

Equipements aérauliques de laboratoire : méthodologie de sélection et application de celle-ci dans un projet réel de pharmacie hospitalière

Ing. J. NORTIER
Ing. J.Cl. MARBAIX
ISICHt – Mons

Cet article présente une méthodologie de sélection concernant les équipements aérauliques de laboratoire. Le but de ceux-ci est de garantir une protection de l'utilisateur, de l'environnement dans lequel il travaille mais aussi des produits manipulés. Le choix de cet appareil a un impact majeur sur l'étude d'un projet surtout au niveau de l'HVAC. Un choix judicieux garantit la protection adéquate tout en permettant de réduire le budget d'un projet.

Mots clefs : Equipements, laboratoires, salles propres, HVAC, protection, flux laminaire, hotte chimique, hotte de pesée, poste de sécurité microbiologique, isolateurs ...

This article presents a selection methodology of aerulic equipment for laboratories. The purpose of these is to ensure protection for the user, the environment in which he works but also the products handled. The choice of this device has a major impact on the study of a project especially for the HVAC. A wise choice ensures the right protection while reducing the budget of a project.

Keywords : Equipment, laboratories, cleanrooms, HVAC, protection, laminar air flow, chemical fume hood, powder hood, biosafety cabinet, isolators ...

1. Glossaire

BSC : BioSafety Cabinet : Poste de sécurité microbiologique (PSM)
Cytotoxique : Substances nocives pour les cellules
GHS : Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals
HVAC : Heating, Ventilation and Air Conditioning
LD50 : Lethal Dose 50% : Dose létale (à 50%)
MSDS : Material Safety Data Sheet : Fiche de données sécurité d'un produit
NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health
OEB : Occupational exposure Band : Plage de Concentration autorisée dans un espace de travail
OEL : Occupational exposure Limit : Concentration maximale autorisée dans un espace de travail
PSM : Poste à sécurité microbiologique
TPN : Total Parenteral Nutrition : Nutrition parenterale totale (NPT)
URS : User Requirement Specification : Spécification des exigences de l'utilisateur

2. Introduction

Au sein d'un bureau d'études spécialisé dans le domaine pharmaceutique, lors d'une étude de projet, il est important de pouvoir maîtriser les paramètres de chaque discipline dans le détail. L'objectif de cette étude est de présenter une méthode de sélection afin de choisir correctement un équipement de laboratoire dont le but essentiel est de protéger l'utilisateur, l'environnement dans lequel il travaille, ainsi que les produits manipulés à l'intérieur de celui-ci (création de médicaments, de vaccins, analyse de bactéries, de virus ...).

En effet, il existe différents types d'équipements de laboratoire possédant leurs propres caractéristiques et correspondant à des manipulations et des produits bien spécifiques. Lors d'une étude, le choix de cet équipement est primordial car si celui-ci a été mal étudié, une cascade de conséquences peut alors survenir lors de la suite de l'étude du projet. Mais aussi, cela pourrait engendrer des dangers pour la personne effectuant les manipulations ainsi que pour les produits (médicaments, vaccins ...) créés qui pourraient être contaminés par des substances extérieures.

De plus, le type d'équipement influencera aussi la classification du local, ce qui aura un impact majeur sur le prix de la construction des salles propres. Il aura aussi un impact sur la ventilation du local car certains équipements devront être raccordés vers l'extérieur pour l'extraction de l'air vicié, d'autres pourront recycler l'air directement dans le local. Si le choix de l'équipement ne répond pas correctement aux besoins de l'utilisateur, des coûts supplémentaires causés par les surdimensionnements surviendront et causeront des problématiques sur le budget du

projet, mais aussi sur la maintenance ultérieure des installations. C'est pourquoi, il faut étudier minutieusement les besoins du client et lui accorder les meilleurs moyens pour y parvenir.

Cet article est structuré de la manière suivante :

- Dans un premier temps, le principe de salle propre est étudié pour pouvoir comprendre et définir l'environnement dans lequel l'équipement en question sera utilisé.
- Dans un deuxième temps, les différents équipements sont décrits et comparés suivant certains critères. Les paramètres critiques de la salle propre (classification, filtration, niveaux de confinement ...) sont aussi abordés dans la partie équipement.
- Dans un troisième temps, la méthode de sélection d'un équipement est décrite, en commençant par une méthode d'analyse des produits manipulés et en finissant par un arbre décisionnel pour choisir correctement l'équipement approprié.
- Pour terminer, afin d'illustrer cet article, un cas réel est étudié pour la pharmacie d'un hôpital se situant à Leuven.

3. Une salle propre

Une salle propre est un local dans lequel le taux de particules en suspension dans l'air est maîtrisé. Elle est conçue afin de générer le moins possible de particules néfastes à l'activité effectuée dans celle-ci. De nombreux paramètres sont importants à maîtriser dans une salle propre, à savoir la température, l'humidité, les pressions car elles peuvent favoriser les proliférations de bactéries, les contaminations-croisées ainsi que des inconforts de travail ... Mais ce n'est pas tout, une salle propre est caractérisée par d'autres critères qu'il faut aussi maîtriser comme :

- La classe de la propreté particulaire de l'air. Il en existe plusieurs, celles-ci se différencient par leur exigence sur la propreté particulaire de l'air. C'est-à-dire par la concentration maximale des particules présentes en fonction de leurs tailles et par l'état d'occupation du local.

- Les filtres : Ceux-ci sont utilisés pour parvenir à ces classes de propreté. On utilise des filtres particuliers de différentes sortes (des filtres « normaux » ou alors des filtres à haute efficacité). On utilise aussi des filtres moléculaires lorsque l'on souhaite supprimer des odeurs, ou « purifier » l'air de certaines molécules.

- Le taux de brassage exprime le nombre de fois où la totalité du volume d'air du local est renouvelé (ou filtré) par heure. Cela dépend des exigences de la classe de propreté : au plus l'air est renouvelé, au plus la qualité de l'air est meilleure.
- Les pressions dans les salles propres et autres locaux environnants sont très importants car elles déterminent le sens des fuites entre ceux-ci. Pour mettre un local en surpression, il faut qu'il ait un débit d'air pulsé supérieur à celui extrait. Cela permet de protéger une salle propre de toute contamination extérieure : protection du produit, de la personne vis-à-vis de l'environnement extérieur. Aucun flux d'air venant des locaux adjacents ne peut y rentrer. L'inverse sera pour un local mis en dépression.
- L'aéraulique du local : Dans les salles propres, des flux d'air sont présents et possèdent chacun leurs propres avantages. Il faut donc choisir celui le plus approprié à l'utilisation. C'est un paramètre important pour la maîtrise de la contamination. Certains protégeront le produit, d'autres l'utilisateur ou les deux. Ils existent trois types de flux : le flux d'air unidirectionnel, le flux d'air non-directionnel (turbulent) ou le flux mixte.
- Le niveau de confinement : Le confinement désigne l'isolation d'un local vis-à-vis de l'environnement extérieur en fonction du niveau de risque biologique présent à l'intérieur. En d'autres termes, rien ne sortira de ce local. Il existe différents niveaux de confinement avec des paramètres, des exigences à respecter. Tous ces paramètres énoncés sont essentiellement pour la discipline HVAC. Or, pour élaborer une salle propre, d'autres conditions interviennent aussi comme les matériaux utilisés pour les surfaces (les murs, les revêtements de sol, le vitrage, les plans de travail). Il faut des matériaux générant le moins de particules possible, faciles à nettoyer, résistants ... Des équipements de protection individuelle devront être aussi utilisés tels que des « sur-chaussures, cache-barbes ... ». L'exigence varie en fonction de la classe du local, celle-ci pouvant aller jusqu'à utilisation de feuilles, de stylos conçus spécifiquement pour les salles propres.



Figure 1 : Photo d'une salle propre munie d'un équipement aéraulique de laboratoire (Isolateur dans ce cas-ci)

4. Un équipement

Un équipement de laboratoire est un outil de travail dont l'objectif principal est d'assurer une protection de l'utilisateur, de l'environnement dans lequel il travaille ou du produit ou une combinaison des trois. Un équipement est en soi une « petite » salle propre possédant les mêmes paramètres (présence de flux d'air unidirectionnel ou non-unidirectionnel, classe à l'intérieur de l'équipement, taux de brassage, débit d'air...).

Certains équipements sont plus spécialisés soit pour la manipulation de poudres, soit de liquides ou soit de gaz. Concernant l'air vicié, il peut soit être rejeté dans le local, soit à l'extérieur ou alors recyclé à l'intérieur de l'équipement; cela dépend de la dangerosité du produit manipulé à l'intérieur de l'équipement.

A l'aide des illustrations suivantes, les grands principes de ces équipements sont expliqués. Ces cinq types suivants ne sont pas les seuls, il en existe bien d'autres tels que les enceintes à flux laminaire horizontal, les BSC CLASS III, les isolateurs...

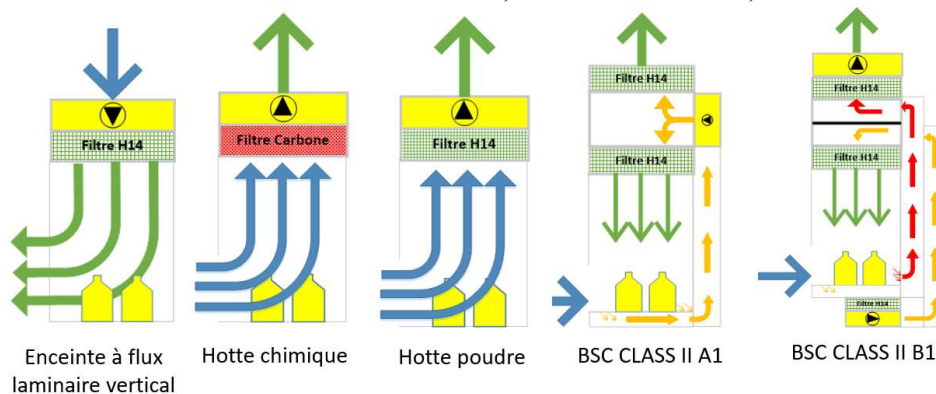


Figure 2 : Schémas de principe de plusieurs équipements

Pour chacun de ces équipements, un tableau récapitulatif a été élaboré afin de faire une synthèse utile pour la méthode de sélection.

5. Méthode de sélection

Lors d'un projet, il est important de savoir exactement quelles sont les exigences du client. Cependant, celui-ci n'est parfois pas certain de ce qu'il veut ou de ce dont il a besoin pour manipuler ses produits. C'est pourquoi il faut bien analyser, bien comprendre ce qu'il compte faire en lui posant les bonnes questions. C'est ce qui s'appelle dans le métier l'URS (User Requirement Specification).

Ci-dessous se trouve :

- Une procédure d'analyse des produits et des manipulations
- Un arbre décisionnel pour le choix de l'équipement

Remarque : Tous ces points seront illustrés par une étude de cas concret au point 6.

5.1. Analyse des produits utilisés

Premièrement, il est important de savoir quels sont les produits manipulés. Sous quelles formes se présentent-ils ? Sous forme liquide, gazeuse ou solide ? Quelle est la fréquence, la quantité de ces produits utilisés ? Quelle est la dangerosité de ces produits ? Celle-ci est déterminée en analysant ses limites d'exposition.

Les informations concernant les produits se trouvent dans les MSDS (Material Safety Data Sheet) respectives à chaque produit, en français sa fiche de sécurité. Pour savoir si un produit est dangereux, on regardera son «Occupational exposure Band/Limit», c'est-à-dire la quantité maximale d'un produit pouvant se trouver dans un mètre cube d'air. Au-dessus de ces limites, il existe un risque potentiel important pour l'utilisateur et l'environnement. Ce critère permet de classer les produits suivant leur dangerosité. En présence d'un produit solide (comme de la poudre), son OEL est exprimé en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour les produits volatiles (comme les gaz, les vapeurs), il est en ppm (partie par million).

Band	A	B	C (default)	D	E
GHS Signal Word	Warning	Warning	Danger	Danger	Danger
OEL (Control) Ranges	$> 1,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $> 1000 \text{ ppm}$	$> 100 \text{ and } < 1,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $> 100 - < 1000 \text{ ppm}$	$> 10 \text{ and } < 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $> 10 - < 100 \text{ ppm}$	$> 1 \text{ and } < 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $> 1 - < 10 \text{ ppm}$	$< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $< 1 \text{ ppm}$

Figure 3 : Différentes catégories d'OEB/OEL: NIOSH [6 ;8]

Si aucune information concernant ces limites ne s'y trouve, on utilisera une méthode d'analyse venant de NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) pour identifier la dangerosité des produits et établir leurs limites.

Les trois méthodes suivantes ne sont pas nécessaires mais permettent de garantir la certitude sur le danger du produit. Grâce à l'étape 1 et/ou 2, il est déjà possible d'avoir une idée assez précise de la dangerosité.

Méthode 1 : GHS H-codes

La première permet une évaluation rapide du produit en ne possédant que les GHS H-codes.

Les GHS sont des codes représentant des notions de dangers.

Exemple :

- H301 : Toxique si avalé
- H330 : Fatal si respiré
- ...

Ces GHS H-codes se présentent principalement en quatre catégories de danger. Une fois analysé, on peut déterminer dans quelle classe d'OEB, le produit se situe en prenant la catégorie la plus néfaste. Plusieurs critères peuvent intervenir : La toxicité aiguë, la cancérogénicité, les irritations de la peau, des yeux...

Le tableau ci-dessous ne correspond qu'à la toxicité aiguë.

Band	A	B	C	D	E
GHS Signal Word	Precautionary	Warning	Danger	Danger	Danger
GHS Hazard Category	--	4	3	2	1
GHS Hazard Statements		Harmful if swallowed. Harmful if inhaled. Harmful in contact with skin	Toxic if swallowed. Toxic if inhaled. Toxic in contact with skin.	Fatal if swallowed. Fatal if inhaled. Fatal in contact with skin.	Fatal if swallowed. Fatal if inhaled. Fatal in contact with skin.
"H" Codes		H302, H332, H312	H301, H331, H311	H300, H330, H310	H300, H330, H310

Figure 4 : Catégorie OEB avec les GHS H-codes : NIOSH [6 ;8]

Méthode 2 : La toxicité LD50

La deuxième utilise la toxicité LD50 pour assigner au produit une classe. La LD50 est la dose qu'une population « test » a ingérée et dont 50% d'entre eux sont morts. Cette notion s'exprime en mg/kg ou g/kg. Ces valeurs proviennent d'expériences effectuées sur des souris, des rats. On prendra le plus souvent la valeur testée sur le rat (celle qui se rapproche le plus de l'humain).

Exemple : Si le produit possède un LD50 de 100mg/kg, une personne de 80kg devrait ingérer 8g pour avoir une probabilité de mourir égal à 50%.

Band		A	B	C	D	E
NIOSH banding criteria for acute toxicity	Oral toxicity (LD ₅₀)	>2,000 mg/kg-bodyweight	>300 and ≤ 2,000 mg/kg-bodyweight	>50 and ≤ 300 mg/kg-bodyweight	>5 and ≤ 50 mg/kg-bodyweight	≤ 5 mg/kg-bodyweight
	Dermal toxicity (LD ₅₀)	> 2,000 mg/kg-bodyweight	>1,000 and ≤ 2,000 mg/kg-bodyweight	>200 and ≤ 1,000 mg/kg-bodyweight	>50 and ≤ 200 mg/kg-bodyweight	≤ 5 mg/kg-bodyweight

Figure 5 : Catégorie des OEB en fonction des LD50 : NIOSH [6 ; 8]

Méthode 3 : Expert

La troisième est la plus complète en utilisant les données de la première et de la deuxième méthode ainsi que de l'avis d'un expert.

Remarque générale : En fonction de la catégorie du produit, un niveau de protection est souhaité et cela permet de guider l'utilisateur sur le choix de l'équipement devant être utilisé.

5.2. Analyse des manipulations effectuées, procédures des pharmaciens

Deuxièmement, il faut savoir comment les utilisateurs vont utiliser leur produit. Que vont-ils faire avec ? Les mélanger, les mixer, les peser, les injecter ? Quels sont les appareils utilisés pour faire ces manipulations (balance, mixeur, ...) ? Y a-t-il des contraintes ? Comme par exemple, l'impossibilité de faire les manipulations avec des gants, les appareils prennent trop de place ? Faut-il protéger le produit, l'utilisateur, les deux ?

5.3. Analyse de risque

Troisièmement, en comprenant bien le processus que les utilisateurs vont faire avec les produits utilisés, il faut effectuer une analyse de risque. En se positionnant dans le cas le plus dangereux, le plus critique par rapport à l'utilisateur, au produit ou à l'environnement, cela permet de choisir l'équipement en s'assurant toujours une sécurité maximale ou la plus adéquate dans n'importe quel cas.

Dans certains cas, si une incompatibilité est remarquée, une séparation des produits ou des manipulations pourrait être effectuée. Une partie se ferait dans un équipement plus spécifique et le reste dans un équipement « standard ».

5.4 Arbre décisionnel

A partir des connaissances acquises et de l'inspiration d'un arbre de décision existant, cet outil a été créé en tenant compte des besoins de l'entreprise. Plusieurs contacts avec des fournisseurs ainsi que le suivi de cas concrets ont permis de développer cet arbre décisionnel efficace et complet. De plus, suite à toute la méthode, la précision est beaucoup plus importante. L'étude sera nettement plus pertinente et pourra être défendue devant le client.

D'autres méthodes peuvent exister mais sont moins précises. Il faut savoir que chaque constructeur a sa propre méthode et qu'il faut parfois les utiliser afin de comparer les résultats.

Ci-après se trouve la dernière version de l'arbre décisionnel à l'écriture de cet article, des modifications/améliorations pourront être faites lors de la vie future de cette méthode. Une amélioration continue est la clé d'un travail de qualité.

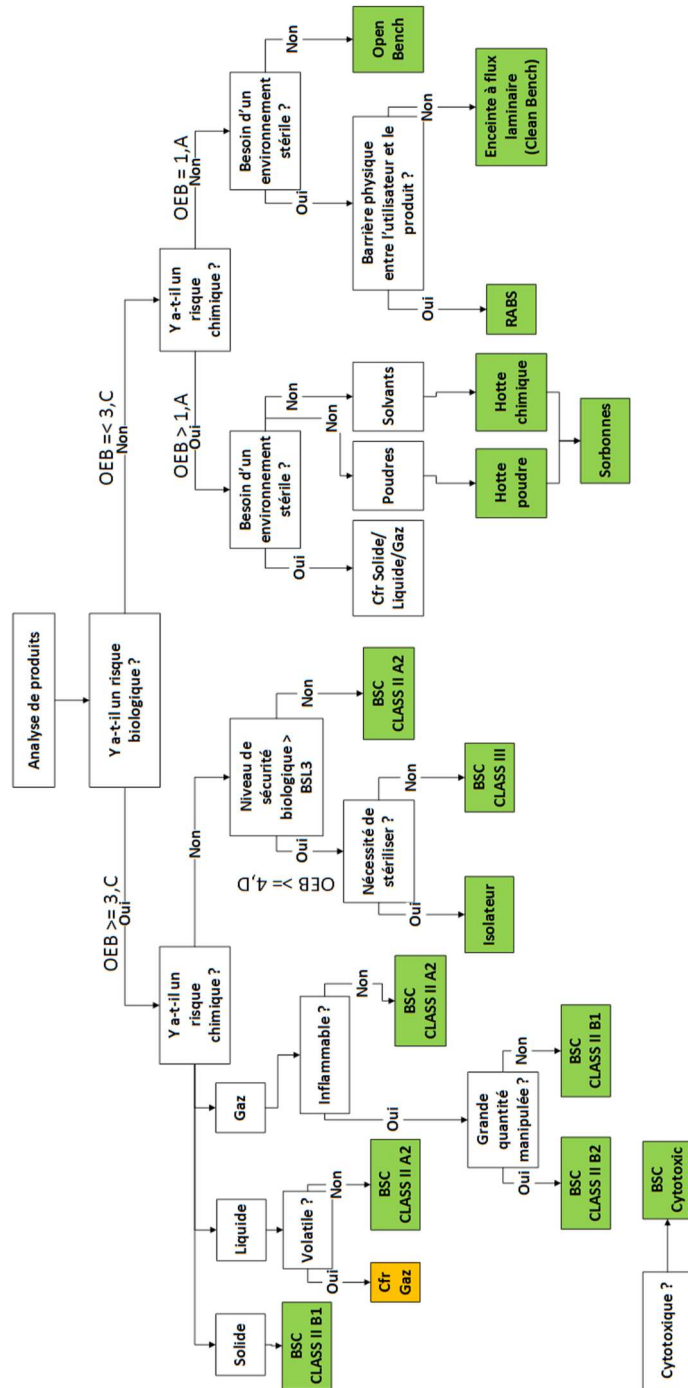


Figure 6 : Arbre décisionnel [2]

6. Cas concret

Le projet étudié est celui d'une pharmacie hospitalière se trouvant à Leuven.

Dans cette zone, seront produits :

- des cytotoxiques, des anticorps monoclonaux (des liquides et des poudres brutes) ;
- des gélules à petite et grande échelle (des liquides et poudres non toxiques) ;
- des produits non stériles ou stériles (à partir de poudres non toxiques et toxiques) ;
- des produits aseptiques TPN.

6.1. Première étude

Lors de la première étude, un problème de budget est survenu. Il a donc fallu chercher des pistes d'économie. L'une d'elle était de réétudier la partie « équipements ». En effet, la plupart des équipements choisis étaient des hottes poudres avec une extraction de l'air directement connectée vers l'extérieur, c'est à dire « ducted ». Le problème était qu'il fallait des débits considérables en air neuf. En effet, pour contrôler la pression du local, il faut qu'il y ait au moins autant de débit d'air pulsé qu'extrait, sinon le local est en pression relative fortement négative. De plus, la marche ou l'arrêt de certaines hottes modifierait ces débits et ces pressions. Cette problématique n'est pas facile à mettre en œuvre.

En suivant la méthode décrite dans cet article, nous allons réétudier si le choix de l'équipement était le bon et en voir les conséquences.

Avant la deuxième étude, il y avait 14 hottes poudres demandant **15000 m³/h** d'air neuf. Grâce à un outil développé, le calcul de la consommation énergétique de préparation de ces 15000 m³/h d'air neuf a pu être effectué. Le coût total par an estimé est de **43.138€** pour une centrale de traitement d'air fonctionnant 24h/24 durant toute l'année.

Le prix de l'électricité a été fixé à 10 c€/kWh, celui du gaz à 6 c€/kWh et 5€ le litre d'eau.

6.2. Deuxième étude

Analyse des produits

Afin de choisir correctement l'équipement désiré, nous avons analysé les produits que notre client utilise. Avec l'aide d'une pharmacienne, les produits les plus dangereux ont été relevés parmi une liste considérable de produits.

Première étape, analyse des GHS H-codes :

Dans certaines fiches sécurités des produits, GHS H-codes ne figurent pas, mais les notions de dangers y sont quand même renseignées. Reste à les relier avec les H-codes à l'aide de tableaux.

Produits	Notions de danger	GHS H-codes	OEB
Acetate de fluorocortisol 9	Dangereux si contact avec la peau (irritant)	H315	C
	Dangereux si contact avec les yeux (irritant)	H319	C
	Dangereux si avalé	H301	C
	Dangereux si respiré	H302	C
Diazepam	Dangereux si avalé	H301	C
	Peu dangereux si contact avec la peau (irritant)	H315	C->B
	Peu dangereux si contact avec les yeux (irritant):	H319	C->B
	Peu dangereux si respiré	H302	C->B
Pénicilline V (sel de potassium)	Acute oral toxicity	Category 4	C
	Respiratory Sensitization	Category 1	D->C
	Skin Sensitization	Category 1	C
Pentobarbital	Toxique si avalé	H301	C
	Peut être dangereux si respiré (irritant)	H302	C->B
	Peut être dangereux si contact avec la peau	H315	C->B
	Peut causer des irritations au niveau des yeux	H319	C->B
Propionate de testostérone	Peu dangereux si contact avec la peau (irritant)	H315	C->B
	Peu dangereux si contact avec les yeux (irritant)	H319	C->B
	Peu dangereux si avalé	H301	C->B
	Peu dangereux si respiré	H302	C->B

Figure 7 : GHS H-codes des produits

Beaucoup d'entre-eux ont été ramenés à la catégorie B de l'OEB. En effet, dans le NIOSH la classe OEB C comprend la classe OEB B et C venant d'autres sources. Il n'a été choisi que lorsque la notion de danger étant peu probable, ou peu dangereuse, la classe du produit diminuerait de dangerosité.

Deuxième étape, prise en compte du paramètre LD50 pour améliorer notre analyse :

Band		A	B	C	D	E
NIOSH banding criteria for acute toxicity	Oral toxicity (LD ₅₀)	>2,000 mg/kg-bodyweight	>300 and ≤ 2,000 mg/kg-bodyweight	>50 and ≤ 300 mg/kg-bodyweight	>5 and ≤ 50 mg/kg-bodyweight	≤ 5 mg/kg-bodyweight
	Dermal toxicity (LD ₅₀)	> 2,000 mg/kg-bodyweight	>1,000 and ≤ 2,000 mg/kg-bodyweight	>200 and ≤ 1,000 mg/kg-bodyweight	>50 and ≤ 200 mg/kg-bodyweight	≤ 5 mg/kg-bodyweight

Figure 8 : LD50 des produits

Avec l'aide de ce tableau, nous avons les OEB suivant :

Produits	LD50 (mg/kg)	OEB
Acétate de fluorocortisol 9	1001	B
Diazepam	249	C
Pénicilline V (sel de potassium)	1040	B
Pentobarbital	118	C
Propionate de testostérone	1000	B

Figure 9 : LD50 des produits

Conclusion de l'étape 1 et 2

La conclusion des OEB a été faite en prenant les cas les plus défavorables pour prendre le moins de risque possible et garantir une sécurité optimale :

Produits	Etape 1	Etape 2	OEB
Acétate de fluorocortisol 9	C	B	C
Diazepam	C	C	C
Pénicilline V (sel de potassium)	C	B	C
Pentobarbital	C	C	C
Propionate de testostérone	B	B	B

Figure 10 : Résultats des OEB des produits

Choix de l'équipement

Afin de choisir l'équipement, l'arbre décisionnel est utilisé.

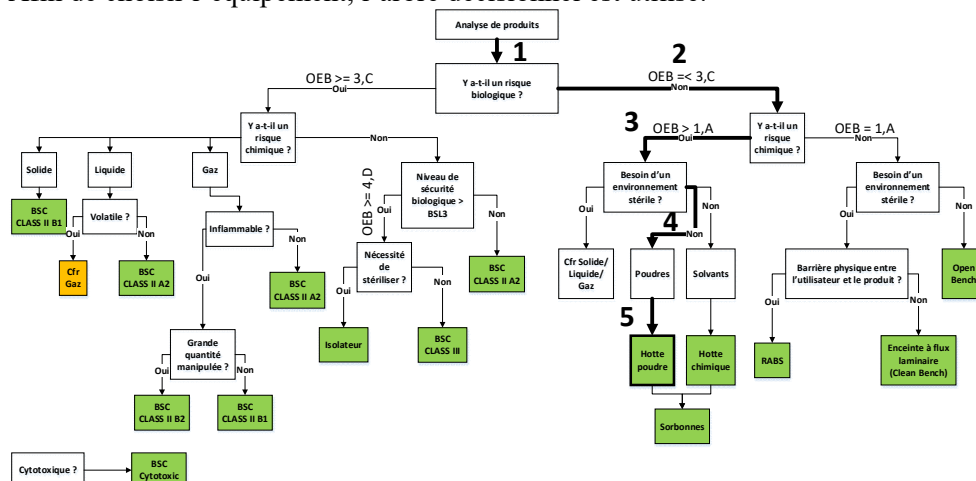


Figure 11 : Choix de l'équipement à l'aide de l'arbre décisionnel

Premièrement, l'analyse de produits a bien été faite (1). Ensuite, il ne s'agit pas de virus, bactérie, il n'y a donc pas de risque biologique (2). Nous ne sommes qu'en

présence de **produits solides** (poudres toxiques) **(5)** dont leur limite d'exposition est inférieure ou égale à OEB C. Il y a donc **un risque chimique (3)**. Les manipulations qui seront effectuées sont essentiellement des pesées et des mixages. Il ne faut pas une protection à l'aide d'un flux unidirectionnel du produit, **un environnement stérile n'est pas nécessaire (4)**.

A l'aide de l'arbre de sélection, nous avons pu déterminer qu'il faudrait une hotte poudre pour garantir une protection de l'utilisateur lors de la manipulation de ces produits. Aucun solvant, excepté de l'eau, ni gaz ne seront utilisés dans cette hotte. Il ne faut donc pas de filtre à charbon actif en plus, et donc pas de Sorbonne.

Equipement nécessaire : Hotte poudre



Figure 12 : Hotte poudre

Rejet de l'air

Suite à l'analyse de nos produits, l'équipement approprié a pu être déterminé. De plus, cela a permis d'en déduire que l'air rejeté par la hotte, peut être recyclé dans le local.

En effet, lors d'une simple réflexion, on peut vite constater que la quantité de poudre pouvant passer par un filtre à très haute efficacité (H14) en « worst case » (le cas le plus critique) est très infime et ne soumettrait pas l'utilisateur à un danger potentiel. Au final, le plus grand danger auquel l'utilisateur peut être soumis est un danger venant de sa part, lors de la manipulation de la poudre avec ses mains qui seraient « remplies de poudre » et qu'il sortirait de la hotte.

De plus, il ne faut pas de barrière physique (avec des gants) séparant le produit de l'utilisateur car nous sommes en présence de poudre possédant un OEB plus petit ou égale à C.

Afin de confirmer le choix de l'équipement et le souhait de rejet d'air dans le local, une société vendant des hottes poudres a confirmé, après l'étude des produits, que l'équipement choisi était le bon.

Coupure de courant

Cette partie est très brève dans ce cas-ci car si une coupure de courant survient, la hotte se coupe. Si on souhaite continuer à protéger l'utilisateur, l'équipement peut être mis sur un circuit électrique de secours afin de pouvoir finir sa manipulation au plus vite. L'énorme avantage d'une hotte poudre à rejet dans le local est qu'elle n'influence pas les pressions de la salle propre. En effet, aucun débit d'air n'est extrait vers l'extérieur. De plus, Il ne faut pas une extraction supplémentaire en toiture comme lorsqu'elle est « ducted ». La problématique est beaucoup plus compliquée lorsque l'on travaille avec des équipements de ce genre car il faut toujours tenir les pressions entre les locaux, lors d'une coupure de courant. Les choses sont très complexes car les groupes de ventilation s'arrêtent aussi et ne fournissent plus d'air dans les locaux. Des surpressions ou des dépressions dans les gaines d'extraction, le niveau de confinement des locaux n'est plus respecté, le sens des fuites change ...

Economie

Au début du projet, comme expliqué au début de ce chapitre, l'utilisation de hottes poudres à FULL extraction faisait exploser le budget au niveau de l'HVAC. Grâce à cette analyse profonde, nous avons pu économiser une quantité non négligeable d'air neuf par an. C'est-à-dire **15000 m³/h** et **43.138€** par an comme calculé précédemment. De plus, le fait de ne plus devoir préparer ces 15000 m³/h permettra de supprimer une centrale de traitement d'air dont le prix est de +-**40.000€**.

Mais ce n'est pas tout, car le fait de ne pas devoir connecter les équipements vers l'extérieur, aucune conduite d'extraction ne doit être placée. Probablement plusieurs centaines de mètres de tuyauteries (partant de l'équipement, jusqu'à la toiture du bâtiment) ne devront pas être achetées, ni installées. Cela libère de la place considérable dans les espaces techniques. De plus, lorsqu'une hotte est connectée vers l'extérieur un extracteur doit se situer « au bout » de la conduite afin d'aspirer l'air vicié. Or dans ce cas-ci, il n'en faut pas, ce qui diminue encore une fois les coûts par rapport à la première étude. Mais aussi, aucune maintenance des extracteurs n'est nécessaire.

Voici les chiffres de ces dernières remarques concernant les conduites d'extraction et les extracteurs en toiture :

- La pharmacie se trouve au deuxième niveau du bâtiment. Huit étages se trouvent au-dessus de celle-ci. La hauteur de chaque niveau est de 3,9 m. Ce qui fait **31,2 m** pour l'extraction verticale d'une seule hotte. Au total : 14 hottes * 31,2 m = **436,8 m**
- La longueur totale de conduite d'extraction allant de chaque hotte jusqu'à la trémie située au même niveau est de **485 m**.
- Le coût d'un extracteur en toiture est de **1.500€**.

	Prix	Unité	Total
Gaines	90€/m	= 436,8 + 485	82.962,00 €
Extracteur	1500€	14	21.000,00 €
		Total	103.962,00 €

Bilan total

	Prix
Gaines + Extracteurs	103.962,00 €
Centrale de traitement d'air	40.000,00 €
Total	143.962,00 €
Economie de préparation d'air neuf	43.138 € / an

Au total on remarque que **l'économie totale** de la construction du projet est de **143.962,00 €**, « juste » en ayant choisi un équipement plus approprié. De plus, **chaque année, une économie de 43.138,00 €** sera faite puisqu'il ne faut plus préparer ces 15.000 m³/h d'air par an. L'économie financière est un argument primordial pour le client.

7. Conclusion

Pour pouvoir élaborer cette méthode de sélection d'un équipement de laboratoire, il a fallu tout d'abord effectuer de nombreuses recherches bibliographiques sur différents sujets. Le premier était celui de la salle propre afin de comprendre dans quel environnement ces équipements allaient être utilisés, celui-ci étant très complexe dans le domaine pharmaceutique, de la biotechnologie... Le second était de comprendre et d'étudier précisément les différents types d'équipements de laboratoires. Ces recherches ont été complétées en contactant des fournisseurs de ces appareils où des ingénieurs sont venus présenter leur produit.

Par la suite, après avoir développé une connaissance assez bien poussée dans ce domaine, il a été possible de mieux comprendre la problématique faisant face. Peu d'informations étaient disponibles sur ces équipements, beaucoup d'incertitudes de la part des fournisseurs étaient présentes. Peu de normes existent sur l'utilisation de produits dangereux, par exemple toxiques, dans ces appareils de protection. En tant que bureau d'études, il a été important de pouvoir approfondir le sujet et de fournir une synthèse, une méthode afin de dimensionner au mieux les projets.

Cet article a permis de faire une synthèse des équipements les plus fréquents et disponibles pour travailler en salles propres. Ainsi que d'éclaircir plusieurs points comme les caractéristiques minutieuses de chaque équipement mais aussi d'apporter de nouveaux questionnements sur différents aspects. Par exemple, qu'en est-il du niveau de confinement des hottes ? Aucun fournisseur (ou très peu) ne peut répondre

à ce genre de question. De plus, il a permis de sensibiliser l'importance du choix des équipements, en étudiant à travers le cas concret, les conséquences économiques d'un projet.

En effet, ce cas concret reflète bien l'impact d'un mauvais choix d'équipement. Après ré-étude, une économie majeure de 143.962,00 € a pu être faite en choisissant des équipements plus appropriés ainsi qu'en supprimant une centrale de traitement d'air. En effet, il ne faut plus préparer les 15.000 m³/h d'air neuf que les équipements demandaient par an et ce qui correspondait à une préparation d'air neuf coûtant 43.138,00 € par an. Au final, cette ré-étude a permis de réduire le coût de la partie équipement sur un projet de plusieurs centaines de milliers d'euros. Lors de la réalisation de projets de cette ampleur, aucune petite économie ne doit être négligée.

Cette étude a permis de réaliser une méthode de sélection qui offre plusieurs avantages : décider plus rapidement et plus sereinement le type d'équipement nécessaire parmi une grande variété de possibilités, analyser des produits inconnus, les identifier et les classer en fonction de leur dangerosité. En phase d'avant-projet, on peut déjà savoir si on doit prévoir des conduites d'extraction pour les hottes (ainsi que des extracteurs en toiture), les débits d'air nécessaires à fournir ... Le choix correct d'un équipement est primordial car cela influence énormément les facteurs gravitant autour (la complexité des laboratoires, l'HVAC, le budget ...).

Au terme de ce travail, tous les outils sont mis à la disposition de chacun afin de pouvoir choisir correctement un équipement de laboratoire. Cependant, cette méthode n'est pas la version définitive, toutes les modifications en vue d'une amélioration sont bien sûr les bienvenues afin d'opter pour une amélioration continue et ainsi viser un travail de qualité. J'encourage à utiliser cet ouvrage lors de nouveaux projets et de créer une base de données avec les différents produits et les divers équipements utilisés pour qu'à l'avenir, le choix de l'équipement soit le plus approprié possible. De plus, il serait intéressant de créer et d'étudier divers scénarios (plusieurs équipements dans un local, par exemple, avec ou sans extraction) afin de comprendre et par la suite expliquer aux clients les solutions techniques nécessaires à la réussite d'un projet.

8. Sources

- [1] Aldrich. (2008). *Aldrich ChemFiles: Laboratory Data Guides*. Aldrich.
- [2] BAKER. (2016). *Clean Air & Containment Decision Map*. Baker Company.
- [3] ESCO. (1996). *A Guide to Biosafety & Biological Safety Cabinets - Biohazards and Biosafety Levels*.
- [4] I. Balty, B. B.-C.-A.-C. (trimestre 2003). Postes de sécurité microbiologiques. Postes de sécurité cytotoxique. *Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail*, N° 193.
- [5] ISO14644, N. Salles propres et environnements maîtrisés apparentés.
- [6] McKernan, L. T. (September 2015). Occupational Exposure Bands (OEBs). Dans National Institute for Occupational Safety et Health (NIOSH).
- [7] Primary Containment for Biohazards: Selection, Installation and Use of Biological Safety Cabinets. (s.d.). *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories*, 290-325.
- [8] Susan D. Ripple. (s.d.). *Health Hazard Banding = Occupational Exposure Banding*
- [9] Vodex. (s.d.). Quick Reference Guide to Cabinet types. *Registration Number 4812548*, Registration Number 4812548,. Romsey.