

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement
Spécialité : Toxicologie Industrielle et environnementale



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Évaluation des risques toxiques potentiels dans
les laboratoires pédagogiques de la faculté SNV
de l'Université de Bejaia**

Présenté par :

KHOULALENE Sara & BRAHMI Ferial

Soutenu le : 26/06/2023

Devant le jury composé de :

Mme. AYOUNI Zahra	MAA	Présidente
Mlle. ABDELLI Meriem	MCB	Examinatrice
M. MOUSSAOUI Rabia	MCB	Encadrant

Année universitaire : 2022 / 2023

REMERCIEMENTS

*N*ous tenons d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers Dieu, le tout puissant, le miséricordieux, pour nous avoir accordé de la force, de la patience et la capacité de raisonner tout au long de ce travail.

*N*os remerciements les plus sincères vont à notre encadrant, Monsieur **Moussaoui**, nous sommes reconnaissantes pour son engagement, son aide, ses précieux conseils, sa confiance et sa grande patience tout au long du chemin pour la réalisation de ce mémoire. Nous lui exprimons notre profonde gratitude pour son soutien et son assistance constante.

*N*os vifs remerciements vont aussi à Mme. **Abdelli Meriem** qui a accepté d'examiner notre modeste travail et de contribuer à son amélioration, mais également à Mme. **Ayouni Zahra** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance.

*N*ous souhaitons également remercier nos parents, ainsi que nos frères et sœurs, pour leur amour, leur soutien indéfectible, et leurs encouragements tout au long de nos parcours académiques. Leur présence et leur soutien ont été des sources d'inspiration et de motivation essentielles pour nous.

*N*ous tenons à exprimer notre reconnaissance envers tous les enseignants de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Bejaia, et plus particulièrement les enseignants du département des Sciences Biologiques de l'Environnementales, pour avoir contribué à notre formation et aidé à la réalisation de notre mémoire de fin d'études.

*E*nfin, nous souhaitons remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

*C*es remerciements sont une reconnaissance sincère envers tous ceux qui ont joués un rôle dans la réussite de ce travail.

DÉDICACES

À mes chers parents **Mourad** et **Khoukha**, votre amour, votre soutien inébranlable, et vos sacrifices ont été les fondements de mon parcours académique. Ce mémoire est le fruit de votre dévouement, de votre patience et de votre soutien indéfectible. Votre confiance en moi et vos encouragements constants ont été mes sources de motivation et de réussite. Je vous suis infiniment reconnaissante pour tout ce que vous avez fait. Ceci est un témoignage de mon amour et de ma gratitude éternelle envers vous.

À mes sœurs bien-aimées, **Katia**, **Sihem**, **Lydia**, **Chaima**, et à mon frère, **Houcine**, pour leur amour, leurs encouragements et leur soutien tout au long de mon parcours de formation. Votre présence et votre soutien inconditionnel ont été une source de force et d'inspiration pour moi.

À ma chère tante **Mima**, ma cousine **Leticia**, mon fiancé **Mourad**, Madame **Mankou**, et surtout ma binôme **Sara** pour leur soutien, leur affection et leurs encouragements constants. Votre présence bienveillante dans ma vie a été précieuse et je suis reconnaissante de vous avoir à mes côtés.

À mes parents bienaimés encore, je souhaite réitérer leur rôle essentiel dans ma réussite académique. C'est grâce à leur amour, leur soutien et leurs sacrifices que j'ai pu atteindre ce jalon dans ma vie. Je vous dédie ce mémoire en signe de profonde gratitude et de respect pour tout ce que vous avez fait pour moi.

BRAHMI FERIEL

DÉDICACES

À mes chers parents, **Mohamed** et **Nadia**, ainsi qu'à mes deux frères **Sid Ali** et **Walid**. Votre amour inconditionnel, votre soutien indéfectible et vos encouragements constants ont été les piliers de ma réussite académique. Vous avez toujours cru en moi et m'avez poussé à donner le meilleur de moi-même. Ce mémoire est le fruit de vos sacrifices et de votre dévouement. Je vous suis infiniment reconnaissante pour tout ce que vous avez fait. Je vous aime du plus profond de mon cœur.

À mes grands-parents maternels, ma grand-mère paternelle, mes tantes, mes oncles, mes cousins et cousines, en particulier **Mélissa**, pour leur amour, leurs encouragements et leur soutien tout au long de mon parcours de formation. Votre présence et votre soutien indéfectible m'ont donné la force de persévérer.

À mes copines **Vanessa**, **Linda**, **Feriel**, Madame **Mankou**, et ma binôme ou plutôt ma sœur **Feriel**, pour leur précieuse aide et leurs conseils tout au long de cette expérience. Leur soutien a été inestimable et j'apprécie sincèrement leur contribution dans ce modeste travail.

À mes deux chers parents encore, qui ont été mes toujours ma source d'inspiration. Votre amour, vos encouragements, et vos sacrifices ont fait de moi la personne que je suis aujourd'hui. Je suis profondément reconnaissante de vous avoir dans ma vie. Ceci est un témoignage de mon amour et de ma gratitude éternelle envers vous. Merci du fond du cœur !

KHOULALENE SARA

Table des matières	
Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	01
Chapitre I. Dangers et risques toxiques dans les laboratoires	
I.1 Notions de toxicologie	03
I.1.1 Qu'est-ce que la toxicologie ?	03
I.1.2 Un toxique	03
I.1.3 Un risque	03
I.1.4 Un danger	03
I.1.5 Comment est-on exposé à un toxique ?	03
I.1.5.1 La voie respiratoire	04
I.1.5.2 La voie cutanée	06
I.1.5.3 La voie orale	06
I.1.5.4 Les autres voies	06
I.1.6 Formes de toxicité	06
I.1.6.1 Toxicité aiguë ou subaiguë	06
I.1.6.2 Toxicité chronique ou à long terme	07
I.2 Dangers et risques toxiques dans les laboratoires	07
I.2.1 Risques biologiques	07
I.2.2 Dangers ou risques chimiques	08
I.2.2.1 Risque d'incendie ou d'explosion	08
I.2.2.2 Risques pour la santé	09
I.2.2.3 Risques pour l'environnement	09
Chapitre II. Évaluation des dangers et risques chimiques dans les laboratoires de Biologie	
II.1 Qu'est-ce qu'une évaluation des risques ?	10
II.2 Pourquoi évaluer les risques dans les laboratoires ?	10
II.3 Évaluation de dangers et risques chimiques dans les laboratoires de Biologie : la méthode UIC	10
II.3.1 Démarche d'évaluation par la méthode UIC	11

II.3.1.1 Inventaire des produits et matériaux utilisés	11
II.3.1.2 Hiérarchisation des risques potentiels (HRP)	11
II.3.1.3 Évaluation des risques	12
II.3.2 Évaluation simplifiée du risque chimique - Santé	13
II.3.2.1 Objectif	13
II.3.2.2 Données nécessaires	13
II.3.2.3 Classes de danger	13
II.3.2.4 Classes de quantité	16
II.3.2.5 Classes de fréquence d'utilisation	17
II.3.2.6 Classes d'exposition potentielle	17
II.3.2.7 Détermination du score de risque potentiel	18
II.3.2.8 Hiérarchisation du risque potentiel	19
II.3.3 Évaluation du risque par inhalation	19
II.3.3.1 Objectifs	19
II.3.3.2 Analyse du travail	20
II.3.3.3 Score de danger	20
II.3.3.4 Classe de volatilité	20
II.3.3.5 Score de volatilité	21
II.3.3.6 Score de procédé	22
II.3.3.7 Score de protection collective	22
II.3.3.8 Calcul du score de risque par inhalation	23
II.3.3.9 Caractérisation du risque	24
II.3.4 Évaluation du risque cutané	24
II.3.4.1 Objectif	24
II.3.4.2 Score de danger	24
II.3.4.3 Score de surface exposée	25
II.3.4.4 Score de fréquence d'exposition	25
II.3.4.5 Score de risque cutané (Scut)	25
II.3.4.6 Caractérisation du risque	25
II.3.5 Évaluation du risque incendie – explosion	26
II.3.5.1 Objectif	26
II.3.5.2 Données nécessaires	26
II.3.5.3 Classes de danger (inflammabilité)	26

II.3.5.4 Classes de quantité	27
II.3.5.5 Classes de source d'allumage (Ae)	28
II.3.5.6 Classes d'inflammabilité potentielle (Ip)	29
II.3.5.7 Détermination du risque brut d'éclosion d'un foyer	29
II.3.5.8 Caractérisation du risque brut d'éclosion d'un foyer	30
II.3.6 Évaluation des impacts environnementaux	30
II.3.6.1 Objectif	30
II.3.6.2 Données nécessaires	30
II.3.6.3 Classes de danger	31
II.3.6.4 Classes de quantité	32
II.3.6.5 Détermination des impacts environnementaux potentiels (IEp)	33
II.3.6.8 Impact potentiel par milieu	33
II.3.6.9 Caractérisation des impacts environnementaux	34
Chapitre III. Matériel et méthodes	
III.1 Laboratoires concernés par l'évaluation du risque chimique	35
III.2 Inventaire des produits utilisés et recueil de données	35
III.3 Méthodologie de l'évaluation du risque chimique	36
Chapitre IV. Résultats et discussion	
IV.1 Évaluation du risque pour l'acétone dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire	37
IV.1.1 Évaluation du risque pour la santé	37
IV.1.1.1 Évaluation du risque par inhalation	37
IV.1.1.2 Évaluation du risque cutané	38
IV.1.2 Évaluation du risque incendie – explosion	39
IV.1.3 Évaluation des impacts environnementaux	39
IV.2. Évaluation du risque pour l'acide acétique dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire	40
IV.2.1 Évaluation du risque pour la santé	40
IV.2.1.1 Évaluation du risque par inhalation	40
IV.2.1.2 Évaluation du risque cutané	41
IV.2.2 Évaluation du risque incendie – explosion	42
IV.2.3 Évaluation des impacts environnementaux	42

IV.3 Évaluation du risque pour l'alcool éthylique (éthanol) dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire	43
IV.3.1 Évaluation du risque pour la santé	43
IV.3.1.1 Évaluation du risque par inhalation	43
IV.3.1.2 Évaluation du risque cutané	43
IV.3.2 Évaluation du risque incendie – explosion	44
IV.3.3 Évaluation des impacts environnementaux	44
IV.4 Évaluation du risque pour le bleu de méthylène dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire	44
IV.4.1 Évaluation du risque pour la santé	44
IV.4.1.1 Évaluation du risque par inhalation	45
IV.4.1.2 Évaluation du risque cutané	45
IV.4.2 Évaluation du risque incendie – explosion	45
IV.4.3 Évaluation des impacts environnementaux	45
Conclusion	46
Références bibliographiques	49
Résumé / Abstract	

Liste des figures

N°	Titre	Page
Fig. 1	Voies d'absorption usuelles de potentiels toxiques	04
Fig. 2	Déposition des poussières dans les voies respiratoires	05
Fig. 3	Détermination du risque potentiel pour la santé	13
Fig. 4	Détermination du risque potentiel par inhalation	19
Fig. 5	Détermination de la classe de volatilité des produits liquides	21
Fig. 6	Détermination de la classe de procédé et des scores associés	22
Fig. 7	Détermination des classes de protection collective et des scores associés	23
Fig. 8	Détermination du risque cutané potentiel (24
Fig. 9	Détermination du risque incendie – explosion potentiel	26
Fig. 10	Détermination du risque potentiel pour l'environnement	31

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tab. I	Déposition des gaz et des vapeurs dans les voies respiratoires	05
Tab. II	Classement des micro-organismes cultivés en laboratoire selon leur pathogénicité pour l'homme	08
Tab. III	Critères utilisés pour le calcul du score de risque potentiel d'un produit chimique	12
Tab. IV	Classes de danger en fonction de l'étiquetage, des valeurs limites d'exposition professionnelles et de la nature des agents chimiques émis lors de divers travaux	14
Tab. V	Liste non exhaustive des agents chimiques libérés et proposition de classification des dangers	15
Tab. VI	Calcul des classes de quantité	17
Tab. VII	Détermination des classes de fréquence d'utilisation	17
Tab. VIII	Détermination des classes d'exposition potentielle	18
Tab. IX	Détermination du risque potentiel	18
Tab. X	Caractérisation des priorités en fonction du score de risque potentiel par produit	19
Tab. XI	Score attribué à une classe de danger	20
Tab. XII	Détermination de la classe de danger pour les pulvérulents	20
Tab. XIII	Score attribué à une classe de volatilité	21
Tab. XIV	Grille de caractérisation du risque par inhalation et cutané	24
Tab. XV	Détermination du score de surface exposée	25
Tab. XVI	Détermination du score de fréquence d'exposition	25
Tab. XVII	Détermination des classes d'inflammabilité	27
Tab. XVIII	Définition des seuils de quantité en fonction de la classe d'inflammabilité	28
Tab. XIX	Détermination des classes des sources d'allumage (28
Tab. XX	Détermination des classes d'inflammabilité potentielle	29
Tab. XXI	Détermination du score de risque potentiel d'éclosion d'un incendie	30
Tab. XXII	Caractérisation du risque potentiel incendie (30

Tab. XXIII	Définition des classes de danger dans l'évaluation du risque environnemental	31
Tab. XXIV	Définition des seuils de quantité en fonction de la classe de danger et de la catégorie de l'agent chimique	33
Tab. XXV	Détermination des impacts environnementaux potentiels (IEP)	33
Tab. XXVI	Valeurs des coefficients de transfert en fonction de l'état physique et du milieu	34
Tab. XXVII	Caractérisation des impacts environnementaux	34

Liste des abréviations

Ae : Source d'allumage

ESRIE : Évaluation simplifié du risque incendie-explosion

ESRS : Évaluation simplifié du risque chimique dans le domaine de la santé

FDS : Fiche de données de sécurité

FSNV Bejaia : Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Bejaia

HRP : Hiérarchisation des risques potentiels

IEp : Impacts environnementaux potentiels

Ip : Inflammabilité potentielle

Phrase R : Phrases de risque

Scut : Score de risque cutané

Sinh : score de risque par inhalation

UIC : Union des Industries Chimiques

VLEP : valeur limite d'exposition professionnelle

VME : valeur moyenne d'ébullition

Introduction

Introduction

La protection et la réduction des risques professionnels sont des préoccupations essentielles pour les établissements universitaires en Algérie. Effectivement, le décret exécutif n° 91-05 du 19 janvier 1991 relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail requiert aux chefs d'établissements la nécessité d'effectuer une évaluation des risques et des dangers professionnels et de mettre en place une politique de prévention (**Rapport national de l'Algérie, 2011**).

Dans un environnement de laboratoire universitaire, où les activités pédagogiques et de recherche impliquent souvent l'utilisation de substances dangereuses et des manœuvres complexes, l'évaluation des risques et des dangers liés aux agents chimiques constitue la première étape essentielle de cette démarche cruciale. Elle vise à déterminer les dangers associés aux produits chimiques utilisés, à évaluer les niveaux d'exposition possibles, et à identifier les mesures de contrôle nécessaires pour réduire les risques pour la santé de l'homme (**Maisant et al., 2015**).

Par ailleurs, le risque chimique ne se limite pas uniquement à l'enceinte de laboratoire mais s'étend à son voisinage proche ou éloigné, en raison de l'impact environnemental que peuvent avoir les activités de laboratoire : incendie, explosion, pollution de l'air et des nappes phréatiques, ... (**INRS, 2005**). Le décret exécutif n° 22-167 du 18 Ramadhan 1443 correspondant au 19 avril 2022 modifiant et complétant le décret exécutif n° 06-198 du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement insiste sur l'intégration et le respect de l'environnement par les établissements et les entreprises ; l'entreprise ou l'établissement doit être conscient des nuisances générées à l'échelle locale et doit chercher à y remédier (**Rapport national de l'Algérie, 2011**).

L'évaluation des risques associés aux activités de laboratoires tient de ce fait à l'appréhension des risques potentiels pour le personnel et l'environnement, mais aussi, si les politiques de prévention de risques mises en place concilient les deux (**Mathieu et al., 2004**).

Longtemps ignorés dans notre contexte universitaire, nous tenterons ici d'évaluer les risques chimiques et environnementaux potentiels liés aux activités pédagogiques dans les laboratoires de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Bejaia. Par le biais d'une méthodologie d'évaluation simplifiée de risques pour la santé, la sécurité, et l'environnement, nous dégagerons les dangers de l'exposition potentielle (risques pour la santé des individus), du potentiel d'allumage (éclosion d'incendies), et du transfert potentiel (impacts

environnementaux potentiels) qui émaneraient éventuellement des activités pédagogiques dans les laboratoires de la FSNV de Bejaia.

Chapitre I. Dangers et risques toxiques dans les laboratoires

I.1 Notions de toxicologie

I.1.1 Qu'est-ce que la toxicologie ?

La toxicologie est depuis longtemps reconnue comme étant la science des poisons. Elle étudie les effets nocifs des substances chimiques sur les organismes vivants. Elle fait appel à une multitude de connaissances scientifiques et s'intéresse à plusieurs secteurs de l'activité humaine : l'agriculture, l'alimentation, l'industrie, l'environnement, les milieux de travail, ... etc (**Mehring & Menu, 2019**).

I.1.2 Un toxique

Un toxique ou poison est une substance naturelle ou artificielle qui, par sa nature, sa quantité ou ses conditions d'utilisation, est susceptible d'avoir des effets nocifs sur la santé de l'homme ou l'environnement (**ANSES, 2014**).

I.1.3 Un risque

Un risque est la probabilité qu'une personne subisse un préjudice ou des effets nocifs pour sa santé en cas d'exposition à un danger (**Vidal-Gomel, 2021**).

Le degré de risque peut être influencé par la nature de l'exposition (dans quelle mesure une personne est exposée à une substance ou une condition dangereuse), le mode d'exposition (inhalation de gaz ou de vapeurs, contact cutané, ingestion), et la gravité des effets (une substance peut causer un cancer de la peau et une autre une irritation cutanée) (**Vidal-Gomel, 2021**).

I.1.4 Un danger

Un danger fait référence à une propriété inhérente d'une substance, d'un produit ou d'une situation qui peut nuire à un organisme vivant. Le danger est souvent évalué en fonction des propriétés physiques, chimiques ou biologiques d'une substance, telles que la toxicité, l'inflammabilité, et l'explosivité (**Vidal-Gomel, 2021**).

I.1.5 Comment est-on exposé à un toxique ?

L'organisme doit être exposé à un produit toxique pour qu'un effet nocif se manifeste. Dans ce cas, le produit peut agir au point de contact (effet local) ou pénétrer dans l'organisme (effet systémique) ; certains produits agissent pendant leur contact avec la surface exposée, soit la peau ou les yeux (comme pour les acides qui causent des brûlures chimiques graves), et d'autres qui doivent pénétrer dans l'organisme pour provoquer des effets nuisibles (**Perraudin & Thevenot, 2021**).

Les principales façons de les absorber sont l'inhalation (voie respiratoire), l'absorption par la peau (voie cutanée) et l'ingestion (voie digestive) (**Fig. 1**).

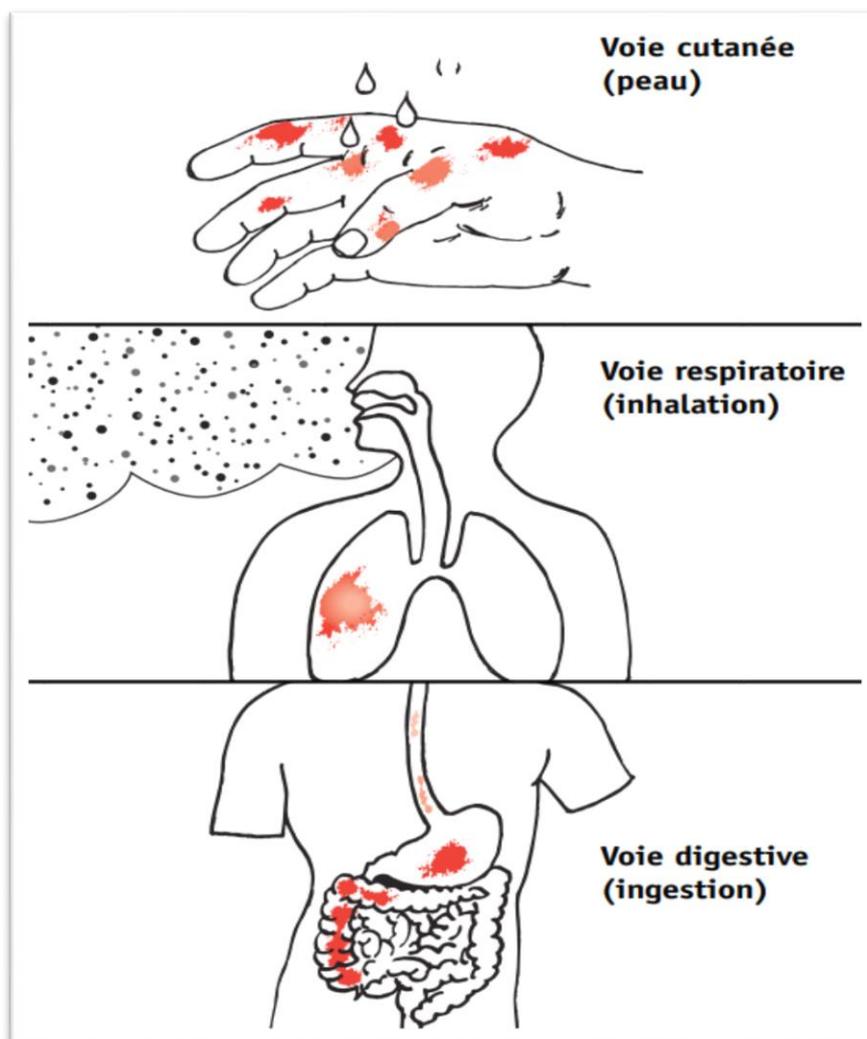


Figure 1. Voies d'absorption usuelles de potentiels toxiques (Perraudin & Thevenot, 2021)

I.1.5.1 La voie respiratoire

Les poumons sont les organes où se font les échanges gazeux entre l'air des alvéoles et le sang des vaisseaux capillaires qui tapissent les alvéoles pulmonaires. Ils sont le siège de la respiration, qui permet l'absorption et l'élimination des gaz (Mias *et al.*, 2022).

Dans la majorité des milieux de travail, la voie respiratoire représente la principale voie d'entrée des contaminants. La forte possibilité que l'air ambiant soit contaminé par des vapeurs, des gaz, des fumées, des poussières, ... etc. explique cette situation (Mias *et al.*, 2022).

De nombreux facteurs sont à considérer dans l'absorption d'un produit par les poumons. Pour les gaz et les vapeurs, il s'agira de la concentration, de la durée d'exposition, de la solubilité dans l'eau et les tissus, de la réactivité, et du débit sanguin (**Tab. I**). Et pour les particules

(poussières, fibres, fumées, brouillards, brume, pollen, spores), il s'agira des caractéristiques physiques (le diamètre, la forme, etc.) et de l'anatomie de l'arbre respiratoire (**Fig. 2**).

Tableau I. Déposition des gaz et des vapeurs dans les voies respiratoires (**Mias *et al.*, 2022**)

Substance	Solubilité dans l'eau	Absorption	Remarque
Dioxyde de soufre (SO ₂)	Très soluble	Pénètre peu profondément dans le système respiratoire	Ça se limite au nez. Absorption par le mucus et le tissu
Monoxyde de carbone (CO)	Peu soluble	Pénètre profondément dans le système respiratoire	Il passe dans le sang et est distribué dans l'organisme

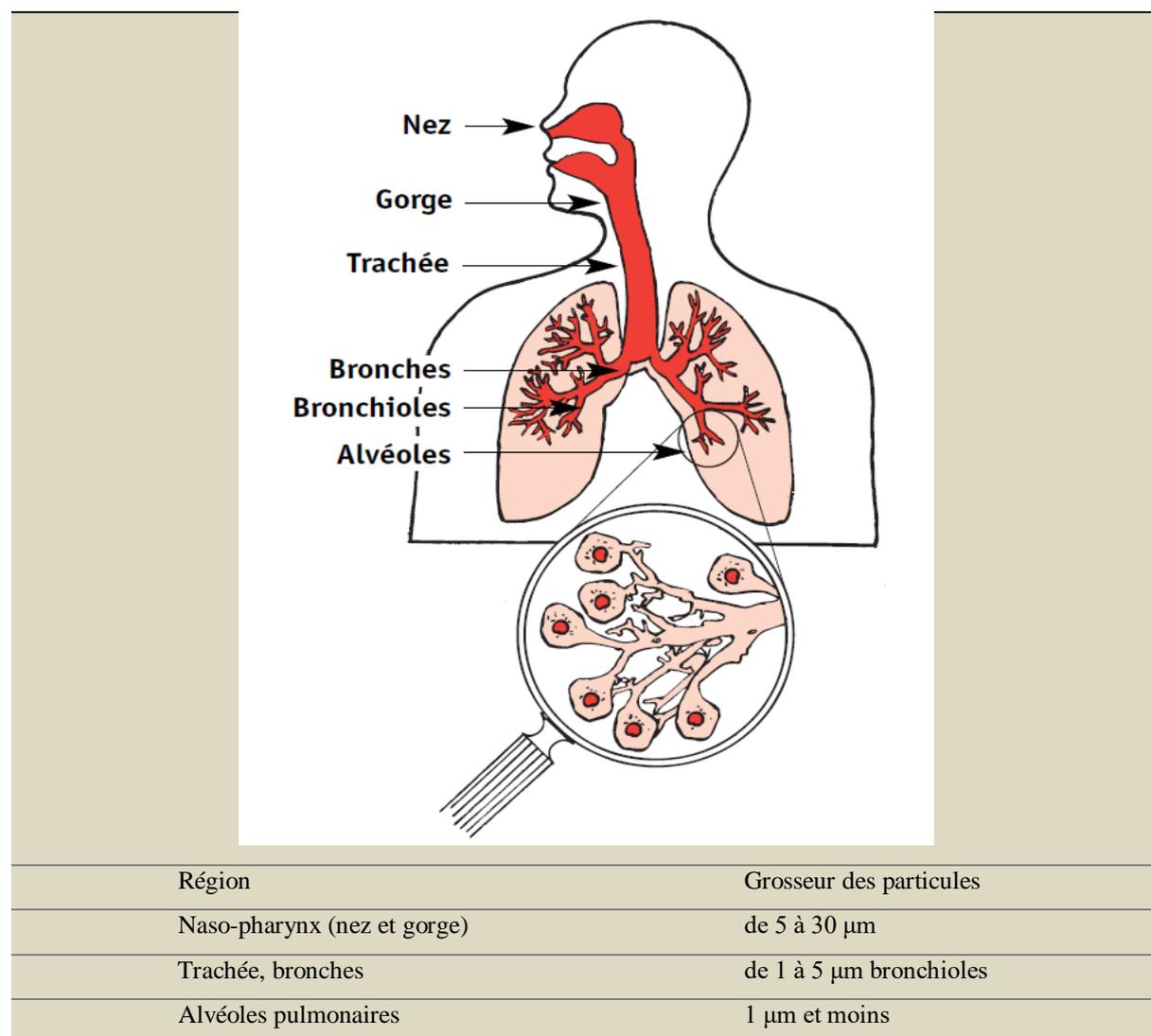


Figure 2. Déposition des poussières dans les voies respiratoires (**Mias *et al.*, 2022**)

I.1.5.2 La voie cutanée

La peau est une barrière imperméable qui recouvre toute la surface du corps et qui le protège. Cette enveloppe protectrice fait obstacle à la pénétration de nombreux contaminants. Toutefois, cette barrière n'offre pas une protection complète, car elle présente des failles, dont la base des poils et les pores (**Benarab *et al.*, 2020**).

C'est un passage important, puisque plusieurs toxiques peuvent pénétrer dans l'organisme en traversant la peau à la suite d'un contact avec un liquide, un solide ou des vapeurs (certains solvants employés pour nettoyer des pièces mécaniques ou encore des diluants ou des décapants qui sont utilisés sans protection) (**Benarab *et al.*, 2020**).

L'absorption cutanée est influencée par de nombreux facteurs tant physico-chimiques (pureté, grosseur de la molécule, solubilité) qu'individuels (hydratation de la peau, présence de lésions cutanées) et anatomiques (endroit du corps mis en contact avec le toxique ; front, avant-bras, dos de la main, paume de la main, abdomen, plante du pied) (**Benarab *et al.*, 2020**).

I.1.5.3 La voie orale

En milieu de travail, l'ingestion n'est généralement pas considérée comme une voie d'exposition importante. Il ne faut cependant pas la négliger, car des méthodes de travail inadéquates peuvent conduire à une ingestion accidentelle. De plus, de mauvaises habitudes peuvent également être à l'origine d'une exposition par ingestion, notamment manger, boire ou fumer dans des lieux de travail contaminés (**Czerwiec *et al.*, 2021**).

I.1.5.4 Les autres voies

Il existe d'autres voies d'entrée, appelées parentérales, d'une importance généralement moindre et propres à certains milieux de travail, par exemple les injections accidentelles d'un médicament et les piqûres d'aiguilles en milieu hospitalier (**Sad Saoud & Hadidi, 2020**).

I.1.6 Formes de toxicité

Il existe différentes formes de toxicité. Citons la toxicité aiguë ou subaiguë et la toxicité à long terme résultant de l'absorption répétée de petites doses ou d'une dose unique.

I.1.6.1 Toxicité aiguë ou subaiguë

La toxicité aiguë ou subaiguë est celle qui résulte, dans l'immédiat, de l'absorption par la bouche, par la voie pulmonaire ou par pénétration à travers la peau, en une seule fois ou en plusieurs fois très rapprochées, d'une dose suffisamment importante. Il en est ainsi, par exemple, à la suite de l'ingestion de nombreux produits ou de l'inhalation de gaz ou de vapeurs tels que l'oxyde de carbone, le chlore ou l'acide cyanhydrique (**Mebrek & Amari, 2021**).

I.1.6.2 Toxicité chronique ou à long terme

On ne saurait trop souligner que les effets toxiques ne résultent pas seulement de l'absorption, en un court espace de temps, de doses relativement fortes, mais aussi très souvent de l'absorption de doses même très minimes, en tout cas beaucoup trop faibles pour entraîner des effets de toxicité aiguë, dont la répétition finit par provoquer des intoxications beaucoup plus insidieuses, car elles apparaissent en général sans aucun signe d'alarme. Tel est le cas des poisons dits cumulatifs, parmi lesquels on mentionnera, entre autres, l'alcool méthylique, les hétérosides de la digitale, les dérivés minéraux de l'arsenic et du fluor, les métaux lourds (plomb, mercure, cadmium, thallium). Ces poisons sont retenus dans l'organisme à la faveur d'affinités de nature physique (solubilité dans les lipides beaucoup plus élevée que dans les liquides aqueux, adsorption), ou chimique (fixation sur tel ou tel constituant cellulaire), ou encore par suite de leur action nocive sur le filtre rénal qui entrave leur élimination (métaux lourds) (Mebrek & Amari, 2021).

I.2 Dangers et risques toxiques dans les laboratoires

I.2.1 Risques biologiques

Essentiellement, les risques biologiques en laboratoire émanent des expérimentations en bactériologie et en culture cellulaire. Avant toute manipulation, chacun doit savoir à quelle classe de pathogénicité pour l'homme appartient le micro-organisme qu'il va cultiver (Tab. II) (Mebrek & Amari, 2021).

Tableau II. Classement des micro-organismes cultivés en laboratoire selon leur pathogénicité pour l'homme (**Mebrek & Amari, 2021**)

<p>Classe 1 Confinement L1</p>	<ul style="list-style-type: none"> . Micro-organismes non génétiquement modifiés de classe 1 (n'ayant aucun pouvoir pathogène pour l'homme et ne constituant pas une menace pour l'environnement) . Micro-organismes non pathogènes génétiquement modifiés portant des fragments d'ADN étranger sans pouvoir pathogène . Cellules animales et végétales normales ou immortalisées et plantes transgéniques ne produisant pas de virus ou ne produisant que des virus de classe 1, Ea1 ou Ep1
<p>Classe 2 Confinement L2</p>	<ul style="list-style-type: none"> . Micro-organismes non génétiquement modifiés de classe 2 (qui peuvent provoquer des maladies chez l'homme mais dont la dissémination dans l'environnement est peu probable, qui sont sans risque pour la collectivité et contre lesquels une prophylaxie ou des traitements efficaces sont connus) . Micro-organismes génétiquement modifiés de classe 2 dans lesquels les vecteurs ou les séquences clonées n'augmentent pas la classe de risque . Micro-organismes non pathogènes génétiquement modifiés portant, soit des gènes codant pour des protéines ayant un pouvoir pathogène limité, soit des fragments importants de génome de micro-organismes de classe 2, Ea2 ou Ep2 . Cellules animales exprimant un virus de classe 2 ou Ea2 . Cellules animales abritant des vecteurs d'expression qui contiennent des gènes codant pour des protéines ayant un pouvoir pathogène limité ou des fragments de génomes humains ou d'animaux inconnus ou des fragments importants de génome de micro-organismes de classe 2 ou Ea2 . Cellules végétales et plantes transgéniques produisant des virus de classe Ep2

I.2.2 Dangers ou risques chimiques

L'utilisation de produits chimiques réactifs dans les laboratoires peut conduire à différents risques de nature physico-chimique (explosion, inflammation, dégagement de chaleur, ...), de risques pour la santé, et de risques pour l'environnement (**Kebir, 2022**). Les produits chimiques réactifs sont ainsi répertoriés dans différentes classes de danger :

I.2.2.1 Risque d'incendie ou d'explosion

De nombreux produits combustibles ou inflammables sont utilisés en laboratoires. Sous l'effet d'une source d'inflammation (électricité, flamme, étincelle, surface chaude, ...), ils peuvent s'enflammer et générer un incendie. Lorsque ces produits sont en suspension dans l'air,

sous forme de gaz/vapeur, de poussières ou de brouillard, l'inflammation devient quasiment instantanée et génère une explosion. On parle dans ce cas de l'inflammation d'une atmosphère explosive. En cas d'incendie dans le bâtiment de laboratoire ou dans son environnement immédiat, la présence d'un stock de produits chimiques rend l'incendie plus dangereux (mélanges de produits incompatibles, aggravation de la toxicité des fumées, projections de matières enflammées lors de l'éclatement des récipients) et plus difficiles à maîtriser. Par ailleurs, des fuites de récipients ou des renversements de produits peuvent former des atmosphères explosives et générer un risque d'explosion et de départ d'incendie (**Daanoue et al., 2020**).

I.2.2.2 Risques pour la santé

Acides forts, bases fortes, solvants, et d'autres produits chimiques dangereux sont utilisés dans les laboratoires. Certains sont irritants, voire corrosifs, ou sensibilisants et peuvent causer des brûlures ou des réactions allergiques (dermatoses, rhinites, asthme), d'autres provoquent des effets différés : anomalies de la reproduction, aberrations chromosomiques, cancers, lésions ou altérations des fonctions des organes (**Vidal-Gomel, 2021**).

I.2.2.3 Risques pour l'environnement

Les déchets issus des activités en laboratoires peuvent être tout aussi dévastateurs : tuer des organismes vivant dans l'eau, détruire des animaux et des espaces verts dans une zone contaminée, causer des complications reproductives majeures chez les animaux, limiter la capacité d'un écosystème à survivre et détruire les ressources naturelles. De facto, de petits organismes à la nappe phréatique, chaque « strate » de notre environnement peut être impactée par les déchets émanant de laboratoires (**Sankarasubramanian & Ganesh, 2019**).

Chapitre II. Évaluation des dangers et risques chimiques dans les laboratoires de Biologie

II.1 Qu'est-ce qu'une évaluation des risques ?

L'évaluation des risques professionnels constitue une étape cruciale de la démarche de prévention. Elle en est le point de départ. L'identification, l'analyse et le classement des risques permettent de définir les actions de prévention les plus appropriées, couvrant les dimensions techniques, humaines et organisationnelles. Autrement, L'évaluation des risques professionnels consiste à identifier les risques auxquels sont soumis le personnel d'un établissement, en vue de mettre en place des actions de prévention pertinentes couvrant les dimensions techniques, humaines et organisationnelles. Elle constitue l'étape initiale de toute démarche de prévention en santé et sécurité au travail (**Andéol *et al.*, 2010**).

L'évaluation des risques professionnels est une démarche structurée dont les résultats sont formalisés dans un "document unique". Ce document est mis à la disposition des salariés, des délégués du personnel, du médecin du travail, de l'inspecteur du travail et des agents des services de prévention des organismes de sécurité sociale ainsi que des inspecteurs de la radioprotection (**Andéol *et al.*, 2010**).

II.2 Pourquoi évaluer les risques dans les laboratoires ?

L'évaluation des risques en laboratoires relève de la responsabilité du chef de l'établissement, et s'inscrit dans le cadre de son obligation générale d'assurer la sécurité et de protéger la santé du personnel. Elle figure parmi les principes généraux de prévention énoncé dans décret exécutif n° 91-05 du 19 janvier 1991 et englobe des actions d'identification et de classement des risques, et aussi de mise en place d'actions de prévention.

L'évaluation des risques en laboratoires contribue à améliorer son fonctionnement en consolidant la maîtrise des risques avérés mais également en pointant l'apparition de risques à effets différés ou de nouveaux risques (**Brahic, 2008**).

II.3 Évaluation de dangers et risques chimiques dans les laboratoires de Biologie : la méthode UIC

Nous présentons ici la méthodologie d'évaluation simplifiée de risques UIC (Union des Industries Chimiques) telle que décrite par la note documentaire de l'INRS. La méthode permet d'évaluer les risques pour la santé, la sécurité et l'environnement.

II.3.1 Démarche d'évaluation par la méthode UIC

L'évaluation des risques par la méthode UIC comprend les phases principales suivantes :

II.3.1.1 Inventaire des produits et matériaux utilisés

Il s'agit de l'étape la plus importante car elle conditionne la qualité d'une démarche d'évaluation des risques. L'inventaire des produits chimiques et des matières premières – y compris les produits intermédiaires – doit être aussi exhaustif que possible.

Cette étape représente une charge de travail importante, qui peut être réduite si elle s'appuie sur certains tableaux de bord de l'établissement, tels que relevés du service achats, organigramme des ateliers, procédures, etc. À l'issue de cette étape, la liste complète des produits et matériaux mis en œuvre dans l'établissement aura été établie.

À l'occasion de cet inventaire, les produits périmés ou inutilisés depuis un certain temps seront éliminés.

Les données collectées lors de cette étape sont les suivantes :

- Référence ou nom du produit ;
- Quantité utilisée (année, mois passés, ...) ;
- Fréquence d'utilisation ;
- Zone de travail où est utilisé le produit ;
- Informations sur les dangers issus de l'étiquetage (pictogrammes, phrases de risque, ...) ;
- Informations issues de la fiche de données de sécurité (dangers, propriétés physico-chimiques, ...).

Lors de la phase d'inventaire, la Fiche de Données de Sécurité (FDS) en seize points, dont l'établissement est obligatoire, constitue une aide essentielle dans cette démarche.

II.3.1.2 Hiérarchisation des risques potentiels (HRP)

En raison du grand nombre de produits et de matières premières utilisés au sein d'un établissement, il est nécessaire de hiérarchiser les risques en fixant des priorités, par exemple en s'intéressant d'abord aux produits les plus dangereux. La hiérarchisation des produits identifiés lors de l'inventaire s'effectue selon la méthode HRP : elle tient compte des dangers, de l'exposition potentielle (santé), du potentiel d'allumage (incendie-explosion) et du transfert potentiel (impacts environnementaux). Le tableau III fait état des différents paramètres pris en compte par la méthode HRP.

Tableau III. Critères utilisés pour le calcul du score de risque potentiel d'un produit chimique (INRS, 2005)

Effets sur la santé		Incendie-explosion		Impacts environnementaux	
Danger	Exposition potentielle	Inflammabilité	Potentiel d'allumage	Danger	Transfert potentiel
Phrases de risque	Quantité utilisée	Phrases de risque	Quantité stockée	Phrases de risque	Quantité utilisée
	Fréquence d'utilisation		Sources d'allumage	Classification des déchets dangereux	Quantité stockée
				État physique	

La combinaison des valeurs des classes de chaque paramètre permet de calculer un score de risque potentiel. Celui-ci fixe les priorités d'évaluation de risque pour un atelier, un poste de travail, ... Ainsi, la mise en œuvre de la méthode HRP fournit des éléments objectifs de décision pour déterminer les situations nécessitant, en priorité, une évaluation du risque.

II.3.1.3 Évaluation des risques

Cette étape consiste à évaluer de manière simplifiée les risques réels en considérant les effets sur la santé, la sécurité et l'environnement. Cette démarche nécessite de collecter un nombre plus important d'informations que celles collectées lors de la phase de hiérarchisation, notamment les conditions de mise en œuvre des différents agents chimiques.

De façon à optimiser le temps passé à cette étape, l'évaluation du risque peut ne porter, dans un premier temps, que sur les produits présentant le risque potentiel le plus élevé.

L'évaluation du risque repose sur l'analyse du travail réel et des conditions opératoires. Elle nécessite donc le repérage des différentes tâches effectuées par les salariés appartenant à un établissement/entreprise. Globalement, il s'agit d'estimer le risque résiduel associé à une tâche en considérant :

- . Les dangers des agents chimiques ;
- . Les propriétés physico-chimiques (état physique, volatilité, ...) ;
- . Les conditions de mise en œuvre (type de procédé, température, ...) ;
- . Les moyens de prévention (ventilation).

À partir de ces informations, un score est calculé pour chaque couple (agent chimique, tâche). Ce score permet ensuite de caractériser le risque inhérent à la tâche puis, par addition des scores, de caractériser le risque potentiel dans l'établissement.

Il faut souligner ici que cette démarche ne concerne pas l'évaluation de risques liés à des événements accidentels, ceux-ci étant estimés selon une approche probabiliste beaucoup plus complexe. L'étude permet cependant de sensibiliser les différents acteurs aux dangers : utilisation de produits inflammables, explosifs, ...

À l'issue de cette étape d'évaluation, le groupe de travail dispose d'éléments qui lui permettront de classer les situations à risques et de déterminer les priorités d'actions correctives à mettre en place.

II.3.2 Évaluation simplifiée du risque chimique - Santé

II.3.2.1 Objectif

Classer les agents chimiques et les ateliers en fonction de leurs risques potentiels.

II.3.2.2 Données nécessaires

Nom de l'agent chimique ou référence, étiquetage, quantité utilisée, fréquence d'utilisation, lieu(x) d'utilisation (**Fig. 3**).

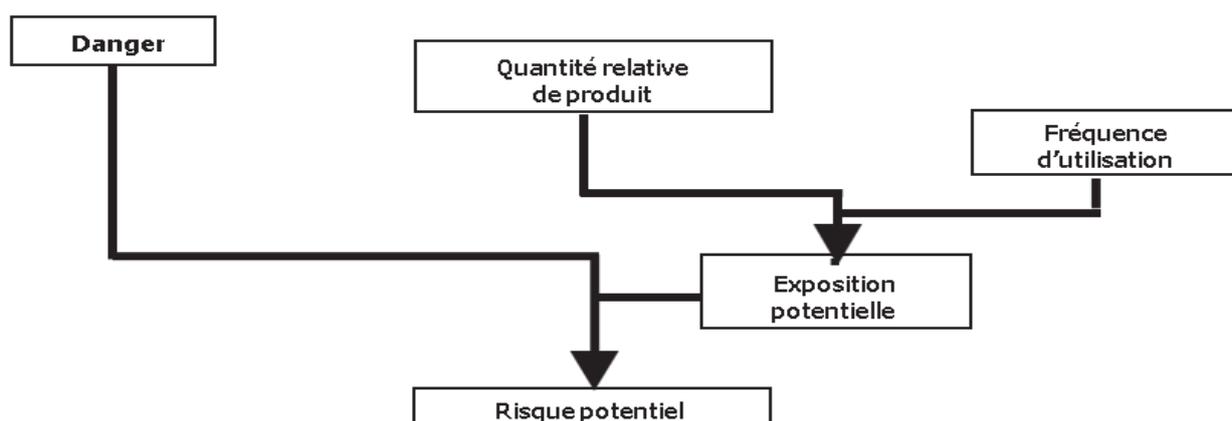


Figure 3. Détermination du risque potentiel pour la santé (INRS, 2005)

II.3.2.3 Classes de danger

La classe de danger est déterminée en priorité à partir des informations mentionnées dans la fiche de données de sécurité (FDS) ou, à défaut, sur l'étiquetage.

L'attribution d'une classe de danger à une préparation repose sur les phrases de risque mentionnées dans la rubrique 15 « informations réglementaires » et les phrases commençant par un « R » de la FDS. En présence de plusieurs phrases de risque, c'est la classe de danger la plus élevée qui sera sélectionnée.

Attention, la rubrique 15 de la FDS ne comprenant pas obligatoirement de phrases de risque pour chaque préparation, l'attribution d'une classe de danger suit la logique suivante :

- En l'absence de phrases de risque à la rubrique 15, il peut être fait état en rubrique 8 « procédures de contrôle de l'exposition des travailleurs et caractéristiques des équipements de protection individuelle » d'une valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) exprimée en mg/m^3 . La valeur de cette VLEP permet d'attribuer une classe de danger à l'agent chimique.

- En l'absence de phrase de risque en rubrique 15 et de VLEP en rubrique 8, on peut se reporter aux phrases de risque mentionnées en rubrique 2 « informations sur les composants », en utilisant les phrases « R » des composants. Dans ce dernier cas, on surestime le danger de la préparation car ces phrases concernent les dangers de substances pures.

- En dernier ressort, et en l'absence de phrases de risque mentionnées sur l'emballage, un pictogramme de danger peut être utilisé pour attribuer une classe de danger.

Le tableau IV synthétise les informations servant à attribuer une classe de danger à un agent chimique.

Tableau IV. Classes de danger en fonction de l'étiquetage, des valeurs limites d'exposition professionnelles et de la nature des agents chimiques émis lors de divers travaux (INRS, 2005)

Classe de danger	Phrases de risque et combinaisons de phrases	Pictogramme	Valeur de la VLEP	Nature de l'agent chimique
1	Aucune	Aucun	>100 mg/m^3	
2	R36, R37, R38, R36/37, R36/38, R36/37/38, R37/38 R66	 Xi - irritant	$>10-100<$ mg/m^3	Fer / Graphite / Matériaux de Construction / Talc / Ciment / Matériaux composites / Combustion bois traités / Soudure métaux et plastiques / Vulcanisation / Matières végétales et animales
3	R20, R21, R22 R20/21, R20/22, R20/21/22, R21/22 R33, R34, R40, R42, R43, R42/43 R68/20, R68/21, R68/22, R68/20/21, R68/20/22, R68/21/22, R68/20/21/22 R48/20, R48/21, R48/22, R48/20/21, R48/20/22, R48/21/22, R48/20/21/22 R62, R63, R64, R65, R67, R68	 Xn - nocif	$>1-10<$ mg/m^3	Soudure inox / fibres céramiques-végétales / peintures au plomb / meules / sables / huiles d'usinage de coupe /...

4	R15/29 R23, R24, R25, R29, R31 R23/24, R23/25, R23/24/25, R24/25 R35, R39/23, R39/24, R39/25, R39/23/24, R39/23/25, R39/24/25, R39/23/24/25 R41, R45, R46, R48, R49, R48/23, R48/24, R48/25, R48/23/24, R48/23/25 R48/24/25, R48/23/24/25 R60, R61	 T - toxique	>0,1-1< mg/m ³	Bois et dérivés / Plomb métallique/ Amiante et matériaux en contenant / Fonderie et affinage du plomb /p Goudrons et brais / Mercure / Essence (carburant)/...
5	R26, R27, R28, R32 R26/27, R26/28, R26/27/28, R27/28, R39, R39/26, R39/27, R39/28, R39/26/27,R39/26/28,	 Très toxique	<0,1 mg/m ³	

Pour les matériaux, la classe de danger est déterminée en fonction du type d'agent chimique émis par les procédés (**Tab. V**).

Tableau V. Liste non exhaustive des agents chimiques libérés et proposition de classification des dangers (INRS, 2005)

Agents chimiques émis par les procédés	VLEP (VME) mg/m ³	Classe de danger	
Poussières provenant de :	Fer	5 (oxyde)	2
	Alliages inox	0,5 (Cr)	3
	Aluminium	10	1
	Bois et dérivés	1 (mais cancérogène)	4
	Céréales et dérivés	5	2
	Fibres de verre	10 (poussières sans effet spécifique)	2
	Matériaux de construction (pierres, briques, béton...)	10 (poussières sans effet spécifique)	2
	Plomb métallique	0,15 (vapeurs)	4
	Talc	10 (poussières sans effet spécifique)	2
	Ciments	10 (poussières sans effet spécifique)	2
	Fibres céramiques	(R40)	3
	Fibres végétales	0,5	3
	Amiante et matériaux en contenant	(R45)	4
	Matériaux composites (résines + verre, carbone...)	-	2

	Peintures au plomb	0,5 (estimé)	3
	Meules	0,1 (estimé)	3
	Sables	0,1 (estimé)	3
	Graphite	2	2
Fumées provenant de :	Combustion de bois traités	-	2
	Soudures de fer	5	2
	Fonderie de métaux	-	2
	Soudures d'inox	0,5 (Cr)	3
	Fonderie et travaux de plomb	0,15	4
	Soudures et thermoformage de plastiques	-	2
	Vulcanisation	-	4
Vapeurs et gazprovenant de :	Matières d'origine végétale ou animale	-	2
	Goudrons et brais	0,2 (R45)	4
	Appareils de chauffage	55 (CO)	2
	Mercure	0,05 (vapeurs)	4
	Usinage avec huiles	1 (INRS)	3
	Moteurs à carburants	-	2
	Essence (carburant)	Contient du benzène	4
Aérosols provenant de :	Huiles de coupe	1 (INRS)	3
	Décapage par jet d'eau	-	2
	Huiles de décoffrage	-	2

II.3.2.4 Classes de quantité

Pour établir les classes de quantité, il est indispensable de fixer, en premier lieu, le référentiel temporel de consommation approprié : quotidien, hebdomadaire, mensuel, annuel.

La détermination des classes de quantité s'effectue, sur la base du référentiel temporel utilisé (**Tab. VI**), en prenant la quantité consommée (Q_i) de l'agent chimique considéré rapportée à la quantité de l'agent le plus consommé (Q_{Max}) : $\frac{Q_i}{Q_{Max}}$

Selon l'approche souhaitée, ces classes peuvent être calculées par atelier et/ou pour la totalité de l'établissement.

Tableau VI. Calcul des classes de quantité (INRS, 2005)

Classe de quantité	$\frac{Q_i}{Q_{Max}}$
1	< 1 %
2	Entre 1 % et 5 %
3	Entre 5 % et 12 %
4	Entre 12 % et 33 %
5	Entre 33 % et 100 %

II.3.2.5 Classes de fréquence d'utilisation

Pour déterminer les classes de fréquence d'utilisation, le référentiel temporel doit être identique à celui retenu pour la détermination des classes de quantité : journalier, hebdomadaire, mensuel, annuel, ... Les classes sont déterminées à partir du tableau VII.

Tableau VII. Détermination des classes de fréquence d'utilisation (INRS, 2005)

Utilisation	Occasionnelle	Intermittente	Fréquente	Permanente
Jour	< 30 minutes	30 -120 min	2-6 heures	> 6 heures
Semaine	< 2 heures	2-8 heures	1-3 jours	> 3 jours
Mois	< 1 jour	1-6 jours	6 -15 jours	> 15 jours
Année	< 5 jours	15 jours-2 mois	2 -5 mois	> 5 mois
Classe	1	2	3	4
	0 : l'agent chimique n'a pas été utilisé depuis au moins un an, l'agent chimique n'est plus utilisé.			

II.3.2.6 Classes d'exposition potentielle

Pour un agent chimique, l'exposition potentielle résulte de la combinaison des classes de quantité et fréquence d'utilisation ; pour les agents chimiques issus de la transformation de matériaux, seule la fréquence est en jeu.

Globalement, plus la quantité et la fréquence d'utilisation d'un agent chimique sont élevées, plus la probabilité d'exposition des salariés est importante. Les agents chimiques non utilisés depuis au moins un an se voient attribuer un score nul. Dans ce cas, si l'entreprise confirme l'abandon de l'agent chimique, celui-ci devra être retiré des stocks selon les procédures de traitement des déchets.

Les classes d'exposition potentielle sont déterminées à l'aide de la grille proposée au tableau VIII.

Tableau VIII. Détermination des classes d'exposition potentielle (INRS, 2005)

Classe de quantité						
5	0	4	5	5	5	
4	0	3	4	4	5	
3	0	3	3	3	4	
2	0	2	2	2	2	
1	0	1	1	1	1	
	0	1	2	3	4	Classe de fréquence

II.3.2.7 Détermination du score de risque potentiel

Le risque potentiel résulte de la combinaison des classes de danger et de l'exposition potentielle. Il traduit la probabilité d'observer un risque, compte tenu des conditions générales d'utilisation (quantité, fréquence) d'un agent chimique dangereux.

La détermination du risque potentiel est menée à l'aide de la grille présentée au tableau IX. Les scores sont additionnables afin de permettre la hiérarchisation de différentes entités entre elles.

Tableau IX. Détermination du risque potentiel (score HRP) (INRS, 2005)

Classe d'exposition potentielle						
5	100	1000	10000	100000	1000000	
4	30	300	3000	30000	300000	
3	10	100	1000	10000	100000	
2	3	30	300	3000	30000	
1	1	10	100	1000	10000	
	1	2	3	4	5	Classe de danger

La priorité de prise en compte d'un produit est déterminée à partir de la grille décisionnelle présentée au tableau X.

Tableau X. Caractérisation des priorités en fonction du score de risque potentiel par produit (INRS, 2005)

Score HRP/ produit	Priorité
> 10000	Forte
100 - 10000	Moyenne
< 100	Faible

II.3.2.8 Hiérarchisation du risque potentiel

La hiérarchisation permet de classer les agents chimiques dangereux et de déterminer ce qui nécessite une évaluation prioritaire et approfondie du risque chimique. Cette étape permet de différer l'examen des agents chimiques à risques potentiels faibles. En cas de scores égaux, la priorité sera donnée à l'agent chimique dont la classe de danger est la plus élevée.

II.3.3 Évaluation du risque par inhalation

II.3.3.1 Objectifs

L'évaluation du risque par inhalation prend en compte les dangers des agents chimiques utilisés et les conditions d'exposition (Fig. 4). L'exposition, après analyse du travail, est estimée selon :

- . Les propriétés physico-chimiques (volatilité, ...)
- . Les conditions de mise en œuvre (procédé, température, ...)
- . Les moyens de protection collective (ventilation, ...).

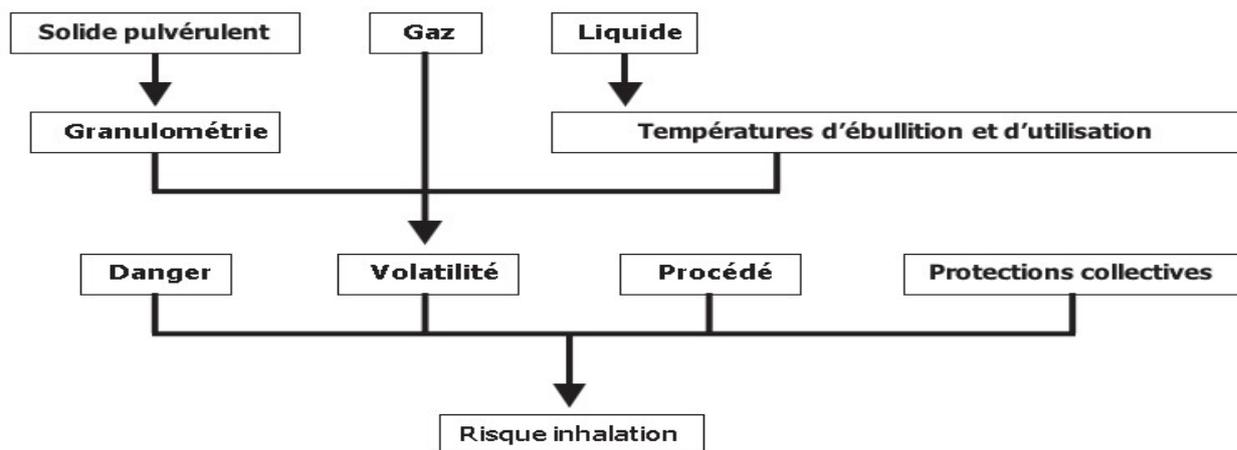


Figure 4. Détermination du risque potentiel par inhalation (INRS, 2005)

II.3.3.2 Analyse du travail

L'évaluation du risque repose sur une observation et une analyse du travail réel pour chaque milieu considéré ; elle consiste à répertorier les différentes tâches réalisées, leur durée et les agents chimiques utilisés. Pour être pertinente, l'analyse doit être effectuée en association avec les opérateurs afin de bénéficier de leur expérience.

II.3.3.3 Score de danger

Un score est affecté à chaque agent chimique en fonction de la classe de danger qui lui a été attribuée lors de la phase HRP (**Tab. XI**).

Tableau XI. Score attribué à une classe de danger (INRS, 2005)

Classes de danger	Score de danger
5	10000
4	1000
3	100
2	10
1	1

II.3.3.4 Classe de volatilité

Les agents chimiques peuvent se présenter sous trois états physiques : solide (matières pulvérulentes, fibreuses, ...), liquide ou gazeux. Chaque agent chimique se voit attribuer une classe de volatilité en fonction de son état physique, puis un score. Ainsi :

. Les pulvérulents (solides) se voient attribuer une classe de volatilité de 1 à 3 (**Tab. XII**).

Tableau XII. Détermination de la classe de danger pour les pulvérulents (INRS, 2005)

Description du matériau solide	Classe de volatilité
Le matériau se présente sous forme d'une poudre fine, formation de poussières restant en suspension dans l'air lors de la manipulation (p. ex. sucre en poudre, farine, ciment, plâtre...)	1
Le matériau se présente sous forme d'une poudre constituée de grains (1-2 mm), formation de poussières se déposant rapidement lors de la manipulation (p. ex. consistance du sucre cristallisé)	2
Le matériau se présente sous forme de pastilles, granulés, écailles (plusieurs mm à 1 ou 2 cm) peu friable, peu de poussières émises lors de manipulation (p. ex. sucre en morceaux, granulés de matières plastiques)	3

La détermination de la classe de volatilité d'un agent chimique liquide nécessite de connaître la température approximative d'utilisation de cet agent chimique et son point d'ébullition en degrés Celsius (°C) (rubrique 9 de la FDS). La classe de volatilité est déterminée à l'aide du diagramme présenté en Figure 5. Les produits se présentant sous forme pâteuse, et pour lesquels la valeur du point d'ébullition n'est pas indiquée dans la FDS, se verront attribuer par défaut une classe de volatilité 3.

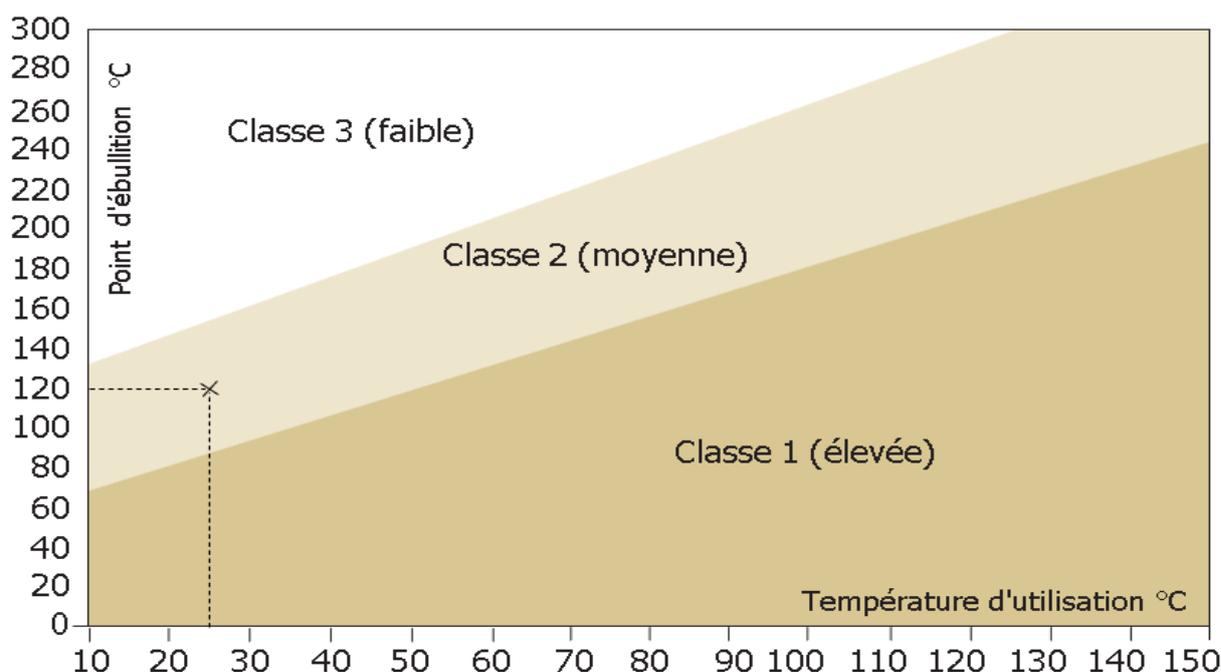


Figure 5. Détermination de la classe de volatilité des produits liquides (INRS, 2005)

Les agents chimiques gazeux se voient attribuer une classe de volatilité 1, quelle que soit la température d'utilisation.

II.3.3.5 Score de volatilité

À chaque classe de volatilité est affecté un score qui sera utilisé pour estimer l'exposition (Tab. XIII).

Tableau XIII. Score attribué à une classe de volatilité (INRS, 2005)

Classe de volatilité	Score de volatilité
1	100
2	10
3	1

II.3.3.6 Score de procédé

Le type de procédé dans lequel l'agent chimique est utilisé est déterminé selon les indications mentionnées à la figure 6. Un score est affecté à chaque type de procédé. Dans cette opération la tâche la plus délicate consiste à attribuer une classe de procédé car on distingue deux sortes de procédés :

- Les procédés dits « dispersifs » qui se caractérisent par une source d'émission importante de poussières, fumées ou vapeurs. À titre d'exemple, ce type de procédé correspond à des opérations de vidange de sacs de matériaux pulvérulents, à des opérations de découpe ou de soudage, l'application de produits par pulvérisation, le nettoyage de pièces dans des bacs de solvants totalement ouverts,...
- Les procédés dits « ouverts » qui, de par leur conception, sont nettement moins émissifs que les procédés dispersifs. Peuvent être assimilés à ce type de procédé des opérations telles que la conduite de machines à imprimer, les presses à former les métaux, les matières plastiques,...

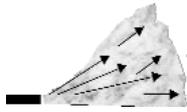
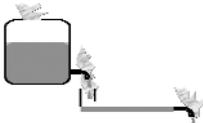
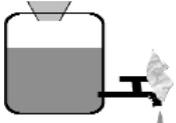
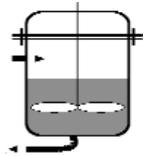
Dispersif	Ouvert	Clos mais ouvert régulièrement	Clos en permanence
 <p>Exemples : Peinture au pistolet, ponçage, meulage, vidage manuel de sacs, de seaux... Soudure à l'arc... Nettoyages manuels au chiffon, utilisation de machines d'usinage portatives (scies, rabots, défonceuses...)</p>	 <p>Exemples : Conduite de réacteurs, malaxeurs ouverts, peinture à la brosse, au pinceau, poste de conditionnement (fûts, bidons...), conduite et surveillance de machines d'impression...</p>	 <p>Exemples : Réacteur fermé avec chargements réguliers d'agents chimiques, prise d'échantillons... Machine à dégraisser en phase liquide ou vapeur...</p>	 <p>Exemple: Réacteur chimique.</p>
Classe 4	Classe 3	Classe 2	Classe 1
Score de procédé			
1	0,5	0,05	0,001

Figure 6. Détermination de la classe de procédé et des scores associés (INRS, 2005)

II.3.3.7 Score de protection collective

Le type de protection collective mise en place au poste de travail lors de l'utilisation des agents chimiques est déterminé à partir des informations mentionnées à la figure 7. Un score est affecté à chaque classe de moyen de protection collective.

Lors de cette étape, le port de protection individuelle n'a volontairement pas été pris en compte. Il faut souligner en effet que l'utilisation d'une protection individuelle doit être limitée à des opérations auxquelles il est impossible d'appliquer les règles de prévention du risque chimique : substitution, modification du procédé, mise en place de protection collective.

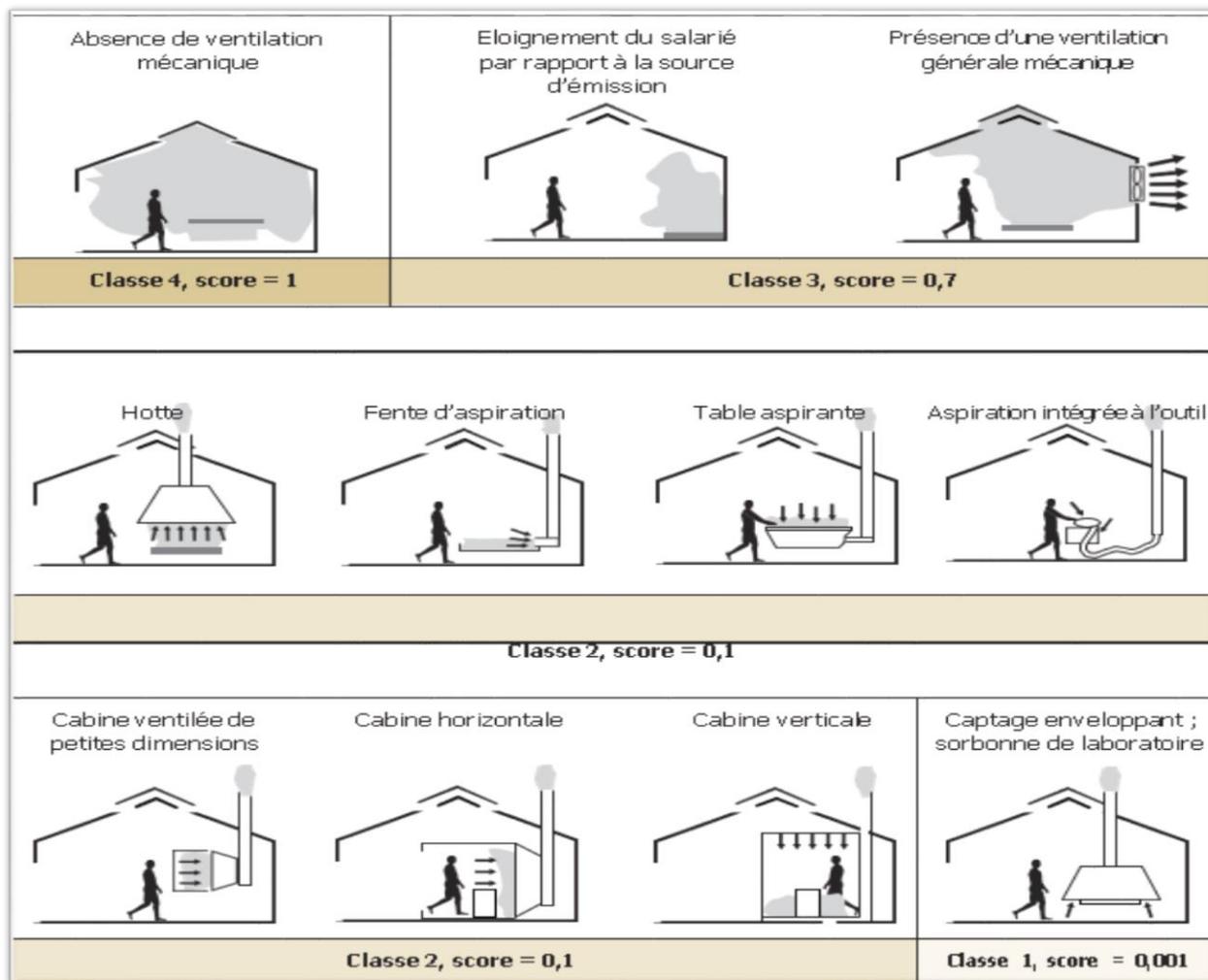


Figure 7. Détermination des classes de protection collective et des scores associés (INRS, 2005)

II.3.3.8 Calcul du score de risque par inhalation

Pour chaque agent chimique utilisé lors d'une tâche déterminée, le score de risque par inhalation (S_{inh}) est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$S_{inh} = \text{score danger} \times \text{score volatilité} \times \text{score procédé} \times \text{score protection collective}$$

Les scores de risque relatifs à une ou plusieurs tâches peuvent être additionnés pour calculer l'indice de risque ; ils peuvent être pondérés en fonction de la durée de la tâche.

II.3.3.9 Caractérisation du risque

Le risque de chaque tâche est caractérisé selon la grille décisionnelle présentée au tableau XIV.

Tableau XIV. Grille de caractérisation du risque par inhalation et cutané (INRS, 2005)

Score de risque	Priorité d'action	Caractérisation du risque
≥ 1000	1	Risque probablement très élevé (mesures correctives immédiates)
100 - 1000	2	Risque modéré nécessitant probablement la mise en place de mesures correctives et une évaluation approfondie (métrologie)
< 100	3	Risque a priori faible (pas de modification)

II.3.4 Évaluation du risque cutané

II.3.4.1 Objectif

Évaluer le risque provenant de la manipulation directe d'un produit à l'état liquide ou solide (pulvérulent), en relation avec une exposition cutanée. Cette situation ne peut, a priori, exister que dans le cas de procédés dispersifs, ouvert ou clos-ouvert. Les paramètres nécessaires à cette évaluation sont (**Fig. 8**) :

- . La classe de danger du produit ;
- . La surface du corps exposée ;
- . La fréquence d'exposition

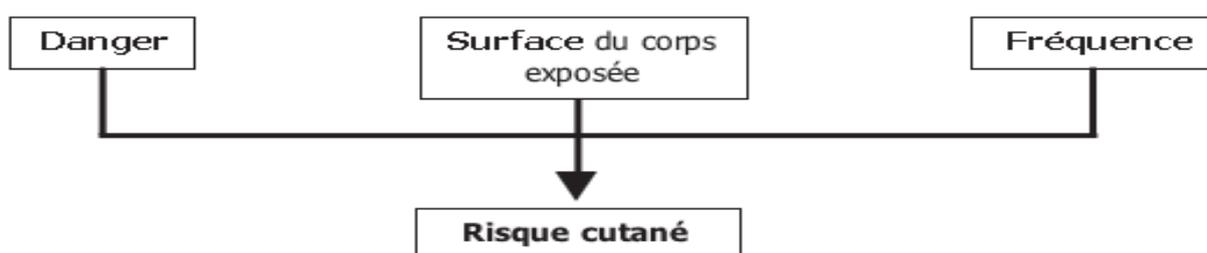


Figure 8. Détermination du risque cutané potentiel (INRS, 2005)

Cette évaluation ne tient pas compte du port de protections individuelles. Les opérations pouvant générer une exposition cutanée sont repérées lors de l'analyse du travail effectuée précédemment.

II.3.4.2 Score de danger

Les classes de danger sont déterminées à partir des phrases de risque. À chaque classe, on affecte le même score que celui utilisé pour l'évaluation du risque par inhalation (**Tab. XI**).

II.3.4.3 Score de surface exposée

Le score de surface exposée est déterminé à l'aide de la grille proposée au tableau XV.

Tableau XV. Détermination du score de surface exposée (INRS, 2005)

Surfaces exposées	Score de surface
Une main	1
Deux mains Une main + l'avant-bras	2
Deux mains + avant-bras Un bras complet	3
La surface en contact comprend les membres supérieurs et le torse, et/ou le bassin et/ou les jambes	10

II.3.4.4 Score de fréquence d'exposition

Le score de fréquence d'exposition est déterminé à partir de la grille proposée au tableau XVI.

Tableau XVI. Détermination du score de fréquence d'exposition (INRS, 2005)

Fréquence d'exposition	Score de fréquence
Occasionnelle : < 30 min / jour	1
Intermittente : 30 min - 2 h / jour	2
Fréquente : 2 h - 6 h / jour	5
Permanente : > 6 h / jour	10

II.3.4.5 Score de risque cutané (Scut)

Le score de risque cutané (Scut) est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Scut} = \text{score danger} \times \text{score surface} \times \text{score fréquence}$$

II.3.4.6 Caractérisation du risque

Il s'agit de la même grille que celle utilisée pour qualifier le risque par inhalation (Tab. XIV).

II.3.5 Évaluation du risque incendie – explosion

II.3.5.1 Objectif

Classer les produits chimiques en fonction de leur inflammabilité potentielle et les zones de travail en fonction de leur niveau de risque d'éclosion d'un incendie.

II.3.5.2 Données nécessaires

Nom du produit ou référence, étiquetage, quantité présente, sources d'allumage, lieu(x) d'utilisation (Fig. 9).

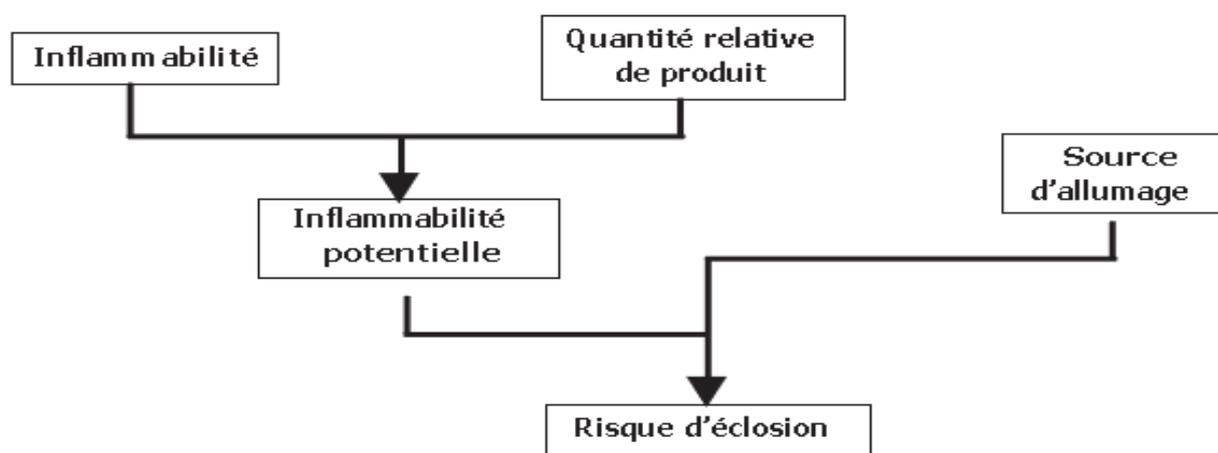


Figure 9. Détermination du risque incendie – explosion potentiel (INRS, 2005)

II.3.5.3 Classes de danger (inflammabilité)

Dans le cas de produits conditionnés, la classe de danger d'inflammabilité est déterminée à partir des informations mentionnées dans la Fiche de Données de Sécurité (FDS) ou sur l'emballage. Lorsqu'un produit comprend plusieurs phrases de risque, la classe de danger la plus élevée sera sélectionnée.

En ce qui concerne les matériaux combustibles, la classe de danger est déterminée en fonction du type de matériau (Tab. XVII).

Tableau XVII. Détermination des classes d'inflammabilité (INRS, 2005)

Classe	Symbole	Phrases de risque
1	Aucun	. Aucune . Matière solide compacte (billes de bois, blocs de résine, ramettes de papier...)
2	Aucun	. Matière solide combustible divisée (copeaux, chiffons, palettes bois...) . Matière liquide combustible (pouvant brûler), huile végétale, de lubrification... . R14, R15, R14/15, R15/29 et <u>probabilité accidentelle</u> d'un contact avec l'eau
3	Aucun	. R10
4	 Facilement inflammable	. R11, R30
4	 Facilement inflammable	. R14, R15, R14/15, R15/29, et <u>probabilité occasionnelle</u> d'un contact avec l'eau
5	 Extrêmement inflammable  Explosif  Comburant	. R14, R15, R14/15, R15/29, et <u>probabilité permanente</u> d'un contact avec l'eau . R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R12, R16, R17, R18, R19, R44 . Matière organique pulvérulente mise en suspension dans l'air

II.3.5.4 Classes de quantité

Pour la partie incendie, les classes de quantité utilisées sont fonction des quantités présentes. En première approche, et quand les zones étudiées ne sont pas des zones de stockage, il est acceptable d'utiliser les quantités consommées afin de limiter la collecte des données.

La détermination des classes de quantité s’effectue selon la quantité de produit la plus importante trouvée lors de l’inventaire (Q_{max}) et la quantité du produit i (Q_i). La grille utilisée est la même que celle employée dans la méthode d’évaluation du risque pour la santé (Tab. VI).

En fonction de la classe de danger du produit ou du matériau, un seuil de prise en compte des quantités est appliqué (Tab. XVIII). Les produits dont la quantité est inférieure à ce seuil ne sont pas considérés lors du calcul de l’inflammabilité potentielle.

Tableau XVIII. Définition des seuils de quantité en fonction de la classe d’inflammabilité (INRS, 2005)

Classe d’inflammabilité	Seuil
5	10 g
4	100 g
3	1 kg
2	10 kg
1	100 kg

II.3.5.5 Classes de source d’allumage (Ae)

Les sources d’allumage présentes dans une entité sont caractérisées selon le tableau XIX. Lorsque, dans un même lieu de travail, se trouvent plusieurs sources d’allumage, on retiendra la valeur de classe la plus élevée.

Tableau XIX. Détermination des classes des sources d’allumage (INRS, 2005)

Classe de source d’allumage (Ae)	Exemples de source d’allumage	Fréquence de présence de la source d’allumage
5	Flammes nues, surfaces chaudes dans les équipements du procédé...	Présence permanente d’une source d’allumage
4	Phases de chauffage des équipements pour le nettoyage, opérations de thermosoudage, thermorétractage...	Présence occasionnelle liée au procédé
	Fumeurs	Présence occasionnelle non liée au procédé
3	Travaux par points chauds	Présence liée à des opérations de maintenance
	Transfert/ chargement de matières organiques ou de produits inflammables	Source d’allumage liée à l’apparition d’électricité statique
	Présence de poste de charge d’accumulateurs ou d’appareils de	Fonctionnement occasionnel

	chauffage d'appoint	
2	Incident électrique...	Source d'allumage due à un dysfonctionnement, à une usure, à une erreur de manipulation...
1	Malveillance ou phénomène naturel	Source accidentelle extérieure ou d'origine naturelle (foudre)

II.3.5.6 Classes d'inflammabilité potentielle (Ip)

L'inflammabilité potentielle résulte de la combinaison des classes de danger et de quantité. Les classes d'inflammabilité potentielle sont déterminées à l'aide de la grille présentée au tableau XX.

Tableau XX. Détermination des classes d'inflammabilité potentielle (INRS, 2005)

Classe d'inflammabilité						
5	3	4	5	5	5	
4	3	3	4	4	5	
3	2	2	3	3	4	
2	1	1	2	2	2	
1	1	1	1	1	1	
	1	2	3	4	5	Classe de quantité

II.3.5.7 Détermination du risque brut d'éclosion d'un foyer

À partir de la classe d'inflammabilité potentielle (Ip) d'un produit utilisé dans une entité et de la présence de sources d'allumage (Ae), il est possible de calculer un score de risque potentiel d'éclosion d'un incendie. Au sein d'une entité, ces scores sont additionnables et permettent de hiérarchiser différentes entités en fonction du niveau de risque. Le score de risque potentiel d'éclosion d'un incendie est déterminé selon la grille présentée au tableau XXI.

Tableau XXI. Détermination du score de risque potentiel d'éclosion d'un incendie (INRS, 2005)

Classe inflammabilité potentielle Ip						
5	2000	5000	10000	30000	100000	
4	300	1000	2000	5000	10000	
3	30	100	300	1000	2000	
2	3	10	30	100	300	
1	1	1	3	10	30	
	1	2	3	4	5	Classe source d'allumage Ae

II.3.5.8 Caractérisation du risque brut d'éclosion d'un foyer

La caractérisation du risque brut d'éclosion d'un foyer d'incendie est obtenue à l'aide de la grille présentée au tableau XXII. Cette estimation du risque ne tient pas compte des conditions réelles d'utilisation des produits et des moyens de lutte contre l'incendie. L'application de la méthode de hiérarchisation permet de se focaliser sur les produits et/ou les ateliers à traiter en priorité. Les situations caractérisées par des valeurs de score supérieures à 10 000 correspondent très probablement à des situations de non conformité (p. ex. présence d'une flamme nue dans une zone de travail où sont utilisés des produits très inflammables).

Tableau XXII. Caractérisation du risque potentiel incendie (INRS, 2005)

Score	> 10000	1000-10000	10-1000	< 10
Caractérisation du risque potentiel	Très important	Important	Modéré	Faible

II.3.6 Évaluation des impacts environnementaux

II.3.6.1 Objectif

Classer les produits chimiques, les déchets issus des procédés de fabrication et les ateliers en fonction de leurs impacts potentiels sur l'environnement en considérant les différents milieux cibles : eau, sol et air.

II.3.6.2 Données nécessaires

Nom du produit ou référence, classes de danger, quantité présente, type de déchet et état physique (Fig. 10).

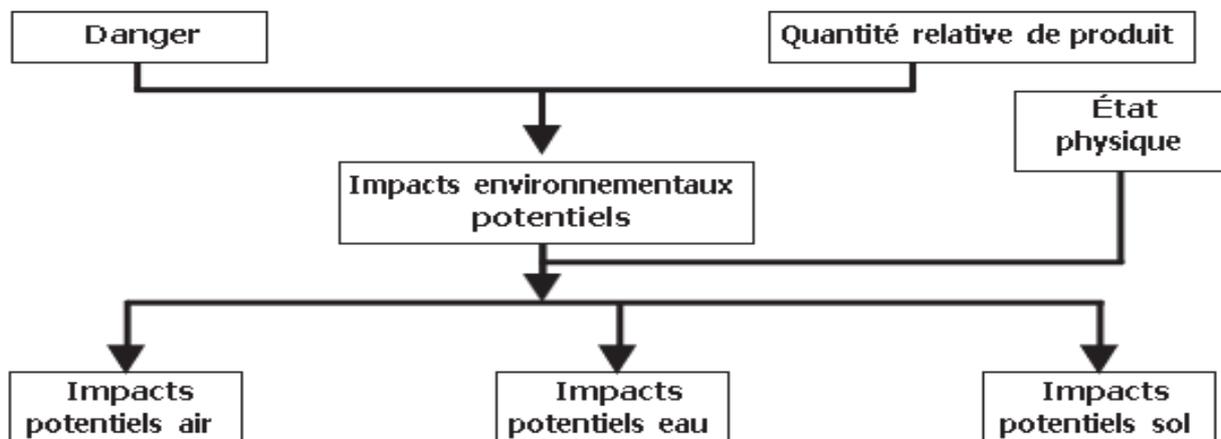


Figure 10. Détermination du risque potentiel pour l’environnement (INRS, 2005)

II.3.6.3 Classes de danger

Dans le cas des produits condition- nés, la classe de danger est déterminée à partir des informations mentionnées dans la Fiche de Données de Sécurité (FDS) ou sur l’emballage. Lorsqu’un produit comprend plusieurs phrases de risque, la classe de danger la plus élevée sera sélectionnée.

Dans le cas de déchets, la classe de danger est déterminée en fonction des différentes catégories de danger. Les informations utilisées pour attribuer une classe de danger à un agent chimique figurent au tableau XXIII.

Tableau XXIII. Définition des classes de danger dans l’évaluation du risque environnemental (INRS, 2005)

Classe de danger	Phrases de risque/type de déchet
1	Aucune
	Le type de déchet <u>n’est pas mentionné</u> dans la classification des déchets Déchet industriel banal (dib)
2	R66, R67
	Le type de déchet <u>est mentionné (sans astérisque)</u> dans la classification des déchets R29 et <u>probabilité accidentelle</u> d’un contact avec l’eau R31 et <u>probabilité accidentelle</u> d’un contact avec un acide
	R20, R21, R22, R33, R36, R37, R38 R40/20, R40/21, R40/22 R40/20/21, R40/20/22, R40/21/22 R40/20/21/22
3	R48/20, R48/21, R48/22
	R48/20/21, R48/20/22, R48/21/22

	<p>R48/20/21/22 R52, R53, R52/53 R65 R29 et <u>probabilité occasionnelle</u> d'un contact avec l'eau R31 et <u>probabilité occasionnelle</u> d'un contact avec un acide R32 et <u>probabilité accidentelle</u> d'un contact avec un acide</p>
4	<p>R23, R24, R25, R34, R35 R40, R41, R42, R43, R48 R48/23, R48/24, R48/25 R48/23/24, R48/23/25, R48/24/25 R48/23/24/25 R51, R51/53, R54, R55, R56, R57, R58, R59 R62, R63, R64 R29 et <u>probabilité permanente</u> d'un contact avec l'eau R31 et <u>probabilité permanente</u> d'un contact avec un acide R32 et <u>probabilité occasionnelle</u> d'un contact avec un acide</p>
5	<p>R26, R27, R28 R39/23, R39/24, R39/25, R39/23/24, R39/23/25, R39/24/25 R39/23/24/25 R39/26, R39/27, R39/28 R39/26/27, R39/26/28, R39/27/28 R39/26/27/28 R45, R46, R49 R50, R50/53 R60, R61 Le type de déchet <u>est mentionné (avec astérisque)</u> dans la classification des déchets R32 et <u>probabilité permanente</u> d'un contact avec un acide</p>

II.3.6.4 Classes de quantité

La détermination des classes de quantité utilisées pour la partie environnement reposent sur les quantités présentes. En première approche, et quand les zones étudiées ne sont pas des zones de stockage, il est acceptable d'utiliser les quantités consommées afin de limiter la collecte des données. La détermination des classes de quantité s'effectue en fonction de la quantité de produit la plus importante (Q_{max}) trouvée lors de l'inventaire et de la quantité du produit $i(Q_i)$. La grille utilisée est la même que celle employée dans les méthodes d'évaluation du risque pour la santé et du risque d'allumage (**Tab. VI**).

En fonction de la classe de danger du produit ou du déchet, un seuil de prise en compte des

quantités est appliqué (**Tab. XXIV**). Les produits ou déchets dont la quantité est inférieure à ce seuil ne sont pas considérés lors du calcul des impacts environnementaux potentiels.

Tableau XXIV. Définition des seuils de quantité en fonction de la classe de danger et de la catégorie de l'agent chimique (**INRS, 2005**)

Classe de danger	Catégorie	Seuil
5, 4, 3	Produit, préparation, substance	5 kg
2, 1		100 kg
5	Déchet	100 kg
2, 1		500 kg

II.3.6.5 Détermination des impacts environnementaux potentiels (IEp)

L'impact environnemental potentiel (IEp) résulte de la combinaison des classes de danger et de quantité. Sa valeur est obtenue à l'aide de la grille représentée au tableau XXV. Il correspond à l'impact potentiel brut du produit ou du déchet, indépendamment du milieu cible (score brut).

Tableau XXV. Détermination des impacts environnementaux potentiels (IEP)

Classe de danger						
5	2000	5000	10000	30000	100000	
4	100	1000	2000	5000	10000	
3	10	30	100	1000	2000	
2	2	5	10	30	100	
1	1	1	2	5	10	
	1	2	3	4	5	Classe de quantité

II.3.6.8 Impact potentiel par milieu

La pondération du score brut par la valeur du coefficient de transfert tenant compte de l'état physique permet de calculer l'impact potentiel en fonction de chaque milieu cible (IEp x coefficient de transfert pour le milieu considéré). Les produits et déchets se verront attribuer un état physique : gaz, liquide, solide ou solide pulvérulent. Le coefficient de transfert permet d'estimer l'impact environnemental potentiel du produit (ou de l'atelier) en fonction du milieu cible (eau, air, sol) (**Tab. XXVI**).

Tableau XXVI. Valeurs des coefficients de transfert en fonction de l'état physique et du milieu (INRS, 2005)

État physique	Eau	Air	Sol
Gaz	0,05	0,95	0,001
Liquide	0,35	0,5	0,002
Solide	0,005	0,001	0,005
Solide pulvérulent	0,85	0,1	0,005

II.3.6.9 Caractérisation des impacts environnementaux

La caractérisation des impacts environnementaux est obtenue à l'aide de la grille suivante (Tab. XXVII). Cette estimation ne tient pas compte des conditions réelles d'utilisation des produits, des circuits d'élimination des déchets et des moyens techniques mis en œuvre pour limiter les risques environnementaux. L'application de la méthode de hiérarchisation permet de se focaliser sur les produits, déchets et/ou les ateliers à traiter en priorité.

Tableau XXVII. Caractérisation des impacts environnementaux (INRS, 2005)

Score	> 10000	1000-10000	10-1000	<10
Caractérisation du risque	Très important	Important	Modéré	Faible

Chapitre III. Matériel et méthodes

Notre travail porte sur l'évaluation des risques chimiques potentiels associés aux activités pédagogiques dans des laboratoires de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Bejaia (FSNV Bejaia). Dans cette évaluation nous cotons le risque chimique potentiel pour la santé et la sécurité des étudiants, des enseignants, et du personnel de laboratoires, mais aussi l'impact environnemental potentiel de produits utilisés dans des laboratoires pédagogiques de la FSNV de Bejaia.

III.1 Laboratoires concernés par l'évaluation du risque chimique

Vu la multiplicité des agents chimiques et des préparations utilisées dans les laboratoires de la FSNV Bejaia, l'absence de données qui portent sur l'utilisation des différents produits, et un planning des activités pédagogiques très irrégulier, il était impossible d'évaluer exhaustivement les risques chimiques qui pourraient émaner des différents laboratoires affiliés à cette dernière. Nous nous sommes de fait, contenté d'évaluer le risque chimique qui s'associe à l'activité pédagogique dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire, pour qui nous avons pu recueillir suffisamment de données essentielles pour une évaluation du risque chimique potentiel.

III.2 Inventaire des produits utilisés et recueil de données

Le personnel des laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire a mis à notre disposition les listes de tous les produits chimiques utilisés dans ces laboratoires. Toutefois, nous avons considéré pour l'évaluation du risque chimique les agents chimiques les plus toxiques et les plus utilisés, soient l'acétone, l'acide acétique, l'éthanol, et le bleu de méthylène.

Autrement, les données essentielles pour l'évaluation du risque chimique dans les laboratoires sont recueillies :

- . Depuis les Fiches de Données de Sécurité (FDS) des produits utilisés ;
- . Depuis les protocoles expérimentaux des travaux pratiques ;
- . Sur les plannings pédagogiques hebdomadaires.

Les données recueillies et servies pour l'évaluation du risque chimique potentiel dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire pourraient concerner :

- . La nature de l'agent (produit d'utilisation, déchets générés) ;
- . L'état physique de l'agent : Solide (pulvérulent, fibreux pâteux), liquide, ou gazeux ;
- . L'utilisation du produit chimique ;
- . Les quantités utilisées ou consommées (par jour, par semaine, par mois, par année) ;
- . La fréquence d'utilisation du produit chimique ;
- . Le type du procédé : Dispersif, ouvert, ouvert régulièrement, clos en permanence ;
- . La température d'utilisation ;

- . La présence de source(s) d'allumage ;
- . La surface(s) exposée(s) à l'agent chimique : une main, deux mains, main et avant-bras, deux mains et avant-bras, un bras complet, autres parties du corps ;
- . Le type de protection collective présente : ventilation mécanique générale, éloignement par rapport à la source d'émission, hotte aspirante, autres
- . Les phrases de risque (phrase R) ;
- . Les pictogrammes ou symboles ;
- . Les valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP) ;
- . La température d'ébullition du produit chimique.

III.3 Méthodologie de l'évaluation du risque chimique

Nous avons utilisé la méthodologie d'évaluation simplifiée de risques UIC (outil d'évaluation mis au point par l'Union des Industries Chimiques) telle que présentée et décrite dans la note documentaire de l'**INRS (2005)** pour évaluer les risques pour la santé, la sécurité et l'environnement, qui sont éventuellement liés aux activités pédagogiques dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire.

Chapitre IV. Résultats et discussion

IV.1 Évaluation du risque pour l'acétone dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire

IV.1.1 Évaluation du risque pour la santé

Les classes de danger de 2 et d'exposition potentielle de 1 concourent pour un risque pour la santé de l'acétone de 10 dans les laboratoires (**Tab. IX**).

Tableau IX. Détermination du risque potentiel (score HRP) (INRS, 2005)

Classe d'exposition potentielle						
5	100	1000	10000	100000	1000000	
4	30	300	3000	30000	300000	
3	10	100	1000	10000	100000	
2	3	30	300	3000	30000	
1	1	10	100	1000	10000	
	1	2	3	4	5	Classe de danger

Avec un score HRP/produit < 100, l'acétone est à examiner avec une priorité faible pour le risque sur la santé dans les laboratoires (**Tab. X**).

Tableau X. Caractérisation des priorités en fonction du score de risque potentiel par produit (INRS, 2005)

Score HRP/ produit	Priorité
> 10000	Forte
100 - 10000	Moyenne
< 100	Faible

IV.1.1.1 Évaluation du risque par inhalation

Les scores de danger de 10, de volatilité de 100, de procédé de 1, et de protection collective de 0.7 donnent un score de risque par inhalation de 700 (S_{inh}) dans les laboratoires.

$$S_{inh} = \text{score danger} \times \text{score volatilité} \times \text{score procédé} \times \text{score protection collective} = 700$$

Avec un score de risque compris entre 100 – 1000 et une priorité d'action de 2, l'acétone présente un risque par inhalation modéré nécessitant probablement la mise en place de mesures correctives et une évaluation approfondie (**Tab. XIV**).

Tableau XIV. Grille de caractérisation du risque par inhalation et cutané (INRS, 2005)

Score de risque	Priorité d'action	Caractérisation du risque
≥ 1000	1	Risque probablement très élevé (mesures correctives immédiates)
100 - 1000	2	Risque modéré nécessitant probablement la mise en place de mesures correctives et une évaluation approfondie (métrologie)
< 100	3	Risque à priori faible (pas de modification)

IV.1.1.2 Évaluation du risque cutané

Les scores de danger de 10, de surface exposée de 3, de fréquence d'exposition de 1 donnent un score de risque cutané de 30 (Scut) dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire.

$$\text{Scut} = \text{score danger} \times \text{score surface} \times \text{score fréquence} = 30$$

Avec un score de risque < 100 et une priorité d'action de 3, l'acétone présente un risque cutané à priori faible dans les laboratoires.

Tableau XIV. Grille de caractérisation du risque par inhalation et cutané (INRS, 2005)

Score de risque	Priorité d'action	Caractérisation du risque
≥ 1000	1	Risque probablement très élevé (mesures correctives immédiates)
100 - 1000	2	Risque modéré nécessitant probablement la mise en place de mesures correctives et une évaluation approfondie (métrologie)
< 100	3	Risque à priori faible (pas de modification)

De nombreuses études ont démontré l'effet toxique des solvants organiques comme l'acétone sur la santé humaine et animale en raison de leur capacité de provoquer des dommages multiples à la plupart des fonctions organiques. Celles-ci mettent en évidence une reprotoxicité sévère lorsque nous sommes longtemps exposés qui se traduit par la capacité de l'acétone de causer des effets négatifs sur les hormones féminines et leur sécrétion, un déficit de fertilité et une diminution de la fécondité, ainsi que des effets négatifs sur le développement normal du fœtus par une diminution du poids et des malformations. Chez le mâle, l'acétone favorise l'infertilité masculine en provoquant une diminution de la mobilité des spermatozoïdes, des malformations et hypogonadisme, ils interfèrent également avec les fonctions des testicules et d'autres organes reproducteurs (Zidane *et al.*, 2014).

IV.1.2 Évaluation du risque incendie – explosion

Les classes de source d’allumage de 5 et d’inflammabilité potentielle de 1 donnent un risque brut d’éclosion d’un incendie de 30 (**Tab. XXI**).

Tableau XXI. Détermination du score de risque potentiel d’éclosion d’un incendie (INRS, 2005)

Classe inflammabilité potentielle Ip						
5	2000	5000	10000	30000	100000	
4	300	1000	2000	5000	10000	
3	30	100	300	1000	2000	
2	3	10	30	100	300	
1	1	1	3	10	30	
	1	2	3	4	5	Classe source d’allumage Ae

Avec un score compris entre 10 – 1000, l’acétone présente un risque d’incendie – explosion modéré dans les laboratoires (**Tab. XXII**).

Tableau XXII. Caractérisation du risque potentiel incendie (INRS, 2005)

Score	> 10000	1000-10000	10-1000	<10
Caractérisation du risque potentiel	Très important	Important	Modéré	Faible

IV.1.3 Évaluation des impacts environnementaux

Les classes de danger de 2 et de quantité de 1 donnent un impact potentiel brut (impact environnemental potentiel) de l’acétone indépendamment du milieu cible de 2 (**Tab. XXV**).

Tableau XXV. Détermination des impacts environnementaux potentiels (IEP) (INRS, 2005)

Classe de danger						
5	2000	5000	10000	30000	100000	
4	100	1000	2000	5000	10000	
3	10	30	100	1000	2000	
2	2	5	10	30	100	
1	1	1	2	5	10	
	1	2	3	4	5	Classe de quantité

Avec un score < 10, l'acétone présente un impact environnemental potentiel faible (**Tab. XXVII**).

Tableau XXVII. Caractérisation des impacts environnementaux (INRS, 2005)

Score	> 10000	1000-10000	10-1000	<10
Caractérisation du risque	Très important	Important	Modéré	Faible

Tableau XXVI. Valeurs des coefficients de transfert en fonction de l'état physique et du milieu (INRS, 2005)

État physique	Eau	Air	Sol
Gaz	0,05	0,95	0,001
Liquide	0,35	0,5	0,002
Solide	0,005	0,001	0,005
Solide pulvérulent	0,85	0,1	0,005

Avec des coefficients de transfert de 0.35, 0.5, et 0.002, le bleu de méthylène a un impact environnemental potentiel de 0.7 pour l'eau, de 1 pour l'air, et de 0.004 pour le sol, respectivement.

La pollution environnementale à l'acétone peut dégrader la qualité de l'air (en contribuant à la formation d'ozone et de smog), abîmer la couche d'ozone, ou encore contaminer les nappes phréatiques, les eaux de surface (grande toxicité pour les organismes aquatiques) et les sols (Zidane *et al.*, 2014).

IV.2. Évaluation du risque pour l'acide acétique dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire

IV.2.1 Évaluation du risque pour la santé

Les classes de danger de 3 et d'exposition potentielle de 2 donnent un risque potentiel de 300 pour l'acide acétique dans les laboratoires.

Avec un score HRP/produit compris entre 100 – 1000, l'acide acétique est à examiner avec une priorité moyenne pour le risque pour la santé dans les laboratoires.

L'acide acétique et ses vapeurs ou aérosols sont caustiques et peuvent provoquer des brûlures chimiques de la peau, des yeux et des muqueuses respiratoires.

IV.2.1.1 Évaluation du risque par inhalation

Les scores de danger de 100, de volatilité de 10, de procédé de 1, de protection collective de 0.7 donnent un score de risque par inhalation pour l'acide acétique de 700 ($Sinh = 700$) dans les laboratoires.

Avec un score de risque compris entre 100 – 1000 et une priorité d'action de 2, l'acide acétique présente un risque modéré par inhalation nécessitant probablement la mise en place de mesures correctives et une évaluation approfondie dans les laboratoires.

Les études portant toxicité potentielle pour l'homme nous renseignent sur les effets toxiques d'une exposition par inhalation à l'acide acétique. De fait, l'exposition par inhalation à des vapeurs ou des aérosols d'acide acétique provoque immédiatement des signes d'irritation des voies respiratoires. À une concentration de 10 ppm, les vapeurs d'acide acétique sont faiblement irritantes, alors que l'exposition à une concentration atmosphérique de 1000 ppm n'est pas tolérable plus de 3 minutes. La symptomatologie observée comprend : rhinorrhée, éternuements, sensation de brûlure nasale et pharyngée, toux, dyspnée, douleur thoracique. La survenue d'un œdème laryngé ou d'un bronchospasme peut d'emblée engager le pronostic vital. À l'arrêt de l'exposition, la symptomatologie régresse le plus souvent, mais un œdème pulmonaire lésionnel peut survenir de façon retardée, jusqu'à 48 heures après l'exposition. Secondairement, la surinfection bactérienne est la complication la plus fréquente. L'hypersécrétion bronchique et la desquamation de la muqueuse bronchique en cas de brûlure étendue sont responsables d'obstructions tronculaires et d'atélectasies. À terme, des séquelles respiratoires sont possibles : asthme induit par les irritants (en particulier, syndrome de dysfonctionnement réactif des voies aériennes ou syndrome de Brooks), sténoses bronchiques, broncheectasies, bronchiolite oblitérante, fibrose pulmonaire (**Grant & Schuman, 1986 ; Kivity et al., 1994 ; Bingham et al., 2001**).

Des investigations portant toxicité chronique de l'acide acétique pour l'homme ont un déclin annuel de la fonction respiratoire supérieur à celui attendu (déclin physiologique lié à l'âge) est observé chez les fumeuses et les non-fumeuses, suggérant, d'après les auteurs, un effet indépendant de l'exposition professionnelle. Sur un ensemble de 10 prélèvements atmosphériques dans les locaux de travail, la concentration mesurée en acide acétique varie de 19 à 40 mg/m (7,6 à 16 ppm) (**Zuskin et al., 1997 ; Johansson et al., 2005**).

IV.2.1.2 Évaluation du risque cutané

Les scores de danger de 100, de surface exposée de 3, et de fréquence d'exposition de 5 donnent un score de risque cutané pour l'acide acétique de 1500 ($S_{cut} = 1500$) dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire.

Avec un score de risque ≥ 1000 et une priorité d'action de 1, l'acide acétique présente un risque cutané probablement très élevé (mesures correctives immédiates) dans les laboratoires.

Les projections cutanées et oculaires de solutions concentrées d'acide acétique produisent

des lésions caustiques locales sévères, si une décontamination n'est pas rapidement réalisée. Au niveau oculaire, la symptomatologie associe une douleur immédiate, un larmolement et une hyperhémie conjonctivale. Plusieurs cas d'opacités cornéennes définitives, séquelles de contaminations oculaires, ont fait l'objet de publications. La constitution des lésions oculaires peut n'être complète qu'à 24 - 48 heures de l'exposition (**Grant & Schuman, 1986 ; Kivity et al., 1994 ; Bingham et al., 2001**).

Dans une étude ayant observé 12 personnes exposées pendant au moins 2 ans à une concentration estimée en moyenne à 125 mg/m (50 ppm), il a été constaté une irritation des muqueuses oculaires, une dermatose hyperkératosique, et une hyperhémie conjonctivale (sans lésion cornéenne) (**Zuskin et al., 1997 ; Johansson et al., 2005**).

IV.2.2 Évaluation du risque incendie – explosion

L'acide acétique est un liquide inflammable dont les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air dans des concentrations situées entre 4 % et 20 %. Par ailleurs, l'action corrosive de l'acide acétique sur de nombreux métaux libère de l'hydrogène, ce qui peut constituer une source d'incendie et d'explosions (**Xia et al., 2021**).

Les classes de danger de 3 et d'inflammabilité potentielle de 2 donnent un risque brut d'éclosion d'un foyer de 300.

Avec un score de risque compris entre 10 – 1000, l'acide acétique présente un risque d'incendie – explosion modéré dans les laboratoires.

IV.2.3 Évaluation des impacts environnementaux

Les classes de danger de 3 et de quantité de 2 donnent un impact potentiel brut de l'acide acétique indépendamment du milieu cible de 30.

Avec un score de risque compris entre 100 – 1000 l'acide acétique présente un impact environnemental potentiel modéré.

Avec des coefficients de transfert de 0.35, 0.5, et 0.002, l'acide acétique a un impact environnemental potentiel de 10.5 pour l'eau, de 15 pour l'air, et de 0.06 pour le sol, respectivement.

Réellement, l'acide acétique n'a pas encore été jugé dangereux pour l'environnement. Plusieurs études ont été menées dans ce sens sans pour autant établir de liens directs entre certains problèmes environnementaux et l'acide acétique. Toutefois, il est indispensable de prendre toutes les précautions pour éviter d'être exposé à cette substance (**Kaur & Goyal, 2019**).

IV.3 Évaluation du risque pour l'alcool éthylique (éthanol) dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire

IV.3.1 Évaluation du risque pour la santé

Les classes de danger de 3 et d'exposition potentielle de 5 donnent un risque potentiel de 10000 pour l'éthanol.

Avec un score HRP/produit ≤ 10000 , l'éthanol est à examiner avec une priorité forte pour un risque pour la santé dans les laboratoires.

Effectivement, l'exposition à de fortes concentrations d'éthanol provoque des effets déprimeurs du système nerveux central, associés à une forte irritation des yeux et des voies aériennes supérieures qui est rapidement intolérable. En cas d'exposition répétée, il est possible de noter des irritations des yeux et des voies aériennes associées à des troubles neurologiques légers. Il n'est pas démontré que l'exposition chronique par inhalation puisse provoquer les mêmes troubles organiques que l'ingestion de boissons alcoolisées. Le CIRC a classé en 2007 « l'éthanol dans les boissons alcoolisées » dans le groupe 1 des agents cancérigènes pour l'homme. D'importantes anomalies sont observées dans le domaine de la reproduction chez des nouveau-nés de femmes ayant absorbé de l'éthanol au cours de leur grossesse par ingestion. Néanmoins, on ne dispose d'aucune donnée clinique correspondant à des inhalations de vapeurs. Contrairement à l'ingestion, l'inhalation ne conduit pas à l'augmentation significative de la concentration d'éthanol dans le sang. Certains des effets constatés surviennent pour des doses faibles et il convient d'y prêter attention en cas d'exposition importante (**Wimer *et al.*, 1983 ; Girre *et al.*, 1995 ; Bismuth *et al.*, 2000 ; Clayton & Clayton, 2001**).

IV.3.1.1 Évaluation du risque par inhalation

Les scores de danger de 100, de volatilité de 100, de procédé de 1, et de protection collective de 0.7 donnent un score de risque par inhalation de 7000 ($Sinh = 7000$) dans les laboratoires.

Avec un score de risque ≥ 1000 et une priorité d'action de 1, l'éthanol présente un risque par inhalation probablement très élevé (mesures correctives immédiates) dans les laboratoires.

IV.3.1.2 Évaluation du risque cutané

Les scores de danger de 100, de surface exposée de 3, de fréquence d'exposition de 10 donnent un score de risque cutané de 3000 dans les laboratoires.

Avec une priorité d'action de 1, l'éthanol présente un risque cutané probablement très élevé (mesures correctives immédiates) dans les laboratoires.

IV.3.2 Évaluation du risque incendie – explosion

Les classes de source d'allumage de 5 et d'inflammabilité potentielle de 4 donnent un risque brut d'éclosion d'un foyer de 10000 dans les laboratoires.

Avec un score de risque ≥ 1000 , l'éthanol représente un risque d'incendie - explosion très important dans les laboratoires.

Véritablement, l'éthanol est un liquide très inflammable dont les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air dans les limites de 3,3 à 27,7 % en volume. Les solutions aqueuses d'éthanol, même faiblement concentrées, peuvent également s'enflammer aisément (Kay *et al.*, 2000).

IV.3.3 Évaluation des impacts environnementaux

Les classes de danger de 3 et de quantité de 5 donnent un impact potentiel brut de l'éthanol indépendamment du milieu cible de 2000 dans les laboratoires.

Avec un score compris entre 1000 – 10000, l'éthanol présente un impact environnemental potentiel important.

Avec des coefficients de transfert de 0.35, 0.5, et 0.002, l'éthanol a un impact environnemental potentiel de 700 pour l'eau, de 1000 pour l'air, et de 4 pour le sol, respectivement.

Tout de même, les données écotoxicologiques disponibles sont plutôt rassurantes. En effet, la CE_{50} , concentration induisant la mort de 50 % des organismes dans un test de laboratoire, est toujours supérieure ou égale à 1 000 mg/L, que ce soit pour les algues, les invertébrés ou les poissons (Substances.ineris.fr, 2018). Cette CE_{50} est très élevée en comparaison d'autres produits désinfectants, ce qui signifie que l'éthanol n'est pas toxique lorsqu'il est présent à de faibles concentrations, contrairement à l'eau de javel par exemple (Wang *et al.*, 2010).

IV.4 Évaluation du risque pour le bleu de méthylène dans les laboratoires de microbiologie et de biologie cellulaire

IV.4.1 Évaluation du risque pour la santé

Les classes de danger de 4 et d'exposition potentielle de 1 donnent un risque potentiel 1000 pour le bleu de méthylène.

Avec un score HRP/produit compris entre 100 – 10000, le bleu de méthylène est à examiner avec une priorité moyenne pour le risque potentiel dans les laboratoires.

En fait, les données toxicologiques relatives à l'utilisation du bleu de méthylène indiquent l'absence de danger majeur pour la santé de l'homme, tout de même, la dose totale administré

ne doit pas dépasser 7 mg/kg. Au-delà, le bleu de méthylène peut causer des douleurs thoraciques, une dyspnée, et même coloration de la peau si la dose est trop élevée (**Wainwright, 2005 ; Oz et al., 2009**).

IV.4.1.1 Évaluation du risque par inhalation

Les scores de danger de 1000, de volatilité de 100, de procédé de 1, et de protection collective de 0.7 donnent un score de risque par inhalation de 70000 ($S_{inh} = 70000$) dans les laboratoires.

Avec un score de risque ≥ 1000 et une priorité d'action de 1, le bleu de méthylène présente un risque par inhalation probablement très élevé (mesures correctives immédiates) dans les laboratoires.

IV.4.1.2 Évaluation du risque cutané

Les scores de danger de 1000, de surface exposée de 3, et de fréquence d'exposition de 5 donnent un score de risque cutané de 15000 ($S_{cut} = 15000$) dans les laboratoires.

Avec un score de risque ≥ 1000 et une priorité d'action de 1, le bleu de méthylène présente un risque cutané probablement très élevé (mesures correctives immédiates) dans les laboratoires.

IV.4.2 Évaluation du risque incendie – explosion

Les classes de source d'allumage de 5 et d'inflammabilité potentielle de 3 donnent un risque brut d'éclosion d'un foyer de 2000 dans un laboratoire.

Avec un score compris entre 1000 – 10000, le bleu de méthylène présente un risque incendie -explosion important dans les laboratoires.

IV.4.3 Évaluation des impacts environnementaux

Les classes de danger de 4 et de quantité de 1 donnent un impact potentiel brut du bleu de méthylène indépendamment du milieu cible de 100.

Avec un score compris entre 10 – 1000, le bleu de méthylène présente un impact environnemental potentiel modéré.

Avec des coefficients de transfert de 0.85, 0.1, et 0.005, le bleu de méthylène a un impact environnemental potentiel de 85 pour l'eau, de 10 pour l'air, et de 0.5 pour le sol, respectivement.

Bien que le bleu de méthylène est associé à des effets toxiques pour l'environnement, cette substance/mélange ne contient aucun ingrédient considéré comme persistant, bioaccumulable et toxique, ou très persistant et très bio-accumulable à des niveaux de 0,1% ou plus (**Sakr et al., 2015**).

Conclusion

Conclusion

Afin de réduire les risques pour les individus, la réglementation algérienne prescrit aux chefs d'établissements d'effectuer une évaluation des risques professionnels et de mettre en place une politique de prévention basée sur des mesures techniques ou organisationnelles.

Dans les laboratoires de recherche universitaires comme dans les laboratoires pédagogiques, les risques chimiques constituent une menace tant pour la santé ou la sécurité des usagers, tant pour l'environnement.

Souvent ignorés dans notre contexte universitaire à Bejaia, les risques chimiques mettent en péril insidieusement la santé et la sécurité des étudiants, des enseignants, des chercheurs, et le personnel de laboratoires.

Dans cette perspective, nous avons tenté d'évaluer les dangers et les risques chimiques potentiel associés à quatre produits chimiques hautement toxiques et fréquemment utilisés (acétone, acide acétique, éthanol, et bleu de méthylène) dans les laboratoires de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Bejaia pour la santé et la sécurité des étudiants et des enseignants durant les activités pédagogiques relevant des enseignements dispensés aux étudiants dans le cadre de leur formation. Par ailleurs, nous avons évalué aussi l'éventuel transfert de ces produits dans l'environnement et leur impact potentiel.

L'évaluation des dangers et risques chimiques de l'acétone, de l'acide acétique, de l'éthanol, et du bleu de méthylène pour la santé, la sécurité, et l'environnement indiquent que :

Risque pour la santé

- . L'acétone est à examiner avec une priorité faible ;
- . L'acide acétique est à examiner avec une priorité moyenne ;
- . L'éthanol est à examiner avec une priorité élevée ;
- . Le bleu de méthylène est à examiner avec une priorité moyenne.

Risque incendie – explosion

- . L'acétone est à examiner avec une priorité moyenne ;
- . L'acide acétique est à examiner avec une priorité moyenne ;
- . L'éthanol est à examiner avec une priorité élevée ;
- . Le bleu de méthylène est à examiner avec une priorité élevée.

Impacts environnementaux potentiels

- . L'acétone est à examiner avec une priorité faible ;
- . L'acide acétique est à examiner avec une priorité moyenne ;
- . L'éthanol est à examiner avec une priorité élevée ;
- . Le bleu de méthylène est à examiner avec une priorité moyenne.

Les impacts environnementaux potentiels les plus importants concernent les milieux eau et air.

L'évaluation du risque chimique pour la santé, la sécurité, et l'environnement dans les laboratoires pédagogiques de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Bejaia reste tout de même peu concluante de fait d'une évaluation très restreintes portée seulement sur quatre agents chimiques devant un nombre très importants de produits chimiques utilisés dans le cadre des activités pédagogiques dans ces laboratoires.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- . **Andéol B. Guillemy N. Leroy A.**, Évaluation des risques professionnels, *Toxicologie Analytique et Clinique*, Vol. 21, No. 7, 2010, pp. 334-349.
- . **ANSES.**, Projets de recherche 2014.
- . **Benarab S. Marcant P. Brissaud M. Sobaszek A. Nisse C. Mortier L.**, Repérage de l'origine professionnelle des cancers cutanés par autoquestionnaire, *Anales de Dermatologie et de Vénérologie*, Vol. 4, No. 11, 2020, pp. 145-147.
- . **Bingham E. Cohrssen B. Powell CH.**, *Patty's toxicology*, New York : John Wiley and Sons, Vol. 5, No. 7, 2001, pp. 699-704.
- . **Bismuth D. Dorgan F. Yuri J., Fritsi H.**, Big data in chemical toxicity research: the use of high-throughput screening assays to identify potential toxicants, *Chemical Research in Toxicology*, Vol. 3, No. 3, 2000, pp. 342-356.
- . **Brahic D.**, Évaluation des risques professionnels, *Revue d'Orthopédie Dento-Faciale*, Vol. 4, No. 22, 2008, pp. 1045-1056.
- . **Clayton GD, Clayton FE.**, *Patty's industrial hygiene and toxicology*, *American Scientific Journal*, Vol. 6, No. 10, 2001, pp. 382-394.
- . **Czerwicz A. Chevallier C. Grenet G, Anne-Marie Patat AM. De Souza S. Lichtfouse J, Manel J. Boucher A, Paret N.**, Exposition accidentelle à l'ammoniaque par voie orale ou buccale dans un contexte de toxicomanie : étude rétrospective des cas rapportés aux Centres Antipoison en France (2009-2018), *Toxicologie Analytique et Clinique*, Vol. 33, No. 3, 2021, pp. S59.
- . **Daanoune M. Tobbal A. Rahmani AC.**, Étude des atmosphères explosives et ces effets, Université de Médéa, 2020.
- . **Ganesh.**, Effects of toxic chemicals in the marine environment: predictions of impacts from laboratory studies, *Aquatic Toxicology*, Vol. 11, No. 4, 2019, pp. 303-311.
- . **Girre C. Hispard E. Tuszynski T.**, Toxicité de l'éthanol - *Toxicologie-Pathologie professionnelle*, Taylor & Francis, Vol. 3, No. 32, 1995, pp. 765-778.
- . **Grant WM. Schuman JS.**, *Toxicology of the eye*, Stanford : Stanford University Press, 1986, 1083 p.

- . **INRS.**, Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique : un outil d'aide à la décision, Hygiène et sécurité du travail – Cahiers de notes documentaires, 3^e trimestre 2005 – 200 / 39.
- . **Johansson AK. Johansson A. Stan V. Ohlson CG.**, Silicone sealers, acetic acid vapours and dental erosion : a work-related risks ? Swed Dent J. Vol. 49, No. 33, 2005, pp. 61-69.
- . **Kaur V. Goyal F.**, Toxic Organic Chemicals, Transport and Fate of Chemicals in the Environment, Vol. 23, No. 5, 2019, pp. 41-63.
- . **Kay B. Hong I. Yuri TC.**, Predicting the future: opportunities and challenges for the chemical industry to apply 21st-century toxicity testing, Journal of the American Association for Laboratory Animal Science, Vol. 54, No. 2, 1983, pp. 214-223(10).
- . **Kay B. Tingo E. Jim M. David K.**, Field validation of laboratory-derived IOBC toxicity ratings for natural enemies in commercial vineyards, Biological Control, Vol. 39, No. 3, 2000, pp. 507-515.
- . **Kebir M.**, Risque chimique, sécurité et environnement, mémoire de fin d'études, Université de Médéa, 2022.
- . **Kivity S. Fireman E. Lerman Y.**, Late asthmatic response to inhaled glacial acetic acid, Thorax, Vol. 49, No. 2, 1994, pp. 727-728.
- . **Maisant H. Orel K. Dorgan N. Karol F.**, Global Impact of Chemicals and Toxic Substances on Human Health and the Environment, Handbook of Global Health, Vol. 19, No. 33, 2015, pp. 1-30.
- . **Mathieu M. Yu C. Uhu J.**, Environmental hazards, health, and racial inequity in hazardous waste distribution, Environ Behav, Vol. 7, No. 26, 2004, pp. 99-126.
- . **Mebrek A. Amari M.**, Un nouveau système HSE dans l'entreprise ECDE chef, mémoire de fin d'études, Université de Médéa, 2021.
- . **Mehring G. Menu L.**, Industrial disasters, toxic waste, and community impact: health effects and environmental justice struggles around the globe, Environ Sci Pollut Res, Vol. 5, No. 24, 2019, pp. 4224-4227.

- . **Mias A. Barlet B. Gamassou CE. Mascova E. Tranchant L.**, Conditions de travail et prévention des risques professionnels, Taylor & Francis, Vol. 8, No. 2, 2022, pp. 720-731.
- . **Oz W. Kindi F. Zhung I.**, Review on Methylene Blue: Its Properties, Uses, Toxicity and Photodegradation, Taylor & Francis, Vol. 11, No. 7, 2009, pp. 567-576.
- . **Perraudin C. Thevenot N.**, Exposition aux risques professionnels et prévention dans le travail en sous-traitance : quelle place pour la représentation collective, Revue of Toxicology. Vol. 20, No. 4, 2021, pp. 553-580.
- . **Rapport National de l'Algérie.**, 19ème session de la Commission du Développement Durable des Nations Unies (CDD-19), Mai 2011.
- . **Sad Saoud N. Hadidi N.**, Accidents du travail et maladies professionnelles dans Les Secteurs hospitaliers (Santé et sécurité), mémoire de fin d'études, Université de Médéa, 2020.
- . **Sakr F. Sennaoui A. Elouardi M. Tamimi M.**, Adsorption study of Methylene Blue on biomaterial using cactus, J. Mater. Environ. Sci, Vol. 15, No. 17, 2015, pp. 687-699.
- . **Sankarasubramanian F. Ganesh H.**, Environmental chemistry, Environ Health Perspect, Vol. 10, No. 22, 2019, pp. 951-958.
- . **Vidal-Gomel C.**, Formation et prévention des risques professionnels, Montréal : Éditions Sciences Canada, 2021.
- . **Wainwright M.**, The development of phenothiazinium photosensitisers, Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, Vol. 2, No, 21, 2005, pp. 263—272.
- . **Wang R. Hung H. Prince T.**, A transnational history of exposure and struggle, Environ Health Perspect, Vol. 7, No. 24, 2010, pp. 686-699.
- . **Wimer WW. Russel JA. Kaplan HL.**, Alcohols toxicology. American Technical Journal, Vol. 66, No. 23, 1983, pp. 27-45.
- . **Xia M. Franklin B. Ham Y. Kari L.**, Chemical exposure and health impacts among individuals in the artisarnal and small-scale gold mining community: a comprehensive review, Environ Health, Vol. 16, No. 10, 2021, pp. 1-13.
- . **Zidane F. Cheggari K. Blais JF. Khlil N. Ibn Ahmed S. Bensaid J. Drogui P.**, Effect of organic pollution on trihalomethanes formation and halogenated organic compounds in feed water of Casablanca in Morocco, J. Mater. Environ. Sci. Vol. 5, No. 2, 2014, pp. 338-349.

. **Zuskin E. Mustajbegovic J. Schachter EN. Pavicic D.**, A follow-up study of respiratory function in workers exposed to acid aerosols in a food processing industry, *Int Arch Occup Environ Health*, Vol. 29, No. 70, 1997, pp. 413-418.

Résumé

Dans les laboratoires de recherche universitaires comme dans les laboratoires pédagogiques, les risques chimiques constituent une menace réelle tant pour la santé et la sécurité des usagers tant pour l'environnement.

Souvent ignorés dans notre contexte universitaire à Bejaia (Algérie), les risques chimiques mettent en péril insidieusement la santé et la sécurité des étudiants, des enseignants, des chercheurs, et le personnel de laboratoires.

Dans cette perspective, nous avons tenté d'évaluer les dangers et risques chimiques potentiels associés à quatre produits chimiques hautement toxiques et fréquemment utilisés dans nos laboratoires (acétone, acide acétique, éthanol, et bleu de méthylène) pour la santé et la sécurité des étudiants et des enseignants de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (FSNV) de l'Université de Bejaia durant des activités pédagogiques.

L'évaluation des dangers et des risques chimiques dans les laboratoires de FSNV indiquent que l'éthanol et le bleu de méthylène sont à examiner avec une priorité particulièrement élevée.

Tout de même, notre évaluation demeure peu concluante et nécessite une gamme plus large de produits chimiques à considérer pour cerner les dangers et risques chimiques éventuels dans nos laboratoires.

Mots-clés : risque toxique, évaluation du risque, risque chimique, agents toxiques, laboratoires de biologie

Abstract

In university research and educational laboratories, chemical risks pose a serious threat to the health and safety of users and the environment alike.

Often ignored in our university context in Bejaia (Algeria), chemical risks insidiously jeopardize the health and safety of students, teachers, researchers and laboratory staff.

From this perspective, we have attempted to assess the potential hazards and chemical risk associated with four highly toxic chemicals frequently used in our laboratories (acetone, acetic acid, ethanol and methylene blue) for the health and safety of students and teachers at the University of Bejaia's Faculty of Natural and Life Sciences during educational activities.

The assessment of chemical hazards and risks in FSNV laboratories indicates that ethanol and methylene blue are to be examined with particularly high priority. Nevertheless, our assessment remains inconclusive and requires a wider range of chemicals to be considered in order to identify potential chemical hazards and risks in our laboratories.

Key words: toxic risk, risk assessment, chemical risk, toxic agents, biology laboratories