

UNIVERSITÉ CHEICKH ANTA DIOP DAKAR
FACULTE DE MÉDECINE, DE PHARMACIE ET D'ODONTOLOGIE
LABORATOIRE DE TOXICOLOGIE ET D'HYDROLOGIE



MASTER BIOTOXICOLOGIE APPLIQUÉE
À L'INDUSTRIE, L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTÉ

MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

ANNÉE 2019

N°013

**ÉVALUATION « SEMI-QUANTITATIVE » DU
RISQUE CHIMIQUE AU LABORATOIRE
NATIONAL DE LA SANTÉ DE BAMAKO, MALI**

PRÉSENTÉ ET SOUTENU PUBLIQUEMENT LE 29 JANVIER 2019

PAR Dr Tidiane DIALLO

MEMBRES DU JURY

Président du Jury : M. Mamadou FALL

Professeur

Membres du Jury : M. Serigne Oumar SARR

Professeur

Mme Mathilde Cabral NDIOR

Maître de conférences Agrégée

M. Cheick DIOP

Maître de conférences Agrégé

Encadreur :

Pr Ababacar MAIGA

Professeur

DÉDICACES

A Allah,

Le Grand Savant, qui m'a donné la force physique et intellectuelle de réaliser ce travail.

A Lui revient la louange pour son assistance et sa constante générosité à mon égard.

*A notre prophète **Mohamed** (Paix et Bénédiction d'Allah sur lui)*

Le guide du chemin droit. Certes vous êtes une miséricorde pour l'univers.

*Qu'Allah m'assiste sur vos traditions. **Amen !***

A mes chers parents

Feu Oumar Barou et Djénéba LY,

À eux je dois ce que je suis. Qu'ils trouvent dans ce travail, le fruit de leurs sacrifices consentis pour mon éducation, et l'expression de mon amour et de ma gratitude pour la bienveillance avec laquelle ils m'ont toujours entouré. Qu'Allah vous accorde belle part ici-bas et belle part dans l'au-delà Amen !

A ma femme et mes enfants

Hawa MAGASSA et Moctar, Fatoumata, Zaynab, Aminata

Qui m'ont toujours assistés, encourager et donnés le sourire dans les moments difficiles, ne laisse personne faire de vos qualités des défauts. Soyez sûre de toute mon amour.

Qu'Allah vous bénisse !

*A mes **oncles** et **tantes** paternels et maternels*

Pour leurs aides et soutiens. Recevez ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

A mes frères et sœur

Amadou dit Baboyni, Mamadou dit Papus, Seïba, Seydou dit Thierno, Bocar,

Cheick Oumar, Aliou, Absétou dite Djéréby

pour tous les soutiens et encouragement que vous avez apportés. Ce travail est aussi le vôtre.

Acceptez le témoignage comme le symbole de ma profonde fraternité.

REMERCIEMENTS

Au **Professeur Ababacar I. MAÏGA**, vice Doyen de la Faculté de Pharmacie, Professeur Titulaire en Toxicologie à la Facultés de Médecine de Pharmacie et Odonto-stomatologie de l'Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako Mali.

Permettez-moi cher maître, de vous réitérer toute ma reconnaissance et veuillez trouver ici mon profond respect et mes sincères remerciements pour tout ce que vous faites pour notre accompagnement dans la vie professionnelle. Qu'Allah vous assiste et vous rende victorieux partout où vous passerez.

Au Professeur **Benoît Yaranga KOUMARÉ**, Directeur Général du Laboratoire National de la Santé de Bamako, Mali. Responsable de l'enseignement des cours de Chimie Analytique à la Facultés de Médecine de Pharmacie et Odonto-stomatologie de l'Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako Mali.

C'est le lieu de vous remercier pour nous avoir admis dans votre service pour la réalisation de ce travail.

Votre esprit scientifique et votre amour du travail bien fait font de vous un maître inoubliable et hautement respecté. Trouvez ici cher maître l'expression de notre profond respect.

Au **Professeur Amadou DIOUF**, Professeur Honoraire en Toxicologie à la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie de l'Université Cheick Anta DIOP de Dakar, Sénégal, j'ai été émerveillé par l'intérêt que vous accordez à l'enseignement et à la recherche scientifique.

Vos qualités humaines et intellectuelles mais aussi et surtout votre sens élevé de la responsabilité et de la rigueur dans le travail nous ont énormément impressionné. En espérant que cet humble travail saura combler vos attentes pour nos promotions futures dans l'enseignement supérieur. Veillez recevoir cher maître, l'expression de notre profonde gratitude.

Au **Professeur Mamadou FALL**, Professeur Titulaire en Toxicologie à la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie de l'Université Cheick Anta DIOP de Dakar, Sénégal. Cher maître vous nous avez fait un grand honneur en acceptant de présider le jury de ce mémoire de Master.

Dès nos premier pas dans cette faculté nous avons été impressionnés par votre sens élevé de la personne humaine. Vos qualités d'homme de science de culture et de chercheur font de vous un exemple à suivre. Veuillez trouver ici, cher Maître, l'expression de notre profonde reconnaissance.

Au Professeur **Mathilde Cabral NDIOR**, Maître de conférences Agrégée en Toxicologie à la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie de l'Université Cheick Anta DIOP de Dakar, Sénégal. Tout au long de notre formation, nous avons pu apprécier vos grandes valeurs scientifiques et votre amour pour le travail bien fait. Femme de grande simplicité et d'entière disponibilité, vous avez fait preuve d'une volonté sans limite de participer à la réalisation de ce travail. Nous ne saurons trouver les meilleurs mots pour témoigner notre reconnaissance, notre gratitude et notre admiration. Je vous prie de croire, Madame le Professeur, en l'expression de ma profonde gratitude.

Au Professeur **Serigne Oumar SARR**, Maître de conférences Agrégé en Chimie Analytique à la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie de l'Université Cheick Anta DIOP de Dakar, Sénégal.

Cher Maître, c'est un réel plaisir et un honneur pour nous de vous compter parmi les membres de ce jury de mémoire de Master. Vos remarques et vos indications seront d'une importance capitale pour la clarté de ce mémoire.

Permettez-nous ici, cher maître de vous réitérer nos sincères remerciements.

Au Professeur **Cheick DIOP**, Maître de conférences Agrégée en Hydrologie à la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie de l'Université Cheick Anta DIOP de Dakar, Sénégal.

Cher maître, nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail. Vos observations vont sûrement améliorer la qualité de ce travail.

Veillez trouver ici, le témoignage de mes sentiments respectueux.

Aux personnels du Laboratoire National de la Santé : Dr Seydou Moussa COULIBALY, Ingénieur Sanitaire Fatoumata Tata SOW, Mme Haoussa COULIBALY, Mme Adama GADJIGO,... merci pour votre assistance durant tout le long de ce travail.

Un merci tout particulier à mes camarades de laboratoires ainsi qu'à mes compatriotes étudiants à Dakar en guise de souvenir des agréables moments passés ensemble.

Au Partenaire Financier « FONDATION THIAM ET FACULTÉ DE PHARMACIE »

Merci pour vos appuis financés dans le cadre de la réalisation de cette formation, soyez sûr de l'atteinte de vos objectifs pour cette formation.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

OIT	Organisation Internationale du Travail
PIB	Produit Intérieur Brut
CMR	Cancérogène, Mutagène, Reprotoxiques
LNS	Laboratoire National de la Santé
CNUED	Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement
SCQM	Service Contrôle Qualité des Médicaments
P-RM	Présidence de la République du Mali
EPST	Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique
USTTB	Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako
CAS	Chemical Abstracts Service
INRS	Institut Nationale de Recherche en Santé
ID	Indice de Danger
IE	Indice Exposition
IP	Indice de Protection
IR	Indices de Risque
VME	Valeur Moyenne d'Exposition
VLCT	Valeur Limite d'Exposition Professionnelle Contraignante
CE	Commission Européenne
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	N°
Tableau I : Types et niveaux de danger toxicologique	7
Tableau II : Classification en niveau de toxicité locale en fonction des phrases R	7
Tableau III : Classification en niveau de toxicité systémique non CMR en fonction des phrases R	8
Tableau IV : Classification en niveau de toxicité CMR en fonction des phrases R	8
Tableau V : Classification en niveau de danger physico-chimique et environnemental	8
Tableau VI : Classification en niveau de fréquence et en niveau de quantité	9
Tableau VII : Classification en niveaux d'efficacité des moyens de protection	10
Tableau VIII : Détails des formules de calcul des indices de risque chimique	11
Tableau IX : Diagramme de Gantt	15
Tableau X : Les 25 produits les plus utilisés en fonction de leur nature chimique au SCQM du LNS	16
Tableau XI : Inventaire des acides à forte consommation au SCQM du LNS	17
Tableau XII : L'inventaire des bases à forte consommation au SCQM du LNS	18
Tableau XIII : L'inventaire des alcanes et des alcools	19
Tableau XIV : Autres produits à forte consommation au SCQM du LNS	20
Tableau XV : Toxicité locale des produits en fonction des phrases R	21
Tableau XVI : Toxicité systémique non CMR des produits selon les phrases R	22
Tableau XVII : Toxicité CMR des produits en fonction des phrases R	23
Tableau XVIII : Niveau de danger physico-chimique et environnemental des produits	23
Tableau XIX : Synthèse des différents niveaux de danger des produits selon l'effet et la voie de pénétration	24
Tableau XX : Indice de danger des différents niveaux de danger des produits selon le type d'effet et la voie de pénétration	25
Tableau XXI : Le niveau de fréquence et en niveau de quantité des produits	26
Tableau XXII : Détermination de l'indice d'exposition aux produits chimiques	27
Tableau XXIII : Niveau et indice de protection au SCQM	28
Tableau XXIV : Indice de risque respiratoire (IRresp) local	28
Tableau XXV : Indice de risque cutané (IRcut) local	29
Tableau XXVI : Indice de risque oculaire (IRoc) local	29
Tableau XXVII : Niveau de risque de toxicité locale selon la voie de pénétration	30
Tableau XXVIII : Indice de risque respiratoire (IRresp) systémique non CMR	31
Tableau XXIX : Indice de risque cutané (IRcut) systémique non CMR	31

Tableau XXX : Niveau de risque de toxicité non CMR selon la voie de pénétration	31
Tableau XXXI : Indice de risque cancérogène	32
Tableau XXXII : Indice de risque reprotoxique	32
Tableau XXXIII : Classification des produits CMR en niveaux de risque	32
Tableau XXXIV : Classification des produits retrouvés par niveau de risque	33

TABLE DES MATIÈRES

Dédicace	i
Remerciements	ii
Liste des abréviations	iv
Liste des Tableaux	v
Table des Matières	vii
Résumé	viii
INTRODUCTION	1
PREMIER CHAPITRE : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	4
I. DEFINITIONS	4
II. ÉVALUATION SEMI-QUANTITATIVE DU RISQUE CHIMIQUE	5
III. CONVENTIONS SUR LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL ET RISQUES CHIMIQUES	11
DEUXIEME CHAPITRE	
I. CADRE D'ÉTUDE	13
II. TYPE ET PERIODE D'ETUDE	13
III. MÉTHODOLOGIE	14
1. Critères d'inclusion	14
2. Echantillonnage	14
3. Collecte des données	14
4. Technique de collecte des données	15
5. Saisie et traitement des données	15
6. Chronogramme d'étude	15
7. Considérations éthiques	15
IV. RÉSULTATS	16
1. Caractérisation et Hiérarchisation des dangers	21
2. Evaluation de l'exposition des individus	24
3. Hiérarchisation des risques chimiques	28

V. DISCUSSION	34
1. Caractérisation et Hiérarchisation des dangers	36
2. Evaluation de l'exposition des individus	38
3. Hiérarchisation des risques chimiques	38
4. Plan d'action	38
VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	41
1. Conclusion	41
2. Perspectives	42
VII. RÉFÉRENCES	43

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau pictogrammes de danger

Annexe 2 : Liste des produits chimiques utilisés au SCQM, LNS

RÉSUMÉ

Selon l'OMS plus de 8% des décès survenus dans le monde résultent de l'exposition à des produits chimiques. Chaque laboratoire doit disposer des moyens d'évaluation et de prévention des risques chimiques afin d'éviter les maladies et accidents professionnels. C'est ainsi que nous avons initié la présente étude au service contrôle qualité des médicaments (SCQM) du Laboratoire National de la Santé (LNS) du Mali dans l'objectif d'évaluer les risques chimiques pour la santé des travailleurs liés à la manipulation des réactifs au SCQM du LNS de Bamako, Mali.

Il s'agit d'une étude prospective, transversale descriptive sur l'évaluation semi-quantitative du risque sanitaire lié à la manipulation des réactifs chez les travailleurs au SCQM du LNS de Bamako, Mali. L'étude s'est déroulée d'octobre 2018 à janvier 2019. Etait inclus dans notre étude tous les produits chimiques utilisés au SCQM du LNS. Les données ont été collectées conformément au principe d'évaluation du risque semi-quantitative du guide d'évaluation des risques chimiques en établissement de santé élaboré par cinq centres hospitaliers universitaires en France.

Durant notre étude, nous avons inventorié 79 produits chimiques dans le SCQM du LNS de Bamako, Mali. Après l'inventaire nous avons sélectionnés les 25 produits les plus utilisés, en fonction de la quantité et de la fréquence d'utilisation.

Les composés basiques étaient les plus représentés avec 28% suivis par les acide 24% et les alcanes/alcools avec 12%. Notre étude nous a permis d'identifier les réactifs à danger faible, intermédiaire et élevé en fonction des indices de danger. Ainsi le programme de priorité pour la prévention et la protection sera élaboré pour les réactifs à danger intermédiaire et élevé qui sont : l'acétone, l'acétonitrile, l'acide acétique glacial, l'acide chlorhydrique, l'acide nitrique, l'acide phosphorique, l'acide sulfurique, l'ammoniaque, l'ammonium cerium (IV), le chloroforme, le chlorure ferrique, l'éthanol, l'éther de pétrole, l'hydroxyde de potassium, l'hydroxyde de sodium, le méthanol, le n-hexane, le nitrate d'argent, et le violet cristallisé.

Le respect des bonnes pratiques de laboratoire permettra de prévenir les risques chimiques tout en maintenant l'état de bonne santé des travailleurs du SCQM du LNS.

INTRODUCTION

Selon la convention (n° 170) de l'Organisation Internationale du Travail (OIT) sur la sécurité dans l'utilisation des produits chimiques au travail, le terme produit chimique s'applique aux éléments et composés chimiques, et à leurs mélanges, qu'ils soient naturels ou synthétiques, tels que ceux obtenus par des procédés de production [1].

Les produits chimiques dangereux sont classifiés selon leurs types et leurs degrés de dangers intrinsèques physiques et de dangers pour la santé. Les propriétés dangereuses des mélanges composés de deux produits chimiques ou plus sont définies par des évaluations basées sur les dangers intrinsèques de leurs composants [1].

Par l'utilisation des produits chimiques, le monde a connu des catastrophes industrielles qui ont été à l'origine des catastrophes animales, humaines et environnementales :

- L'accident de Seveso : dioxines, le 10 juillet 1976 en Italie [2]. Il a occasionné plusieurs expositions aussi bien humaine, animale que environnementale, suite au rejet d'un nuage contenant de dioxines [2].

- L'accident de Minamata : méthyle mercure, en 1949 au Japon. Une usine pétrochimique de la compagnie Shin Nippon Chisso rejeta des métaux lourds, en particulier du mercure dans la baie de Minamata, au Japon. Le mercure ingéré par les poissons de la baie, se sont retrouvés dans les assiettes des habitants. Ceux-ci ont été sévèrement touchés par ce qui a ensuite été appelé « la maladie de Minamata » [3].

- L'accident de Bhopal : isocyanate de méthyle, le 03 décembre 1984 en Inde. Un nuage de gaz toxique environ 40 tonnes d'iso cyanate de méthyle s'est échappé d'une usine de production appartenant au multinational Américain Union Carbide à Bhopal. Il a provoqué des milliers de blessés et de morts [4].

L'OIT estime que 2 340 000 personnes meurent chaque année de maladies et d'accidents du travail. La majorité de ces décès, soit 2 020 000, correspond à des maladies professionnelles et liées au travail, le nombre total de cas de maladies non mortelles liées au travail chaque année est estimé à 160 millions dans le monde [5]. Outre les souffrances incommensurables des victimes et de leurs familles, ces maladies sont responsables de pertes économiques considérables pour les entreprises et les sociétés, notamment en termes de baisse de la productivité et de la capacité de travail. Près de 4% du produit intérieur brut (PIB) du monde, soit environ 2,8 milliards de dollars, sont perdus à cause d'accidents et de maladies du travail, en coûts directs et indirects [1]. Selon une nouvelle étude d'experts de l'OMS publiée dans la revue «Santé Environnementale», plus de 8% des décès survenus dans le monde résultent de

l'exposition à des produits chimiques [6]. Ainsi, environ 30 % des maladies professionnelles reconnues en Europe seraient d'origine chimique [7].

La détermination des dangers et effets sur la santé des nouvelles substances y compris les produits de substitution fait l'objet d'études toxicologiques soit sur l'animal, soit sur des systèmes expérimentaux. Les effets toxiques recherchés concernent prioritairement l'effet cancérigène, mutagène, reprotoxiques (CMR), allergisant, neurotoxique, ototoxique [7].

Au Mali, les produits chimiques sont constitués essentiellement de pesticides et d'engrais chimiques pour l'agriculture, de produits pharmaceutiques pour la santé humaine et animale et de produits chimiques pour les besoins de consommation des unités industrielles, laboratoires d'analyse physico-chimique et biologique, minières et artisanales. Hormis les hydrocarbures et le gaz butane, il n'existe pas d'installations spéciales de stockage en gros de produits chimiques importés au Mali, en plus il n'existe pas d'installations spécialisées pour le recyclage des déchets liés à l'usage des produits chimiques. La principale option d'élimination des produits chimiques et déchets est la mise en décharge à même le sol. La plupart des décharges sont anarchiques et incontrôlées. Les produits dangereux et toxiques ne font l'objet d'aucune escorte de la part des autorités d'inspection et de contrôle [8].

Le Mali dispose de nombreux laboratoires qui manipulent et stockent de produits chimiques très divers présentant toutes les catégories de danger (incendie, explosion, risque pour la santé et l'environnement,...). Cette manipulation peut engendrer des maladies dites professionnelles. Ainsi les pathologies telles que certains cancers, l'asthme, des allergies... peuvent être liées à des expositions aux produits chimiques [9].

La prévention des risques chimiques s'appuie sur les principes généraux de prévention. Elle repose notamment sur une identification des produits dangereux présents dans le laboratoire, quelle que soit son activité, et sur une évaluation des risques exhaustive et rigoureuse. De plus, la réglementation prévoit des dispositions spécifiques pour les agents chimiques dangereux, les agents CMR et les procédés cancérigènes. Ainsi plus un produit ou un procédé chimique est dangereux, plus les règles de prévention à respecter pour protéger les travailleurs sont strictes [10].

Chaque laboratoire doit disposer des moyens d'évaluation et de prévention des risques chimiques afin d'éviter les maladies et accidents professionnels. Le Laboratoire National de la Santé de Bamako (LNS), ne dispose pas de procédure sur la prévention des maladies et accidents professionnels liés à la manipulation des produits chimiques. Notre étude est une première sur l'évaluation du risque chimique au LNS, elle va contribuer à l'amélioration des

conditions de travail et l'état de santé des travailleurs à travers la mise en évidence des risques chimiques liés à la manipulation des produits chimiques (réactifs).

Nous nous sommes fixé comme objectif général d'évaluer les risques chimiques pour la santé des travailleurs liés à la manipulation des réactifs au service contrôle qualité des médicaments du LNS de Bamako, Mali.

Nos objectifs spécifiques étaient :

- Inventorier les produits chimiques utilisés au service contrôle qualité des médicaments du LNS du Mali ;
- Analyser les conditions de stockage et d'exposition des produits chimiques au LNS ;
- Identifier et hiérarchiser les risques inhérents aux manipulations des produits chimiques au service contrôle qualité des médicaments du LNS de Bamako, Mali
- Elaborer un plan d'action pour la prévention des risques chimiques au SCQM du LNS.

Le travail réalisé sera présenté en deux chapitres :

- Le premier chapitre mettra en évidence la synthèse bibliographique sur le risque chimique ;
- Le second chapitre concernera le cadre, le lieu d'étude, la méthodologie appliquée, les résultats obtenus ainsi la discussion relative aux résultats et enfin la conclusion.

PREMIER CHAPITRE : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Les substances chimiques font partie de notre vie quotidienne. Toute matière vivante ou inanimée est composée de substances chimiques et la fabrication de la quasi-totalité des produits implique l'utilisation de substances chimiques. Correctement utilisés, de nombreux produits chimiques peuvent contribuer sensiblement à l'amélioration de notre qualité de vie, de notre santé et de notre bien-être. Mais d'autres sont très dangereux et, mal gérés, ils peuvent avoir un effet nocif sur la santé et l'environnement.

I. DÉFINITIONS

- 1. Laboratoire :** Selon la norme ISO 17025, c'est un organisme qui procède à l'une ou plusieurs des activités suivantes : étalonnage, essai, échantillonnage, associé à un (ou plusieurs) essai(s) ou étalonnage(s) ultérieur(s) [11]. C'est un local pourvu des installations et des appareils nécessaires à des manipulations et des expériences effectuées dans le cadre de recherches scientifiques, d'analyses médicales ou de matériaux, de tests techniques ou de l'enseignement scientifique et technique.
- 2. Produit chimique :** Produit commercialisé ou non, d'origine naturelle ou synthétisé, utilisé ou émis sous différentes formes (solide, poudre, liquide, gaz, poussière, fumée, brouillard, particules, fibres...) [10].
- 3. Danger :** Propriété intrinsèque d'un produit chimique susceptible d'avoir un effet nuisible (sur l'homme, l'environnement ou les installations) [10].
- 4. Risque chimique :** Ensemble des situations dangereuses impliquant des produits chimiques, dans les conditions d'utilisation et/ou d'exposition [10].
- 5. Toxique :** On dit qu'une substance est un toxique ou un poison lorsque, après pénétration dans l'organisme, par quelque voie que ce soit, à une dose relativement élevée (une fois ou plusieurs fois très rapproché) ou par petites doses longtemps répétées, elle provoque, dans l'immédiat ou après une phase de latence plus ou moins prolongée, de façon passagère ou durable, des troubles d'une ou plusieurs fonctions de l'organisme pouvant aller jusqu'à leur suppression complète et amener la mort [12].
- 6. Risque toxique :** C'est la probabilité d'apparition d'un effet toxique quand on est exposé à un danger. C'est un risque consécutif à un contact entre un produit chimique (ou ses produits dérivés) et un organisme vivant (animaux, végétaux et par conséquent à l'homme) susceptible de perturber le fonctionnement normal de l'être vivant exposé [7].
- 7. Phrases de Risque R :** C'est la nature des risques particuliers attribués aux substances et préparations dangereuses [7].

8. Chemical Abstracts Service (CAS) : Numéro d'enregistrement unique établi pour tout produit chimique, polymère, séquence biologique et alliage par le Chemical Abstracts Service, très pratique pour toute recherche d'information (utilisé par toutes les sources documentaires d'information) [7].

9. Pictogramme : C'est un dessin symbolique servant à la signalisation du danger lié à l'utilisation et/ou l'exposition à un produit chimique (voir annexe 1). Conformément au Système Général Harmonisé (SGH) et de la réglementation en matière de classification, d'étiquetage (Classification, Labelling, Packaging : CLP) et d'emballage des produits chimiques [10].

10. Évaluation du risque : L'évaluation des risques constitue le préalable de toute démarche de prévention des risques chimiques. Bien menée, elle doit permettre de construire un plan d'actions de prévention. Pour être efficace, il faut la renouveler régulièrement et, notamment, à chaque modification importante des processus de travail. Les résultats sont à joindre au document unique. Elle se déroule en 4 étapes [7,10] :

- repérer les produits et répertorier leurs dangers dans un inventaire ;
- analyser leur mise en œuvre pour évaluer les conditions d'exposition ;
- hiérarchiser les risques par priorités d'action ;
- élaborer un plan d'action.

II. ÉVALUATION SEMI-QUANTITATIVE DU RISQUE CHIMIQUE

C'est un processus d'analyse du danger chimique et de la situation de travail permettant d'estimer le risque et de le comparer à un critère d'aide à la décision (exemple : seuil au-dessus duquel le risque est très élevé, seuil au-dessous duquel le risque peut être estimé faible). Elle repose sur une quantification mathématique du risque souvent une multiplication du danger par l'exposition ainsi :

$$\mathbf{Risque = Danger \times Exposition}$$

Elle consiste à déterminer quels produits chimiques sont utilisés et la nature de leurs dangers en plus elle permet de rechercher s'ils présentent le risque de l'une ou de plusieurs des éventualités suivante :

- maladie aiguë ou chronique due à la pénétration dans l'organisme par inhalation, absorption percutanée ou ingestion ;
- lésion ou maladie due au contact avec la peau, les voies respiratoires ou les yeux ;
- lésion due au feu, à une explosion ou à d'autres événements résultant de leurs propriétés physique ou de leur réactivité chimique.

1. Les principales étapes de l'évaluation semi-quantitative du risque chimique

1.1.Repérage des produits et de leurs dangers : Elle consiste à faire un inventaire des agents chimique présents ou susceptibles d'être rencontrés sur les lieux de travail, tout en cherchant les informations disponibles sur :

- les dangers des produits pour la santé humaine sans oublier les effets à long terme dont les risques CMR ;
- la sécurité comme les risques d'incendie ou d'explosion ;
- la sécurité pour l'environnement.

1.2.Analyse des conditions d'exposition : Elle permet de qualifier l'exposition aux produits et procédés chimiques tout en répondant aux questions suivantes :

- au cours de quelles activités les produits chimiques sont-ils émis ?
- sous quelle forme et en quelle quantité ainsi qu'à quelle fréquence ?
- qui est en contact avec les produits chimiques ?
- quels sont les modes d'exposition possible ?
- Existe-t-il des risques d'exposition accidentelle ?

1.3.Hiérarchisation des risques : Elle permet de cibler les risques qu'il faut pour traiter en priorité :

- ceux dont les conséquences sont les plus graves et les plus fréquentes ;
- ceux qui concernent le plus de salariés ;
- ceux pour lesquels des mesures simples existent.

1.4.Elaboration d'un plan d'action : associer aux risques identifiés précédemment les mesures de prévention les plus adaptées, de planifier leur mise en œuvre et leur suivi dans le temps.

2. Méthode d'évaluation du risque chimique

2.1.Etape 1 : Caractérisation et hiérarchisation des dangers : les produits sont classés en fonction de :

- leurs effets sur la santé ;
- leurs voies de pénétration dans l'organisme ;
- la gravité de ces effets en utilisant leurs phrases de risque R.

Durant notre étude nous nous sommes servis des fiches des données de sécurité des produits ainsi que les fiches des données toxicologiques de l'Institut National de Recherche en Santé (INRS) pour caractériser et hiérarchiser les dangers liés aux produits chimiques obtenus dans notre lieu de travail.

Les types et niveaux de danger toxicologique sont déterminés par l’algorithme des dangers toxicologiques, il comporte neuf types de dangers et trois niveaux de dangers répertoriés :

Tableau I : Types et niveaux de danger toxicologique

Types de danger	Niveaux de danger
Effet local par voie d’absorption respiratoire (Lresp)	Niveau 1 = peu dangereux Niveau 2 = dangereux Niveau 3 = très dangereux
Effet local par voie d’absorption cutanée (Lcut)	
Effet local par voie d’absorption oculaire (Loc)	
Effet systémique non CMR par respiration (Sresp)	
Effet systémique non CMR par absorption cutanée (Scut)	
Effet systémique non CMR par absorption orale (Soral)	
Effet cancérogène (C)	
Effet mutagène (M)	
Effet reprotoxique (R)	

Pour les phrases R concernant les effets locaux ou systémiques sans précision de la voie d’absorption, celles-ci sont incluses dans les trois types de danger (respiratoire, cutanée, oculaire).

Pour les CMR, les effets sont considérés comme pouvant être entraînés tant par une absorption respiratoire que cutanée.

Les produits ne comportant aucune phrase R sont classés implicitement en niveau zéro c’est-à-dire sans danger.

2.1.1. Effet sur la santé

Tableau II : Classification en niveau de toxicité locale en fonction des phrases R

Voies de pénétration	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Respiratoire Lresp	-	R34, R37	R35
Cutanée Lcut	R38, R66	R34	R35
Oculaire Loc	R36	R34	R35, R41

NB : Les produits qui ont des effets sur la santé par voie d’absorption respiratoire sont au moins du niveau 2.

Tableau III : Classification en niveau de toxicité systémique non CMR en fonction des phrases R

Voies de pénétration	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Respiratoire Sresp	R20, R67	R23, R29, R31	R26, R32, R33, R39, R42, R48
Cutanée Scut	R21	R24, R43	R27, R33, R39, R48
Oculaire Sorol	R22, R65	R25	R28, R33, R39, R48

Tableau IV : Classification en niveau de toxicité CMR en fonction des phrases R

Type d'effet	Niveau 2	Niveau 3
Cancérogène C	R40	R45, R49
Mutagène M	R68	R46
Reprotoxique R	R62, R63, R64	R60, R61

NB : Les produits ayant un effet CMR sur la santé sont au moins du niveau 2 c'est-à-dire sont classés comme dangereux ou très dangereux.

- **Calcul de l'indice de danger (ID)** : pour chaque type de danger, l'ID est égal au niveau de danger porté à la puissance de 10 selon la formule :

$$ID = 10^{\text{niveau de danger}}$$

Le niveau de danger retenu pour la suite correspond au niveau maximal des neuf indices de danger toxicologique. Un produit est dangereux dès lors qu'ils comportent au moins une phrase R et non dangereux s'ils n'en possèdent pas.

2.1.2. Effets physicochimiques et environnementaux : classification en niveau de danger physico-chimique et environnemental. Pour les dangers physico-chimique (feu, incendie, explosion) et environnementaux, les produits sont classés dangereux dès lors qu'ils comportent au moins une phrase R et non dangereux s'ils n'en possèdent pas.

Tableau V : Classification en niveau de danger physico-chimique et environnemental

Effet	Niveau 1
F-Feu	R7, R8, R11, R12, R15, R17, R18, R30
E-Explosion	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R9, R16, R18, R19, R44
S-Stabilité	R14, R29, R31, R32
Environnement	R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59

NB : Dans le cas des dangers physico-chimiques et environnementaux, aucune évaluation d'exposition ni calcul d'indices de risques ne sont réalisés d'après la méthode. Ils sont identifiés mais ne font pas l'objet d'une hiérarchisation, seuls les dangers toxicologiques sont pris en compte dans un souci de simplification.

2.2. Etape 2 : Évaluation de l'exposition des individus

Dans une méthode semi-quantitative d'évaluation des risques chimiques, l'estimation de l'exposition retient les variables suivantes : Fréquence de manipulation, quantité utilisées, utilisation (ou port) et efficacité des équipements de protection des voies respiratoire, cutanée et oculaire.

- **Indice d'exposition (IE)** : l'IE est calculé à partir des niveaux de fréquence et de quantité selon la formule :

$$IE = 0.1 * (\text{niveau de fréquence}) * (\text{niveau de quantité})$$

Si le calcul donne la valeur 0,9 l'IE est considéré comme égal à 1. De ce fait l'IE varie entre 0,1 (=exposition très faible) et 1 (=exposition maximale)

Tableau VI : Classification en niveau de fréquence et en niveau de quantité

Intensité d'exposition		Niveau d'exposition
Type de variable	Fréquence	1 : Moins d'une fois par semaine
		2 : Une ou plusieurs fois par semaine
		3 : Une ou plusieurs fois par jours
	Quantité	1 : Moins de 10 mL ou 10 g
		2 : Entre 10 et 100 mL ou entre 10 et 100 g
		3 : Plus de 100 mL ou 100 g

- **Indice de protection (IP)** : il est calculé pour chaque moyen de protection en portant le niveau de l'efficacité des moyens de protection à la puissance de 10 selon la formule :

$$IP = 10^{-(\text{niveau de protection}-1)}$$

Trois indices de protection sont ainsi calculés : respiratoire=IPresp, cutanée=IPcut, oculaire=IPoc

Tableau VII : Classification en niveaux d'efficacité des moyens de protection

Type de variable	Niveau	Signification
Protection respiratoire	1	Climatisation ou ventilation générale
	2	Sorbonne non conforme aux normes
	2	Sorbonne conforme mal utilisée
	2	Aspiration à la source
	3	Sorbonne conforme bien utilisée
Protection cutanée	1	Pas de gants
	2	Crème barrière ou gants mal adaptés
	3	Gants adaptés
Protection oculaire	1	Pas de protection
	2	Vitre de sorbonne baissé
	3	Lunettes de sécurité ou écran facial

2.3.Etape 3 : Hiérarchisation des risques chimiques

Indice de risque (IR) pour chaque tâche d'une activité nécessitant l'utilisation d'un ou de plusieurs produits dangereux sont calculés des IR en tenant compte :

- Indice de danger (ID) :
 - Indices de danger local (IDL) : IDLresp, IDLcut, IDLoc ;
 - Indices de danger systémique non CMR : IDScut, IDSresp ;
 - Indices de danger systémique CMR : IDC, IDM, IDR ;
- Indice d'exposition (IE) ;
- Indice de protection (IP) : IPresp, IPcut, IPoc.

La formule générale est :

$IR = (ID) * (IE) * (IP)$

Tableau VIII : Détails des formules de calcul des indices de risque chimique

Type d'effet	Indice de risque	Formule de calcul
Effet local par voie respiratoire	IRLresp	(IDLresp)*(IE)*(IPresp)
Effet local par voie cutanée	IRLcut	(IDLcut)*(IE)*(IPcut)
Effet local par voie oculaire	IRLoc	(IDLloc)*(IE)*(IPoc)
Effet systémique par voie respiratoire	IRSresp	(IDSresp)*(IE)*(IPresp)
Effet systémique par voie cutanée	IRScut	(IDScut)*(IE)*(IPcut)
Effet cancérogène par voie respiratoire	IRCresp	(IDC)*(IE)*(IPresp)
Effet cancérogène par voie cutanée	IRCcut	(IDC)*(IE)*(IPcut)
Effet mutagène par voie respiratoire	IRMresp	(IDM)*(IE)*(IPresp)
Effet mutagène par voie cutanée	IRMcute	(IDM)*(IE)*(IPcut)
Effet reprotoxique par voie respiratoire	IRRresp	(IDR)*(IE)*(IPresp)
Effet reprotoxique par voie cutanée	IRRcut	(IDR)*(IE)*(IPcut)

- Au total, 11 indices de risque sont calculés dont les valeurs varient entre 0,001 (risque minimal) et 1000 (risque maximal)
- Les risques sont classés selon trois niveaux de priorité :
 - niveau de risque faible si $IR < 4$;
 - niveau de risque intermédiaire (acceptable sous réserve de précaution appropriées) si $4 \leq IR < 40$;
 - niveau de risque élevé (priorité d'action) nécessitant des actions correctives si $IR \geq 40$.

III. CONVENTIONS SUR LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL ET RISQUES CHIMIQUES

Dans le cadre de la gestion rationnelle des produits chimiques, l'OIT a élaboré plusieurs conventions [1] :

- la convention (n° 170) sur les produits chimiques, 1990 ;
- la convention (n° 174) sur la prévention des accidents industriels majeurs, 1993 ;
- la convention (n° 184) sur la sécurité et la santé dans l'agriculture, 2001.

Ces conventions ont contribué au développement d'une approche cohérente de la gestion rationnelle des produits chimiques respectant les préoccupations des travailleurs, de la population et de l'environnement [1].

En plus de ces conventions de l'OIT, nous pouvons citer d'autres conventions et instruments relatifs aux produits chimiques :

1. **Convention de Marpol** : Prévention de la pollution par les navires. Réguler la pollution par les hydrocarbures, les produits chimiques, les emballages, les ordures, les eaux usées et les émissions atmosphériques. Signée le 02 novembre 1973, mise en vigueur le 02 octobre 1983 et ratifiée 104 parties [13].
2. **Convention de Rotterdam** : La procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet d'un commerce international. Signée le 10 septembre 1998 et ratifiée 144 parties, mise en vigueur le 24 février 2004 [14].
3. **Convention de Stockholm** : Protéger la santé humaine et l'environnement contre les Polluants Organiques Persistants (toxiques, persistants, bio-accumulant, transport à longue distance). Signée le 22 mai 2001 et ratifiée en octobre 2003 par 104 parties au moins et mise en vigueur le 17 mai 2004, révisée en 2009 [15].
4. **Convention de Bâle** : Elle est basée sur le contrôle des mouvements frontaliers des déchets dangereux et de leur élimination. Signée le 6 mars 2000 [16].
5. **Convention de Minamata** : Protéger la santé humaine et l'environnement contre les émissions et rejets anthropiques de mercure et de composés du mercure. Elle a été signée le 10 octobre 2013 à Kumamoto au Japon [17].
6. **Convention de Bamako** : C'est un traité de nations africaines interdisant l'importation vers l'Afrique de tout type de déchets dangereux y compris les déchets radioactifs. Négociée par 12 nations de l'Union africaine à Bamako au Mali en janvier 1991. Entrée en vigueur en 1998. A ce jour 29 états signataires, 24 parties [18].

DEUXIÈME CHAPITRE

I. CADRE D'ÉTUDE

Notre étude a été réalisée au sein du Service Contrôle Qualité des Médicaments (SCQM), du LNS, Mali. Le LNS est une structure publique à Caractère Scientifique et Technologique.

En Juin 1990, le LNS a été créé par Ordonnance N°90-34/P-RM sous le statut de service rattaché à la Direction Nationale de la Santé Publique (DNSP).

Après une décennie de fonctionnement il fut érigé en Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique (EPST) suivant Ordonnance N° 00-40/P-RM du 20 septembre 2000 crée le LNS-EPST et le Décret N°586/P-RM du 23 novembre 2000 fixe son organisation et ses modalités de fonctionnement. Le 12 décembre 2008, la structure a signé une convention hospitalo-universitaire pour l'encadrement des étudiants et internes par les enseignants. Cette convention est en cours d'actualisation avec l'Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB).

Conformément à l'article 2 de l'Ordonnance N° 00-40/P-RM du 20 septembre 2000 portant création du LNS-EPST, le LNS a pour mission de contrôler la qualité des médicaments, des aliments, des boissons ou toute substance importée ou produite en République du Mali et destinée à des fins thérapeutiques, diététiques ou alimentaires en vue de la sauvegarde de la santé des populations humaine et animale [19].

A ce titre il est chargé de :

- Donner son avis technique pour l'autorisation ou l'interdiction de l'usage de tout aliment, médicament ou boisson à usage alimentaire, thérapeutique ou diététique ;
- Prélever et analyser des échantillons dans toute unité de production, d'importation, de distribution, de conservation de produits alimentaires, thérapeutiques ou diététiques ;
- Participer à la formation universitaire et post universitaire ;
- Entreprendre des activités de recherche scientifique et technique ;
- Contribuer à l'élaboration des normes et veiller à leur application.

Le LNS utilise des centaines de produits chimiques (réactifs) dans ces activités de contrôle qualité.

II. TYPE ET PÉRIODE D'ÉTUDE

Il s'agit d'une étude prospective, transversale descriptive sur l'évaluation semi-quantitative du risque sanitaire lié à la manipulation des réactifs chez les travailleurs au SCQM du LNS de Bamako, Mali. L'étude s'est déroulée d'octobre 2018 à janvier 2019.

III. MÉTHODOLOGIE

Notre méthodologie a été appliquée sur les produits chimiques utilisés au SCQM du LNS de Bamako, Mali. Ces produits chimiques connus sous l'appellation des réactifs chimiques étaient multiples et diversifiés. Ils se retrouvent sous forme composée ou simple.

1. Critères d'inclusion

Ont été inclus dans notre étude :

- les réactifs à forte consommation,
- les réactifs dont la gravité potentielle du dommage humain en cas d'exposition à court, moyen et long terme et/ou d'accident est connue.

2. Echantillonnage

Nous avons réalisé un échantillonnage par inclusion de tous les produits chimiques utilisés au SCQM du LNS de Bamako, Mali. Nous avons procédé à un inventaire des produits chimiques existant dans le service. Durant l'inventaire, les produits ont été triés en fonction de leur classe chimique, conditions et de leurs fréquence d'utilisation. Ainsi les produits chimiques les plus utilisés ont été échantillonnés.

3. Collecte des données

Pour mieux clarifier nos résultats, nous avons pris en compte les paramètres ci-dessous :

- **L'identification du produit** : le nom du produit, le numéro CAS, les risques R, la nature, l'état. Le numéro CAS et les risques R ont été obtenus à l'aide de la base des données de la fiche toxicologique [20].
- **Les conditions d'exposition aux produits** : la forme et quantité utilisée, voies d'exposition fréquence d'utilisation, mode d'exposition, risque d'accident, moyen de prévention.
- **Hierarchisation des risques** : classification du danger et de l'exposition.

4. Technique de collecte des données

Les données ont été collectées conformément au principe d'évaluation semi-quantitative du guide d'évaluation des risques chimiques en établissement de santé élaboré par cinq centres hospitaliers universitaires en France (Brest, Grenoble, Limoges, Lyon et Reims) [21].

5. Saisie et traitement des données

La saisie du document a été réalisée avec le logiciel Microsoft Office Word et tableur Excel 2010.

6. Chronogramme d'étude

Notre étude a été réalisée selon le diagramme de Gantt ci-dessous :

Tableau IX : Diagramme de Gantt

Activités	Période de réalisation 2018-2019				
	Oct.18	Nov.18	Déc.18	Jan.19	Fév.19
Rédaction et soumission du protocole d'étude au comité technique et scientifique du LNS					
Collecte des données					
Saisie et traitement des données					
Rédaction du mémoire					
Présentation du rapport de mémoire					
Valorisation des résultats par des publications d'articles					

7. Considérations éthiques

La présente étude a été menée conformément aux principes de base de l'éthique et aux recommandations du Comité Technique et Scientifique du LNS. Les fiches de collecte ainsi que les résultats de l'évaluation seront gardées en lieu sûr, pour une exploitation ultérieure.

IV. RÉSULTATS

Durant notre étude, nous avons inventorié 79 produits chimiques dans le SCQM du LNS de Bamako, Mali (voir annexe 2). Après l'inventaire nous avons sélectionnés les 25 produits les plus utilisés, en fonction de la quantité et de la fréquence d'utilisation. La quantité de réactif a été déterminée à partir du nombre moyen des analyses réalisées en 2018. Le tableau I, nous donne la répartition des 25 produits chimiques les plus utilisés qui ont constitué notre échantillon.

Tableau X : Les 25 produits les plus utilisés en fonction de leur classe chimique au SCQM du LNS

N°	Désignations	Forme	Classe Chimique	Numéro CAS
1	Acétate d'Éthyle	Liquide	Ester	141-78-6
2	Acétone	Liquide	Cétone	67-64-1
3	Acétonitrile	Liquide	Nitrile	75-05-8
4	Acide Acétique Glacial	Liquide	Acide	64-19-7
5	Acide chlorhydrique	Liquide	Acide	7647-01-0
6	Acide nitrique	Liquide	Acide	7697-37-2
7	Acide Perchlorique	Solide	Acide	10043-35-3
8	Acide Phosphorique	Liquide	Acide	7664-38-2
9	Acide sulfurique	Liquide	Acide	7664-93-9
10	Ammoniaque	Liquide	Base	1336-21-6
11	Ammonium cérium (IV)	Solide	Base	10378-47-9
12	Chloroforme	Liquide	Hydrocarbure Halogéné	67-66-3
13	Chlorure Ferrique	Solide	Sel	7705-08-0
14	Diéthyl Ether	Liquide	Ether	60-29-7
15	Ethanol	Liquide	Alcool	64-17-5
16	Ether de pétrole	Liquide	Alcane	64742-49-0
17	Ferroïne	Liquide	Sel	14634-91-4
18	Hydroxyde de Potassium	Solide	Base	1310-58-3
19	Hydroxyde de sodium	Solide	Base	1310-73-2
20	Méthanol	Liquide	Alcool	67-56-1
21	n-hexane	Liquide	Alcane	110-54-3
22	Nitrate d'argent	Solide	Base	7761-88-8
23	Nitrite de Sodium	Liquide	Base	7632-00-0
24	Propanol	Liquide	Alcool	71-23-8
25	Violet cristallisé	Solide	Base	548-62-9

Notre échantillon était constitué par sept bases soit 28% de l'effectif, six acides soit 24% de l'effectif, et cinq d'alcanes et d'alcools soit 12% de l'effectif. Dans 76%, les réactifs étaient sous forme liquide.

Tableau XI : L'inventaire des acides à forte consommation au SCQM du LNS

Désignations	Utilisations	Phrases de risque R	Quantités	Fréquences
Acide Acétique Glacial	Titration, Dosage en Spectrophotométrie Ultra-Violet (UV)	R10 : Inflammable	137 mL	Une ou plusieurs fois par semaine
		R35 : Provoque de graves brûlures		
Acide chlorhydrique	Dosage en Spectrophotométrie (UV), Chromatographie Liquide Haute Performance (HPLC)	R34 : Provoque des brûlures	410 mL	Une ou plusieurs fois par semaine
		R37 : Irritant pour les voies respiratoires		
Acide nitrique	Dosage en Spectrophotométrie UV	R35 : Provoque de graves brûlures	165 mL	Une ou plusieurs fois par semaine
Acide Perchlorique	Titration,...	R5 : Danger d'explosion sous l'action de la chaleur	30 mL	Moins d'une fois par semaine
		R8 : Favorise l'inflammation des matières combustibles		
		R35 : Provoque de graves brûlures		
Acide Phosphorique	HPLC,...	R34 : Provoque des brûlures	30 mL	Moins d'une fois par semaine
Acide sulfurique	Dosage en Spectrophotométrie (UV), HPLC	R35 : Provoque de graves brûlures	275 mL	Une ou plusieurs fois par semaine

L'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique étaient les acides les plus utilisés avec respectivement 410 mL et 275 mL.

Tableau XII : Liste des inventaires des bases à forte consommation au SCQM du LNS

Désignations	Utilisations	Phrases du risque R	Quantités	Fréquences
Ammoniaque	Chromatographie sur Couche Mince (CCM)	R22 : Nocif en cas d'ingestion	110 mL	Une ou plusieurs fois par semaine
		R34 : Provoque des brûlures		
		R50 : Très toxique pour les organismes aquatiques		
Ammonium cérium (IV)	Titration	R37 : Irritant pour les voies respiratoires	55 mL	Moins d'une fois par semaine
Hydroxyde de Potassium	Spectrophotométrie UV	R22 : Nocif en cas d'ingestion	27 mg	Moins d'une fois par semaine
		R35 : Provoque de graves brûlures		
Hydroxyde de sodium	Spectrophotométrie UV	R35 : Provoque de graves brûlures	55 mg	Une ou plusieurs fois par semaine
Nitrate d'argent	Spectrophotométrie UV, Tests colorimétriques	R34 : Provoque des brûlures	27 mg	Une ou plusieurs fois par semaine
		R51/53 : Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique		
Nitrite de Sodium	Spectrophotométrie UV, Tests	R8 : Favorise l'inflammation des matières combustibles	27 mg	Moins d'une fois par semaine
		R25 : Toxique en cas d'ingestion		
		R50 : Très toxique pour les organismes aquatiques		
Violet cristallisé	Titration	R22 : Nocif en cas d'ingestion	14 mg	Moins d'une fois par semaine
		R40 : Possibilité d'effets irréversibles		
		R41 : Risque de lésions oculaires graves		
		R50/53 : Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique		

L'ammoniaque était la base la plus utilisée avec 110 mL, contrairement au violet cristallisé qui était le moins utilisé avec 14 mg.

Tableau XIII : Liste des inventaires des alcanes et des alcools

Désignations	Utilisations	Phrases du risque R	Quantités	Fréquences
Ether de pétrole	Titrage	R11 : Facilement inflammable	550 mL	Une ou plusieurs fois par jour
		R38 : Irritant pour la peau		
		R51/53 : Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique		
		R65 : Nocif: peut provoquer une atteinte des poumons en cas d'ingestion		
		R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges		
n-hexane	Spectro UV, Titrage	R11 : Facilement inflammable	165 mL	Une ou plusieurs fois par semaine
		R38 : Irritant pour la peau		
		R48/20 : Nocif: risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation		
		R62 : Risque possible d'altération de la fertilité		
		R65 : Nocif peut provoquer une atteinte des poumons en cas d'ingestion		
		R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges		
Ethanol	HPLC, CCM, Spectro	R11 : Facilement inflammable	410 mL	Une ou plusieurs fois par jour
		R20 : Nocif par inhalation		
		R21 : Nocif par contact avec la peau		
		R22 : Nocif en cas d'ingestion		
		R36 : Irritant pour les yeux		
		R37 : Irritant pour les voies respiratoires		
		R38 : Irritant pour la peau		
		R40 : Possibilité d'effets irréversibles		
Méthanol	CCM, HPLC, Spectro UV	R11 : Facilement inflammable	550 mL	Une ou plusieurs fois par jour
		R23/24/25 : Toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion		
		R39/23/24/25 : Toxique danger d'effets irréversibles très graves par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion		
Propanol	Rinçage densimètre, Spectro UV	R11 : Facilement inflammable	55 mL	Moins d'une fois par semaine
		R36 : Irritant pour les yeux		
		R37 : Irritant pour les voies respiratoires		

L'Ether de pétrole et Méthanol étaient les produits les plus utilisés de l'ensemble des produits chimiques avec 550 mL une ou plusieurs fois par jour.

Tableau XIV : Liste des autres produits à forte consommation au SCQM du LNS

Désignations	Utilisations	Phrase du risque R	Quantités	Fréquences
Acétone	CCM ; Spectro UV	R11 : Facilement inflammable	275 mL	Une ou plusieurs fois par semaines
		R36 : Irritant pour les yeux		
		R66 : L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçure de la peau		
		R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges		
Acétate d'Éthyle	CCM ; Spectro UV	R11 : Facilement inflammable	27 mL	Moins d'une fois par semaine
		R36 : Irritant pour les yeux		
		R66 : L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçure de la peau		
		R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges		
Diéthyl Ether	CCM ; Spectro UV	R12 : Extrêmement inflammable	27 mL	Moins d'une fois par semaine
		R19 : Peut former des peroxydes explosifs		
		R20/22 : Nocif par inhalation et par ingestion		
		R66 : L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçure de la peau		
Chloroforme	CCM ; Spectro UV	R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges	82 mL	Une ou plusieurs fois par semaines
		R20/22 : Nocif par inhalation et par ingestion		
		R36/38 : Irritant pour les yeux et la peau		
		R40 : Possibilité d'effets irréversibles		
		R48/20 : Nocif: risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation		
R63 : Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant				
Acétonitrile	CCM ; HPLC ; Spectro UV	R11 : Facilement inflammable	550 mL	Une ou plusieurs fois par semaines
		R21 : Nocif par contact avec la peau		
		R36 : Irritant pour les yeux		
Chlorure Ferrique	Tests colorimétrique ; Spectro UV	R22 : Nocif en cas d'ingestion	15 mg	Moins d'une fois par semaine
		R38 : Irritant pour la peau		
		R41 : Risque de lésions oculaires graves		
Ferroïne	Titration	R22 : Nocif en cas d'ingestion	15 mL	Moins d'une fois par semaine
		R52 : Nocif pour les organismes aquatiques		

L'Acétonitrile est utilisé pour les identifications et dosages en HPLC avec un volume de 550 mL une ou plusieurs fois par semaine.

1. Caractérisation et Hiérarchisation des dangers

Tableau XV : Toxicité locale des produits en fonction des phrases R

Voie	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Respiratoire	-	Acide Chlorhydrique	Acide acétique glacial
		Acide Phosphorique	Acide nitrique
		Ethanol	Acide Perchlorique
		Ammonium cérium	Acide sulfurique
		Nitrate d'argent	Hydroxyde de Potassium
Cutanée		Acide sulfurique	Hydroxyde de sodium
		Ammoniaque	
	Ether de pétrole	Acide chlorhydrique	Acide acétique glacial
	n-hexane	Acide Phosphorique	Acide nitrique
	Ethanol	Ammoniaque	Acide Perchlorique
	Chloroforme	Nitrate d'argent	Acide sulfurique
	Chlorure Ferrique		Hydroxyde de Potassium
	Acétone		Hydroxyde de sodium
Oculaire	Acétate d'Ethyle	Diéthyl Ether	
	Acétone	Acide chlorhydrique	Acide acétique glacial
	Acétonitrile	Acide Phosphorique	Acide nitrique
	Ethanol	Ammoniaque	Acide Perchlorique
	Propanol	Nitrate d'argent	Acide sulfurique
			Chlorure Ferrique
		Hydroxyde de Potassium	
		Hydroxyde de sodium	
		Violet cristallisé	

Ferroïne, Méthanol, Nitrite de Sodium, ne présentent pas de danger pour la toxicité locale.

Tableau XVI : Toxicité systémique non CMR des produits selon les phrases R

Voies de pénétration	Niveau 1	Niveau 2	Niveau3
Respiratoire Sresp	Chloroforme	Méthanol	Méthanol
	Diéthyl Ether		Chloroforme
	Ethanol		n-hexane
	n-hexane		
	Acétate d'Éthyle		
	Acétone		
	Ether de pétrole		
Cutanée Scut	Propanol		
	Acétonitrile	Méthanol	Chloroforme
Orale Soral	Ethanol		Méthanol
			n-hexane
	Ammoniaque	Méthanol	Méthanol
	Chloroforme	Nitrite de Sodium	Chloroforme
	Diéthyl Ether		n-hexane
	Ethanol		
	Ferroïne		
	Hydroxyde de Potassium		
	Violet cristallisé		
	Chlorure Ferrique		
Ether de pétrole			
n-hexane			

Acide Acétique Glacial, Acide chlorhydrique, Acide nitrique, Acide Perchlorique, Acide Phosphorique, Acide sulfurique, Ammonium cérium (IV), Hydroxyde de sodium et Nitrate d'argent ne présentent pas de danger pour la toxicité systémique non CMR.

Tableau XVII : Toxicité CMR des produits en fonction des phrases R

Type d'effet	Niveau 2	Niveau 3
Cancérogène C	Chloroforme	
	Ethanol	Aucun
	Violet cristallisé	
Mutagène M	Aucun	Aucun
Reprotoxique R	n-hexane	Aucun

Aucun produit n'avait une toxicité mutagène.

Tableau XVIII : Niveau de danger physico-chimique et environnemental des produits

Effet	Niveau 1
F-Feu	Acétate d'Éthyle
	Acétone
	Acétonitrile
	Acide Acétique glacial
	Acide Perchlorique
	Ethanol
	Ether de pétrole
	Méthanol
	n-hexane
	Nitrite de Sodium
Propanol	
E-Explosion	Acide Perchlorique
	Diéthyl Ether
S-Stabilité	Acide sulfurique
Environnement	Ammoniaque
	Ammonium Cérium (IV)
	Ether de pétrole
	Ferroïne
	n-hexane
	Nitrate d'argent
	Nitrite de Sodium
Violet cristallisé	

L'acide chlorhydrique, l'acide nitrique, l'acide phosphorique, le chloroforme, le chlorure ferrique, l'hydroxyde de potassium et l'hydroxyde de sodium ne présentent pas de danger physico-chimique et environnemental.

2. Évaluation de l'exposition des individus

Tableau XIX : Synthèse des différents niveaux de danger des produits selon l'effet et la voie de pénétration

Produits	Phrase de risque	Danger Toxicologique									Niveau global de danger	
		Locale			Systémique non CMR			Systémique CMR				
		Lresp	Lcut	Loc	Sresp	Scut	Soral	C	M	R		
Acétate d'Éthyle	11-36-66-67	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Acétone	11-36-66-67	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Acétonitrile	11-21-36	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
Acide Acétique Glacial	10 35	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Acide chlorhydrique	34-37	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Acide nitrique	35	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Acide Perchlorique	05-08-35	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Acide Phosphorique	34	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Acide sulfurique	14-35-37	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Ammoniaque	34-50-22	2	2	2	0	0	1	0	0	0	0	2
Ammonium cerium (IV)	37	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Chloroforme	20/22-36/38-40-48/20	0	1	0	3	3	3	2	0	0	0	3
Chlorure Ferrique	22-38-41	0	1	3	0	0	1	0	0	0	0	3
Diéthyl Ether	12-19-20/22 66-67	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
Ethanol	11-20-21-22-36-37-38-40	2	1	1	1	1	1	2	0	0	0	2
Ether de pétrole	11-38-51/53-65-67	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
Ferroïne	22-52	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Hydroxyde de Potassium	22-35	3	3	3	0	0	1	0	0	0	0	3
Hydroxyde de sodium	35	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Méthanol	11-23/24/25-39/23/24/25	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	3
n-hexane	11-38-48/20-62-65-67-51/53	0	1	0	1	3	3	0	0	2	0	3
Nitrate d'argent	34-51/53	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Nitrite de Sodium	8-25-50	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Propanol	11-36-67	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Violet cristallisé	22-40-41-50/53	0	0	3	0	0	1	2	0	0	0	3

L'acide acétique glacial, l'acide nitrique, l'acide perchlorique, l'acide sulfurique, l'hydroxyde de potassium et l'hydroxyde de sodium ont un risque local élevé. Le chloroforme, le méthanol et le n-hexane ont un risque systémique non CMR élevé. Le chloroforme, l'éthanol, et le violet cristallisé ont un risque cancérigène moyen tandis que le n-hexane a un reprotoxique moyen.

Tableau XX : Indice de danger des différents niveaux de danger des produits selon le type d'effet et la voie de pénétration

Produits	Indice de Danger Local			Systémique non CMR			Systémique CMR		
	Lresp	Lcut	Loc	Sresp	Scut	Soral	C	M	R
Acétate d'Éthyle	-	10 ¹	10 ¹	10 ¹	-	-	-	-	-
Acétone	-	10 ¹	10 ¹	10 ¹	-	-	-	-	-
Acétonitrile	-	-	10 ¹	-	10 ¹	-	-	-	-
Acide Acétique Glacial	10 ³	10 ³	10 ³	-	-	-	-	-	-
Acide chlorhydrique	10 ²	10 ²	10 ²	-	-	-	-	-	-
Acide nitrique	10 ³	10 ³	10 ³	-	-	-	-	-	-
Acide Perchlorique	10 ³	10 ³	10 ³	-	-	-	-	-	-
Acide Phosphorique	10 ²	10 ²	10 ²	-	-	-	-	-	-
Acide sulfurique	10 ³	10 ³	10 ³	-	-	-	-	-	-
Ammoniaque	10 ²	10 ²	10 ²	-	-	10 ¹	-	-	-
Ammonium cerium (IV)	10 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
Chloroforme	-	10 ¹	-	10 ³	10 ³	10 ³	10 ²	-	-
Chlorure Ferrique	-	10 ¹	10 ³	-	-	10 ¹	-	-	-
Diéthyl Ether	-	10 ¹	-	10 ¹	-	10 ¹	-	-	-
Ethanol	10 ²	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ²	-	-
Ether de pétrole	-	10 ¹	-	10 ¹	-	10 ¹	-	-	-
Ferroïne	-	-	-	-	-	10 ¹	-	-	-
Hydroxyde de Potassium	10 ³	10 ³	10 ³	-	-	10 ¹	-	-	-
Hydroxyde de sodium	10 ³	10 ³	10 ³	-	-	-	-	-	-
Méthanol	-	-	-	10 ³	10 ³	10 ³	-	-	-
n-hexane	-	10 ¹	-	10 ¹	10 ³	10 ³	-	-	10 ²
Nitrate d'argent	10 ²	10 ²	10 ²	-	-	-	-	-	-
Nitrite de Sodium	-	-	-	-	-	10 ²	-	-	-
Propanol	-	-	10 ¹	10 ¹	-	-	-	-	-
Violet cristallisé	-	-	10 ³	-	-	10 ¹	10 ²	-	-

Ce tableau est égal au niveau de danger porté à la puissance de 10 pour chacune des valeurs du niveau de danger.

Tableau XXI : Le niveau de fréquence et de quantité des produits

Intensité d'exposition		Niveau	Produits
Type de variable	Fréquence	1 : Moins d'une fois par semaine	Acétate d'Éthyle
			Acide Perchlorique
			Acide Phosphorique
			Ammonium cérium (IV)
			Chlorure Ferrique
			Diéthyl Ether
			Ferroïne
			Hydroxyde de Potassium
			Nitrite de Sodium
	Propanol		
	Violet cristallisé		
	2 : Une ou plusieurs fois par semaine	Acétone	
		Acide acétique Glacial	
		Acide nitrique	
		Ammoniaque	
		Chloroforme	
		Hydroxyde de sodium	
		n-hexane	
	Nitrate d'argent		
	3 : Une ou plusieurs fois par jours	Acétonitrile	
		<i>Acide chlorhydrique</i>	
Acide sulfurique			
<i>Ethanol</i>			
<i>Ether de pétrole</i>			
Quantité	1 : Moins de 10 mL ou 10 g	Acide nitrique	
		Acide sulfurique	
		Ammoniaque	
		Chlorure Ferrique	
		Ferroïne	
		Nitrate d'argent	
		Propanol	
	2 : Entre 10 et 100 mL ou entre 10 et 100 g	Acétate d'Éthyle	
		Acétonitrile	
		Acide Perchlorique	
		Acide Phosphorique	
		Ammonium cérium (IV)	
		Diéthyl Ether	
		Hydroxyde de Potassium	
		Hydroxyde de sodium	
		n-hexane	
	Nitrite de Sodium		
	Violet cristallisé		
	3 : Plus de 100 mL ou 100 g	Acétone	
		Acide acétique Glacial	
		<i>Acide chlorhydrique</i>	
Chloroforme			
<i>Ethanol</i>			
<i>Ether de pétrole</i>			
<i>Méthanol</i>			

Tableau XXII : Détermination de l'indice d'exposition aux produits chimiques

Produits (niveau quantité/niveau fréquence)	Indices d'exposition = 0,1*niveau quantité * niveau fréquence
Acétate d'Éthyle (2/1)	0,2
Acétone (3/2)	0,6
Acétonitrile (2/3)	0,6
Acide Acétique Glacial (3/2)	0,6
Acide chlorhydrique (3/3)	0,9
Acide nitrique (1/2)	0,2
Acide Perchlorique (2/1)	0,2
Acide Phosphorique (2/1)	0,2
Acide sulfurique (1/3)	0,3
Ammoniaque (1/2)	0,2
Ammonium cérium (IV) (2/1)	0,2
Chloroforme (3/2)	0,6
Chlorure Ferrique (1/1)	0,1
Diéthyl Ether (2/1)	0,2
Ethanol (3/3)	0,9
Ether de pétrole (3/3)	0,9
Ferroïne (1/1)	0,1
Hydroxyde de Potassium (2/1)	0,2
Hydroxyde de sodium (2/2)	0,4
Méthanol (3/3)	0,9
n-hexane (2/2)	0,4
Nitrate d'argent (1/2)	0,2
Nitrite de Sodium (2/1)	0,2
Propanol (1/1)	0,1
Violet cristallisé (2/1)	0,2

L'acide chlorhydrique, l'éthanol, l'éther de pétrole et le méthanol avaient un indice d'exposition élevé.

Tableau XXIII : Niveau et indice de protection au SCQM

Type de protection	Niveau	Indice de protection
Respiratoire	1	1
Cutanée	3	0,01
Oculaire	1	1

Aucune mesure de protection respiratoire et oculaire n'est utilisée lors de la manipulation des produits.

Ainsi, $L'IP = 10^{-(\text{niveau de protection}-1)}$, il était plus faible pour la voie cutanée ce qui signifie une bonne protection cutanée contrairement aux voies respiratoire et oculaire auxquelles l'IP était élevé.

3. Hiérarchisation des risques chimiques

Evaluation des risque par calcul de l'indice de risque : $IR = (ID) \cdot (IE) \cdot (IP)$

3.1. Evaluation de la toxicité locale

Tableau XXIV : Indice de risque respiratoire (IRresp) local

Produits	IDLresp	IE	IPresp	IRresp
Ammoniaque	100	0,2	1	20
Nitrate d'argent	100	0,2	1	20
Acide Phosphorique	100	0,2	1	20
Ammonium cérium (IV)	100	0,2	1	20
Acide chlorhydrique	100	0,9	1	90
Ethanol	100	0,9	1	90
Acide Acétique Glacial	1000	0,6	1	600
Acide nitrique	1000	0,2	1	200
Acide Perchlorique	1000	0,2	1	200
Hydroxyde de Potassium	1000	0,2	1	200
Acide sulfurique	1000	0,3	1	300
Hydroxyde de sodium	1000	0,4	1	400

L'acide acétique glacial, l'acide sulfurique et l'hydroxyde de sodium avaient un IR respiratoire très élevé.

Tableau XXV : Indice de risque cutané (IRcut) local

Produits	Lcut	IE	IPcut	IRcut
Chlorure Ferrique	10	0,1	0,01	0,01
Acétate d'Éthyle	10	0,2	0,01	0,02
Diéthyl Ether	10	0,2	0,01	0,02
n-hexane	10	0,4	0,01	0,04
Chloroforme	10	0,6	0,01	0,06
Acétone	10	0,6	0,01	0,06
Ethanol	10	0,9	0,01	0,09
Ether de pétrole	10	0,9	0,01	0,09
Ammoniaque	100	0,2	0,01	0,2
Nitrate d'argent	100	0,2	0,01	0,2
Acide Phosphorique	100	0,2	0,01	0,2
Acide chlorhydrique	100	0,9	0,01	0,9
Acide nitrique	1000	0,2	0,01	2
Acide Perchlorique	1000	0,2	0,01	2
Hydroxyde de Potassium	1000	0,2	0,01	2
Acide sulfurique	1000	0,3	0,01	3
Hydroxyde de sodium	1000	0,4	0,01	4
Acide Acétique Glacial	1000	0,6	0,01	6

L'IR cutané était faible pour la plus part des produits sauf pour l'hydroxyde de sodium l'acide acétique glacial et l'acide sulfurique auxquels il était plus élevé.

Tableau XXVI : Indice de risque oculaire (IRoc) local

Produits	Loc	IE	IPoc	IRoc
Propanol	10	0,1	1	1
Acétate d'Éthyle	10	0,2	1	2
Acétonitrile	10	0,6	1	6
Acétone	10	0,6	1	6
Ethanol	10	0,9	1	9
Ammoniaque	100	0,2	1	20
Nitrate d'argent	100	0,2	1	20
Acide Phosphorique	100	0,2	1	20
Acide chlorhydrique	100	0,9	1	90
Acide Acétique Glacial	1000	0,6	1	600
Chlorure Ferrique	1000	0,1	1	100
Acide Perchlorique	1000	0,2	1	200
Acide nitrique	1000	0,2	1	200
Hydroxyde de Potassium	1000	0,2	1	200
Violet cristallisé	1000	0,2	1	200
Acide sulfurique	1000	0,3	1	300
Hydroxyde de sodium	1000	0,4	1	400

L'acide acétique glacial, l'acide sulfurique et l'hydroxyde de sodium avaient un IR oculaire très élevé.

Tableau XXVII : Niveau de risque de toxicité locale selon la voie de pénétration

Voies	Niveau Indice de Risque		
	Faible (0,001-3)	Intermédiaire (4-30)	Elevé (40-1000)
Respiratoire	Aucun	Ammoniaque	Acide Acétique Glacial
		Acide Phosphorique	Acide nitrique
		Nitrate d'argent	Acide Perchlorique
		Ammonium cerium (IV)	Acide sulfurique
		Acide chlorhydrique	Hydroxyde de Potassium
		Ethanol	Hydroxyde de sodium
Cutanée	Acétate d'Éthyle	Acide Acétique Glacial	Aucun
	Acétone	Hydroxyde de sodium	
	Acide chlorhydrique		
	Acide nitrique		
	Acide Phosphorique		
	Acide sulfurique		
	Ammoniaque		
	Chloroforme		
	Chlorure Ferrique		
	Diéthyl Ether		
	Ethanol		
	Ether de pétrole		
	Hydroxyde de Potassium		
	n-hexane		
Nitrate d'argent			
Oculaire	Acétate d'Éthyle	Acétone	Acide Acétique Glacial
	Propanol	Acétonitrile	Acide chlorhydrique
		Acide Phosphorique	Acide nitrique
		Ammoniaque	Acide Perchlorique
		Ethanol	Acide sulfurique
		Nitrate d'argent	Chlorure Ferrique
			Hydroxyde de Potassium
			Hydroxyde de sodium
		Violet cristallisé	

L'acide acétique glacial, l'acide nitrique, l'acide Perchlorique, l'acide sulfurique, l'hydroxyde de potassium et l'hydroxyde de sodium avaient un niveau d'IR de toxicité locale (respiratoire et oculaire) élevé. Le chlorure ferrique et le violet cristallisé avaient un IR oculaire élevé. Aucun produit n'avait un IR cutané élevé.

3.2. Evaluation de la toxicité systémique non CMR

Tableau XXVIII : Indice de risque respiratoire (IRresp) systémique non CMR

Produits	IDSresp	IE	IPresp	IRresp
Propanol	10	0,1	1	1
Acétate d'Éthyle	10	0,2	1	2
Diéthyl Ether	10	0,2	1	2
n-hexane	10	0,4	1	4
Acétone	10	0,6	1	6
Ethanol	10	0,9	1	9
Ether de pétrole	10	0,9	1	9
Chloroforme	1000	0,6	1	600
Méthanol	1000	0,9	1	900

Tableau XXIX : Indice de risque cutané (IRcut) systémique non CMR

Produits	IDScut	IE	IPcut	IRcut
Acétonitrile	10	0,6	0,01	0,06
Ethanol	10	0,9	0,01	0,09
n-hexane	1000	0,4	0,01	4
Chloroforme	1000	0,6	0,01	6
Méthanol	1000	0,9	0,01	9

Tableau XXX : Niveau de risque de toxicité non CMR selon les voies de pénétration

Voies	Niveau Indice de Risque		
	Faible (0,001-3)	Intermédiaire (4-30)	Elevé (40-1000)
Respiratoire	Acétate d'Éthyle	Acétone	Chloroforme
	Diéthyl Ether	Ethanol	Méthanol
	Propanol	Ether de pétrole	
		n-hexane	
Cutanée	Acétonitrile	Chloroforme	Aucun
	Ethanol	Méthanol	
		n-hexane	

Le méthanol et le chloroforme avaient une IR respiratoire systémique non CMR très élevé. Le méthanol, le n-hexane et le chloroforme avaient une IR cutané systémique non CMR intermédiaire.

3.3. Evaluation de la toxicité CMR

Tableau XXXI : Indice de risque cancérogène

Produits	IDC	IE	IP	IRC
Chloroforme	100	0,6	1	60
Ethanol	100	0,9	1	90
Violet cristallisé	100	0,2	1	20

Tableau XXXII : Indice de risque reprotoxique

Produits	IDR	IE	IP	IRR
n-hexane	100	0,4	1	40

Tableau XXXIII : Classification des produits CMR en niveaux de risque

Voies	Niveau Indice de Risque		
	Faible (0,001-3)	Intermédiaire (4-30)	Elevé (40-1000)
Cancérogène	Aucun	Violet cristallisé	Chloroforme
			Ethanol
Reprotoxique	Aucun	Aucun	n-hexane

Les produits hautement cancérogènes étaient : le chloroforme et l'éthanol. Le n-hexane était reprotoxique. Aucun produit chimique n'était mutagène.

Tableau XXXIV : Classification des produits retrouvés par niveau de risque

Danger	Indice de Danger Local			Systémique non CMR		Systémique CMR	
	Resp	Cut	Oc	Resp	Cut	C	R
Faible		Acétate d'Éthyle	Acétate d'Éthyle	Acétate d'Éthyle	Acétonitrile		
		Acétone	Propanol	Diéthyl Ether	Ethanol		
		Acide chlorhydrique		Propanol			
		Acide nitrique					
		Acide Phosphorique					
		Acide sulfurique					
		Ammoniaque					
		Chloroforme					
		Chlorure Ferrique					
		Diéthyl Ether					
		Ethanol					
		Ether de pétrole					
		Hydroxyde de Potassium					
		n-hexane					
	Nitrate d'argent						
Intermédiaire	Acide chlorhydrique	Acide Acétique Glacial	Acétone	Acétone	Chloroforme	Violet cristallisé	
	Acide Phosphorique	Hydroxyde de sodium	Acétonitrile	Ethanol	n-hexane		
	Ammoniaque		Acide Phosphorique	Ether de pétrole	Méthanol		
	Ammonium cerium (IV)		Ammoniaque	n-hexane			
	Ethanol		Ethanol				
	Nitrate d'argent		Nitrate d'argent				
Elevé	Acide Acétique Glacial		Acide Acétique Glacial	Chloroforme		Chloroforme	n-hexane
	Acide nitrique		Acide chlorhydrique	Méthanol		Ethanol	
	Acide Perchlorique		Acide nitrique				
	Acide sulfurique		Acide Perchlorique				
	Hydroxyde de Potassium		Acide sulfurique				
	Hydroxyde de sodium		Chlorure Ferrique				
			Hydroxyde de Potassium				
			Hydroxyde de sodium				
			Violet cristallisé				

V. DISCUSSION

Notre étude qui a porté sur l'évaluation du risque chimique au SCQM du LNS, nous a permis d'étudier le risque semi quantitative des 25 produits les plus utilisés. Le choix du SCQM se justifie par la forte utilisation des produits chimiques dans ce service par rapport aux autres services du LNS. En plus c'est l'unique service qui réalise le contrôle qualité des médicaments et les produits de santé au Mali. Notre étude a été limitée par :

- L'absence d'une procédure de gestion des produits chimiques ;
- L'absence d'étiquettes ou de fiches données de sécurité des produits chimiques;
- La classification anarchique des produits chimiques.

Notre étude a débuté par un inventaire des réactifs utilisés au SCQM. Il s'agissait d'identifier, et de lister les réactifs rencontrés. Au total, nous avons inventorié 79 réactifs. Il nous a permis d'hierarchiser les réactifs pour lesquels l'étude doit être menée. Lors de l'inventaire, nous avons collectés les informations suivantes sur chaque réactif : conditions de stockage et d'utilisation, nom, classe chimique, présentation, quantité utilisée, fréquence d'utilisation, les phrases du risque R. C'est ainsi que nous avons sélectionnés 25 réactifs pour notre étude conformément à nos critères d'inclusion. Vu la classification anarchique des réactifs, cet inventaire nous a permis de faire à nouveau la classification des réactifs selon leur classe chimique et de leur danger au SCQM.

Durant notre étude, les produits acides et bases étaient les plus représentés, ce résultat est conforme à l'utilisation de ces produits dans la plupart des laboratoires d'analyse chimique. L'acide chlorhydrique était l'acide le plus utilisé, il résulte de la dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau, c'est un acide fort totalement dissocié en protons et ions chlorures, très réactif. Le chlorure d'hydrogène en solution aqueuse (acide chlorhydrique) est utilisé principalement dans les opérations de nettoyage et décapage des métaux, la production de chlorures minéraux, l'extraction et la purification de certains minerais, mais aussi comme agent de neutralisation, pour la récupération de métaux semi-précieux dans des catalyseurs usagés, le traitement de l'eau (régénération des résines échangeuses d'ions, fabrication de flocculants). Les métaux, à l'exception de l'argent, de l'or, du platine, du tantale ou de certains alliages, sont attaqués par l'acide chlorhydrique avec formation d'hydrogène ; la réaction s'accompagne généralement d'un grand dégagement de chaleur. Selon l'Union européenne (2000) la valeur moyenne d'exposition (VME) de l'acide chlorhydrique est de 5 ppm, la valeur limite d'exposition professionnelle contraignante (VLCT) dans l'air des locaux de travail a été établie en France pour le chlorure d'hydrogène est de 5 ppm [22-24].

La base la plus utilisée était l'ammoniaque, elle est obtenue par la dissolution de l'ammoniac dans l'eau (33,1 % en poids à 20 °C), cette réaction s'accompagne d'un dégagement de chaleur. En présence d'humidité, l'ammoniaque, attaque rapidement le cuivre, le zinc et de nombreux alliages, particulièrement ceux qui contiennent du cuivre. Il agit également sur l'or, l'argent et le mercure en donnant des composés explosifs. Certaines catégories de plastiques, de caoutchoucs et de revêtements peuvent être attaquées par l'ammoniac liquide. Sa VLCT dans l'air des lieux de travail est de 20 ppm [25-28] en France.

L'Ether de pétrole était l'alcane le plus utilisé, c'est une substance stable aux conditions de manipulation et de stockage recommandées. Exposée à des températures élevées, la substance peut dégager des produits de décomposition dangereux, tels que monoxyde et dioxyde de carbone, fumées, oxyde d'azote. Tout appareil susceptible de produire une flamme ou de porter à haute température une surface métallique (brûleurs, arcs électriques, fours...) ainsi que les agents oxydants forts seront bannis des locaux de stockage avec l'Ether de pétrole [29]. L'alcool le plus utilisé était le Méthanol, c'est un liquide inflammable, incolore, volatil, d'odeur plutôt agréable quand il est pur. Le méthanol est miscible à l'eau, le mélange se faisant avec dégagement de chaleur et contraction, et à la plupart des solvants organiques (alcools, éthers, cétones...). Il dissout les graisses et un grand nombre de matières plastiques et de sels minéraux ; c'est, à cet égard, un meilleur solvant que l'éthanol [30, 31]. Une oxydation brutale (par exemple combustion) le transforme en dioxyde de carbone et eau, alors qu'une oxydation ménagée conduit à l'aldéhyde formique, puis à l'acide formique. La réaction avec les métaux alcalins donne un méthylate avec dégagement d'hydrogène et peut être brutale. La plupart des autres métaux sont insensibles au méthanol, à l'exception du plomb, de l'aluminium et du magnésium. Sa VME dans l'air des lieux de travail est de 200ppm en France [32-35].

Nous avons obtenu une forte utilisation d'Acétonitrile, c'est un liquide incolore, d'odeur étherée. Il est miscible à l'eau en toutes proportions et à de nombreux solvants organiques (éthanol, méthanol, acétone, trichlorométhane, chloroéthylène, éther éthylique, acétate d'éthyle, hydrocarbures insaturés...). Il est insoluble dans les hydrocarbures saturés.

L'acétonitrile est un très bon solvant de composés minéraux et organiques, y compris les polymères [36-41]. C'est un composé relativement stable à température ambiante : c'est un des nitriles les plus stables. Il se décompose à chaud avec émission de produits toxiques : cyanure d'hydrogène, oxydes d'azote...

Il réagit vivement avec les oxydants puissants avec risque d'incendie et d'explosion. Les réactions avec les acides peuvent être violentes ; le mélange acide nitrique fumant et acétonitrile sont explosifs, des réactions exothermiques incontrôlables peuvent se produire en mélangeant acétonitrile et acide sulfurique. Il ne corrode pas les métaux usuels mais attaque certaines matières plastiques, caoutchoucs, revêtements synthétiques [36-38]. Sa VME est de 40 ppm selon la France.

A la suite de l'inventaire, nous avons entamé l'évaluation semi quantitative des risques chimiques qui constitue le préalable de toute démarche de prévention des risques chimiques. Bien menée, elle doit permettre de construire un plan d'actions de prévention des risques d'accidents et de maladies professionnels. Elle se déroule en 4 étapes [7,10]. Notre évaluation s'est basée sur ces quatre étapes :

1. Caractérisation et Hiérarchisation des dangers

Elle a consisté à la classification des produits en fonction de leurs effets sur la santé, leurs voies de pénétration dans l'organisme ainsi que la gravité de ces effets aux phrases de risque (phrases R) [21]. Cette méthode ne prend pas en compte l'évaluation des dangers physico-chimiques et environnementaux.

Nos résultats ont mis en exergue de six produits dont le niveau de toxicité locale est élevé, ce sont : acide acétique glacial, acide nitrique, acide perchlorique, acide sulfurique, hydroxyde de potassium et hydroxyde de sodium. Le chlorure ferrique et le violet cristallisé avaient une toxicité élevée pour la voie oculaire. La toxicité locale de ces substances a été décrite dans plusieurs études. Selon les résultats d'expertise toxicologique de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail, l'acide acétique glacial présente des dangers de toxicité lors des expositions par inhalation, contacts oculaire et cutanée [42]. L'acide nitrique est un acide fort corrosif ou irritant selon sa concentration ; après exposition directe à une concentration suffisamment élevée, il induit des effets locaux sur la peau, les yeux, le tractus respiratoire et le tractus gastro-intestinal. [43]. L'acide perchlorique est un caustique puissant responsable de lésions sévères des tissus avec lesquels il entre en contact [44].

L'acide sulfurique est toxique, surtout par inhalation de l'aérosol ; les particules de taille moyenne (1 ppm) sont les plus toxiques. Il est fortement irritant ou corrosif pour le tractus respiratoire et le tractus gastro-intestinal selon la voie d'exposition ; pur, il est corrosif pour la peau et l'œil [45-46]. La toxicité aiguë de l'hydroxyde de potassium est modérée, essentiellement due à ses propriétés corrosives. L'hydroxyde de potassium et ses solutions aqueuses sont caustiques pour la peau et les muqueuses ; la gravité des lésions dépend de la quantité appliquée, de la concentration de la solution et du temps de contact [47].

L'hydroxyde de sodium et ses solutions aqueuses sont caustiques pour la peau ou toute muqueuse avec laquelle ils entrent en contact. La gravité des lésions dépend de la quantité appliquée, de la concentration de la solution et du temps de contact. Chez l'animal, une solution de soude à 5 % est corrosive pour la peau ; au niveau oculaire, les concentrations corrosives sont de l'ordre de 1,2 à 2 % [48,49]. Irritation et corrosion des yeux, par inhalation et ingestion par voie digestive [50].

Selon le Règlement Commission Européenne (CE) N°1907/2006, le violet cristallisé n'est pas classé comme corrosif ou irritant pour la peau mais provoque de grave lésion oculaire [51].

Nos résultats ont mis en évidence un fort niveau de toxicité systémique non CMR respiratoire, cutanée et orale du méthanol. D'autres études ont décrit des signes neurologiques (ébrioité, céphalées...) et une irritation digestive ou respiratoire selon la voie d'exposition lors de l'exposition aiguë au méthanol. L'intoxication se caractérise surtout par une acidose métabolique et des troubles visuels pouvant conduire à la cécité. Les projections dans l'œil peuvent induire une irritation superficielle. En cas d'exposition répétée, des céphalées et des troubles visuels ont été décrits [52,53].

L'exposition à certains agents chimiques dangereux peut nuire à la fonction de reproduction, au développement de l'embryon, du fœtus ou de l'enfant allaité. Si de tels agents chimiques dangereux sont utilisés ou émis à leur poste de travail, les salariés doivent en être instruits, et informés des risques et formés à la prévention de l'exposition à ces produits.

Il convient en particulier de sensibiliser les femmes à l'intérêt de déclarer leur grossesse précocement afin d'être soustraites aux risques d'exposition à ces agents. Ainsi durant notre, nous avons trouvé des risques cancérigènes pour trois produits : l'éthanol, le chloroforme et le violet cristallisé. Selon l'évaluation du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) en 2007, il existe des preuves suffisantes de la cancérogénicité de l'éthanol chez l'animal. Selon CIRC l'éthanol dans les boissons alcoolisées est classé dans le groupe 1 des agents cancérigènes pour l'homme. Il n'y a pas de donnée concernant les risques cancérigènes liés à l'inhalation répétée d'éthanol. Certains des effets constatés surviennent pour des doses faibles et il convient d'y prêter attention en cas d'exposition importante possible [54, 55].

Les essais sur la souris et le rat ont montré que le chloroforme provoquait des tumeurs sur de nombreux organes [56].

Le violet cristallisé est considéré comme cancérigène suspecté sans preuves suffisantes [51].

Le risque reprotoxique a été obtenu uniquement avec le n-hexane. Le n-hexane a été classé par la CE en tant que toxique pour la reproduction de catégorie 2, ce qui signifie que la

substance soulève des préoccupations en matière de reproduction humaine en raison du risque éventuel d'altération de la fertilité. La décision repose sur l'observation, notamment dans une étude de Nylen *et al.* (1989) [57].

Aucun de nos réactifs n'avait un risque mutagène.

2. Evaluation de l'exposition des individus

L'usage des moyens de protection collective et les équipements de protection individuelle (appareils de protection respiratoire, gants, lunettes, vêtements de protection...) adaptés aux risques est une obligation pour tout manipulateur de produit chimique. Il est tenu également d'en assurer l'entretien et de les remplacer si besoin. Ces équipements doivent être notamment certifiés et adaptés à la tâche à effectuer. L'usage inapproprié de ces moyens de protection peut entraîner des dommages sanitaires. Durant notre étude, nous avons notés uniquement l'usage correct des moyens de protection cutanée. Par ailleurs, l'indice d'exposition était élevé pour l'acide chlorhydrique, l'éther de pétrole, éthanol et méthanol avec un indice de 0,9. Vu le caractère volatil de ces produits, des risques d'exposition intermédiaires et élevés ont été prouvé lors de notre étude par ces produits.

3. Hiérarchisation des risques chimiques

Elle nous a permis d'identifier les réactifs à danger faible, intermédiaire et élevé en fonction des indices de danger. Ainsi le programme de priorité pour la prévention et la protection sera élaboré pour les réactifs à danger intermédiaire et élevé qui sont : l'acétone, l'acétonitrile, l'acide acétique glacial, l'acide chlorhydrique, l'acide nitrique, l'acide phosphorique, l'acide sulfurique, l'ammoniaque, l'ammonium cerium (IV), le chloroforme, le chlorure ferrique, l'éthanol, l'éther de pétrole, l'hydroxyde de potassium, l'hydroxyde de sodium, le méthanol, le n-hexane, le nitrate d'argent, et le violet cristallisé.

Ce plan d'action consiste à la mise en pratique des bonnes pratiques de laboratoire et de suivre la mise en œuvre des mesures de prévention et leur efficacité dans la réduction du risque.

4. Plan d'action

La prévention des risques chimiques, nécessite plusieurs types d'actions pour aboutir à la meilleure maîtrise possible des risques chimiques. Ainsi les grandes lignes d'une démarche de prévention des risques chimiques sont les suivantes :

- Éviter les risques, si possible en les supprimant ou les combattre à la source ;
- Remplacer ce qui est dangereux par ce qui ne l'est pas ou ce qui l'est moins (principe de substitution des produits dangereux par des produits présentant moins de risques) ;

- Privilégier les mesures de protection collective (ventilation et assainissement de l'air, système clos, mécanisation, encoffrement...) par rapport aux mesures de protection individuelle ;
- Former et informer les salariés sur les risques et leur prévention, sans négliger les mesures d'hygiène et d'urgence

4.1. Suppression ou substitution des produits chimiques dangereux

Dans le cas où des produits cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR) sont utilisés, leur substitution est une obligation réglementaire quand elle est techniquement possible. Dans notre étude ce sont le chloroforme, l'éthanol, le méthanol, le n-hexane et le violet cristallisé qui doivent impérativement être substitués vu leurs toxicités systémique non CMR et systémique CMR élevées.

Les étapes de la substitution sont :

- Créer un groupe de travail en charge de la conduite de la substitution ;
- Définir un cahier des charges ;
- Rechercher des solutions alternatives ;
- Tester les différentes solutions ;
- Évaluer les conséquences des solutions retenues ;
- Comparer les différentes options ;
- Mettre en application la solution retenue ;
- Évaluer et valider cette solution.

4.2. Mesures organisationnelles (mesure de prévention collective)

Elles permettent de réduire de façon appréciable les expositions professionnelles au risque chimique et leurs effets sur la santé. Ces étapes sont les suivantes :

- Limitation du temps de travail aux postes exposés ;
- Procédures d'achats de produits chimiques (prise en compte des quantités et conditionnements adaptés à l'utilisation) ;
- Gestion des flux et du stockage des produits chimiques (stocks inutilisés, limitation des quantités stockées...) ;
- Gestion des déchets ;
- Procédures d'entretien des installations ;
- Restriction de l'accès aux locaux.

4.3.Règles d'hygiène (mesures de préventions individuelles)

La prévention de l'exposition à des agents chimiques dangereux passe également par le respect de mesures d'hygiène, qui viennent en complément des mesures de prévention collectives.

Le porte des EPI (masque à nez, gant, sur-lunette, blouse mèche longue,...) doit être obligatoire lors de la manipulation des produits suivants : acide Acétique Glacial, acide chlorhydrique, acide nitrique, acide perchlorique, acide sulfurique, chlorure ferrique, hydroxyde de potassium, hydroxyde de sodium, violet cristallisé.

En plus de l'usage des EPI, les règles suivantes doivent être respectées :

- Ne pas boire, manger ou fumer sur les lieux de travail et ne pas entreposer d'aliments, de boissons, de médicaments ou de tabac dans les locaux où un risque chimique est entreposé ;
- Ranger les vêtements de travail séparément des vêtements de ville ;
- Ne pas porter des vêtements de travail souillés dans des endroits tels que les bureaux, salles de séminaire, espaces de détente, restaurants d'entreprise ou cafétérias ;
- Ne pas sortir de l'établissement avec les vêtements de travail ou les équipements de protection individuelle ;
- Changer fréquemment de vêtements de travail et à chaque fois que ceux-ci ont été souillés par des agents chimiques dangereux ;
- Se laver les mains avant chaque pause.

4.4.Prévention médicale des risques chimiques

Bien que les mesures de prévention techniques, collectives, individuelles permettent de réduire de façon appréciable les expositions professionnelles au risque chimique et leurs effets sur la santé, il est nécessaire de mettre en place un suivi médical (clinique et biologique) pour un dépistage précoce des effets sur la santé et l'évaluation des interactions santé / travail.

Ce suivi médical est réalisé par une équipe pluridisciplinaire comprenant un ou des médecins, des intervenants en prévention des risques professionnels et des infirmiers, après analyse des postes de travail et des risques professionnels.

4.5.Information et formation aux risques chimiques

La formation et l'information des salariés font partie des obligations de l'employeur en matière de prévention des risques chimiques. Elles répondent à deux principaux objectifs : donner aux salariés une représentation des risques chimiques associés à leur poste de travail et leur donner les moyens de maîtriser leur environnement en les formants, entre autres, à la mise en œuvre des équipements de protection collective et individuelle.

VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

1. Conclusion

Omniprésents sur les lieux de travail, des produits chimiques passent parfois inaperçus. De nombreux produits chimiques peuvent avoir des effets sur l'homme et son environnement.

Notre étude a permis de faire ressortir le caractère dangereux de nombreux produits qui étaient utilisés banalement et sans mesure de protection adéquat. Ces dangers peuvent aller d'une simple brûlure à des risques de cancer. Ces risques étaient liés au non utilisation des mesures de sécurité respiratoires et oculaires lors de la manipulation des produits chimiques.

La majeure partie des efforts internationaux dans le domaine de la sécurité chimique s'inscrit dans une collaboration ayant pour cadre les mécanismes de coopération entre institutions.

L'accident de Bhopal et d'autres facteurs déclencheurs ont constitué le fondement de la stratégie permanente et coordonnée orientée vers la gestion rationnelle des produits chimiques. L'OIT avait conçu un nombre important d'outils mis à la disposition des gouvernements, des employeurs et des travailleurs pour développer et mettre en œuvre le programme de gestion rationnelle des produits chimiques sur le lieu de travail. Ces programmes ont été élaborés pour assurer la protection face aux conséquences des agents chimiques sur l'environnement et contribuer à relever le défi de la gestion rationnelle des produits chimiques à l'horizon 2020.

2. Perspectives

Au terme de notre étude nous formulons quelques recommandations :

2.1. À l'administration du LNS

- Elaborer une procédure de gestion des produits chimique ;
- Vérifier la mise en pratique des bonnes pratiques de laboratoire ;
- Contrôler le bon fonctionnement du système de protection des travailleurs du laboratoire.

2.2. Aux personnels du SCQM

- Respecter scrupuleusement les bonnes pratiques de laboratoire ;
- Étiqueter tous les produits chimiques disponibles dans le laboratoire ;
- Veiller aux respects des conditions d'utilisations des réactifs.

VII. RÉFÉRENCES

1. Organisation Internationale du Travail. La sécurité et la santé dans l'utilisation des produits chimiques au travail. Rapport de la Journée mondiale de la sécurité et de la santé au travail 2014.
2. Organisation Mondiale de la Santé Les dioxines et leurs effets sur la santé Aide-mémoire N°225, Octobre 2016. Consulté 17/01/2018 sur l'URL : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/fr/>
3. Organisation Mondiale de la Santé. Mercure et santé : Exposition au mercure. Consulté le 14/01/2018 sur l'URL : <https://www.who.int/fr/news-room/factsheets/detail/mercury-and-health>
4. Bridget Hanna Bhopal : catastrophe et résistances durables. Vacarme 2006/1 (n° 34), pages 133 à 137.
5. Organisation Internationale du Travail. Le point sur SafeWork : La sécurité et la santé au travail dans les faits. Consulté le 05 novembre 2018 sur l'URL : https://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/worldday/facts_fra.pdf
6. Organisation Mondiale de la Santé. Une étude concernant l'impact des produits chimiques sur la santé. Février 2011. Consulté le 19 octobre 2018 sur l'URL : <http://www.euro.who.int/fr/home/sections/news/news>
7. Institut National Recherche et de Sécurité. Santé et Sécurité au travail : risques chimique. Consultable sur l'URL : www.inrs.fr/risques/chimiques.html
8. Institut des Nations Unies pour la formation et la recherche. Profil national des capacités de gestion des produits chimiques au Mali. Consulté le 22 octobre 2018 sur l'URL : http://cwm.unitar.org/national-profiles/publications/cw/np/np_pdf/Mali_National_Profile_2010.pdf
9. Department of National Health and Weifare. Health and safety of laboratory workers in Canada. A review of the literature. Ottawa, Canada, Department oi National Health and Welfare, Report n° 82-EHD-69, 1 979.
10. Institut National Recherche et de Sécurité. Santé et Sécurité au travail : Principes généraux de la démarche de prévention. Consulté le 15 octobre 2018 sur l'URL : <http://www.inrs.fr/demarche/principes-generaux/introduction.html>
11. Norme Internationale ISO/IEC 17025 : 2017(F). Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais. Troisième édition 2017-11.

12. Alain Viala et al. *Éléments de Toxicologie : Notions générales sur la Toxicologie*. Edition Tec et Doc 1998.
13. Organisation Maritime Internationale. *Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL)*. Consultable sur l'URL : www.imo.org
14. Programme des Nations Unies pour l'environnement et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. *Convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet d'un commerce international*. Consultable sur l'URL : <https://fr.m.wikipedia.org>
15. Organisation Mondiale de la Santé. *Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants*. Consultable sur l'URL : www.pops.int
16. Programme des Nations Unies pour l'environnement. *Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination*. Consultable sur l'URL : www.basel.int
17. Programme des Nations Unies pour l'environnement. *Convention de Minamata sur le Mercure*. Consultable sur l'URL : www.mercuryconvention.org
18. Conférence des Ministres de l'Environnement des pays africains. *Convention de Bamako sur interdiction de l'importation vers l'Afrique de tout type de déchets dangereux y compris les déchets radioactifs*. Consultable sur l'URL : www.peaceau.org
19. Commissariat au développement institutionnel : Le Laboratoire National de la Santé créé par l'Ord.00-040/P-RM du 20/09/00 JO-2000.p.1246 organisé par le Décret N°00-586/P-RM du 23/11/00 JO-2000.p.1422.
20. Institut National Recherche et de Sécurité. *Santé et sécurité au travail : Base de données des Fiches Toxicologique*. Consultable sur l'URL : http://www.inrs.fr/header/recherche.html?queryStr=Fiche+toxicologique&inputStr=queryStr%3DFiche+toxicologique&rows=10&page=1¤tpage=1&trif=&triv=&killfilters=&facette_typedocument=Fiche+Toxicologique&facette_date=datefo%3A%5BNOW%2FYEAR-5YEARS+TO+*%5D&valid_affiner=

21. Persoons R, Dumas L, Stoklov M, Maitre A. Développement d'une nouvelle méthode d'évaluation des risques chimiques : application dans les laboratoires hospitaliers, Archives des maladies professionnelles et de l'environnement, 66(4), 2005 :326-334
22. An encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals. Hydrogen chloride. The Merck index. 14 editions. Whitehouse Station : Merck th and Co ; 2006
23. Encyclopedia of chemical technology Kirk-Othmer. Hydrogen chloride : - 5 th edition. Vol. 13. Hoboken: Wiley-Interscience ; 2005 : 808-837.
24. Institut National Recherche et de Sécurité. Base de données Fiche toxicologique N°13 : Chlorure d'hydrogène et solutions aqueuse. Consultable sur l'URL : www.inrs.fr/dms/ficheTox/FicheFicheTox/FICHETOX_13-3/FicheTox_13.pdf
25. Kirk Othmer - Encyclopedia of Chemical Technology, 4 éd., New York, John Wiley and sons, vol. 2, e 1992, pp. 638-688.
26. Leleu J, Triolet J - Réactions chimiques dangereuses. 2^{ème} éditions. Édition ED 697. INRS, 2003. <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20697>.
27. Van Nostrand Reinhold Company Sax N.I. - Dangerous properties of industrial materials. New York, Londres , 1984, p. 257.
28. Bretherick's handbook of reactive chemicals hazards, 6^{ème} éd., vol. 1. Oxford, Butterworth-Heineman, 1999, pp. 1657-1661.
29. Règlement de la Commission Européenne n°1907/2006. Fiche de données de sécurité : Ether de pétrole. Version N°1 (10/05/2016). Consultable sur l'URL : www.infodyne.fr.
30. International Chemical Safety Cards. Methyl alcohol. Fiche No 0057. IPCS; 2017. Consultable sur l'URL : www.inchem.org
31. Kirk-Othmer Encyclopedia of chemical technology Methanol. -. 5 ed. Vol. 16. New York : Wiley-Interscience th ; 2004 : 299-31.
32. National Safety Council. Methanol - Data sheet I 407. Chicago; 1984: 6 p.
33. Occupational health guideline for methyl alcohol. Cincinnati: NIOSH/ OSHA; 1978: 5 p.
34. Marsden C. Solvents guide, 2^{ème} édition. Londres : Cleaver Hume Press Ltd; 1963 : 347-355.
35. Methanol. Information sheet on hazardous materials H 42. Fire Prevention ; 1975 ; 111 : 23-24.
36. . European Union Risk Assessment Report. European Chemicals Bureau. Acetonitrile, Vol. 18, 2002. Consultable sur l'URL : www.echa.europa.eu/information-on-chemicals

37. Kirk-Othmer – Encyclopedia of Chemical Technology, 4e éd., supplement. New York, John Wiley and Sons, 1998, pp. 437-444-143.
38. Budavari S. - The Merck Index – An Encyclopaedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Whitehouse Station, NJ : Merck and Co., Inc., 2001, 13^{ème} ed. p.14.
39. Hazardous Substances Data Bank. Acetonitrile. 2002. Consultable sur l'URL : www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin
40. Bretherick's handbook of reactive chemicals hazards, 6^{ème} édition, vol. 1. Oxford, Butterworth- Heinemann, 1999, p.280.
41. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Acetonitrile. TLVs and BEIs with other worldwide occupational exposure values. CD-ROM 2002. Cincinnati, Ohio, 6 p.
42. Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. Fiche complète de l'acide acétique glacial : propriétés toxicologiques. Consultable sur https://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=521
43. Immediately Dangerous to Life or Health: value profile. Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to nitric acid. Cincinnati. NIOSH publication n° 78, 1976. Consultable sur l'URL : <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2017-202/pdfs/2017-202.pdf>
44. Hazardous Substances Data Bank. Perchloric acid solution. BGIA GESTIS. Consultable sur l'URL : www.inrs.fr/dms/ficheTox/FicheFicheTox/FICHETOX_141-1/FicheTox_141.pdf
45. Programme des Nation Unies pour l'Environnement. Rapport d'évaluation initiale des produits chimiques : Acide Sulfurique. Janvier 2001. Consultable sur l'URL : <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/7664939.pdf>
46. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Sulfur Trioxide and Sulfuric Acid, 1998, Toxprofile Tp117. Consultable sur l'URL : www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp117.html
47. Programme des Nation Unies pour l'Environnement. Rapport d'évaluation initiale des produits chimiques : Potassium hydroxide. February 2002. Consultable sur l'URL: www.inchem.org/documents/sids/sids/potassiumhyd.pdf
48. Organisation de Coopération et de Développement Economique. Programme des Nation Unies pour l'Environnement. Rapport d'évaluation initiale des produits chimiques : Sodium hydroxide. UNEP, 2002. Consultable sur l'URL : www.inchem.org/documents/sids/sids/nahydrox.pdf

49. Medical management guidelines. Sodium hydroxide - ATSDR. 2011
www.atsdr.cdc.gov
50. Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. Fiche complète du chlorure ferrique : propriétés toxicologiques. Consulté le 02 février 2019, sur l'URL : https://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=652248
51. Règlement de la Commission Européenne. Fiche de données de sécurité : Violet cristallisé, version 2.0 fr. Consultable sur l'URL : https://www.carlroth.com/downloads/sdb/fr/T/SDB_T123_LU_FR.pdf
52. Institut National Recherche et de Sécurité. Méthanol. In : DEMETER. Documents pour l'évaluation médicale des produits toxiques vis-à-vis de la reproduction. DEM 048, 2010. Consultable sur l'URL : www.inrs.fr/Demeter
53. Nelson BK et al. - Teratological assessment of méthanol and ethanol at high inhalation levels in rats. *Fundamental and Applied Toxicology*. 1985 (5) : 727-736.
54. International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Alcohol drinking. Vol.44. ISBN-13 (Print Book). 978-92-832-1244-7. Online : <https://monographs.iarc.fr/iarc-monographs-on-the-evaluation-of-carcinogenic-risks-to-humans-77/>
55. International Agency for Research on Cancer Lyon; 1988. Révision en cours de publication: Consumption of alcoholic beverages. In: IARC monographs. Vol. 96, 2010. www.iarc.fr
56. Kirsch-Volders M. - Mutagenicity, carcinogenicity and teratogenicity of industrial pollutants. New York, Londres, Plenum Press, 1984, pp. 281-324.
57. Nylen P, Ebendal T, Eriksson Nilsson M *et al.* (1989). Testicular atrophy and loss of nerve growth factor-immunoreactivity germ cell line in rats exposed to n-hexane and a protective effect of simultaneous exposure to toluene or xylene. *Arch Toxicol* 63:296-307.

Annexe 1 : Tableau pictogrammes de danger

Ancien	Danger	Signification	Nouveau
	Toxique	Produits toxiques pouvant présenter un danger pour la santé ou entraîner la mort en cas d'inhalation, d'ingestion ou d'absorption cutanée. Exemples : produits hivernaux contenant du méthanol comme certains antigels ou dégivrants.	
	Corrosif	Produits corrosifs ou caustiques pour la peau et les muqueuses en cas de contact. Ils peuvent provoquer de graves brûlures. Exemples : les déboucheurs et détartrants concentrés.	
	Inflammable	Produits inflammables pouvant s'enflammer facilement au contact d'une flamme ou d'une étincelle, ou sous l'effet de la chaleur. Exemples : white spirit, acétone, lubrifiants et peinture en aérosol (contenant des solvants inflammables).	
	Comburant	Produits comburants contenant une grande quantité d'oxygène et pouvant provoquer la combustion de substances inflammables ou combustibles. Exemples : ce sont des produits réservés aux professionnels. On ne les trouve pas en supermarché.	
	Explosif	Produits explosifs pouvant exploser au contact d'une flamme, d'un choc, ou sous l'effet de la chaleur ou de frottements. Exemples : feux d'artifice.	
	Dangereux pour l'environnement	Produits dangereux pour l'environnement présentant un risque pour les organismes lorsqu'ils se retrouvent dans la nature. Ils peuvent être mortels pour les poissons ou les abeilles. Exemples : certains produits phytopharmaceutiques.	
	Irritant / nocif	Produits irritants pouvant causer des démangeaisons, des rougeurs ou des inflammations en cas de contact direct, prolongé ou répété. Exemples : produits de vaisselle et tablettes pour lave-vaisselle.	
	Dangereux pour la santé à long terme	Ces produits peuvent être cancérigènes, affecter la fertilité ou l'embryon ou encore provoquer des lésions aux organes. Exemples : thinners (diluants pour peintures).	
	Réceptif sous pression	Ces produits sont conservés sous pression, par exemple les bouteilles d'oxygène.	

Annexe 2 : Liste des produits chimiques utilisés au SCQM, LNS

N°	Désignations	Forme
1	1,4 Di nitrobenzène	Solide
2	1-butanol	Liquide
3	2-2-Dihydroxyindan-1,3dion	Solide
4	2-Méthylpropan-2-ol	Liquide
5	Acétate d'éthyle	Liquide
6	Acétone	Liquide
7	Acide Acétique Glacial	Liquide
8	Acide borique	Solide
9	Acide Calcone carboxylique	Solide
10	Acide chlorhydrique	Liquide
11	Acide formique	Liquide
12	Acide pentanesulfonique-1	Solide
13	Acide Salicylique	Solide
14	Acide Tannique	Liquide
15	Acide Trifluoroacétique	Liquide
16	Amidon soluble	Solide
17	Ammoniaque	Liquide
18	Ammonium Cerium IV nitrate	Solide
19	Ammonium Chloride	Liquide
20	Ammonium Phosphate Monobasique	Solide
21	Bicarbonate sodium	Solide
22	Bleu de méthylène	Liquide
23	Buffer solution pH	Liquide
24	Butan-1-ol	Liquide
25	Carbonate de Sodium monohydraté	Solide
26	Chloroforme	Liquide
27	Chlorure de Calcium	Solide
28	Cobalt II thiocyanate	Solide
29	Cyclohexane	Liquide
30	Dichlorométhane	Liquide
31	Diéthyl Ether	Liquide
32	Diéthylamine	Liquide
33	Dihydrogenophosphate sodium	Liquide
34	Dimethylsulfoxyde DMSO	Solide
35	Dipotassium hydrogénophosphate	Liquide
36	Disodium hydrogénophosphate	Solide
37	Eau Oxygénée	Liquide
38	Eisen III Chloride	Solide
39	Ethanol	Liquide

40	Ether de pétrole	Liquide
41	Ether monoéthylique du diéthylène glucol	Liquide
42	Ferriammonium sulfate	Solide
43	Hydranal	Liquide
44	Hydrogénocarbonate de Sodium	Solide
45	Hydranal composite	Liquide
46	Hydroxyde d'aluminium	Solide
47	Hydroxyde de sodium	Solide
48	Iode Bisublime	Solide
49	Iodure de Mercure rouge	Solide
50	Iodure de potassium	Solide
51	Iso-Octane	Liquide
52	Méthanol	Liquide
53	Molecular Sieves 3A	Solide
54	Nitrate de Plomb	Solide
55	Nitroprussiate de sodium dihydraté	Solide
56	Phénol Zur Analyse	Solide
57	Potassium bromate	Solide
58	Potassium chromate	Solide
59	Potassium dichromate cristallisé	Solide
60	Potassium dihydrogène phosphate	Solide
61	Potassium hydroxyde	Solide
62	Potassium hydroxyde	Solide
63	Propan-1-ol	Liquide
64	Propan-2-ol	Liquide
65	Réactif de Nessler	Liquide
66	Silicate Gel Dessicant	Solide
67	Silver Nitrate	Solide
68	Sodium carbonate anhydre	Solide
69	Sodium Dihydrogenophosphate	Solide
70	Sodium hexane sulfate	Liquide
71	Sodium Thiosulfate anhydre	Solide
72	Sulfate de cuivre II	Solide
73	Sulfate de sodium	Liquide
74	Sulfate de sodium dodécyle	Solide
75	Tert-Butanol	Liquide
76	Tetraborate de disodium decahydrate	Solide
77	Triéthanolamine	Liquide
78	Triton	Liquide
79	Vanilline	Solide