

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
People's Democratic Republic of Algeria
The Minister of Higher Education and Scientific Research
ⵜⴰⴳⴷⴰⵏⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ

ABOU BEKR BELKAID UNIVERSITY
TLEMCEN
FACULTY OF MEDICINE- Dr. B. BENZERDJEB
PHARMACY DEPARTMENT



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان
كلية الطب - د. ب. بن زرجب
قسم الصيدلة

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR
L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

THÈME :
**Identification et évaluation des risques chimiques chez les travailleurs des
stations-services dans la ville de Tlemcen.**

Présenté par :

**CHERIGUI ZANA
HAMED HALIMA**

Soutenu le
17/09/2024

Jury

Président :

Dr. Benchachou khadidja

Maitre-assistante hospitalo-universitaire en hydrologie

Membres :

Dr. Noreddine Zakaria

Maitre-assistant hospitalo-universitaire en chimie analytique

Dr. Touer El hawaria

Maitre-assistant en toxicologie CHU Oran

Encadrant :

Dr. Sedjelmaci Nesrine

Maitre assistante en toxicologie CHU Tlemcen

Année universitaire : 2024-2025

Remerciement

Nous remercions le « Dieu » tout puissant pour nous avoir accordé la foi et la force de pouvoir réaliser ce travail et l'achever à terme.

C'est avec un grand plaisir que nous réservons ces lignes en signe de gratitude et de reconnaissance aux personnes que nous avons rencontré à l'occasion de la réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent tout d'abord à **Dr. SEDJELMACI N** notre directeur de mémoire, de nous avoir soutenu et guidé tout au long de ce travail. Nous vous remercions de nous avoir accordé votre temps, toute votre confiance et votre aide pertinente. Nous n'oublierons jamais votre disponibilité et votre réactivité face aux problèmes rencontrés au cours de ce travail. Soyez assurée de notre profond respect et de notre sincère estime pour votre soutien personnel et vos conseils.

Nous remercions **Dr. Benchachou khadidja** maitre-assistante hospitalo-universitaire en hydrologie A d'avoir accepté d'être le président de jury, **Dr. Noreddine Zakaria** maitre-assistant hospitalo-universitaire en chimie analytique et **Dr. Touer** maitre-assistant en toxicologie CHU Oran merci d'avoir accepté d'être membres du jury de ce mémoire.

Nous n'oublierons pas de remercier vivement les enseignants qui ont assuré notre formation du niveau primaire jusqu'au niveau universitaire.

Il nous est difficile de placer une limite à ces remerciements et de citer chaque personne qui a par ses encouragements, ses conseils, son aide, son intervention, ou par le temps passé à relire ce manuscrit, contribué à ce travail.

Enfin, un remerciement spécial à **ADIL, MOHAMED et DAJALEL** du service de photocopie.

Dédicace

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédis mon travail :

◆ **À ma mère**, dont l'amour et les sacrifices ont guidé chaque étape de ma vie. Ce travail est dédié à toi, pour tout ce que tu as fait et continues de faire. Je te souhaite santé, bonheur et une vie pleine de joie.

◆ **À mon père**, Ce travail n'est qu'une faible expression de tes efforts, tes sacrifices, tant de jours et de nuits de travail dur consenti pour que rien ne nous manque, Je t'aime très fort PAPA.

Merci **Mama**. Merci **Abi**, je vous aime et que Dieu vous protèges.

◆ **À mes chers frères**, KOUIDER, YOUSOUF, **À mes sœurs** .

◆ **Ma très chère sœur**, SETRA, symbole de tendresse et de fidélité ;

◆ **À mon cher cousin** IMADEDIN BELGURCHAL pour tout son soutien moral tout au long de mes années d'études

Que Dieu vous protège et vous prête bonne santé, longue vie et succès le long de votre parcours.

◆ **A mon binôme** HAMED HALIMA, **À mes amies et collègues**

◆ **À mon cher amie** CHAIMA symbole de tendresse et de fidélité , je vous aime et que Dieu vous protèges.



« *CHERIGUI ZANA* »

Je dédie ce modeste travail

Tout d'abord, je rends grâce à Allah pour m'avoir dirigé vers le droit chemin tout au long de mon cursus . Sa miséricorde et sa sagesse infinies m'ont permis de découvrir la voie de la vérité et de la lumière .

A l'homme qui occupe une place centrale dans ma vie, mon modèle éternel, mon soutien inébranlable et ma source constante de joie et de bonheur, celui qui a toujours fait des sacrifices pour m'aider à réussir, je m'adresse à toi, mon père .

A mes yeux, ma mère, qui ma soutenu tout au long de mes années d'études, mérite toute ma reconnaissance pour son sacrifice et son soutien, qui m'ont apporté confiance, courage et sécurité .

Je remercie toutes mes sœurs : Hanane, Nassima, et surtout ma sœur jumelle Maghnia qui m'a accompagnée tout au long de mon parcours scolaire, ainsi que mon frère Mohamed et sa femme, et tous mes nièces .

Je tiens également à exprimer ma sincère gratitude à mon cher époux, qui a été fidèle à sa promesse, ainsi qu'à ma belle mère, qui a été comme une seconde mère pour moi.

Enfin j'oublie pas ma petite princesse HOUDA qui a partagé avec moi chaque moment et ma fait oublier une partie de la fatigue .

HALIMA

Table des matières

Remerciement.....	I
Dédicace	II
Table des matières.....	IV
Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux.....	IX
Liste des abréviations.....	X
INTRODUCTION.....	1
PARTIE THEORIQUE.....	3
I-Revue de la littérature sur les risques chimiques d'exposition professionnelle dans les stations-service.....	4
1. Définition des stations-service :.....	6
2. Règlementation algérienne :.....	6
3. Risques professionnels dans les stations-service :.....	7
3.1. Risque physico-chimique :.....	7
3.2. Risque d'incendie:.....	8
3.3. Risque d'explosion :.....	8
4. Exposition professionnelle aux risques chimiques chez les travailleurs dans les stations-service :.....	8
4.1. Risque chimique :.....	8
5. Classification des substances chimiques dans une station-service :.....	8
5.1. Hydrocarbures :.....	8
5.1.1. Hydrocarbures aliphatiques :.....	9
5.1.2. Hhydrocarbures cycliques :.....	9
5.1.3. Hydrocarbures aromatiques :.....	9
5.2. Carburants :.....	9
5.2.1. Essence :.....	10
5.2.2. Gasoil :.....	11
5.2.3. Gaz de pétrole liquéfié :.....	11
5.2.4. Benzène :.....	12
5.2.5. Toluène :.....	14
5.2.6. Éthylbenzène :.....	15
5.2.7. Xylène :.....	16
5.3. Gaz :.....	17
5.3.1. Monoxyde de carbone :.....	17
5.3.2. Monoxyde d'azote :.....	18

5.3.3.Dioxyde de soufre :.....	19
II-Evaluation et prévention des risques d'exposition chimique professionnelle dans les stations-service	
.....	19
1. Identification des risques d'exposition chimique dans les stations-service :.....	22
2.Evaluation des risques chimiques dans les stations-services :.....	22
2.1 Métrologie de l'air ambiant :.....	22
2.2.Dans l'air expiré :.....	27
2.3. Dans le sang :.....	27
3.Marqueurs d'exposition aux COV :.....	29
3.1.Dans l'air expiré :.....	29
3.2.Dans le sang :.....	30
3.2.1.Marqueurs d'exposition au benzène :.....	30
3.2.2.Marqueurs d'exposition de toluène :.....	30
3.2.3.Marqueurs d'exposition au xylène :.....	30
3.2.4.Marquer d'exposition de l'éthylbenzène :.....	30
3.3. Dans les urines :.....	30
3.3.1.Marqueurs d'exposition au benzène :.....	30
3.3.2.Marqueurs d'exposition de toluène :.....	31
3.3.3.Marqueurs d'exposition au xylène:.....	31
3.3.4.Marqueurs d'exposition de l'éthylbenzène :.....	31
4.Prévention des risques chimiques dans les stations-service :.....	32
4.1.Protection collective :.....	32
4.2.Protection individuelle :.....	33
4.3. Protection respiratoire :.....	34
4.4. Protection cutanée :.....	34
4.5. Protection du visage :.....	35
4.6. Protection du corps :.....	35
5. Formation et information :.....	36
6. Rôle du médecin du travail et des acteurs de prévention en santé au travail :.....	36
PARTIE PRATIQUE.....	34
Matériels et méthodes.....	35
1.Type d'étude :.....	39
2.Période d'étude :.....	39
3.Population et lieu de l'étude :.....	39
4.Critères d'inclusion :.....	39
5.Critères de non-inclusion :.....	39
6.Recueil des données :.....	40

7.Éthique :.....	40
8.Prélèvements et dosage :.....	40
9.Saisie et analyse des données :.....	41
Résultats.....	39
1. Répartition des travailleurs selon les critères sociodémographiques :.....	43
1.1. Répartions des travailleurs selon l'âge :.....	43
1.2. Répartition des travailleurs selon le niveau d'étude et le statut marital :.....	43
1.3. Répartition des travailleurs selon le statut tabagique :.....	44
1.4. Répartition des travailleurs selon l'activité sportive :.....	44
2. Répartition des travailleurs selon l'exposition professionnelle :.....	45
2.1. Répartition des travailleurs selon le poste actuel de travail :.....	45
2.2. Répartition des travailleurs selon ancienneté du travail :.....	45
2.3. Répartition des travailleurs selon nature d'exposition :.....	46
2.4. Répartition des travailleurs selon la rotation du poste :.....	46
2.5. Répartition des travailleurs selon la présence des signes cliniques :.....	46
2.6. Répartition des travailleurs selon la nature des signes clinique :.....	47
3. Résultats des mesures du monoxyde de carbone dans l'air expiré et de l'HbCO chez les travailleurs des stations-service :.....	47
3.1. Répartition des travailleurs selon le port des moyens de protection :.....	48
3.2. Répartition des travailleurs selon le moyen de protection porté :.....	48
3.3. Répartition des travailleurs selon la disponibilité des moyens de protection :.....	49
3.4. Répartition des travailleurs selon lavage des mains :.....	49
3.5. Répartition des travailleurs selon le comportement sur les lieux de travail :.....	49
3.6. Répartition des travailleurs selon les accidents de travail :.....	50
3.7. Répartition des travailleurs selon examen médical périodique :.....	50
3.8. Répartition des travailleurs selon leurs connaissances sur l'exposition au risque chimique :	51
3.9. Répartition des travailleurs selon formations sur les risques chimiques :.....	51
Discussion.....	49
Conclusion.....	56
Annexes.....	58
Bibliographies.....	62

Liste des figures

Figure 1 : Configuration générale d'une station-service (13).....	6
Figure 2 : Structure chimique du benzène C ₆ H ₆ (50).....	12
Figure 3 : Structure chimique du toluène (62).....	14
Figure 4 : Structure chimique de l'éthylbenzène (66).....	15
Figure 5 : Structure chimique du xylène (68).....	16
Figure 6 : structure chimique de monoxyde de carbone (73).....	17
Figure 7 : Structure chimique du monoxyde d'azote (80).....	19
Figure 8 : Structure chimique du dioxyde de soufre (83).....	19
Figure 9 : Analyseurs infrarouge non dispersifs (89).....	23
Figure 10 : Détecteurs portatif de monoxyde de carbone (91).....	24
Figure 11 : Appareils basés sur l'oxydation catalytique du CO (92).....	24
Figure 12 : Méthode par réduction de l'oxyde de mercure (93).....	25
Figure 13 : Détecteur de monoxyde d'azote par spectrométrie Raman d'absorption des alcalis (105).	26
Figure 14 : CO oxymètre de l'air expiré (111).....	27
Figure 15 : CO-oxymétrie digitale (RAD -57) (113).....	28
Figure 16 : Pièce faciale filtrante – Demi-masque – Masque complet (128).....	34
Figure 17 : Gants nitrile-latex (128).....	35
Figure 18 : Protection du visage et des yeux (128).....	35
Figure 19 : Vêtements de protection (128).....	36
Figure 20 : CO (piCO™ smokerlyzer).....	40
Figure 21 : Répartition des travailleurs selon les tranches d'âge.....	43
Figure 22 : Répartition des travailleurs selon le statut tabagique.....	44
Figure 23 : Répartition des travailleurs selon la pratique d'une activité sportive.....	44
Figure 24 : Répartition des travailleurs selon le poste actuel de travail.....	45
Figure 25 : Répartition des travailleurs selon ancienneté du travail.....	45
Figure 26 : Répartition des travailleurs selon nature d'exposition.....	46
Figure 27 : Répartition des travailleurs selon la rotation du poste.....	46
Figure 28 : Répartition des travailleurs selon l'apparition des signes cliniques.....	47
Figure 29 : Répartition des travailleurs selon la nature des signes cliniques.....	47

Figure 30 : Répartition des travailleurs selon le port des moyens de protection.	48
Figure 31 : Répartition des travailleurs selon la disponibilité des moyens de protection.....	49
Figure 32 : Répartition des travailleurs selon lavage des mains.	49
Figure 33 : Répartition des travailleurs selon les accidents de travail.....	50
Figure 34 : Répartition des travailleurs selon la connaissance des risques chimiques.	51
Figure 35 : Répartition des travailleurs selon formations sur les risques chimiques	51

Liste des tableaux

Tableau I : Valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) au CO dans l'air ambiant des lieux de travail (95).....	25
Tableau II : Limites d'exposition professionnelle (LEP) et indices d'exposition biologique (IEB) pour les BTEX(107).....	32
Tableau III : Répartition des travailleurs selon le niveau d'étude et le statut marital.	43
Tableau IV : Résultats des mesures du monoxyde de carbone dans l'air expiré et de l'HbCO chez les travailleurs des stations-service.	48
Tableau V : Répartition des travailleurs selon le moyen de protection porté.	48
Tableau VI : Répartition des travailleurs selon le comportement sur les lieux de travail.	50
Tableau VII : Répartition des travailleurs selon le comportement sur les lieux de travail	50

Liste des abréviations

- **ACGIH** : American Conference of Governmental and Industrial Hygienists
- **ALAT** : Alanine Aminotransférase
- **ASAT** : Aspartate ATCD : Antécédents (médicaux ou familiaux)
- **BEI** : indice de exposition biologique)
- **BTEX** : Benzène, Toluène, Éthylbenzène, Xylène
- **CEM** : Centre d'établissement moyen
- **CGMP** : monophosphate de guanosine cyclique
- **CIRC** : Centre International de Recherche sur le Cancer
- **CLHP** : chromatographie en phase liquide haute performance
- **COE** : Monoxyde de carbone expiré
- **COV** : Composés Organiques Volatils
- **CPG** : Commande Par Groupe
- **CVF** : Capacité Vitale Forcée
- **CYP** : Cytochrome P450
- **DEM** : Déficit Électrolytique Maximal
- **EPI** : Équipement de Protection Individuelle
- **FID** : détecteur à ionisation de flamme
- **GPL** : gaz de pétrole liquéfié
- **HAM** : Hydrocarbures aromatiques monocycliques
- **HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
- **HBCO** : monoxyde de carbone Hémoglobiné

- **HCT** : Hématocrite
- **HTA** : Hypertension artériel
- **IEB** : Indice d'Exposition Biologique.
- **INRS** : Institut National de Recherche et de Sécurité
- **MAK** : concentration maximale sur le lieu de travail en allemand
- **MCH** : concentration moyen en hémoglobine
- **MCHC** : hémoglobine corpusculaire moyenne
- **MHA** : acide methylhippurique
- **NAFTAL** : Société Nationale Algérienne des Hydrocarbures
- **NDIR** : spectroscopie infrarouge non dispersive)
- **NIOSH** : National Institute for Occupational Safety and Health (États-Unis)
- **NO** : Oxyde Nitrique
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- **OSHA** : agence américaine pour la sécurité au travail
- **PAL** : Phosphatase Alcaline
- **PEL** : limite d'exposition professionnelle)
- **PGA** : acide phénylglyoxylique
- **RAD** : dose absorbée de radiations
- **REL** : limite d'exposition recommandée
- **SNC** : Système Nerveux Central
- **S-PMA** : S-phenylmercapturique
- **TLV** : valeur limite d'exposition professionnelle
- **TRT** : Traitement
- **TWA** : Time Weighted Average

- **VEMS** : Volume Expiratoire Maximal Seconde.
- **VLEP** : Valeur Limite d'Exposition Professionnelle

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les stations-service ont pour principale fonction de recevoir, de stocker puis de distribuer une quantité adéquate de carburant aux clients (1).

L'augmentation de la demande en carburant est la conséquence de la croissance rapide de la population mondiale et l'expansion du secteur automobile. Dans la plupart des pays en voie de développement, on utilise toujours du carburant pour les véhicules circulants tandis que dans les pays développés, le marché des voitures électriques est en expansion (1).

La station-service est un milieu professionnel confronté à des risques chimiques majeurs aussi bien sur l'environnement que sur le personnel. En effet, le carburant non brûlé peut être rejeté dans l'environnement sous forme de déversements de liquides ou de pertes de vapeur lors de la livraison, du stockage et de la distribution (1).

De plus, la large répartition des stations-service entraîne une exposition accrue du personnel professionnel aux mélanges complexes de produits chimiques de l'industrie pétrochimique dont plusieurs sont inflammables, hautement toxiques et cancérigènes (1), (2). De ce fait, les dangers liés aux activités des stations-service ont des impacts négatifs sur la santé et la sécurité des travailleurs (3), (4), (5).

La prise de conscience de ces dangers a entraîné l'instauration de réglementations strictes pour garantir la préservation de l'environnement, la sécurité des travailleurs et ainsi que le contrôle des différentes activités. Cependant, et malgré ces avancées, les risques demeurent notamment ceux de l'exposition aux produits chimiques (6).

En Algérie, le nombre de stations-service continue d'augmenter en raison de l'accroissement du nombre de véhicules et de la mise en service des nouvelles autoroutes (Est-Ouest) (3). Les travailleurs de ces stations sont exposés de manière directe et chronique par inhalation, par contact cutané et/ou par ingestion accidentelle à de multiples substances dangereuses comme les hydrocarbures (benzène, toluène, éthylbenzène et xylène appelés les (BTEX)) présents dans le carburant et aux gaz d'échappement des véhicules (7).

Les solvants organiques (benzène et déchets de la combustion de l'essence) ont un impact accru sur leur santé (8), (9), (10), (11). Ils peuvent entraîner diverses maladies neurologiques, respiratoires, endocriniennes, cardiovasculaires ainsi que des troubles du système immunitaire et des effets génotoxiques, tératogènes et cancérigènes (7).

De plus, l'exposition chronique au gaz de monoxyde de carbone (CO) incolore et inodore émanant de véhicules en marche, des fuites de carburants ou de leur combustion incomplète représente un risque significatif pour la santé des travailleurs dans les stations-service. Des niveaux dangereux peuvent entraîner des troubles neurologiques, cardiovasculaires et respiratoires.

Il s'avère donc important de pratiquer des dosages du monoxyde de carbone chez ces travailleurs pour garantir une exposition en-dessous des seuils dangereux ainsi que pour évaluer les différents risques professionnels associés à cette exposition et la détection précoce de ses effets.

Le choix du dosage des paramètres toxicologiques, en l'occurrence le CO et la carboxyhémoglobine qui sont des marqueurs d'exposition au monoxyde de carbone en utilisant un CO- Oxymètre relève du fait qu'il s'agit d'un examen simple, non invasif et qui fournit directement des informations sur le niveau de cette exposition et incite à envisager les mesures de prévention et de protection individuelle adéquates, telles que l'amélioration des systèmes de ventilation, la formation des employés sur les risques du CO et la mise en œuvre de protocoles de sécurité basés sur une surveillance régulière et précise des niveaux de CO .

Notre travail a deux objectifs principaux :

-Dosage de CO dans l'air expiré (COE) et de la carboxyhémoglobine (HbCO) par un CO- Oxymètre chez un groupe des travailleurs des stations-service de la wilaya de Tlemcen.

-Déterminer les effets de l'exposition aux substances chimiques chez les travailleurs des stations-service de la wilaya de Tlemcen.

PARTIE THEORIQUE

I-Revue de la littérature sur les risques chimiques d'exposition professionnelle dans les stations-service

1. Définition des stations-service :

Il s'agit d'un établissement spécialisé installé au bord d'une rue ou d'une route qui offre des services de distribution de carburants, de lavage et de graissage ainsi que la vente de divers produits chimiques et des accessoires pour le bon fonctionnement des véhicules. Il est également possible d'y trouver une assistance mécanique de base (12).

Une station-service est, généralement, composée de trois zones principales schématisées dans la **figure 1**.

La zone de distribution : ou zone de roulage constituée de plusieurs stations de distribution qui fournissent simultanément du carburant.

La zone de dépotage : où se fait le remplissage des cuves de carburant par camion-citerne.

Et la zone de magasin et de caisse : où les clients peuvent acheter des produits et payer le carburant (13).

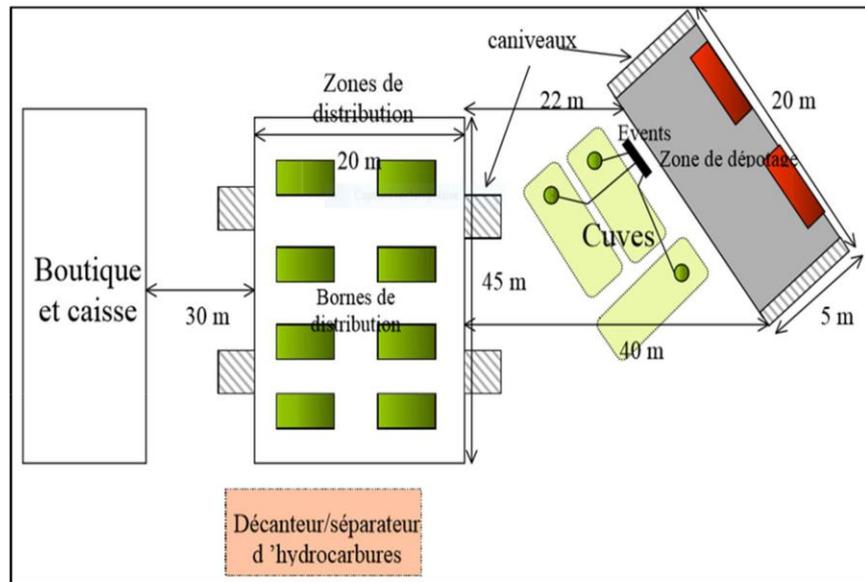


Figure 1 : Configuration générale d'une station-service (13).

2. Règlementation algérienne :

En Algérie, les stations-service sont régies par des réglementations en vigueur, telles que définies par le décret n° 06-198 applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement, le décret n° 07-144 qui établit la liste des installations classées pour la

protection de l'environnement et le décret n° 07145 qui définit le domaine d'application, le contenu et les procédures d'approbation des études et des notices d'impact.

Avant sa mise en service, une demande d'autorisation d'exploitation, une enquête publique et la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement, une étude des dangers et un rapport sur les produits dangereux doivent être soumis (14).

Les principaux problèmes liés aux stations-services sont les émissions de plusieurs polluants tels que :

- **Les gaz** : comme les composés organiques volatils (COV) résultant du stockage et du transvasement de l'essence, le monoxyde de carbone (CO) issu des moteurs en marche des véhicules, le dioxyde de carbone (CO₂), les hydrocarbures imbrûlés, les oxydes d'azote (NOx), les vapeurs d'essence et d'autres particules (15).

- **Les effluents liquides** : comme les huiles usagées, les eaux de lavage de voitures ou de nettoyage des surfaces de circulation, les eaux de pluie lessivant des surfaces potentiellement chargées de particules solides ou de substances utilisées par les véhicules (essence, huiles à moteur, détergents, etc.) ainsi que les déversements accidentels de diverses substances (diesel, essence, liquides de freins, liquides de refroidissement, acides de batteries ou solvants).

- **Les déchets solides** : chiffons sales, boues des séparateurs, déchets d'emballage de divers produits pour véhicules et les déchets domestiques.

- **Les odeurs** : dégagées par le stockage et le transvasement du diesel et le lavage des véhicules (16).

3. Risques professionnels dans les stations-service :

Le risque professionnel chez les employés d'une station-service pouvant mettre en danger leur santé et/ou leur sécurité sont divers. Il sont regroupés en risques physiques, chimiques, physico-chimiques, risques liés à des situations de travail, risques d'incendie et d'explosion et les risques d'accidents (9).

3.1. Risque physico-chimique :

Il est en relation avec les poussières, les aérosols industriels, les fumées, les vapeurs et les brouillards (17).

3.2. Risque d'incendie:

Il résulte du processus de combustion d'un carburant ou d'une substance susceptible de se décomposer et qui produit de grandes quantités de chaleur, de fumées et de gaz nuisible (18).

3.3. Risque d'explosion :

La présence de gaz, de vapeurs, d'aérosols ou de poussières combustibles dans une station -essence peut entraîner une atmosphère explosive. Les conséquences peuvent être catastrophiques pour les employés et les installations (19).

Nous détaillons dans ce manuscrit les risques liés à l'exposition aux substances chimiques toxiques.

4. Exposition professionnelle aux risques chimiques chez les travailleurs dans les stations-service :

4.1. Risque chimique :

Il résulte de la manipulation de nombreux produits chimiques pouvant entraîner des conséquences sur l'être humain et influencer la santé des travailleurs (20), (11). En effet, les employés des stations-service sont souvent exposés à des substances pétrochimiques toxiques, en particulier les carburants, les huiles et les composés organiques volatils (COV) tels que le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes, par voie respiratoire, cutanée et par contact avec les yeux. Une exposition à court terme aux métaux lourds, carburant, huile, etc. peut entraîner une irritation cutanée, des signes respiratoires (éternuements, rhinite allergique et asthme par inhalation des fumées et/ou des gaz. D'autres problèmes oculaires causés par le contact avec la poussière ou l'essence ont été observés (21).

5. Classification des substances chimiques dans une station-service :

5.1. Hydrocarbures :

Les principales substances chimiques existantes dans une station-service sont les hydrocarbures également appelés « huiles minérales ». Ils comprennent divers produits pétroliers (pétrole brut, pétrole raffiné, kérosène, essences, fuels, lubrifiants et les huiles à moteurs). Ils s'agit de composés organiques simples présentant uniquement du carbone et de

l'hydrogène dans leurs molécules et sont repartis en trois groupes : les hydrocarbures aliphatiques, cycliques et aromatiques (22).

5.1.1. Hydrocarbures aliphatiques : molécules linéaire ou ramifiées à longue chaîne, qui peuvent être saturés (alcane) comme les hydrocarbures paraffiniques ne comportant que des liaisons simples, covalentes et non polaires ou insaturés (alcènes ou alcynes) substitués ou non et qui comportent une double ou triple liaison carbone-carbone. Ils sont représentés par les alcènes ou les hydrocarbures oléfiniques (23), (24), (25), (26).

5.1.2. Hydrocarbures cycliques : leur chaîne carbonée est cyclique. Ils peuvent être saturés dans le cas des cycloalcanes ou insaturés dans le cas des cycloalcènes et des cycloalcane.

5.1.3. Hydrocarbures aromatiques : qui peuvent être mono ou polycycliques:

a. Monocycliques (HAM) : composés d'atomes de carbone et d'hydrogène et renfermant un cycle benzénique polyinsaturé (un cycle à trois doubles liaisons conjuguées ce qui leur donne des propriétés remarquables). Ils se trouvent en grande quantité dans les pétroles bruts. Le plus simple est le benzène (27). On cite également le toluène, l'éthylbenzène (styrène) et le xylène (Para, Orto et Méta) qui jouent un rôle essentiel dans l'essence car ils influent sur l'augmentation de l'indice d'octane (28).

b. Polycycliques (HAP) : c'est une famille de molécules constituées uniquement de carbone et d'hydrogène dont la structure comprend au moins 2 cycles aromatiques fusionnés, chacun composé de 5 ou 6 atomes de carbone, et pouvant être substitués. Ils ont une forte toxicité envers les organismes vivants et la santé humaine (29).

La biodégradabilité d'un hydrocarbure présentant des ramifications ou cyclisations est plus faible qu'un hydrocarbure linéaire (30). Parmi les hydrocarbures on cite :

5.2. Carburants :

Le carburant (diesel et essence) conservé et commercialisé dans les stations-service est une combinaison complexe d'hydrocarbures pétroliers liquides volatils et inflammables, dont le benzène, le toluène et le xylène. La teneur en hydrocarbures varie en fonction de divers éléments tels que l'origine du pétrole brut qui est soumis au raffinage et ses conditions (31).

5.2.1. Essence :

a. Définition :

C'est un mélange d'environ 230 d'hydrocarbures différents. elles sont composées de cinq classes principales d'hydrocarbures : les aromatiques majoritairement présents ainsi que les n-alcanes, les iso alcanes, les cycloalcanes, les alcènes (32), (33). On distingue deux types d'essence :

. **L'essence sans plomb** : c'est un combustible fabriqué à partir du raffinage du pétrole. Il est dépourvu de plomb en raison de son impact sur l'environnement et sur la santé publique.

. **L'essence super** : c'est un carburant destiné à alimenter les moteurs automobiles. Il se distingue par un indice d'octane¹ très élevé par rapport à l'essence ordinaire (35).

b. Toxicité :

Une exposition chronique à l'essence peut entraîner une altération du système hématopoïétique et un risque d'anomalie de la morphologie des cellules sanguines. Dans une étude Éthiopienne, les taux d'hématocrite (HCT), des globules rouges, d'hémoglobine et des plaquettes étaient significativement diminués avec l'augmentation des années d'exposition tandis que les valeurs d'hémoglobine cellulaire moyenne (MCH) et de la concentration moyenne en hémoglobine (MCHC) étaient significativement plus élevées dans le groupe exposé par rapport aux témoins. L'examen du frottis sanguin périphérique a révélé des pointillés basophiles et une macrocytose chez le groupe exposé (36). Une étude brésilienne a rapporté que les personnes exposées aux solvants dans l'essence présentaient plus fréquemment des troubles de l'humeur/dépression, des crampes, des étourdissements, de la somnolence, des maux de tête, de l'irritabilité/nervosité, de la faiblesse et une perte de poids (37).

De plus, l'inhalation des vapeurs d'essence provoque un stress oxydatif, le développement d'un cancer, une toxicité des spermatozoïdes et des perturbations du taux de testostérone chez le rat. Son ingestion entraîne un dysfonctionnement multiorganique et une encéphalopathie toxique (36), (38), (39).

¹ **Indice octane** : c'est une mesure de la capacité à résister aux chocs lorsque l'essence est brûlée (34).

5.2.2. Gasoil :

a. Définition :

C'est un ensemble de 2000 à 4000 hydrocarbures différents. Il est plus lourd que l'essence et contient moins de produits volatils. Il se compose principalement de n-alcanes et de cycloalcanes et le nombre d'atome de carbone varie entre 11 et 25 (33).

b. Toxicité :

En cas d'exposition à des niveaux élevés d'émissions Diesel, il est possible d'observer des symptômes d'irritation des conjonctives (larmolements, picotements et rougeur des yeux) ou des voies aériennes supérieures comme l'irritation de la gorge avec ou sans toux (40).

Selon des études canadiennes et européennes, une augmentation statistiquement significative du risque du cancer du poumon a été observée avec une relation dose-réponse statistiquement significative à la fois avec l'index d'exposition cumulée au diesel et avec la durée de l'exposition (41). D'autres résultats ont indiqué des effets neurotoxiques comme les céphalées et les nausées provenant de produits chimiques adhérant aux particules plutôt que du noyau de carbone lui-même (40), (42).

5.2.3 Gaz de pétrole liquéfié :

a. Définition :

Le terme « Gaz de Pétrole Liquéfiés » ou « GPL » peut désigner deux gaz liquides : le propane (C_3H_8) et le butane (C_4H_{10}) qui sont des hydrocarbures saturés constitués de liaisons simples d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ils ont l'avantage de se disperser sous une pression inférieure à celle des autres gaz (en particulier le méthane) c'est à dire entre 1,5 et 7 bars, soit une pression équivalente à celle de l'eau du robinet ou à celle de l'air dans un pneu (43).

Le pétrole liquéfié est principalement produit dans les champs de gaz naturel et représente moins de 40% du raffinage du pétrole brut. Quand le pétrole est chauffé, on obtient divers hydrocarbures dont 2 à 3 % de GPL, plus légers que les pentanes, hexanes, octanes, mais plus lourds que le méthane et l'éthane (44).

b. Toxicité :

L'inhalation aiguë de GPL est associée à des symptômes respiratoires (respiration sifflante, toux, oppression thoracique, irritation nasale/éternuements) ainsi que des étourdissements, une dépression et une augmentation de la pression artérielle systolique et diastolique (45). Par ailleurs, d'autres effets tels que la myocardite toxique aiguë, l'hypoxie et les manifestations neurologiques ont été documentés (46), (47).

Une étude au Nigeria a révélé que l'exposition professionnelle au GPL pendant au moins 6 mois est associée à une diminution des paramètres des fonctions pulmonaires (CVF, VEMS₁ et DEM₂₅₋₇₅), à une augmentation des valeurs médianes des pressions artérielles systoliques et des taux d'enzymes hépatiques sériques (ALAT, ASAT et PAL) (48).

En revanche, les produits gaz-liquide (GTL) qui sont fabriqués à partir de gaz naturel, présentent des niveaux de toxicité inférieurs à ceux des substances provenant du pétrole brut (46), (47).

5.2.4. Benzène :

C'est un hydrocarbure aromatique monocyclique, de formule C₆H₆ sous forme d'un liquide incolore (49).

a. Structure chimique :

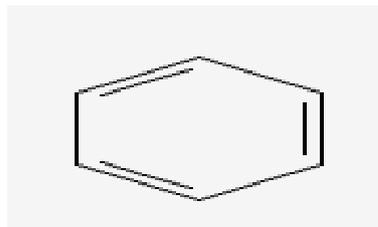


Figure 2 : Structure chimique du benzène C₆H₆ (50).

b. Utilisation :

C'est un élément naturel qui se trouve dans certains produits raffinés tels que l'essence et représente 1,63% de son volume. Il peut être évaporé dans l'air des stations-service et est également présent sur les pots d'échappement des véhicules (51).

Au fur et à mesure que les additifs antidétonants contenant du plomb ont été éliminés, davantage d'aromatiques (y compris le benzène) ont été mélangés à l'essence à des fins antidétonantes, ce qui a conduit à une augmentation des concentrations de benzène entre

moins de 1% jusqu'à plus de 5%. Ces variations sont en fonction de la qualité du carburant, des réglementations locales et de la saison (52). Le benzène est un marqueur d'exposition à l'essence (53).

c. Cinétique :

En milieu professionnel, le benzène peut pénétrer dans le corps humain principalement par voie pulmonaire et secondairement par contact cutané ou par ingestion (54). Son métabolisme est complexe et est essentiellement hépatique entraînant la formation de plusieurs métabolites urinaires comme le phénol, l'hydroquinone, les catéchol, l'acide transmuconique et l'acide phényl-mercapturique, le muconaldéhyde et la p-benzoquinone. Plusieurs métabolites réactifs, tels que l'oxyde de benzène et le 1,4-benzoquinone sont synthétisés par le cytochrome P450 (CYP 2E1) (55). Une faible fraction du benzène inchangé est éliminée dans l'air expiré.

d. Toxicité :

Le benzène, en lui-même, ne présente pas de niveaux élevés de toxicité. Cependant, ses métabolites ont la capacité d'interagir avec l'ADN, les protéines et d'autres biomolécules comme les microtubules et la topoisomérase II (une enzyme cruciale pour la réplication de l'ADN) par alkylation ce qui peut causer des dommages cellulaires et des effets néfastes (55). Ces métabolites possèdent un effet synergique combiné influençant des chromosomes spécifiques ou la mitose cellulaire (56). De plus, il a été découvert qu'ils déclenchent des proto-oncogènes spécifiques ou désactivent des gènes inhibiteurs tels que p53. Ils sont également susceptibles d'exercer une influence épi génétique sur les cellules stromales de la moelle osseuse qui jouent un rôle crucial dans la myélopoïèse (56).

Les effets sur la santé dépendent de la dose et de la durée de l'exposition. Une exposition prolongée peut entraîner des effets hématotoxiques (anémie aplasique, leucémie myéloïde, leucopénie et thrombocytopenie) (54), (57) ou influencer les mécanismes de transduction du signal activés par le stress oxydatif et qui participent à la prolifération cellulaire et à l'apoptose ce qui pourrait être un mécanisme potentiel d'action cancérigène (58). D'ailleurs, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé le benzène comme un cancérigène pour l'homme (groupe 1) (51).

D'autres effets ont, également, été signalés comme des troubles neurologiques, endocriniens et immunologiques (57). L'exposition chronique est liée à une incidence croissante des problèmes de reproduction et d'anomalies congénitales, telles que la fente labiale (59). Elle peut entraîner des altérations génétiques chez les individus exposés (60).

5.2.5. Toluène :

Le toluène est un élément organique aromatique de formule chimique C_7H_8 nommé aussi méthylbenzène, car il est dérivé du benzène par substitution d'un atome d'hydrogène par un groupe méthyle ($-CH_3$). C'est un liquide incolore, inflammable et volatil ayant une odeur caractéristique de solvant (61).

a. Structure chimique :

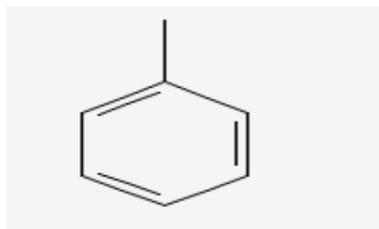


Figure 3 : Structure chimique du toluène (62).

b. Utilisation :

Le toluène, combiné avec le benzène et les xylènes, est employé afin d'accroître le taux d'octane des produits pétroliers.

c. Cinétique :

Le toluène est absorbé principalement par voie pulmonaire ou par contact de la peau. Il est distribué dans les tissus riches en graisses et est principalement converti en acide hippurique dans le foie par les cytochromes P450. Un faible pourcentage est converti en ortho et para-crésol. Environ 20% du toluène est éliminée sans changement dans l'air expiré. L'urine excrète environ 60 à 70% du toluène sous forme d'acide hippurique qui est le principal indicateur biologique d'exposition au toluène (63).

d. Toxicité :

À une concentration élevée, il est toxique pour le système nerveux central (SNC) entraînant une fatigue, une confusion, une perte de coordination, une diminution du temps de réaction et de la vitesse de perception. À des concentrations extrêmement élevées, le toluène

peut provoquer une irritation des yeux. Il est difficile d'analyser les conséquences d'une exposition au toluène à long terme, car elle est souvent associée à une exposition au benzène (64). Cependant, selon les données actuelles, le toluène n'a pas d'effets cancérogènes (64).

5.2.6. Éthylbenzène :

Il s'agit d'un composé aromatique monocyclique dont un hydrogène du cycle benzénique a été remplacé par un groupe éthyle ($C_6H_5CH_2CH_3$). C'est un liquide clair incolore avec une odeur aromatique caractéristique (65).

a. Structure chimique :

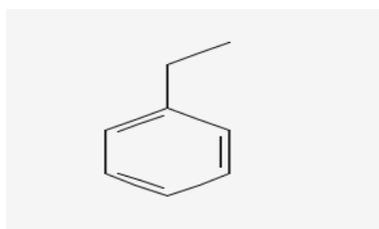


Figure 4 : Structure chimique de l'éthylbenzène (66).

b. Utilisation :

L'éthylbenzène est utilisé comme matière première pour les produits pétrochimiques et pour la fabrication des solvants, des combustibles et des additifs antidétonants dans l'essence automobile. Il est aussi solvant des peintures et des revêtements et un intermédiaire de synthèse de styrène et d'autres produits chimiques organiques (65).

c. Cinétique :

L'éthylbenzène est facilement absorbé par voie respiratoire et cutanée. Son métabolisme est hépatique par les cytochromes P450. Il est rapidement métabolisé avant d'être éliminé principalement sous forme de métabolites urinaires. Le métabolisme de l'éthylbenzène varie selon l'espèce, le sexe et la voie d'exposition. La voie métabolique principale chez l'homme suite à une exposition par inhalation est une série de réactions d'oxydation. Il est d'abord hydroxylé pour former le phényl-1-éthanol, puis une série d'oxydations conduit à la formation successive de 2-hydroxy-acétophénone, 1-phényl-1,2-éthanediol, d'acide mandélique et d'acide phénylglyoxylique. (67).

d. Toxicité :

Les niveaux élevés dans l'air peuvent provoquer une dépression du système nerveux central et des troubles temporaires du foie et des reins. Il n'existe aucune étude chez l'homme sur l'effet cancérigène de l'éthylbenzène par voie orale ou cutanée (64).

5.2.7. Xylène :

Les xylènes sont des molécules aromatiques monocycliques composées de deux groupes méthyles associés à un cycle benzénique ($C_6H_4(CH_3)_2$). C'est un liquide volatil incolore et transparent qui dégage une forte odeur aromatique. On peut distinguer trois isomères : ortho- ou o-xylène (1,2-diméthylbenzène), méta- ou m-xylène (1,3-diméthylbenzène) et para- ou p-xylène (1,4-diméthylbenzène) (65).

a. Structure chimique :

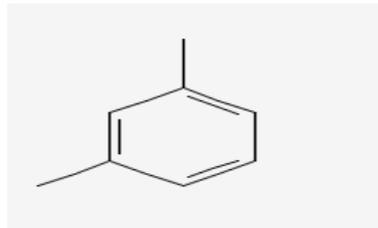


Figure 5 : Structure chimique du xylène (68).

b. Utilisation :

Il est utilisé dans la composition de nombreuses coupes de distillation du pétrole (63).

c. Cinétique :

L'exposition au xylène dans l'organisme est principalement par inhalation et accessoirement par voie cutanée. Vu sa haute solubilité dans les lipides, il se distribue rapidement dans les tissus graisseux. Sa biotransformation se fait essentiellement dans le foie par le système monooxygénasique cytochrome p450. Ces métabolites sont les acides méthyl benzoïques et méthyl hippuriques. L'élimination des xylènes se fait par voie urinaire sous forme d'acides méthyl hippuriques (63), (69), (70).

d. Toxicité :

L'exposition aiguë au xylène peut entraîner des nausées, des maux de tête et des vomissements. Un contact prolongé avec la peau peut entraîner une irritation et une dermatite. L'exposition prolongée au xylène peut entraîner des dommages au foie et aux reins, une

augmentation du taux d'urée dans le sang, une congestion pulmonaire, une insuffisance respiratoire et une hépatomégalie. Il est également possible d'observer des effets tératogènes (71).

5.3. Gaz :

5.3.1. Monoxyde de carbone :

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz toxique, incolore, inodore, insipide et non irritant (72) . Il est formé par la combustion incomplète de substances organiques carbonées telles que le charbon, le bois, le papier, le pétrole, le gaz et l'essence (72).

a. Structure chimique :

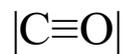


Figure 6 : structure chimique de monoxyde de carbone (73).

b. Cinétique :

Le monoxyde de carbone est absorbé par les poumons. Il diffuse à travers la membrane capillaire alvéolaire et est dissous dans le sang. À concentration constante, le taux d'absorption diminue progressivement et atteint un état stable après 200 à 500 minutes.

Environ 80 à 90 % du CO dissous dans le sang se diffuse dans les globules rouges et se lie à l'hémoglobine (dont l'affinité pour le CO est environ 250 fois supérieure à son affinité pour l'oxygène) formant ainsi la carboxyhémoglobine (HbCO). Il se lie également de manière réversible à d'autres protéines hèmes telles que la myoglobine (10-15%), la cytochrome C oxydase (inhibant ainsi la respiration mitochondriale), les cytochromes P450, la peroxydase et la catalase. Il traverse les barrières hémato-encéphaliques et placentaires.

Les concentrations de carboxyhémoglobine augmentent rapidement dès le début de l'exposition, ralentissent après 3 heures et atteignent un plateau stable à la fin des 8 heures d'exposition (74). La concentration en HbCO décline avec une demi-vie d'élimination, dépendante de la durée et de l'intensité de l'exposition et est influencée par l'âge et le sexe.

Le CO est principalement éliminé dans l'air expiré et dans une moindre mesure comme CO₂ (environ 10%) par métabolisme oxydatif (74).

c. Toxicité :

Le principal mécanisme de toxicité du monoxyde de carbone provient de sa capacité à la formation d'HbCO. Il modifie la dissociation de l'oxygène et de l'hémoglobine réduisant ainsi la libération d'oxygène dans les tissus. Par conséquent, les organes et tissus à forte consommation d'oxygène, à savoir le cœur, le cerveau, les muscles squelettiques et le fœtus, sont les plus sensibles à une hypoxie hémique et tissulaire (75).

En outre, la toxicité du CO peut être exacerbée par l'altération de la myoglobine des muscles myocardiques et squelettiques, du cytochrome oxydase mitochondriale et des enzymes à fer au sein du système antioxydant. Les dommages cellulaires et tissulaires concomitants causés par le monoxyde de carbone sont dus à un dysfonctionnement mitochondrial et à un stress oxydatif avec une production excessive de radicaux libres, une peroxydation lipidique, une inflammation et une apoptose (76).

En milieu professionnel, l'exposition au CO est chronique. Il n'entraîne pas lui-même des effets toxiques cumulatifs mais le potentiel de toxicité cardiovasculaire et neurologique durable ne peut être écarté. Des études de l'impact d'une exposition répétée à de faibles doses ont rapporté le développement d'une ischémie myocardique au cours d'une activité physique chez des personnes atteintes d'une maladie coronarienne existante, sans provoquer de troubles du rythme. Ces résultats pourraient élucider la corrélation entre des niveaux élevés de monoxyde de carbone dans l'atmosphère et des taux de mortalité globaux élevés, y compris la mortalité spécifiquement due à l'infarctus du myocarde. De plus, les complications neurologiques semblent être fréquentes à la suite d'une telle exposition, bien qu'il soit difficile de les attribuer uniquement au monoxyde de carbone (77).

L'étude de la relation HbCO- symptômes au cours des expositions répétées expérimentales sur trois groupes de souris a montré l'apparition d'une tolérance à de faibles concentrations de CO mais qu'elle ne s'exercerait que vis-à-vis des symphorines mineurs (78).

5.3.2. Monoxyde d'azote :

L'oxyde nitrique (NO) est un radical libre hautement lipophile de poids moléculaire faible présent à des concentrations infimes dans l'atmosphère (79).

a. Structure chimique :



Figure 7 : Structure chimique du monoxyde d'azote (80).

Grâce à ses caractéristiques physico-chimiques, il est capable de pénétrer facilement et rapidement dans les membranes cellulaires. Au niveau des cellules musculaires lisses, il déclenche l'activation d'un guanylate cyclase intracytoplasmique soluble ce qui entraîne une élévation du monophosphate de guanosine cyclique (cGMP), qui à son tour provoque la relaxation du muscle lisse. À l'extrémité apicale de la cellule endothéliale, le (NO) se lie rapidement à l'hémoglobine, à l'oxygène ou à d'autres protéines (79). La liaison à l'hémoglobine entraîne la formation de méthémoglobine qui est inadéquate pour le transport de l'oxygène et qui est un indicateur biologique simple de la toxicité rapide du NO (81).

5.3.3. Dioxyde de soufre :

À température et humidité normales, le dioxyde de soufre (SO₂) est un gaz relativement stable et incolore, plus lourd que l'air. Il a une odeur forte et irritante et est très soluble dans l'eau (82).

a. Structure chimique :

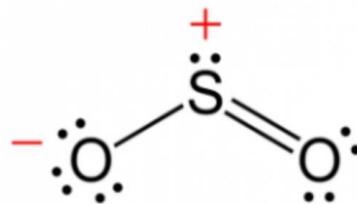


Figure 8 : Structure chimique du dioxyde de soufre (83).

La principale méthode d'exposition est l'inhalation. Le SO₂ est rapidement disséminé dans l'organisme. La voie majeure de détoxification est une oxydation hépatique en sulfate par la sulfite oxydase. Les sulfates formés sont éliminés dans l'urine (82).

Lorsqu'il entre en contact avec l'humidité de la membrane, le dioxyde de soufre produit de l'acide sulfureux qui est un irritant direct pouvant empêcher le transport mucociliaire. Le

facteur déterminant l'affection histopathologique est la concentration plutôt que la durée d'exposition.

Une exposition importante peut entraîner une bronchiolite obstructive ou un œdème pulmonaire hémorragique mortel. Les autres effets sont liés à la transformation du SO₂ en acide au contact de l'eau. On peut ainsi observer une forte irritation cutanée et, en cas de contact oculaire, les vapeurs peuvent causer une conjonctivite et des brûlures cornéennes conduisant à une perte de la vision par opacification cornéenne (82).

II-Evaluation et prévention des risques d'exposition chimique professionnelle dans les stations-service

1. Identification des risques d'exposition chimique dans les stations-service :

Le processus de travail dans une station-service implique un contact quotidien et direct avec diverses molécules chimiques. De ce fait, les dangers liés à l'exposition peuvent être multipliés. Il existe plusieurs façons d'évaluer l'exposition d'un travailleur à un agent chimique dans une station-service (84). Il est essentiel d'analyser les expositions en se concentrant non seulement sur les conditions normales d'utilisation des produits, mais également sur les éventuelles expositions accidentelles. Pour cela, il faut identifier :

- Les opérations et les procédés utilisés pour mettre en place les produits chimiques.
- L'état des substances (liquides, solides, poudres, fibres, gaz...) et leur nature volatile.
- Les différentes méthodes d'émission existantes (projection mécanique, système d'évacuation des gaz, dépôt de liquide...).
- Les quantités utilisées, produites ou stockées.
- Les différentes voies d'exposition (inhalation, contact cutané ou ingestion accidentelle).
- Les durées et les fréquences d'exposition.
- Et l'efficacité des mesures de prévention existantes (ventilation générale, capture localisée...) (85).

2. Evaluation des risques chimiques dans les stations-services :

2.1 Métrologie de l'air ambiant :

a. Monoxyde de carbone :

Le CO peut être analysé soit par méthode directe (in situ) ou en différé.

Analyse directe : Les détecteurs portatifs dotés de capacités de lecture directe en temps réel sont capables de fournir un affichage permanent des niveaux de concentration de CO. Ces détecteurs sont considérés comme pratiques en raison de leurs résultats rapides mais ils fournissent des données imprécises en raison de l'impact d'une multitude de polluants atmosphériques gazeux (86).

Analyse en différé : D'autres méthodes impliquent un dosage en différé. Suite à une collecte initiale de l'air provenant de la région désignée et sa préparation à des fins d'identification, l'isolation du monoxyde de carbone présent dans l'air se fait à l'aide d'une technique de chromatographie en phase gazeuse (87).

Il existe plusieurs techniques de dosage du CO dans l'air ambiant, on cite :

Analyse chimique :

Spectroscopie infrarouge non dispersive (NDIR) :

On dispose d'une source de radiation infrarouge ainsi qu'un tube de laboratoire à travers lequel circule l'atmosphère à analyser et un détecteur relié à un instrument de mesure approprié. Un signal sera généré pour tout gaz présent dans le tube qui absorbe dans la gamme spectrale atteignant le détecteur. Pour atteindre la sélectivité du dispositif, c'est-à-dire qu'il ne détecte qu'un polluant particulier, il est nécessaire d'utiliser une source sélective ; sinon, cela ne sera pas possible (88).



Figure 9 : Analyseurs infrarouge non dispersifs (89).

Les capteurs utilisant l'absorption infrarouge présentent une précision supérieure et sont généralement utilisés dans des instruments d'analyse de haute précision. En revanche, les capteurs qui s'appuient sur la variance de conductivité des semi-conducteurs sont privilégiés pour leur rentabilité et leurs performances et sont souvent utilisés dans le développement de détecteurs (90).



Figure 10 : Détecteurs portatif de monoxyde de carbone (91).

Oxydation catalytique du CO :

Un environnement contenant du monoxyde de carbone circule sur un catalyseur tel que l'hopcalite. Le processus d'oxydation conduisant à sa conversion en CO_2 génère une quantité spécifique d'énergie thermique. Par conséquent, la température du mélange oxydant augmente et, par la suite, la température du gaz sortant de la cuve de réaction augmente également. Avec un débit de gaz constant, l'augmentation de la température atteint un état stable une fois l'équilibre atteint entre la chaleur fournie par la réaction et celle qui est perdue par rayonnement (88).

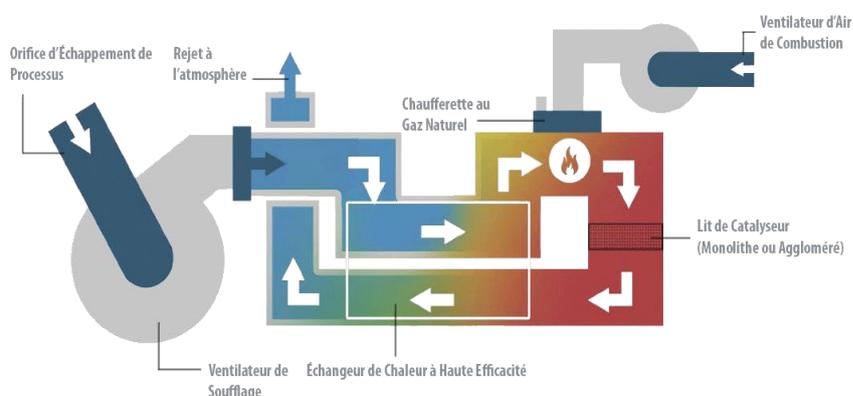


Figure 11 : Appareils basés sur l'oxydation catalytique du CO (92).

Méthode par réduction de l'oxyde de mercure :

La procédure implique l'interaction du monoxyde de carbone avec l'oxyde de mercure conformément à la réaction chimique : $\text{CO} + \text{HgO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Hg}$. Elle exploite les caractéristiques de la vapeur émise pour l'analyser à travers la ligne de résonance du métal (88).

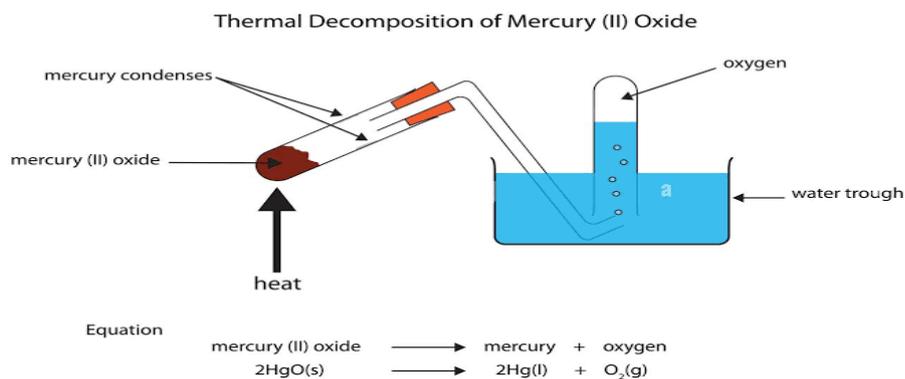


Figure 12 : Méthode par réduction de l'oxyde de mercure (93).

Dosage par chromatographie en phase gazeuse :

La transformation du monoxyde de carbone, à la sortie d'une colonne à tamis moléculaire classique de 5 Å, en méthane par hydrogénation dans un four catalytique, qui est ensuite dirigée vers le détecteur à ionisation de flamme. Les défis rencontrés lors du lancement de cette procédure concernaient l'efficacité de la conversion du CO en méthane (88).

Une étude a été réalisée dans sept stations-service à Séoul sur une période de 11 ans a montré que les valeurs moyennes de CO enregistrées étaient de $1,19 \pm 0,22$ ppm (94). Les valeurs limites de l'exposition professionnelle au CO sont représentées dans le **tableau I**.

Tableau I : Valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) au CO dans l'air ambiant des lieux de travail (95).

Pays	VLEP 8h (ppm)	VLEP 8h (mg/m ³)	VLEP CT (ppm)	VLEP (mg/m ³)
France (2019)	20	23	100	117
États-Unis (ACGIH 1992)	25	29	-	-
Allemagne (MAK)	30	35	60	70
Union Européenne (2017)	20	23	100	117

b. Oxydes d'azote :

Il existe différentes techniques pour l'analyse des oxydes d'azote dans l'atmosphère. Une méthode couramment utilisée implique l'utilisation de la spectrométrie Raman d'absorption

des alcalis, dans laquelle les oxydes d'azote sont capturés par des solutions alcalines et leur concentration est déterminée en contrastant les concentrations de nitrate dans les solutions (96). Une autre approche consiste à utiliser la spectrophotométrie utilisant le sulfanilamide et l'acide N-éthyle comme diazote et agents de couplage, respectivement, pour identifier les anciens composés azoïques, démontrant ainsi une précision et un alignement significatifs avec les protocoles établis (97).



Figure 13 : Détecteur de monoxyde d'azote par spectrométrie Raman d'absorption des alcalis (98).

Marqueurs d'exposition au monoxyde d'azote :

Un mécanisme conçu pour la quantification du monoxyde d'azote dans l'air respiratoire utilise un capteur et un convertisseur pour catalyser sa conversion en dioxyde d'azote, fournissant ainsi des conditions fluidiques variées pour l'évaluation (99).

c. Dioxyde de soufre :

Une technique d'identification du dioxyde de soufre dans l'atmosphère consiste à comprimer l'air pour augmenter le taux de conversion du SO_2 en acide sulfureux puis à mesurer le pH d'une solution alcaline pour quantifier les niveaux de dioxyde de soufre (100).

Biosurveillance :

La surveillance biologique est essentielle pour évaluer l'exposition des travailleurs à des produits chimiques dans leur milieu professionnel. On peut utiliser différentes techniques d'extraction et d'analyse des différentes molécules et leurs métabolites dans l'air expiré, le sang ou les urines (101).

2.2. Dans l'air expiré :

a. Marqueurs d'exposition au monoxyde de carbone :

Le dosage du CO dans l'air expiré est une procédure simple et facilement disponible (102). Il existe des instruments portatifs qui évaluent la concentration de monoxyde de carbone dans l'air expiré. Ils offrent l'avantage de fournir des résultats rapides, précoces et non intrusifs. Néanmoins, ces résultats peuvent parfois être incertains en raison d'un nombre limité de lectures positives et négatives inexacts, bien que l'appareil conserve un caractère modérément fiable (103).

CO oxymètre :

Afin de doser le CO dans l'air expiré on utilise un CO oxymètre dont le principe de dosage repose sur l'utilisation de plusieurs longueurs d'onde de lumière pour identifier et quantifier diverses espèces d'hémoglobine dans le sang, y compris la carboxyhémoglobine (HbCO) liée au monoxyde de carbone. Cette technologie permet de mesurer la saturation en HbCO ce qui est important en cas d'intoxication au CO (104).



Figure 14: CO oxymètre de l'air expiré (105).

2.3. Dans le sang :

Les valeurs normales chez un sujet sain, non-fumeur, dans un environnement non pollué sont environ de 1 - 2 % et dans un milieu pollué de 3 - 4%. Chez les fumeurs des HbCO jusqu'à 10 % peuvent être observés (106). Il existe plusieurs méthodes de dosage dont :

Spectrophotométrie différentielle : par CO-oxymétrie digitale (ou RAD-57) dont le principe de dosage repose sur les caractéristiques spectroscopiques de l'oxyhémoglobine et de la carboxyhémoglobine. Cette technique permet d'utiliser uniquement un petit échantillon de sang extrait du bout du doigt (106).



Figure 15: CO–oxymétrie digitale (RAD -57) (107).

Spectrométrie d'absorption infrarouge (IR) : en utilisant une méthode basée sur la micro –diffusion décrite par Conway et Byrne qui est lui-même basée sur le dosage des bases volatiles par un réactif non volatil et on les piègeant avec de l'acide borique (108).

Chromatographie en phases gazeuse : qui consiste à la séparation de CO dans un four à une température contrôlée. Elle se base sur la diffusion des composants de mélange entre la phase mobile (CO) et une phase stationnaire (108).

Spectrophotométrie : qui implique la liaison de molécules CO à l'hémoglobine pour former la carboxyhémoglobine et par quantification on mesure son absorbance à des longueurs d'ondes spécifiques .(109)

Electrochimie : dont le principe repose sur la conversion de la présence de CO en signaux électriques mesurables à travers un capteur électrochimique qui catalyse le CO (110).

d. Composés organiques volatils :

La méthode la plus commune adaptée à l'analyse des COV est la chromatographie en phase gazeuse couplée à un système de détection adéquat (MS, FID, PID, etc.) (111), (112), (113). Pour évaluer l'exposition par inhalation pendant le quart de travail, des badges de diffusion passifs fixés aux vêtements des travailleurs et un échantillonnage actif avec des tubes à charbon actif peuvent être utilisés. Les échantillons d'air ont été prétraités et analysés à l'aide de chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme (114).

Une étude iranienne a montré que l'écart type des concentrations des COV (benzène, toluène, éthyle benzène et xylène) dans l'air des stations-service étaient respectivement de $2,784 \pm 1,461 \text{ mg/m}^3$, $3,495 \pm 1,39 \text{ mg/m}^3$, $2,091 \pm 0,811 \text{ mg/m}^3$ et $1,140 \pm 0,419 \text{ mg/m}^3$ (115). Une autre étude iranienne a trouvé des niveaux élevés de benzène émis dans les stations-service avec une concentration dans la zone respiratoire des sujets supérieure à 0,17 ppm (116).

Une étude réalisée chez les préposés de stations-service au Sri Lanka a révélé que les concentrations médianes de toluène reformulé dans l'air respiré étaient de $746 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, avec une plage allant de moins de $5,0 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ à $2770 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ (114). Dans une étude réalisée en Thaïlande, a montré que les concentrations d'éthylbenzène mesurées dans l'air ambiant variaient de 0,8 à 24,1 ppm (8).

Une étude dans les stations-service au Koweït a montrée des niveaux élevés de benzène ($225\text{--}723 \text{ }\mu\text{g/m}^3$), avec des pics notables à la pompe : $723 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ de benzène, $710 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ de xylène total, $545 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ de toluène et $373 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ d'éthylbenzène. Les niveaux de benzène et d'éthylbenzène étaient significativement plus élevés à la pompe et à l'intérieur des stations-service comparés à l'air ambiant (117). Enfin, une étude iranienne a montré que l'exposition totale au xylène chez des travailleurs des stations-service était de $1,05 \pm 0,55 \text{ ppm}$ avec une plage de 0,20 à 2,55 ppm (112).

3. Marqueurs d'exposition aux COV :

3.1. Dans l'air expiré :

Les techniques d'analyse de l'air expiré se concentrent souvent sur le benzène lui-même (118). on utilise souvent des tubes à charbon actif pour capturer le benzène. Il sera adsorbé et désorbé du charbon actif avec un solvant. L'échantillon est ensuite analysé par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme (GC-FID) qui sépare le benzène et le quantifie en mesurant le courant ionique produit dans la flamme. Cette méthode permet de détecter des concentrations avec une sensibilité adéquate pour les environnements de travail (114).

3.2. Dans le sang :

3.2.1. Marqueurs d'exposition au benzène :

Pour la mesure de l'acide trans, transmuconique dans le sang, la CLHP avec détection UV ou MS est utilisée (119).

3.2.2. Marqueurs d'exposition de toluène :

Pour mesurer le toluène et ses métabolites dans le sang, les méthodes incluent la chromatographie en phase gazeuse (GC) ou la chromatographie liquide haute performance (CLHP) couplée à la spectrométrie de masse (MS) (120).

3.2.3. Marqueurs d'exposition au xylène :

Pour le xylène, le dosage sanguin est moins couramment utilisé en raison de la variabilité des niveaux et de la rapidité avec laquelle le xylène est éliminé du corps.

3.2.4. Marquer d'exposition de l'éthylbenzène :

Les concentrations sanguines d'EthBz peuvent être déterminées au moyen de CPG capillaire utilisant la technique de l'espace de tête (113).

3.3. Dans les urines :

3.3.1. Marqueurs d'exposition au benzène :

Plusieurs métabolites peuvent servir de marqueurs pour l'évaluation de l'exposition au benzène : le taux urinaire d'acide trans, trans-méconique (t,t-MA) a été largement utilisé comme marqueur biologique d'exposition au benzène, d'autres métabolites, comme le phénol urinaire et l'acide S-phénylmercapturique (S-PMA), sont également indicateurs d'exposition (55). La chromatographie liquide haute performance (CLHP) est la méthode courante pour le dosage de l'acide trans,trans-muconique dans l'urine (121).

Dans une étude menée dans des stations-service en Thaïlande, la concentration de t,t-MA variait de moins de 10 à 2159 µg/g de créatinine, en relation avec des concentrations de benzène dans l'air allant de < 0,1 à 65,8 ppb. Une association significative a été trouvée entre les zones de travail des stations-service et le risque d'exposition au benzène (122).

3.3.2. Marqueurs d'exposition de toluène :

Le marqueur d'exposition au toluène le plus important est l'acide hippurique, principalement mesuré dans l'urine. Il est largement utilisé en raison de sa relation étroite avec l'exposition au toluène et de sa présence élevée et stable dans les échantillons d'urine des personnes exposées.

La chromatographie liquide haute performance (CLHP) avec détection UV ou Fluorescence est utilisée pour séparer et quantifier l'acide hippurique dans les échantillons d'urine. Après séparation, la détection peut se faire par UV ou fluorescence. La CLHP couplée à la Spectrométrie de Masse (MS) permet une identification précise et une quantification sensible de l'acide hippurique avec une spécificité accrue pour les métabolites du toluène (120).

3.3.3. Marqueurs d'exposition au xylène :

L'acide méthyl hippurique (MHA) est l'un des principaux bio marqueurs d'exposition au xylène dans les environnements de travail. Il peut être analysé par CLHP équipée d'un détecteur ultraviolet (UV) (112).

Dans une étude chez les chauffeurs de taxi et les employés de stations-service dans l'ouest de l'Iran, des associations significatives ont été notées entre le MHA urinaire et le xylène dans la zone de respiration des employés des stations-service (112).

Une étude épidémiologique transversale menée auprès de travailleurs exposés professionnellement aux carburants à Rio de Janeiro (Brésil), 2015-2017 a indiqué qu'ils présentaient des niveaux urinaires moyens plus élevés des acides hippuriques (HA) et méthyl hippurique (MHA) par rapport au groupe témoin reflétant une exposition professionnelle élevée aux solvants toluène et xylène présents dans l'essence (37).

3.3.4. Marqueurs d'exposition de l'éthylbenzène :

L'éthylbenzène est rapidement métabolisé en acide mandélique (MA) (demi-vie d'environ 3 à 5 heures) et en acide phénylglyoxylique (PGA) (demi-vie de 10 à 12 heures) (67). L'analyse simultanée du MA et du PGA peut être réalisée en utilisant la chromatographie liquide à haute performance avec détection UV ou la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) (123).

Les limites d'exposition professionnelle (LEP) et les indices d'exposition biologique (IEB) pour les BTEX sont représentées dans le **tableau II**.

Tableau II : Limites d'exposition professionnelle (LEP) et indices d'exposition biologique (IEB) pour les BTEX(101).

Produits	TLV-TWA (ppm)	PEL-TWA (ppm)	REL-TWA (ppm)	Métabolites	BEI
Benzène	0.5	1.0	0.1	tt-MA PMA	500 µg/g de créatinine 25 µg/g de créatinine
Toluène	20	200	100	Toluène sanguin Toluène urinaire o-crésol	0,02mg/L 0,03 mg/L 0,3 g/g de créatinine
Éthylbenzène	20	100	100	MA + PGA	0,15 g/g de créatinine
Xylène	100	100	100	MHA	0,5 g/g de créatinine

TLV-TWA :ACGIH-valeur limite d'exposition moyenne pondérée dans le temps. PEL-TWA :OSHA-limite d'exposition admissible-moyenne pondérée dans le temps. REL-TWA :NIOSH-limite d'exposition recommandée-moyenne pondéré dans le temps. o-crésol : ortho-crésol, PMA : acide S-phénylmercapturique, BEI : indices d'exposition biologique.

4.Prévention des risques chimiques dans les stations-service :

La prévention des risques est définie comme étant l'ensemble des mesures prises pour éliminer ou du moins réduire les risques ce qui permet de diminuer considérablement la probabilité d'un accident (124).

La prévention des risques chimiques dans les stations-service passe par la mise en œuvre de différentes mesures en combinant la formation, les équipements de protection collective et individuelle, les systèmes de surveillance et les mécanismes de prévention des déversements. Ceci permet de protéger la santé des travailleurs, diminuer les risques professionnels, garantir un environnement de travail plus sûr aux employés et intervenir efficacement en cas d'accident (125).

4.1. Protection collective :

Plusieurs mesures peuvent être mises en place comme par exemple :

- L'utilisation de systèmes d'avertissement/d'alarme dotés de capteurs de gaz peut aider à détecter les gaz volatils et à déclencher des alertes pour prévenir l'exposition à des produits chimiques nocifs (126).

- L'installation des appareils et des procédés pour empêcher le déversement de matières dangereuses lors des tâches de maintenance, améliorant ainsi la sécurité dans des environnements tels que les distributeurs de carburant dans les stations-service,

- L'installation des systèmes de collecte des vapeurs de livraison et des pistolets pour remplir une station-service avec un système de récupération de vapeurs (127).

- La mise en place des signaux et des panneaux de renseignements afin de prévenir les risques, empêcher toute interaction avec les personnes en dehors du site et contrôler la circulation à l'intérieur (18).

- Les extincteurs doivent être placés à proximité de la zone de travail et des lieux dangereux. Il faut s'assurer de l'extinction des incendies et du nettoyage des puits d'eau.

Il faut également :

- Ajustez la vitesse des voitures en fonction des virages et du passage des ronds-points et réserver une zone de stationnement pour les véhicules à moteur.

- Opter pour des matériaux appropriés pour les produits et les environnements explosifs.

- S'assurer que les marches pieds sont en bon état et propres.

- Réserver des espaces sanitaires où le personnel peut se laver et se changer sur place.

- La cigarette est strictement proscrite à l'intérieur de la zone de sécurité.

4.2. Protection individuelle :

La protection individuelle demeure la dernière façon de limiter une exposition respiratoire ou cutanée. Elle agit comme une barrière qui empêche les agents chimiques d'entrer dans le corps humain sans modifier le poste de travail. Elle présente l'avantage d'être immédiatement accessible et abordable. Si elle est bien sélectionnée et bien portée, elle peut garantir une protection extrêmement efficace (128). Des équipements de protection individuelle (EPI) tels que des casquettes, des blouses de travail et des chaussures appropriées

sont couramment utilisées par les distributeurs de carburant pour atténuer les risques pour la santé tels que l'irritation des yeux et les nausées (129) .

4.3. Protection respiratoire :

Le principe d'un dispositif de protection individuelle respiratoire (EPR) comme les pièces faciales filtrantes, les demi-masques et les masques complets consistent à empêcher l'agent chimique de se rapprocher des voies respiratoires (128). Ils sont représentés dans la figure 16.



Figure 16: Pièce faciale filtrante – Demi-masque – Masque complet (128).

4.4. Protection cutanée :

Les mains sont le principal lieu de contact avec les substances chimiques. Le moyen traditionnel de prévention consiste à porter des gants sélectionnés en fonction de la résistance souhaitée. Il est nécessaire d'avoir une résistance chimique, mécanique ou microbiologique. Le marquage réglementaire offre la possibilité d'obtenir ces informations. Les polymères utilisés présentent des compatibilités limitées en ce qui concerne la résistance chimique (128). Les différents types de gants sont montrés dans la figure 17.



Figure 17: Gants nitrile-latex (128).

4.5. Protection du visage :

Le visage est extrêmement exposé. L'utilisation d'un masque complet ou d'une cagoule garantit sa protection. Les lunettes de protection sont destinées aux yeux.



Figure 18: Protection du visage et des yeux (128).

4.6. Protection du corps :

Les vêtements de protection contre les risques chimiques présentent une grande diversité, en fonction de la résistance souhaitée. On préfère le coton aux tissus synthétiques, car il est difficile à brûler, mais il absorbe bien les liquides. Un vêtement de protection de qualité doit offrir une étendue confortable, comme une combinaison, en utilisant une matière résistante adaptée aux conditions et qui empêchent les décharges d'électricité statique (128).



Figure 19: Vêtements de protection (128).

5. Formation et information :

Le succès de toute mesure de prévention n'est assuré et durable qu'avec l'engagement des personnes concernées, tout comme c'est le cas pour les démarches de qualité. Des études mettent en évidence l'exposition à des composés toxiques tels que le benzène et les additifs, soulignant l'importance de former les travailleurs pour prévenir l'exposition au benzène (125). Il est impossible d'adhérer sans avoir un minimum de connaissances spécifiques. L'objectif de la formation est à la fois initial et continue. Cependant, l'application des connaissances nécessite des informations spécifiques, dont la distribution doit être planifiée. Peu importe la structure, ces deux actions de gestion sont inséparables (128).

6. Rôle du médecin du travail et des acteurs de prévention en santé au travail :

Le médecin de travail et les professionnels de santé impliqués dans la prévention de la santé au travail comme les toxicologues doivent avertir les salariés du risque associé à l'exposition aux substances chimiques dans les stations-service lors des examens médicaux périodiques. Le médecin doit également examiner les sujets qui présentent un risque d'intoxication grave et déterminer s'ils peuvent ou non effectuer des tâches à risque (130).

PARTIE PRATIQUE

Matériels et méthodes

1.Type d'étude :

Il s'agit d'une étude descriptive transversale.

2.Période d'étude :

Notre étude a été réalisée durant la période allant de janvier 2024 à juillet 2024.

3.Population et lieu de l'étude :

Les 49 participants à notre étude étaient les travailleurs dans 16 stations-service dans la wilaya de Tlemcen situées à :

- Bel air
- Beni Boublen
- Riyad Hamar
- Aboutechfine
- Chetouane
- Imama
- Maghnia
- Souani
- Tounane
- Ghazauet
- Sidi Amar
- Nouara
- Kheriba
- Ain Zamour

4.Critères d'inclusion :

- Tout travailleur des stations-service (pompiste ou autre).
- Ayant exercé depuis au moins un mois.
- Sujets consentants.

5.Critères de non-inclusion :

- L'étude n'a pas inclue les stations-service se situant dans la wilaya de Tlemcen mais fermées ou inactives durant notre enquête.

- Les travailleurs ayant des ATCD respiratoires, hématologiques, cutanés, neurologiques ou de cancer avant l'embauche.
- Les sujets qui refusent de faire le dosage dans l'air expiré.

6. Recueil des données :

Le recueil des données a été réalisé à l'aide d'un questionnaire (**Annexe 1**) conçu et rempli par les enquêteurs comprenant deux parties :

○ **La première partie** renfermant des renseignements sociodémographiques (sexe, âge, adresse professionnelle, niveau d'étude, état civil) et des informations sur le statut tabagique, les habitudes sportives et les ATCD personnels.

○ **La deuxième partie** concernant l'exposition professionnelle (type du poste occupé et son ancienneté, nature de substances, durée d'exposition, moyens de protection utilisés, symptômes cliniques, les accidents de travail, le niveau de connaissance sur les risques sanitaires de l'exposition ainsi que les résultats du Co dans l'air expiré et de l'HbCO mesurés par le CO-oxymètre.

7. Éthique :

Un consentement verbal de tous les participants a été obtenu. L'anonymat a été respecté et toutes les données recueillies étaient confidentielles.

8. Prélèvements et dosage :

Le prélèvement et l'analyse de l'air expiré a été réalisé par le CO-oxymètre (piCO™ smokerlyzer) représenté dans la figure 20.



Figure 20 : CO (piCO™ smokerlyzer).

Petits matériels :

- Embouts jetables.
- Raccord-D pièces (filtre antibactérienne).
- Lingettes de nettoyage.
- Câble USB.
- Sac portable.

Procédure de l'analyse :

1. Fixez le piègeur D-pièce et un nouvel embout buccal.
 2. Allumez l'appareil en appuyant une fois sur le bouton d'alimentation
 3. Inspirez et retenez votre respiration pendant le compte à rebours de 15 secondes
 4. Un son retentira pendant les trois dernières secondes du compte à rebours.
 5. Soufflez lentement dans l'embout buccal afin de vider complètement vos poumons.
 6. La concentration de CO en ppm et les pourcentages équivalents à l'HbCO augmenteront et se stabiliseront.
 7. Enlevez le piègeur D-pièce entre chaque test pour purger le capteur avec de l'air frais.
 8. Pour éteindre l'appareil, maintenez le bouton enfoncé pendant 3 secondes.
- L'analyseur s'éteindra automatiquement après 2 minutes d'inactivité.

9.Saisie et analyse des données :

L'analyse des données a été réalisée avec un logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 26. L'analyse statistique descriptive a été utilisée pour le traitement des résultats.

- Les résultats quantitatifs ont été présentés sous forme de moyennes \pm l'écart-type.
- Les associations simples ou multiples entre les différentes variables qualitatives ont été testées au moyen des tests de comparaison de χ^2 et la comparaison entre les moyennes par le test t de Student au seuil de 5%. La différence était significative pour $p < 0,05$.

Le programme Microsoft Excel version 2010 a été utilisé pour la représentation graphique des résultats.

Résultats

1. Répartition des travailleurs selon les critères sociodémographiques :

1.1. Répartitions des travailleurs selon l'âge :

Cette étude a été menée auprès de 49 employés des stations-service. La moyenne d'âge des travailleurs était de $43,02 \pm 9,146$ ans avec un minimum de 24 ans et maximum de 64 ans. La tranche d'âge majoritaire était de 44 à 53 ans, comprenant 21 travailleurs, soit 42,9 % de la population.

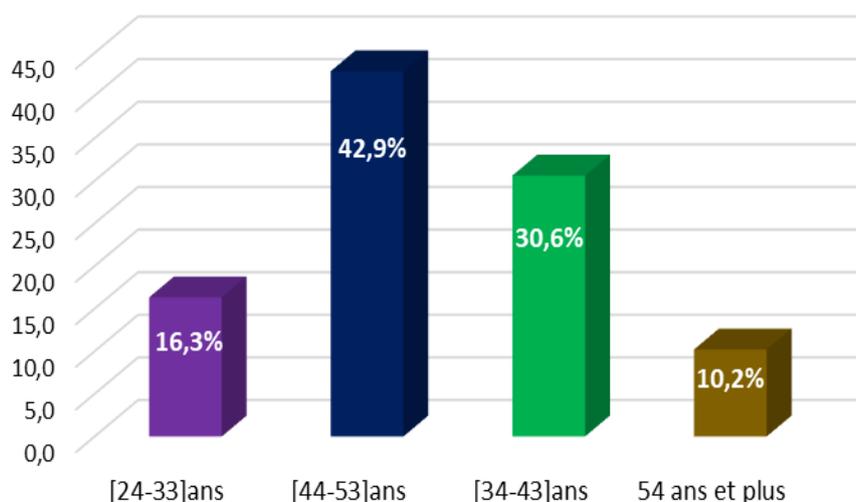


Figure 21: Répartition des travailleurs selon les tranches d'âge.

Nous avons noté que la majorité des travailleurs avait un niveau d'étude moyen (40,80% lycée) et (38,80% CEM) contre 2% des universitaires seulement. Parmi les travailleurs, 87,8 % étaient mariés, 10,2 % étaient célibataires, et 2 % étaient divorcés.

1.2. Répartition des travailleurs selon le niveau d'étude et le statut marital :

Tableau III : Répartition des travailleurs selon le niveau d'étude et le statut marital.

	N	%
Niveau d'étude		
Primaire	9	18.4%
CEM	19	38.8%
Lycée	20	40.8%
Universitaire	1	2%
Etat civil		
Marié	43	87.8%
Célibataire	5	10.2%
Divorcé	1	2%

1.3. Répartition des travailleurs selon le statut tabagique :

Dans notre population étudiée, 57,10 % des travailleurs étaient des fumeurs et 42,90% des non-fumeurs.

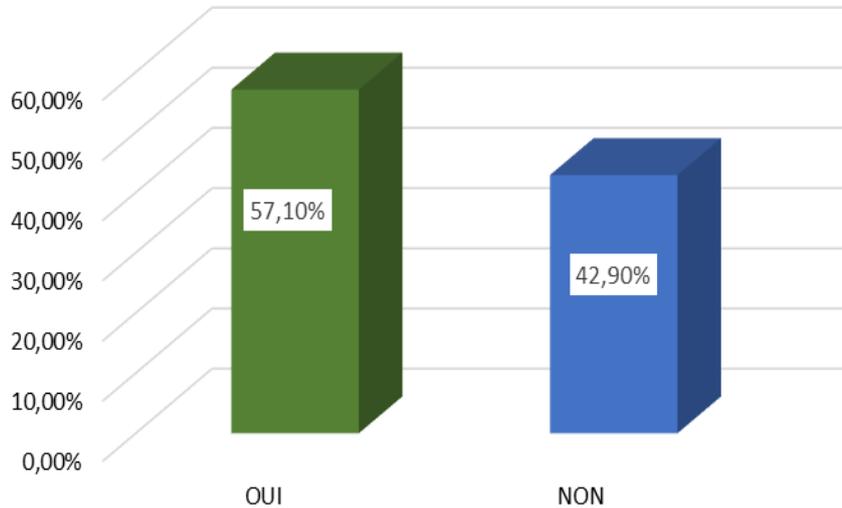


Figure 22 : Répartition des travailleurs selon le statut tabagique.

1.4. Répartition des travailleurs selon l'activité sportive :

Parmi les travailleurs, 59,20 % ne pratiquaient aucune activité sportive tandis que 14,30 % la pratiquent régulièrement. En outre, 26,50 % des travailleurs ont indiqué qu'ils s'engagent parfois dans une activité physique.

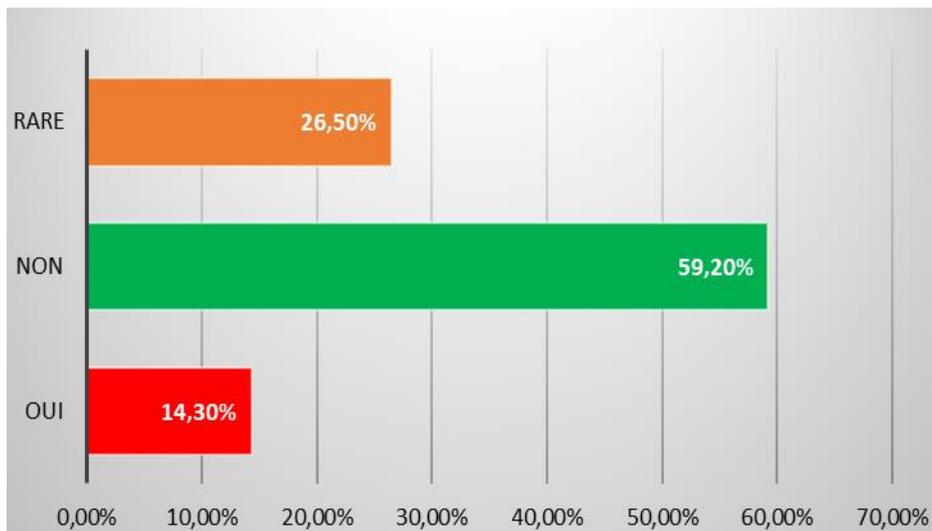


Figure 23 : Répartition des travailleurs selon la pratique d'une activité sportive.

2. Répartition des travailleurs selon l'exposition professionnelle :

2.1. Répartition des travailleurs selon le poste actuel de travail :

Dans les stations-service étudiées, 87,80 % des travailleurs étaient des pompistes, 10,2 % ont occupé des postes de chef d'équipe et 2 % étaient des comptables.

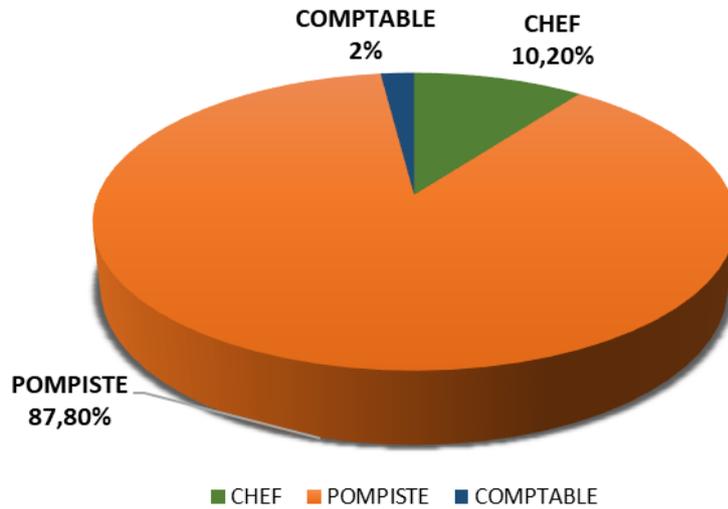


Figure 24 : Répartition des travailleurs selon le poste actuel de travail.

2.2. Répartition des travailleurs selon ancienneté du travail :

Parmi la population étudiée, 26,50 % avaient une ancienneté de travail de 15 à 20 ans.

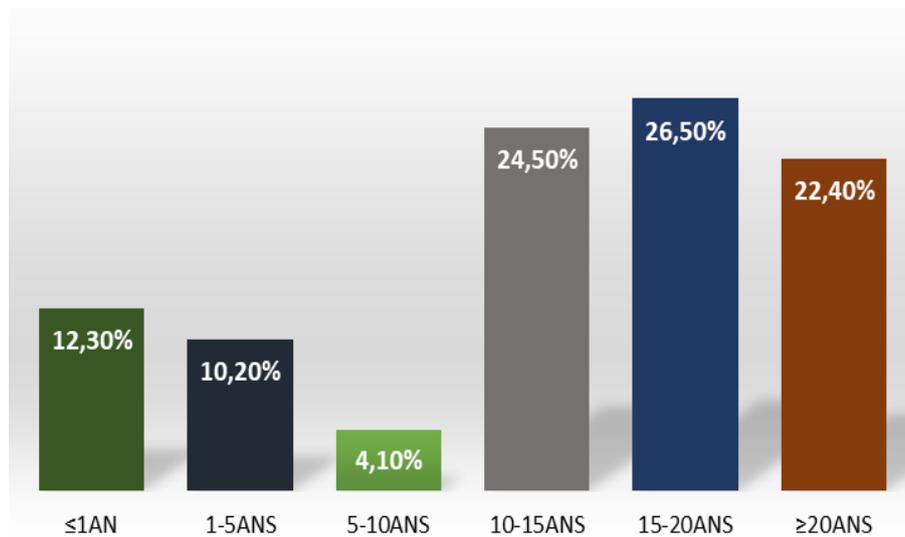


Figure 25 : Répartition des travailleurs selon ancienneté du travail.

2.3. Répartition des travailleurs selon nature d'exposition :

Parmi les travailleurs, 22,4 % étaient exposés aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), tandis que 12,2 % ont estimé qu'ils étaient exposés aux gaz. De plus, une majorité notable des travailleurs, soit 63,3 % ont indiqué une double exposition.

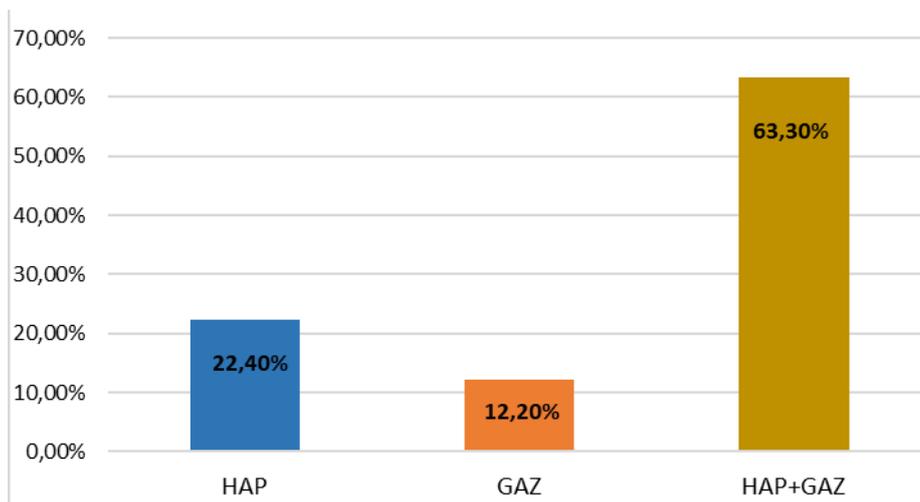


Figure 26 : Répartition des travailleurs selon nature d'exposition.

2.4. Répartition des travailleurs selon la rotation du poste :

Nous avons noté que 63.30 % des travailleurs effectuaient une rotation des postes pendant leur travail tandis que 36.70 % ne pratiquent pas cette rotation.

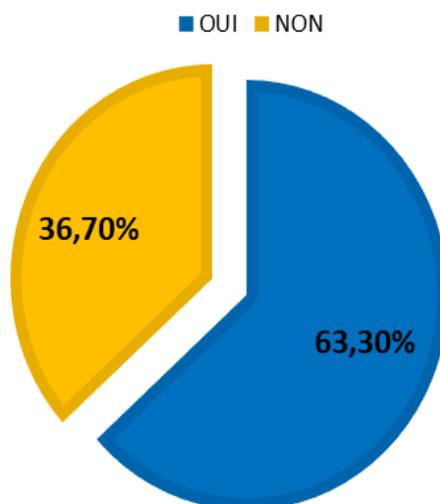


Figure 27 : Répartition des travailleurs selon la rotation du poste.

2.5. Répartition des travailleurs selon la présence des signes cliniques :

Nous avons noté que la majorité des travailleurs, soit 87,80 %, présentent des signes cliniques, tandis que 12,20 % ne présentent aucun signe

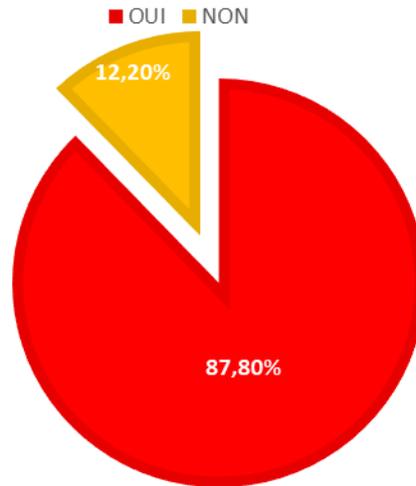


Figure 28 : Répartition des travailleurs selon l'apparition des signes cliniques.

2.6. Répartition des travailleurs selon la nature des signes clinique :

Nous avons constaté que 85,70 % des travailleurs souffrent de fatigue, 67,30 % ont des maux de tête, 30,60 % ressentent des démangeaisons, 10.20% desquamation, 26.50% des irritation ,14.3% des rougeur et 24,50 % éprouvent des vertiges.

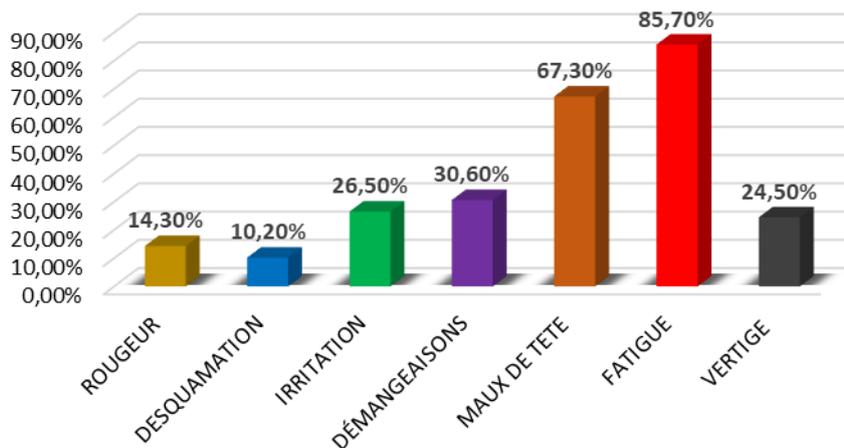


Figure 29 : Répartition des travailleurs selon la nature des signes cliniques.

3. Résultats des mesures du monoxyde de carbone dans l'air expiré et de l'HbCO chez les travailleurs des stations-service :

Nous avons noté que la moyenne de concentration de CO chez les travailleurs est de $10,20 \pm 8,276$ ppm, avec une valeur minimale de 1 ppm et une valeur maximale de 27 ppm.

La moyenne de concentration de HBCO chez les travailleurs dans les stations étudiées est de $2,26 \pm 1,32$ %, avec une valeur minimale de 0,79 % et une valeur maximale de 4,95 %.

Tableau IV : Résultats des mesures du monoxyde de carbone dans l'air expiré et de l'HbCO chez les travailleurs des stations-service.

	Ensemble des travailleurs	Fumeurs	Non-fumeurs
CO ppm	10,20 ± 8,276	16,04 ± 6,25	2,43 ± 0,598
HbCO %	2,26 ± 1,32	3,19 ± 1,00	1,01 ± 0,095

3.1. Répartition des travailleurs selon le port des moyens de protection :

Dans notre population, 46,90 % des travailleurs ont utilisé régulièrement des moyens de protection, tandis que 36,70 % ne les portaient jamais.

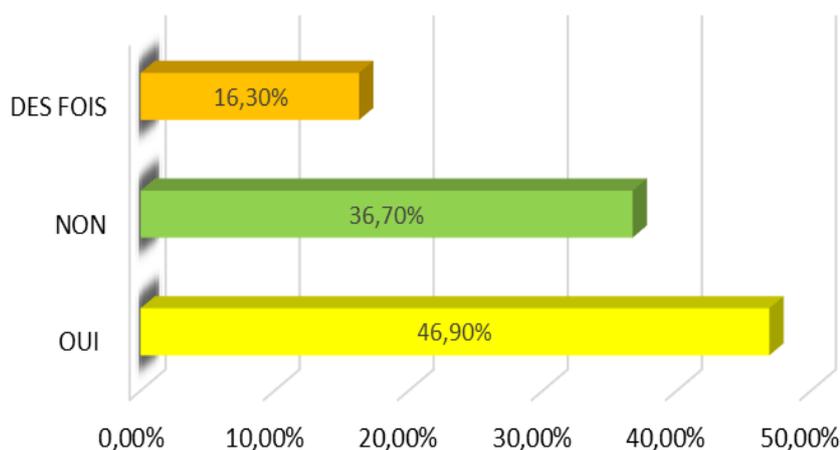


Figure 30 : Répartition des travailleurs selon le port des moyens de protection.

3.2. Répartition des travailleurs selon le moyen de protection porté :

Parmi les moyens de protection les plus utilisés, 49 % des travailleurs portaient des tenues de protection et 53,10 % des chaussures de sécurité.

Tableau V : Répartition des travailleurs selon le moyen de protection porté.

Port moyen de protection	Masques	Gants	Casques	Tenue	Lunettes	Chaussures	Stop bruit
OUI	0%	0%	0%	49%	0%	53.10%	0%
NON	100%	100%	100%	51%	100%	46.90%	100%

3.3. Répartition des travailleurs selon la disponibilité des moyens de protection :

Dans les stations-service étudiées, 98 % des travailleurs ont affirmé que les moyens de protection étaient disponibles.

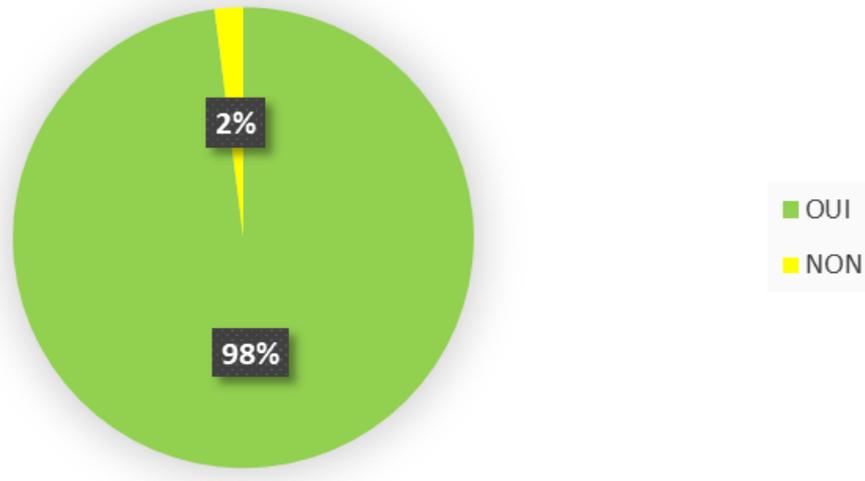


Figure 31 : Répartition des travailleurs selon la disponibilité des moyens de protection.

3.4. Répartition des travailleurs selon lavage des mains :

Sur le lieu de travail, 83,70 % des employés se lavaient régulièrement les mains.

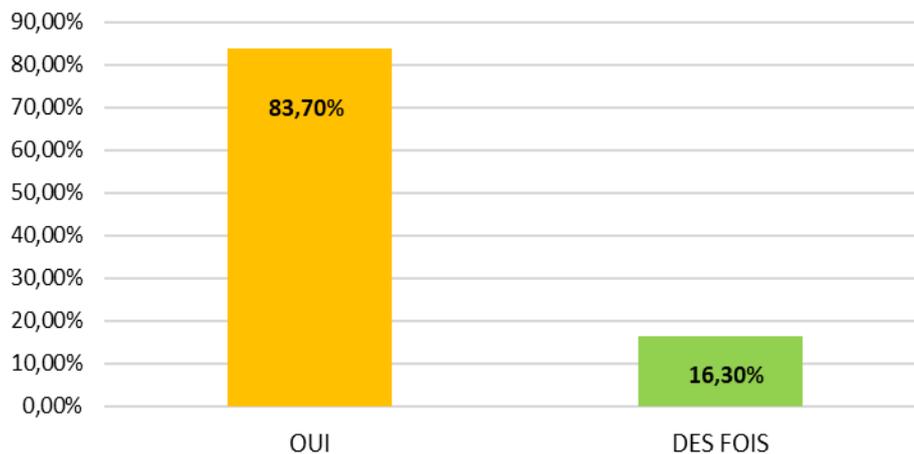


Figure 32 : Répartition des travailleurs selon lavage des mains.

3.5. Répartition des travailleurs selon le comportement sur les lieux de travail :

Dans les stations étudiées, 40,80 % des employés fumaient sur leur lieu de travail. Nous avons noté que 71,40 % des travailleurs mangeaient sur leur lieu de travail.

Tableau VI : Répartition des travailleurs selon le comportement sur les lieux de travail.

	Réponse	N	%
Manger sur le lieu du travail	Oui	35	71.4%
	Non	4	28.5%
Fumer sur le lieu du travail	Oui	20	40.8%
	Non	29	59.2%

3.6. Répartition des travailleurs selon les accidents de travail :

Nous avons constaté que 38,80 % des travailleurs ont signalé des accidents sur le lieu de travail, tandis que 61.20 % n'ont pas été victimes d'accidents.

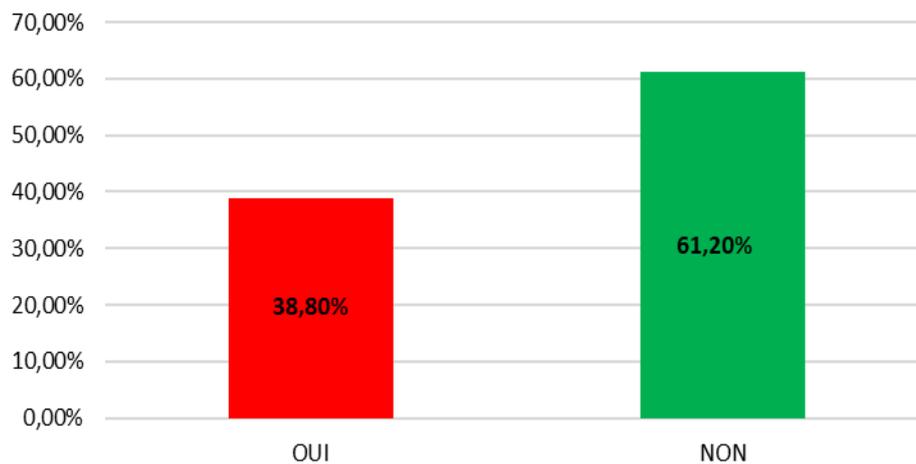


Figure 33 : Répartition des travailleurs selon les accidents de travail.

3.7. Répartition des travailleurs selon examen médical périodique :

Nous avons constaté que 81,60 % des personnes ont effectué un examen médical périodique et 79,60 % ont réalisé des bilans périodiques.

Tableau VII : Répartition des travailleurs selon examen médical périodique.

	Réponse	N	%
Examen médical périodique	OUI	40	81.6%
	NON	9	18.4%
Bilan périodique	OUI	39	79.6%
	NON	10	20.4%

3.8. Répartition des travailleurs selon leurs connaissances sur l'exposition au risque chimique :

Nous avons constaté que 69,40 % des travailleurs ont estimé qu'ils avaient des connaissances suffisantes concernant les risques chimiques.

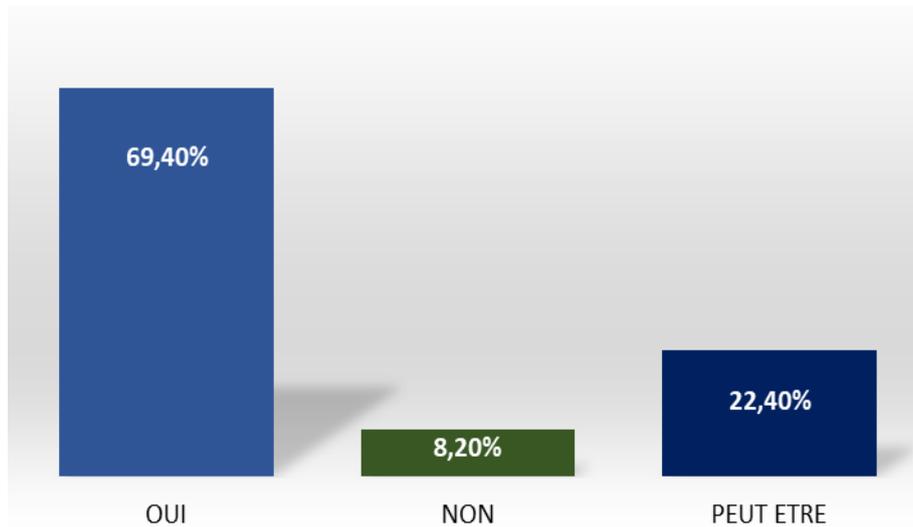


Figure 34 : Répartition des travailleurs selon la connaissance des risques chimiques.

3.9. Répartition des travailleurs selon formations sur les risques chimiques :

Dans les stations étudiées, 22,40 % des travailleurs ont suivi une formation sur les risques d'exposition chimique tandis que 77,60 % des employés n'ont pas reçu cette formation.

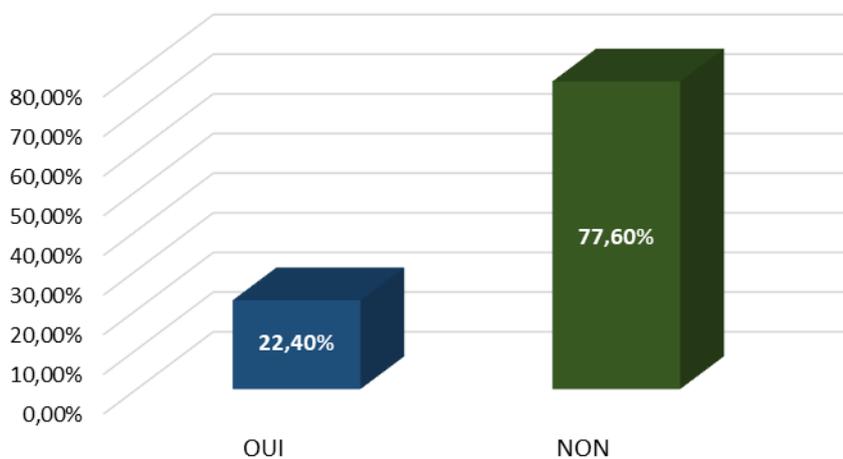


Figure 35 : Répartition des travailleurs selon formations sur les risques chimiques

Discussion

Cette étude descriptive transversale a été réalisée afin de déterminer la concentration du monoxyde de carbone dans l'air expiré et de la carboxyhémoglobine ainsi que les différents risques chimiques professionnels et leurs effets chez les travailleurs des stations-service dans la wilaya de Tlemcen.

Elle a inclus 49 sujets dont l'âge moyen était de $43,02 \pm 9,146$ ans avec un minimum de 24 ans et un maximum de 64 ans. La tranche d'âge 44-53 ans était prédominante soit 42,9%.

Nous avons remarqué que le niveau d'étude était globalement moyen (38,8% CEM et 40,8% lycée) alors que les universitaires ont représenté seulement 2%. Dans une étude comparative menée en Chine, il a été observé que 7,7 % des répondants avaient terminé le collège, 26,9 % avaient fréquenté le lycée et 65,4% possédaient un niveau d'enseignement supérieur incomplet (21). Cependant, en France, une étude a indiqué que les employés des stations-service peuvent bénéficier de la formation professionnelle (131).

D'autre part, la majorité de nos travailleurs étaient mariés (87,8%) ce qui concorde avec les résultats d'une enquête Chinoise où 69,2 % étaient mariés (21).

Concernant le poste de travail 87,8 % de nos sujets d'étude étaient des pompistes, 10 % des chefs d'équipes et 2% des comptables. Ils étaient confrontés à plusieurs risques dont le risque chimique chez 98% des cas, mécanique dans 77,6% des cas et enfin le risque sonore dans 93,9% des cas.

Nous avons également examiné la répartition de l'exposition des employés aux différentes substances chimiques présentes sur le site de travail. Il s'avère que 22,4 % d'entre eux étaient exposés aux hydrocarbures HAP, 12,2% aux gaz et 63,3 % exposés aux HAP et aux gaz simultanément. La différence d'exposition était statistiquement significative entre les différents postes occupés ($p < 0,0001$). Mais en comparant entre les pompistes et les chefs d'équipes relativement à la nature des substances auxquelles ils étaient exposés, la différence n'était pas significative ($p = 0,216$). Ceci pourrait être expliqué par la nature volatile de ces substances et la contamination de l'air ambiant.

Une étude menée a révélé que 97,8% des employés des stations-service étaient exposés à l'essence par contact direct et que tous les travailleurs étaient confrontés à des vapeurs de benzène provenant de carburant et des gaz d'échappement (132). Au Brésil, les employés des stations-service qui font le plein de carburant étaient exposés de manière chronique au BTX (133).

Nous signalons que la fréquence de ces expositions était quotidienne pour tous les travailleurs inclus dans notre étude. Cependant, l'ancienneté du travail la plus élevée était celle de 15 à 20 ans avec 26,5% suivie par 10 à 15 ans. Ceci qui indique une durée d'emploi significative dans ce secteur et donc une forte probabilité d'exposition et des effets de cette dernière.

Une étude similaire sur les employés des stations-service de Yogyakarta a révélé une durée de travail médiane de 7,37 ans (134).

En effet, nos résultats statistiques ont montré une prévalence élevée de signes cliniques auto déclarés chez 87,8% des employés, indiquant une exposition importante aux risques chimiques sur le lieu de travail. Notre enquête a révélé que les symptômes les plus fréquents étaient d'ordre cutané chez 81.6% d'entre eux dont (30.6% démangeaisons ; 26.5% irritation 14.3% rougeur et 10.20% desquamation) et 67.3% des signes neurologiques dont maux de tête.

La fatigue a été rapportée chez 83,7 % des cas. L'ensemble des travailleurs a signalé que ces signes étaient ressentis après l'embauche et donc tous liés à l'exposition aux produits chimiques dans les stations-service. Environ 69% des répondants ont indiqué que l'ancienneté de ces signes a dépassé les 10 ans, 19% ont estimé qu'ils sont présents depuis 5 ans et 11,9% les ressentent depuis 1 an ou moins.

Relativement au poste de travail, nous avons compté 87% des pompistes présentant des signes cliniques contre 11,6% et 2,3% des chefs d'équipe et des comptables respectivement. Cependant, la différence de la présence de ces signes cliniques n'était pas statistiquement significative ($p=0,621$). Mais leur manifestation était augmentée avec l'ancienneté du travail ; nous avons constaté une différence significative entre les anciens employés et les nouveaux recrutés (0,001).

Dans une étude réalisée dans les stations-service au Nigéria, les symptômes les plus courants parmi les travailleurs étaient les démangeaisons affectant 48,2 % et les maux de tête observés chez 22,4 % d'entre eux (135). Dans une autre étude Nigérienne, les problèmes de santé signalés par les préposés aux stations-service étaient les vomissements (13,4 %) et les nausées (14,9%) (136). Au Koweït, les travailleurs ont signalé des maux de tête (50 %), la dépression (40 %), la fatigue (25 %) et une irritation de la gorge (20 %) (117).

Chez les opérateurs de stations-service de la ville de Pontianak, en Indonésie, les résultats d'une étude ont montré que 50% d'entre eux ressentent un niveau élevé de fatigue au travail et que 26 % souffrent de troubles musculosquelettiques graves (137) .

Par ailleurs, les fumeurs ont représenté 57,1% contre 42,9% des non-fumeurs. Il se trouve que 59,2% de nos sujets d'études ne pratiquaient pas d'activité sportive ce qui a été expliqué par la fatigue accumulée pendant leurs heures de travail, ce qui les rend épuisés en rentrant chez eux.

Les symptômes cliniques étaient plus fréquents chez les fumeurs (53,5%) par rapport aux non-fumeurs (46,5%) et chez 60,5% de ceux ne pratiquant pas de sport que chez les sportifs (14%) mais sans différence significative pour le tabagisme et le sport.

Pour le dosage de monoxyde de carbone dans l'air expiré chez les travailleurs et qui est notre intérêt dans cette étude, nous avons noté une moyenne de $10,20 \pm 8,276$ ppm avec une valeur minimale de 1ppm et une valeur maximale de 27 ppm. Le Co-oxymètre utilisé nous a également affiché les valeurs de l'HbCO dont la moyenne était de $2,26 \pm 1,32$ % avec une valeur minimale de 0,79% et une valeur maximale de 4,95% chez l'ensemble de la population. On compare ces résultats avec les valeurs limites d'exposition professionnelle recommandés par exemple en France de 20 ppm (COE) on peut dire que la moyenne de ce paramètre était dans la norme déclarée, malgré qu'il y'a une valeur de 27 ppm qui a dépassé la limite.

Une étude similaire dans le Nigéria a montré que les concentrations moyennes de CO le matin ($15,4 \pm 2,1$ ppm) et l'après-midi ($11,6 \pm 1,4$ ppm) étaient significativement plus élevées que la limite de 9 ppm recommandée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et que la moyenne d'HbCO % ($11,1 \pm 2,6$) était significativement plus élevée que la limite de 2,5 % fixée par l'OMS (136).

Ces concentrations étaient différentes selon le statut tabagique des employés. En effet, chez les fumeurs, les teneurs en CO et en HbCO étaient de $16,04 \pm 6,25$ ppm et $3,19 \pm 1,00$ % respectivement tandis que chez les non-fumeurs elles étaient de $2,43 \pm 0,598$ ppm et $1,01 \pm 0,095$ % respectivement. Ces résultats concorde avec les données de la fiche technique du CO-Oxymètre (SmokerLyser®) qui indique qu'un taux inférieur à 6ppm (0,79% d'HBCO) est attribué aux non-fumeurs ; ainsi qu'un taux à partir de 11 ppm (2,39% de HBCO et plus) indique qu'il s'agit d'un fumeur.

La différence de ces concentrations par rapport au statut tabagique était significative ($p < 0,0001$). Ce résultat était attendu puisque les teneurs en CO et en HbCO sont plus élevées chez les fumeurs que les non-fumeurs.

En revanche, la moyenne du CO et de l'HbCO n'était pas statistiquement significative entre les différents postes de travail ($p=0,184$) ni en prenant en considération l'ancienneté du travail ($p=0,492$ et $p=0,364$). Cela veut dire que les pompistes n'avaient pas un taux significativement plus élevé de ces paramètres que les autres groupes des travailleurs.

Dans la présente étude, la concentration moyenne du CO chez les sujets présentant des signes cliniques était plus faible que chez ceux ne présentant pas de signes $9,91\pm 8,56$ ppm contre $12,33\pm 5,88$ ppm respectivement avec une différence non significative ($p=0,507$). De même, la concentration d'HbCO était légèrement plus faible chez les sujets présentant des signes cliniques que chez ceux n'ayant déclaré aucun signe $2,21\pm 1,37\%$ et $2,60\pm 0,94\%$ respectivement mais sans différence significative.

Cette observation pourrait être expliquée par le fait que 83,3% des sujets ne présentant pas de signes cliniques étaient des fumeurs ce qui suggère que les concentrations élevées du CO et de l'HbCO pourrait être liées au tabac.

Dans une étude comparative réalisée dans les grandes villes de Turquie, parmi les employés se plaignant de maux de tête chroniques et de fatigue, les niveaux moyens d'HbCO étaient de $2,7 \pm 2,3$ % au début de la journée de travail. À la fin de la journée, cette valeur avait augmenté pour atteindre $5,6 \pm 3,9$ % (138).

Au sujet de la protection, seulement 46,9% des employés dans notre étude ont utilisé régulièrement des équipements de protection individuelle (EPI) principalement les tenues (51%), les chaussures de sécurité (53,1%) mais 16,3% les ont utilisés rarement et 36,7% ne les ont jamais utilisés. Ces résultats sont alarmants car ils reflètent un comportement inapproprié des travailleurs malgré la disponibilité de ces EPI dans 98% des cas comme auto déclaré par ces mêmes individus.

Dans une étude Nigérienne comparative, les équipements les plus couramment utilisés étaient les salopettes (89,4 %) et les bottes (46,7 %). Le taux d'utilisation des EPI par les préposés dans les stations-service était variable selon les régions allant de 7 % à Uyo à 89,4 % à Aba. Leur disponibilité dépendait également des régions avec 75 % à Sokoto et 92 % à Kaduna. (135).

La majorité des travailleurs soit 83,7% dans notre étude ont pratiqué le lavage des mains ce qui contribue considérablement à la diminution des effets cutanés. Dans les stations-service

au Nigeria, le lavage des mains après un contact avec de l'essence était également important et observé chez 73,5 % des employés (135).

D'autres comportements dangereux ont été observés durant notre enquête comme le fait de fumer sur les lieux de travail chez 40,8%. Notre résultat est contradictoire par rapport à celui d'une étude Brésilienne sur les préposés aux stations-service et qui a montré une faible prévalence tabagique dans cette catégorie de professionnels probablement grâce à l'efficacité des campagnes de sensibilisation (133).

L'OMS a condamné le tabagisme dans les lieux publics et particulièrement dans les stations-service en raison du risque potentiels d'incendie associé au fait de fumer à proximité de matériaux inflammables (139).

Par ailleurs, 35 employés soit 71,4 % mangeaient sur leur lieu de travail (dans les bureaux), tandis que 14 employés (28,6 %) ne le font pas.

Selon nos observations sur les lieux de travail, les mesures de sécurité collective étaient respectées. Nous avons remarqué l'existence des extincteurs et des pictogrammes de sécurité.

Dans une étude comparative au Nigeria, les moyens de protection collective les plus courants étaient la signalisation d'interdiction de fumer, présente dans 92,4 % des cas (135).

Les réponses aux questions concernant l'examen médical périodique ont montré que 81,6% ont effectué cette procédure et 79,6% avaient subi des bilans sanguins. Malheureusement nous n'avons pas leurs résultats.

Notre résultat est très optimiste par rapport à celui d'une étude au Nigeria où seulement 4,2 % des travailleurs ont déclaré avoir subi un examen médical avant ou après leur emploi (140).

Dans notre étude sur les accidents de travail dans les stations-service, 38,8 % des employés étaient victimes d'accidents durant leur travail. Ils étaient plus fréquents chez les pompistes (89,5%) suivis par les chefs d'équipe (10,5%) alors qu'ils n'ont pas été recensés chez les comptables mais sans différence significative. Ces événements pourraient être liés à la non-utilisation des EPI mais nous n'avons pas trouvé de différence significative entre la survenue des accidents et le port des EPI. Des études plus longues et sur un plus grand échantillon peuvent donner d'autres conclusions.

Une étude réalisée auprès des employés de stations-service au Nigéria a montré que 59,5 % d'entre eux ont signalé des accidents (141).

Dans une étude réalisée en Fédération de Russie durant une décennie, une tendance à la hausse des accidents dans les stations-service a été enregistrée mettant en évidence les dangers associés au matériaux inflammables et aux équipements sous pression (142).

Au Ghana, une enquête menée auprès des pompistes a révélé que 88% d'entre eux ont déclaré que les incendies constituaient un danger important, en plus de l'inhalation de fumées nocives (143).

Les résultats de notre étude sur la connaissance des risques d'exposition chimique dans les stations-service ont montré que 69,4 % des travailleurs se disent informés de ces risques. En revanche, 8,2 % d'entre eux ne les connaissent pas et 22,4 % ont une connaissance partielle. Ceci nous paraît cohérent puisque 22,4% seulement des employés ont reçu une formation sur les risques chimiques, tandis que 77,6 % n'ont pas suivi de telle formation. La majorité des connaissances acquises semblent provenir de leur expérience professionnelle.

Les auteurs d'une étude Égyptienne ont rapporté que 64,3 % des travailleurs des stations-service avaient de bonnes connaissances et 35,7 % avaient un niveau de connaissance médiocre en matière de risques pour la santé au travail avec un taux de participation aux formations professionnelles était de 72,9 % (144).

Limite de l'étude :

Au cours de cette étude, les principales limites étaient :

1-Le faible nombre des participants : durant cette étude transversale descriptive nous avons interrogé seulement 49 sujets. Le nombre des travailleurs par station étant faible et certains d'entre eux n'étaient pas consentants.

2-Durée de l'étude : Ce type d'enquête doit être réalisé pendant une durée plus longue afin d'avoir des résultats plus concluants.

3-Les résultats d'examens complémentaires hemobiologiques ou biochimiques n'ont pas été disponibles.

Critères du jugement :

Les valeurs limites d'exposition professionnelle recommandés en France de 20 ppm (COE)

Les valeurs limites d'exposition professionnelle recommandés par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) :

Les concentrations moyennes de CO la limite est 9 ppm

La moyenne d'HbCO % la limite est 2,5 %

Conclusion

Conclusion

Cette étude réalisée sur un échantillon de 49 employés des stations-service de la wilaya de Tlemcen avait pour objectif de savoir les différents risques professionnels ainsi que le taux de monoxyde de carbone dans l'air expiré (COE), de carboxyhémoglobine (HbCO) chez eux

Nous avons conclu que la majorité des travailleurs sont des tabagiques bien qu'ils présentent une fréquence importante d'exposition journalière aux différentes substances chimiques là-bas (les carburants) ce qui augmente leur degré d'exposition au monoxyde de carbone. Néanmoins une majorité d'entre eux ne répond plus aux règles de protection soit l'utilisation des équipements de protection individuelle ou les simples gestes d'hygiène.

Le dosage de monoxyde de carbone à l'aide d'un CO-oxymètre (Smoker Lyser ®) nous a facilité de mesurer sa concentration présente dans le corps de ces employés, de nous informer sur leur degré d'intoxication également de leur consommation tabagique et la sévérité de leur exposition chronique au CO des carburants dans les stations-service .On a constaté après ce dosage réalisé sur deux groupes l'une des fumeurs et l'autre de non- fumeurs qu'il y'a un dépassement de la valeur limite de CO de 9.00 ppm qui est signalé par l'OMS et un COHb % proche de la limite 2.5% recommandé par l'OMS .

Une diminution modérée de COE / COHb chez le groupe de non –fumeurs minimale par rapport à celle des fumeurs cela implique que le tabac est un facteur aggravant de la toxicité en plus de l'exposition chronique au monoxyde de carbone .Les signes cliniques fréquents chez la plupart des travailleurs incluent la fatigue, les maux de tête, les démangeaisons et les vertiges. Cela indique une corrélation directe entre l'exposition chronique aux substances chimiques et au monoxyde de carbone (CO) des carburants dans cet environnement de travail.

Finalement, l'exposition chronique aux substances chimiques(carburant HAP ,BTEX) ainsi que le CO des carburants et de gaz d'échappement automobile dans les stations-services met en danger le pronostic vital des employés . La raison pour laquelle, on doit les sensibiliser sur ce danger et de prendre en considération les mesures de sécurité de travail et fait des formations sur les risques d'expositions dans les stations-services. Nous espérons que ce travail modeste aura sensibilisé le public en générale et les travailleurs des stations-service en principale sur le danger de l'exposition professionnelle aux substances chimiques là bas surtout pour les fumeurs qui nécessite un suivi médicale périodique.

Et nous espérons que cette étude sera approfondie et étendue par des recherches complémentaires, pour affiner les résultats obtenus.

Annexes



Enquête sur l'exposition professionnelle chez les travailleurs des stations de service à Tlemcen 2024.



1. INFORMATIONS SOCIO-DEMOGRAPHIQUES

Participant N° Nom et prénom : Sexe :

Homme Femme Age :ans Téléphone :

Adresse : Station :

Niveau d'étude : Primaire CEM Lycée Université Formation Aucun

Etat civil : Marié(e) Célibataire Divorcé(e) veuf (ve)

Tabagisme : Oui Non Type : Cigarettes Chicha Autre :

Nombre de cigarettes par jour : Ancienneté du tabagisme :ans Avez-vous

Continué à fumer Arrêté de fumer depuis < 1 mois Arrêté de fumer depuis 1 mois

Consommation : Drogues : Alcool Actuelle Arrêté depuis:.....

Activité sportive : Oui Non Souvent Rarement

Activité extraprofessionnelle : Oui Non Type d'activité :

2. INFORMATIONS SUR L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE

Poste actuel : Ancienneté du poste actuel :

Ancienneté du travail : 3- 6 mois 6mois-1 an 1-5 ans 5- 10 ans

(dans les stations) 10-15 ans 15 -20ans 20 -30 ans >30 an

Type d'exposition : Chimique Mécanique Sonore Autre :

Nature des substances : HAP Gaz

Autres :

Fréquence d'exposition : Journalière Hebdomadaire Nombre de fois :

Durée d'exposition : Rotation du poste : Oui Non

Port de moyens de protections : Oui Non Des fois

Fourniture des moyens de protection : Oui Non Des fois

Moyens de protection utilisés : Masque Gants Casque Tenue Lunettes

Chaussures Stop-Bruit Autre :

Lavage des mains : Oui Non Des fois

Fumez-vous sur le lieu du travail : Oui Non Des fois

Mangez ou buvez-vous sur le lieu du travail : Oui Non Des fois

Accident de travail : Oui Non **Type**
d'accident :

Cause :

Conséquences :

Profession antérieure : **Ancienneté**

.....

ATCD personnels : Respiratoire Cutané Hématologique Neurologique Digestif

Cancer Osseux Bucco dent HTA/cœur Diabète

Autre :

Nature des signes : Irritation Démangeaisons Rougeur Desquamation

Maux de tête Vertiges Troubles de concentration ou de mémoire

Fatigue pâleur Diarrhée/ constipation

Douleur : Autre :

.....

Ancienneté des signes :

Temps de latence entre le début du travail et l'apparition des
lésions :

Les lésions sont atténuées durant les congés, week-end : Oui Non

Les lésions sont aggravées par l'activité exercée : Oui Non

Traitement des lésions : Oui Non

lequel:

Efficacité du TRT : Oui Non

Examen médical périodique : Oui Non Des fois

Bilan périodique : Oui Non Des fois

Résultats :

Autres remarques ou

suggestions :

.....

Connaissez-vous les risques de exposition chimique dans les stations-services : oui non

peut-être

Est-ce que vous avez fait des formations sur les risques d'exposition dans les stations-services :

oui non

Bibliographies

1. Hilpert M, Mora BA, Ni J, Rule AM, Nachman KE. Hydrocarbon Release During Fuel Storage and Transfer at Gas Stations: Environmental and Health Effects. *Curr Envir Health Rpt.* 1 déc 2015;2(4):412-22.
2. Frequently Asked Questions (FAQs) - U.S. Energy Information Administration (EIA) [Internet]. [cité 14 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php>
3. Exposure to BTEX and Ethers in Petrol Station Attendants and Proposal of Biological Exposure Equivalents for Urinary Benzene and MTBE | *Annals of Work Exposures and Health* | Oxford Academic [Internet]. [cité 18 avr 2024]. Disponible sur: <https://academic.oup.com/annweh/article/60/3/318/2196155>
4. Qafisheh N, Mohamed OH, Elhassan A, Ibrahim A, Hamdan M. Effects of the occupational exposure on health status among petroleum station workers, Khartoum State, Sudan. *Toxicology Reports.* 1 janv 2021;8:171-6.
5. Kuranchie: Occupational exposure of benzene, toluene,... - Google Scholar [Internet]. [cité 18 avr 2024].
6. *Operating And Maintaining Underground Storage Tank Systems.* 2016;
7. Johnson OE, Umoren QM. Assessment of occupational hazards, health problems and safety practices of petrol station attendants in Uyo, Nigeria. *Journal of Community Medicine and Primary Health Care.* 22 mars 2018;30(1):47-57.
8. Risk assessment of workers' exposure to BTEX and hazardous area classification at gasoline stations | *PLOS ONE* [Internet]. [cité 14 avr 2024]. Disponible sur: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0249913>
9. Derbazi D, Smaal H. Contrôle et diagnostic des risques industriels des installations et équipements électromécaniques Cas de la cimenterie de Elmalabiod Tébessa [Internet] [Thesis]. 2023 [cité 19 avr 2024]. Disponible sur: <http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/http://localhost:8080/jspui/handle/123456789/10721>
10. Ahmadi Z, Moradabadi A, Abdollahdokht D, Mehrabani M, Nematollahi MH. Association of environmental exposure with hematological and oxidative stress alteration in gasoline station attendants. *Environ Sci Pollut Res.* 1 juill 2019;26(20):20411-7.
11. Rekhadevi PV, Mahboob M, Rahman MF, Grover P. Determination of genetic damage and urinary metabolites in fuel filling station attendants. *Environ Mol Mutagen.* mai 2011;52(4):310-8.
12. Restructuration de l'espace autour des stations-services dans la commune de Yopougon (Côte d'Ivoire) | *Revue Resol-Tropiques* [Internet]. [cité 14 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.publication.georesbio.org/index.php/rirt/article/view/95>
13. Aumar Nadia .pdf.
14. Arezki D, Lynda H, Djamila SAA, Nadia LAS, Abdelmalek C. Impact de la pollution du sol aux hydrocarbures sur la flore et la pédofaune dans quelques stations- services de la Wilaya de Tizi-Ouzou.
15. Department of Environment and Climate Change. (2008). Environmental Action for service stations. Department of Environment and Climate Change (NSW). epa.nsw.gov.au/resources/clm/2008552ServStations.pdf - Recherche Google [Internet].

16. l'environnement l A de. FR [Internet]. 2018 [cité 16 avr 2024]. Disponible sur: <http://aev.gouvernement.lu/fr.html>
17. Investir dans la santé mentale [Internet]. [cité 19 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/publications-detail/9241562579>
18. Benhania A, Aboub A. Analyse des risques industriels d'une station de service [Internet] [Thesis]. UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA; 2021 [cité 19 avr 2024]. Disponible sur: <http://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/29341>
19. Santé et sécurité au travail - INRS [Internet]. [cité 20 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.inrs.fr/>
20. Blaidi N, Azizen A. Optimisation de la distribution du carburant au sein de l'entreprise NAFTAL de Tizi-Ouzou [Internet] [PhD Thesis]. UMMTO; 2018 [cité 20 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.ummo.dz/dspace/bitstream/handle/ummo/2548/Blaidi,%20Nabil.pdf?sequence=1>
21. Mohsin M, Yin H, Huang W, Zhang S, Zhang L, Mehak A. Evaluation of Occupational Health Risk Management and Performance in China: A Case Study of Gas Station Workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. janv 2022;19(7):3762.
22. Jeannot R, Lemièrre B, Chiron S. GUIDE MÉTHODOLOGIQUE POUR L'ANALYSE DES SOLS POLLUÉS.
23. Saad D, Dendani T. Les effets des hydrocarbures sur quelques propriétés chimiques et biologiques du sol. Cas de la station-service de Fréha [Internet]. Université Mouloud Mammeri; 2017 [cité 16 avr 2024]. Disponible sur: <https://dspace.ummo.dz/handle/ummo/2891>
24. COLIN F., 2000. Pollution des sols et sous-sols par les hydrocarbures et par les solvants colorés. Académie des sciences. - Recherche Google [Internet].
25. Introduction à la chimie organique Hart/Conia - Anne-Marie... - Librairie Eyrolles [Internet]. [cité 16 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.eyrolles.com/Sciences/Livre/introduction-a-la-chimie-organique-hart-conia-9782100487714/>
26. Élie F. Les hydrocarbures. [cité 17 avr 2024]; Disponible sur: https://www.researchgate.net/profile/Frederic-Elie-2/publication/366311359_Les_hydrocarbures/links/639b89d0095a6a77743085d0/Les-hydrocarbures.pdf
27. Scribd [Internet]. [cité 17 avr 2024]. OUAHBI - Hicham - Rapport - Les Trois Grandes Classes de Procédés Pétrochimiques | PDF | Benzène | Catalyse. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/doc/112867519/OUAHBI-Hicham-Rapport-Les-trois-grandes-classes-de-procedes-petrochimiques>
28. Zahra M, Amina T. Suivi de la qualité de trois carburants de la raffinerie RA1K et modélisation QSPR de quelques propriétés physique et thermodynamique des hydrocarbures aliphatiques. [Internet]. Université 08 Mai 1945 de Guelma; 2023 juin [cité 17 avr 2024]. Disponible sur: <http://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/14772>
29. Pimsee P. Étude du comportement des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) lors du déversement accidentel d'hydrocarbures en eaux continentales [Internet] [phdthesis]. Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT; 2014 [cité 19 avr 2024]. Disponible sur: <https://theses.hal.science/tel-04261957>

30. Nait Abdelkader S, Djenad M. Essai de remédiation d'un sol pollué aux hydrocarbures par biostimulation cas des stations-service [Internet]. Université Mouloud Mammeri; 2015 [cité 17 avr 2024]. Disponible sur: <https://dspace.ummtto.dz/handle/ummtto/2275>
31. Ouedraogo R. Caractéristiques physico-chimiques de sols pollués par les hydrocarbures. Cas de la station-service de Bouzeguène [Internet]. Université Mouloud Mammeri; 2022 [cité 18 avr 2024]. Disponible sur: <https://dspace.ummtto.dz/handle/ummtto/22668>
32. SAADAA., NOWAK C, et COQUEREAU N., 2005. Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures rapport intermédiaire résultat de la phase 1. - Recherche Google [Internet]. [cité 16 avr 2024].
33. Bourkache R, Boussenou N. Essai de phytoremediation in-situ et exsitu d'un sol pollué par les hydrocarbures. Cas des stations services [Internet]. Université Mouloud Mammeri; 2015 [cité 3 avr 2024]. Disponible sur: <https://dspace.ummtto.dz/handle/ummtto/2166>
34. Amélioration du qualité de l'essence (nombre d'octane) A la Raffinerie d'adRAR ADRAR RA1D - Recherche Google [Internet]. [cité 30 juill 2024].
35. Ammar L, Hamri L. Analyse des moyens de transport du carburant : cas NAFTAL Oued-Aissi Tizi-Ouzou [Internet]. Université Mouloud Mammeri; 2019 [cité 25 avr 2024]. Disponible sur: <https://dspace.ummtto.dz/handle/ummtto/16962>
36. Teklu G, Negash M, Asefaw T, Tesfay F, Gebremariam G, Teklehaimanot G, et al. Effect of Gasoline Exposure on Hematological Parameters of Gas Station Workers in Mekelle City, Tigray Region, Northern Ethiopia. *Journal of Blood Medicine*. 16 sept 2021;12:839-47.
37. Geraldino BR, Nunes RFN, Gomes JB, Da Poça KS, Giardini I, Silva PVB, et al. Evaluation of Exposure to Toluene and Xylene in Gasoline Station Workers. Silva DAS, éditeur. *Advances in Preventive Medicine*. 20 mai 2021;2021:1-10.
38. Catalytic oxidation of ethylbenzene: kinetic modeling, mechanism, and implications. *Chemical Papers* [Internet]. 15 oct 2021 [cité 4 août 2024];1-14. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/catalytic-oxidation-of-ethylbenzene-kinetic-modeling-2zcw5om833>
39. Ascorbic acid attenuates gasoline-induced testicular toxicity, sperm quality deterioration, and testosterone imbalance in rats. *Toxicology and Industrial Health* [Internet]. 10 avr 2024 [cité 4 août 2024];7482337241245154-7482337241245154. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/ascorbic-acid-attenuates-gasoline-induced-testicular-3j0vvmgsom>
40. MALAININE CM. Désulfuration du Gasoil Algérien Selon les Nouvelles Normes Européennes. 2011 [cité 4 août 2024]; Disponible sur: <http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/123456789/15390/MALAININE%20Cheikh%20Malainine.pdf?sequence=1>
41. Habert C, Garnier R. Effets sur la santé des émissions des moteurs diesel : revue des connaissances. *Revue des Maladies Respiratoires* [Internet]. févr 2015 [cité 31 juill 2024];32(2):138-54. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0761842514003672>
42. Neurotoxicity of Diesel Exhaust Particles. *Journal of Alzheimer's Disease* [Internet]. 20 août 2022 [cité 31 juill 2024];89(4):1263-78. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/neurotoxicity-of-diesel-exhaust-particles-t3honlt4>

43. Akretche S. The increasing role of LPG and natural gas as transportation fuels in Algeria. In: World Petroleum Congress [Internet]. WPC; 2008 [cité 12 mai 2024]. p. WPC-19. Disponible sur: <https://onepetro.org/WPCONGRESS/proceedings-abstract/WPC19/All-WPC19/172893>
44. Taibi Y, Chadli M, Ziane M. Examining the potential of damage in threat zones around LPG storage sphere in Hassi R'Mel city, Algeria. *International journal of disaster resilience in the built environment*. 2023;14(3):301-13.
45. Akpan E, Moffat I, Abara U. Analytical data on respiratory symptoms and pulmonary impairments due to exposure to non-combusted liquefied petroleum gas. *Data in Brief*. 1 juin 2021;36:107106.
46. McKee RH, Herron D, Saperstein M, Podhasky P, Hoffman GM, Roberts L. The Toxicological Properties of Petroleum Gases. *Int J Toxicol* [Internet]. janv 2014 [cité 4 août 2024];33(1_suppl):28S-51S. Disponible sur: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1091581813504225>
47. Sci-Hub | Toxicological and ecotoxicological properties of gas-to-liquid (GTL) products. 1. Mammalian toxicology. *Critical Reviews in Toxicology*, 47(2), 121–144 | 10.1080/10408444.2016.1214676 [Internet]. [cité 4 août 2024]. Disponible sur: <https://sci-hub.st/https://www.doi.org/10.1080/10408444.2016.1214676>
48. Ismail AU, Ibrahim SA, Gambo MD, Muhammad RF, Badamasi MM, Sulaiman I. Impact of differential occupational LPG exposure on cardiopulmonary indices, liver function, and oxidative stress in Northwestern city of Nigeria. *Science of The Total Environment*. 1 mars 2023;862:160881.
49. Portail national de signalement des thèses [Internet]. [cité 24 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.pnst.cerist.dz/detail.php?id=874468>
50. PubChem. Benzene [Internet]. [cité 31 juill 2024]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/241>
51. Chaiklieng S, Pimpasaeng C, Suggaravetsiri P. Assessment of Benzene Exposures in the Working Environment at Gasoline Stations. *EnvironmentAsia* [Internet]. 2015 [cité 21 avr 2024];8(2).
52. Karakitsios SP, Papaloukas CL, Kassomenos PA, Pilidis GA. Assessment and prediction of exposure to benzene of filling station employees. *Atmospheric Environment*. 1 déc 2007;41(40):9555-69.
53. Gordian ME, Stewart AW, Morris SS. Evaporative Gasoline Emissions and Asthma Symptoms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. août 2010;7(8):3051-62.
54. Chaiklieng, Suggaravetsiri, Autrup. Risk Assessment on Benzene Exposure among Gasoline Station Workers. *IJERPH*. 16 juill 2019;16(14):2545.
55. Snyder R. OVERVIEW OF THE TOXICOLOGY OF BENZENE. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* [Internet]. 10 nov 2000 [cité 28 avr 2024]; Disponible sur: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00984100050166334>
56. 111-113MTAUGER1003.pdf [Internet]. [cité 31 juill 2024]. Disponible sur: <https://lemedecinduquebec.org/Media/78475/111-113MTAUGER1003.pdf>
57. Smith MT. Advances in Understanding Benzene Health Effects and Susceptibility. *Annual Review of Public Health*. 21 avr 2010;31(Volume 31, 2010):133-48.

58. Fenga C, Gangemi S, Giambò F, Tsitsimpikou C, Golokhvast K, Tsatsakis A, et al. Low-dose occupational exposure to benzene and signal transduction pathways involved in the regulation of cellular response to oxidative stress. *Life Sci.* 15 févr 2016;147:67-70.
59. Cruz LPS, Alve LP, Santos AVS, Esteves MB, Gomes ÍVS, Nunes LSS. Assessment of BTEX Concentrations in Air Ambient of Gas Stations Using Passive Sampling and the Health Risks for Workers. *Journal of Environmental Protection.* 2017;08(01):12.
60. Rekhadevi PV, Rahman MF, Mahboob M, Grover P. Genotoxicity in filling station attendants exposed to petroleum hydrocarbons. *Ann Occup Hyg.* nov 2010;54(8):944-54.
61. Berrekbia MT, Medaci O. Élimination du benzène, toluène et composé phénolés à partir de l'eau usée industrielle: synthèse bibliographique [Internet] [Thesis]. Université Kasdi Merbah Ouargla; 2023 [cité 30 juill 2024]. Disponible sur: <http://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/33696>
62. PubChem. Toluene [Internet]. [cité 31 juill 2024]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1140>
63. CHAIB PS. HYDROCARBURES AROMATIQUES BENZENE ET HOMOLOGUES SUPERIEURS DU BENZENE. [cité 30 juill 2024];
64. Carnicer MVP. La pollution ponctuelle des sols: Le cas des stations-service dans la Région de Bruxelles-Capitale. Éditions universitaires européennes; 2013.
65. Negraia G. Impact écotoxicologique des hydrocarbures monoaromatiques dans l'environnement au Canada. Université de Sherbrooke Centre universitaire de formation en environnement Essais et mémoires [Internet]. 2010 [cité 4 août 2024]; Disponible sur: <https://core.ac.uk/download/pdf/51340156.pdf>
66. PubChem. Ethylbenzene [Internet]. [cité 31 juill 2024]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7500>
67. de l'Anses A. L'éthylbenzène. 2016 [cité 30 juill 2024]; Disponible sur: <https://anses.fr/fr/system/files/AIR2013SA0136Ra.pdf>
68. PubChem. m-Xylene [Internet]. [cité 31 juill 2024]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7929>
69. Excrétion de composés organiques volatils inchangés (toluène, éthylbenzène, xylène et mésitylène) dans l'urine suite à une exposition expérimentale de volontaires humains | Demander un PDF [Internet]. [cité 4 mai 2024]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/6159743_Excretion_of_unchanged_volatile_organic_compounds_toluene_ethylbenzene_xylene_and_mesitylene_in_urine_as_result_of_experimental_human_volunteer_exposure
70. P D, M B, Jm F, C A, C L. Biological monitoring of exposure to solvents using the chemical itself in urine: application to toluene. *International archives of occupational and environmental health* [Internet]. janv 2008 [cité 4 mai 2024];81(3). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17605034/>
71. Geraldino BR, Nunes RFN, Gomes JB, Da Poça KS, Giardini I, Silva PVB, et al. Evaluation of Exposure to Toluene and Xylene in Gasoline Station Workers. Silva DAS, éditeur. *Advances in Preventive Medicine.* 20 mai 2021;2021:1-10.
72. MEMOIRE.pdf.

73. Ding S, Hall MB. The Rich Structural Chemistry Displayed by the Carbon Monoxide as a Ligand to Metal Complexes. In: Mingos DMP, éditeur. The Chemical Bond I [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2016 [cité 30 juill 2024]. p. 199-248. (Structure and Bonding; vol. 169). Disponible sur: https://link.springer.com/10.1007/430_2015_208
74. TOXICOLOGICAL PROFILE FOR.pdf.
75. VLEP2007sa0422Ra.pdf.
76. Гребенюк АН, Быков ВН. Оксид углерода: механизм токсического действия, патогенез и клинические проявления острой интоксикации. Токсикологический вестник [Internet]. 18 juill 2021 [cité 3 mai 2024];0(3):4-9. Disponible sur: <https://www.toxreview.ru/jour/article/view/423>
77. tp201.pdf [Internet]. [cité 30 juill 2024]. Disponible sur: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp201.pdf>
78. Benaissa ML, Baud FJ. Relation entre la carboxyhémoglobine, la sévérité immédiate et le pronostic de l'intoxication oxycarbonée aiguë. Réanimation Urgences [Internet]. mai 1999 [cité 2 août 2024];8(3):231-41. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1164675699801200>
79. Robin E, Haddad E, Vallet B. Le monoxyde d'azote inhalé en période périopératoire et en réanimation. Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation [Internet]. juill 2002 [cité 30 juill 2024];21(7):581-90. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0750765802006779>
80. Ismail - Miniaturized devices for bioanalysis case of nitr.pdf.
81. Kouacem S. Une étude théorique de la production d'essence (une étude comparative) [Internet] [Thesis]. Université KASDI-MERBAH Ouargla; 2021 [cité 16 févr 2024]. Disponible sur: <http://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/29386>
82. B. A, Delrue N, Pichard A. Acute toxicity thresholds for sulfur dioxide - Seuils de toxicité aigus pour le dioxyde de soufre. 2005.
83. Sulphur Dioxide (SO₂) - Uses, Structure, Preparation & Properties [Internet]. [cité 1 août 2024]. Disponible sur: <https://byjus.com/chemistry/sulphur-dioxide/>
84. Maciel LA, Feitosa SB, Trolly TS, Sousa AL. Avaliação dos efeitos genotóxicos da exposição ocupacional em frentistas atuantes em postos de gasolina no município de Santarém, Pará. Rev bras med trab. 2019;247-53.
85. Morel J. Mise en place d'une démarche d'Évaluation du Risque Chimique [Internet] [other]. SERAMM, 35 boulevard du capitaine Gèze, 13015 Marseille; 2017 [cité 21 avr 2024]. p. 38. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01614503>
86. VLEP2007sa0422Ra.pdf [Internet]. [cité 8 juill 2024]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/VLEP2007sa0422Ra.pdf>
87. Method for detecting concentration of carbon monoxide in air [Internet]. 2019 [cité 1 août 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/method-for-detecting-concentration-of-carbon-monoxide-in-air-49xu3llos4>
88. Chovin - 1974 - Le monoxyde de carbone This paper was presented.pdf.

89. Analyseur de gaz à infrarouge non dispersif | Contact FUJI ELECTRIC FRANCE SAS [Internet]. [cité 1 août 2024]. Disponible sur: <https://www.usinenouvelle.com/expo/analyseur-de-gaz-a-infrarouge-non-dispe-p426712993.html>
90. Tropis C. Analyse et Optimisation des performances d'un capteur de gaz à base de SnO₂ nanoparticulaire: Application à la détection de CO et CO₂.
91. Techni-Contact.com. Détecteur monoxyde de carbone professionnel : Commandez sur Techni-Contact - Contrôle monoxyde de carbone [Internet]. [cité 8 août 2024]. Disponible sur: <https://www.techni-contact.com/produits/227153-10106938-detecteur-de-monoxyde-de-carbone.html>
92. Condorchem Enviro Solutions [Internet]. [cité 1 août 2024]. Oxydation catalytique pour l'élimination des COV. Disponible sur: <https://condorchem.com/fr/oxydation-catalytique/>
93. Diagramme de décomposition thermique de l'oxyde de mercure. Diagramme vectoriel pour une utilisation pédagogique Image Vectorielle Stock - Alamy [Internet]. [cité 1 août 2024]. Disponible sur: <https://www.alamyimages.fr/photo-image-diagramme-de-decomposition-thermique-de-l-oxyde-de-mercure-diagramme-vectoriel-pour-une-utilisation-pedagogique-135941975.html>
94. Rapid Changes in CO Concentration Levels at Seven Roadside Locations in Seoul before and after 2000. Asian journal of atmospheric environment [Internet]. 1 juin 2010 [cité 8 août 2024];4(1):26-32. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/rapid-changes-in-co-concentration-levels-at-seven-roadside-1uhfyqjog5>
95. FicheTox_47.pdf.
96. Méthode de détermination de la teneur en oxyde d'azote dans l'air par spectrométrie d'absorption alcaline-Raman (2016) | Luo Guipai | 1 Citations [Internet]. [cité 3 août 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/method-for-determining-content-of-nitrogen-oxide-in-air-1iq5qzlvub>
97. Spectrophotometric Determination of Nitrogen Oxides in the Air with 2-N-Ethyl-5-Naphthol-7-Sulfonic Acid. Journal of Applied Spectroscopy [Internet]. 25 sept 2017 [cité 3 août 2024];84(4):639-45. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/spectrophotometric-determination-of-nitrogen-oxides-in-the-3w15osx5tz>
98. dioxyde d'azote | NO₂ | 10102-44-0 – Détecteurs et équipements de protection – Dräger VOICE [Internet]. [cité 8 août 2024].
99. Method and device for measuring the concentration of nitrogen monoxide in the respiratory air of a patient [Internet]. 2014 [cité 3 août 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/method-and-device-for-measuring-the-concentration-of-3s54c7hpd8>
100. Determination method of sulfur dioxide gas content in air (2019) | Zheng Heya [Internet]. [cité 3 août 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/determination-method-of-sulfur-dioxide-gas-content-in-air-2cyw8vavs6>
101. Soleimani E. Benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene: Current analytical techniques and approaches for biological monitoring. Reviews in Analytical Chemistry. 1 janv 2020;39(1):168-87.
102. Lapostolle F, Raynaud PJ, Le Toumelin P, Benaissa A, Agostinucci JM, Adnet F, et al. Intérêt du dosage du monoxyde de carbone dans l'air expiré au cours de la prise en charge préhospitalière des intoxications oxycarbonées. Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation [Internet].

- janv 2001 [cité 2 août 2024];20(1):10-5. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0750765800003403>
103. F T. Toxicologie médicale professionnelle et environnementale. = 5e édition. [Internet]. Editions Eska. Paris; 2018 [cité 8 juill 2024]. Disponible sur: <https://portaildocumentaire.inrs.fr/Default/doc/SYRACUSE/520073/toxicologie-medicale-professionnelle-et-environnementale-5e-edition>
104. Ayres DA. Pulse Oximetry and CO-Oximetry. In: Burkitt Creedon JM, Davis H, éditeurs. Advanced Monitoring and Procedures for Small Animal Emergency and Critical Care [Internet]. 1^{re} éd. Wiley; 2012 [cité 8 août 2024]. p. 274-85. Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118997246.ch21>
105. Analyseur de monoxyde de carbone piCO | Securimed [Internet]. [cité 8 août 2024]. Disponible sur: <https://www.securimed.fr/analyseur-monoxyde-carbone-pico.html>
106. chovin1974.pdf.
107. Masimo - Rad-57 [Internet]. [cité 1 août 2024]. Disponible sur: <https://www.masimo.fr/products/continuous/rad57/>
108. Zanaboni M, Roda G, Arnoldi S, Casagni E, Gambaro V, Dei Cas M. Comparison of Different Analytical Methods for the Determination of Carbon Monoxide in Postmortem Blood. Journal of Forensic Sciences [Internet]. mars 2020 [cité 8 août 2024];65(2):636-40. Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1556-4029.14206>
109. Comparison of Spectrophotometric Methods for the Determination of Carboxyhemoglobin in Postmortem Blood. Journal of Analytical Toxicology [Internet]. 17 sept 2021 [cité 14 août 2024];45(8):885-91. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/comparison-of-spectrophotometric-methods-for-the-ba2zf5fc1q>
110. Electrochemical carbon monoxide sensor (2011) | Fulong Zhu | 2 Citations [Internet]. [cité 14 août 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/electrochemical-carbon-monoxide-sensor-1s95q83ekp>
111. Woolfenden E. Sorbent-based sampling methods for volatile and semi-volatile organic compounds in air: Part 1: Sorbent-based air monitoring options. Journal of Chromatography A. 16 avr 2010;1217(16):2674-84.
112. A B, A JJ, Hossein M. ENVIRONMENTAL EXPOSURE TO XYLENES IN DRIVERS AND PETROL STATION WORKERS BY URINARY METHYLHIPURIC ACID. 1 janv 2008;8(2):61-8.
113. Knecht U, Reske A, Weitowitz HJ. Biological monitoring of standardized exposure to ethylbenzene: evaluation of a biological tolerance (BAT) value. Arch Toxicol. 1 févr 2000;73(12):632-40.
114. Scheepers PTJ, de Werdt L, van Dael M, Anzion R, Vanoirbeek J, Duca RC, et al. Assessment of exposure of gas station attendants in Sri Lanka to benzene, toluene and xylenes. Environmental Research. 1 nov 2019;178:108670.
115. Allahabady A, Yousefi Z, Ali Mohammadpour Tahamtan R, Payandeh Sharif Z. Measurement of BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene and xylene) concentration at gas stations. Environ Health Eng Manag [Internet]. 2 janv 2022 [cité 8 août 2024];9(1):23-31. Disponible sur: <https://ehemj.com/article-1-874-en.html>

116. Bahrami AR, Jafari AJ, Ahmadi H, Mahjub H. Comparison of Benzene Exposure in Drivers and Petrol Stations Workers by Urinary trans,trans-Muconic Acid in West of Iran. *Ind Health*. 2007;45(3):396-401.
117. Al-Harbi M, Alhajri I, AlAwadhi A, Whalen JK. Health symptoms associated with occupational exposure of gasoline station workers to BTEX compounds. *Atmospheric Environment*. nov 2020;241:117847.
118. Composés organiques volatils dans l'air expiré comme outil de diagnostic de l'asthme chez les enfants - Dallinga - 2010 - Allergie clinique et expérimentale - Bibliothèque en ligne Wiley [Internet]. [cité 31 juill 2024]. Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2222.2009.03343.x>
119. Olmos V, Lenzken SC, López CM, Villaamil EC. High-Performance Liquid Chromatography Method for Urinary trans, trans-Muconic Acid. Application to Environmental Exposure to Benzene. *Journal of Analytical Toxicology*. 1 mai 2006;30(4):258-61.
120. Ulasan TS. Chromatographic determination of toluene and its metabolites in urine for toluene exposure—a review. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 2016;20(2):205-23.
121. Djafer R, Touati K, Benchaar M, Aoucheri W, Chapuis F, Azzouz M. L'exposition au benzène des ouvriers de la cokerie du complexe sidérurgique d'Annaba (Algérie). *Environnement, Risques & Santé*. 2007;6(1):37-41.
122. Chaiklieng S, Suggaravetsiri P, Autrup H. Biomatrix of health risk assessment of benzene-exposed workers at Thai gasoline stations. *J Occup Health*. janv 2021;63(1):e12307.
123. Análise simultânea dos indicadores biológicos de exposição aos solventes etilbenzeno, estireno, tolueno e xileno na urina por clae-uv. *Química Nova*. 15 juill 2016;39(9):1131-5.
124. TH.M.GM.FR.2019.22.pdf [Internet]. [cité 23 avr 2024]. Disponible sur: <http://dspace.univ-tiaret.dz/bitstream/123456789/3398/1/TH.M.GM.FR.2019.22.pdf>
125. The significance of environmental and biological monitoring in workers employed in service stations after the elimination of tetraethyl lead from gasoline. *Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia*. 1 avr 2005;27(2):137-53.
126. Protective device for use in service station for preventing false refueling in diesel tank of motor car, has warning/alarm unit switchable with sensor, where sensor detects chemical characteristic of volatile gases of medium in tank [Internet]. 2013 [cité 22 juill 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/protective-device-for-use-in-service-station-for-preventing-383rpfmi9l>
127. Hazardous materials spillage inhibitor for use with service station fuel filters [Internet]. 1991 [cité 22 juill 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/hazardous-materials-spillage-inhibitor-for-use-with-service-1n54gkLf7>
128. Sayah Y, Nouaour M. Les risques liés à l'utilisation des produits chimiques dans l'industrie pétrolière: étude de cas Centre de traitement des huiles - HBK [Internet] [Thesis]. 2017 [cité 28 avr 2024]. Disponible sur: <http://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/17380>
129. Medidas de protección utilizadas por los expendedores de combustibles de las estaciones de servicio de la ciudad de Loja. [Internet]. 2018 [cité 22 juill 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/medidas-de-proteccion-utilizadas-por-los-expendedores-de-16y7vo3qop>
130. Normand JC, Durand C, Delafosse B. L'intoxication aiguë au monoxyde de carbone : un risque professionnel persistant. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*

- [Internet]. juin 2011 [cité 8 juill 2024];72(3):240-5. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S177587851100066X>
131. You Ren. Comparative study of service industry pattern college education in France and China. In: 2011 International Conference on Electric Information and Control Engineering [Internet]. Wuhan, China: IEEE; 2011 [cité 16 août 2024]. p. 1245-8. Disponible sur: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5777276/>
132. (Open Access) Health Risk Assessment of Chemical Exposure of Workers at Gas Stations in Mueng District, Khon Kaen Province (2015) | Saichon Praengkrathok | 3 Citations [Internet]. [cité 18 août 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/health-risk-assessment-of-chemical-exposure-of-workers-at-4zuwcsjn3l>
133. Santiago F, Alves G, Otero UB, Tabalipa MM, Scherrer LR, Kosyakova N, et al. Monitoring of gas station attendants exposure to benzene, toluene, xylene (BTX) using three-color chromosome painting. *Mol Cytogenet* [Internet]. déc 2014 [cité 17 août 2024];7(1):15. Disponible sur: <https://molecularcytogenetics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1755-8166-7-15>
134. (Open Access) The Correlation Between Length of Work and Nasal Mucociliary Transport Time of Gas/Fuel Station Workers. (2018) | Bambang Udji Djoko Rianto | 6 Citations [Internet]. [cité 18 août 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/the-correlation-between-length-of-work-and-nasal-mucociliary-45zdyzq4y8>
135. Anigilaje EA, Nasir ZA, Walton C. Exposure to benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) at Nigeria's petrol stations: a review of current status, challenges and future directions. *Front Public Health* [Internet]. 25 mars 2024 [cité 19 août 2024];12. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2024.1295758/full>
136. Ana GREE, Oni TM, Shendell DG. Carbon Monoxide Exposure and Reported Health Conditions Among Filling Station Attendants in Ibadan, Nigeria. | *Journal of Environmental Health* | EBSCOhost [Internet]. Vol. 83. 2020 [cité 20 août 2024]. p. 26. Disponible sur: <https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:144343516?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:144343516>
137. Work fatigue and musculoskeletal disorders in gas station operators in Pontianak city, Indonesia. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* [Internet]. 24 mai 2024 [cité 18 août 2024];1-5. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/work-fatigue-and-musculoskeletal-disorders-in-gas-station-28e0ven4gz>
138. Topacoglu H, Katsakoglou S, Ipekci A. Effect of exhaust emissions on carbon monoxide levels in employees working at indoor car wash facilities. *Hippokratia*. 2014;18(1):37-9.
139. Qui a dit que le tabac était mauvais pour la santé ? QUI ! (1986) | Phil Gunby | 3 citations [Internet]. [cité 19 août 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/who-says-tobacco-s-bad-for-health-who-2gr55ahaiq>
140. Johnson OE, Umoren QM. Assessment of occupational hazards, health problems and safety practices of petrol station attendants in Uyo, Nigeria. *Journal of Community Medicine and Primary Health Care*. 22 mars 2018;30(1):47-57.
141. Yin Y, Tan X, Fan J. Occupational fatigue and health of gas station workers: A review. *Work*. 1 janv 2023;76(2):707-26.

142. Statistical analysis of accidents at filling stations (2023) | G. K. Ivakhnyuk [Internet]. [cité 19 août 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/statistical-analysis-of-accidents-at-filling-stations-30ukxit6>
143. (PDF) Health and safety in high-risk work environments: A study of fuel service stations in Ghana - (2015) | Isaac Monney | 15 Citations [Internet]. [cité 19 août 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/health-and-safety-in-high-risk-work-environments-a-study-of-4v1j165mjx>
144. Goda SM, Mohamed AA, Khalaf SA. Environmental Safety, Stress Levels and Gas Stations' Workers' Knowledge, Attitude and Practices Regarding Occupational Health Hazards. *Tanta Scientific Nursing Journal*. 2023;31(4):129-51.

Résumé :

Les carburants sont l'une des principales sources, en plus du tabagisme du monoxyde de carbone (CO) toxique qui a un effet nocif sur la capacité physique ainsi que des troubles biologiques de l'être humain d'une façon générale et les travailleurs des stations-service d'une façon principale. L'objectif de cette étude transversal descriptive mené de Avril à Juin 2024 était de décrire les risques d'exposition chimique chez les travailleurs des stations-service dans la wilaya de Tlemcen surtout le taux de monoxyde de carbone dans l'air expiré (COE). **Résultats :** Parmi les 49 sujets inclus avec une moyenne d'âge de 43.02 ± 9.146 on a marqué deux groupes l'une des fumeurs et l'autre de non-fumeurs la moyenne de COE chez les deux groupes était de $10.20 \text{ ppm} \pm 8.276$ et de HbCO $2.26 \% \pm 1.32$ avec une valeur maximal de COE chez le groupe des fumeurs 27 ppm ; il y'a une corrélation entre le COE et HbCO également l'exposition aux carburant dans les stations-service aussi bien avec le tabac, dont on a observé une augmentation significative des signes cliniques chez 87.8% des travailleurs avec une prévalence de fatigue et maux de tête soit $83.7 \% - 67.3\%$ successivement . **Conclusion :** l'exposition chronique des employés des stations-service aux substances chimiques combustibles augmente chez eux le risque d'intoxication au monoxyde de carbone

Mots clés : employés des stations-services, expositions professionnels, risques chimique, monoxyde de carbone

Abstract :

Fuels are one of the main sources, in addition to smoking of carbon monoxide (CO) toxic that has a harmful effect on the physical capacity as well as biological disorders of the human being in general and the workers of service stations in a main way . The objective of this cross-sectional descriptive study conducted from April to June 2024 was to describe the chemical exposure risk among gas station workers in the wilaya of Tlemcen, especially the carbon monoxide level in exhaled air (COE). **Results:** Among the 49 subjects included with an average age of 43.02 ± 9.146 two groups were marked one of smokers and the other of non-smokers the average COE in both groups was $10.20 \text{ ppm} \pm 8.276$ and HbCO $2.26\% \pm 1.32$ with a maximum value of COE in the group of smokers 27 ppm ; there is a correlation between COE and HbCO also fuel exposure in gas stations as well as with tobacco, of which a significant increase in clinical signs was observed in 87.8% of workers with a prevalence of fatigue and headaches, $83.7\%-67.3\%$ successively . **Conclusion:** chronic exposure of gas station employees to combustible chemicals increases their risk of carbon monoxide poisoning.

Key words : gas station workers, occupational exposures, chemical hazards, carbon monoxide

ملخص:

يعد الوقود أحد المصادر الرئيسية، بالإضافة إلى تدخين أول أكسيد الكربون السام الذي له تأثير ضار على القدرة البدنية وكذلك الاضطرابات البيولوجية للإنسان بشكل عام وعمال محطات الخدمة بطريقة رئيسية. كان الهدف من هذه الدراسة الوصفية الشاملة للقطاعات التي أجريت في الفترة من أبريل إلى يونيو 2024 هو وصف مخاطر التعرض للمواد الكيميائية بين عمال محطات الوقود في ولاية تلمسان، وخاصة مستوى أول أكسيد الكربون في هواء الزفير (COE). النتائج: من بين الأشخاص الـ 49 الذين تم تضمينهم بمتوسط عمر 43.02 ± 9.146 ، تم تمييز مجموعتين من المدخنين والأخرى من غير المدخنين، كان متوسط المعدات المملوكة للوحدات في كلتا المجموعتين 10.20 جزء في المليون 8.276 و HbCO $2.26\% \pm 1.32$ بقيمة قصوى من المعدات المملوكة للوحدات في مجموعة المدخنين 27 جزء في المليون ؛ هناك علاقة بين COE و HbCO أيضًا التعرض للوقود في محطات الوقود وكذلك مع التبغ، حيث لوحظت زيادة كبيرة في العلامات السريرية في 87.8% من العمال الذين يعانون من انتشار التعب والصداع، $83.7\% - 67.3\%$ على التوالي. الاستنتاج: التعرض المزمن لموظفي محطات الوقود لمواد كيميائية قابلة للاحتراق يزيد من خطر التسمم بأول أكسيد الكربون.

الكلمات الرئيسية: عمال محطات الوقود، التعرض المهني، المخاطر الكيميائية، أول أكسيد الكربون