 | 89 | 20 | 26 | 15/24 heures | 118 | 185 | 40 | 53 | 45/24 heures |
| | | | 19H-20H | 50 | 89 | 29 | 20 | | 103 | 162 | 52 | 37 | |
| | | 30 m | 18H-19H | 39 | 66 | 16 | 17 | | 80 | 142 | 42 | 38 | |
| | | | 19H-20H | 45 | 78 | 21 | 20 | | 78 | 130 | 36 | 28 | |
| | | 70 m | 18H-19H | 33 | 50 | 22 | 8 | | 86 | 117 | 38 | 23 | |
| | | | 19H-20H | 29 | 45 | 16 | 10 | | 66 | 112 | 35 | 24 | |
| | Sud | 10 m | 18H-19H | 70 | 141 | 22 | 37 | | 132 | 189 | 59 | 39 | |
| | | | 19H-20H | 56 | 88 | 16 | 23 | | 116 | 182 | 40 | 54 | |
| | | 30 m | 18H-19H | 71 | 108 | 43 | 25 | | 124 | 223 | 72 | 41 | |
| | | | 19H-20H | 83 | 255 | 40 | 65 | | 150 | 475 | 76 | 122 | |
| | | 70 m | 18H-19H | 35 | 63 | 14 | 14 | 5/1 an | 72 | 122 | 35 | 26 | 15/1 an |
| | | | 19H-20H | 33 | 76 | 15 | 18 | | 65 | 122 | 37 | 31 | |
| | | 100 m | 18H-19H | 46 | 65 | 19 | 15 | | 80 | 139 | 41 | 28 | |
| | | | 19H-20H | 44 | 90 | 31 | 17 | | 80 | 132 | 45 | 27 | |
| | Est | 10 m | 18H-19H | 43 | 86 | 21 | 21 | | 101 | 190 | 42 | 54 | |
| | | | 19H-20H | 49 | 98 | 28 | 22 | | 102 | 230 | 42 | 58 | |
| | | 30 m | 18H-19H | 40 | 71 | 22 | 16 | | 98 | 182 | 62 | 39 | |
| | | | 19H-20H | 56 | 117 | 25 | 28 | | 132 | 235 | 67 | 57 | |
| | | 70 m | 18H-19H | 37 | 79 | 15 | 21 | | 91 | 168 | 48 | 41 | |
| | | | 19H-20H | 30 | 62 | 16 | 15 | | 70 | 117 | 38 | 27 | |
| | | 100 m | 18H-19H | 65 | 102 | 30 | 22 | | 158 | 332 | 81 | 72 | |
| | | | 19H-20H | 88 | 135 | 39 | 33 | | 194 | 306 | 113 | 61 | |

De même pour le cas du CHUK,les concentrations mesurées pour les PM 2,5 et les PM 10,quelque soit la direction ou la tranche d'heure,dépassent les normes recommandées par l'OMS ( pour une exposition aigue ou chronique).

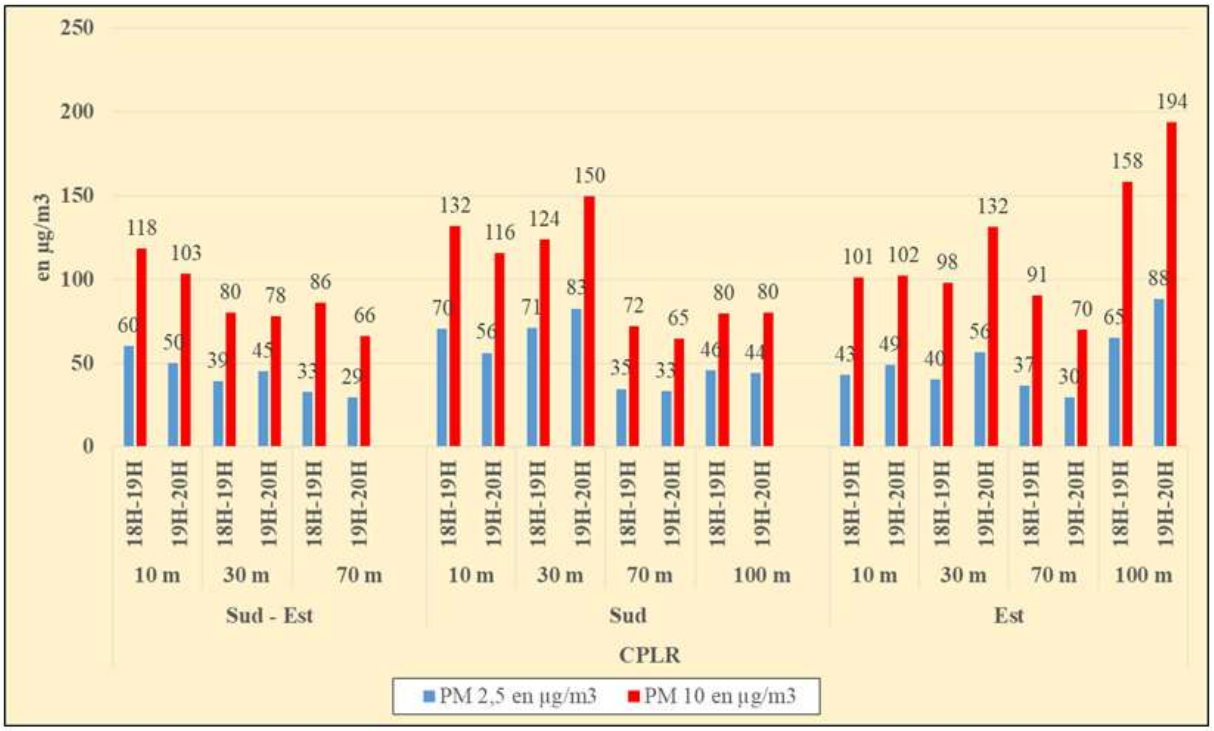



**Figure 15: Variations des concentrations moyennes mesurées à la CPLR pendant l'incinération**

Dans l'ensemble on voit que les concentrations des particules vont diminuer, grâce à un très léger vent qui souffle vers le sud/sud-est (cfr l'annexe 1), qu'il s'agisse des PM 2,5 ou PM 10, les concentrations restent de loin supérieures aux valeurs-guide de l'OMS

**Considérons la direction Sud**

Les concentrations moyennes élevées ont été observées à un rayon de 10 m (la zone la plus proche de la zone d'incinération) et à un rayon de 30 m (service de médecine interne) puis tendent à diminuer à 70 m .

On constate également que, quelle que soit la situation par rapport à l'incinérateur, les concentrations observées sont supérieures aux normes fixées par l'OMS exposant ainsi toutes les personnes qui fréquentent l'hôpital (hospitalisées ou pas) à une pollution particulaire soit aigue, soit chronique.

Dans la direction sud à 100 m, les concentrations sont censées diminuer avec la distance mais sont supérieures aux concentrations mesurées à 70 m. Cela est dû à l'influence de la circulation automobile (c'est à quelques mètres de la route) qui est génératrice de beaucoup de matières particulaires.

**Considérons la direction Sud-Est**

Malgré un vent très faible (cfr l'annexe 1), les concentrations moyennes diminuent de 10 m jusque 70 mètres comme le montre la figure 15.

Pour cette direction, on n'a pas considéré un rayon de 100 m parce qu'il n'y a pas de services d'hospitalisation, de consultation ou de blocs administratifs les plus proches de la zone d'incinération.

**Considérons la direction Est**

Les mêmes observations que ci-dessus s'appliquent. De plus on constate également que, sur tous les rayons aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des immeubles les concentrations observées sont de loin supérieures aux normes fixées par l'OMS (vent faible).

Discutons maintenant les relevés de mesures avant l'incinération à la CPLR afin d'avoir une base de comparaison. Les valeurs sont présentées dans la figure 16 en comparaison avec les normes de l'OMS.

## IV.2. Les données collectées à la CPLR avant l'incinération.

**Tableau 4: Concentrations en PM 2,5 et PM 10 relevées à la CPLR avant l'incinération**

Trois directions sont prises en considération: Sud, sud-est et Est.

| | | | | PM 2,5 en µg/m³ | | | | | PM 10 en µg/m³ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nom de l'hôpital | Direction | Distance | Temps | Moy | Max | Min | E-T | Valeurs - guide(OMS 2021) | Moy | Max | Min | E-T | Valeurs - guide(OMS 2021) |
| CPLR | Sud - Est | 10 m | 7H-8H | 34 | 104 | 12 | 27 | 15/24 heures | 59 | 178 | 20 | 47 | 45/24 heures |
| | | 30 m | 7H-8H | 21 | 36 | 12 | 9 | | 37 | 51 | 18 | 10 | |
| | | 70 m | 7H-8H | 20 | 33 | 7 | 9 | | 34 | 59 | 18 | 13 | |
| | Sud | 10 m | 7H-8H | 24 | 39 | 13 | 8 | | 43 | 62 | 26 | 11 | |
| | | 30 m | 7H-8H | 36 | 47 | 25 | 6 | | 59 | 71 | 38 | 10 | |
| | | 70 m | 7H-8H | 16 | 29 | 4 | 7 | 5/1 an | 30 | 45 | 18 | 8 | 15/1 an |
| | | 100 m | 7H-8H | 18 | 39 | 7 | 11 | | 34 | 62 | 20 | 13 | |
| | Est | 10 m | 7H-8H | 24 | 37 | 14 | 9 | | 47 | 80 | 19 | 19 | |
| | | 30 m | 7H-8H | 15 | 25 | 9 | 5 | | 33 | 45 | 20 | 9 | |
| | | 70 m | 7H-8H | 11 | 17 | 3 | 4 | | 28 | 43 | 15 | 8 | |
| | | 100 m | 7H-8H | 30 | 48 | 13 | 10 | | 54 | 71 | 41 | 10 | |

Pour le cas de la CPLR avant l'incinération,les concentrations mésurées sont dans une tranche proche ou acceptable par rapport aux normes fixées par l'OMS(pour une exposition aigue) mais sont hors normes (pour une exposition chronique).

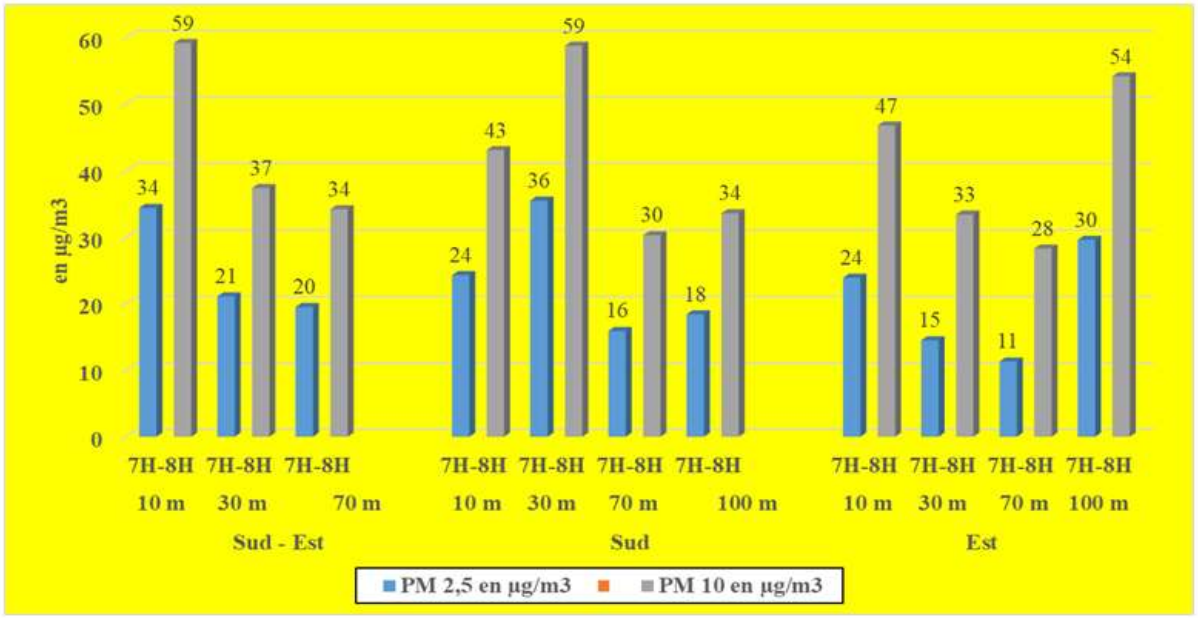



**Figure 16: Variations de concentrations moyennes mesurées à la CPLR avant l'incinération**

**Considérons la direction Sud**

Les valeurs des concentrations moyennes et sous un vent nul (cfr l'annexe 2) montrent une situation identique à la direction Est, à l'exception de celles relevées à 30 m (Service de Pédiatrie Hospitalisation).

On comprend donc que, même avant l'incinération, le service de pédiatrie hospitalisation reste exposé à la pollution particulaire.Les valeurs moyennes sont dans une tranche acceptable par rapport aux normes fixées par l'OMS.

**Considérons la direction Sud-Est**

Pour la direction sud-est, et sous un vent faible (cfr l'annexe 2), on observe des concentrations particulaires s'approchant des valeurs –guide avec diminution régulier avec la distance.

**Considérons la direction Est**

Sous un vent de vitesse quasi nulle (cfr l'annexe 2), on observe des valeurs normales et diminuant avec la distance, sauf à un rayon de 100 m (service de pédiatrie) où on observe des valeurs supérieures aux valeurs-guides, à cause du confinement.

# CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Ce travail a pour but d'évaluer le risque sanitaire potentiel lié aux particules PM 2,5 et PM10 sur la santé des individus qui fréquentent les structures de soins ou qui y travaillent. Comme tout autre bâtiment, les établissements de soins constituent des entités relativement clos dans lesquels un nombre important de polluants sont concentrés. Néanmoins, ces établissements doivent faire face à plusieurs contraintes spécifiques : le besoin de protéger le malade, le personnel et les visiteurs, ainsi que la nécessité d'éviter la diffusion de ces polluants. La pollution atmosphérique à court et long terme constitue un facteur de risque pour la santé.

Les mesures effectuées avec un compteur de particules révèlent que, les concentrations moyennes (en PM2,5 et PM10) au CHUK et à la CPLR pendant l'incinération, dépassent de loin les normes fixées par l'OMS avec des écarts-types également élevées.

Les concentrations moyennes élevées ont été trouvées à l'intérieur des services de l'hôpital (service d'hospitalisation ou de consultation) et des blocs Administratifs.

Les résultats trouvés avant l'incinération montrent que l'air est de qualité acceptable avec des moyennes proches des valeurs-guide de l'OMS.

La vitesse du vent a joué un rôle important dans la dispersion des matières particulaires vers les services de l'hôpital. Si la vitesse du vent est faible, les polluants restent concentrés dans un endroit alors que, si la vitesse du vent est élevée, les polluants se dispersent dans des différentes directions.

La pollution atmosphérique en Afrique, et au Burundi en particulier, est considérée comme un tueur invisible qui représente un risque sanitaire et environnemental majeur.

Pour améliorer la qualité de l'air, nous devons combattre toute source de pollution de l'air.

Quelques recommandations ont été formulées dans le but de compléter ce travail et préserver la santé de la population:

- Développer les pratiques d'incinération ,
- Quantifier la quantité des déchets produits ou incinérés par le CHUK et la CPLR,
- Vérifier que l'incinérateur a été suffisamment préchauffé et que le combustible supplémentaire a été ajouté pour maintenir la température dans les conditions recommandées,

- Ameliorer les principes de chargement et de réglage du régulateur de tirage automatique de la cheminée ,
- Augmenter la hauteur de cheminée pour assurer un meilleur tirage et une diffusion rapide,
- Former régulièrement des opérateurs des incinérateurs et recourir au manuel d'utilisation ,
- Construire des incinérateurs loin des salles d'hospitalisation ou des blocs administratifs**,**
- Prioriser le reboisement des zones d'incinération ainsi que leurs alentours**,**
- Fixer une norme en matière d'émission de particules et de qualité de l'air par les Ministères ayant l'Environnement et la Santé dans leurs attributions,
- Planifier la ventilation des services de l'hôpital,
- Mettre en place des réseaux de surveillance autour de la zone d'incinération ainsi que dans les espaces clos notamment les services d'hospitalisation, de consultation ou de blocs administratifs,et
- Mettre en place les filtres d'air ambiant afin de baisser la concentration des particules fines dans les bâtiments sensibles·

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Ajzoul, T., & Cherkaoui, O. (2011). Déchets médicaux et pharmaceutiques au Maroc : Gestion, traitement, cadre juridique.
2. Aouragh, L. (2015). Etude de la Qualité de l'Air Urbain au Niveau de la Ville de Batna : Cas du Transport Routier [PhD Thesis]. Université de Batna 2.
3. Ba, M., & Colosio, J. (2000). Air quality more extensive monitoring of particulates pollution but concentrations must be reduced by 2005; Qualité de l'air : Une surveillance accrue des particules, mais des concentrations à réduire d'ici l'an 2005.
4. Borgie, M. (2014). Étude des particules fines et ultrafines en suspension dans l'air au Liban : Caractérisation physicochimique et évaluation des effets toxicologiques sur des cellules pulmonaires humaines BEAS-2B [PhD Thesis]. Université du Littoral Côte d'Opale; École Doctorale des Sciences.
5. Beltrando, G. (2014). Pollution de l'air aux particules en suspension dans l'air (PM) et santé des individus : Un domaine de recherche pluridisciplinaire en développement pour les géographes. BSGLg, 62, 122 134.
6. Cachon, F. B. A. (2013). Étude de pollution atmosphérique en Afrique Sub-Saharienne : Cas de Cotonou (Bénin): Caractérisation physicochimique des matières particulaires d'origine urbaine et impact toxicologique sur des cellules épithéliales bronchiques humaines (BEAS-2B) cultivées in vitro [PhD Thesis]. Université du Littoral Côte d'Opale; Université d'Abomey-Calavi (Bénin).
7. CICR, 2011**,** Manuel de gestion des déchets médicaux, Comité international de la Croix-Rouge 19, avenue de la Paix 1202 Genève, Suisse, P 162.
8. Colbeck & Lazaridis, (2010).Aerosols and environnemental pollution.the science of nature, 97 (2):117-131·
9. Crabbe, V. (2007). Toxicologie expérimentale. Université Libre de Bruxelles.
10. Chang-Chuan C et al. (2004). Personal exposure to submicrometer particles and heart rate variability in human subjects. Envir Health Perspect 112, 10: 1063-1067.
11. Dieme, D., Cabral, M., Verdin, A., Fall, M., Billet, S., Cazier, F., Garçon, G., Diouf, A., & Shirali, P. (2011). Caractérisation physico-chimique et effets cytotoxiques de particules atmosphériques PM2, 5 de la ville de Dakar (Sénégal). Annales de toxicologie analytique, 23(4), 157-167.
12. Durand, B. (2014). Les risques de la pollution atmosphérique pour la mortalité prématurée. Comparaison avec ceux du tabac et ceux de la radioactivité

13. Dockery DW et al. (1993). An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. N Engl J Med 329 (24), 1753-9.
14. Dominici, F., Zanobetti, A., Zeger, S. L., Schwartz, J., & Samet, J. M., (2004).Hierarchical bivariate time series models: a combined analysis of the effects of particulate matter on morbidity and mortality. Biostatistics, 5(3), 341-360.
15. Donaldson, K., Tran, C.L., MacNee, W., 2002. Deposition and effects of fine and ultrafine particles in the respiratory tract. European Respiratory Monograph 21, 77–92.
16. Deltras, G., Paul, E., (1998). Etat de l'art pour l'étude des impacts des transports routier à proximité des routes et autoroutes, contrat ADEME n° 9793022, université Josef Fourier, université de Pau et des pays de l'Adour.
17. Etudes, A.-P. (2008). Synthèse des connaissances sur les particules en suspension dans l'air et des travaux d'airparif sur ces polluants.
18. Favez O., Cachier H., Sciare J., Le Moullec Y. (2007), « Characterization and contribution to PM2.5 of semivolatile aerosol in Paris (France)», Atmospheric Environment, 41, 7969-7976.
19. Gnamien, S. (2022). Caracterisation de la pollution particulaire (pm10 et pm2. 5) a abidjan et korhogo (cote d'ivoire) en lien avec la sante des populations [PhD Thesis]. Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire).
20. Guillaume, K. Y. A. (2020). Analyse de l'effet conjoint de la qualité de l'environnement et de la santé sur la croissance économique en Côte d'Ivoire.
21. Gehring U., Wijga A.H., Hoek G., 2015: Exposure to air pollution and development of asthma and rhinoconjunctivitis throughout childhood and adolescence:a population-based birth cohort study. Lancet Respir Med 3(12), 933-942.
22. Khadidja, Z. (2017). Doctorat en sciences [PhD Thesis]. Université de Mostaganem.
23. Kim, Young J., Kyung W. Kim, Shin D. Kim, Bo K. Lee, and Jin S. Han. 2006. "Fine Particulate Matter Characteristics and Its Impact on Visibility Impairment at Two Urban Sites in Korea: Seoul and Incheon." Atmospheric Environment 40 (SUPPL. 2): 593–605.
24. Kutlar Joss, M., Kappeler, R., Probst-Hensch, N., & Künzli, N. (2019). Air et santé en Suisse et ailleurs. Swiss medical forum= Schweizerisches Medizin-Forum, 19(1314), 213-218.
25. Koné, M. (2023). Gestion des déchets issus des activités de soins au CHU Pr Bocar SIDY SALL de Kati en 2022 [PhD Thesis]. USTTB.
26. Kerbachi, R., Oucher, N., Bitouche, A., Berkouki, N., Demri, B., Boughédaoui, M., & Joumard, R. (2009). Pollution par les particules fines dans l'agglomération d'Alger.

Environment and Transport in different contexts/Environnement et Transports dans des contextes différents, 31-40.

27. NDIAYE M., MANIBOLIOT S M., Évaluation de la prévention technique et médicale du risque biologique au sein de l'hôpital général de GRAND YOFF (HOGGY) de Dakar à l'heure de la maladie Ebola. Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement. 1 juin 2016 ;77(3) :433-4.
28. Ndong, A. (2019). Pollution de l'air extérieur et intérieur à Dakar (Sénégal) : Caractérisation de la pollution, impact toxicologique et évaluation épidémiologique des effets sanitaires [PhD Thesis]. Université du Littoral Côte d'Opale; Université Cheikh Anta Diop de Dakar.
29. OMS. (2011). Les déchets liés aux soins de santé. Aide-mémoire N°253.
30. OMS-SCB & PNUE (2005). Préparation des plans nationaux de gestion des déchets de soins médicaux en Afrique subsaharienne : manuel d'aide à la décision. Secrétariat de la Convention de Bâle et OMS.
31. OMS & UNICEF (2015b). L'eau, l'assainissement et l'hygiène dans les établissements de soins de santé : état des lieux et perspectives dans les pays à revenu faible ou intermédiaire. Genève, Organisation mondiale de la Santé.
32. Pope AC et al. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate matter air pollution. Circulation, 109:71–77 (2004).
33. Lippmann, M., Ito, K., Nadas, A., & Burnett, R., 2000. Association of particulate matter components with daily mortality and morbidity in urban populations. Research report (Health Effects Institute)(95), 5-72, discussion 73-82.
34. Srikanth, P., Sudharsanam, S., Steinberg, R., 2008. Bio-aerosols in indoor environment:composition, health effects and analysis. Indian journal of medical microbiology 26,302.
35. Talbi A., 2013. Evaluation de la pollution atmosphérique par les particules fines en site rural à Tipasa. Mémoire de Magistèer, Ecole Nationale Polytechnique.
36. Turner, M. C., Krewski, D., Pope III, C. A., Chen, Y., Gapstur, S. M., Thun, M. J., 2011. Long-term ambient fine particulate matter air pollution and lung cancer in a large cohort of never-smokers. American journal of respiratory and critical care medicine, 184(12),1374-1381.
37. Troen, I., Petersen, E. L., 1989. European Wind Atlas, Roskilde: Risø National Laboratory, Commission of the European Community, 656 P

38. Waked,A.(2012) “Caractérisation des aérosols organiques à Beyrouth, Liban,” Université Paris Est.

# ANNEXES

*Influence de l'incinération des déchets médicaux sur la qualité de l'air dans deux hôpitaux de Bujumbura-Burundi：Cas du CHUK et de la CPLR.*

1.Les données relevées dans les deux hôpitaux: CHUK et CPLR pendant l'incinération.

| Nom de l'hôpital | Date de la collecte des données | Intervalle du temps pour la collecte des données | Distance entre le point de départ et d'arrivée | Direction | PM 2,5 | PM 10 | T A | RH | V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CHUK | 30-NOV-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud - Est | 39 | 129 | 29.7 | 58.5 | .0 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud - Est | 43 | 70 | 30.6 | 52.8 | 1.2 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud - Est | 14 | 37 | 28.4 | 61.4 | 1.7 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud - Est | 10 | 38 | 29.7 | 57.6 | 2.5 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud - Est | 55 | 87 | 27.0 | 68.8 | 1.2 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud - Est | 24 | 49 | 27.0 | 68.0 | 1.8 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud - Est | 43 | 85 | 25.4 | 71.7 | .7 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud - Est | 31 | 83 | 26.7 | 68.8 | .8 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud - Est | 36 | 72 | 26.4 | 71.8 | .0 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud - Est | 38 | 87 | 26.4 | 70.3 | 1.4 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud - Est | 162 | 292 | 29.7 | 59.8 | .0 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud - Est | 101 | 193 | 28.6 | 62.7 | 1.2 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud - Est | 31 | 67 | 29.6 | 62.1 | .0 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud - Est | 89 | 150 | 27.1 | 66.1 | .0 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud - Est | 82 | 152 | 28.4 | 63.1 | 1.6 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud - Est | 34 | 48 | 27.9 | 63.2 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud - Est | 30 | 59 | 29.5 | 60.2 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud - Est | 45 | 139 | 27.3 | 64.6 | .0 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud - Est | 61 | 117 | 24.7 | 71.6 | .9 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud - Est | 55 | 91 | 26.5 | 66.8 | 1.1 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud | 32 | 73 | 25.9 | 61.5 | 1.0 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud | 21 | 36 | 27.2 | 67.7 | .9 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud | 9 | 24 | 28.4 | 60.2 | 1.9 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud | 8 | 24 | 28.1 | 59.3 | 3.3 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud | 41 | 57 | 28.5 | 63.7 | 1.0 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud | 19 | 33 | 25.9 | 69.8 | .9 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud | 29 | 64 | 25.3 | 75.0 | .0 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud | 56 | 124 | 25.4 | 68.8 | .0 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud | 32 | 51 | 29.3 | 63.3 | .9 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud | 55 | 128 | 28.5 | 63.1 | .8 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud | 33 | 76 | 27.8 | 63.5 | .0 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud | 51 | 101 | 27.9 | 65.0 | .6 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CHUK | 06-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud | 34 | 52 | 27.1 | 68.1 | 2.3 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud | 45 | 91 | 27.5 | 63.8 | .0 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud | 26 | 53 | 28.5 | 60.3 | .5 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud | 39 | 76 | 29.1 | 61.2 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud | 48 | 58 | 27.2 | 66.1 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud | 38 | 83 | 27.3 | 64.5 | 2.3 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 10 m | Sud | 48 | 63 | 25.4 | 69.1 | 1.7 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 10 m | Sud | 31 | 55 | 25.9 | 73.2 | 1.3 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud - Est | 35 | 72 | 29.3 | 53.9 | 1.0 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud - Est | 22 | 54 | 30.3 | 52.9 | .8 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud - Est | 13 | 43 | 30.8 | 55.3 | 1.8 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud - Est | 8 | 27 | 30.3 | 53.0 | 1.8 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud - Est | 53 | 89 | 27.7 | 66.1 | .6 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud - Est | 22 | 42 | 28.5 | 63.3 | 1.2 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud - Est | 38 | 83 | 25.5 | 70.2 | .7 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud - Est | 22 | 55 | 29.2 | 61.7 | 1.2 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud - Est | 31 | 68 | 26.1 | 71.6 | .3 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud - Est | 38 | 71 | 26.2 | 70.5 | .3 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud - Est | 54 | 143 | 29.3 | 59.8 | 1.5 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud - Est | 122 | 185 | 29.1 | 61.0 | .4 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud - Est | 24 | 34 | 27.9 | 64.0 | 1.2 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud - Est | 51 | 79 | 29.1 | 61.5 | .0 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud - Est | 147 | 204 | 30.0 | 60.7 | 1.3 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud - Est | 41 | 66 | 29.3 | 56.7 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud - Est | 30 | 47 | 29.5 | 62.9 | 2.5 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud - Est | 49 | 147 | 28.0 | 64.4 | .0 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud - Est | 53 | 101 | 24.2 | 73.5 | .7 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud - Est | 57 | 73 | 26.3 | 68.7 | .5 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud - Est | 35 | 82 | 30.9 | 51.2 | .0 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud - Est | 25 | 49 | 30.1 | 53.0 | 1.0 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud - Est | 8 | 23 | 28.2 | 55.4 | .3 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud - Est | 8 | 15 | 31.7 | 50.0 | 2.2 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud - Est | 14 | 34 | 28.7 | 63.7 | .6 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud - Est | 15 | 27 | 29.0 | 62.9 | .8 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud - Est | 26 | 62 | 25.4 | 69.9 | .0 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud - Est | 15 | 37 | 30.6 | 57.0 | 2.1 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud - Est | 31 | 57 | 25.9 | 76.2 | .8 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud - Est | 48 | 88 | 27.1 | 64.5 | .0 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CHUK | 04-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud | 29 | 39 | 27.8 | 62.1 | .5 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud | 53 | 112 | 26.1 | 68.6 | .0 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud | 51 | 83 | 28.6 | 62.8 | .0 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud | 45 | 93 | 28.7 | 62.3 | .0 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud | 29 | 43 | 28.1 | 63.5 | .0 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud | 50 | 89 | 28.3 | 62.7 | .0 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud | 36 | 67 | 28.8 | 63.8 | .0 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud | 38 | 53 | 29.3 | 62.1 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud | 35 | 65 | 27.9 | 63.8 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud | 53 | 138 | 27.7 | 63.5 | .0 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud | 57 | 81 | 24.8 | 74.5 | .0 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud | 29 | 78 | 25.7 | 73.8 | .0 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud - Est | 37 | 82 | 28.0 | 59.0 | .0 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud - Est | 45 | 63 | 28.7 | 60.9 | .0 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud - Est | 108 | 238 | 23.8 | 52.3 | .0 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud - Est | 88 | 151 | 33.1 | 46.7 | .0 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud - Est | 31 | 49 | 26.6 | 66.6 | .0 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud - Est | 23 | 36 | 27.0 | 64.4 | .0 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud - Est | 47 | 113 | 23.8 | 74.1 | .0 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud - Est | 53 | 109 | 24.6 | 81.7 | .0 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud - Est | 49 | 88 | 23.8 | 78.1 | .0 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud - Est | 71 | 106 | 25.7 | 73.7 | .0 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud - Est | 121 | 203 | 27.6 | 64.3 | .0 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud - Est | 114 | 187 | 29.4 | 61.8 | .0 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud - Est | 36 | 67 | 26.9 | 66.5 | .0 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud - Est | 142 | 258 | 32.4 | 53.5 | .0 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud - Est | 147 | 275 | 28.0 | 67.0 | .0 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud - Est | 88 | 172 | 26.7 | 67.3 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud - Est | 40 | 73 | 27.9 | 65.5 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud - Est | 61 | 133 | 26.8 | 73.5 | .0 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud - Est | 103 | 141 | 23.9 | 78.0 | .0 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud - Est | 63 | 107 | 25.8 | 70.0 | .0 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud | 30 | 77 | 28.2 | 58.2 | .0 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud | 18 | 34 | 26.1 | 72.3 | .0 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud | 45 | 106 | 33.6 | 49.3 | .0 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud | 128 | 239 | 26.1 | 67.1 | .0 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud | 27 | 63 | 31.0 | 61.0 | .0 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud | 51 | 83 | 24.0 | 72.6 | .0 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CHUK | 05-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud - Est | 30 | 63 | 29.3 | 60.3 | .0 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud - Est | 97 | 136 | 30.3 | 57.4 | .0 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud - Est | 23 | 35 | 27.8 | 63.1 | 1.1 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud - Est | 25 | 56 | 29.4 | 60.5 | .0 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud - Est | 94 | 186 | 30.3 | 58.9 | 1.9 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud - Est | 31 | 53 | 29.3 | 58.6 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud - Est | 19 | 43 | 29.1 | 62.1 | 1.1 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud - Est | 31 | 103 | 28.2 | 61.4 | .0 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud - Est | 43 | 71 | 24.1 | 73.3 | .3 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud - Est | 38 | 83 | 25.9 | 70.2 | .0 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud | 26 | 62 | 26.2 | 61.3 | .0 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud | 15 | 20 | 26.2 | 67.3 | 3.5 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud | 10 | 32 | 29.4 | 57.4 | .8 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud | 9 | 17 | 28.8 | 57.6 | 1.1 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud | 15 | 31 | 26.9 | 64.8 | 1.1 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud | 83 | 132 | 25.5 | 71.1 | .0 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud | 23 | 36 | 25.7 | 72.2 | .0 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud | 51 | 97 | 26.0 | 68.8 | .0 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud | 31 | 48 | 29.6 | 60.9 | .0 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud | 48 | 106 | 27.8 | 64.1 | .0 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud | 39 | 63 | 28.8 | 60.2 | .0 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud | 35 | 103 | 28.3 | 63.5 | .0 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud | 45 | 82 | 27.6 | 63.5 | .7 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud | 41 | 62 | 28.1 | 65.4 | .0 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud | 23 | 31 | 27.9 | 60.7 | 1.5 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud | 43 | 59 | 29.1 | 60.5 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud | 37 | 45 | 27.4 | 64.1 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud | 71 | 149 | 26.4 | 70.3 | .0 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 30 m | Sud | 48 | 55 | 25.2 | 70.9 | .6 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 30 m | Sud | 27 | 58 | 26.0 | 71.4 | .4 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud | 30 | 66 | 27.6 | 59.7 | .0 |
| CHUK | 30-NOV-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud | 10 | 26 | 25.6 | 72.1 | 3.5 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud | 32 | 67 | 31.3 | 55.1 | .0 |
| CHUK | 01-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud | 71 | 130 | 30.1 | 55.0 | .0 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud | 30 | 59 | 30.0 | 61.1 | .0 |
| CHUK | 02-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud | 70 | 129 | 25.9 | 70.1 | .0 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 70 m | Sud | 20 | 48 | 26.8 | 69.9 | .0 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 70 m | Sud | 50 | 90 | 26.7 | 67.2 | .0 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CHUK | 03-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud | 20 | 37 | 26.6 | 69.7 | .0 |
| CHUK | 03-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud | 72 | 133 | 24.9 | 76.1 | .0 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud | 63 | 112 | 24.1 | 68.3 | .0 |
| CHUK | 04-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud | 41 | 102 | 25.1 | 69.8 | .0 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud | 46 | 52 | 28.8 | 62.3 | .0 |
| CHUK | 05-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud | 31 | 99 | 29.2 | 60.1 | .0 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud | 33 | 67 | 28.9 | 63.8 | .0 |
| CHUK | 06-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud | 46 | 52 | 28.8 | 61.9 | .0 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud | 31 | 48 | 29.0 | 65.2 | .0 |
| CHUK | 07-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud | 51 | 77 | 30.3 | 58.7 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud | 49 | 67 | 28.3 | 60.3 | .0 |
| CHUK | 08-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud | 45 | 91 | 28.4 | 60.5 | .0 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 9H-10H | Du point à 100 m | Sud | 51 | 76 | 24.5 | 77.6 | .0 |
| CHUK | 09-DEC-2023 | 10H-11H | Du point à 100 m | Sud | 33 | 82 | 25.4 | 74.6 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Est | 45 | 116 | 24.4 | 80.1 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Est | 36 | 90 | 25.3 | 78.3 | 1.1 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Est | 25 | 95 | 26.2 | 71.5 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Est | 98 | 230 | 25.7 | 75.1 | 1.7 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Est | 86 | 190 | 25.8 | 73.9 | 1.1 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Est | 70 | 132 | 24.6 | 74.8 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Est | 32 | 70 | 23.1 | 82.6 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Est | 39 | 81 | 23.4 | 83.2 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Est | 38 | 71 | 24.9 | 79.5 | 1.7 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Est | 28 | 71 | 25.0 | 76.3 | 1.1 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Est | 31 | 62 | 23.6 | 80.3 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Est | 45 | 52 | 23.7 | 85.2 | 1.5 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Est | 40 | 42 | 25.4 | 73.2 | .9 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Est | 33 | 53 | 24.5 | 75.3 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Est | 21 | 45 | 23.9 | 87.1 | 1.3 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Est | 37 | 42 | 22.5 | 89.3 | .5 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Est | 72 | 186 | 22.2 | 87.5 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Est | 41 | 125 | 22.2 | 87.4 | .9 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Est | 38 | 134 | 22.2 | 87.5 | .6 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Est | 61 | 146 | 21.8 | 89.3 | 1.8 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud - Est | 89 | 185 | 24.5 | 80.1 | .7 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud - Est | 31 | 101 | 24.3 | 78.3 | .3 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud - Est | 70 | 148 | 25.6 | 72.5 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud - Est | 42 | 90 | 24.6 | 71.4 | .9 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CPLR | 02-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud - Est | 68 | 123 | 25.7 | 73.3 | .7 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud - Est | 35 | 52 | 24.5 | 74.5 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud - Est | 24 | 55 | 23.4 | 81.1 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud - Est | 29 | 77 | 22.9 | 84.7 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud - Est | 31 | 53 | 24.8 | 78.9 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud - Est | 41 | 60 | 25.5 | 76.6 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud - Est | 71 | 131 | 24.6 | 75.8 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud - Est | 89 | 162 | 24.4 | 79.1 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud - Est | 87 | 115 | 22.6 | 88.8 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud - Est | 61 | 82 | 21.9 | 89.0 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud - Est | 20 | 40 | 23.9 | 81.1 | 1.7 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud - Est | 71 | 128 | 22.4 | 83.1 | .2 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud - Est | 61 | 152 | 21.9 | 88.5 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud - Est | 61 | 146 | 21.8 | 89.4 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud - Est | 83 | 182 | 22.0 | 88.8 | 1.5 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud - Est | 38 | 134 | 22.2 | 89.2 | 2.2 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud | 59 | 146 | 24.9 | 76.8 | .8 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud | 48 | 87 | 23.4 | 83.2 | .5 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud | 42 | 123 | 25.4 | 73.9 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud | 65 | 160 | 23.3 | 73.0 | 1.5 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud | 71 | 102 | 25.4 | 73.4 | 1.5 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud | 81 | 147 | 24.5 | 74.7 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud | 40 | 93 | 22.7 | 84.6 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud | 39 | 83 | 23.4 | 81.5 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud | 127 | 169 | 24.9 | 78.8 | .6 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud | 33 | 42 | 25.4 | 73.2 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud | 22 | 59 | 24.5 | 77.7 | 1.9 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud | 76 | 152 | 24.4 | 81.2 | .4 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud | 79 | 127 | 22.9 | 85.7 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud | 48 | 87 | 23.4 | 83.2 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud | 141 | 167 | 24.0 | 82.6 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud | 16 | 40 | 24.0 | 82.0 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud | 59 | 141 | 21.9 | 89.3 | 2.1 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud | 88 | 175 | 21.9 | 89.2 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 10 m | Sud | 64 | 189 | 21.1 | 89.0 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 10 m | Sud | 68 | 182 | 22.0 | 89.3 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Est | 36 | 102 | 24.5 | 78.9 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Est | 25 | 86 | 24.0 | 80.9 | .7 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CPLR | 01-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Est | 22 | 80 | 25.3 | 74.3 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Est | 71 | 180 | 25.3 | 74.4 | 1.4 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Est | 71 | 182 | 25.7 | 73.6 | .8 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Est | 65 | 128 | 24.5 | 74.6 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Est | 31 | 62 | 23.1 | 82.0 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Est | 36 | 73 | 23.5 | 83.0 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Est | 33 | 70 | 24.6 | 79.8 | 1.0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Est | 28 | 67 | 24.9 | 76.4 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Est | 41 | 89 | 25.4 | 75.1 | .4 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Est | 31 | 101 | 24.5 | 79.6 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Est | 43 | 68 | 24.1 | 83.9 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Est | 61 | 97 | 22.8 | 88.6 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Est | 62 | 136 | 21.9 | 88.8 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Est | 58 | 162 | 21.9 | 88.7 | .7 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Est | 24 | 66 | 23.1 | 83.5 | 2.3 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Est | 117 | 235 | 22.4 | 86.7 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Est | 41 | 125 | 22.2 | 87.4 | 1.9 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Est | 72 | 186 | 22.0 | 87.9 | .3 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud - Est | 43 | 114 | 24.5 | 80.4 | .2 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud - Est | 36 | 87 | 24.1 | 82.6 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud - Est | 48 | 142 | 25.4 | 73.7 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud - Est | 41 | 105 | 24.7 | 70.7 | .5 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud - Est | 66 | 108 | 25.8 | 73.9 | .5 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud - Est | 27 | 36 | 24.6 | 74.5 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud - Est | 24 | 43 | 23.2 | 82.1 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud - Est | 78 | 75 | 22.2 | 84.2 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud - Est | 27 | 42 | 24.9 | 78.6 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud - Est | 38 | 53 | 25.0 | 76.6 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud - Est | 19 | 57 | 25.0 | 75.1 | 2.0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud - Est | 21 | 56 | 24.5 | 75.6 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud - Est | 53 | 67 | 22.9 | 88.3 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud - Est | 44 | 71 | 22.9 | 87.7 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud - Est | 16 | 45 | 24.0 | 82.0 | 1.6 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud - Est | 71 | 103 | 24.5 | 81.8 | .4 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud - Est | 59 | 126 | 21.9 | 88.9 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud - Est | 66 | 130 | 20.9 | 88.1 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud - Est | 38 | 57 | 22.3 | 87.5 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud - Est | 31 | 63 | 20.0 | 89.5 | .0 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CPLR | 30-NOV-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud | 50 | 137 | 25.4 | 76.4 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud | 58 | 141 | 24.2 | 80.0 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud | 101 | 136 | 26.3 | 68.1 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud | 255 | 475 | 26.2 | 68.8 | .0 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud | 76 | 223 | 26.6 | 72.3 | .0 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud | 117 | 205 | 25.8 | 73.2 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud | 43 | 98 | 26.1 | 73.2 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud | 47 | 103 | 24.8 | 82.3 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud | 101 | 137 | 26.1 | 77.3 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud | 40 | 78 | 26.1 | 72.1 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud | 62 | 72 | 25.2 | 80.1 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud | 52 | 80 | 25.1 | 82.3 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud | 70 | 91 | 24.1 | 75.4 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud | 66 | 76 | 23.8 | 77.8 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud | 53 | 103 | 26.0 | 69.8 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud | 93 | 163 | 25.9 | 70.3 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud | 46 | 111 | 24.8 | 74.5 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud | 51 | 90 | 24.5 | 75.2 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 30 m | Sud | 108 | 129 | 25.7 | 76.6 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 30 m | Sud | 47 | 85 | 25.4 | 79.2 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Est | 33 | 98 | 24.3 | 79.3 | .7 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Est | 27 | 72 | 24.1 | 79.1 | 1.3 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Est | 29 | 105 | 25.4 | 72.7 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Est | 35 | 117 | 25.1 | 73.6 | .9 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Est | 70 | 168 | 25.5 | 73.8 | .3 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Est | 62 | 105 | 24.3 | 74.9 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Est | 29 | 48 | 23.0 | 82.2 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Est | 27 | 72 | 23.6 | 83.3 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Est | 26 | 68 | 24.2 | 79.8 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Est | 19 | 38 | 25.2 | 76.8 | .4 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Est | 21 | 56 | 24.5 | 75.6 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Est | 19 | 57 | 23.8 | 75.9 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Est | 22 | 59 | 24.5 | 77.7 | .5 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Est | 24 | 66 | 23.1 | 83.5 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Est | 41 | 125 | 22.2 | 87.4 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Est | 48 | 87 | 21.4 | 90.2 | .3 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Est | 79 | 127 | 22.9 | 85.7 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Est | 20 | 44 | 23.6 | 79.7 | .7 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CPLR | 09-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Est | 15 | 51 | 24.3 | 78.9 | 1.0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Est | 16 | 42 | 24.4 | 78.7 | 1.4 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud - Est | 50 | 117 | 24.4 | 81.5 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud - Est | 41 | 89 | 26.1 | 78.9 | .7 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud - Est | 33 | 115 | 25.5 | 73.3 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud - Est | 36 | 74 | 24.7 | 70.5 | .5 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud - Est | 32 | 98 | 25.1 | 74.0 | 1.1 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud - Est | 21 | 35 | 24.4 | 74.5 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud - Est | 30 | 76 | 23.4 | 81.4 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud - Est | 20 | 52 | 22.0 | 82.4 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud - Est | 22 | 38 | 24.9 | 79.4 | .3 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud - Est | 31 | 49 | 25.3 | 76.8 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud - Est | 26 | 85 | 23.9 | 79.1 | .2 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud - Est | 16 | 40 | 24.3 | 78.2 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud - Est | 24 | 75 | 25.1 | 74.9 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud - Est | 22 | 67 | 24.7 | 75.9 | .9 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud - Est | 39 | 103 | 24.7 | 75.6 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud - Est | 31 | 112 | 24.5 | 76.2 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud - Est | 36 | 82 | 27.1 | 68.2 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud - Est | 31 | 58 | 25.7 | 73.6 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud - Est | 37 | 74 | 24.2 | 79.5 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud - Est | 45 | 85 | 23.7 | 80.7 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud | 37 | 85 | 24.7 | 75.5 | 1.5 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud | 47 | 72 | 24.9 | 78.7 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud | 37 | 122 | 25.5 | 73.5 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud | 35 | 122 | 25.1 | 73.9 | .0 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud | 53 | 87 | 25.7 | 73.9 | .8 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud | 76 | 109 | 24.7 | 74.9 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud | 24 | 56 | 23.5 | 80.8 | .8 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud | 36 | 77 | 22.5 | 84.3 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud | 63 | 98 | 24.1 | 78.2 | 1.7 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud | 21 | 37 | 25.7 | 73.8 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud | 31 | 61 | 22.5 | 84.6 | 1.8 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud | 25 | 59 | 25.7 | 83.8 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud | 33 | 74 | 23.4 | 81.8 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud | 20 | 40 | 22.5 | 85.1 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud | 31 | 56 | 22.8 | 85.0 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud | 29 | 55 | 23.5 | 84.5 | .0 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CPLR | 08-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud | 24 | 49 | 24.5 | 76.5 | .6 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud | 15 | 38 | 22.4 | 76.0 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 70 m | Sud | 14 | 35 | 24.6 | 77.3 | 2.3 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 70 m | Sud | 27 | 38 | 23.3 | 69.8 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Est | 53 | 177 | 25.3 | 80.6 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Est | 39 | 127 | 26.1 | 78.0 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Est | 30 | 139 | 26.4 | 72.4 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Est | 82 | 230 | 26.4 | 72.9 | .0 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Est | 80 | 332 | 26.4 | 67.1 | .0 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Est | 135 | 198 | 25.7 | 72.8 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Est | 45 | 215 | 25.1 | 77.6 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Est | 60 | 205 | 24.5 | 82.5 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Est | 88 | 125 | 26.1 | 77.2 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Est | 73 | 235 | 26.4 | 75.8 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Est | 71 | 131 | 24.6 | 75.8 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Est | 82 | 162 | 26.1 | 68.9 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Est | 76 | 152 | 23.4 | 80.1 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Est | 117 | 231 | 27.1 | 57.2 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Est | 102 | 141 | 26.6 | 57.0 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Est | 55 | 113 | 25.9 | 55.7 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Est | 59 | 88 | 25.1 | 70.4 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Est | 113 | 128 | 26.0 | 68.3 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Est | 45 | 81 | 24.4 | 77.4 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Est | 125 | 306 | 26.6 | 75.7 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Sud | 45 | 94 | 24.5 | 79.6 | .9 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Sud | 36 | 81 | 24.2 | 80.1 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Sud | 42 | 139 | 25.6 | 73.4 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Sud | 42 | 132 | 25.1 | 73.9 | 1.0 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Sud | 65 | 93 | 25.7 | 73.8 | .3 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Sud | 90 | 123 | 24.9 | 74.8 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Sud | 26 | 45 | 23.5 | 80.4 | 1.0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Sud | 41 | 62 | 22.4 | 84.7 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Sud | 19 | 41 | 25.0 | 75.2 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Sud | 38 | 45 | 25.1 | 75.2 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Sud | 55 | 78 | 21.1 | 81.1 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Sud | 47 | 66 | 20.3 | 78.6 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Sud | 53 | 81 | 22.6 | 83.6 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Sud | 37 | 76 | 21.9 | 83.1 | .0 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CPLR | 07-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Sud | 39 | 61 | 24.1 | 76.1 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Sud | 35 | 67 | 25.1 | 79.8 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Sud | 59 | 93 | 23.7 | 77.2 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Sud | 43 | 72 | 20.5 | 87.2 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 18H-19H | Du point à 100 m | Sud | 55 | 72 | 24.0 | 78.1 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 19H-20H | Du point à 100 m | Sud | 31 | 79 | 24.4 | 78.6 | .0 |

**2· Les données collectées à la CPLR avant l'incinération.**

| Nom de l'hôpital | Date de la collecte des donnees | Intervalle du temps pour la collecte des données | Distance entre le point de départ et d'arrivée | Direction | PM 2,5 en µg/m3 | PM 10 en µg/m3 | T A | RH | V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CPLR | 30-NOV-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Est | 14 | 19 | 21.3 | 85.2 | 1.9 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Est | 15 | 26 | 23.9 | 81.6 | .0 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Est | 37 | 80 | 27.2 | 61.7 | .5 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Est | 36 | 73 | 25.7 | 67.4 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Est | 22 | 46 | 24.5 | 74.6 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Est | 27 | 42 | 21.6 | 83.2 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Est | 24 | 39 | 24.7 | 74.4 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Est | 16 | 35 | 24.9 | 73.2 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Est | 33 | 57 | 28.1 | 65.2 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Est | 15 | 51 | 26.9 | 63.9 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Est | 25 | 45 | 21.4 | 85.8 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Est | 13 | 20 | 22.7 | 86.0 | .3 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Est | 9 | 27 | 27.4 | 61.9 | 1.1 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Est | 16 | 32 | 26.2 | 66.3 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Est | 14 | 37 | 24.8 | 74.3 | 1.0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Est | 10 | 38 | 21.8 | 83.7 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Est | 19 | 24 | 24.3 | 75.3 | .7 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Est | 12 | 28 | 24.8 | 74.1 | 1.1 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Est | 15 | 39 | 27.9 | 67.5 | .3 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Est | 12 | 44 | 27.2 | 63.7 | .5 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Est | 10 | 27 | 21.1 | 86.9 | .8 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Est | 10 | 17 | 22.6 | 86.3 | .0 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Est | 3 | 15 | 26.8 | 59.4 | 1.5 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Est | 10 | 23 | 26.1 | 65.9 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Est | 12 | 28 | 24.8 | 74.0 | 1.3 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Est | 16 | 43 | 21.5 | 83.9 | .4 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Est | 13 | 34 | 25.3 | 75.8 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Est | 8 | 36 | 24.5 | 74.6 | 1.4 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Est | 17 | 31 | 27.6 | 67.5 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Est | 14 | 29 | 27.3 | 63.5 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Est | 30 | 52 | 22.3 | 85.1 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Est | 23 | 41 | 23.2 | 84.1 | .0 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CPLR | 02-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Est | 13 | 51 | 27.3 | 62.0 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Est | 27 | 61 | 25.3 | 68.9 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Est | 21 | 56 | 24.7 | 74.2 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Est | 38 | 49 | 21.5 | 84.0 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Est | 28 | 41 | 25.6 | 75.6 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Est | 31 | 52 | 24.5 | 74.3 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Est | 37 | 71 | 27.6 | 67.0 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Est | 48 | 68 | 27.7 | 63.5 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud - Est | 15 | 28 | 20.9 | 88.8 | .6 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud - Est | 12 | 20 | 22.5 | 86.2 | 1.0 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud - Est | 45 | 92 | 26.0 | 65.6 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud - Est | 104 | 178 | 25.7 | 71.6 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud - Est | 21 | 43 | 23.7 | 74.5 | .5 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud - Est | 19 | 37 | 21.4 | 84.1 | .8 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud - Est | 38 | 52 | 25.6 | 75.9 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud - Est | 17 | 29 | 24.4 | 74.7 | 1.3 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud - Est | 41 | 64 | 27.3 | 67.4 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud - Est | 32 | 49 | 27.4 | 63.0 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud - Est | 16 | 34 | 20.8 | 88.8 | 1.0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud - Est | 14 | 32 | 23.0 | 84.2 | .6 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud - Est | 13 | 43 | 26.6 | 64.7 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud - Est | 12 | 18 | 25.8 | 67.1 | 1.1 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud - Est | 21 | 44 | 23.7 | 75.5 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud - Est | 27 | 35 | 21.4 | 84.3 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud - Est | 33 | 45 | 25.6 | 75.9 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud - Est | 13 | 27 | 24.4 | 74.7 | 1.2 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud - Est | 36 | 51 | 26.9 | 67.4 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud - Est | 26 | 45 | 27.3 | 64.6 | .5 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud - Est | 7 | 20 | 20.7 | 89.4 | 1.3 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud - Est | 13 | 27 | 23.1 | 84.2 | .3 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud - Est | 8 | 18 | 26.9 | 62.8 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud - Est | 33 | 59 | 25.3 | 68.0 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud - Est | 21 | 33 | 23.6 | 74.5 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud - Est | 23 | 31 | 21.4 | 83.9 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud - Est | 27 | 42 | 25.6 | 74.1 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud - Est | 13 | 26 | 24.2 | 74.6 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud - Est | 29 | 47 | 27.7 | 67.4 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud - Est | 21 | 39 | 26.9 | 68.7 | .0 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CPLR | 30-NOV-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud | 19 | 36 | 20.8 | 88.4 | 1.1 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud | 13 | 26 | 23.2 | 82.5 | 1.4 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud | 19 | 46 | 26.5 | 63.4 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud | 16 | 28 | 25.7 | 68.2 | 1.0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud | 33 | 47 | 23.7 | 74.5 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud | 27 | 39 | 21.4 | 84.1 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud | 21 | 50 | 25.6 | 75.9 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud | 29 | 62 | 24.4 | 74.7 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud | 39 | 54 | 27.3 | 67.4 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 10 m | Sud | 27 | 43 | 27.4 | 63.0 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud | 41 | 70 | 21.6 | 86.8 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud | 25 | 38 | 24.2 | 81.4 | .0 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud | 33 | 57 | 27.5 | 62.8 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud | 35 | 53 | 24.4 | 70.3 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud | 37 | 71 | 23.6 | 74.5 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud | 31 | 56 | 23.4 | 84.3 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud | 29 | 58 | 25.4 | 75.9 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud | 41 | 68 | 24.0 | 74.8 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud | 47 | 62 | 27.3 | 67.4 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 30 m | Sud | 36 | 55 | 29.9 | 53.1 | .0 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud | 15 | 35 | 21.2 | 87.1 | .6 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud | 15 | 24 | 23.3 | 82.1 | .8 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud | 4 | 18 | 26.1 | 65.4 | .7 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud | 10 | 45 | 26.6 | 64.9 | .7 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud | 19 | 28 | 23.7 | 74.5 | .4 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud | 22 | 31 | 21.3 | 84.0 | 1.6 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud | 11 | 23 | 25.6 | 74.1 | 1.3 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud | 14 | 26 | 24.9 | 67.4 | .0 |
| CPLR | 08-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud | 29 | 39 | 27.4 | 63.0 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 70 m | Sud | 20 | 34 | 27.3 | 75.9 | 3.7 |
| CPLR | 30-NOV-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Sud | 15 | 26 | 19.7 | 87.9 | .0 |
| CPLR | 01-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Sud | 9 | 30 | 23.6 | 79.9 | .0 |
| CPLR | 02-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Sud | 8 | 20 | 26.4 | 65.1 | .0 |
| CPLR | 03-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Sud | 7 | 22 | 27.0 | 65.0 | .0 |
| CPLR | 04-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Sud | 16 | 32 | 23.9 | 73.9 | .0 |
| CPLR | 05-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Sud | 11 | 24 | 21.4 | 84.6 | .0 |
| CPLR | 06-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Sud | 21 | 41 | 25.0 | 75.4 | .0 |
| CPLR | 07-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Sud | 23 | 39 | 24.1 | 74.1 | .0 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CPLR | 08-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Sud | 35 | 40 | 27.3 | 67.4 | .0 |
| CPLR | 09-DEC-2023 | 7H-8H | Du point à 100 m | Sud | 39 | 62 | 27.9 | 63.0 | .0 |
| 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |