

→ J. Triolet ⁽¹⁾, J. Capois ⁽²⁾,
G. Gautret de la Moricière ⁽³⁾,
X. Lê Quang ⁽⁴⁾, J.M. Petit ⁽⁵⁾,
J.C. Protois ⁽⁶⁾, M. Rocher ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Département Risques chimiques et biologiques, INRS, Paris ;

⁽²⁾ Services Entretien, travaux neufs, sécurité, environnement, L'Oréal, 93600 Aulnay-sous-Bois ;

⁽³⁾ Service Prévention, Caisse régionale d'assurance maladie (CRAM) d'Ile-de-France, Paris ;

⁽⁴⁾ Service Prévention, Caisse régionale d'assurance maladie (CRAM) de Bourgogne-Franche-Comté, 21000 Dijon ;

⁽⁵⁾ Département Équipements de travail et ergonomie, INRS, Paris ;

⁽⁶⁾ Département Métrologie des polluants, Centre de Lorraine, INRS, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy.

THE DESIGN OF CHEMICAL LABORATORIES

This article is part of a global approach to occupational risk prevention in chemical laboratories; two documents on the subject have already been published by INRS: the first on laboratory operations (1998) (*), the other on the storage of chemicals (1999). The recommendations laid down in this document are applicable to chemical laboratories, with the exception of laboratories designed specifically for practical teaching work. They are intended for building owners, main contractors, architects, safety engineers, laboratory managers, members of the CHSCT (French Health, Safety and Working Conditions Committee), and more generally for all those involved in a project of creating, extending, transforming or renovating a laboratory. Contents: analysis of the activity, the needs and the risks; prevention objectives; practice.

(*) See: ND 2092 [1], ND 2105 [2].

● chemical laboratory ● design
● safety equipment ● waste
● workbench ● ventilation
● air treatment ● fire ● explosion
● static electricity

La conception des laboratoires de chimie

Ce document s'intègre dans une approche globale de la prévention des risques au laboratoire de chimie dont deux volets ont déjà été publiés : l'un sur les manipulations en laboratoire (1998), l'autre sur le stockage des produits chimiques (1999) (*). Les préconisations réunies dans cet article sont applicables aux laboratoires de chimie, à l'exclusion des laboratoires conçus spécifiquement pour des travaux pratiques d'enseignement. Elles sont destinées aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, architectes, ingénieurs de sécurité, responsables de laboratoires, membres de CHSCT, et plus généralement à tous les acteurs impliqués dans un projet de création, d'extension, de transformation ou de rénovation d'un laboratoire. Au sommaire : domaine d'application et objectifs (analyse des besoins et des risques, prévention) et réalisation pratique.

● laboratoire ● chimie ● conception ● matériel de sécurité ● déchet ● plan de travail ● ventilation ● traitement de l'air ● incendie ● explosion ● électricité statique

La sécurité et la santé des salariés doivent être prises en compte le plus en amont possible, dès la conception des locaux et postes de travail, et assurées tout au long de l'exploitation des installations, y compris lors de leurs modifications. Dans le cas particulier du travail au laboratoire, la grande diversité des tâches effectuées et des risques rencontrés, l'évolution rapide des activités et des méthodes de travail, ainsi que la forte qualification et la grande autonomie des personnels, rendent l'application des règles de prévention des risques chimiques plus difficiles que sur un site industriel classique.

Ces caractéristiques particulières nécessitent la mise en œuvre de mesures de prévention des risques professionnels les plus intégrées possibles, mais laissant un degré de liberté important aux utilisateurs.

L'évolution rapide des sujets, des techniques et des matériels induisant des réaménagements fréquents, un des facteurs essentiels permettant d'assurer la pérennité des mesures de prévention des risques professionnels au laboratoire sera sa capacité à s'adapter rationnellement au changement.

La démarche de conception décrite dans les paragraphes qui suivent doit être menée collectivement par un groupe de travail, à partir d'une analyse de l'existant et des besoins. Il est indispensable d'y associer les futurs utilisateurs dès la conception du projet afin que tous les besoins et les points de vue puissent s'exprimer.

(*) Documents édités par l'INRS : ND 2092 [1], ND 2105 [2].

Un laboratoire de chimie tel qu'on pouvait en rencontrer dans les années 1970

- Interior view of a laboratory as could be seen in the 70's



Il est également essentiel de garder à l'esprit que le laboratoire ou le bâtiment de laboratoire peut être amené dans l'avenir à accueillir des opérations plus contraignantes, que ce soit sur le plan des risques encourus ou sur le plan réglementaire (par exemple, la manipulation de produits cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction) (1). Il doit donc être conçu pour pouvoir évoluer facilement, tout en maintenant le niveau de prévention intégrée des risques professionnels initialement prévu. Toute modification doit être précédée d'une réflexion suffisante permettant de vérifier que seront sauvegardées les mesures fondamentales prises en compte lors de la conception initiale.

1. Domaine d'application et objectifs

1.1. Analyse de l'activité, des besoins et des risques

Schématiquement, les laboratoires peuvent être regroupés en deux grandes catégories, selon que leur activité principale est la recherche/développement ou le contrôle. Ces deux types d'activités aux caractéristiques bien distinctes vont en effet générer des besoins et des risques

différents, parfois spécifiques. Les cas particuliers n'appartenant pas à l'une ou l'autre de ces catégories seront traités dans le § 2.6.

Dans les deux cas, l'activité des opérateurs se répartira entre le travail expérimental, dans le laboratoire proprement dit,

et le travail de bureau (bibliographie, rédaction des procédures expérimentales, tenue du cahier de laboratoire, calculs, comptes rendus). De plus, un même opérateur gèrera et surveillera souvent simultanément plusieurs opérations différentes, ce qui suppose de nombreux déplacements à l'intérieur du laboratoire ou entre le laboratoire et le bureau.

1.1.1. Au laboratoire de recherche/développement

L'activité dans un laboratoire de recherche/développement se caractérise par une extrême variété :

- des tâches et des modes opératoires,
- des matériels employés (souvent des montages provisoires, plus ou moins évolutifs, réalisés à partir d'éléments standard),
- des produits utilisés avec ou dans ces matériels.

Ces facteurs, que l'on peut considérer comme constitutifs du procédé employé, varient ainsi tout au long de l'activité de l'opérateur qui va tour à tour être concepteur, constructeur et utilisateur de son montage expérimental. De plus, l'opérateur sera souvent amené à prendre des initiatives et à modifier le déroulement des opérations expérimentales, celui-ci n'étant pas toujours prévu initialement dans son intégralité. Par ailleurs, les contraintes de

Un laboratoire de chimie tel qu'on peut en rencontrer aujourd'hui (à noter les dispositifs d'aspiration localisée)

- Interior view of a current laboratory (see the local exhaust devices)



(1) Cf. le document : ND 2168 – Substances cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction. Paris, INRS, 2002, 56 p.

temps sont en général moins importantes que dans d'autres activités plus répétitives et dans lesquelles la part prescrite du travail est plus importante.

Les opérations expérimentales effectuées impliquent souvent des produits chimiques dangereux. Ceux-ci peuvent servir de matière première mais également se former ou se dégager lors de la réaction. Cette dernière peut elle-même être plus ou moins dangereuse (exothermique, pro-

duisant un dégagement gazeux, entraînant la formation de produits intermédiaires instables...).

Tous ces éléments, cette diversité dans l'activité et les risques encourus, caractéristiques du travail dans un laboratoire de recherche/développement, imposent l'utilisation de dispositifs de protection collective relativement standard et polyvalents, utilisables quelles que soient les opérations effectuées.

1.1.2. Au laboratoire de contrôle

A l'inverse du travail dans un laboratoire de recherche/développement, l'activité dans un laboratoire de contrôle se caractérise par une plus faible variété et une plus forte place des procédures et du prescrit, notamment dans les laboratoires opérant dans le cadre de procédures qualité. Les tâches sont moins diversifiées, le matériel ou l'appareillage est en général standard ou dédié, les produits utilisés en

Encadré I

DÉMARCHE GÉNÉRALE DE CONCEPTION DES LABORATOIRES DE CHIMIE

- GENERAL APPROACH TO DESIGNING CHEMICAL LABORATORIES

De manière générale, les projets ont tendance à être traités surtout d'un point de vue économique et technique. Les choix de production, d'organisation, de technologie, sont parfois décidés et figés sans même que le travail futur des opérateurs ne soit pris en compte.

Or, pour prévenir les risques d'accidents, les problèmes de santé et de fiabilité, tout processus de conception nécessite une compréhension de la réalité du travail avec la prise en compte du fonctionnement humain, en relation avec les changements prévus (espace, organisation, technique,...).

La démarche décrite ici n'est pas particulière à la conception d'un laboratoire de chimie ; elle est applicable à la conception de n'importe quel système de travail.

Pour que la conception d'un laboratoire de chimie soit favorable à l'intégration de la prévention des risques, plusieurs conditions sont nécessaires, en particulier les points suivants :

Une définition claire des fonctions de maître d'ouvrage et de maître d'œuvre

Lors de la conception d'un laboratoire de chimie plusieurs acteurs interviennent. Certains, comme des bureaux d'études ou des architectes spécialisés, mettent au point des solutions techniques : ils constituent la maîtrise d'œuvre. D'autres acteurs, comme la direction de l'entreprise, le chef de projet et l'encadrement, définissent les objectifs du projet : ils représentent la maîtrise d'ouvrage. C'est à celle-ci de prendre en compte non seulement les dimensions techniques et économiques du projet mais aussi des dimensions telles que la santé au travail du personnel.

La fonction de la maîtrise d'ouvrage est essentielle tout au long du déroulement du projet, par exemple pour négocier entre les objectifs et enjeux du projet et des contraintes techniques ou budgétaires éventuelles.

Une identification des moments prioritaires dans le déroulement du projet

La démarche dans un projet est nécessairement itérative, avec des étapes qui ne sont pas séquentielles (cf. Tableau EI).

Dès les études de base, le chef de projet doit argumenter afin d'inciter les décideurs et les concepteurs à intégrer les objectifs de sécurité et santé au travail. Il doit également veiller à impliquer les acteurs extérieurs tels le contrôleur technique, le coordonnateur SPS, les services administratifs concernés et d'éventuels conseils spécialisés.

Dans la phase des études de détails, la marge de manœuvre sera

plus réduite.

Dans la phase « chantier », à cause de nouvelles contraintes, de problèmes de coordination ou d'interprétation, il y a souvent un décalage entre ce qui est réalisé et ce qui était prévu. De telles modifications peuvent être à l'origine de nouvelles situations à risques pour les opérateurs, d'où la nécessité de maintenir une veille pendant cette phase.

L'association des personnes concernées par le projet

Pour qu'une démarche participative soit possible et efficace, il est nécessaire :

- De choisir des participants réunissant les compétences utiles ;
- De définir dès le début du projet le rôle de chacun d'entre eux ;
- De prévoir un planning et des moyens ;
- De comprendre certaines difficultés rencontrées par les participants pour :
 - se projeter dans le futur, lire les plans,
 - entendre des informations ne correspondant pas aux questions qu'ils se posent à ce moment-là,
 - exprimer ce qu'ils font.

TABLEAU EI

Etapes d'un projet

Au plan industriel	Au plan architectural
Avant-projet, cahier des charges fonctionnelles	Études préalables de faisabilité Programme
Études de base	Esquisse - Avant-projet sommaire (APS) - Permis de construire
Études de détails - Avant-projet détaillé (APD) - Consultation des entreprises	Études de détails - Avant-projet détaillé (APD) - Consultation des entreprises
Chantier	Chantier
Essais, démarrage - Production	Réception, ajustements - Mise en fonction

Les étapes qui correspondent à des moments stratégiques sont en caractères gras ; en réalité, ces étapes ne se succèdent pas toujours de façon chronologique et il y a des possibilités de recouvrement. La démarche est itérative.

La prise en compte des conditions prévisibles du travail futur

Cette démarche nécessite de traiter dans le même temps les différentes composantes du travail futur qui interagissent entre elles, et notamment :

>>>

Encadré 1

DÉMARCHE GÉNÉRALE DE CONCEPTION DES LABORATOIRES DE CHIMIE (suite)

GENERAL APPROACH TO DESIGNING CHEMICAL LABORATORIES

>>>

- La population concernée : nombre de personnes, statut, qualification.
- Le contenu du travail (vu la grande diversité d'activités dans les laboratoires de chimie).
- L'organisation du travail ; le laboratoire est parfois la « vitrine » de l'entreprise, peut travailler en relation directe avec la production, les commerciaux ou les clients. Les horaires peuvent entraîner une polyvalence accrue ou du « travail isolé ».
- Les espaces, la définition des différents locaux et de leur implantation dépendant notamment du contenu et de l'organisation du travail prévus.
- Les équipements : par exemple, des paillasses à une hauteur adaptée au type d'activité (lire un cadran d'un analyseur ou effectuer un montage en recherche, par exemple), espacées pour permettre la coactivité et le passage derrière les chimistes en train de manipuler.
- Les ambiances physiques (éclairage, bruit, ventilation, climatisation,...) ; chez les fabricants de peinture par exemple, l'éclairage doit être adapté pour apprécier les teintes.
- Les sources de dangers, les risques possibles d'atteinte à la santé...

D'autres informations sont également à recueillir sur :

- ce qui fonctionne bien et devrait être reconduit,
- ce qui devrait être évité ou les défauts à ne pas retrouver,
- des situations concrètes et particulières : par exemple, l'approvisionnement de tels sacs ou bouteilles, la réparation d'un appareil en panne, le stockage de la vaisselle sale, l'évacuation des déchets, ...
- les qualités nouvelles attendues,
- les questions en suspens, les incertitudes,
- le sens du projet pour les personnes concernées.

Des méthodes de travail permettant d'appréhender le travail futur

Deux étapes sont nécessaires pour arriver à raisonner sur le travail futur :

- L'analyse du travail dans des laboratoires « de référence » ou déjà existants

Si les changements prévus d'espace, d'organisation ou de technologie, modifient en partie le fonctionnement du laboratoire, certains aspects ne changeront pas : les relations avec l'amont et l'aval, le contenu du travail, certains incidents...

L'analyse du travail actuel dans des laboratoires permet de révéler les formes de variabilité : pics d'activité, matériels qui changent, chimiste débutant ou stagiaire, analyses différentes suivant les produits, projets de recherche variables dans le temps, procédures qui évoluent, matières premières qui varient... L'activité réelle ne se limite jamais à la simple exécution des procédures : les chimistes ajustent leurs manières de travailler, gèrent des variations et parfois des incidents, des situations critiques. Pour cela, ils prennent d'autres informations,

de nouvelles décisions, déploient des compétences. Les concepteurs ne sont pas toujours conscients de toutes les composantes du travail concret et de ses variations ou n'en tiennent pas suffisamment compte dans leur démarche et leurs solutions.

Il est utile de rechercher des laboratoires où sont déjà utilisés des matériels que l'on pense acheter, où les espaces sont agencés différemment. Des visites sur ces « sites de référence », accompagnées d'entretiens avec les utilisateurs, permettront aux différents acteurs de se projeter dans le travail futur et d'en appréhender les avantages et les inconvénients, et ainsi de mieux définir les besoins. Par exemple, l'introduction des nouvelles technologies de l'information a fait évoluer le travail au laboratoire en augmentant notamment la proportion de temps passé au bureau.

L'analyse ergonomique objective les conditions du travail de laboratoire. Ses résultats facilitent la construction de représentations communes aux différents acteurs de l'entreprise et l'élaboration de solutions par les concepteurs.

- Les simulations du travail futur ou : « Comment pourra-t-on travailler dans ce laboratoire si on le conçoit ainsi ? »

A partir d'une prise de connaissance des hypothèses de conception et des solutions possibles, la démarche consiste à reconstituer sur des supports matériels tels que plans ou maquettes, voire en grandeur réelle, des situations du travail futur (notamment des activités particulières).

Ces simulations constituent un outil qui aide les acteurs à se projeter dans les conditions futures du travail, dans sa dynamique espace-temps ; elles permettent :

- d'identifier des difficultés probables et des expositions éventuelles à des risques ;
- de tester des scénarios possibles, à partir de situations critiques.

Cette méthode permet aussi de confronter différentes approches (concepteurs, utilisateurs, fournisseurs...).

L'évaluation

Lors de l'évaluation de l'intégration de la prévention dans le projet, on s'attachera surtout :

- à vérifier que les objectifs définis en termes de prévention sont atteints ;
- à contrôler que des moyens définis au départ ont bien été mis en œuvre ;
- à s'assurer que les solutions en matière d'espaces, de matériels, d'ambiances, d'organisation et de formation, garantissent la prise en compte de la prévention.

La phase d'évaluation doit être prévue dès le début dans le déroulement du projet.

général moins nombreux et en moins grande quantité. Les postes sont ainsi mieux définis, les opérateurs moins mobiles et la part d'inconnu dans les opérations beaucoup plus faible.

En général, la plupart des opérations effectuées sont peu émissives ou leurs émissions peuvent être facilement maîtrisées. Certaines opérations restent néanmoins fortement émissives (extractions, minéralisations, chromatographies sur colonne...).

Par contre, l'utilisation croissante d'appareils d'analyse physico-chimique et de dispositifs reproduisant à une échelle réduite des procédés industriels dans les laboratoires de contrôle va faire émerger d'autres risques moins présents dans les laboratoires de recherche/développement :

- électriques pour les appareils de puissance élevée,
- thermiques et mécaniques (étuves, fours, presses, rames, calandres, extrudeuses, broyeurs, centrifugeuses...),
- dus aux rayonnements électromagnétiques non ionisants (champs électromagnétiques statiques, rayonnements électromagnétiques de fréquences comprises entre 0 et 300 GHz...),
- dus aux rayonnements optiques non ionisants (ultraviolet, infrarouge, laser...),
- dus aux rayonnements ionisants (rayons X, émissions de sources scellées ou non...).

L'utilisation de gaz sous pression peut être également plus importante qu'au laboratoire de recherche/développement.

Il faut noter à ce niveau, que les opérateurs peuvent être mal informés sur les produits qu'ils ont à contrôler ou à tester et ne pas connaître leurs dangers.

1.1.3. Dans le cas de production en laboratoire (laboratoire-atelier)

Dès que l'activité d'un laboratoire s'oriente vers une production à caractère répétitif et durable, il doit être transformé et aménagé spécifiquement en fonction. Dans ce cas de figure, on s'éloigne de l'activité de laboratoire pour se rapprocher de celle d'un atelier de production industrielle et la gestion des risques n'est alors plus la même et sort du cadre de ce document.

Encadré II

LES DOUCHES DE SÉCURITÉ ET LES LAVEURS OCULAIRES

- SAFETY SHOWERS AND EYE WASH STANDS

Les douches de sécurité ont pour fonction essentielle d'atténuer, dès les premiers instants, les effets d'une brûlure thermique ou chimique. Elles permettent également, dans le cas des brûlures chimiques, de diluer et d'évacuer le produit chimique corrosif, limitant en cela ses effets.

En conséquence, une douche fixe doit être facilement accessible de tout laboratoire où sont manipulés des produits dangereux afin de permettre les premiers secours en cas de brûlure chimique ou thermique, en réponse aux obligations du Code du travail qui précise dans l'article R.232-1-6 que : « les lieux de travail sont équipés d'un matériel de premiers secours adapté à la nature des risques et facilement accessible ». Ce matériel doit faire l'objet d'une signalisation par panneaux conforme aux dispositions prévues par l'arrêté du 4 novembre 1993. Un entretien régulier des installations doit être assuré (et une formation adaptée doit être dispensée aux utilisateurs potentiels).

Il est recommandé d'installer des douchettes en complément des douches car elles seront plus facilement utilisées en cas de petites projections.

L'installation de laveurs oculaires dans chaque laboratoire est également conseillée, l'idéal étant des vasques commandées au pied permettant de laver les deux yeux et l'ensemble du visage.

Des produits spécialisés dans le traitement immédiat des brûlures chimiques localisées, oculaires ou autres, peuvent compléter ce dispositif en augmentant l'efficacité du lavage à l'eau qui doit suivre immédiatement. Ces produits qui peuvent être délivrés par des douches autonomes portables, ne sont à utiliser qu'avec l'accord du service médical et doivent être renouvelés périodiquement.

Par ailleurs, il existe des produits de tailles diverses (de la compresse à la couverture), recouverts d'un gel aqueux colloïdal ou « gel d'eau », qui permettent de refroidir efficacement des brûlures thermiques et de continuer le refroidissement pendant le trans-

port de la victime tout en assurant une couverture de la zone atteinte limitant les risques d'infection.

Il est indispensable que les douches de sécurité et les laveurs oculaires fixes présentent les caractéristiques suivantes :

- mise en marche simple et naturelle (au moyen d'une chaîne, d'un « coup de poing », d'une pédale ou associée à la pénétration dans la zone d'arrosage (plancher basculant, portillon)) afin que la victime, même temporairement incapacitée, puisse s'en servir seule ;
- innocuité parfaite du fluide de lavage (eau potable ou produit actif médicalement acceptable) ;
- quantité d'eau disponible suffisante pour assurer un débit minimum de 75 l/min pour les douches de sécurité et de 15 l/min pour les laveurs oculaires pendant 15 à 20 minutes, durée de fonctionnement nécessaire au traitement ;
- température du fluide délivré comprise entre 15 °C et 25 °C pour que l'utilisateur puisse supporter sans astreinte thermique intolérable les 15 à 20 minutes de traitement. Dans les zones où les températures extérieures peuvent être basses, un système hors-gel doit être installé, pour assurer la disponibilité permanente de la douche et tempérer le fluide délivré.

Leur installation doit tenir compte des recommandations suivantes :

- distance avec les postes de travail inférieure à 8 mètres ou 10 secondes de temps de parcours ;
- localisation dans un endroit bien visible et facilement repérable, si possible sur un chemin habituellement emprunté, dans le local où est présent le risque, en évitant d'intercaler des obstacles potentiels (séparations, portes, marches, couloirs) ;
- localisation à l'abri des contaminations et à distance respectable des installations électriques.

Enfin, dans un même établissement, on évitera de multiplier les modèles et, surtout, les systèmes de mise en marche, afin de favoriser l'acquisition de procédures d'utilisation réflexes.

1.2. Objectifs de prévention

Le laboratoire doit être conçu pour permettre aux personnes qui y travaillent d'effectuer leurs différentes activités dans les meilleures conditions possibles. Sa conception doit permettre d'atteindre des objectifs d'hygiène, de sécurité et de conditions de travail et notamment de réduire ou minimaliser :

- *La probabilité d'occurrence d'un incendie ou d'une explosion, ainsi que leurs éventuelles conséquences.* Le premier objectif sera d'éviter l'accumulation de vapeurs inflammables de façon à limiter leur concentration dans l'air en dessous de la limite inférieure d'inflammabilité et d'éviter la présence de sources d'ignition

dans les zones où sont manipulés des produits inflammables. Le second objectif sera de concevoir le laboratoire et son implantation dans le bâtiment de laboratoire de façon à faciliter la maîtrise d'un éventuel sinistre.

- *L'exposition des opérateurs aux produits chimiques (par inhalation, contact cutané ou ingestion).* Celle-ci peut être causée aussi bien par les produits mis en œuvre que par les produits de réaction, y compris les déchets. Pour limiter l'exposition par inhalation, l'objectif sera de maintenir les concentrations en vapeurs ou particules dans l'atmosphère des postes de travail au niveau le plus bas possible et en tous cas, en dessous des valeurs limites d'exposition professionnelle. Les mesures

Encadré III

LES DÉCHETS DANS LE LABORATOIRE

- WASTE PRODUCTS IN THE LABORATORY

Un laboratoire génère des déchets dépendants de son activité. Parmi ceux-ci, des déchets banals (papier, agrafes, cartons...), de la verrerie endommagée et des flacons vides parfois souillés par des produits chimiques, des papiers et chiffons souillés, et surtout des déchets chimiques. Ces composés ou mélanges de composés chimiques liquides ou solides, très divers bien que le plus souvent en petite quantité, sont généralement des produits dangereux pouvant de plus réagir entre eux.

Certaines installations classées pour la protection de l'environnement sont soumises à l'obligation de réaliser une "étude déchets". Cette étude comprend les différents points indiqués ci-dessous, mais également une étude de réduction à la source de la quantité et de la dangerosité des déchets. Elle permet également de comparer les différentes solutions offertes par les entreprises de collecte et de destruction des déchets et doit être effectuée dès la conception des laboratoires.

Inventaire

Lors de la conception du laboratoire, il sera nécessaire de prévoir l'organisation du stockage, de l'enlèvement et du traitement des déchets produits, ainsi que la place et les équipements nécessaires à ces opérations. Il est donc souhaitable d'inventorier les déchets en termes qualitatifs et quantitatifs en fonction des activités prévues, en distinguant les déchets chimiques provenant des opérations de laboratoire et ceux correspondants à des matières premières non utilisées, tout en tenant compte des règles de compatibilité entre familles chimiques.

Pour chacun de ces déchets, les circuits de traitement ou de destruction (réemploi, recyclage, destruction...) devront également être inventoriés. Ces mesures organisationnelles peuvent être renforcées par la limitation du nombre d'éviers (susceptibles d'accueillir des rejets « sauvages ») dans le laboratoire.

Emplacements de stockage temporaire

Il est ainsi possible de réserver dès la conception du laboratoire un emplacement de taille suffisante équipé en fonction des risques que peuvent faire courir les déchets concernés. Cette zone doit être clairement identifiée, accessible aux opérateurs ainsi qu'au préposé à la collecte, tout en restant à l'écart des postes de travail de façon à limiter les risques liés à la coactivité. Il peut s'agir d'un local contigu spécialement équipé et ventilé dont l'accès est contrôlé.

Poste de récupération ou de transvasement

En fonction des quantités de déchets manipulées, il peut être nécessaire de prévoir, à proximité de l'emplacement de stockage temporaire, un poste de travail spécialement équipé pour effectuer dans de bonnes conditions de sécurité récupérations et transvasements. Il peut s'agir d'une paillasse disposée à une hauteur adaptée en fonction du volume des conteneurs manipulés, ventilée si les déchets sont émissifs. En fonction des risques, on pourra prévoir en outre une rétention, une pompe de transfert, un dispositif de mise à la terre des récipients métalliques... Des dispositifs de premier secours tels un laveur oculaire et une douche de sécurité devront être accessibles à proximité immédiate. Un emplacement sera prévu pour disposer un extincteur et pour stocker un certain volume d'absorbant utilisable en cas de renversement.

prises pour réduire l'exposition respiratoire des opérateurs doivent également permettre de limiter les nuisances olfactives. Par ailleurs, les contacts avec les produits devront être réduits au minimum.

■ ■ *D'autres risques qui coexistent* avec le risque chimique au laboratoire de chimie, notamment les risques :

- électrique,
- de coupure (verre...),
- de brûlure thermique,
- de chute (plain-pied ou hauteur),
- de contusion ou de lombalgie liées aux manipulations...

■ ■ *Certaines gênes* pouvant entraîner de la fatigue ou des difficultés de concentration, liées notamment :

- au bruit,
- à la coactivité,
- à la station debout prolongée et au piétinement...

2. Réalisation pratique

2.1. Généralités

Un laboratoire est un local de travail, et il convient d'appliquer toutes les réglementations concernant la réalisation des locaux industriels et commerciaux, notamment le nombre et la largeur des chemins d'évacuation, les distances de sécurité, l'éclairage, le chauffage, la climatisation, le bruit... [7, 8].

Il est toutefois à noter que les laboratoires sont des lieux où sont généralement manipulés des produits dangereux, notamment des produits toxiques ou inflammables, plus ou moins volatils. En conséquence, la ventilation et la prévention des risques d'incendie devront être adaptées, ainsi que les différents équipements de lutte et les circuits d'évacuation (cf. encadrés VI et VIII).

2.2. Surface

La première étape de la démarche de conception consiste à déterminer la surface globale nécessaire au travail en sécurité dans le laboratoire.

La surface d'un laboratoire doit être déterminée de façon à ce qu'elle puisse contenir les éléments suivants :

- des sorbonnes dans lesquelles seront effectuées les opérations dangereuses, émissives ou susceptibles de l'être (cf. encadré VI),
- des surfaces de desserte pour les produits, le matériel ou la verrerie nécessaires à l'opération en cours ainsi que le matériel de contrôle-commande,
- des paillasse pour le reste du travail,
- des équipements tels que fours, étuves, pompes, dont certains sont susceptibles d'être polluants et de nécessiter un capta-

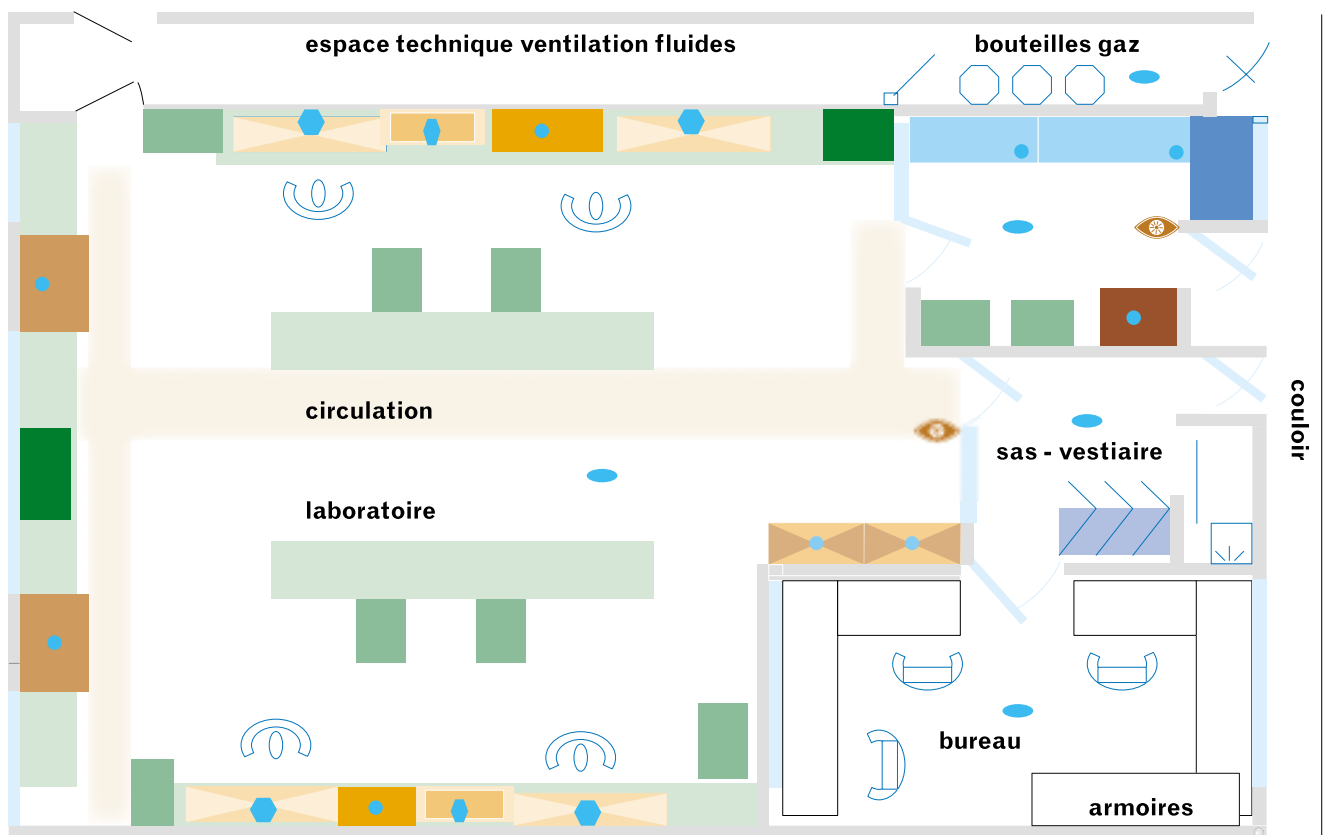
- ge spécifique au plus près de la source,
- du mobilier de rangement, soit pour le matériel, soit pour les produits en cours de stockage temporaire, soit pour les rebuts ou déchets,
- des emplacements pour bouteilles de gaz,
- des espaces pour le travail et pour la circulation des opérateurs et des moyens de manutention,
- une aire de réception ou d'enlèvement des produits et matériels.

Il faudra en outre intégrer l'encombrement d'équipements indispensables au bon fonctionnement du laboratoire tels que :

- écriitoires,
- poubelles,
- douches et laveurs oculaires,
- extincteurs,
- couvertures anti-feu ⁽²⁾,

⁽²⁾ Conformes à la norme NF EN 1869 [25].

Exemple de plan illustrant les principes évoqués - Example of layout illustrating the principles retained for the design of a laboratory



	sorbonne		déchets		lavage / transvasement
	paillasse		vestiaires		fours / étuve
	dessertes roulantes		douches lave-œil		ventilation
	aire de réception		écriitoires		vitrage
	pesées		poste rotovap		
	douche		armoires ventilées		

Encadré IV

LES PLANS DE TRAVAIL - WORKBENCHES

Les plans de travail dans un laboratoire de chimie peuvent se classer en trois familles selon l'utilisation :

- Les tables servant principalement à écrire, consulter des documents, faire de petits travaux sans produit ni matériel conséquent. Elles ne doivent pas remplacer le local bureau, mais être justifiées par le besoin d'une proximité immédiate au poste de travail.
- Les paillasse dites « sèches » pour placer le matériel qui n'utilise pas d'eau. C'est le cas par exemple de certains matériels d'analyse physique, des ordinateurs, etc.
- Les paillasse dites « humides », équipées d'arrivées et d'évacuations d'eau, convenant spécialement au travail de chimie. Elles se caractérisent par un revêtement étanche et résistant et disposent d'équipements permettant l'utilisation de tous les fluides nécessaires (électricité, eau, air, gaz particuliers...)

Une fois cette répartition faite, il faut choisir les caractéristiques suivantes :

Surface

La surface d'une paillasse sera choisie en fonction des travaux qu'il est prévu d'y effectuer ; sa résistance mécanique et chimique en conformité avec la norme NF EN 13150 [27] et sa « nettoyabilité » en fonction de certaines exigences (pour ce point, une surface uniforme est préférable à un carrelage). La couleur peut aussi avoir une influence, une couleur foncée pouvant aider à repérer des traces de poudre, quand cela est important.

Hauteur

La hauteur de travail est un autre critère important. Les hauteurs habituelles se situent entre 500 et 900 mm, mais le plus souvent entre 720 et 900 mm (NF EN 13150 [27]). La hauteur devra procurer la meilleure posture possible dans les conditions de travail du poste. Ainsi elle sera plus près de la limite supérieure pour un travail debout et demandant une observation de près, plus proche de la moyenne pour un travail assis, et plus proche de la limite basse pour un travail sur un appareillage volumineux. Il est même recommandé d'avoir des paillasse « basses » (hauteur environ 300 mm) pour des montages assez hauts.

Bordure

Lorsque les dangers des produits pouvant être manipulés le justifient, il est souhaitable que le plan de travail soit ceinturé par une bordure, haute de 5 à 10 mm, faisant rétention. Ce dispositif empêche tout liquide répandu accidentellement sur la paillasse de couler le long de sa face avant et d'entrer en contact avec l'opérateur, souvent appuyé sur le bord de la paillasse. Il présente aussi l'intérêt de pouvoir arrêter un objet roulant et d'éviter sa chute sur le sol.

Profondeur

La profondeur doit être un compromis entre le besoin d'espace, notamment pour le stockage de matériel, et le maintien de l'accessibilité sur toute la surface depuis la face avant de la paillasse. Ce compromis se situe en général entre 600 et 900 mm.

Étagère

Pour les mêmes raisons, l'étagère (ou tablette) sur dossier, très fréquemment installée, doit avoir des dimensions limitées pour en réduire l'usage au strict nécessaire.

Commandes et connexions aux fluides

Il faut privilégier les prises de courant et les commandes de fluides (robinets) placées sur la retombée de table, plutôt que sur le dossier, cette position facilitant les manœuvres, surtout en cas d'urgence. Ces prises et commandes seront protégées d'éventuels écoulements.

Les prises de courant doivent être en nombre important, de l'ordre de 5 au mètre de paillasse, pour faciliter les branchements et réduire l'encombrement des fils.

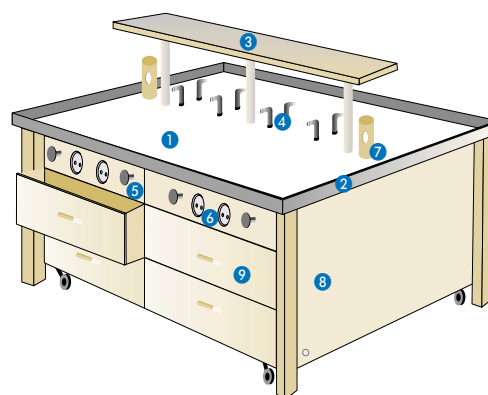
Les connexions aux fluides seront réalisées au moyen de raccords rapides auto-obturables pourvus de détrompeur et aux couleurs normalisées (cf. document INRS ED 88 [17]).

Systèmes d'évacuation d'eau

Les petits éviers, appelés aussi « bénitiers », ne devant servir qu'à l'évacuation d'eau de refroidissement et souvent placés en fond de paillasse, peuvent être avantageusement remplacés par des orifices de goulottes d'évacuations d'accès facile (proche de la face avant). Concernant les tuyaux d'eau de refroidissement, il est souhaitable, chaque fois que possible, de les équiper d'embouts à enclenchement rapide, afin d'éviter les risques liés à l'enfilage de tuyaux sur des embouts « tétines ».

L'utilisation d'un système de refroidissement en circuit fermé sur lequel on peut se connecter par raccord rapide, outre l'économie d'eau qu'il entraîne, permet de limiter les risques liés à un épanchement d'eau sur la paillasse (appareillage électrique).

Quelques paillasse comportent un évier assez large, généralement placé à une extrémité. Sauf raisons particulières le justifiant, cette disposition est à éviter. En effet, s'il sert au lavage des mains il doit être situé en entrée ou sortie du laboratoire et équipé d'une commande au pied. S'il sert au lavage de vaisselle, il doit être intégré dans un poste de travail conçu pour cela (cf. § 2.7.5).



- | | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 1 Plan de travail | 6 Prises électriques |
| 2 Bordure anti-écoulements | 7 Goulottes d'évacuation de l'eau |
| 3 Tablette centrale | 8 Meuble de rangement sur roulettes |
| 4 Arrivées de fluides | 9 Tiroirs sur roulements |
| 5 Commandes de fluides | |

- équipements de protection individuelle (appareils de protection respiratoire, lunettes, blouses), notamment ceux à destination des visiteurs.

Certains de ces équipements devront être d'accès facile et bien signalés.

Les ratios entre ces surfaces seront déterminés par le concepteur en fonction de l'effectif, de l'activité et des besoins prévisibles des utilisateurs.

2.3. Plafond

2.3.1. Hauteur sous plafond

La hauteur sous plafond doit être choisie en fonction de la hauteur maximale des appareils dont l'installation est prévue dans le laboratoire, en tenant compte des équipements de protection collective (sorbonnes, ventilations, etc.). Une hauteur sous plafond de 3 m, permettant d'ac-

cueillir des sorbonnes de dimensions classiques et les réseaux, convient dans le cas général.

2.3.2. Faux plafond

Si on prévoit un faux plafond, il faut faire en sorte que les gaz et vapeurs ne puissent s'y accumuler et éviter d'y placer des équipements nécessitant interventions ou maintenance. Ce faux plafond peut éventuellement servir de plenum pour la répartition de l'air de compensation ; cette disposition sera déterminée en fonction de l'étude de ventilation (cf. encadré VI).

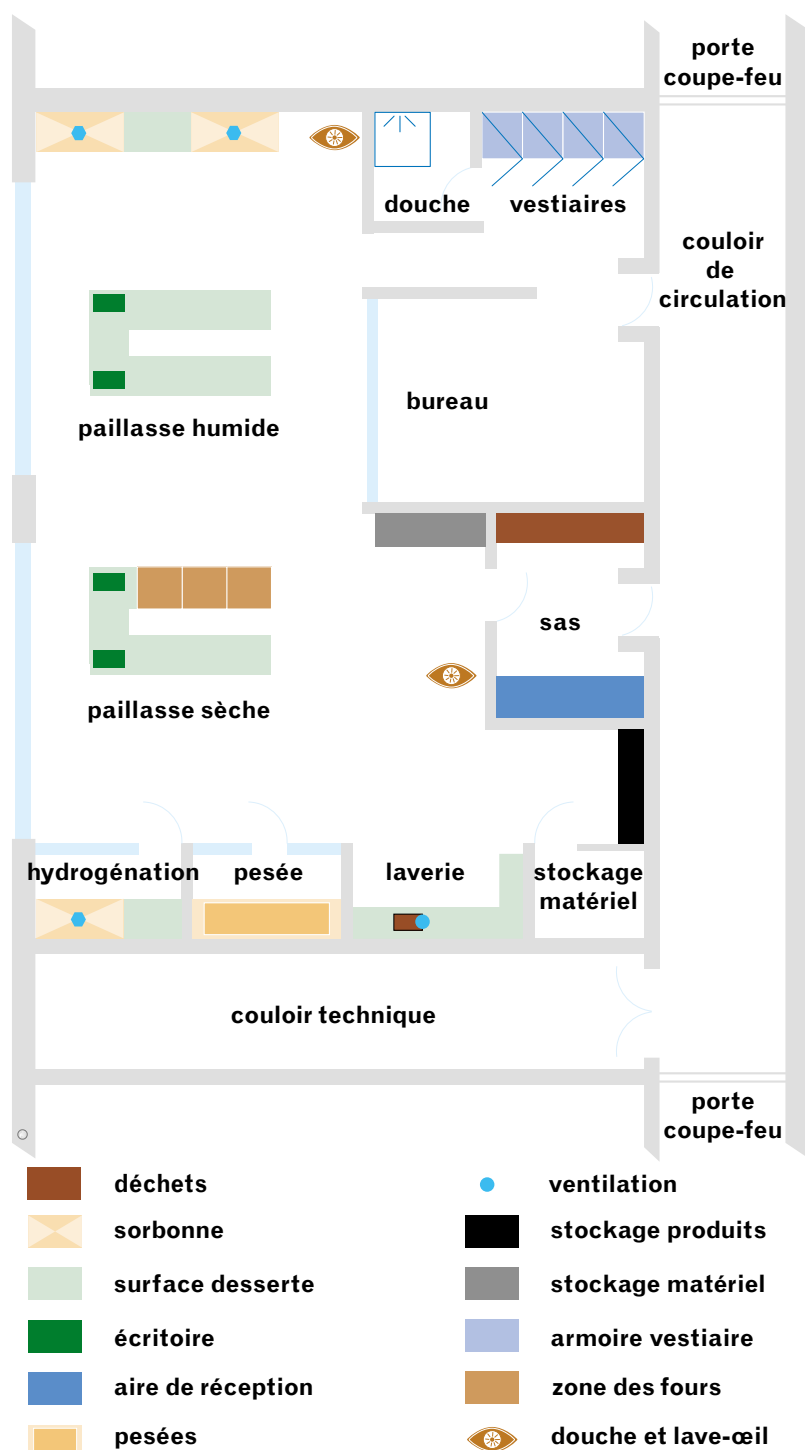
2.4. Le laboratoire de recherche/développement, cas général

2.4.1. Postes de travail

Compte tenu de l'analyse de l'activité d'un tel laboratoire (cf. § 1.1.1), le poste de travail à privilégier est une enceinte de confinement. Dans le cas général, la sorbonne est le dispositif de protection collective le plus adapté face à une grande diversité de montages et d'expériences (cf. § 2.4.4 et encadré VI).

L'analyse des risques peut conduire à avoir recours à un dispositif assurant un confinement plus important, de type boîte à gants par exemple, lors d'opérations nécessitant de travailler en atmosphère contrôlée (produits pyrophoriques,...) ou susceptibles d'émettre des produits particulièrement dangereux (cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction ou produits très toxiques).

Ces postes de travail seront complétés par des paillasse pour disposer le matériel et les produits en cours d'utilisation qui encombreraient inutilement la sorbonne, et le matériel informatique de contrôle-commande (dessertes). Ces paillasse pourront également accueillir du matériel de laboratoire non polluant, ainsi que des opérations dont l'analyse de risque a montré qu'elles ne nécessitaient pas le travail sous sorbonne. Les paillasse qui ont une fonction de desserte des sorbonnes devront leur être contiguës.



Exemple de plan illustrant les principes évoqués

- Example of layout illustrating the principles retained for the design of a laboratory

Encadré V

INSTALLATIONS AUTOMATISÉES*- AUTOMATED INSTALLATIONS*

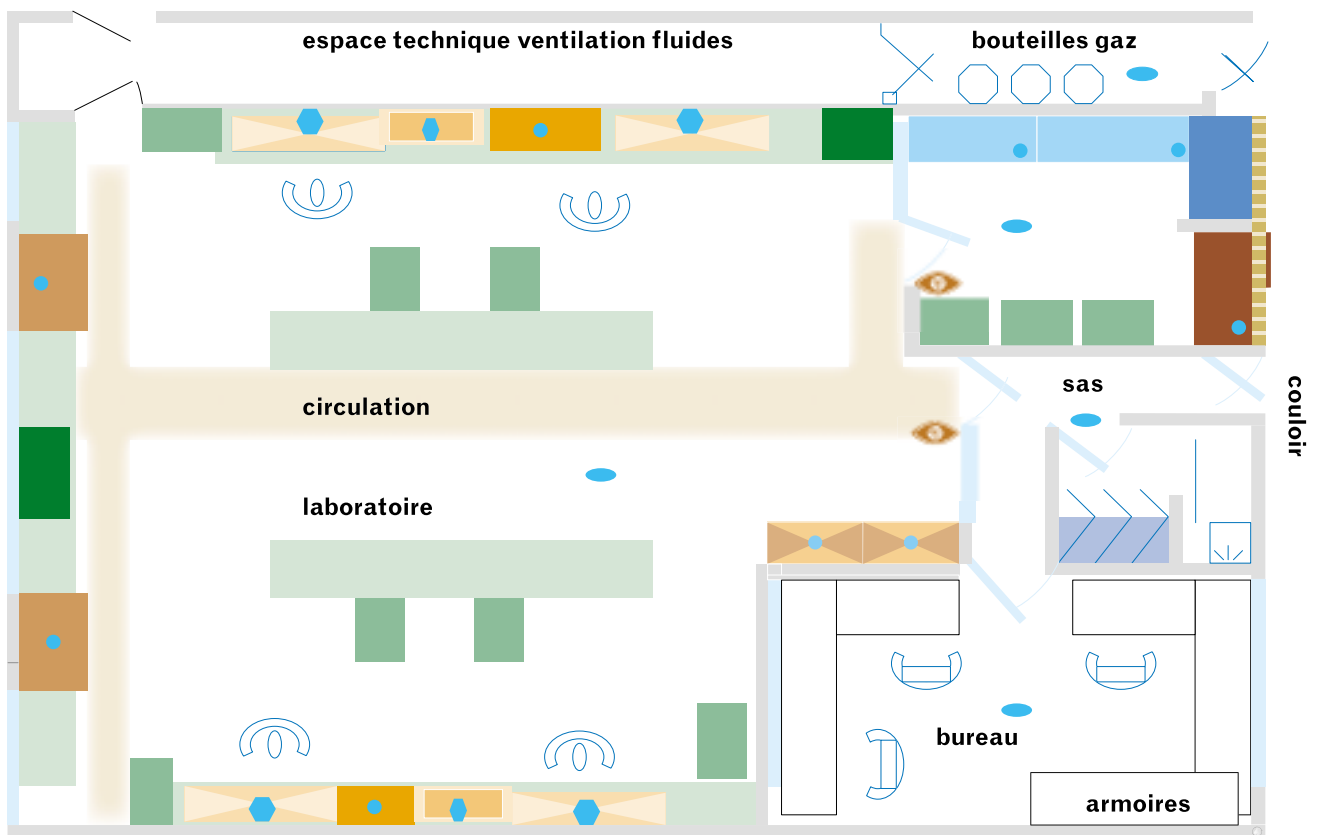
Certains travaux se font sur des équipements plus ou moins automatisés, notamment pour le développement de procédés industriels. L'emplacement réservé à cet usage sera capable d'accueillir notamment :

- l'installation automatisée placée sur des paillasses basses ou à même le sol, si la hauteur du montage le nécessite. Il est souvent utile d'utiliser des systèmes de fixation des éléments tels que barres ou rails, demandant des ancrages au sol ou aux murs ;
- une ou plusieurs capacités de rétention sous l'installation ;
- une armature indépendante fixée au sol autour de l'installation, permettant en tant que de besoin, de fixer des panneaux transparents de protection contre les projec-

- tions éventuelles ou les organes en mouvement ;
- des systèmes de guidage (goulotte) pour les fluides et les câbles ;
- des moyens de manutention et d'accès en hauteur.

Les équipements de régulation et d'automatisation ne devant pas encombrer la paillasse ou l'installation ou gêner l'aéroulque du captage ou de la sorbonne, il est nécessaire de prévoir des baies pour les regrouper. Ces baies seront disposées de façon à ménager l'accessibilité à l'avant et à l'arrière.

Lorsque ces équipements sont volumineux, il est nécessaire de leur dédier un local.



	sorbonne		déchets		lavage / transvasement
	paillasses		vestiaires		fours / étuve
	dessertes roulantes		douches lave-œil		ventilation
	aire de réception		écritoires		vitrage
	pesées		poste rotovap		guichet
	douche		armoires ventilées		

Exemple de plan illustrant les principes évoqués - *Example of layout illustrating the principles retained for the design of a laboratory*

2.4.2. Fours, étuves et pompes

Les équipements tels que les fours, les étuves et les pompes seront placés dans des emplacements dédiés assurant une bonne accessibilité pour l'exploitation et la maintenance. Il ne sera pas nécessaire de les placer dans une sorbonne ou sous une hotte, à condition de les prévoir équipés d'un piquage de raccordement au réseau d'extraction des polluants gazeux. Certains laboratoires de recherche/développement possèdent des équipements lourds, encombrants ou sources de nuisances. Ils nécessitent des aménagements particuliers détaillés au § 2.6.

2.4.3. Mobilier de rangement

Le mobilier de rangement est généralement situé sous sorbonne ou sous paillasse, ce qui permet un gain de place et favorise la limitation des déplacements dans le laboratoire. Pour les produits chimiques et les déchets, il doit être conçu spécifiquement et répondre aux prescriptions détaillées dans le document INRS ND 2105 [2]. Les matériaux utilisés doivent être facilement lavables et décontaminables.

En ce qui concerne la nature même de ce mobilier, pour faciliter le travail de l'opérateur, on privilégiera le mobilier à tiroirs et l'utilisation de dessertes roulantes (équipées de freins) pour le matériel lourd ou volumineux. Un emplacement de rangement doit être prévu pour ces tables roulantes.

Les meubles sur roulettes présentent les avantages suivants :

- déplacement aisé pour installer un poste de travail assis,
- accès simplifié aux équipements situés sous le plan de travail, pour les opérations de maintenance,
- facilité de nettoyage du sol jusqu'aux plinthes.

L'accès en hauteur étant facile entre 1 m et 1,20 m et acceptable jusqu'à 1,50 m [26], les étagères seront fixées entre ces limites.

2.4.4. Espace de travail et de circulation des opérateurs

Pour le travail des opérateurs, on prévoira un espace libre d'au moins 2 m devant les sorbonnes, paillasses et autres postes, 3 m s'il y a deux sorbonnes en vis-à-vis.

Pour la circulation à l'intérieur du laboratoire, on prévoira, en tenant compte de l'effectif et de l'encombrement prévisible du matériel et des moyens de maintenance, un espace réservé à cette fin et matérialisé au sol. Les voies de circulation



Appareil d'analyse physico-chimique, informatique associée et desserte dans un laboratoire de contrôle (à noter le dispositif d'extraction localisée)

- *Physico-chemical analysis apparatus, associated computer and table in a control laboratory (see the local exhaust device)*

seront placées à plus d'un mètre des sorbonnes afin que les passages ne perturbent pas leur aéraulique.

Les sols seront non poreux et répondront au double objectif d'être non glissants, tout en étant facilement nettoyables (3). Il est à noter que certains revêtements synthétiques limitent le bris en cas de chute. Lorsque cela se justifie, on choisira des sols conducteurs (cf. encadré IX).

2.4.5. Réception et enlèvement des produits

L'aire de réception et/ou d'enlèvement des produits doit être dimensionnée en fonction de l'activité prévisible du laboratoire, signalisée et matérialisée au sol. Il faut également prévoir une table roulante ou un engin de manutention adapté à cet effet.

2.5. Le laboratoire de contrôle, cas général

2.5.1. Poste de travail

Compte tenu de l'analyse de l'activité d'un tel laboratoire (cf. § 1.1.2), les manipulations sont ordinairement effectuées

sur paillasse. Toutefois, il y a lieu de prévoir au moins une sorbonne pour effectuer les manipulations émissives (cas qui se présentera inévitablement au cours de la vie d'un laboratoire). L'analyse des risques peut conduire à augmenter le nombre de sorbonnes ou à recourir à un dispositif assurant un confinement plus important, de type boîte à gants par exemple, lors d'opérations nécessitant de travailler en atmosphère contrôlée (produits pyrophoriques,...) ou susceptibles d'émettre des produits très toxiques, cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction.

Ces postes de travail seront complétés par des plans de travail ordinaires :

- paillasse sèches pour disposer le matériel d'analyse physico-chimique, ainsi que le matériel informatique dédié (ils sont le plus souvent indissociables) ;
- tables servant de dessertes.

Les paillasse sèches destinées à accueillir le matériel d'analyse physico-chimique et l'informatique associée devront être disposées de façon à garantir l'accessibilité à la face arrière des appareils en raison des fréquentes interventions requises (branchement, entretien, réparation...). On évitera de les adosser à un mur et on pourra privilégier la création d'une zone technique regroupant tous ces accès (disposition en U ou paillasse en vis-à-vis).

(3) A ce sujet, on pourra se reporter au Guide de la CNAMTS pour les locaux de fabrication de produits alimentaires [31].

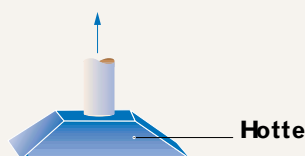
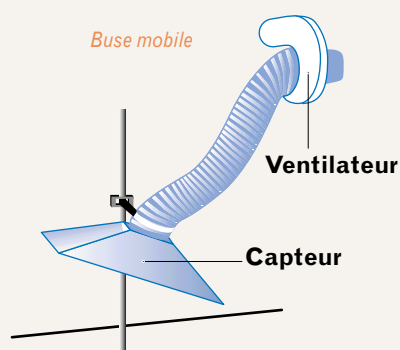
Encadré VI

LA VENTILATION DU LABORATOIRE – LES SORBONNES DE LABORATOIRE

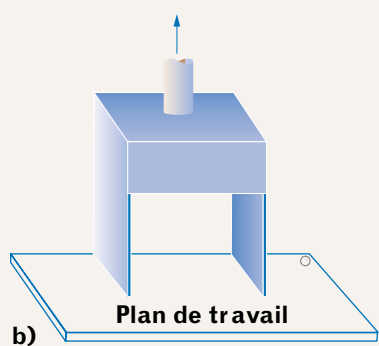
- LABORATORY VENTILATION – LABORATORY FUME CUPBOARDS

Généralités / Réglementation

Il n'existe pas de réglementation spécifique à la ventilation des laboratoires de chimie. Au sens de la réglementation concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail [3, 5], un laboratoire de chimie est un local de travail à pollution spécifique. La concentration des polluants émis dans l'atmosphère dans ce local doit donc être maintenue la plus basse possible, et en deçà des valeurs limites d'exposition professionnelles [18] lorsqu'elles existent.



Hottes de laboratoire - a) sans paroi
b) avec paroi



Pour atteindre cet objectif, on utilise des dispositifs de ventilation, d'encoffrement et de captage des émanations au plus proche de leur point d'émission. Le rejet est effectué à l'extérieur du bâtiment de laboratoire, à l'écart des prises d'air de compensation, après épuration éventuelle (cf. encadré VII) [4]. Au laboratoire de chimie, on utilise un certain nombre de dispositifs de ventilation localisée spécifiquement adaptés à la taille et au type des opérations effectuées et suffisamment polyvalents pour répondre à leur diversité. Ces dispositifs de captage à la source mobiles ou non (buses aspirantes, entonnoirs aspirants, anneaux aspirants, tables ventilées, dosserets aspirants...) et surtout d'enceintes ventilées [19.a]. Ces enceintes ventilées sont le plus souvent des sorbonnes de laboratoire mais d'autres dispositifs peuvent être utilisés, par exemples :

- des boîtes à gants, assurant une protection totale, lorsque l'analyse

des risques montre que la toxicité des substances susceptibles de se dégager est telle que la protection apportée par une sorbonne risque d'être insuffisante (produits très toxiques, cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction) ou lorsque la manipulation doit avoir lieu en atmosphère contrôlée ; certaines boîtes à gants sont ventilées et nécessitent la présence de gaines de ventilation spécifiques ;

- des ETRAF [28] (ou hottes à recirculation), en assurant un suivi rigoureux et le remplacement du filtre lorsque c'est nécessaire. L'air filtré étant recyclé dans le laboratoire, on réservera leur utilisation à des opérations de même type dégageant des produits connus comme efficacement adsorbés par un filtre adapté (il existe différents filtres selon la nature chimique des produits à retenir). Avant recyclage, l'air filtré passera par un dispositif capable de signaler une insuffisance de filtration.

Les sorbonnes de laboratoire

Grâce à leur polyvalence, les sorbonnes [6, 19.b] sont les enceintes ventilées de laboratoire les plus répandues. Elles servent à protéger les opérateurs des polluants (gaz, particules ou aérosols) dégagés par les manipulations expérimentales au laboratoire de chimie. Les parois latérales et l'écran frontal qui délimitent une sorbonne présentent également l'avantage de protéger l'opérateur contre d'éventuelles projections.

En France, les sorbonnes de laboratoire et leurs spécifications sont définies par la norme française XP X 15-203 [29] (une norme européenne est en cours d'élaboration).

Le volume de travail est délimité par des parois fixes et un ou plusieurs écrans mobiles et transparents à mouvement de translation vertical, horizontal ou combiné, délimitant une ouverture permettant l'accès à la manipulation. Un plénum d'extraction, au dos de la sorbonne, répartit le débit d'air aspiré entre des fentes d'extraction. Ce plénum est raccordé à un réseau d'extraction de l'air pollué mis en dépression par un ventilateur.

L'air les alimentant provenant du laboratoire sans être épuré, elles ne sont pas adaptées aux opérations nécessitant la protection des produits manipulés vis à vis des polluants présents dans l'atmosphère du laboratoire. Elles ne sont en particulier pas adaptées à la manipulation de microorganismes et on ne les rencontrera pratiquement pas dans les laboratoires de biologie où elles font place à des PSM (Postes de Sécurité Microbiologique) [20].

L'efficacité d'une sorbonne de laboratoire dans la protection des opérateurs repose essentiellement sur la réalisation d'un écoulement d'air suffisamment intense, homogène et constant à travers l'ouverture frontale. L'établissement d'un tel régime repose à la fois sur une bonne conception du couple sorbonne - extraction mais également sur une arrivée et une répartition de l'air de compensation minimisant les perturbations aérauliques ainsi que sur une installation correcte dans le laboratoire.

Implantation dans le laboratoire

Tout déplacement d'air intempestif et non contrôlé dans le laboratoire est susceptible de nuire gravement à l'efficacité d'un système de ventilation au demeurant efficace en l'absence de perturbation aéraulique. Les différents dispositifs présents dans un même laboratoire, dont les sorbonnes, doivent donc être installés en tenant compte :

- de leur disposition les uns par rapport aux autres,
- des ouvertures susceptibles de les perturber (portes et fenêtres pouvant générer des courants d'air),
- des circulations de personnel (également génératrices de courants d'air),
- des systèmes de climatisation...

Encadré VI

LA VENTILATION DU LABORATOIRE – LES SORBONNES DE LABORATOIRE (suite)

- LABORATORY VENTILATION – LABORATORY FUME CUPBOARDS

Lors de l'installation des dispositifs de ventilation dans le laboratoire, il est essentiel de prévoir une ou plusieurs arrivées d'air de compensation, localisées de telle façon qu'elles ne contrarient pas le fonctionnement de ces dispositifs [21, 22]. Cette compensation, aisée à concevoir pour un petit laboratoire, peut devenir complexe et difficile à réaliser dans le cas de multiplication des postes ventilés. Une trop grande quantité de postes ventilés, entraînant un grand besoin d'air de compensation, pose par ailleurs des problèmes pratiques (mise en œuvre, introduction, bruit, confort des opérateurs) et des problèmes économiques (coût du chauffage et du traitement). La compensation devra faire l'objet d'études menées conjointement avec tous les concepteurs des systèmes d'extraction de façon à assurer des vitesses de diffusion d'air compatibles avec les vitesses de captage et le confinement. On veillera par ailleurs à équiper les conduits d'extraction de clapets anti-retour de façon à éviter tout recyclage intempestif d'air pollué.

Certains installateurs proposent aujourd'hui des installations complètes dites « à débit variable » dans lesquelles un système informatique fait varier de façon concertée les débits d'air (extraction et introduction), ce qui permet de limiter la consommation d'air par ces installations tout en assurant le confinement donc la protection des opérateurs.

Certains maîtres d'œuvre proposent, pour dimensionner les installations de se baser sur un taux de foisonnement de l'utilisation des équipements. Ceux-ci ne pourront alors pas tous être utilisés simultanément, ce qui les rendrait inefficaces.

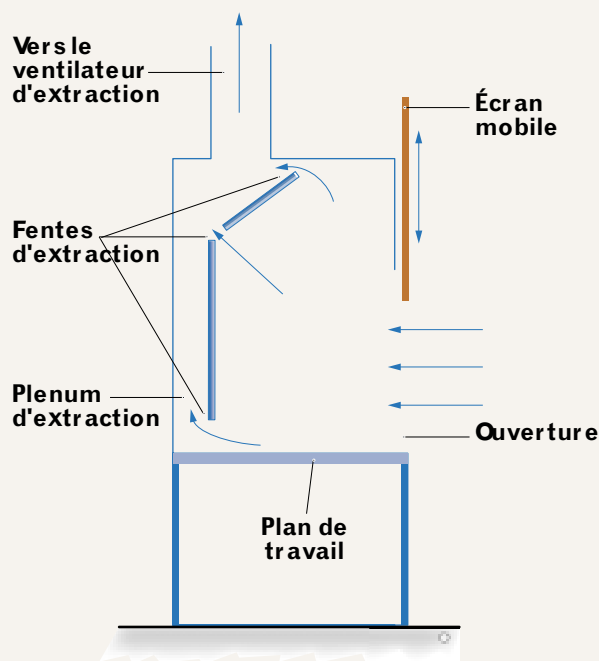
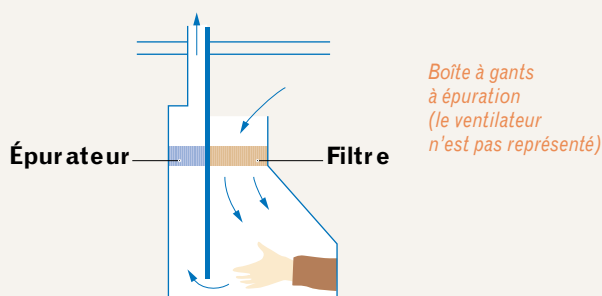


Schéma du fonctionnement général d'une sorbonne



Travail sous sorbonne de laboratoire

Encadré VII

LE TRAITEMENT DES EFFLUENTS GAZEUX - TREATMENT OF GASEOUS EFFLUENTS

Généralités

La réduction des émanations doit être réalisée à la source par des systèmes intégrés aux montages (pièges, laveurs...). Le traitement des effluents gazeux non retenus, extraits par les sorbonnes de laboratoire, est un problème difficile mais qu'il ne faut pas occulter compte tenu de l'importance croissante des efforts à réaliser pour la protection de l'environnement.

Aspects réglementaires

Du point de vue réglementaire, deux cas peuvent se présenter :

1) Le laboratoire ou le bâtiment de laboratoire est soumis à classement pour la protection de l'environnement compte tenu de ses types d'activité, des quantités de produits stockés ou de leur danger, des flux horaires spécifiques des effluents rejetés et de leur concentration.

Il existe deux seuils de classement donnant lieu soit à déclaration, soit à autorisation. Dans chacun des cas, des arrêtés déterminent éventuellement les valeurs limites de rejet.

2) En cas de non-classement, le rejet d'effluents gazeux est soumis au code des communes, au règlement sanitaire départemental, à la législation sur les composés organiques volatils (COV)... Dans certains cas particuliers (substances malodorantes, très toxiques, gaz colorés...) le préfet ou le maire peuvent prendre des arrêtés spécifiques.

Aspects techniques

Les techniques d'épuration des gaz connaissent des développements industriels récents sous la pression des lois sur la protection de l'environnement.

Les procédés peuvent être classés principalement en 4 grandes familles :

Les procédés chimiques : l'absorption des polluants se fait dans des laveurs. C'est ainsi que les acides (HCl, HF...) peuvent être extraits par l'eau ou la chaux, et les solvants par absorption dans l'huile. Les procédés physiques : ils sont basés sur l'adsorption des gaz et vapeurs par des supports solides comme le charbon actif ou les zéolithes.

Les procédés thermiques : ils consistent à brûler les polluants oxydables thermiquement, c'est à dire essentiellement des COV.

Les biofiltres : le système repose sur la propriété qu'ont certaines bactéries sélectionnées de se nourrir des composés organiques pour les transformer en CO₂ et H₂O.

Tous ces procédés sont d'exploitation souvent très coûteuse. Si des applications industrielles existent ici et là, il faut bien reconnaître qu'elles ne sont viables que dans des situations très particulières : concentration du polluant à traiter suffisamment importante, type de pollution bien défini (acides, COV, H₂S...) et stable dans le temps, frais d'exploitation tout ou partiellement compensés par la récupération du polluant ou par l'économie de paiement de redevances en tant que pollueur.

Ce n'est réellement le cas que de quelques laboratoires (pilotes en particulier) ; pour la plupart, compte tenu de la variété des produits à traiter, de leur très grande dilution dans l'air des circuits d'extraction, du nombre important d'évacuations vers l'extérieur, le traitement est difficilement envisageable.

2.5.2. Matériel

Les dispositions prévues dans le § 2.4.2 pour les fours, étuves et pompes sont également applicables au laboratoire de contrôle.

Le travail d'analyse physico-chimique nécessite parfois l'utilisation d'appareils lourds et encombrants ou présentant des risques particuliers qui nécessitent des aménagements spécifiques et seront traités au § 2.6.

2.5.3. Mobilier de rangement

Les préconisations du § 2.4.3 sont également applicables au laboratoire de contrôle.

2.5.4. Espace de travail et de circulation des opérateurs

Les préconisations du § 2.4.4 sont aussi applicables au laboratoire de contrôle. Il est à rappeler que l'accessibilité à l'arrière des appareils d'analyse physico-chimique est essentielle. On prévoira un espace libre d'au minimum 1 m à l'arrière de ce type de matériel.

2.5.5. Réception et enlèvement des produits ; conservation des échantillons

Les préconisations du § 2.4.5 sont applicables au laboratoire de contrôle. En outre, pour des raisons de traçabilité, la plupart des laboratoires de contrôle sont amenés à conserver un certain temps une grande quantité d'échantillons. L'espace et le mobilier nécessaires pour stocker tout ou partie de ces échantillons doivent être prévus.

2.6. Laboratoires spécialisés

2.6.1. Généralités

Certaines opérations ou l'emploi de certains matériels présentent des risques particuliers (réaction potentiellement explosive, toxicité exceptionnelle, émission de rayonnements...) qui nécessitent le travail dans un laboratoire spécialisé. Cette option permet notamment de minimaliser le nombre d'opérateurs susceptibles d'être exposés. Les paragraphes qui suivent illustrent les cas les plus classiques.

2.6.2. Gros équipement d'analyse physico-chimique

Ces appareils présentent des risques particuliers pouvant être liés :

- à leur poids,
- à la puissance électrique à prévoir pour leur fonctionnement,
- aux fluides de fonctionnement (eau, gaz, air comprimé...),
- aux émissions de champs ou de rayonnements électromagnétiques,
- aux émissions de bruit ou de vibrations,
- à leur dégagement thermique...

En plus, leur taille et le fait qu'ils ne fonctionnent correctement qu'en local climatisé conduisent généralement à les disposer dans un laboratoire spécialisé.

A noter que la charge au sol élevée de certains appareils (RMN, RPE, irradiateur, fluorescence X, microscope électronique...) impose une résistance du plancher calculée en conséquence.

La présence de champs et rayonnements électromagnétiques élevés autour de certains équipements (RMN, RPE...) impose une signalisation et un contrôle d'accès à l'attention des porteurs d'implants (cf. ND 2092 [1]). Il ne faudra pas prévoir de placer du matériel sensible aux champs et rayonnements électromagnétiques (automates programmables...) dans ces locaux.

2.6.3. Emetteurs de rayons X (fluorescence, diffractométrie...)

L'appareil doit être placé dans un laboratoire spécifique muni de la signalisation réglementaire et dont l'accès est réglementé. En fonction du type d'appareil et de la puissance délivrée, on prévoira des écrans spéciaux fixes ou mobiles.

2.6.4. Locaux à risque d'explosion

Généralités (cf. encadré VIII)

La directive du Conseil de l'Union européenne 1999/92/CE visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives prévoit une classification des emplacements où une atmosphère explosive peut être présente, ainsi que les conditions à respecter dans chaque zone ⁽⁴⁾. >>>

(4) Directive n° 94/9/CE (transposée en droit français par le décret n° 96-1010) et directive n° 1999/92/CE (en cours de transposition).

Encadré VIII

LA PRÉVENTION DES INCENDIES ET DES EXPLOSIONS AU LABORATOIRE [12]*- PREVENTION OF FIRE AND EXPLOSIONS IN THE LABORATORY***Généralités**

Les laboratoires de chimie présentent toujours des risques d'incendie et d'explosion du fait, principalement, de la manipulation et du stockage d'un grand nombre de produits chimiques inflammables, combustibles et même parfois explosifs.

Le risque d'incendie provient de la présence simultanée de produits inflammables et de sources d'ignition (nombreuses dans un laboratoire). Il peut également être dû à des réactions entre certains oxydants et réducteurs ou certains composés et l'eau. L'utilisation simultanée de comburants et combustibles crée également un risque d'incendie. De plus, certaines substances sont spontanément inflammables à l'air et d'autres peuvent s'enflammer à l'air à une température relativement peu élevée.

L'explosion aura pour causes essentielles :

- la décomposition de substances à caractère explosif,
- l'inflammation de mélanges avec l'air de gaz, de vapeurs inflammables, de poussières de produits combustibles.

La prévention en matière d'incendie et d'explosion comporte la mise en place :

- de mesures propres à empêcher qu'un feu ou une explosion ne se déclare,
- de mesures, si le sinistre se déclare, destinées à empêcher sa propagation,
- de moyens en matériel et en personnel susceptibles de détecter et de juguler rapidement un début de sinistre.

À la conception

De manière préalable, il convient d'apprécier les risques d'incendie et d'explosion notamment par le recensement des produits utilisés, la connaissance des produits et procédés à risque.

Dès le choix du site on peut limiter les possibilités de transmission du feu (du laboratoire vers l'extérieur et de l'extérieur vers le laboratoire) et les conséquences d'une éventuelle explosion sur l'environnement.

Les autres modes d'action consistent essentiellement à :

- intervenir sur l'implantation des bâtiments, des stockages et des aménagements intérieurs,
- choisir des matériaux permettant de limiter les possibilités d'extension des incendies.

En pratique

Lors de l'implantation sur le site, il faut prévoir des intervalles suffisants entre bâtiments de façon à éviter la propagation d'un sinistre et faciliter les évolutions des engins des sapeurs-pompiers. L'implantation doit permettre l'évacuation rapide des personnes. De plus, elle doit faciliter l'accès des équipes de premier secours et des secours extérieurs.

On limitera les effets d'une explosion au moyen de dispositions constructives particulières en séparant les zones à risques par des murs ou des écrans résistants au souffle et aux éclats et en mettant en place des parois fragilisées et/ou des événements de décharge (ne donnant pas sur des sites d'activité ou de passage du personnel). Pour les produits particulièrement inflammables (dépôts liquides et gazeux, approvisionnement en gaz combustible...), on construira des locaux spé-

ciaux, situés au rez-de-chaussée et ne comportant pas de niveaux supérieurs ; ils seront équipés de moyens spécifiques de lutte contre l'incendie.

Le choix des matériaux doit permettre de limiter les possibilités d'extension d'un début d'incendie dans un laboratoire. Le comportement au feu des matériaux est fixé en fonction de deux critères : la réaction au feu ⁽⁵⁾ et la résistance au feu ⁽⁶⁾. La tenue au feu des structures doit permettre à celles-ci de rester stables au moins pendant l'évacuation des personnes (elle ne saurait être inférieure à une demi-heure).

Pour permettre une évacuation sûre et rapide du personnel, le laboratoire comportera des issues de secours disposées en fonction des risques, des passages et des escaliers de largeur suffisante, des moyens d'évacuation complémentaires ainsi que des installations d'éclairage de sécurité conformes à la réglementation en vigueur. Les maîtres d'ouvrage doivent tenir compte de ces données lors de la construction du laboratoire ou lors d'une modification ou d'une extension majeure. Le code du travail définit le nombre et la largeur minimale des dégagements (portes, couloirs, circulations, escaliers, rampes) permettant une évacuation rapide de tous les occupants en fonction de l'effectif. Quoi qu'il en soit, on préconisera que les portes s'ouvrent vers l'extérieur sans empiéter sur les couloirs, qu'elles soient coupe-feu 1/2-heure, munies d'un oculus à hauteur d'homme, de barres antipanique (côté intérieur) et localisées de manière à ce que le personnel n'ait pas plus de dix mètres à parcourir pour sortir du laboratoire.

Au niveau des aménagements intérieurs, on interviendra sur les points suivants :

* chauffage : limiter au strict nécessaire les matériels présentant des points chauds ou une flamme.

* électricité : limiter au maximum la présence d'installations électriques dans les zones à risques d'explosion, mettre en place un matériel électrique utilisable en atmosphère explosive.

* électricité statique : cf. encadré IX.

* ventilation : concevoir les dispositifs de ventilation mécanique de façon à éviter une propagation horizontale du feu. En cas de risque d'explosion, prévoir un compartimentage au niveau des gaines (dispositifs d'isolement) et choisir des matériaux non susceptibles de générer une étincelle par choc, notamment pour les ventilateurs.

* désenfumage (cf. document INRS ND 2119 [23]) : le prévoir dès la conception des ouvrages, en fonction de la surface des locaux, dans le laboratoire ainsi que dans les escaliers et ascenseurs enclouonnés.

* détection automatique : sélectionner le type de détecteur en fonction des produits, objets ou matériel entreposés ainsi que de l'activité du laboratoire de façon à obtenir le temps de réponse le plus court possible tout en évitant au maximum les fausses alarmes ou l'absence de réaction. Dans les endroits où sont stockées des substances inflammables, l'installation de détection d'incendie sera réalisée en matériel électrique adapté aux zones à risques d'explosion, conformément à la réglementation.

>>>

⁽⁵⁾ La réaction au feu concerne essentiellement la combustibilité d'un matériau et sa plus ou moins grande inflammabilité.

⁽⁶⁾ Quatre critères (résistance mécanique sous charge, étanchéité aux flammes et aux gaz chauds ou inflammables, absence d'émission de gaz inflammables sur la face non exposée, isolation thermique) sont utilisés pour évaluer la résistance au feu d'un élément de construction. À partir de ces critères, on définit les degrés de résistance au feu : stable au feu (SF), pare-flamme (PF) et coupe-feu (CF).

Encadré VIII

LA PRÉVENTION DES INCENDIES ET DES EXPLOSIONS AU LABORATOIRE [12] (suite)

- PREVENTION OF FIRE AND EXPLOSIONS IN THE LABORATORY

>>>

* alarmes incendie : les choisir en fonction de l'effectif concerné. Les alarmes sont centralisées pour l'exploitation immédiate des informations lorsque l'ampleur des risques le justifie.

Lutte contre l'incendie

Tout laboratoire doit être équipé de moyens de lutte contre l'incendie :

- des extincteurs [14], répartis à l'intérieur des locaux et à proximité des dégagements, bien visibles et toujours facilement accessibles ; les agents extincteurs seront choisis de façon à éviter tout risque de réactions dangereuses avec les substances chimiques présentes. Les extincteurs à dioxyde de carbone (CO₂) sont à recommander ainsi que ceux à poudre ABC ;

- des robinets d'incendie armés (RIA), répartis dans le local en fonction de ses dimensions et situés à proximité des issues ; ils sont disposés de telle sorte qu'un foyer puisse être attaqué simultanément par deux lances en directions opposées. On préconise de protéger tous les bâtiments de laboratoires par des RIA ;

- éventuellement d'une installation d'extinction automatique : des installations d'extinction automatique peuvent être nécessaires dans certains locaux spécifiques. Elles devront être installées conformément aux règles APSAD et nécessiteront une surveillance et un entretien rigoureux ;

- d'un emplacement permettant de stocker le matériel de protection individuelle et tout particulièrement les appareils de protection respiratoire isolants.

>>>

■ Zone 0 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de matières combustibles sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est présente en permanence ou pendant de longues périodes ou fréquemment.

■ Zone 1 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de matières combustibles sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est susceptible de se former occasionnellement en fonction normale.

■ Zone 2 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de matières combustibles sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard n'est pas susceptible de se former en fonctionnement normal ou bien si une telle formation se produit néanmoins, n'est que de courte durée.

Il appartient au chef d'entreprise, responsable de la sécurité dans ses unités :

- de délimiter les zones à risques en limitant leur étendue,
- de choisir le matériel, notamment électrique, adapté à chaque type de zone.

Pour l'établissement de ces zones, les éléments de base suivants sont à prendre en compte :

- sources de dégagement,
- types d'ouvertures,
- ventilation.

La délimitation des zones à risques d'explosion doit faire l'objet d'un document écrit comportant des plans détaillés.

Local de distillation

Dans certaines activités, le traitement de solvants inflammables (purification, régénération, déshydratation...) peut nécessiter l'installation d'un laboratoire spécialisé pourvu de moyens de prévention spécifiques :

- ventilation adéquate,
- détection de vapeurs,
- rétention,
- moyens d'extinction...

Local d'hydrogénation

Dans ce type de local, le risque essentiel est la formation d'un mélange air/hydrogène explosible. Les principales mesures de prévention à intégrer dès la conception sont de :

- faire en sorte que la concentration d'hydrogène dans l'air ne puisse excéder 1 % (c'est-à-dire 1/4 de la LIE) en limitant la réserve d'hydrogène disponible et en dimensionnant en fonction le volume du local ;
- placer la réserve d'hydrogène à l'extérieur ;
- prévoir dans les parois des zones fragilisées permettant d'évacuer toute surpression d'explosion et orientées vers des zones où il n'y a pas présence de personnel ;

- prévoir le contrôle permanent de la concentration en hydrogène dans l'atmosphère ;
- n'employer que du matériel électrique utilisable en atmosphère explosive (zones 0 ou 1) ;
- travailler sous sorbonne et prévoir une ventilation générale ;
- privilégier, dans la mesure du possible, le pilotage à distance.

2.7. Locaux connexes**2.7.1. Généralités**

Le fonctionnement d'un laboratoire comporte certains aspects qui doivent être réalisés à l'extérieur de celui-ci mais à proximité immédiate, dans des locaux connexes. Dans ces locaux, les activités ne sont plus à proprement parler des activités de laboratoire mais des activités de soutien indispensables à son bon fonctionnement. Cette organisation permet à la fois de libérer de l'espace utile au laboratoire et de mieux concevoir, dans ces locaux connexes, des postes de travail spécifiques.

2.7.2. Les bureaux [11]

Pour limiter l'exposition des opérateurs aux produits et au bruit de certains matériels, faciliter l'aménagement des bureaux et protéger le matériel sensible (informatique notamment), il est préférable que le

local de bureaux soit indépendant et à proximité immédiate du laboratoire. Cette disposition favorise également la concentration nécessaire au travail de bureau (calculs, rédaction, contacts téléphoniques...). Afin de limiter la contamination éventuelle de ce local, il communiquera avec le laboratoire par un sas permettant aux opérateurs de mettre ou d'enlever leurs vêtements de travail. Pour faciliter la surveillance des opérations en cours et la communication, on prévoira des parois transparentes entre bureaux et laboratoires.

Pour des raisons d'évacuation et de limitation du nombre de personnes exposées (éviter la traversée du laboratoire par des personnes étrangères à son activité), on prévoira un accès direct au local de bureaux, sans qu'il soit nécessaire de passer par un laboratoire.

2.7.3. Les vestiaires

Des vestiaires sont à prévoir en surface suffisante de façon à pouvoir recevoir

deux armoires-vestiaires par opérateur. Ils seront de préférence séparés et à proximité du laboratoire. Si le risque le justifie, ils serviront de sas d'entrée au laboratoire et seront équipés de douches et de lavabos.

2.7.4. Le local de pesée

Si le pesage ordinaire peut se faire dans le laboratoire, certaines pesées nécessitent un environnement particulier du fait :

- de leur sensibilité aux mouvements ou à la qualité de l'air (pesée de haute précision),
- de la fragilité de l'appareillage (balances de précision),
- des dangers du produit à peser (principe actif par exemple),
- des propriétés physico-chimiques du produit à peser (poudres fines, légères ou se chargeant électrostatiquement, liquides volatils).

Le local de pesée sera de préférence :

- à l'abri des courants d'air ;
- aveugle, de façon à éviter les perturbations induites par les variations de l'éclairage extérieur.

Il sera équipé en fonction des risques dus aux produits pesés. Les balances comporteront un capotage pouvant également englober les contenants des produits à peser. La couleur du plan de travail pourra être choisie de façon à mieux visualiser les éventuelles pollutions.

A côté des postes de pesée, il est utile de prévoir des surfaces de desserte pour les produits, matériel, verrerie, nécessaires à la pesée en cours ainsi que l'éventuel matériel informatique.

On prévoira une ventilation générale, éventuellement complétée par des capotages localisés sur le capotage des balances. Ces équipements peuvent ne pas fonctionner en permanence mais seulement en cas de besoin. Pour les produits les plus dangereux (très toxiques, cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction), les balances pourront être placées dans des boîtes à gants.

2.7.5. La laverie

Les opérations de décontamination et de nettoyage d'appareils particuliers font partie intégrante du travail au laboratoire et doivent être effectuées dans celui-ci. Une fois le matériel décontaminé, les opérations de lavage peuvent être effectuées dans une laverie qui peut être commune à plusieurs laboratoires. En général coexistent dans ce local des postes de lavage manuel et en machine.

Le poste de lavage manuel type est constitué essentiellement d'un évier double bac dont la robinetterie sera de préférence commandée au pied, et de dessertes amont et aval. Ces plans de travail seront munis de rebords permettant de recueillir et d'évacuer les eaux de lavage et d'éviter les chutes d'objets. La taille ainsi que le poids des objets à laver sont à considérer pour dimensionner ces éléments afin de limiter les risques inhérents à leur manipulation. La desserte aval est en général complétée par un égouttoir, le plus souvent mural ; l'espace nécessaire à son installation et sa fixation devra être prévu.

Si l'utilisation de solvants pour le lavage est prévue, il faut équiper le poste en installant :

- une enceinte ventilée,
- un dispositif de récupération des solvants usagés équipé d'un dispositif d'aspiration (entonnoir aspirant, évier aspirant...).

Laboratoire d'hydrogénation avec poste de travail en plein air

- External view of a hydrogenation laboratory with outdoor work station



Encadré IX

L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE AU LABORATOIRE [24]*- STATIC ELECTRICITY IN THE LABORATORY***Le phénomène physique**

L'électricité statique prend naissance à la suite de contacts et ruptures de contact entre deux corps électriquement neutres, principalement lors de frottements. Il en résulte des charges de signes opposés réparties sur chacun des corps. Dans le cas de corps conducteurs, ces charges sont mobiles sur toute la surface et s'éliminent par la liaison à la terre qui existe généralement.

Dans le cas de corps isolants, les charges restent localisées et peuvent s'accumuler jusqu'à ce que la différence de potentiel entre le corps et la terre soit supérieure au potentiel disruptif de l'air (potentiel de claquage). Il y a alors apparition d'une étincelle d'énergie variable selon la quantité de charges mises en jeu.

Par ailleurs, les corps chargés de signes contraires s'attirent alors que ceux chargés de signes identiques se repoussent, ce qui peut entraîner dans certains cas la dispersion de matériaux pulvérulents.

En résumé, pour qu'il y ait formation de charges électrostatiques, trois conditions doivent être réunies :

- l'emploi de matériaux isolants tels les plastiques et autres revêtements de sol, de plus en plus utilisés dans les laboratoires modernes ;

- une atmosphère isolante (humidité relative inférieure à 70 %) ;

- un apport d'énergie, le plus souvent sous forme de frottements et éventuellement par induction sous l'effet d'un champ électromagnétique (cf. ND 2092, p. 439 [1]).

Les risques

L'étincelle de rupture est désagréable mais inoffensive pour l'homme ; elle sera sans conséquence si elle ne provoque pas chez lui un geste réflexe malencontreux ou si l'atmosphère n'est pas chargée de vapeurs ou de gaz inflammables (l'énergie de ces étincelles peut en effet être suffisante pour provoquer l'ignition).

Un autre effet négatif peut être la contamination résultant de la dispersion de poudres chargées, le risque encouru par les opérateurs augmentant avec le danger de ces poudres (matières actives par exemple).

Enfin, une décharge d'électricité statique peut entraîner le dysfonctionnement d'appareils de mesure, d'automates ou provoquer la destruction de composants électroniques sensibles lors de leur manipulation.

Les mesures de prévention

En conséquence, l'analyse des risques au laboratoire de chimie peut conduire à prendre des mesures de prévention spécifiques contre l'électricité statique. Elles reposent essentiellement sur la limitation de l'accumulation des charges lorsque c'est possible et sur la dissipation des charges formées.

Les principales mesures de prévention sont donc :

- l'utilisation préférentielle de matériaux conducteurs ou semi-conducteurs (sols, paillasses, sièges, matériel expérimental, chaussures et vêtements dissipateurs des charges...);

- la limitation de la vitesse de transfert des matériaux susceptibles de se charger ;

- la protection contre les champs électromagnétiques par éloignement ou isolement des sources ;

- la création d'une équipotentialité entre tous les éléments conducteurs du laboratoire (au moyen de tresses par exemple) et la connexion de l'ensemble à une prise de terre ;

- l'installation de points de connexion à la terre à proximité des postes de travail.

Elles peuvent être complétées par la mise en place de dispositifs assurant l'humidification de l'atmosphère du laboratoire (humidité relative supérieure à 70 %) ou l'ionisation de l'air à proximité immédiate des postes de travail.

Le poste de lavage en machine sera constitué d'une ou plusieurs machines, encadrées par des dessertes amont et aval.

Pour limiter les risques de bris, il est préférable de transporter la vaisselle sur des chariots équipés de bacs ou de plateaux à rebords. L'organisation de la laverie, des postes de travail et de ses accès devra en tenir compte.

Sur un plan plus général, on prévoira :

- des placards de rangement pour les produits et le matériel de nettoyage ;
- un emplacement pour le matériel de secours ;
- un emplacement pour les poubelles à papier et à verre ;
- un emplacement pour les bacs et les chariots de transport qui peuvent éventuellement servir de desserte ;
- si nécessaire, un emplacement pour l'enceinte de séchage ;
- un sol antidérapant équipé de siphons de récupération obturés en service normal pour éviter les pollutions accidentelles ;
 - une ou plusieurs arrivées d'eau déminéralisée ou l'emplacement pour installer un appareil de déminéralisation ;
 - une ventilation générale calculée pour assurer un renouvellement de l'air de l'ordre de 5 à 6 volumes/heure.

2.7.6. Les locaux de stockage

Pour limiter l'exposition des opérateurs ou les risques de dégradation du matériel par les produits et vice-versa, le stockage du matériel et celui des produits et échantillons à conserver seront effectués dans des locaux distincts prévus à cet effet.

Pour ce qui est du stockage des produits chimiques, des gaz et des déchets, on se référera au document INRS ND 2105 [2].

Les locaux destinés à stocker du matériel devront être dimensionnés en fonction de la quantité, de la taille, et du mode de rangement de ce matériel. Il faudra prévoir l'espace suffisant pour disposer les étagères ou armoires de rangement ainsi que l'accès à ces matériels. On veillera tout particulièrement à dimensionner correctement la résistance de ces rayonnages et à les stabiliser pour éviter tout basculement. On prévoira un emplacement pour des extincteurs à poudre A-B-C. Ce local servira également à stocker des moyens de manutention utilisés occasionnellement tels chariots, diables, etc.

2.7.7. Les locaux ou galeries techniques

Afin de limiter les nuisances générées par certains équipements, de faciliter les opérations d'exploitation et de maintenance et d'éviter d'exposer le personnel chargé de l'exploitation et de la maintenance, il convient de créer des locaux ou des galeries techniques.

On y placera par exemple compresseurs, groupes frigorifiques, machines à glace, chauffe-eau, centrale de ventilation, pompes, stations d'eau déminéralisée, stations de distribution de gaz spéciaux, vannes de sectionnement..., voire réseaux de fluides. Ces locaux doivent être dimensionnés, conçus et équipés de façon à accueillir le matériel qui leur est destiné et à permettre une exploitation et une maintenance aisées.

L'importance et la disposition de ces locaux et galeries techniques dépendront avant tout de l'organisation et de la taille du bâtiment de laboratoire.

2.8. Le bâtiment de laboratoire

2.8.1. Généralités

Un bâtiment de laboratoire est un bâtiment dédié essentiellement à des activités de laboratoire. Il regroupe des laboratoires de recherche/développement ou de contrôle, des laboratoires spécialisés et des locaux connexes selon un plan permettant leur bon fonctionnement.

Il comprend également des espaces communs tels que :

- espaces de circulation (accès, couloirs, escaliers, ascenseurs, monte-charge),
- halls et bureaux d'accueil, zones de réception,
- salles de réunion ou de conférence,
- espace de documentation,
- locaux de stockage,
- espace de repos,
- sanitaires et vestiaires...

Tous ces locaux, qui ne sont pas spécifiques aux bâtiments de laboratoire, devront cependant être pris en compte pour le dimensionnement et le plan du bâtiment.

La prise en compte des relations prévisibles entre les différents locaux du bâtiment permettra de les organiser de la façon la plus rationnelle possible, sachant que la solution sera un compromis entre différents objectifs.

L'implantation de ce bâtiment sur le site doit tenir compte des relations avec son

environnement. On prévoira sa mise en rétention afin d'éviter la dispersion dans le milieu naturel de déversements accidentels ou celle des eaux d'extinction d'incendie. Certains locaux où sont utilisés des produits à risques spécifiques devront de plus disposer de leur propre rétention, éventuellement déportée.

Les murs et cloisons seront d'une solidité calculée pour supporter les équipements susceptibles d'y être fixés (appareillage, mobilier...).

Enfin, il ne faut pas oublier les risques dus aux effets directs ou indirects de la foudre qui nécessitent des mesures de prévention spécifiques [32].

2.8.2. Organisation des locaux à l'intérieur du bâtiment laboratoire

A l'intérieur du bâtiment de laboratoire, la disposition des locaux devra répondre aux objectifs suivants :

- faciliter la prévention des risques à l'échelle de l'ensemble du bâtiment ;
- réduire les distances à parcourir pour réduire les risques d'accidents et favoriser le travail ;
- favoriser la mise en commun de certains équipements lourds ;
- faciliter les échanges entre laboratoires de recherche/développement et laboratoires de contrôle.

En conséquence, on préconisera les dispositions suivantes :

- regrouper dans un même secteur les laboratoires et locaux amenés à travailler ensemble (une étude prévisionnelle est indispensable) ;
- privilégier une implantation en rez-de-chaussée du fait, outre le risque de chute dans les escaliers, de la présence pratiquement systématique d'un risque d'incendie non négligeable. Si cette solution n'est pas pratiquement applicable, on s'efforcera de limiter le nombre d'étages. La disposition de laboratoires en sous-sol devra être proscrite ;
- ne pas prévoir d'étage au dessus des locaux où sont présents des risques sensibles d'explosion.

2.8.3. Circulations

La réalisation des circulations à l'intérieur du bâtiment de laboratoire doit répondre aux objectifs suivants :

- desservir directement, tout en respectant les éventuelles règles de confinement, les laboratoires et locaux connexes ;
- faciliter les flux, les manutentions et l'approvisionnement des locaux ;

- éviter les risques de chute et de collision.

En conséquence, on recommandera les dispositions suivantes :

- une largeur libre minimale de 2 m (tenir compte des équipements fixes, tels les placards, éventuellement prévus) ;
- l'absence d'obstacles tels que marches ou bordures de trottoir (privilégier les plans inclinés) ;
- les portes coupe-feu segmentant les circulations seront de préférence munies d'un oculus à hauteur d'homme et maintenues ouvertes par des dispositifs à sécurité positive asservis au système d'alarme incendie ;
- les portes des locaux desservis s'ouvriront vers le couloir sans faire saillie sur celui-ci (cf. exemples de plans) ; elles seront munies d'un oculus à hauteur d'homme permettant de prévenir les collisions lors de leur ouverture.

Pour les communications entre étages, on prévoira un ascenseur de charges destiné aux matériels lourds et encombrants.

Enfin, lors de l'implantation, il faudra veiller à faciliter l'accès du bâtiment aux livraisons et aux fournisseurs extérieurs. Selon les cas, on peut aller jusqu'à prévoir l'entrée de chariots automoteurs.

2.8.4. Réseaux de fluides et réseaux électriques

L'existence de réseaux de fluides pose des problèmes d'encombrement, de fuites, de maintenance et d'exploitation. On cherchera donc à réduire au maximum le réseau de conduites dans le laboratoire. Pour ceci, l'idéal est le recours à une galerie technique centralisée (cf. § 2.7.7).

Les différents réseaux seront identifiés et marqués selon les normes en vigueur [17]. Les réseaux de fluides chauds (vapeur, fluides caloporteurs...) ou froids (azote liquide, fluides de climatisation...) seront calorifugés ou protégés de façon à éviter des contacts accidentels ou des condensations gênantes.

Les vannes et les raccords de ces réseaux devront être facilement accessibles pour l'intervention en cas d'urgence et la maintenance.

Il faut prévoir la séparation des réseaux d'eau potable et d'eau industrielle.

Le stockage et l'utilisation des bouteilles de gaz comprimés au laboratoire sont traités dans le document INRS ND 2105 [2].

L'utilisation de certains gaz toxiques ou asphyxiants ou de produits cryogéniques tels l'azote liquide ou le dioxyde de carbone solide peut nécessiter, en fonction du volume de la pièce concernée, la mise en place d'une surveillance continue de l'atmosphère.

Au niveau des réseaux électriques, la puissance installée et distribuée doit tenir compte de l'augmentation prévisible des besoins, induite par l'augmentation du nombre d'appareils utilisés ainsi que par celle de leur puissance unitaire.

2.8.5. Ventilation

Il faudra concevoir la ventilation à l'échelle de l'ensemble du bâtiment de façon à respecter les exigences propres à chaque laboratoire et à leur coexistence (cf. encadré VI). En particulier, on respectera les cascades de pression nécessaires.

2.9. Zone de laboratoire implantée dans un bâtiment ayant une autre fonction

Il arrive que des laboratoires soient implantés dans un bâtiment ayant une autre fonction. Dans ce cas, les préconisations précédentes s'appliquent mais il faudra de plus veiller à :

- dissocier les circulations ;
- dissocier les réseaux (alimentation, évacuation des liquides et des gaz) ;
- s'assurer que l'air pollué rejeté par les systèmes de ventilation des laboratoires n'est pas repris par la ventilation générale du reste du bâtiment ;
- limiter les possibilités de transmission d'un incendie du laboratoire vers le reste du bâtiment et vice-versa, au moyens de séparations de degré coupe-feu 2 heures, tout en maintenant les facilités d'évacuation.

BIBLIOGRAPHIE

Documents INRS :

- [1] **Manipulations dans les laboratoires de chimie. Risques et prévention.** Paris, INRS, 1998, ND 2092, 16 p.
- [2] **Le stockage des produits chimiques au laboratoire.** Paris, INRS, 1999, ND 2105, 9 p.
- [3] **Aération et assainissement des lieux de travail.** Paris, INRS, 2000, coll. Aide-mémoire juridique, T J 5, 36 p.
- [4] **Guide pratique de ventilation n° 0 – Principes généraux de ventilation.** Paris, INRS, 1989, ED 695, 36 p.
- [5] **Guide pratique de ventilation n° 1 – L'assainissement de l'air des locaux de travail.** Paris, INRS, 1989, ED 657, 20 p.
- [6] **Guide pratique de ventilation n° 18 – Sorbonnes de laboratoire.** Paris, INRS, 1995, ED 795, 38 p.
- [7] **Conception des lieux de travail – Obligations des maîtres d'ouvrage. Réglementation.** Paris, INRS, 1996, ED 773, 96 p.
- [8] **Conception des lieux de travail – Démarches, méthodes et connaissances techniques.** Paris, INRS, 1997, ED 718, 128 p.
- [9] **La programmation, une aide à la conception des lieux de travail.** Paris, INRS, 2001, coll. Fiche pratique de sécurité, ED 91, 4 p.
- [10] **Ergonomie et prévention en conception des situations de travail.** Paris, INRS, 2000, ND 2127, 18 p.
- [11] **L'aménagement des bureaux – Principales données ergonomiques.** Paris, INRS, 1990, coll. Fiche pratique de sécurité, ED 23, 4 p.
- [12] **Incendie et lieu de travail.** Paris, INRS, 1999, ED 789, 72 p.
- [13] **Éléments pour la rédaction des consignes pour le cas d'incendie dans un établissement.** Paris, INRS, 1995, ED 541, 2 p.
- [14] **Les extincteurs d'incendie portatifs et mobiles.** Paris, INRS, 2000, ED 802, 60 p.
- [15] **Les mélanges explosifs. Gaz et vapeurs.** Paris, INRS, 1994, ED 335, 148 p.
- [16] **Réactions chimiques dangereuses.** Paris, INRS, 2002, ED 697, 404 p.
- [17] **Codage couleur des tuyauteries rigides.** Paris, INRS, 2000, coll. Fiche pratique de sécurité, ED 88, 4 p.
- [18] **Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France.** Paris, INRS, 1999, ND 2098, 19 p.
- [19.a] **Les dispositifs de ventilation localisée appliqués au laboratoire. Terminologie, descriptions, domaines d'emploi.** Paris, INRS, 1993, ND 1906, 12 p.
- [19.b] **L'aéraulique des sorbonnes de laboratoire. Revue bibliographique.** Paris, INRS, 1993, ND 1920, 18 p.
- [20] **Les postes de sécurité microbiologique. Description, évaluation des performances, exploitation.** Paris, INRS, 1997, ND 2042, 21 p.

[21] **La compensation contrôlée d'une installation de ventilation.** Paris, INRS, 2000, coll. Fiche pratique de sécurité, ED 86, 4 p.

[22] **Systèmes de compensation d'air. Contribution à leur conception pour les locaux de travail.** Paris, INRS, 1999, ND 2118, 17 p.

[23] **Désenfumage : choix des surfaces des exutoires.** Paris, INRS, 1999, ND 2119, 25 p.

[24] **L'électricité statique. Risques, mesures de prévention et exemples d'applications.** Paris, INRS, 1996, ED 507 (épuisé).

Autres documents :

[25] **Norme NF EN 1869 (idem S 61-010) – Lutte contre l'incendie. Couvertures anti-feu.** Paris – Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, avr. 1997, 12 p.

[26] **Norme NF X 35-104 – Postures et dimensions pour l'homme au travail sur machines et appareils.** Paris – Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, avr. 1983, 10 p.

[27] **Norme NF EN 13150 – Paillasse de laboratoire. Dimensions, spécifications de sécurité et méthodes d'essai.** Paris – Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, oct. 2001.

[28] **Norme NF X 15-211 – Installations de laboratoire - Encintes pour toxiques à recyclage d'air filtré. Généralités, classification, prescriptions.** Paris – Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, sept. 1996.

[29] **Norme XP X 15-203 – Equipements de protection collective – Sorbonnes de laboratoire. Généralités, classification, spécifications et méthodes d'essai.** Paris – Saint-Denis La Plaine, AFNOR, sept. 1996.

[30] **La sécurité dans les laboratoires.** Paris, CNPP-AFNOR, 1993, 274 p.

[31] **Guide des revêtements de sol répondant aux critères « Hygiène - Sécurité - Aptitude à l'utilisation » pour les locaux de fabrication de produits alimentaires.** Paris, Caisse nationale de l'Assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS), 1998.

[32] **Foudre. Risques et prévention.** Lyon, Caisse régionale d'assurance maladie (CRAM), 1993, SP 1076.

[33] **Conception, réalisation et réhabilitation d'un laboratoire de recherche - de la théorie à la pratique.** Journées de l'ADHYS, 5-6 décembre 1991, 107 p.

[34] **YOUNG – Improving safety in the chemical laboratory. A practical guide.** New York, John Wiley, 1987, 350 p.

[35] **ASHBROOK, RENFREW – Safe laboratories. Principles and practices for design and remodeling.** Londres, Lewis Publishers, 1990, 166 p.

[36] **PICOT, GRENOUILLET – La sécurité en laboratoire de chimie et de biochimie.** Paris, Lavoisier – Techniques et Documentation, 1992, 424 p.

[37] **DANIELLOU – Concevoir des systèmes de production.** In : *Le monde du travail.* Paris, Edition La Découverte, 1999.