

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	1
1. Rappels bibliographiques.....	3
1.1 Quelques définitions	3
1.2 L'évaluation du risque chimique en établissement de santé	3
1.3 Méthode d'évaluation du risque chimique.....	4
2. Méthodologie.....	11
2.1 Cadre d'étude.....	11
2.2 Type et période d'étude.....	11
2.3 Population d'étude.....	11
2.4 Collecte des données.....	11
2.5 Technique de collecte des données.....	11
2.6 Saisie et traitement des données.....	12
2.7 Chronogramme d'étude.....	12
3. Résultats	13
3.1 Caractérisation et hiérarchisation des dangers.....	16
3.2 Evaluation de l'exposition des individus.....	19
3.3 Hiérarchisation du risque chimique.....	24
3.4 Conditions de stockage et d'élimination.....	32
4. Discussion.....	34
Conclusion	36
Bibliographie.....	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Types et niveaux de danger toxicologique	5
Tableau II : Classification en niveau de toxicité locale en fonction des phrases R	5
Tableau III : Classification en niveau de toxicité systémique non CMR en fonction des phrases R	6
Tableau IV : Classification en niveau de toxicité CMR en fonction des phrases R	6
Tableau V : Classification en niveau de danger physico-chimique et environnemental	7
Tableau VI : Classification en niveau de fréquence et en niveau de quantité	7
Tableau VII : Classification en niveaux d'efficacité des moyens de protection	8
Tableau VIII : Détails des formules de calcul des indices de risque chimique	9
Tableau IX : Diagramme de Gantt	12
Tableau X: Inventaire des produits chimiques à forte consommation	15
Tableau XI: Toxicité locale des produits en fonction des phrases R	16
Tableau XII : Toxicité systémique non CMR des produits selon les phrases R	17
Tableau XIII : Toxicité CMR des produits en fonction des phrases R	18
Tableau XIV: Dangers environnementaux des produits	18
Tableau XV : Synthèse des différents niveaux de danger des produits selon l'effet et la voie de pénétration	19
Tableau XVI : Indice de danger des selon le type d'effet et la voix de pénétration	20
Tableau XVII : Niveau de fréquence et quantité des produits	21
Tableau XVIII : Détermination de l'indice d'exposition aux produits chimiques	23
Tableau XIX : Niveaux et indices de protection au LNCQ	24
Tableau XX : Indice de risque respiratoire (IRresp) local	24
Tableau XXI : Indice de risque cutané (IRcut) local	25
Tableau XXII: Indice de risque oculaire (IRoc) local	25
Tableau XXIII: Niveau de risque de toxicité locale selon la voie de pénétration	26
Tableau XXIV: Indice de risque respiratoire (IRresp) systémique non CMR	28
Tableau XXV: Indice de risque cutané (IRcut) systémique non CMR	28

Tableau XXVI: Niveau de risque de toxicité non CMR selon les voies de pénétration	29
Tableau XXVII: Indice de risque cancérogène	29
Tableau XXVIII : Indice de risque mutagène	29
Tableau XXIX : Indice de risque reprotoxique	29
Tableau XXX : Classification des produits CMR en niveaux de risque	30
Tableau XXXI: Classification des produits retrouvés par niveau de risque	30

INTRODUCTION

Le milieu de travail, environnement dans lequel l'adulte actif moyen passe une importante partie de son temps, peut constituer une nuisance pour son bien-être. Ce risque pourrait être accru dans des secteurs particuliers d'activité du fait de la nature des intrants. La diversité des produits chimiques utilisés au laboratoire expose les travailleurs et l'environnement à des risques. Ces risques sont bien souvent sous-estimés alors qu'il existe des évidences qui interpellent. L'Organisation Internationale du Travail (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 (OIT, 2014). Selon les données rassemblées par l'OMS et publiées dans la revue «Santé Environnementale», plus de 8% des décès survenus dans le monde résultent de l'exposition à des produits chimiques (OMS, 2018).

Il n'est pas toujours aisé de donner la définition précise d'un produit chimique ou d'une substance chimique. Toutefois, selon la convention (n° 170) de l'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 (OIT, 2018). En 2016, plus de cent millions de substances ont été dénombrées (contre soixante-cinq millions en 2009 et dix-huit millions en 2002) classées par familles et/ou par usage ou propriétés (CAS, 2018). On estime qu'environ onze mille nouvelles substances ont été créées par jour de 2002 à 2009 et que sept nouvelles molécules sont introduites chaque jour dans le commerce (Eawag News, 2009). Si ces produits chimiques présentent des risques pour les travailleurs en milieu professionnel, la plupart de ces produits diffusent dans l'environnement où ils se dégradent et/ou circulent, via ses compartiments (eau, air, sols et sédiments). Cette diffusion s'accompagne bien souvent de préjudices à l'environnement.

Plusieurs outils et méthodes sont disponibles pour évaluer les risques chimiques en milieu professionnel. La méthode d'évaluation des risques chimiques en établissement de santé élaborée par cinq Centres Hospitaliers Universitaires en France nous paraît la plus

indiquée pour le présent travail. Elle présente l'avantage d'une simplicité d'utilisation et permet une évaluation plus exhaustive de l'exposition aux très nombreux produits chimiques utilisés en milieu de santé. De plus, elle simplifie l'inventaire des agents chimiques dangereux à évaluation quantitative obligatoire qui peuvent exister dans un établissement en l'état ou au sein d'une préparation chimique. Elle a été validée notamment grâce à son utilisation simultanée dans les laboratoires d'hématologie hospitalière de ces cinq centres (CHU de Grenoble, 2007).

Le laboratoire National de Contrôle Qualité des Médicaments et Consommables Médicaux (LNCQ) du Bénin dispose pour ses activités de produits chimiques. Leur stockage ainsi que leur manipulation exposent le personnel et l'environnement à des risques. Malheureusement, le LNCQ ne dispose pas de procédures adéquates de prévention des risques chimiques. Notre travail portant sur l'évaluation du risque chimique se propose de contribuer à l'amélioration de la santé des travailleurs de ce laboratoire. Son principal objectif est d' :

Évaluer les risques chimiques encourus par les travailleurs du LNCQ et l'environnement du fait de la manipulation des réactifs au laboratoire.

Plus spécifiquement, il s'agira d' :

- Inventorier les produits chimiques utilisés au LNCQ;
- Analyser les conditions de stockage et d'exposition des produits chimiques;
- Identifier et hiérarchiser les risques inhérents à la manipulation des produits chimiques au LNCQ.
- Proposer des mesures de mitigation des risques

1. RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES

1.1 Quelques définitions

Risque chimique : Ensemble des situations dangereuses impliquant des produits chimiques, dans les conditions d'utilisation et/ou d'exposition (INRS, 2019).

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 (INRS, 2019).

Numéro 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) (CAS, 2019).

Phrases de Risque R : C'est la nature des risques particuliers attribués aux substances et préparations dangereuses (CAS, 2019).

1.2 L'évaluation semi-quantitative du risque chimique en établissement de santé

L'évaluation semi-quantitative du risque chimique 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 en dessous duquel le risque peut être estimé faible). Elle repose sur une quantification mathématique du risque en faisant le produit du danger et de l'exposition. Ainsi :

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

Elle consiste à déterminer les produits chimiques utilisés et la nature de leurs dangers. Elle permet également de rechercher s'ils présentent le risque de l'une ou de plusieurs des éventualités suivantes :

- maladie aiguë ou chronique due à la pénétration dans l'organisme par inhalation, absorption percutanée ou ingestion ;
- lésion/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 physiques ou de leur réactivité chimique.

Les étapes de cette évaluation incluent :

1.2.1 Repérage des produits et de leurs dangers

Il 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, la sécurité au travail (risques d'incendie ou d'explosion), la sécurité pour l'environnement.

1.2.2 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 possibles ?
- Existe-t-il des risques d'exposition accidentelle ?

1.2.3 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.

1.2.4 Élaboration d'un plan d'action

Elle consiste à associer aux risques identifiés précédemment les mesures de prévention les plus adaptées, de planifier leur mise en œuvre et leur suivi dans le temps.

1.3 Méthode d'évaluation du risque chimique

Étape 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.

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
Effet local par voie d'absorption cutanée (Lcut)	
Effet local par voie d'absorption oculaire (Loc)	
Effet systémique non CMR par respiration (Sresp)	Niveau 2 = dangereux
Effet systémique non CMR par absorption cutanée (Scut)	
Effet systémique non CMR par absorption orale (Soral)	
Effet cancérogène (C)	Niveau 3 = très dangereux
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 au niveau zéro c'est-à-dire sans danger.

Effets 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

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 Soral	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

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'il comporte au moins une phrase R.

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.*

Étape 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 :

$$IP=10-(niveau\ de\ protection-1)$$

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

Tableau VII : Classification en niveau 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

Étape 3 : Hiérarchisation des risques chimiques

Elle consiste à déterminer l'indice de risque (IR) en tenant compte de:

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

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

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	(IDLoc)*(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	IRMcut	$(IDM) * (IE) * (IPcut)$
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 $IR < 3$;

Niveau de risque intermédiaire (acceptable sous réserve de précaution appropriées) si $3 \leq IR < 30$;

Niveau de risque élevé (priorité d'action) nécessitant des actions correctives si $IR \geq 40$.

2. METHODOLOGIE

La méthode d'évaluation semi-quantitative du risque chimique décrite dans la première partie de ce rapport servira de cadre à notre analyse.

2.1 Cadre d'étude

Notre étude a été réalisée au sein du LNCQ situé dans l'enceinte du Ministère de la Santé dans la ville de Cotonou au Bénin. Le LNCQ est une division de la Direction de la Pharmacies, du Médicament et des Explorations Diagnostiques.

2.2 Type et période d'étude

Il s'agit d'une étude transversale descriptive portant sur l'évaluation semi-quantitative du risque sanitaire lié à la manipulation des réactifs par les travailleurs du LNCQ du Bénin. L'étude s'est déroulée d'août à octobre 2019.

2.3 Population d'étude

Notre population d'étude était constituée des produits chimiques utilisés au LNCQ.

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.

Critères de non inclusion

N'ont pas été inclus :

- les réactifs constitués de plusieurs autres produits chimiques ;
- les réactifs dont les procédés d'utilisation ne sont plus d'actualité au LNCQ.

Taille de l'échantillon

Les 25 produits chimiques les plus utilisés ont été sélectionnés pour notre étude conformément aux critères d'étude.

2.4 Collecte des données

Après l'inventaire et la sélection des 25 produits, nous avons collecté les données de manière unitaire pour chaque produit. Le numéro CAS et les risques R sont obtenus à l'aide de bases de données de fiches toxicologiques (INRS, 2019) (Sigmaaldrich, 2019).

2.5 Technique de collecte des données

Les données ont été collectées par l'application de la méthode d'évaluation semi-quantitative du risque chimique. Nous avons appliqué les trois premières étapes 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) (Persoons et coll., 2005).

2.6 Saisie et traitement des données

La saisie et le traitement des données ont été réalisés grâce aux logiciels Microsoft Office Word et Excel 2010.

2.7 Chronogramme d'étude

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

Tableau IX : Diagramme de Gantt

Activités	Période de réalisation (2019)			
	Août	Septembre	Octobre	Novembre
Rédaction et soumission du protocole d'étude au comité technique et scientifique du LNCQ				
Collecte de données				
Saisie et traitement des données				
Rédaction du rapport de mémoire				
Présentation du rapport de mémoire				
Valorisation des résultats par des publications d'articles				

3. RESULTATS

Durant notre étude, nous avons recensé 102 produits chimiques dans le LNCQ de Cotonou. Parmi eux, les 25 produits chimiques les plus utilisés (Tableau X) ont constitué notre échantillon.

Tableau X: Inventaire des produits chimiques à forte consommation

N ^o	Désignations	Numéro CAS	Phrases R
Acides			
1	Acide acétique glacial	64-19-7	R10 : Inflammable
			R35 : Provoque de graves brûlures
2	Acide chlorhydrique	7647-01-0	R34 : Provoque des brûlures
			R37 : Irritant pour les voies respiratoires
3	Acide nitrique	7697-37-2	R35 : Provoque de graves brûlures
4	Acide perchlorique	7601-90-3	R5 : Danger d'explosion sous l'action de la chaleur R8 : Favorise l'inflammation des matières combustibles R35 : Provoque de graves brûlures
5	Acide phosphorique	7664-38-2	R34 : Provoque des brûlures
6	Acide sulfurique	7664-93-9	R35 : Provoque de graves brûlures
Bases			
7	Ammoniaque	1336-21-6	R22 : Nocif en cas d'ingestion
			R34 : Provoque des brûlures
			R50 : Très toxique pour les organismes aquatiques
8	Hydroxyde de sodium	1310-73-2	R35 : Provoque de graves brûlures
9	Nitrate d'argent	7761-88-8	R34 : Provoque des brûlures

			R51/53 : Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique
10	Octane sulfonate de sodium	5324-84-5	R36/38 : Irritant pour l'œil et la peau
11	Violet cristallisé	548-62-9	R22 : Nocif en cas d'ingestion
			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
Alcanes-Alcools			
12	Dichlorométhane	75-09-2	R40 : Susceptible de provoquer le cancer
13	Ethanol	64-17-5	R11 : Facilement inflammable
			R20/21/22 : Nocif par inhalation, par contact avec la peau et en cas d'ingestion
			R36/37/38 : Irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau
			R40 : Possibilité d'effets irréversibles
14	Méthanol	67-56-1	R23/24/25 : Toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion
			R39/23/24/25 : Danger d'effets irréversibles très graves par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion
15	n-Hexane	110-54-3	R11 : Facilement inflammable
			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 R51/53 : Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique
16	Propanol	71-23-8	R11 : Facilement inflammable R36/37 : Irritant pour les yeux et les voies respiratoires
Autres classes chimiques			
17	Acétate d'éthyle	141-78-6	R11 : Facilement inflammable
			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
18	Acétone	67-64-1	R11 : Facilement inflammable
			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
19	Acétonitrile	75-05-8	R11 : Facilement inflammable
			R21 : Nocif par contact avec la peau
20	Diéthylamine	109-89-7	R 11-20/21/22-35 : Facilement inflammable, Nocif par inhalation, par contact avec la peau et en cas d'ingestion, provoque de graves brûlures

21	Naphtolbenzène	145-50-6	R36/37/38 Irritant pour l'œil, le système respiratoire et la peau
22	Phénolphtaléine	77-09-8	R45-62-68 : Peut provoquer un cancer, Possible risque pour la fertilité, Risque possible d'effets irréversibles.
23	Potassium hydrogénophosphate	7778-77-0	R36/37/38 : Irritant pour l'œil, le système respiratoire et la peau
24	Sodium hydrogénophosphate	7782-85-6	R36/37/38 : Irritant pour l'œil, le système respiratoire et la peau
25	Triéthylamine	121-44-8	R11 - Facilement inflammable R35 - Provoque de graves brûlures R22 - Nocif en cas d'ingestion R23/24 - Toxique par inhalation et par contact avec la peau

Notre échantillon était constitué par cinq bases soit 20% de l'effectif, six acides soit 24% de l'effectif, et cinq alcanes et alcools soit 20% de l'effectif. Les acides et les bases constituaient près de la moitié de notre échantillon, et le reste 56%.

3.1 Caractérisation et hiérarchisation des dangers

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

Voie	Niveau1	Niveau 2	Niveau 3
Respiratoire	-	Acide Chlorhydrique Acide Phosphorique Ammoniaque Nitrate d'argent Ethanol Propanol Naphtolbenzène Potassium hydrogénophosphate Sodium hydrogénophosphate	Acide acétique glacial Acide nitrique Acide Perchlorique Acide sulfurique Hydroxyde de sodium Diéthylamine Triéthylamine
	Octane sulfonate de Sodium Ethanol n-Hexane	Acide Chlorhydrique Acide Phosphorique Ammoniaque Nitrate d'argent	Acide nitrique Acide Perchlorique Acide sulfurique Hydroxyde de

Cutanée	Acétone Acétate d'éthyle Naphtolbenzène Potassium hydrogénophosphate Sodium hydrogénophosphate		sodium Diéthylamine Triéthylamine
Oculaire	Octane sulfonate de Sodium Ethanol Propanol Acétone Acétate d'éthyle Naphtolbenzène Potassium hydrogénophosphate Sodium hydrogénophosphate	Acide Chlorhydrique Acide Phosphorique Ammoniaque Nitrate d'argent	Acide nitrique Acide Perchlorique Acide sulfurique Hydroxyde de sodium Violet cristallisé Diéthylamine Triéthylamine

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

Voies	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Respiratoire Sresp	Ethanol n-Hexane Acétate d'éthyle Acétone Diéthylamine Triéthylamine	Acétonitrile Méthanol	n-Hexane Méthanol
Cutanée Scut	Ethanol Diéthylamine Triéthylamine	Acétonitrile Méthanol	n-Hexane Méthanol
Orale Soral	Ammoniaque Violet cristallisé Ethanol Acétonitrile Diéthylamine Triéthylamine	Méthanol	n-Hexane Méthanol

Quelle que soit la voie, les produits chimiques utilisés peuvent avoir une toxicité systémique non CMR.

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

Types d'effet	Niveau 2	Niveau 3
Cancérogène C	Violet cristallisé	Phénolphtaléine

	Dichlorométhane Éthanol	
Mutagène M	Phénolphtaléine	Aucun
Reprotoxique R	n-Hexane Phénolphtaléine	Aucun

La phénolphtaléine est à la fois cancérigène, mutagène et reprotoxique. Le violet cristallisé, le dichlorométhane et l'éthanol sont cancérigènes; le n-hexane est reprotoxique.

Tableau XIV: Dangers environnementaux des produits

Effet	Niveau 1
F-Feu	Acide acétique glacial Acide perchlorique Ethanol n-Hexane Propanol Acétate d'éthyle Acétone Acétonitrile Diéthylamine
E-Explosion	Acide perchlorique
S-Stabilité	Aucun
Environnement	Ammoniaque Nitrate d'argent Violet cristallisé Ethanol n-Hexane

Les risques d'incendie, d'explosion et pour l'environnement sont présents du fait de la nature des produits chimiques utilisés.

3.2 Évaluation de l'exposition des individus

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

Produits	Danger toxicologique			Niveau global de
	Local	Systémique non CMR	Systémique CMR	

	Lresp	Lcut	Loc	Srep	Scut	Soral	C	M	R	danger
Acide acétique glacial	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Acide Chlorhydrique	2	2	2	0	0	0	0	0	0	2
Acide nitrique	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3
Acide Perchlorique	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3
Acide Phosphorique	2	2	2	0	0	0	0	0	0	2
Acide sulfurique	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3
Ammoniaque	2	2	2	0	0	1	0	0	0	2
Hydroxyde de sodium	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3
Nitrate d'argent	2	2	2	0	0	0	0	0	0	2
Octane sulfonate de Sodium	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Violet cristallisé	0	0	3	0	0	1	2	0	0	3
Dichlorométhane	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
Ethanol	2	1	1	1	1	1	2	0	0	2
Méthanol	0	0	0	3	3	3	0	0	0	3
n-Hexane	0	1	0	1	3	3	0	0	2	3
Propanol	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Acétate d'éthyle	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
Acétone	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
Acétonitrile	0	0	0	2	2	1	0	0	0	2
Diéthylamine	3	3	3	1	1	1	0	0	0	3
Naphtolbenzène	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2
Phénolphtaléine	0	0	0	0	0	0	3	2	2	3
Potassium hydrogénophosphate	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2
Sodium hydrogénophosphate	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2
Triéthylamine	3	3	3	1	1	1	0	0	0	3

Tableau XVI : Indice de danger selon le type d'effet et la voie de pénétration

Produits	Local			Systémique non CMR			Systémique CMR		
	Lresp	Lcut	Loc	Srep	Scut	Soral	C	M	R
Acide acétique glacial	10 ³	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Acide Chlorhydrique	10 ²	10 ²	10 ²	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Acide nitrique	10 ³	10 ³	10 ³	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Acide Perchlorique	10 ³	10 ³	10 ³	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Acide Phosphorique	10 ²	10 ²	10 ²	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Acide sulfurique	10 ³	10 ³	10 ³	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Ammoniaque	10 ²	10 ²	10 ²	10 ⁰	10 ⁰	10 ¹	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Hydroxyde de sodium	10 ³	10 ³	10 ³	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Nitrate d'argent	10 ²	10 ²	10 ²	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Octane sulfonate de Sodium	10 ⁰	10 ¹	10 ¹	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Violet cristallisé	10 ⁰	10 ⁰	10 ³	10 ⁰	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ⁰	10 ⁰
Dichlorométhane	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ²	10 ⁰	10 ⁰
Ethanol	10 ²	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ²	10 ⁰	10 ⁰
Méthanol	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ³	10 ³	10 ³	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
n-Hexane	10 ⁰	10 ¹	10 ⁰	10 ¹	10 ³	10 ³	10 ⁰	10 ⁰	10 ²
Propanol	10 ²	10 ⁰	10 ¹	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Acétate d'éthyle	10 ⁰	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Acétone	10 ⁰	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Acétonitrile	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ²	10 ²	10 ¹	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Diéthylamine	10 ³	10 ³	10 ³	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Naphtolbenzène	10 ²	10 ¹	10 ¹	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Phénolphtaléine	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ³	10 ²	10 ²
Potassium hydrogénophosphate	10 ²	10 ¹	10 ¹	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Sodium hydrogénophosphate	10 ²	10 ¹	10 ¹	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Triéthylamine	10 ³	10 ³	10 ³	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰

Tableau XVII : Niveau de fréquence et quantité des produits

Intensité	Niveau	Produits
	1 : Moins d'une fois par semaine	Acide chlorhydrique Acide nitrique Ammoniaque Nitrate d'argent Octane sulfonate de sodium Acétone
		Acide acétique glacial

<i>Fréquence</i>	2 : Une ou plusieurs fois par semaine	Acide perchlorique Acide phosphorique Acide sulfurique Dichlorométhane n-Hexane Propanol Acétate d'éthyle Diéthylamine Potassium hydrogénophosphate Sodium hydrogénophosphate Triéthylamine
	3 : Une ou plusieurs fois par jour	Hydroxyde de sodium Violet cristallisé Ethanol Méthanol Acétonitrile Naphtolbenzène Phénolphtaléine
<i>Quantité</i>	1 : Moins de 10 mL ou 10 g	Acide nitrique Acide sulfurique Ammoniaque Nitrate d'argent Octane sulfonate de sodium Violet cristallisé Acétate d'éthyle Diéthylamine Naphtolbenzène Phénolphtaléine Potassium hydrogénophosphate Sodium hydrogénophosphate Triéthylamine
	2 : Entre 10 et 100 mL ou entre 10 et 100 g	Acide chlorhydrique Acide phosphorique
	3 : Plus de 100 mL ou 100 g	Acide acétique glacial Acide perchlorique Dichlorométhane Hydroxyde de sodium Ethanol Méthanol n-Hexane Propanol Acétone Acétonitrile

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

Produits (niveaux fréquence/ quantité)	Indices d'exposition (IE)
Acide acétique glacial (2/3)	0,6
Acide chlorhydrique (1/2)	0,2
Acide nitrique (1/1)	0,1
Acide perchlorique (2/3)	0,6
Acide phosphorique (2/2)	0,4
Acide sulfurique (2/1)	0,2
Ammoniaque (1/1)	0,1
Hydroxyde de sodium (3/3)	0,9
Nitrate d'argent (1/1)	0,1
Octane sulfonate de sodium (1/1)	0,1
Violet cristallisé (3/1)	0,3
Diclorométhane (2/3)	0,6
Ethanol (3/3)	0,9
Méthanol (3/3)	0,9
n-Hexane (2/3)	0,6
Propanol (2/3)	0,6
Acétate d'éthyle (2/1)	0,2
Acétone (1/3)	0,3
Acétonitrile (3/3)	0,9
Diéthylamine (2/1)	0,2
Naphtolbenzène(3/1)	0,3
Phénolphtaléine (3/1)	0,3
Potassium hydrogénophosphate (2/1)	0,2
Sodium hydrogénophosphate (2/1)	0,2
Triéthylamine (2/1)	0,2

L'hydroxyde de sodium, l'éthanol, le méthanol et l'acétonitrile sont les produits chimiques auxquels le personnel est le plus exposé.

Tableau XIX : Niveaux et indices de protection au LNCQ

Type de protection	Niveau	Signification du niveau	IP
Respiratoire	1	Climatisation ou ventilation générale	1
Cutanée	3	Gants adaptés	10 ⁻²
Oculaire	1	Pas de protection	1

L'IP 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.

3.3 Hiérarchisation du risque chimique

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

3.3.1 Évaluation de la toxicité locale

Tableau XX : Indice de risque respiratoire (IRresp) local

Produits	IDLresp	IE	IPresp	IRresp
Acide acétique glacial	10^3	0,6	1	600
Acide Chlorhydrique	10^2	0,2	1	20
Acide nitrique	10^3	0,1	1	100
Acide Perchlorique	10^3	0,6	1	600
Acide Phosphorique	10^2	0,4	1	40
Acide sulfurique	10^3	0,2	1	200
Ammoniaque	10^2	0,1	1	10
Hydroxyde de sodium	10^3	0,9	1	900
Nitrate d'argent	10^2	0,1	1	10
Ethanol	10^2	0,9	1	90
Propanol	10^2	0,6	1	60
Diéthylamine	10^3	0,2	1	200
Naphtolbenzène	10^2	0,3	1	30
Potassium hydrogénophosphate	10^2	0,2	1	20
Sodium hydrogénophosphate	10^2	0,2	1	20
Triéthylamine	10^3	0,2	1	200

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

Tableau XXI : Indice de risque cutané (IRcut) local

Produits	Lcut	IE	IPcut	IRcut
Acide Chlorhydrique	10^2	0,2	10^{-2}	0,2
Acide nitrique	10^3	0,1	10^{-2}	1
Acide Perchlorique	10^3	0,6	10^{-2}	6
Acide Phosphorique	10^2	0,4	10^{-2}	0,4
Acide sulfurique	10^3	0,2	10^{-2}	2
Ammoniaque	10^2	0,1	10^{-2}	0,1
Hydroxyde de sodium	10^3	0,9	10^{-2}	9
Nitrate d'argent	10^2	0,1	10^{-2}	0,1
Octane sulfonate de Sodium	10^1	0,1	10^{-2}	0,01
Ethanol	10^1	0,9	10^{-2}	0,09
n-Hexane	10^1	0,6	10^{-2}	0,06
Acétate d'éthyle	10^1	0,2	10^{-2}	0,02
Acétone	10^1	0,3	10^{-2}	0,03
Diéthylamine	10^3	0,2	10^{-2}	2
Naphtolbenzène	10^1	0,3	10^{-2}	0,03
Potassium hydrogénophosphate	10^1	0,2	10^{-2}	0,02
Sodium hydrogénophosphate	10^1	0,2	10^{-2}	0,02

Triéthylamine	10^3	0,2	10^{-2}	2
---------------	--------	-----	-----------	---

L'IR cutané était faible pour la plupart des produits chimiques utilisés au LNCQ

Tableau XXII: Indice de risque oculaire (IRoc) local

Produits	Loc	IE	IPoc	IRoc
Acide Chlorhydrique	10^2	0,2	1	20
Acide nitrique	10^3	0,1	1	100
Acide Perchlorique	10^3	0,6	1	600
Acide Phosphorique	10^2	0,4	1	40
Acide sulfurique	10^3	0,2	1	200
Ammoniaque	10^2	0,1	1	10
Hydroxyde de sodium	10^3	0,9	1	900
Nitrate d'argent	10^2	0,1	1	10
Octane sulfonate de Sodium	10^1	0,1	1	1
Violet cristallisé	10^3	0,3	1	300
Ethanol	10^1	0,9	1	9
Propanol	10^1	0,6	1	6
Acétate d'éthyle	10^1	0,2	1	2
Acétone	10^1	0,3	1	3
Diéthylamine	10^3	0,2	1	200
Naphtolbenzène	10^1	0,3	1	3
Potassium hydrogénophosphate	10^1	0,2	1	2
Sodium hydrogénophosphate	10^1	0,2	1	2
Triéthylamine	10^3	0,2	1	200

L'acide perchlorique et l'hydroxyde de sodium exposent à de forts risques oculaires.

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

Voies	Niveau de risque		
	Faible (0,001-3)	Intermédiaire (4-30)	Elevé (40-1000)
Respiratoire	Aucun	Acide Chlorhydrique Ammoniaque Nitrate d'argent Naphtolbenzène Potassium hydrogénophosphate Sodium	Acide acétique glacial Acide nitrique Acide Perchlorique Acide Phosphorique Acide sulfurique Hydroxyde de

		hydrogénophosphate	sodium Ethanol Propanol Diéthylamine Triéthylamine
Cutanée	Acide Chlorhydrique Acide nitrique Acide Phosphorique Acide sulfurique Ammoniaque Nitrate d'argent Octane sulfonate de Sodium Ethanol n-Hexane Acétate d'éthyle Acétone Diéthylamine Naphtolbenzène Potassium hydrogénophosphate Sodium hydrogénophosphate Triéthylamine	Acide Perchlorique Hydroxyde de sodium	Aucun
Oculaire	Octane sulfonate de Sodium Acétate d'éthyle Acétone Naphtolbenzène Potassium hydrogénophosphate Sodium hydrogénophosphate Triéthylamine	Acide Chlorhydrique Ammoniaque Nitrate d'argent Ethanol Propanol	Acide nitrique Acide Perchlorique Acide Phosphorique Acide sulfurique Hydroxyde de sodium Violet cristallisé Diéthylamine

L'acide acétique glacial, l'acide nitrique, l'acide perchlorique, l'acide phosphorique, l'acide sulfurique et l'hydroxyde de sodium présentent les risques de toxicité locale (à la fois respiratoire et oculaire) les plus importants.

3.3.2 Évaluation de la toxicité systémique non CMR

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

Produits	IDSresp	IE	IPresp	IRresp
Ethanol	10 ¹	0,9	1	9
Méthanol	10 ³	0,9	1	900
n-Hexane	10 ¹	0,6	1	6
Acétate d'éthyle	10 ¹	0,2	1	2
Acétone	10 ¹	0,3	1	3
Acétonitrile	10 ²	0,9	1	90
Diéthylamine	10 ¹	0,2	1	2
Triéthylamine	10 ¹	0,2	1	2

Le méthanol et l'acétonitrile ont un IR respiratoire non CMR élevé.

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

Produits	IDScut	IE	IPcut	IRcut
Ethanol	10 ¹	0,9	10 ⁻²	0,09
Méthanol	10 ³	0,9	10 ⁻²	9
n-Hexane	10 ³	0,6	10 ⁻²	6
Acétonitrile	10 ²	0,9	10 ⁻²	0,9
Diéthylamine	10 ¹	0,2	10 ⁻²	0,02
Triéthylamine	10 ¹	0,2	10 ⁻²	0,02

Tableau XXVI: 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 Diéthylamine Triéthylamine	Ethanol n-Hexane	Méthanol Acétonitrile
Cutanée	Ethanol Acétonitrile Diéthylamine Triéthylamine	Méthanol n-Hexane	Aucun

Le méthanol et l'acétonitrile avaient une IR respiratoire systémique non CMR élevée.

3.3.3 Évaluation de la toxicité CMR

Tableau XXVII: Indice de risque cancérogène

Produits	IDC	IE	IP	IRC
Violet cristallisé	10 ²	0,3	1	30

Dichlorométhane	10 ²	0,6	1	60
Éthanol	10 ²	0,9	1	90
Phénolphtaléine	10 ³	0,3	1	300

Tableau XXVIII : Indice de risque mutagène

Produits	IDM	IE	IP	IRM
Phénolphtaléine	10 ²	0,3	1	30

Tableau XXIX : Indice de risque reprotoxique

Produits	IDR	IE	IP	IRR
n-Hexane	10 ²	0,6	1	60
Phénolphtaléine	10 ²	0,3	1	30

Tableau XXX : Classification des produits CMR en niveaux de risque

Risques	Niveau d'indice de risque		
	Faible (0,001-3)	Intermédiaire (4-30)	Elevé (40-1000)
Cancérogène	Aucun	Violet cristallisé	Dichlorométhane Ethanol Phénolphtaléine
Mutagène	Aucun	Phénolphtaléine	Aucun
Reprotoxique	Aucun	Aucun	n-Hexane Phénolphtaléine

La phénolphtaléine présente à la fois des risques cancérogène, mutagène et reprotoxique. Le dichlorométhane, l'éthanol exposent à un risque élevé de cancérogénicité tandis que le n-hexane expose à un risque reprotoxique élevé.

Tableau XXXI: Classification des produits retrouvés par niveau de risque

Danger	Indice de danger local			Systématique non CMR		Système CMR		
	Resp	Cut	Oc	Resp	Cut	C	M	R
Sans danger	n-Hexane Phénolphtaléine Méthanol Dichlorométhane Acétonitrile			Tout sauf : Ethanol, Méthanol, n-Hexane, Diéthylamine, Triéthylamine,		Tout sauf : Ethanol, Méthanol, n-Hexane, Violet cristallisé, Phénolphtaléine, Dichlorométhane		

				Acétate d'éthyle, Acétone, Acétonitrile				
Faible	Aucun	Acide Chlorhydrique Acide nitrique Acide Phosphorique Acide sulfurique Ammoniaque Nitrate d'argent Octane sulfonate de Sodium Ethanol n-Hexane Acétate d'éthyle Acétone Diéthylamine Naphtolbenzène Potassium hydrogénophosphate Sodium hydrogénophosphate Triéthylamine	Octane sulfonate de Sodium Acétate d'éthyle Acétone Naphtolbenzène Potassium hydrogénophosphate Sodium hydrogénophosphate Triéthylamine	Acétate d'éthyle Acétone Diéthylamine Triéthylamine	Ethanol Acétonitrile Diéthylamine Triéthylamine	Aucun		
Intermédiaire	Acide Chlorhydrique Ammoniaque Nitrate d'argent Naphtolbenzène Potassium hydrogénophosphate Sodium hydrogénophosphate	Acide Perchlorique Hydroxyde de sodium	Acide Chlorhydrique Ammoniaque Nitrate d'argent Ethanol Propanol	Ethanol n-Hexane	Méthanol n-Hexane	Violet cristallisé	Phénolphtaléine	Aucun

	hosphate							
Elevé	Acide acétique glacial Acide nitrique Acide Perchlorique Acide Phosphorique Acide sulfurique Hydroxyde de sodium Ethanol Propanol Diéthylamine Triéthylamine	Aucun	Acide nitrique Acide Perchlorique Acide Phosphorique Acide sulfurique Hydroxyde de sodium Violet cristallisé Diéthylamine	Méthanol Acétonitrile	Aucun	Dichlorométhane Ethanol Phénol Phthaléine	Aucun	n-Hexane Phénol Phthaléine

3.4 Conditions de stockage et d'élimination

Les produits chimiques utilisés au LNCQ sont stockés dans une salle dite des solvants. Ils sont rangés dans une armoire murale multi-compartmentée confectionnée à cet effet. Les produits chimiques sont classés en fonction de leurs familles chimiques (acide, base,...) dans le même compartiment de l'armoire.

Les produits chimiques quelques soient leurs natures sont éliminés dans les lavabos sans grand traitement préalable.

4. DISCUSSION

Notre étude nous a permis d'évaluer les risques sanitaires liés à la manipulation des produits chimiques les plus utilisés au LNCQ.

Nos résultats mettent en évidence une toxicité locale élevée pour onze des produits chimiques. Ce sont : les acides acétique glacial, nitrique, perchlorique, phosphorique, sulfurique, l'hydroxyde de sodium, l'éthanol, le propanol, la diéthylamine et la triéthylamine. 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 (CSST, 2019). 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 (NIOSH, 1976). L'acide perchlorique est un caustique puissant responsable de lésions sévères des tissus avec lesquels il entre en contact (BGIA-Gestis, 2019). L'acide sulfurique est toxique pour l'animal, surtout par inhalation de l'aérosol. Il est fortement irritant ou corrosif pour le tractus respiratoire et le tractus gastro-intestinal; pur, il est corrosif pour la peau et l'œil (OCDE, 2001) (CDC, 1998). 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 (OCDE, 2002) (CDC, 2011) (CSST, 2019).

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

Nos résultats ont mis en évidence un fort niveau de toxicité systémique non CMR respiratoire, et cutanée du méthanol et de l'acétonitrile. En cas d'exposition répétée au méthanol, des céphalées et des troubles visuels ont été décrits (INRS, 2010) (Nelson et coll., 1985).

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. Dans le cas précis du LNCQ, la phénolphtaléine et le n-hexane présentent un risque élevé pour la reproduction.

Quatre produits chimiques présentent un risque mutagène et cancérigène. Il s'agit de l'éthanol, du dichlorométhane, de la phénolphtaléine et du violet cristallisé. Selon l'évaluation du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) en 2007, il existe des preuves suffisantes de la cancérigénicité de l'éthanol chez l'animal. Chez l'homme, l'éthanol dans les boissons alcoolisées, donc par voie orale, est classé dans le groupe 1 des agents cancérigènes. 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 (CICR, 2019) (CICR, 2010). Le dichlorométhane est classé dans le groupe 2A des cancérigènes chez l'homme. Il est associé aux cancers du tractus biliaire et aux lymphomes non-Hodgkiniens (CICR, 2018). La phénolphtaléine est classé dans le groupe 2B des cancérigènes chez l'homme (CICR, 1999). Le violet cristallisé est considéré comme cancérigène suspecté sans preuves suffisantes (Carlröth, 2019).

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. Même là, le problème de la contamination par pénétration cutanée à travers les gants est posé : plusieurs études ont montré la limite de la protection assurée par les gants. De plus, l'utilisation d'alcool et d'hydroxyde de sodium pour nettoyer les surfaces serait susceptible d'altérer leur perméabilité. L'utilité des dosages atmosphériques et biométaboliques pour assurer la surveillance des salariés exposés paraît incontestable aux auteurs.

L'indice d'exposition étant élevé (0,9) pour l'hydroxyde de sodium, l'éthanol, méthanol, acétonitrile, leurs caractères volatiles imposent une meilleure protection respiratoire.

La hiérarchisation des risques chimiques nous a permis de classer les dangers résultant de la manipulation des produits chimiques en faible, intermédiaire et élevé. Le programme de priorité pour la prévention et la protection sera élaboré pour les réactifs à danger élevé et intermédiaire. Ce plan d'action consiste à la mise en pratique des bonnes pratiques de laboratoire et de suivi de la mise en œuvre des mesures de prévention et leur efficacité dans la réduction du risque.

Pour le lieu de stockage, quelques règles d'organisation :

- Limiter l'accès au stockage aux seules personnes formées et autorisées
- Tenir à jour un état du stock
- Subordonner le stockage d'un produit à l'existence de sa fiche de données de sécurité et de son étiquetage
- Mettre en place un classement rigoureux et connu (affichage d'un plan, interdiction d'entreposer des emballages volumineux ou lourds en hauteur, pas d'entreposage d'outillage et de matériel dans le local de stockage de produits chimiques...)
- Instaurer une règle de déstockage « premier entré/premier sorti »
- Respecter les dates de péremption de produits
- Mettre en place une procédure d'élimination des produits inutiles ou périmés
- Interdire l'encombrement des voies d'accès, des issues et équipements de secours
- Mettre des panneaux d'avertissement à l'entrée : "Matières corrosives", "Matières toxiques", "Matières inflammables".
- les **produits inflammables** doivent être stockés à part dans une enceinte dédiée et constamment ventilée.

Les procédures d'élimination des déchets chimiques (CNRS, 2019) doivent être strictes afin d'éviter les risques de dissémination et de pollution de l'environnement, d'intoxication de personnes par les déchets (mauvaises conditions de stockage, réactions chimiques...), le risque incendie (risques liés à la transformation spontanée ou provoquée

des produits, sous l'influence d'autres produits (mélanges incompatibles) ou de divers facteurs (lumière, température, vieillissement...). Ainsi :

- Aucun solvant ou produit chimique ne doit être rejeté à l'évier. Ils doivent être collectés dans les bidons prévus à cet effet.
- Attention à vérifier les incompatibilités entre les produits pour ne pas risquer de faire des mélanges instables.
- Pour les produits chimiques inutilisés à éliminer les conserver dans des récipients étiquetés d'origine qui seront éliminés par l'entreprise de traitement spécialisé.
- Stocker les déchets dans un endroit sûr et sécurisé

La filière de traitement diffère selon les familles chimiques. Pour les solvants organiques (solvants oxygénés types alcools, cétones, esters, solvants chlorés type dichlorométhane, hydrocarbures aliphatiques et aromatiques), la distillation présente des risques importants d'inflammabilité et d'explosivité. Le traitement consiste en une incinération dans un centre d'incinération autorisé et si les quantités sont importantes, il consiste en une régénération industrielle s'ils contiennent moins de 30% d'impuretés. Pour les acides et bases, le traitement consiste soit en une neutralisation soit en une combustion. Les déchets toxiques, nocifs, dangereux pour l'environnement, déchets des produits CMR, le traitement à l'extérieur consiste en une incinération à haute température avec traitement des effluents.

CONCLUSION

Cette étude a permis d'identifier les produits chimiques à forte consommation au LNCQ, d'apprécier les risques liés à leurs manipulations, et de proposer des solutions pour les prévenir. Notre travail ne s'est intéressé qu'aux 25 produits les plus utilisés. Il ne faut donc pas perdre de vue le danger que pourraient constituer les autres produits chimiques non étudiés. Des études ultérieures devraient évaluer leurs contributions au risque dans le laboratoire. Comme perspectives, nous proposons :

A l'administration du LNCQ,

De vérifier la mise en pratique des bonnes pratiques de laboratoire ;

D'assurer la disponibilité et le bon fonctionnement du système de protection des travailleurs du laboratoire ;

De recruter un médecin de travail pour la prévention et la prise en charge des maladies professionnelles ;

De maintenir une sensibilisation continue sur le port des EPI.

Au personnel du LNCQ

D'élaborer une procédure de gestion des produits chimique ;

De respecter scrupuleusement les bonnes pratiques de laboratoire ;

D'étiqueter tous les produits chimiques disponibles dans le laboratoire ;

De veiller au respect des conditions d'utilisation des réactifs.

BIBLIOGRAPHIE

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. 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>
3. 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
4. Compteur des substances, Chemical Abstracts Service, <https://www.cas.org/> consulté le 25/09/2019
5. Eawag News, Anthropogenic micropollutants in water: impacts - risks -measures [PDF] ; Effets des contaminants fluctuants en concentration p. 12, produits de transformation et risques afférents p. 15, effets des nanoparticules p. 22], 2009
6. Evaluation des risques chimiques professionnels – projet hospitalier multi-centrique, Guide méthodologique, 2è partie : méthode d'évaluation, pg 5, Novembre 2007, CHU de Grenoble
7. Institut National Recherche et de Sécurité. Santé et Sécurité au travail : Principes généraux de la démarche de prévention. Consulté le 25 Septembre 2019 sur l'URL : <http://www.inrs.fr/demarche/principes-generaux/introduction.html>
8. Institut National Recherche et de Sécurité. Santé et sécurité au travail : Base de données Fiches Toxicologique. Consultable sur l'URL : <http://www.inrs.fr/>
9. <https://www.sigmaaldrich.com> consulté le 25/09/2019
10. 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

11. 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://csst.qc.ca/prevention/reprot/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=521
12. Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to nitric acid. Cincinnati. NIOSH publication n° 78, 1976
13. Perchloric acid solution. BGIA GESTIS-database on hazardous substances (www.hvbg.de/e/bia/gestis/stoffdb/index.html)
14. Sulfuric Acid. OECD SIDS Initial Assessment Report. UNEP Publications, 2001. (www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECD/SIDS/sidspub.html).
15. Toxicological Profile for Sulfur Trioxide and Sulfuric Acid. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1998, Toxprofile Tp117. (www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp117.html).
16. Sodium hydroxide. OECD SIDS Initial assessment report for SIAM 14. UNEP, 2002 (www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECD/SIDS/sidspub.html).
17. Sodium hydroxide - Medical management guidelines for NaOH, ATSDR. 2011 (www.atsdr.cdc.gov).
18. Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. Fiche complète du chlorure ferrique : propriétés toxicologiques. Consultable sur l'URL: https://csst.qc.ca/prevention/reprot/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=652248
19. Règlement de la Commission Européenne n°1907/2006 (Reach). Fiche de données de sécurité: Violet cristallisé, version 2.0 fr. Consultable sur l'URL: www.carlroth.de.
20. Méthanol. In : DEMETER. Documents pour l'évaluation médicale des produits toxiques vis-à-vis de la reproduction. INRS, DEM 048, 2010 (www.inrs.fr/Demeter)
21. Nelson BK et al. - Teratological assessment of méthanol and ethanol at high inhalation levels in rats. Fundamental and Applied Toxicology. 1985 (5): 727-736.
22. Alcohol drinking. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans.

23. 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).
24. IARC monographs 110-04, Dichlorométhane, Centre international de recherche sur le cancer, 2018, pp. 67-68.
25. IARC monographs volume 76, Phénolphtalein, Centre international de recherche sur le cancer, 1999, pp. 410.
26. Règlement de la Commission Européenne n°1907/2006 (Reach). Fiche de données de sécurité : Violet cristallisé, version 2.0 fr. Consultable sur l'URL : www.carlroth.de.
27. Déchets chimiques générés par les laboratoires et les salles de tp, http://www.dgdr.cnrs.fr/SST/CNPS/guides/doc/dechets/p02_chap01.pdf, consulté le 26/09/2019

