

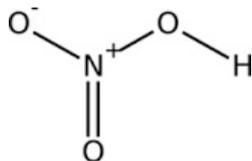
Acide nitrique

Fiche toxicologique n°9

Généralités

Edition _____ 2011

Formule :



Substance(s)

Formule Chimique	Détails	
HNO ₃	Nom	Acide nitrique
	Numéro CAS	7697-37-2
	Numéro CE	231-714-2
	Numéro index	007-004-00-1
	Synonymes	Acide azotique

Etiquette




ACIDE NITRIQUE... (≥ 65%)

Danger

- H272 - Peut aggraver un incendie ; comburant
- H314 - Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.
231-714-2

Selon l'annexe VI du règlement CLP.

Caractéristiques

Utilisations

[1 à 7]

- fabrication d'engrais azotés, de divers nitrates minéraux et composés nitrés ;
- fabrication d'explosifs ;
- industrie métallurgique (affinage, photogravure) ;
- industrie pharmaceutique ;

- industrie textile ;
- agent d'oxydation.

Propriétés physiques

[1 à 9]

L'acide nitrique pur anhydre est un liquide incolore d'odeur suffocante caractéristique détectable à partir de 0,29 ppm.

Miscible à l'eau en toutes proportions, il donne avec l'humidité de l'air d'abondantes fumées blanches. Avec l'eau, il forme un azéotrope à 69 % dont le point d'ébullition est égal à 120 °C à la pression atmosphérique.

Les produits commercialisés sont des solutions aqueuses d'acide nitrique dont les concentrations s'échelonnent de 58 % à 99 % en poids. L'acide nitrique « fumant » correspond à une solution concentrée d'acide nitrique contenant du dioxyde d'azote (NO₂) dissous ; il existe sous forme de deux variétés :

- l'acide nitrique fumant blanc contient plus de 97,5 % d'acide nitrique, moins de 2 % d'eau et moins de 0,5 % de dioxyde d'azote ;
- l'acide nitrique fumant rouge contient plus de 85 % d'acide nitrique, moins de 5 % d'eau et 6 à 15 % de dioxyde d'azote.

Nom Substance	Détails	
Acide nitrique	Formule	HNO₃
	N° CAS	7697-37-2
	Etat Physique	Liquide
	Masse molaire	63,02
	Point de fusion	- 41,6 °C (acide à 100%)
	Point d'ébullition	83,4 °C (acide à 100%) 112,1 °C (solution à 80%) 118,2 °C (solution à 60%)
	Densité	Relative à 20°C (eau = 1) : 1,51 (acide à 100 %) 1,45 (solution à 80 %) 1,36 (solution à 60 %)
	Densité gaz / vapeur	2,2
	Pression de vapeur	6,4 kPa à 20 °C 18 kPa à 50 °C
	Coefficient de partage n-octanol / eau (log Pow)	- 2,3 à 25 °C (méthode du flacon)

À 25 °C et 101,3 kpa, 1 ppm = 2,62 mg/m³.

Les produits commercialisés sont des solutions aqueuses d'acide nitrique dont les concentrations s'échelonnent de 58 % à 99 % en poids. L'acide nitrique « fumant » correspond à une solution concentrée d'acide nitrique contenant du dioxyde d'azote (NO₂) dissous ; il existe sous forme de deux variétés :

- l'acide nitrique fumant blanc contient plus de 97,5 % d'acide nitrique, moins de 2 % d'eau et moins de 0,5 % de dioxyde d'azote
- l'acide nitrique fumant rouge contient plus de 85 % d'acide nitrique, moins de 5 % d'eau et 6 à 15 % de dioxyde d'azote.

Propriétés chimiques

[1 à 3, 5, 6, 8 à 10]

L'acide nitrique se décompose, plus ou moins rapidement selon les conditions, sous l'action de la lumière ou de la température, avec formation de dioxyde d'azote qui colore les solutions en jaune.

C'est un acide fort, un oxydant et un comburant ainsi qu'un agent de nitration capable de donner lieu à des réactions violentes.

En solution, même diluée, l'acide nitrique est un agent d'oxydation énergique. Il peut réagir avec inflammation, et parfois explosion, au contact de nombreux composés tant organiques qu'inorganiques et, d'une manière générale, avec les matières combustibles (papier, poussières de bois...) ou réductrices. Dans toutes ces réactions, il peut se dégager des oxydes d'azote toxiques.

Tous les métaux, à l'exception des métaux nobles (or, platine...), sont attaqués par l'acide nitrique. Suivant la concentration de l'acide et la nature du métal, la réaction est plus ou moins rapide et donne naissance à des produits différents, généralement un mélange d'oxydes d'azote. L'action de l'acide très dilué sur un réducteur puissant tel que le zinc conduit à la formation d'ammoniac et d'hydroxylamine. Avec certains métaux, l'acide concentré forme une pellicule protectrice d'oxyde qui protège le métal contre une attaque profonde (passivité). Il en est ainsi avec l'acier et l'aluminium.

L'acide nitrique réagit violemment avec les bases fortes anhydres ou en solution.

Les réactions de nitration avec l'acide nitrique sont couramment utilisées dans l'industrie chimique ; elles exigent une attention particulière en raison des risques d'emballage et d'explosion.

Réipients de stockage

[1, 3, 26]

Le stockage de l'acide nitrique s'effectue dans des récipients en acier inoxydable ou en aluminium pour les concentrations supérieures à 80 %. Le verre est utilisable pour de petites quantités, protégé par une enveloppe extérieure.

Matériaux non compatibles : notamment cuivre, nickel.

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Des valeurs limites d'exposition professionnelle dans l'air des locaux de travail ont été établies pour l'acide nitrique.

Substance	Pays	VME (ppm)	VME (mg/m ³)	VLCT (ppm)	VLCT (mg/m ³)
Acide nitrique	France (VLEP réglementaire indicative 2007)	-	-	1	2,6
Acide nitrique	Union européenne (2006)	-	-	1	2,6
Acide nitrique	États-Unis (ACGIH)	2	5,2	4	10

Des valeurs limites d'exposition professionnelle dans l'air des locaux de travail ont été établies pour le dioxyde d'azote et le monoxyde d'azote. Se reporter à la fiche toxicologique INRS FT 133 relative au monoxyde d'azote et au dioxyde d'azote.

Méthodes de détection et de détermination dans l'air

- Prélèvement des vapeurs et brouillards d'acide nitrique en présence de sels particuliers sur un filtre-membrane en PTFE associé à un ou plusieurs filtres en fibre de quartz imprégné(s) de carbonate de sodium. Les filtres sont désorbés dans un éluant approprié à l'analyse, en général de l'eau déionisée. L'analyse est effectuée par chromatographie ionique ou par électrophorèse capillaire [23].
- Prélèvement des vapeurs et brouillards d'acide nitrique en présence de sels particuliers sur un filtre en fibre de quartz imprégné de carbonate de sodium, équipé d'un préfiltre. Le filtre est désorbé avec de l'eau ou un éluant approprié et l'analyse est effectuée par chromatographie ionique. Des risques d'interférence peuvent exister entre les acides et la matière particulaire retenue sur le préfiltre [24].
- L'utilisation d'un appareil à réponse instantanée équipé d'un tube réactif colorimétrique Gastec (Acide nitrique n° 15L) ou Draeger (Acide nitrique 1/a) est possible en première approche, mais n'assure toutefois ni la sélectivité ni la précision nécessaire à une comparaison à une valeur limite d'exposition professionnelle.

Incendie - Explosion

[2, 3, 5]

L'acide nitrique est un composé ininflammable et inexplorable. Toutefois, le mélange de cette substance fortement comburante avec des produits combustibles peut provoquer incendie et explosion (cf. Propriétés chimiques).

En cas d'incendie où est impliqué l'acide nitrique, les agents d'extinction préconisés sont le dioxyde de carbone et l'eau pulvérisée en quantité importante. Ne pas utiliser les poudres alcalines ou les mousses réagissant avec les acides. On pourra utiliser l'eau pulvérisée ou sous forme de brouillard pour refroidir les récipients exposés ou ayant été exposés au feu.

Les intervenants qualifiés et entraînés seront équipés d'appareils de protection respiratoire autonomes isolants et de combinaisons de protection spéciales résistant à l'acide nitrique et à ses produits de dégradation (oxydes d'azote, notamment).

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

Il n'y a aucune donnée dans la littérature concernant l'absorption, la distribution, la transformation ou l'élimination de l'acide nitrique.

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

[11]

L'acide nitrique est un acide fort corrosif ou irritant selon sa concentration ; après exposition directe à une concentration suffisamment élevée, il induit des effets locaux sur la peau, les yeux, le tractus respiratoire et le tractus gastro-intestinal.

Chez le rat, les CL50 varient de 310 à 334 ppm pour une exposition de 30 minutes. L'exposition de rats à des concentrations élevées d'aérosols ou de fumées d'acide nitrique est responsable d'une irritation intense, puis de lésions caustiques des voies respiratoires et de la peau. Un oedème pulmonaire peut apparaître plusieurs heures après l'exposition. Une exposition de rats à de l'acide nitrique fumant rouge, blanc et à du dioxyde d'azote montre que ce dernier est le constituant le plus toxique et que le contenu des vapeurs en acide nitrique peut légèrement potentialiser ses effets. La LOAEL (lowest adverse effects level) de l'acide nitrique pour le rat est 0,73 ppm pendant 3 heures (augmentation du nombre de lésions pulmonaires focales) ; cependant, aucun effet n'est noté dans une expérimentation plus ancienne, après une exposition unique (durée non précisée) à 25 ppm, soit 63 mg/m³.

L'instillation intra-trachéale de faibles quantités (0,15 à 0,5ml) d'acide nitrique dilué (0,5 à 1 %) produit chez le rat, le lapin et le hamster des lésions caustiques immédiates de l'épithélium bronchique et des alvéoles, responsables d'une bronchiolite oblitérante et d'un oedème pulmonaire. L'évolution à terme de ces lésions a été suivie chez le hamster et le lapin : des foyers de bronchiolite oblitérante et des bronchectasies séquellaires ont été constatées.

L'acide nitrique est un caustique puissant ; il est responsable de lésions sévères des tissus avec lesquels il entre en contact. Leur intensité dépend de la concentration de la solution, de la quantité appliquée et de la durée de l'exposition.

Toxicité subchronique, chronique

[11]

Une exposition à long terme confirme les effets irritants ou corrosifs de l'acide nitrique.

Des rats, exposés à 9 ou 14 ppm de vapeurs d'acide nitrique, 4 heures par jour, pendant 40, 56 ou 96 heures, présentent une irritation intense des voies respiratoires (rhinite, trachéite). Chez certains animaux, les lésions inflammatoires des voies respiratoires persistent et/ou des foyers d'emphysème apparaissent, à distance de l'exposition.

En revanche, aucun signe d'irritation n'a été observé chez des rats, des souris et des cobayes exposés à 4 ppm de vapeurs d'acide nitrique, 4 heures par jour, 5 jours par semaine, pendant 6 mois.

Effets génotoxiques

[4]

Les solutions aqueuses d'acide nitrique ne sont pas mutagènes in vitro .

In vitro, les tests bactériens (test d' Ames *S. typhimurium* (TA98, TA100, TA1535, TA1537, TA1538), recombinaison mitotique *B. subtilis*, mutation reverse *E. coli*) donnent des résultats négatifs.

Effets cancérogènes

[12]

Il n'y a pas d'expérimentation animale adéquate qui permette de déterminer l'effet cancérogène de l'acide nitrique.

Une étude limitée a montré une augmentation de l'incidence des tumeurs osseuses chez le rat exposé à 0,013- 0,018-0,049 mg/L d'acide nitrique, par inhalation, sous forme d'aérosol, pendant deux ans, mais pas de relation dose-réponse.

Toxicité sur l'Homme

L'acide nitrique, les vapeurs et les aérosols d'acide nitrique sont caustiques et peuvent provoquer, en cas d'exposition à une concentration suffisante, des brûlures chimiques de la peau, des yeux et des muqueuses respiratoire et digestive. Dans une récente évaluation, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé les brouillards d'acides inorganiques forts dans le groupe 1 des substances cancérogènes pour l'homme.

Toxicité aiguë

[13 à 19]

En milieu professionnel, les principales voies d'exposition sont les voies respiratoire et cutanée.

La contamination cutanée ou oculaire (projection de solutions d'acide nitrique ou exposition à des vapeurs ou des aérosols d'acide) entraîne localement des brûlures chimiques dont la gravité est fonction de la concentration de la solution, de l'importance de la contamination et de la durée du contact. Le contact cutané avec l'acide nitrique peut provoquer une coloration jaunâtre de la peau. Selon la profondeur de l'atteinte cutanée, on peut observer un érythème chaud et douloureux, la présence de phlyctènes ou une nécrose. L'évolution peut se compliquer de surinfection, de séquelles esthétiques ou fonctionnelles. Au niveau oculaire, la symptomatologie associe une douleur immédiate, un larmoiement, une hyperhémie conjonctivale et souvent un blépharospasme. Des lésions séquellaires sont possibles : adhérences conjonctivales, opacités cornéennes, cataracte, glaucome, voire cécité.

L'exposition par inhalation à des vapeurs ou des aérosols d'acide nitrique provoque immédiatement des signes d'irritation des voies respiratoires : rhinorrhée, éternuements, sensation de brûlure nasale et pharyngée, toux, dyspnée, douleur thoracique. La survenue d'un oedème laryngé ou d'un bronchospasme peut d'emblée engager le pronostic vital. À l'arrêt de l'exposition, la symptomatologie régresse le plus souvent, mais un oedème pulmonaire lésionnel peut survenir de façon retardée, jusqu'à 48 heures après l'exposition. Secondairement, la surinfection bactérienne est la complication la plus fréquente. L'hypersécrétion bronchique et la desquamation de la muqueuse bronchique en cas de brûlure étendue sont responsables d'obstructions tronculaires et d'atélectasies. À terme, des séquelles respiratoires sont possibles : asthme induit par les irritants (en particulier, syndrome de dysfonctionnement réactif des voies aériennes ou syndrome de Brooks), sténoses bronchiques, bronchectasies, fibrose pulmonaire. Plusieurs cas de décès par oedème pulmonaire, survenant après un intervalle de temps libre et rapidement progressif, ont été rapportés lors d'expositions accidentelles, la plupart en milieu professionnel [17-19]. Les auteurs discutent le rôle des produits de décomposition (oxydes d'azote dont le dioxyde d'azote) contenus dans les vapeurs d'acide nitrique.

L'ingestion d'une solution concentrée d'acide nitrique est suivie de douleurs buccales, rétrosternales et épigastriques associées à une hypersialorrhée et des vomissements fréquemment sanglants. L'examen de la cavité bucco-pharyngée et la fibroscopie oesogastro-odénale permettent de faire le bilan des lésions caustiques du tractus digestif supérieur. Le bilan biologique révèle une acidose métabolique et une élévation des enzymes tissulaires, témoins de la nécrose tissulaire, une hyperleucocytose et une hémolyse. Des complications peuvent survenir à court terme : perforation oesophagienne ou gastrique, hémorragie digestive, fistulisation (fistule oesotrachéale ou aorto-oesophagienne), détresse respiratoire (révélant un oedème laryngé, une destruction du carrefour aérodigestif, une pneumopathie d'inhalation ou une fistule oesotrachéale), état de choc (hémorragique, septique...), coagulation intravasculaire disséminée (évoquant une nécrose étendue ou une perforation). L'évolution à long terme est dominée par le risque de constitution de sténoses digestives, en particulier oesophagiennes ; il existe également un risque de cancérisation des lésions cicatricielles du tractus digestif.

Toxicité chronique

Des érosions dentaires ont été attribuées à des expositions professionnelles répétées à des vapeurs ou des aérosols d'acide nitrique [20].

Effets cancérogènes

[21]

Dans une récente évaluation, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a considéré que les données étaient suffisantes concernant le lien entre exposition aux aérosols d'acides inorganiques forts et risque de cancer du larynx, mais limitées pour pouvoir affirmer une association causale avec le cancer bronchique. Même s'il semble plausible que la diminution locale du pH en rapport avec l'inhalation d'acides inorganiques forts puisse provoquer des dommages cellulaires et une prolifération réactionnelle, aucun mécanisme n'est formellement identifié comme étant à l'origine des cancers observés.

Effets sur la reproduction

Il n'y a pas de données humaines permettant d'évaluer les effets de l'exposition à l'acide nitrique sur la reproduction (fertilité, développement). De tels effets ne semblent pas plausibles dans les conditions d'exposition professionnelle [22].

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : 1^{er} trimestre 2011

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population", "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées.

Sécurité et santé au travail

Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux)

- Articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail.
- Circulaire DRT du ministère du travail n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au *JO*).

Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au *JO*).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (*JO* du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (*JO* du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

Prévention des incendies et des explosions

- Articles R. 4227-1 à R. 4227-41 du Code du travail.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Article R. 4412-150 du Code du travail.
- Arrêté du 26 octobre 2007 (*JO* du 28 octobre 2007) modifiant l'arrêté du 30 juin 2004 modifié établissant la liste des VLEP indicatives (*JO* du 11 juillet 2004).

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Européennes)

- Directive 2006/15/CE de la Commission du 7 février 2006 (*JOCE* du 9 février 2006).

Maladies à caractère professionnel

- Articles L. 461-6 et D. 461-1 et annexe du Code de la sécurité sociale : déclaration médicale de ces affections.

Travaux interdits

- Jeunes travailleurs de moins de 18 ans : article D. 4153-17 du Code du travail. Des dérogations sont possibles sous conditions : articles R. 4153-38 à R. 4153-49 du Code du travail.

Entreprises extérieures

- Article R. 4512-7 du Code du travail et arrêté du 19 mars 1993 (*JO* du 27 mars 1993) fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

Classification et étiquetage

a) Substance Acide nitrique

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 modifié du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (L 353, JOUE du 31 décembre 2008)) introduit, dans l'Union européenne, le système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. La classification et l'étiquetage de l'acide nitrique en solution aqueuse harmonisés selon les deux systèmes (règlement et directive 67/548/CEE) figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. La classification est :

- selon le règlement (CE) n° 1272/2008 modifié :
 - a) Acide nitrique en solution (... %)
 - Corrosion catégorie 1A, H314 si concentration ≥ 20 %
 - Liquide comburant de catégorie 3, H272 si concentration ≥ 65 %
- selon la directive 67/548/CEE :
 - a) Acide nitrique en solution (... %)
 - Corrosif ; R 35 si concentration ≥ 20 %
 - Comburant si concentration ≥ 70 %.

b) mélanges (préparations) contenant de l'acide nitrique :

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié.

Des limites spécifiques de concentration ont été fixées pour l'acide nitrique.

Les lots de mélanges classés, étiquetés et emballés selon la directive 1999/45/CE peuvent continuer à circuler sur le marché jusqu'au 1er juin 2017 sans réétiquetage ni réemballage conforme au CLP.

Protection de la population

- Article L. 1342-2, articles R. 5132-43 à R. 5132-73, articles R. 1342-1 à 1342-12 du Code de la santé publique :
 - étiquetage (cf. § Réglementation).

Protection de l'environnement

Les installations ayant des activités, ou utilisant des substances, présentant un risque pour l'environnement peuvent être soumises au régime ICPE (Installations classées pour la protection de l'environnement). Pour savoir si une installation est concernée, se référer à la nomenclature ICPE en vigueur ; le ministère chargé de l'environnement édite une brochure téléchargeable et mise à jour à chaque modification (www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/La-nomenclature-des-installations.html). Pour plus d'information, consulter le ministère ou ses services (DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) ou les CCI (Chambres de Commerce et d'Industrie)).

Transport

Se reporter entre autre à l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (dit " Accord ADR ") en vigueur au 1er janvier 2011 (www.developpement-durable.gouv.fr/-Transport-des-marchandises-.html). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

Recommandations

Au point de vue technique

Stockage

- Stocker le produit dans des locaux frais et bien ventilés, à l'abri de l'humidité et de toute source de chaleur ou d'ignition (rayons solaires, flammes, étincelles...), à l'écart des produits incompatibles notamment matériaux combustibles, bases fortes... (Voir Propriétés chimiques).
- Bannir de la construction et du local tout métal ou objet métallique susceptible de réagir au contact de l'acide nitrique.
- Le sol de ces locaux sera imperméable, résistant aux acides et formera cuvette de rétention, afin qu'en cas de déversement accidentel, le liquide ne puisse se répandre au-dehors. Selon l'importance du stockage, prévoir l'écoulement vers une fosse de neutralisation.
- Maintenir les récipients soigneusement fermés et étiquetés correctement.
- Reproduire l'étiquette en cas de fractionnement de l'emballage de solutions aqueuses d'acide nitrique.
- Prévoir, à proximité du local de stockage, des équipements de protection individuelle, notamment des appareils de protection respiratoire autonomes isolants, un poste d'eau à débit abondant, des douches et des fontaines oculaires.
- Interdire de fumer.
- Mettre le matériel électrique en conformité avec la réglementation en vigueur.

Manipulation

Les prescriptions relatives aux zones de stockage sont applicables aux ateliers où est utilisé le produit. En outre :

- Instruire le personnel des risques présentés par le produit, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident.
- N'entreposer dans les ateliers que les quantités nécessaires au travail à réaliser.
- Éviter l'inhalation d'aérosols, de vapeurs ou de brouillards d'acide. Effectuer en appareil clos toute opération industrielle qui s'y prête. Prévoir une captation des émissions à leur source ainsi qu'une ventilation générale des locaux. Prévoir également des appareils de protection respiratoire (APR) pour certaines opérations. Le choix de l'APR dépend des conditions de travail. Si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type BENOP3. Choisir de préférence un masque complet. Pour des interventions d'urgence, utiliser un appareil de protection respiratoire isolant autonome.
- Contrôler régulièrement la teneur en acide nitrique et oxydes d'azote.
- Éviter le contact du produit avec la peau et les yeux. Selon les opérations à réaliser et la concentration en acide, mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection résistants aux acides (combinaison, tablier...), des bottes ou des chaussures fermées, des écrans faciaux ou des lunettes de sécurité avec protections latérales et des gants. Ces effets doivent être en bon état et, s'ils ne sont pas à usage unique, nettoyés après chaque usage. Les matières recommandées pour les gants dépendent de la concentration en acide nitrique [25] :
 - pour les concentrations < 30 % en acide nitrique : caoutchouc naturel, caoutchouc butyle, polychloroprène, polyéthylène, polychlorure de vinyle, Viton®, Viton®/caoutchouc butyle, Barrier® ou Silver Shield/4H®,
 - pour les concentrations de 30 % à 70 % : caoutchouc butyle, polychloroprène, Viton®, Viton®/caoutchouc butyle, Barrier® ou Silver Shield/4H®,
 - pour les concentrations > 70 % : caoutchouc butyle, polychloroprène, Viton®, Viton®/caoutchouc butyle, Barrier®,
 - pour l'acide nitrique fumant rouge : Barrier®,
 - quelle que soit sa concentration, l'acide nitrique dégrade le polyalcool vinylique.
- Prévoir l'installation de douches et de fontaines oculaires.
- Effectuer les vidanges, transvasements, dilutions, dissolutions... de manière à éviter les surchauffes locales, les projections de liquide et la formation de vapeurs/brouillards/aérosols.
- Pour les dilutions avec l'eau (réaction exothermique), verser lentement l'acide nitrique dans l'eau par petites quantités et en agitant. Ne jamais verser d'eau dans l'acide.
- Ne pas fumer, boire et manger dans les ateliers.
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu de l'acide nitrique sans prendre les précautions d'usage [27].
- En cas de fuite ou de déversement accidentel d'acide nitrique, faire évacuer le personnel, aérer la zone et ne laisser intervenir que des opérateurs spécialement entraînés munis d'un équipement de protection approprié.
- En cas de déversement accidentel d'acide nitrique de faible importance, récupérer immédiatement le produit à l'aide d'un absorbant : boudin, feuilles ou granulés hydrophiles (polypropylène en mélange ou non avec des fibres minérales ou végétales et des additifs spéciaux). Laver ensuite la surface souillée à l'eau.

- Ne pas rejeter l'acide nitrique à l'égout ou dans l'environnement.
- Conserver les déchets et les eaux de nettoyage dans des récipients spécialement prévus à cet effet et les éliminer dans les conditions autorisées par la réglementation.

Au point de vue médical

- À l'embauchage, rechercher particulièrement des atteintes chroniques cutanées, respiratoires ou des voies aéro-digestives supérieures ainsi que des lésions kératoconjonctivales chroniques. L'examen clinique peut être complété par une radiographie pulmonaire et des épreuves fonctionnelles respiratoires qui serviront d'examen de référence.
- La fréquence des examens médicaux périodiques et la nécessité ou non d'effectuer des examens complémentaires seront déterminées par le médecin du travail en fonction de l'importance de l'exposition. On recherchera plus particulièrement des signes d'irritation cutanée, oculaire, des voies aéro-digestives supérieures et bronchopulmonaire ainsi que des érosions dentaires. Les examens complémentaires d'embauchage pourront également être répétés à intervalles réguliers.
- En l'absence d'équipement de protection individuelle approprié, déconseiller le port de lentilles de contact souples hydrophiles lors de travaux pouvant potentiellement exposer à des vapeurs ou aérosols d'acide. Celles-ci peuvent constituer une source d'irritation oculaire supplémentaire du fait de leur affinité pour ce type de produits. L'utilisation de verres correcteurs ou de lentilles rigides est préférable dans ce cas. Ces moyens de correction visuelle ne dispensent cependant pas du port d'équipements de protection oculaire adaptés.
- Lors d'accidents aigus, demander dans tous les cas l'avis d'un médecin ou du centre antipoison. Préciser, si possible, le pH de la solution responsable. Les risques sont particulièrement graves lorsque le pH est inférieur à 2.
- En cas de contact cutané, retirer immédiatement les vêtements souillés et laver la peau à grande eau pendant 15 minutes. Ne réutiliser les vêtements qu'après les avoir décontaminés. Si des lésions cutanées apparaissent ou si la contamination est étendue ou prolongée, consulter un médecin.
- En cas de projection oculaire, laver immédiatement et abondamment à l'eau tiède pendant 15 minutes, puis consulter un ophtalmologiste.
- En cas d'inhalation de vapeurs ou d'aérosols, retirer le sujet de la zone polluée après avoir pris toutes les précautions nécessaires pour les sauveteurs. Mettre en oeuvre, s'il y a lieu, des manœuvres de réanimation. Dans tous les cas, faire transférer la victime à l'hôpital en ambulance médicalisée pour un bilan clinique et radiologique, une surveillance et un traitement symptomatique, si nécessaire. En l'absence de symptômes, prévenir du risque de survenue d'un œdème pulmonaire lésionnel dans les 48 heures suivant l'exposition et de la nécessité de consulter en cas d'apparition de symptômes respiratoires.
- En cas d'ingestion de quelques gouttes d'une solution diluée (pH supérieur à 2), faire rincer la bouche et boire un ou deux verres d'eau. S'il apparaît des douleurs rétrosternales ou abdominales, des nausées ou des vomissements, consulter un médecin.
- En cas d'ingestion d'une solution concentrée dont le pH est inférieur à 2 ou d'une solution dont le pH n'est pas connu, quelle que soit la quantité absorbée, ne pas faire boire et ne pas tenter de provoquer des vomissements ; faire transférer rapidement par ambulance médicalisée en milieu hospitalier pour un bilan des lésions caustiques du tractus digestif, une surveillance et un traitement symptomatique.

Bibliographie

- 1 | Nitric acid. In : Kirk-Othmer Encyclopedia of chemical technology. 5th edition. Vol. 17. Hoboken :Wiley-Interscience ; 2004 : 170-801.
- 2 | Nitric acid. In : HSDB. NLM, 2005. (toxnet.nlm.nih.gov).
- 3 | Nitric acid solution. In : IFA GESTIS Substance Database. IFA, 2010. (www.dguv.de/ifa/en/gestis/stoffdb/index.jsp ¹).
- 4 | Nitric acid. IUCLID dataset, 2000. (www.ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/).
- 5 | Acide nitrique. In : Répertoire toxicologique. CSST, 2005. (www.reptox.csst.qc.ca).
- 6 | The Merck Index. An encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals, 14th ed. Whitehouse Station : Merck and Co ; 2006.
- 7 | Lewis RJ - Hawley's Condensed chemical dictionary, 14th edition. New York : John Wiley and Sons ; 2001 : 1223 p.
- 8 | Nitric acid. Fiche IPCS. ICSC 0183, 2006 (www.cdc.gov/niosh/ipcs/icstart.html).
- 9 | Nitric acid - Lewis RJ - SAX's dangerous properties of industrial materials. 11th edition. Volume 3. New York :Wiley-Interscience ; 2004 : 1842 p.
- 10 | Urben PG, Pitt MJ (Eds) - Bretherick's handbook of reactive chemicals hazards. 6th edition. Vol 1. Oxford : Butterworth-Heinemann ; 1999 : 1566- 1601, 2104 p.
- 11 | Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to nitric acid. Cincinnati. NIOSH publication n° 78, 1976.
- 12 | Nielsen JP - Criteria document for Nitric Acid. CEC Occupational exposure limits EUR 16668 EN (1994) 42 p.
- 13 | Pontal PG, Brun JG, Lormier G - Brûlures caustiques du tractus digestif supérieur. RevMed. 1983 ; 4-5 : 191-195.
- 14 | Brooks SM, Hammad Y, Richards I et al. - The spectrum of irritant-induced asthma. Sudden and not-so-sudden onset and the role of allergy. *Chest*. 1998 ; 113 : 42-49.
- 15 | Garnier R - Acides et anhydrides. In : Bismuth C, Baud PJ, Conso F et al. - Toxicologie Clinique. 5e édition. Paris, Flammarion Médecine-Sciences ; 2000 : 699-713, 1092 p.
- 16 | Acides et bases minérales fortes. In : Testud F - Pathologie toxique professionnelle et environnementale. 3e édition. Paris, Éditions ESKA ; 2005 : 69- 76, 672 p.
- 17 | Hajela R, Janigan DT, Landrigan PL, Boudreau SF et al. - Fatal pulmonary edema due to nitric acid fume inhalation in three pulp-mill workers. *Chest*. 1990 ; 97 : 487-489.
- 18 | Murphy CM, Akbarnia H, Rose SR - Fatal pulmonary edema after acute occupational exposure to nitric acid. *J Emerg Med*. 2010 ; 39(1) : 39-43.
- 19 | Bur A, Wagner A, Röggla M, Berzlanovic A et al. - Fatal pulmonary edema after nitric acid inhalation. *Resuscitation*. 1997 ; 35 : 33-39.
- 20 | Ten Bruggen Cate HJ - Dental erosion in industry. *Br J Ind Med*. 1968 ; 25 : 249-266.
- 21 | Strong inorganic acids. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 100F. IARC ; in prep (www.iarc.fr).
- 22 | Van der Hagen M, Järnberg J - 140. Sulphuric, hydrochloric, nitric and phosphoric acids. The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals. 2009 ; 43 (7) : 122 p. (www.gupeace.se/handle/2077/21106)
- 23 | Anions minéraux. Fiche 009. In : Métropol. Métrologie des polluants. INRS, 2010. (www.inrs.fr/metropol/)

24 | Air des lieux de travail. Détermination des acides inorganiques par chromatographie ionique - Partie 2 : Acides volatils, sauf acide fluorhydrique (acide chlorhydrique, acide bromhydrique et acide nitrique). Norme NF ISO 21438-2. Indice de classement X43-211-2. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; Janvier 2010.

25 | Forsberg K, Mansdorf SZ - Quick selection guide to chemical protective clothing, 5th edition. NewYork : JohnWiley and sons ; 2007 : 203 p.

26 | Leleu J, Triolet J - Réactions chimiques dangereuses. ED 697. Paris : INRS ; 2003.

27 | Cuves et réservoirs. Recommandation CNAMTS R 435. Paris : INRS ; 2008.

¹ <http://www.dguv.de/ifa/en/gestis/stoffdb/index.jsp>

Auteurs

N. Bonnard, M.-T. Brondeau, D. Jargot, N. Nikolova-Pavageau, O. Schneider, P. Serre

Chlorure d'hydrogène et solutions aqueuses

Fiche toxicologique n°13

Généralités

Edition _____ Édition 2010

Formule :

HCl

Substance(s)

Nom	Détails	
Chlorure d'hydrogène	Numéro CAS	7647-01-0
	Numéro CE	231-595-7
	Numéro index	017-002-00-2
Acide chlorhydrique (solutions aqueuses)	Numéro CAS	7647-01-0
	Numéro CE	231-595-7
	Numéro index	017- 002-01-X

Etiquette



CHLORURE D'HYDROGÈNE

Danger

- H331 - Toxique par inhalation
- H314 - Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.
231-595-7

017-002-01-X – Acide chlorhydrique... (≥ 25 %)	Etiquetage selon le règlement CLP (CE n° 1272/2008)
N° 231-595-7 (Acide chlorhydrique (solutions aqueuses))	 <p>Danger, H314, H335.</p>

Selon l'annexe VI du règlement CLP.

ATTENTION : pour la mention de danger H331, se reporter à la section "Réglementation".

Caractéristiques

Utilisations

[1 à 4]

Le chlorure d'hydrogène anhydre et ses solutions aqueuses sont utilisés dans diverses industries (pharmaceutique, phytopharmaceutique, alimentaire, chimique, électronique, métallurgique, minière, pétrolière, industrie des polymères, des matières colorantes, du cuir, du textile...). Ils interviennent dans de nombreuses réactions en chimie organique et en chimie minérale.

Le chlorure d'hydrogène anhydre est, en particulier, un produit de base pour la fabrication de chlorures d'alkyles, de chlorure de vinyle, trichlorosilane, acide chlorosulfonique, produits pharmaceutiques, engrais et produits phytopharmaceutiques.

Le chlorure d'hydrogène en solution aqueuse (acide chlorhydrique) est utilisé principalement dans les opérations de nettoyage et décapage des métaux, la production de chlorures minéraux, l'extraction et la purification de certains minerais, mais aussi comme agent de neutralisation, pour la récupération de métaux semi-précieux dans des catalyseurs usagés, le traitement de l'eau (régénération des résines échangeuses d'ions, fabrication de floculants).

Propriétés physiques

[1 à 5]

Le chlorure d'hydrogène anhydre est un gaz incolore, d'odeur âcre et irritante, facilement liquéfiable (sous pression atmosphérique, il se liquéfie entre - 94 et - 85 °C).

Il est très soluble dans l'eau : pour 100 g d'eau, 82,3 g de chlorure d'hydrogène à 0 °C, 67,3 g HCl à 30 °C ou 56,1 g HCl à 60 °C. La dissolution s'accompagne d'un très grand dégagement de chaleur.

Il est également soluble dans de nombreux solvants organiques (méthanol, éthanol, propanol, oxyde de diéthyle, diméthylformamide, dioxane, tétrahydrofurane, acétate d'éthyle...).

Quelques caractéristiques physiques du chlorure d'hydrogène anhydre sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

L'acide chlorhydrique, solutions aqueuses de chlorure d'hydrogène, est commercialement disponible à différentes concentrations.

Nom Substance	Détails		
Chlorure d'hydrogène anhydre	N° CAS	7647-01-0	
	Etat Physique	Gaz	
	Masse molaire	36,46	
	Point de fusion	- 114,2 °C	
	Point d'ébullition	- 85,05 °C	
	Densité	1,045 g/cm³ à - 55 °C	
	Densité gaz / vapeur	1,268	
	Pression de vapeur	4 220 kPa à 20 °C	
	Point critique	Pression : 8,3.10³ kPa	
		Température : 51,5 °C	
	N° CAS		
	Etat Physique		
	Masse molaire		
	Point de fusion		
	Point d'ébullition		
	Densité		
	Densité gaz / vapeur		
	Pression de vapeur		
	Point critique		

À 25 °C et 101,3 kPa, 1 ppm = 1,49 mg/m³.

Propriétés chimiques

[2, 4]

Le chlorure d'hydrogène anhydre est un gaz stable thermiquement. Il ne se dissocie en hydrogène et chlore qu'à température élevée : 0,10 % est dissocié à 600 °C, environ 5 % à 2 000 °C [2]. En contact avec l'air, il émet des fumées corrosives.

L'acide chlorhydrique résultant de la dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau est un acide fort totalement dissocié en protons et ions chlorures, très réactif.

Le chlorure d'hydrogène et l'acide chlorhydrique peuvent être à l'origine de réactions dangereuses. Ils réagissent vigoureusement avec les oxydants en libérant du chlore ; la réaction avec les bases, exothermique, peut être violente.

Le chlorure d'hydrogène anhydre n'attaque pas les métaux usuels. Mais en présence d'humidité, il est corrosif pour la plupart des métaux avec dégagement d'hydrogène, gaz très inflammable et explosible.

Les solutions aqueuses de chlorure d'hydrogène sont stables. Les métaux, à l'exception de l'argent, de l'or, du platine, du tantale ou de certains alliages, sont attaqués par l'acide chlorhydrique avec formation d'hydrogène ; la réaction s'accompagne généralement d'un grand dégagement de chaleur.

Réipients de stockage

Le chlorure d'hydrogène anhydre est livré sous forme de gaz comprimé liquéfié dans des contenants spécifiques en acier.

Le stockage de l'acide chlorhydrique peut s'effectuer, selon les concentrations et les quantités, dans des récipients en acier revêtu ou en résines synthétiques résistantes (polypropylène, polychlorure de vinyle, ABS...). Le verre est également utilisé pour de petites quantités.

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Une valeur limite d'exposition professionnelle **contraignante** dans l'air des locaux de travail a été établie en France pour le chlorure d'hydrogène (article R. 4412-149 du Code du travail).

Substance	Pays	VME (ppm)	VME (mg/m ³)	VLCT (ppm)	VLCT (mg/m ³)	Valeur Plafond /ppm
Chlorure d'hydrogène	France (VLEP contraignante - 2006)	-	-	5	7,6	-
Chlorure d'hydrogène	Union européenne (2000)	5	8	10	15	-
Chlorure d'hydrogène	États-Unis (ACGIH 2000)	-	-	-	-	2
Chlorure d'hydrogène	Allemagne (valeurs MAK)	2	3	-	-	-

Méthodes de détection et de détermination dans l'air

- Passage de l'air au travers d'une cassette contenant un préfiltre-membrane en PTFE (porosité < 1 µm) pour retenir et séparer les éventuels chlorures particuliers en suspension et un ou deux filtre(s) en fibres de quartz imprégné(s) de carbonate de sodium pour l'acide chlorhydrique gazeux. Les brouillards d'acide dissous sont également collectés sur le pré-filtre (et sur les parois de la cassette), puis évaporés par le passage de l'air avant d'être piégés finalement sur le (ou les) filtre(s) imprégné(s). Les filtres sont désorbés dans l'eau (la membrane peut l'être aussi, séparément) [17, 18].
ou
- Prélèvement de l'acide chlorhydrique gazeux sur un tube rempli de gel de silice. Un filtre en fibre de verre à l'entrée du tube permet la séparation des chlorures particuliers. Le filtre et le tube sont désorbés séparément dans un mélange de carbonate et de bicarbonate de sodium [19, 20].
- L'analyse de l'acide chlorhydrique (et des autres chlorures, si besoin) est effectuée par chromatographie ionique avec détection conductimétrique ou par électrophorèse capillaire.
- Utilisation possible d'appareils à réponse instantanée équipés des tubes détecteurs colorimétriques DRAEGER (acide chlorhydrique 1/a) et GASTEC (Hydrogen chloride 14 I), mais ces tubes ne sont pas sélectifs et d'autres substances (acides minéraux, chlore, dioxyde de chlore ou de soufre) peuvent donner une réponse semblable.

Incendie - Explosion

Le chlorure d'hydrogène est un composé non inflammable et non explosible.

Cependant, en présence d'eau, son action corrosive sur les principaux métaux usuels s'accompagne d'un dégagement d'hydrogène, ce qui peut provoquer incendie et explosion : en effet, l'hydrogène est un gaz très inflammable et explosible en mélange avec l'air (les limites d'explosivité inférieure et supérieure sont respectivement de 4 et 75 % en volume).

En cas d'incendie, différents agents d'extinction peuvent être utilisés : dioxyde de carbone, poudres sèches, eau pulvérisée ou mousses. Refroidir à l'aide d'eau pulvérisée les récipients exposés ou ayant été exposés au feu (gaz liquéfié sous pression et acide chlorhydrique).

Les intervenants qualifiés et entraînés seront équipés d'appareils de protection respiratoire autonomes isolants et de combinaisons de protection spéciales.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

[3, 6]

L'absorption, la distribution et l'excrétion du chlorure d'hydrogène sont identiques chez l'homme et l'animal. Après inhalation ou ingestion, il est rapidement dissocié en ions H⁺ et Cl⁻ ; ces derniers entrent dans le pool corporel, l'excédent est éliminé dans l'urine.

Chez l'animal

Les vapeurs de chlorure d'hydrogène ou les gouttelettes (aérosol/brouillard) de ses solutions aqueuses peuvent être inhalées et provoquer des effets locaux sur le tractus respiratoire supérieur ; une pénétration plus profonde peut se produire lors d'une ventilation plus importante. Le chlorure d'hydrogène se dissocie rapidement et l'anion Cl⁻ entre dans le pool corporel des électrolytes. L'acidité de la paroi muqueuse du tractus respiratoire peut être partiellement neutralisée par l'ammoniaque corporelle.

Les effets locaux des solutions aqueuses sont surtout dus à l'ion H⁺ (dépôt local de protons, modification du pH) plus qu'à l'anion Cl⁻. L'acide chlorhydrique est un constituant normal du suc gastrique où il joue un rôle physiologique important ; l'estomac est adapté aux variations d'acidité. Après ingestion, seule la membrane muqueuse du tractus gastro-intestinal est lésée. Des défenses naturelles immédiates contre les modifications de pH sont apportées par des solutions tampons ; la régulation du pH dépend, en dernier recours, des poumons (excrétion de CO₂) et des reins (régénération de bicarbonate par une excrétion de protons dans l'urine) ; les ions Cl⁻ excédentaires sont éliminés dans l'urine.

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

[3]

Le chlorure d'hydrogène, ou ses solutions aqueuses, sont corrosifs ou irritants selon la concentration ; ils induisent des effets locaux sur la peau, les yeux et le tractus gastro-intestinal, après exposition directe à une dose suffisamment élevée.

Voie	Espèce	DL50/CL50
Orale	Rat	238 - 277 mg/kg (sol à 3,3 %) 700 mg/kg
	Lapin	900 mg/kg
Inhalation (gaz)	Rat	23,7 - 60,9 mg/L/5 min 5,7 - 7,0 mg/L/30 min 4,2 - 4,7 mg/L/60 min
	Souris	20,9 mg/L/5 min 3,9 mg/L/30 min 1,7 mg/L/60 min
	Lapin Cobaye	6,5 mg/L/30 min [6]
Inhalation (aérosol)	Rat	45 mg/L/5 min 5,7 - 8,3 mg/L/30 min
	Souris	16,5 mg/L/5 min 2,1 - 3,2 mg/L/30 min
Cutanée	Lapin	> 5 010 mg/kg

Les signes cliniques d'une exposition au gaz ou à l'aérosol sont une baisse de la fréquence respiratoire (chez la souris à partir de 99 ppm, soit 148 mg/m³ [6]), une irritation et/ou une corrosion des yeux (opacification et érosion de la cornée) et de la peau (en particulier, ulcération du scrotum) ; les animaux meurent, rapidement après l'exposition, par arrêt respiratoire (emphysème alvéolaire, atelectasie et œdème des poumons).

Administré par voie orale, l'acide chlorhydrique provoque, chez le rat, une ulcération de l'estomac, une inflammation aiguë de l'intestin, une décoloration du foie et une hyperémie des poumons. Des lésions sévères et une perméabilité aux ions H⁺ augmentée ont été observées dans l'œsophage de lapins après perfusion avec des solutions d'acide chlorhydrique (40 à 80 mmoles/l). Une œsophagite est observée chez le chat traité par cet acide (pH 1 à 1,3) pendant 1 heure.

Des souris, exposées à 304 ppm (453 mg/m³) 6 h/j pendant 3 jours, sont moribondes et présentent une exfoliation de l'épithélium respiratoire et érosion, ulcération et nécrose de l'épithélium olfactif. Aucune modification pathologique des paramètres respiratoires n'est provoquée chez le cobaye par une exposition à 15 mg/m³, 2 h/j, 5 j/sem pendant 7 semaines.

Irritation

Des concentrations comprises entre 3,3 % et 17 % sont irritantes pour la peau ; au-delà, elles sont corrosives.

Sur l'œil, des concentrations supérieures à 3,3 % provoquent une irritation grave ; les symptômes peuvent inclure rougeurs, gonflements, douleurs et larmes. Une exposition prolongée, ou à concentration bien plus forte, induit une opacité cornéenne, une ulcération et une diminution de la vision avec risque d'altération permanente. La sévérité de l'irritation est liée à la durée du traitement (les larmes ont un effet tampon et diluant). Chez le lapin, 0,1 ml d'une solution aqueuse à 10 % provoque une altération permanente de la vision ; la concentration non irritante est 0,33 %.

L'acide chlorhydrique est un irritant respiratoire pour la souris ; la RD50 est de 309 ppm (460 mg/m³), 6 h/j pendant 3 jours.

Sensibilisation

Le test de maximisation chez le cobaye (induction et déclenchement : solution à 1 %) et le test de gonflement de l'oreille de la souris (induction 1 %, déclenchement 5 %) donnent des résultats négatifs.

Toxicité subchronique, chronique

[3]

Une exposition à long terme confirme les effets irritants de l'acide chlorhydrique ou de ses solutions aqueuses.

Des rats et des souris sont exposés à 0-10-20 et 50 ppm, 6 h/j, 5 j/sem pendant 90 jours ; les souris exposées à 50 ppm présentent une baisse de la prise de poids et de nourriture ainsi qu'une baisse du poids du foie (mâle) ; les rats diminuent la prise de nourriture à 20 et 50 ppm et perdent du poids (mâles, 50 ppm). Aucune modification des paramètres sanguins ou urinaires n'a été notée. Des modifications inflammatoires des lèvres et des cavités nasales ont été observées (rats > 10 ppm, souris > 20 ppm). La NOAEL est de 20 ppm chez le rat et la souris si on excepte l'irritation locale.

Une exposition à 10 ppm, 6 h/j, 5 j/semaine pendant toute la durée de la vie induit chez le rat des effets sur le tractus respiratoire supérieur : rhinite, hyperplasie épithéliale ou squameuse et métaplasie squameuse de la muqueuse nasale, hyperplasie du larynx et de la trachée [8].

Des rats ont été exposés à 280-1250 mmol/kg de nourriture (10,2-45,6 mg/kg de nourriture) pendant 7 à 12 semaines. À la plus forte dose, les animaux présentent une baisse de poids, de prise de nourriture, du pH sanguin, de la longueur du fémur et du taux de cendres dans les os.

L'acidification de l'eau de boisson par l'acide chlorhydrique jusqu'à pH 2 provoque, chez le rat exposé pendant 21 semaines, une baisse du volume de l'urine et du taux de protéines urinaires [9].

Effets génotoxiques

[3, 6]

L'acide chlorhydrique n'est pas mutagène in vitro . In vivo , il donne des résultats positifs dans un test.

In vitro, les tests bactériens (test d'Ames *S. typhimurium*, recombinaison mitotique *S. cerevisiae* et *E. coli*, mutation reverse *E. coli*) donnent des résultats négatifs. Les tests non bactériens donnent des résultats positifs à forte dose (aberrations chromosomiques et échanges entre chromatides sœurs cellules ovariennes de hamster chinois, avec ou sans activateurs métaboliques, pH = 5,3 - 5,5 ; mutations géniques cellules de lymphome de souris, dose cytotoxique) et négatifs à plus faible dose et pH plus élevé (≈ 6,3). Les résultats positifs sont considérés comme un artefact dû au pH faible.

In vivo, des résultats positifs sont obtenus dans un test de létalité récessive liée au sexe chez la drosophile par inhalation de vapeurs ou en nourrissant les larves avec la solution aqueuse.

Effets cancérogènes

[3, 6]

L'acide chlorhydrique n'est pas cancérogène pour l'animal.

L'exposition de rats par inhalation à 10 ppm de chlorure d'hydrogène gazeux, 6 h/j, 6 j/sem, pendant 128 semaines, n'augmente ni la mortalité ni l'incidence des tumeurs malignes chez les animaux traités, malgré l'augmentation de l'hyperplasie dans le larynx et la trachée.

L'exposition de souris par voie cutanée (3 - 5 % acide chlorhydrique, 25 à 46 semaines) n'induit pas l'apparition de tumeur maligne.

En exposition combinée (6 h/j, 5 j/sem, 128 semaines), le chlorure d'hydrogène (9,9 ppm, soit 14,8 mg/m³) mélangé avec du formaldéhyde (15,2 ppm, soit 18,7 mg/m³) induit, chez le rat, des carcinomes de la muqueuse nasale de façon identique au formaldéhyde seul. Le taux de tumeurs totales est légèrement plus élevé chez les animaux exposés au mélange réalisé avant la chambre d'inhalation que chez ceux exposés au mélange dans la chambre d'inhalation ou au formaldéhyde seul. Les auteurs suggèrent la formation d'agents alkylants par réaction entre les deux composés [8].

Effets sur la reproduction

[6]

Les effets de l'acide chlorhydrique sur la reproduction ne se manifestent qu'à des concentrations toxiques pour les mères.

Des rates, exposées au chlorure d'hydrogène (450 mg/m³ pendant 1 heure), soit 12 jours avant l'accouplement, soit au 9^{ème} jour de gestation, présentent une létalité importante (30 %) et, chez les survivantes, une perturbation de la fonction pulmonaire (baisse de la saturation en oxygène) et rénale (augmentation de l'excrétion de protéines et de chlorures). La mortalité postnatale est augmentée et la fonction rénale des petits de sexe masculin perturbée (augmentation de la diurèse et baisse de l'excrétion de protéines) si l'exposition est faite pendant la gestation ; le poids des petits est plus faible quand la mère a été exposée avant l'accouplement. Dans les deux cas, on observe une augmentation de la sensibilité pulmonaire.

Toxicité sur l'Homme

Le chlorure d'hydrogène et ses solutions aqueuses (ou acide chlorhydrique) sont caustiques et peuvent provoquer, en cas d'exposition à une concentration suffisante, des brûlures chimiques de la peau, des yeux et des muqueuses respiratoire et digestive. Les effets d'une exposition chronique sont également de type irritatif. Dans une récente évaluation, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé les brouillards d'acides inorganiques forts dans le groupe 1 des substances cancérogènes pour l'homme.

Toxicité aiguë

[10 à 14]

En milieu professionnel, les principales voies d'exposition sont les voies respiratoire et cutanée.

La contamination cutanée ou oculaire (projection de solutions d'acide chlorhydrique ou exposition au chlorure d'hydrogène gazeux, à des vapeurs ou des aérosols d'acide) entraîne localement des brûlures chimiques dont la gravité est fonction de la concentration de la solution, de l'importance de la contamination et de la durée du contact. Selon la profondeur de l'atteinte cutanée, on peut observer un érythème chaud et douloureux, la présence de phlyctènes ou une nécrose. L'évolution peut se compliquer de surinfection, de séquelles esthétiques ou fonctionnelles. Au niveau oculaire, la symptomatologie associe une douleur immédiate, un larmoiement, une hyperhémie conjonctivale et souvent un blépharospasme. Des lésions séquellaires sont possibles : adhérences conjonctivales, opacités cornéennes, cataracte, glaucome, voire cécité.

L'exposition par inhalation au chlorure d'hydrogène gazeux, à des vapeurs ou des aérosols d'acide chlorhydrique provoque immédiatement des signes d'irritation des voies respiratoires. Dans un rapport compilant les signes subjectifs d'irritation en fonction du niveau d'exposition au chlorure d'hydrogène chez des ouvriers effectuant du décapage d'acier, les auteurs ont observé l'absence d'effet irritatif à des concentrations de 3 à 4,5 mg/m³, un début d'irritation rapidement régressive à 5,2 mg/m³ et une irritation faible des voies aériennes pour des expositions de l'ordre de 7 à 11 mg/m³. Le chlorure d'hydrogène gazeux étant très hydrosoluble, il est rapidement dissous et provoque des lésions des voies aériennes supérieures. Quant à la pénétration dans l'arbre respiratoire des brouillards d'acide et la localisation initiale des lésions, elles dépendent notamment de la taille de l'aérosol. La symptomatologie observée comprend : rhinorrhée, éternuements, sensation de brûlure nasale et pharyngée, toux, dyspnée, douleur thoracique. La survenue d'un œdème laryngé ou d'un bronchospasme peut d'emblée engager le pronostic vital. À l'arrêt de l'exposition, la symptomatologie régresse le plus souvent, mais un œdème pulmonaire lésionnel peut survenir de façon retardée, jusqu'à 48 heures après l'exposition. Secondairement, la surinfection bactérienne est la complication la plus fréquente. L'hypersécrétion bronchique et la desquamation de la muqueuse bronchique en cas de brûlure étendue sont responsables d'obstructions tronculaires et d'atélectasies. À terme, des séquelles respiratoires sont possibles : asthme induit par les irritants (en particulier, syndrome de dysfonctionnement réactif des voies aériennes ou syndrome de Brooks), sténoses bronchiques, bronchectasies, fibrose pulmonaire.

L'ingestion d'une solution concentrée d'acide chlorhydrique est suivie de douleurs buccales, rétrosternales et épigastriques associées à une hypersialorrhée et des vomissements fréquemment sanglants. L'examen de la cavité bucco-pharyngée et la fibroscopie œsogastroduodénale permettent de faire le bilan des lésions caustiques du tractus digestif supérieur. Le bilan biologique révèle une acidose métabolique et une élévation des enzymes tissulaires, témoins de la nécrose tissulaire, une hyperleucocytose, une hémolyse et une hyperchlorémie. Des complications peuvent survenir à court terme : perforation œsophagienne ou gastrique, hémorragie digestive, fistulisation (fistule œsotrachéale ou aorto-œsophagienne), détresse respiratoire (révélant un œdème laryngé, une destruction du carrefour aérodigestif, une pneumopathie d'inhalation ou une fistule œsotrachéale), état de choc (hémorragique, septique...), coagulation intravasculaire disséminée (évoquant une nécrose étendue ou une perforation). L'évolution à long terme est dominée par le risque de constitution de sténoses digestives, en particulier œsophagiennes ; il existe également un risque de cancérisation des lésions cicatricielles du tractus digestif.

Toxicité chronique

[3, 7, 14, 15]

L'exposition répétée au chlorure d'hydrogène gazeux, à des vapeurs ou des aérosols de solutions aqueuses peut entraîner des effets irritatifs :

- dermatite d'irritation et conjonctivite ;
- ulcérations de la muqueuse nasale et orale, épistaxis, gingivorragies ;
- érosions dentaires (des érosions dentaires ont été observées chez 34 des 38 ouvriers, décapeurs dans une usine de galvanisation ; l'évaluation de l'exposition montrait qu'ils étaient exposés à l'acide chlorhydrique à une concentration supérieure à 5 ppm pendant plus d'un quart de leur temps de travail [16] ; on peut noter l'absence de groupe témoin et le faible effectif des salariés ne permettant pas d'analyser une éventuelle relation dose-effet) ;
- bronchite chronique.

Effets cancérogènes

[7]

Dans une récente évaluation, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a considéré que les données étaient suffisantes concernant le lien entre exposition aux aérosols d'acides inorganiques forts et risque de cancer du larynx mais limitées pour pouvoir affirmer une association causale avec le cancer bronchique. Même s'il semble plausible que la diminution locale du pH en rapport avec l'inhalation d'acides inorganiques forts puisse provoquer des dommages cellulaires et une prolifération réactionnelle, aucun mécanisme n'est formellement identifié comme étant à l'origine des cancers observés.

Effets sur la reproduction

Il n'y a pas de donnée humaine permettant d'évaluer les effets de l'exposition au chlorure d'hydrogène sur la reproduction (fertilité, développement). De tels effets ne semblent pas plausibles dans les conditions d'exposition professionnelle [15].

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : 4^e trimestre 2010

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population", "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées.

Sécurité et santé au travail

Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux)

- Articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail.
- Circulaire DRT du ministère du travail n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Article R. 4412-149 du Code du travail : Décret n° 2006-133 du 9 février 2006.

Maladies à caractère professionnel

- Articles L. 461-6 et D. 461-1 et annexe du Code de la sécurité sociale : déclaration médicale de ces affections.

Entreprises extérieures

- Article R. 4512-7 du Code du travail et arrêté du 19 mars 1993 (JO du 27 mars 1993) fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

Classification et étiquetage

a) substances

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (L 353, JOUE du 31 décembre 2008)) introduit, dans l'Union européenne, le nouveau système général harmonisé de classification et d'étiquetage. La classification et l'étiquetage du chlorure d'hydrogène et de ses solutions aqueuses harmonisés selon les deux systèmes (directive 67/548/CEE et règlement), figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. Les classifications sont :

- selon le règlement (CE) n° 1272/2008 modifié

chlorure d'hydrogène Gaz sous pression

- Toxicité aiguë (par inhalation) catégorie 3 ; H 331
- Corrosion catégorie 1A ; H 314

acide chlorhydrique en solution (> 25 %)

- Corrosion catégorie 1B ; H 314
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition unique, catégorie 3 : Irritation des voies respiratoires ; H 335.
- selon la directive 67/548/CEE

chlorure d'hydrogène

- Toxique ; R 23
- Corrosif ; R 35

acide chlorhydrique en solution (> 25 %)

- Corrosif ; R 34
- Irritant ; R 37

b) mélanges (préparations) contenant du chlorure d'hydrogène ou de l'acide chlorhydrique :

- Règlement (CE) n° 1272/2008.

Des limites spécifiques de concentration ont été fixées pour l'acide chlorhydrique.

Les lots de mélanges classés, étiquetés et emballés selon la directive 1999/45/CE peuvent continuer à circuler sur le marché jusqu'au 1er juin 2017 sans réétiquetage ni réemballage conforme au CLP.

Protection de la population

- Article L. 5132-2, articles R. 5132-43 à R. 5132-73 du Code de la santé publique :
 - détention dans des conditions déterminées (art. R. 5132-66) (pour le chlorure d'hydrogène anhydre) ;
 - étiquetage ;
 - cession réglementée (art. R. 5132-58 et R. 5132-59) (pour le chlorure d'hydrogène anhydre).

Protection de l'environnement

Les installations ayant des activités, ou utilisant des substances, présentant un risque pour l'environnement peuvent être soumises au régime ICPE. Pour savoir si une installation est concernée, se référer à la nomenclature ICPE en vigueur ; le ministère chargé de l'environnement édite une brochure téléchargeable et mise à jour à chaque modification (www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/La-nomenclature-des-installations.html). Pour plus d'information, consulter le ministère ou ses services (DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) ou les CCI (Chambres de Commerce et d'Industrie)).

Transport

Se reporter entre autre à l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (dit " Accord ADR ") en vigueur au 1er janvier 2011 (www.developpement-durable.gouv.fr/-Transport-des-marchandises-.html). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

Recommandations

Le stockage et la manipulation du chlorure d'hydrogène diffèrent selon qu'il s'agit du gaz anhydre ou de solutions aqueuses plus ou moins concentrées d'acide chlorhydrique.

Au point de vue technique

Stockage

- Stocker le chlorure d'hydrogène (gaz liquéfié sous pression) dans des locaux frais, secs et bien ventilés, à l'abri de toute source de chaleur ou d'ignition (rayons solaires, flammes, étincelles...), à l'écart des matières inflammables et des produits incompatibles tels que les oxydants et les bases.
- Les solutions aqueuses de chlorure d'hydrogène (acide chlorhydrique) seront stockées dans des locaux frais et bien ventilés, à l'écart des produits incompatibles, notamment oxydants et bases.
- Bannir de la construction et du local tout métal ou objet métallique susceptible de réagir avec dégagement d'hydrogène au contact du chlorure d'hydrogène.

- Le sol de ces locaux sera imperméable, résistant aux acides et formera cuvette de rétention, afin qu'en cas de déversement accidentel l'acide ne puisse se répandre au-dehors. Selon l'importance du stockage, prévoir l'écoulement vers une fosse de neutralisation.
- Maintenir les récipients soigneusement fermés et étiquetés correctement.
- Reproduire l'étiquette en cas de fractionnement de l'emballage.
- Prévoir, à proximité du local de stockage, des équipements de protection individuelle, notamment des appareils de protection respiratoire autonomes isolants, un poste d'eau à débit abondant, des douches et fontaines oculaires.
- Interdire de fumer.
- Mettre le matériel électrique en conformité avec la réglementation en vigueur.

Manipulation

Les prescriptions relatives aux zones de stockage sont applicables aux ateliers où est utilisé le chlorure d'hydrogène ou ses solutions aqueuses. En outre :

- Instruire le personnel des risques présentés par le produit, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident. Les procédures spéciales en cas d'accident feront l'objet d'exercices d'entraînement.
- Pour la manipulation des récipients de chlorure d'hydrogène, gaz sous pression, se conformer strictement aux instructions du fournisseur. Éviter tout choc ou manipulation brutale.
- N'entreposer dans les ateliers que des quantités limitées d'acide chlorhydrique ne dépassant pas celles nécessaires au travail à réaliser.
- Éviter l'inhalation de vapeurs, d'aérosols ou de brouillards de chlorure d'hydrogène ou d'acide chlorhydrique. Effectuer en appareil clos toute opération industrielle qui s'y prête. Prévoir un captage des émissions à leur source ainsi qu'une ventilation générale des locaux. Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certaines opérations. Leur choix dépend des conditions de travail. Si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type BE2P3. Choisir de préférence un masque complet. Pour des interventions d'urgence, utiliser un appareil de protection respiratoire isolant autonome.
- Contrôler régulièrement la teneur de l'atmosphère en chlorure d'hydrogène et vérifier que la valeur limite réglementaire contraignante est respectée.
- Éviter le contact du produit avec la peau et les yeux. Selon les opérations à réaliser et la concentration en acide chlorhydrique, mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection résistant aux acides (combinaison, tablier...), des bottes ou des chaussures fermées, des écrans faciaux ou des lunettes de sécurité avec protections latérales, des gants (par exemple en caoutchouc naturel, caoutchouc nitrile, caoutchouc butyle, polychloroprène, polychlorure de vinyle, Viton[®], Barrier[®] ; le polyéthylène et le polyalcool vinylique ne sont pas recommandés car dégradés par l'acide chlorhydrique en solution [21]). Ces effets doivent être en bon état et, s'ils ne sont pas à usage unique, nettoyés après chaque usage.
- Prévoir l'installation de douches et de fontaines oculaires.
- Effectuer les vidanges, transvasements, dilutions, dissolutions de manière à éviter les surchauffes locales, les projections de liquide et la formation de vapeurs/ brouillards/aérosols.
- Pour les dilutions avec l'eau (réaction exothermique), verser lentement l'acide concentré dans l'eau par petites quantités et en agitant. Ne jamais verser l'eau dans l'acide.
- Ne pas fumer, boire et manger dans les ateliers.
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du chlorure d'hydrogène ou de l'acide chlorhydrique sans prendre les précautions d'usage [22].
- En cas de fuite de chlorure d'hydrogène ou de déversement accidentel d'acide chlorhydrique d'hydrogène, faire évacuer le personnel, aérer la zone et ne laisser intervenir que des opérateurs spécialement entraînés munis d'un équipement de protection approprié.
- En cas de déversement accidentel d'acide chlorhydrique de faible importance, récupérer immédiatement le produit à l'aide d'un absorbant : boudin, feuilles ou granulés hydrophiles (polypropylène en mélange ou non avec des fibres minérales ou végétales et des additifs spéciaux). Laver ensuite la surface souillée à l'eau.
- Ne pas rejeter l'acide chlorhydrique à l'égout ou dans l'environnement aquatique.
- Conserver les déchets et les eaux de nettoyage dans des récipients spécialement prévus à cet effet et les éliminer dans les conditions autorisées par la réglementation.

Au point de vue médical

- À l'embauchage, rechercher particulièrement des atteintes chroniques cutanées, respiratoires ou des voies aéro-digestives supérieures ainsi que des lésions kérato-conjonctivales chroniques. L'examen clinique peut être complété par une radiographie pulmonaire et des épreuves fonctionnelles respiratoires qui serviront d'examen de référence.
- La fréquence des examens médicaux périodiques et la nécessité ou non d'effectuer des examens complémentaires seront déterminées par le médecin du travail en fonction de l'importance de l'exposition. On recherchera plus particulièrement des signes d'irritation cutanée, oculaire, des voies aéro-digestives supérieures et broncho-pulmonaire ainsi que des érosions dentaires. Les examens complémentaires d'embauchage pourront également être répétés à intervalles réguliers.
- En l'absence d'équipement de protection individuelle approprié, déconseiller le port de lentilles de contact souples hydrophiles lors de travaux pouvant potentiellement exposer à des vapeurs ou aérosols d'acide. Celles-ci peuvent constituer une source d'irritation oculaire supplémentaire du fait de leur affinité pour ce type de produits. L'utilisation de verres correcteurs ou de lentilles rigides est préférable dans ce cas. Ces moyens de correction visuelle ne dispensent cependant pas du port d'équipements de protection oculaire adaptés.
- Lors d'accidents aigus, demander dans tous les cas l'avis d'un médecin ou du centre antipoison. Préciser, si possible, le pH de la solution responsable. Les risques sont particulièrement graves lorsque le pH est inférieur à 2.
- En cas de contact cutané, retirer immédiatement les vêtements souillés et laver la peau à grande eau pendant 15 minutes. Ne réutiliser les vêtements qu'après les avoir décontaminés. Si des lésions cutanées apparaissent ou si la contamination est étendue ou prolongée, consulter un médecin.
- En cas de projection oculaire, laver immédiatement et abondamment à l'eau tiède pendant 15 minutes puis consulter un ophtalmologiste.
- En cas d'inhalation de vapeurs ou d'aérosols, retirer le sujet de la zone polluée après avoir pris toutes les précautions nécessaires pour les sauveteurs. Mettre en œuvre, s'il y a lieu, des manœuvres de réanimation. Dans tous les cas, faire transférer la victime à l'hôpital en ambulance médicalisée pour bilan clinique et radiologique, surveillance et traitement symptomatique, si nécessaire. En l'absence de symptômes, prévenir du risque de survenue d'un œdème pulmonaire lésionnel dans les 48 heures suivant l'exposition et de la nécessité de consulter en cas d'apparition de symptômes respiratoires.
- En cas d'ingestion de quelques gouttes d'une solution diluée (pH supérieur à 2), faire rincer la bouche et boire un ou deux verres d'eau. S'il apparaît des douleurs rétrosternales ou abdominales, des nausées ou des vomissements, consulter un médecin.
- En cas d'ingestion d'une solution concentrée dont le pH est inférieur à 2, ou d'une solution dont le pH n'est pas connu, quelle que soit la quantité absorbée, ne pas faire boire et ne pas tenter de provoquer des vomissements ; faire transférer rapidement par ambulance médicalisée en milieu hospitalier pour bilan des lésions caustiques du tractus digestif, surveillance et traitement symptomatique.

Bibliographie

- 1 | Hydrogen chloride. The Merck index. An encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals. 14th edition. Whitehouse Station : Merck and Co ; 2006.
- 2 | Hydrogen chloride. In : Kirk-Othmer - Encyclopedia of chemical technology. 5th edition. Vol. 13. Hoboken : Wiley-Interscience ; 2005 : 808-837.
- 3 | Hydrogen chloride. OECD SIDS Initial Assessment Report for SIAM 15. UNEP, 2002. (www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECDsids/sidspub.html).
- 4 | Hydrogen chloride. Update 2009. In : HSDB. NLM, 2010.
- 5 | Hydrogen chloride. 2003. In : Documentation of the threshold limit values and biological exposures indices. Cincinnati : ACGIH ; 2007 : CD-ROM.
- 6 | Hydrochloric Acid. In : Occupational Exposures to Mists and Vapours from Strong Inorganic Acids and Other Industrial Chemicals. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 54. Lyon : IARC ; 1992 : 189-211, 336 p.(monographs.iarc.fr/).
- 7 | Strong inorganic acids. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 100F. IARC ; in prep (www.iarc.fr).
- 8 | Sellakumar AR, Snyder CA, Solomon JJ et Albert RE - Carcinogenicity of formaldehyde and hydrogen chloride in rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 1985, 81 : 401-406.
- 9 | Clausing P et Gottschalk M - Effects of drinking water acidification, restriction of water supply and individual caging on parameters of toxicological studies in rats. *Z. Versuchstierkd.* 1989 ; 32 (3) : 129-34.
- 10 | Pontal PG, Brun JG, Lormier G - Brûlures caustiques du tractus digestif supérieur. *Rev Med.* 1983 ; 4-5 : 191-195.
- 11 | Brooks SM, Hammad Y, Richards I et al - The spectrum of irritant-induced asthma. Sudden and not-so-sudden onset and the role of allergy. *Chest.* 1998 ; 113 : 42-49.
- 12 | Garnier R - Acides et anhydrides. In : Bismuth C, Baud PJ, Conso F et al. - Toxicologie Clinique. 5^e édition. Paris, Flammarion Médecine-Sciences ; 2000 : 699-713, 1092 p.
- 13 | Acides et bases minérales fortes. In : Testud F - Pathologie toxique professionnelle et environnementale. 3^e édition. Paris, éditions ESKA ; 2005 : 69-76, 672 p.
- 14 | Bingham E, Cofrancesco J, Powell CH (Eds) - Patty's toxicology. 5th ed. Vol. 3. New York : John Wiley and Sons ; 2001 : 862 p.
- 15 | Van der Hagen M, Jarnberg J - 140. Sulphuric, hydrochloric, nitric and phosphoric acids. The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals. 2009 ; 43 (7) : 122 p. (gupea.ub.gu.se/handle/2077/21106).
- 16 | Remijn B, Koster P, Houthuijs D, Boleil J et al - Zinc chloride, zinc oxide, hydrochloric acid exposure and dental erosion in a zinc galvanizing plant in the Netherlands. *Ann Occup Hyg.* 1982 ; 25 : 299-307.
- 17 | Anions minéraux. Fiche 009. In : Métropol. Métrologie des polluants. INRS, 2010 (www.inrs.fr/metropol/).
- 18 | Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Détermination des acides inorganiques par chromatographie ionique - Partie II : Acides volatils, sauf acide fluorhydrique (acide chlorhydrique, acide bromhydrique et acide nitrique). Norme NF ISO 21438-2. Indice de classement X43-211-2. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2010.
- 19 | Hydrogen chloride in workplace atmospheres. Méthode partiellement validée ID-1745G. In : Sampling and Analytical Methods. OSHA (www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html).
- 20 | Acids, Inorganic. Method 7903. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th edition. NIOSH, 1994 (www.cdc.gov/niosh/nmam).
- 21 | Forsberg K, Mansdorf SZ - Quick selection guide to chemical protective clothing. 5th edition. Hoboken : John Wiley and Sons ; 2007 : 203 p.
- 22 | Cuves et réservoirs. Recommandation CNAMTS R 435. Paris : INRS ; 2008.

Auteurs

N. Bonnard, M.-T. Brondeau, D. Jargot, N. Nikolova-Pavageau, O. Schneider

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Méthode d'analyse : HAZOP

Type : Initial

Procédé : Production de Cuivre Electrolytique Ultra Pur (> 99,9999%)

Date : Mai 2017

Description du procédé :

Le cuivre de haute pureté est fabriqué par électrolyse. Le cuivre est dissous à partir d'une anode et se dépose sur la cathode. L'Electrolyte est une solution concentrée de nitrate de Cuivre (CuNO₃) acide. Le substrat cathodique est en Titane où le cuivre se dépose avec une pureté de 6N (> 99,9999%).

Produits chimiques :

- Cuivre
- HNO₃
- Cu(NO₃)₂
- HCl
- Additif B
- Additif A (Composé organique)

Objectif :

Réaliser une étude de risques par la méthodologie HAZOP pour le procédé de production de cuivre ultrapur, incluant les contraintes du site de fabrication et le design du système de production (PID). Cette analyse de risques exclut les usines de récupération de CO₂, plan B-2302158 feuilles C08, C09 and C10 (Références internes à Praxair).

Focus :

Le système de production entier avec les « nœuds » suivants a été identifié :

- 1) Fourniture de l'additif A
- 2) Fabrication, stockage et fourniture de l'eau déminéralisée (Vert)
- 3) Fourniture d'acide nitrique HNO₃ (Orange)
- 4) Fourniture d'acide Chlorhydrique (Bleu)
- 5) Fourniture de l'additif B (Rose)
- 6) Cuve de régulation T-3 (Jaune)
- 7) Circuit de prélèvement des cuves de production (Bleu)
- 8) Circuit de vidange des cuves de production (orange)
- 9) Circuit de remplissage des cuves de production (vert)
- 10) Cuves de production (rose)
- 11) Récupération des boues anodiques (Jaune)
- 12) Stockage de l'électrolyte (vert)
- 13) Noeud global

La méthodologie PHA « Process Hazard Analysis » sera utilisée comme technique d'analyser. Au moins les mots-clés suivants seront évalués pour tous les nœuds (s'ils s'appliquent) à l'exception des nœuds « non-process » :

- Débit (Aucun, Faible, Elevé, Sens contraire, Mal dirigé)
- Pressions (Elevée, Faible, Vide)
- Température (Elevée, Faible)
- Niveaux (Haut, Bas)
- Composition (contamination)
- Globale : Perte de courant, Perte de services publics, Démarrage à la suite d'une panne de courant, Démarrage après maintenance, Manutention et stockage de fûts
Trafic, Emplacement des installations, Facteurs Humains.

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Objectifs : Évaluer les causes et conséquences potentielles d'une déviation, ainsi que les garanties existantes protégeant contre la déviation. Déterminer s'il existe une protection adéquate pour une déviation décrite. Si la protection existante est jugée insuffisante, fournir une recommandation pour atténuer ou réduire le niveau de risque, ou une évaluation plus approfondie de l'écart.

Notes de projet : L'équipe de l'étude utilise une matrice de classement des risques (Manuel S&ES de Praxair Worldwide, section 7.2.1.1) pour classer, sur une base qualitative, les déviations potentielles identifiées par le processus HAZOP.

Le système de classement est décrit comme suit :

a) Description de la Gravité (criticité) :

- 1 = Catastrophique : entraînant un décès sur le site (employé), hors site (communauté), blessures multiples et / ou décès possible, ou impact environnemental majeur avec des coûts de responsabilité / nettoyage importants.
- 2 = Grave : entraînant une perte / enregistrement sur site (employé) blessure au cours de la journée de travail, blessures mineures hors site (communauté) ou contamination (environnementale) des eaux souterraines, du sol ou des égouts publics.
- 3 = Modéré : entraînant une blessure mineure sur site (employé), impact possible sur le public hors site (communauté) (i.e. évacuation), ou déversement (environnemental) mineur ou rejet entraînant une violation du permis.
- 4 = Légère : pas de blessure sur place (employé) et seulement des dommages matériels (mineurs), aucun impact public (communauté) et aucun impact environnemental.
- 5 = Négligeable : entraînant seulement un problème opérationnel recouvrable.

b) Description de la probabilité (fréquence) :

- 1 = Fréquent : 1 par an (peut se produire fréquemment).
- 2 = Probable : 1 tous les 5 ans (possible dans des circonstances normales).
- 3 = Occasionnel : 1 tous les 15 ans (pouvant survenir dans des circonstances inhabituelles).
- 4 = À distance : 1 par tranche de 30 ans (pouvant survenir au cours de la durée de vie de l'usine).
- 5 = Improbable : 1 sur 100 ans (possible mais peu probable pendant la durée de vie de la plante).

c) Description du niveau de risque (niveau) :

- 1 = Inacceptable : doit être atténué par des mesures d'ordre technique ou administratif jusqu'à un niveau de risque de 3 ou moins dans les 6 mois.
- 2 = Indésirable : doit être atténué par des mesures d'ingénierie ou des mesures administratives pour atteindre un niveau de risque de 3 ou moins d'ici 12 mois.
- 3 = Acceptable avec des contrôles existants : vérifiez que les procédures ou contrôles sont en place.
- 4 = Acceptable tel quel : aucune autre mesure d'atténuation n'est requise.

Filtres : NON actif.

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (1) 15/05/2017

Nœud : (1) Fourniture de l'additif A

Dessin : NA

Paramètre : DEBIT

Intention : Introduire un mélange d'additif A dans les cuves de production

Mot clé	Déviations	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas d'eau pour mélanger l'additif A	Pompe MP-5 Hors service	Pas d'additif A ajouté au process, le cuivre ne sera pas de bonne qualité (Hors Spec)	Mode Opérateur. Retour des alarmes de fonctionnement des pompes vers l'automate, maintenance préventive (TPM)	5	3	5						
		Vannes manuelles V-6 et V-7 fermées	Pas d'additif A ajouté au process, le cuivre ne sera pas de bonne qualité (Hors Spec)	Mode Opérateur. Retour des alarmes de fonctionnement des pompes vers l'automate, maintenance préventive (TPM)	5	2	4						
		Tuyauterie en Téflon (PFA) cassée	Pas d'additif A ajouté au process, le cuivre ne sera pas de bonne qualité (Hors Spec)	Inspection visuelle de la tuyauterie. Matériau tuyauterie en adéquation avec le liquide à pomper.	5	4	5						
FAIBLE	Faible débit de mélange eau + additif A	Vannes manuelles V-6 et V-7 partiellement fermées	Pas de conséquences significatives. Probable manque d'additif A pour le procédé.										
		Débit Pompe MP-5 trop faible	Pas de conséquences significatives. Probable manque d'additif A pour le procédé.										
ELEVÉ	Débit élevé de mélange eau + additif A	Réglage débit Pompe MP-5 trop haut	Trop d'additif A ajouté au process, le cuivre ne sera pas de bonne qualité (Hors Spec)	Maintenance Préventive des pompes, Mode opératoire et instructions spécifiques.	5	3	5						
		Doseur d'additif A mal réglé (dosage élevé)	Trop d'additif A ajouté au process, le cuivre ne sera pas de bonne qualité (Hors Spec)	Doseur d'additif A connecté à l'automate. Retour d'information avec traçage des quantités introduites avec alarme	5	3	5						
INVERSE	Flux de mélange inversé	Impossible		La préparation du mélange eau + additif A est réalisée dans une cuve située sur une mezzanine, 2 mètres au-dessus des cuves de production.									

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (1) 15/05/2017

Nœud : (1) Fourniture de l'additif A

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : Travailler à température ambiante

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Température faible	Températures extérieures de -5°C pendant les mois d'Hiver	Solidification potentielle de l'eau déminéralisée, dégradation des équipements (tuyauterie, cuve)	Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage afin de ne pas descendre en dessous des 12°C. Les cuves de production sont équipées de thermoplongeur	4	5	5						
ELEVEE	Température élevée	Feux externes, température atelier trop élevée,	Possible dégradation des équipements à cause d'une surchauffe des cuves de production	Report d'alarme de l'automate en cas de température supérieure à la consigne (30°C par exemple). Pompes de dosage peuvent fonctionner jusqu'à 45°C et pompes de circulation/transfert peuvent travailler jusqu'à 80°C.	4	5	5						

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (1) Fourniture de l'additif A

Dessin : NA

Paramètre : PRESSION

Intention : Pression atmosphérique

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Pression faible	Non identifiées											
ELEVEE	Pression élevée	Non identifiées											

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (1) Fourniture de l'additif A

Dessin : NA

Paramètre : COMPOSITION

Intention : Additif A en faible concentration

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUTRE	Produit chimique incorrect	Mauvaise livraison de l'additif A	Dégradation potentielle de la qualité et la pureté du cuivre	Certificat d'analyses reçu de la part du fournisseur	5	3	5						
		Utilisation de poudre d'oxyde d'aluminium (caractéristique, couleur)	Dégradation potentielle de la qualité et la pureté du cuivre	Poudre d'oxyde d'aluminium stocké dans un endroit différent, packaging différent, Mode opératoire.	5	4	5						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (2) Fabrication, stockage et fourniture de l'eau déminéralisée

Dessin : NA

Paramètre : DEBIT

Intention : NA

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas de débit	Vannes V-4 et V-5 fermées	Evaporation significative des cuves de production, augmentation de l'acidité (baisse du pH, concentrations des bains, qualité du cuivre déposé hors spec)	Le matériau des cuves a été sélectionné pour résister à des pH très acides. Des mesures de pH régulières sont réalisées et suivi par l'automate (alarme). Instructions et mode opératoire pour le positionnement des vannes V-4 et V-5	5	3	5						
		Pompe MP-4 ne fonctionnant pas	Evaporation significative des cuves de production, augmentation de l'acidité (baisse du pH, concentrations des bains, qualité du cuivre déposé hors spec)	Maintenance préventive pompe, report alarme valeur pH de chaque cuve...	5	3	5						
ELEVE	Débit élevé	Débit de la pompe réglé trop haut	Pas de conséquences significatives										
INVERSE	Débit inversé		Pas de conséquences significatives	La réserve d'eau déminéralisée est installée sur la mezzanine, plus haut que les cuves de production									

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (2) Fabrication, stockage et fourniture de l'eau déminéralisée

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : Température ambiante

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Température faible	Températures extérieures de -5°C pendant les mois d'Hiver	Solidification potentielle de l'eau déminéralisée, dégradation des équipements/tuyauterie	Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage afin de ne pas descendre en dessous des 12°C.	4	5	5						
ELEVEE	Température élevée	Feux externes, température atelier trop élevée,	Possible dégradation des équipements à cause d'une surchauffe des cuves de production	Report d'alarme de l'automate en cas de température supérieure à la consigne (30°C par exemple). Pompes de dosage peuvent fonctionner jusqu'à 45°C et pompes de circulation/transfert peuvent travailler jusqu'à 80°C.	4	5	5						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (2) Fabrication, stockage et fourniture de l'eau déminéralisée

Dessin : NA

Paramètre : PRESSION

Intention : Pression atmosphérique

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
PLUS	Pression élevée	Quantité d'eau déminéralisée excèdent le volume du réservoir (T-1)	Potentielle rupture du réservoir, épandage d'eau déminéralisée sur le sol et sur les équipements en dessous	Niveau HAUT apposé sur le réservoir d'eau afin de stopper le remplissage automatique	4	2	4	Vérifier les actions prises dès que le niveau HAUT est atteint	GB				
MOINS	Pression faible	Pas possible	Pas de conséquences significatives										

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (2) Fabrication, stockage et fourniture de l'eau déminéralisée

Dessin : NA

Paramètre : COMPOSITION

Intention : Eau déminéralisée

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUTRE	Eau industrielle ou de la commune au lieu d'Eau déminéralisées	Système de production d'eau déminéralisée hors service/mal fonctionnant	Dégradation de la pureté des bains de production et potentiellement de la pureté du cuivre produit	Vérification et contrôler périodiquement le fonctionnement de système de production d'eau déminéralisée	5	3	5						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (3) : Fourniture d'acide nitrique HNO3 (Orange)

Dessin : NA

Paramètre : DEBIT

Intention : Fourniture d'acide nitrique aux cuves de production

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas de flux d'acide nitrique	Vanne V-3 fermée	Le pH des cuves de production va augmenter et induire une qualité du cuivre déposé hors spec	Instructions opérationnelles, suivi du pH par automate avec alarmes	5	3	5						
		Pompe MP-3 hors service	Le pH des cuves de production va augmenter et induire une qualité du cuivre déposé hors spec	Maintenance préventive des pompes, alarme pompe récupérée sur automate	5	4	5						
		Vannes SV-5 ou SV-6 hors service	Le pH des cuves de production va augmenter et induire une qualité du cuivre déposé hors spec	Maintenance préventive des vannes, suivi du pH par automate avec alarmes	5	4	5						
		Fût d'acide nitrique vide	Le pH des cuves de production va augmenter et induire une qualité du cuivre déposé hors spec	Niveau BAS sur chaque fût d'acide nitrique afin de détecter le manque d'acide et de basculer automatiquement sur un autre fût	5	3	5						
ELEVE	Trop de flux d'acide nitrique	Débit de la pompe MP-3 réglé trop fort	Pas de conséquences significatives				Par exemple, 15ml est ajouté à chaque dosage. Aucun problème si dosage rapide ou lent, car la pompe est une pompe micro volumétrique et s'arrête quand la consigne a été atteinte (volume pompé)						

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (3) : Fourniture d'acide nitrique HNO3 (Orange)

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : Température ambiante

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Température faible	Températures extérieures de -5°C pendant les mois d'Hiver	Solidification de l'acide nitrique, augmentation du pH dans les cuves de production induisant une dégradation de la qualité du cuivre produit	Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage afin de ne pas descendre en dessous des 12°C.	5	1	4	Vérifier avec le fournisseur d'acide nitrique ultrapur les recommandations pour le stockage des fûts (température)	GB				

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (3) : Fourniture d'acide nitrique HNO₃ (Orange)

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : Température ambiante

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
ELEVÉE	Température élevée	Forte température durant l'été (30-35°C)	Pas de conséquences significatives	Température d'ébullition de l'acide nitrique est de 122°C									

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (3) : Fourniture d'acide nitrique HNO₃ (Orange)

Dessin : NA

Paramètre : PRESSION

Intention : Pression atmosphérique

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
ELEVÉE	Pression élevée	Température élevée dans le fût (formation de vapeurs)	Risque de formation de vapeurs de HNO ₃ dans le fût existe. Potentielle corrosion des équipements autour des fûts d'acide.	Localisation des fûts dans un endroit séparé, avec bonne ventilation	2	3	3	Programmer mesures Hygiène Industriel pour déterminer les exigences en termes de port EPI Communication des risques (formation) à faire aux opérateurs et employés de l'usine (nouveau produit entrant)	GB				
FAIBLE	Pression faible	Pas possible	Pas de conséquences significatives										

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (3) : Fourniture d'acide nitrique HNO₃ (Orange)

Dessin : NA

Paramètre : COMPOSITION

Intention : 67% HNO₃

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUTRE	Concentration plus élevée	Mauvaise concentration connectée	Pas de conséquences significatives	Plus fortes concentrations n'existent pas (Acide nitrique Fumant > 70%)									
	Concentration plus faible	Mauvaise concentration connectée	Le pH des cuves de production va augmenter et induire une qualité du cuivre déposé hors spec	Suivi du pH par l'automate avec report d'alarme, Certificat d'Analyse du fournisseur d'acide	5	3	5						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (4) : Fourniture d'acide Chlorhydrique HCl (Bleu)

Dessin : NA

Paramètre : DEBIT

Intention : Fourniture d'acide Chlorhydrique aux cuves de production

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas de flux d'acide Chlorhydrique	Vanne V-2 fermée	Le pH des cuves de production va augmenter et induire une qualité du cuivre déposé hors spec	Instructions opérationnelles, suivi du pH par automate avec alarmes	5	3	5						
		Pompe MP-2 hors service	Le pH des cuves de production va augmenter et induire une qualité du cuivre déposé hors spec	Maintenance préventive des pompes, alarme pompe récupérée sur automate	5	4	5						
		Vannes SV-3 ou SV-4 hors service	Le pH des cuves de production va augmenter et induire une qualité du cuivre déposé hors spec	Maintenance préventive des vannes, suivi du pH par automate avec alarmes	5	4	5						
		Fût d'acide Chlorhydrique vide	Le pH des cuves de production va augmenter et induire une qualité du cuivre déposé hors spec	Niveau BAS sur chaque fût d'acide Chlorhydrique afin de détecter le manque d'acide et de basculer automatiquement sur un autre fût	5	3	5						
ELEVE	Trop de flux d'acide Chlorhydrique	Débit de la pompe MP-2 réglé trop fort	Pas de conséquences significatives	Par exemple, 15ml est ajouté à chaque dosage. Aucun problème si dosage rapide ou lent, car la pompe est une pompe micro volumétrique et s'arrête quand la consigne a été atteinte (volume pompé)									

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (4) : Fourniture d'acide Chlorhydrique HCl (Bleu)

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : Température ambiante

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Température faible	Températures extérieures de -5°C pendant les mois d'Hiver	Solidification de l'acide Chlorhydrique, augmentation du pH dans les cuves de production induisant une dégradation de la qualité du cuivre produit	Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage afin de ne pas descendre en dessous des 12°C.	5	1	4	Vérifier avec le fournisseur d'acide nitrique ultrapur les recommandations pour le stockage des fûts (température)	GB				

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (4) : Fourniture d'acide Chlorhydrique HCl (Bleu)

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : Température ambiante

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
ELEVÉE	Température élevée	Forte température durant l'été (30-35°C)	Pas de conséquences significatives	Température d'ébullition de l'acide nitrique est de 108°C									

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (4) : Fourniture d'acide Chlorhydrique HCl (Bleu)

Dessin : NA

Paramètre : PRESSION

Intention : Pression atmosphérique

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
ELEVÉE	Pression élevée	Température élevée dans le fût (formation de vapeurs)	Risque de formation de vapeurs de HCl dans le fût existe. Potentielle corrosion des équipements autour des fûts d'acide.	Localisation des fûts dans un endroit séparé, avec bonne ventilation	2	3	3	Programmer mesures Hygiène Industriel pour déterminer les exigences en termes de port EPI Communication des risques (formation) à faire aux opérateurs et employés de l'usine (nouveau produit entrant)	GB				
FAIBLE	Pression faible	Pas possible	Pas de conséquences significatives										

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (4) : Fourniture d'acide Chlorhydrique HCl (Bleu)

Dessin : NA

Paramètre : COMPOSITION

Intention : 37% HCL

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUTRE	Concentration plus élevée	Mauvaise concentration connectée	Pas de conséquences significatives	Plus fortes concentrations n'existent pas									
	Concentration plus faible	Mauvaise concentration connectée	Le pH des cuves de production va augmenter et induire une qualité du cuivre déposé hors spec	Suivi du pH par l'automate avec report d'alarme, Certificat d'Analyse du fournisseur d'acide	5	3	5						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (5) : Fourniture de l'additif B (Rose)

Dessin : NA

Paramètre : DEBIT

Intention : Fourniture de l'additif B aux cuves de production

Mot clé	Déviations	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas de flux	Vanne V-1 fermée	Problème de pureté des cathodes	Instructions opérationnelles	5	3	5						
		Pompe MP-1 hors service	Problème de pureté des cathodes	Maintenance préventive des pompes, alarme pompe récupérée sur automate	5	3	5						
		Vannes SV-1 ou SV-2 hors service	Problème de pureté des cathodes	Maintenance préventive des vannes	5	3	5						
		Réservoir de solution contenant l'additif B vide	Problème de pureté des cathodes	Niveau BAS sur réservoir avec report d'alarme	5	1	4						
ELEVE	Trop de flux d'acide Chlorhydrique	Débit de la pompe MP-1 réglé trop fort	Pas de conséquences significatives				Par exemple, 6ml est ajouté à chaque dosage. Aucun problème si dosage rapide ou lent, car la pompe est une pompe micro volumétrique et s'arrête quand la consigne a été atteinte (volume pompé)						
INVERSE	Débit inversé		Pas de conséquences significatives										

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (5) : Fourniture de l'additif B (Rose)

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : Température Ambiante

Mot clé	Déviations	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Température faible	Températures extérieures de -5°C pendant les mois d'Hiver	Solidification de la solution aqueuse d'additif B.	Message d'erreur en provenance de la pompe car pas de débit.	5	1	4	Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage afin de ne pas descendre en dessous des 12°C.					

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (5) : Fourniture de l'additif B (Rose)

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : Température Ambiante

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Température faible	Températures extérieures de -5°C pendant les mois d'Hiver	Solidification potentielle de l'eau déminéralisée, dégradation des équipements/tuyauterie		4	1	3	Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage afin de ne pas descendre en dessous des 12°C.					
ELEVE	Température élevée	Températures estivales très chaudes	Pas de conséquences significatives	Température d'ébullition de la solution aqueuse = 100°C									

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (5) : Fourniture de l'additif B (Rose)

Dessin : NA

Paramètre : PRESSION

Intention : Pression atmosphérique

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
ELEVEE	Pression élevée	Ebullition de l'eau causant une pression excessive dans le réservoir → Pas possible.	Pas de conséquences significatives										
FAIBLE	Pression faible	Pas possible	c										

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (5) : Fourniture de l'additif B (Rose)

Dessin : NA

Paramètre : COMPOSITION

Intention : Confidentiel – Faible quantité ajoutée (mg/litres)

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUTRE	Concentration additif B incorrect	Erreur opérationnelle (mélange aqueux obtenu manuellement)	Cuivre cathodique de mauvaise qualité (pureté hors spec)	Instructions et formations des opérateurs	5	2	4						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (5) : Fourniture de l'additif B (Rose)

Dessin : NA

Paramètre : COMPOSITION

Intention : Confidentiel – Faible quantité ajoutée (mg/litres)

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUTRE	Pureté de l'eau incorrect	Erreur opérationnelle (mélange aqueux obtenu manuellement)	Cuivre cathodique de mauvaise qualité (pureté hors spec)	Instructions et formations des opérateurs	5	2	4						

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (5) : Fourniture de l'additif B (Rose)

Dessin : NA

Paramètre : EXPOSITION EMPLOYES

Intention : Exposition des employés dans les limites acceptables

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
PLUS	Plus d'exposition des employés	Contact de la solution avec la peau, les yeux et la bouche	Plusieurs conséquences sur la santé des employés (solution considéré poisonneuse)	EPI adaptés, formation aux risques Chimiques (HAZCOM) des opérateurs	3	3	4						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (6) : Cuve de régulation T-3

Dessin : NA

Paramètre : DEBIT

Intention : Pas de débit exact attendu

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas de flux de produit	Toutes les fournitures (HCl, HNO3, Additifs A et B) stoppées	Cathode de cuivre de mauvaise qualité(pureté)	Cf. études sur les nœuds correspondants.	5	3	5						

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (6) : Cuve de régulation T-3

Dessin : NA

Paramètre : COMPOSITION

Intention : Niveau de pH entre 0,8 et 1,0

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
PLUS	Faible acidité	Manque d'additions d'acides HNO3/HCl	Cuivre cathodique de mauvaise qualité. Pas de conséquences significatives.										
MOINS	Forte acidité	Trop d'additions d'acides HNO3/HCl	Réaction parasite secondaire dans les cuves de production = réduction des nitrates pouvant former des vapeurs nitreuses NO2	Les niveaux de concentrations des vapeurs ne devraient pas excéder les quelques ppm. Les cuves de production sont dans un atelier ventilé avec report d'alarme en cas de dérive du pH.	4	3	4						
PLUS	Forte concentration de nitrates dans les cuves de production	Trop d'additions d'acides HNO3	Réaction parasite secondaire dans les cuves de production = réduction des nitrates pouvant former des vapeurs nitreuses NO2	Fourniture d'acide HNO3 pilotée par une pompe doseuse micro-volumétrique	3	3	4	Mesure exposition du personnel (NO2) afin de déterminer les accès autorisés pour le travail sur les cuves de production	GB				
		pH-mètre hors service	Réaction parasite secondaire dans les cuves de production = réduction des nitrates pouvant former des vapeurs nitreuses NO2	Calibration et contrôle de la sonde pH et du pH-mètre régulier	3	2	3						
	Contamination en huile/graisse de l'électrolyte des cuves de production	Contamination externe.	Augmente la vitesse de la réaction parasite de réduction des nitrates en NO2 pour un pH donné.	Traitement au charbon actif de l'électrolyte des cuves de production, utilisation de fibres en polypropylène avec système de filtration adaptée pour épurer les bains. Contrôle du pH avec report d'alarme.	3	1	2	Vérifier la qualité de la matière première avant utilisation dans les cuves de production.	GB				

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (6) : Cuve de régulation T-3

Dessin : NA

Paramètre : COMPOSITION

Intention : Niveau de pH entre 0,8 et 1,0

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
PLUS	Contamination en huile/graisse de l'électrolyte des cuves de production	Contamination externe.	Augmente la vitesse de la réaction parasite de réduction des nitrates en NO2 pour un pH donné.	Formation des opérateurs de production afin d'observer et détecter la formation de bulles de gaz à la surface des cathodes.	3	1	2	<p>Vérifier la qualité de la matière première avant utilisation dans les cuves de production.</p> <p>La matière première est dégraissée ou décapée chimiquement pour enlever les poussières, l'oxyde de surface et la contamination par huile ou graisse. Spécification fournisseur en place depuis Juillet 2018.</p> <p>Maquette de contrôle de la matière première à réception a été instaurée et est utilisée par l'opérateur pour vérifier que la qualité de la matière première est bonne et appropriée avant son utilisation.</p>	GB	3	2	3	

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (6) : Cuve de régulation T-3

Dessin : NA

Paramètre : NIVEAU

Intention : Niveau « HAUT » - Volume plein pour permettre la fourniture des additifs aux cuves de production

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas de niveau	Pas de distribution aux cuves de production (HNO3, HCl, additifs, eau).	Cuivre cathodique de mauvaise qualité (pureté hors spec)	Niveau HAUT dans la cuve de régulation LS-4	5	3	5						
ELEVE	Niveau trop haut	Niveau HAUT LS-4 hors service	Débordement potentiel de la cuve de régulation avec épandage au sol et contact avec les employés	Trop plein de sécurité T4 intégré dans la cuve de régulation	3	3	4						

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (6) : Cuve de régulation T-3

Dessin : NA

Paramètre : MOUVEMENT MECANIQUE SONDE pH

Intention : Mouvement de 10 cm pour introduction et retrait de la sonde pH dans la cuve de régulation T-3

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUTRE QUE	Problème mécanique	Vieillessement équipement, usure...	Mesure fausse du pH du fait de la non introduction de la sonde dans la cuve de régulation (Mesure du pH de l'eau de rinçage) résultant à une addition d'HNO3 à la cuve de production.	Indication visuelle du pH pour l'opérateur, Maintenance préventive de la sonde et de son vérin pneumatique. Report d'alarme en cas de dérive du pH.	3	2	3						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (7) : Circuit de prélèvement des cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : DEBIT

Intention : 20 litres par minute

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas de flux	Vanne manuelle V-11 fermée	Pas de prélèvement, pas d'additifs, cuivre cathodique de mauvaise qualité (pureté hors spec.)	Instructions et formations des opérateurs	5	3	5						
		Pompe de transfert P-4 hors service	Pas de prélèvement, pas d'additifs, cuivre cathodique de mauvaise qualité (pureté hors spec.)		5	3	5						
		Cuve de production vide	Pas de conséquences significatives		5	3	5						
		Tuyauterie de transfert cassée	Epanchage Electrolyte sur le sol, projection, exposition potentielle des employés	Niveau LS-4 dans la cuve de régulation génère une alarme si le temps de remplissage habituel est dépassé. Les employés portent les EPI adéquats en cas de projection d'Electrolyte.	3	4	4						

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (7) : Circuit de prélèvement des cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : Température Ambiante

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Faible température	Températures extérieures de -5°C pendant les mois d'Hiver	Solidification potentielle de l'électrolyte, dégradation des équipements et de la tuyauterie	Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage et chaque cuve de production est équipée d'un thermoplongeur	4	5	5						
ELEVEE	Température élevée	Incendie externe, mauvais fonctionnement des thermoplongeurs des cuves de production	Dégradation potentielle des équipements et de la tuyauterie	Alarme automate en cas de dépassement de 30°C, Matériau et tuyauterie adaptés : pompe de doseuse accepte 45°C max, tuyauterie en PVC rigide accepte 60°C max, pompe centrifuge 80°C	4	5	5						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (7) : Circuit de prélèvement des cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : PRESSION

Intention : Approximativement 1 bar

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Faible pression	Vanne manuelle V-11 fermée	Idem PAS DE FLUX.	Niveau LS-4 dans la cuve de régulation génère une alarme si le temps de remplissage habituel est dépassé. Les employés portent les EPI adéquats en cas de projection d'Electrolyte.	3	4	4						
ELEVEE	Forte pression	Vannes en aval bloquées (boues anodiques...)	Rupture tuyauterie. Epanchage + projection Electrolyte (faible pH). Exposition potentielle des employés.	Niveau LS-4 dans la cuve de régulation génère une alarme si le temps de remplissage habituel est dépassé. Les employés portent les EPI adéquats en cas de projection d'Electrolyte.	3	4	4						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (2) 16/05/2017

Nœud : (8) : Circuit de vidange des cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : DEBIT

Intention : 5 à 20 litres par minute

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas de flux	Boues anodiques obstruant la vanne V-18	Perte productivité car la cuve ne peut être vidangée.	La procédure normale est de stopper la vidange de l'Electrolyte juste avant d'atteindre le niveau des boues anodiques ne fond de cuve. La connexion de la vidange se situe 5 cm au-dessus du fond de cuve. Les Electrodes (Anode/Cathode) sont à environ 6 cm au-dessus du fond de cuve.	5	1	4						
		Vanne V-10 fermée	Perte productivité car la cuve ne peut être vidangée.	Instructions et formations des opérateurs	5	3	5						
ELEVEE	Forte pression		Pas de conséquences significatives										
MAUVAISE DIRECTION	Flux mal dirigé	Vanne de vidange des boues ouverte à la place de la vanne de vidange de cuve	Potentiel épandage d'Electrolyte sur le sol si le bac de récupération des boues n'est pas présent, exposition potentielle des employés.	Instructions et formations des opérateurs	3	1	2	S'assurer que les procédures de travail mentionnent la nécessité d'utiliser un bac de récupération avant de vidanger la cuve de production au cas où la mauvaise vanne serait ouverte. Sacs à anodes en polypropylène ont été qualifiés et mis en place. Ils permettent de récupérer les boues anodiques pendant le processus de fabrication. Par conséquence, les boues restent dans les sacs au lieu de tomber au fond des cuves. Les anodes usagées, les sacs à anodes et les boues sont retirées ensemble en fin de cycle lors du déchargement des châssis. La vanne de vidange des boues n'est plus nécessaire et sera supprimée.	GB	3	5	4	

			<p>Potentiel épandage d'Electrolyte sur le sol si le volume vidangé est supérieur à la capacité du bac de récupération des boues, exposition potentielle des employés.</p>	<p>Instructions et formations des opérateurs</p>	3	1	2	<p>Concevoir un bac de récupération des boues avec un volume capable de mini 150 Litres (volume des cuves de production)</p> <p>Sacs à anodes en polypropylène ont été qualifiés et mis en place. Ils permettent de récupérer les boues anodiques pendant le processus de fabrication. Par conséquence, les boues restent dans les sacs au lieu de tomber au fond des cuves. Les anodes usagées, les sacs à anodes et les boues sont retirées ensemble en fin de cycle lors du déchargement des châssis. La vanne de vidange des boues n'est plus nécessaire et sera supprimée.</p>	3	5	4		
--	--	--	--	--	---	---	---	---	---	---	---	--	--

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (8) : Circuit de vidange des cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : Température Ambiante

Mot clé	Déviations	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Faible température	Températures extérieures de -5°C pendant les mois d'Hiver	Solidification potentielle de l'électrolyte, dégradation des équipements et de la tuyauterie	Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage et chaque cuve de production est équipée d'un thermoplongeur	4	3	4						
ELEVEE	Température élevée	Incendie externe, mauvais fonctionnement des thermoplongeurs des cuves de production	Dégradation potentielle des équipements et de la tuyauterie	Alarme automate en cas de dépassement de 30°C, Matériau et tuyauterie adaptés : pompe de doseuse accepte 45°C max, tuyauterie en PVC rigide accepte 60°C max, pompe centrifuge 80°C	4	5	5						

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (8) : Circuit de vidange des cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : PRESSION

Intention : Pression atmosphérique

Mot clé	Déviations	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Faible pression	Les cuves de production fonctionnent à pression atmosphérique	Pas de conséquences significatives										
ELEVEE	Forte pression	Les cuves de production fonctionnent à pression atmosphérique	Pas de conséquences significatives										

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (8) : Circuit de vidange des cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : COMPOSITION

Intention : Composition Electrolyte typique (74% eau, 25% nitrate de cuivre, 1% HNO3)

Mot clé	Déviations	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUTRE QUE	Mauvais produit	Boues anodiques en suspension qui peuvent entrer dans la vidange	Contamination du stockage par des boues et potentiel blocage de la ligne de vidange	Instructions et formations des opérateurs (Opération de vidange avant que le niveau de boues soit trop haut dans la cuve)	4	1	3						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (9) : Circuit de remplissage des cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : DEBIT

Intention : 20 litres par minute

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas de flux	Vanne manuelle fermée	Perte productivité car la cuve ne peut être remplie.	Instructions et formations des opérateurs	5	3	5						
		Mauvaise position des vannes automatiques	Perte productivité car la cuve ne peut être remplie.	Programmation de l'automate (alarme position)	5	3	5						
		Pompe P-1 hors service	Perte productivité car la cuve ne peut être remplie.	Maintenance préventive de la pompe, alarme de la pompe	5	3	5						
ELEVE	Débit élevé	Aucun scénario possible	Pas de conséquences significatives	La pression de refoulement de la pompe est constante									
MAUVAISE DIRECTION	Flux mal dirigé	Mauvaise position des vannes automatiques	Potentiel débordement des cuves de productions déjà pleines. Exposition potentielle des employés à l'électrolyte	Trop plein individuel sur chaque cuve de production connecté au circuit de vidange de l'électrolyte. Niveau trop haut dans chaque cuve de production avec report alarme et fermeture des vannes automatiques	3	4	4						
		Vannes V-13 et V-9 ouvertes pendant le remplissage	Déversement d'électrolyte sur le sol avec exposition potentielle des employés	Instructions et formations des opérateurs	3	2	3						

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (9) : Circuit de remplissage des cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : Température ambiante

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Faible température	Températures extérieures de -5°C pendant les mois d'Hiver	Solidification potentielle de l'électrolyte, dégradation des équipements et de la tuyauterie	Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage et chaque cuve de production est équipée d'un thermoplongeur	4	3	4						
ELEVEE	Température élevée	Incendie externe, mauvais fonctionnement des thermoplongeurs	Dégradation potentielle des équipements et de la tuyauterie	Alarme automate en cas de dépassement de 30°C, Matériau et tuyauterie adaptés : pompe de doseuse accepte 45°C max, tuyauterie en PVC rigide accepte 60°C max, pompe centrifuge 80°C	4	5	5						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (9) : Circuit de remplissage des cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : PRESSION

Intention : Pression de 1 bar

Mot clé	Déviati on	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Faible pression	Idem faible débit											
ELEVEE	Pression élevée	Refoulement de la pompe et vanne en aval fermée	Dégradation potentielle de la tuyauterie avec exposition potentielle des employés	Pression de refoulement max de la pompe P-1 de 1,2 bars alors que la tuyauterie PVC rigide encaisse entre 16 et 25 bars	3	4	4						

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (9) : Circuit de remplissage des cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : COMPOSITION

Intention : Composition Electrolyte typique (74% eau, 25% nitrate de cuivre, 1% HNO3)

Mot clé	Déviati on	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUTRE QUE	Mauvais produit	Boues anodiques en suspension qui peuvent entrer dans la vidange	Contamination du stockage par des boues et potentiel blocage de la ligne de vidange	Instructions et formations des opérateurs (Opération de vidange avant que le niveau de boues soit trop haut dans la cuve) Filtration en ligne	4	1	3						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (10) : Cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : DEBIT

Intention : Très faible circulation dans la cuve de production (boucle fermée)

Mot clé	Déviations	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas de flux	Vanne manuelle fermée	Cuivre cathodique de mauvaise qualité (pureté hors spec)	Instructions et formations des opérateurs	5	3	5						
		Pompe P-5 hors service	Cuivre cathodique de mauvaise qualité (pureté hors spec)	Maintenance préventive de la pompe	5	3	5						
		Boues anodiques dans la ligne de circulation	Cuivre cathodique de mauvaise qualité (pureté hors spec)	Filtration en ligne (intégrée à la pompe)	5	3	5						
		Débitmètre défectueux	Cuivre cathodique de mauvaise qualité (pureté hors spec)	Maintenance préventive du débitmètre	5	3	5						
ELEVE	Débit élevé	Régulation du débit défectueuse	Débordement potentiel du compartiment de charge la cuve de production avec épandage d'électrolyte sur le sol. Exposition potentielle des employés à de l'électrolyte.	Maintenance préventive du système de régulation du débit	3	3	4						
MAUVAISE DIRECTION	Flux mal dirigé	Vanne V-22 ouverte	Épandage d'électrolyte sur le sol. Exposition potentielle des employés à de l'électrolyte.	Instructions et formations des opérateurs. La vanne V-22 doit être fermée en condition normale	3	4	4						

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (10) : Cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : 25°C

Mot clé	Déviations	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Faible température	Températures extérieures de -5°C pendant les mois d'Hiver	Solidification potentielle de l'électrolyte, dégradation des équipements et de la tuyauterie	Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage et chaque cuve de production est équipée d'un thermoplongeur	4	3	4						
		Thermoplongeur défectueux	Solidification potentielle de l'électrolyte, dégradation des équipements et de la tuyauterie	Alarme automate si la température est trop basse	4	3	4						

ELEVEE	Température élevée	Incendie externe, mauvais fonctionnement des thermoplongeurs	Dégradation potentielle des équipements et de la tuyauterie en cas de surchauffe du bain	Alarme automate en cas de dépassement de 30°C, Matériau et tuyauterie adaptés : pompe de doseuse accepte 45°C max, tuyauterie en PVC rigide accepte 60°C max, pompe centrifuge 80°C	4	5	5						
---------------	--------------------	--	--	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (10) : Cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : PRESSION

Intention : Cuve de production ouverte (pression atmosphérique) et pompe de recirculation (pression 1,2 bars)

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Faible pression	Idem faible débit											
ELEVÉE	Pression élevée	Filtre de la pompe de recirculation bouché	Pression de 1,2 bars exercée sur la tuyauterie	Pression de refoulement max de la pompe P-1 de 1,2 bars alors que la tuyauterie PVC rigide encaisse entre 16 et 25 bars	5	2	4						
		Vanne manuelle en ligne fermée	Pression de 1,2 bars exercée sur la tuyauterie	Pression de refoulement max de la pompe P-1 de 1,2 bars alors que la tuyauterie PVC rigide encaisse entre 16 et 25 bars	5	2	4						

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (10) : Cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : ELECTRICITE

Intention : Jusqu'à 250 A par cellule sous 8 V maximum (courant continu DC)

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
PLUS	Plus de courant aux bornes des cuves	Alimentation stabilisée défectueuse	Vitesse de déposition du cuivre va augmenter mais la qualité risque d'être impactée	Monitoring (supervision) du courant de chaque cuve de production avec report d'alarmes				Vérifier le maximum délivrable en intensité de l'alimentation stabilisée en cas de défaillance : 250 A	GB				
	Plus de tension aux bornes des cuves	Alimentation stabilisée défectueuse	Augmentation de la tension jusqu'au maximum délivrable de 8V	La basse tension de sécurité en milieu liquide est de 30V									
		Contact électrique (anodique/cathodique) corrodés	Augmentation potentielle de la tension aux bornes des châssis anodiques et cathodiques	Inspection visuelle des contacts réguliers, contrôle des contacts électriques. Monitoring (supervision) de la tension de chaque cuve de production avec report d'alarmes									

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (10) : Cuves de production

Dessin : NA

Paramètre : AUTRE

Intention : Chargement et déchargement des électrodes dans les cuves de production

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
CHARGE MENT	Chargement incorrect des cathodes	Mauvais placement des cathodes	Problématique opérationnelle. Pas de courant entre anode et cathode.	Instructions et formations des opérateurs.	5	1	4						
		Mauvais alignement du châssis cathodique	Incapacité de positionner les cathodes correctement sur la cuve de production.	Instructions et formations des opérateurs et tétons de centrage sur le châssis anodique	4	1	3						
	Chargement incorrect des anodes	Mauvais placement des anodes	Problématique opérationnelle. Pas de courant entre anode et cathode.	Instructions et formations des opérateurs.	5	1	4						
		Mauvais alignement du châssis anodique	Dégât potentiel au niveau de la paroi des cuves de production à cause d'un impact avec le châssis.	Instructions et formations des opérateurs.	3	1	2	Evaluer l'utilisation de marqueurs de références aidant à l'alignement du palan avec les cuves de production pendant l'abaissement des châssis au-dessus des cuves. Nous avons évalué la possibilité d'utiliser les marqueurs pour aligner proprement le palan avec la cuve. Le nombre de cuves de production envisagées est important et il n'est pas concevable de reporter plus de 50 marqueurs pour le chargement des anodes et 50 autres pour le chargement des cathodes sur un même pont. Nous avons accentué la formation/sensibilisation des opérateurs vis-à-vis de ce risque. Les cuves de production ont été renforcées avec 2 ceintures métalliques afin d'assurer une protection contre les impacts et de réduire les dégâts potentiels de la cuve.	GB	4	1	3	

	Cuve de production encore remplie d'électrolyte	Oubli (Erreur) de vidanger les cuves de production avant le chargement des électrodes	Projection potentielle d'électrolyte sur les employés à proximité	Instructions et formations des opérateurs.	3	1	2	<p>Evaluer l'installation de contact type « Interlock » au niveau afin d'empêcher la descente du palan avec un châssis + électrode si la cuve n'a pas été vidangée au préalable.</p> <p>Installer un interlock pour chaque cuve de production (jusqu'à 50) est trop complexe d'un point de vue automatisme. Ainsi, la procédure opérationnelle a été modifiée en ajoutant des précisions : la cuve de production doit être vidangée jusqu'à un certain niveau afin de supprimer toutes projections d'Electrolyte lors des phases de chargement des châssis.</p>	GB	3	4	4	
DECHARGEMENT	Déchargement incorrect des cathodes	Elingue corrodée due à des contacts répétitifs avec de l'électrolyte (acide)	Chute potentielle du châssis cathodique dans la cuve de production générant des projections d'électrolyte susceptible d'exposer les employés	Inspection visuelle de l'élingue périodiquement par des organismes agréés, inspection de l'opérateur de production avant chaque utilisation	3	1	2	<p>Choisir un matériau d'élingue compatible avec la composition chimique de l'électrolyte.</p> <p>Le matériau d'élingue retenu est l'acier inoxydable. Ce matériau est particulièrement résistant et adapté aux solutions acides à base de nitrate (HNO3)</p>	GB	3	3	4	
		Balancement du châssis cathodique, vibration dû à une mauvaise manipulation	Gouttes d'électrolyte tombant des cathodes lors du retrait du châssis de la cuve de production et exposition potentielle des employés	Périmètre de sécurité autour de la cuve de production et opérateurs avec EPI adaptés	3	4	4						
	Déchargement incorrect des anodes		Chute potentielle du châssis anodique dans la cuve de production générant des projections d'électrolyte susceptible d'exposer les employés	Inspection visuelle de l'élingue périodiquement par des organismes agréés, inspection de l'opérateur de production avant chaque utilisation	3	1	2	<p>Choisir un matériau d'élingue compatible avec la composition chimique de l'électrolyte.</p> <p>Le matériau d'élingue retenu est l'acier inoxydable. Ce matériau est particulièrement résistant et adapté aux solutions acides à base de nitrate (HNO3)</p>	GB	3	3	4	

DEGRADATION	Cuve endommagée	Impact entre la cuve et un châssis	Epanchage d'Electrolyte à cause d'une rupture de paroi	<p>Le châssis cathodique est abaissé au-dessus du châssis anodique et il est impossible qu'il rentre en contact avec les parois de la cuve de production si le châssis anodique est bien en place.</p> <p>Le risque existe avec l'abaissement du châssis anodique sur la cuve de production. Des têtions de centrage sont présents pour aider à l'alignement de l'ensemble.</p>	3	1	2	<p>Nous avons accentué la formation/sensibilisation des opérateurs vis-à-vis de ce risque. Les cuves de production ont été renforcées avec 2 ceintures métalliques afin d'assurer une protection contre les impacts et de réduire les dégâts potentiels de la cuve.</p>	GB	4	1	3	
SURCHARGE	Chargement trop lourd	Poids de la cuve, des châssis anodique et cathodique trop important pour la table de supportage	Domage important de la cuve de production due à une défaillance de la table de supportage	La table de supportage à été conçue (bureau d'étude interne) pour supporter 2 fois le poids total de l'ensemble cuve pleine d'Electrolyte / châssis anodique / châssis cathodique	3	4	4						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (11) : Récupération des boues anodiques

Dessin : NA

Paramètre : DEBIT

Intention : Pas de valeur de débit visée

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas de flux	Vanne manuelle fermée	Perte productivité car la cuve ne peut être vidangée de ses boues.	La vanne de vidange devrait être pilotée par automate. Instructions et formations des opérateurs Maintenance préventive de la vanne pilotée.	5	3	5						
		Pas de boues dans la cuve de production	Pas de conséquences significatives										
ELEVEE	Forte pression	Aucune. La vanne s'ouvrir et les boues s'écoulent avec un peu d'électrolyte (gravité)	Pas de conséquences significatives										
MAUVAISE DIRECTION	Flux mal dirigé	Bac de récupération des boues non présent lorsque la vanne de vidange est ouverte	Epanchage potentiel d'Electrolyte sur le sol, exposition potentielle des employés.	Instructions et formations des opérateurs	3	2	3						
		Vanne V-26 ouverte	Epanchage potentiel d'Electrolyte sur le sol, exposition potentielle des employés.	Instructions et formations des opérateurs ; Vanne uniquement actionnée par la maintenance ou la maîtrise.	3	4	4						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (11) : Récupération des boues anodiques

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : Température ambiante

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Faible température	Températures extérieures de -5°C pendant les mois d'Hiver	Solidification potentielle de l'électrolyte, dégradation des équipements et de la tuyauterie	Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage et chaque cuve de production est équipée d'un thermoplongeur	4	3	4						
		Thermoplongeur défectueux	Solidification potentielle de l'électrolyte, dégradation des équipements et de la tuyauterie	Alarme automate si la température est trop basse	4	3	4						
ELEVEE	Température élevée	Incendie externe, mauvais fonctionnement des thermoplongeurs	Dégradation potentielle des équipements et de la tuyauterie en cas de surchauffe du bain	Alarme automate en cas de dépassement de 30°C, Matériau et tuyauterie adaptés : pompe de doseuse accepte 45°C max, tuyauterie en PVC rigide accepte 60°C max, pompe centrifuge 80°C.	4	5	5						

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (11) : Récupération des boues anodiques

Dessin : NA

Paramètre : PRESSION

Intention : 1 bar, cuve de production à pression atmosphérique (circuit ouvert)

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Faible pression	Idem faible débit											
ELEVEE	Pression élevée	Obstruction de la conduite	Pression maximale en sortie de pompe atteinte	Maintenance préventive de la pompe. Indication de pression (manomètre) lue sur la pompe. La tuyauterie en sortie supporte une pression bien plus importante.	5	4	5						
		Vanne manuelle fermée	Pression maximale en sortie de pompe atteinte	Indication de pression (manomètre) lue sur la pompe. La tuyauterie en sortie supporte une pression bien plus importante.	5	4	5						

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (11) : Récupération des boues anodiques

Dessin : NA

Paramètre : NIVEAU

Intention : Niveau assez bas pour récupérer les boues d'une cuve de production

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
BAS	Niveau bas		Pas de conséquences significatives										
HAUT	Niveau haut	Sac de récupération des boues utilisé pour plusieurs vidanges de cuve	Débordement du sac et épandage des boues anodiques sur le sol, exposition potentielle des employés	Le sac à boues peut contenir 18 kg de boues maximum. Chaque cuve de production produit environ 5 kg de boues anodiques par cycle. Les instructions opérationnelles prévoient d'utiliser le bac de récupération pour une seule vidange.	3	4	4	Evaluer l'utilisation d'un niveau HAUT pour le bac de récupération T-5	GB				

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (12) : Stockage de l'électrolyte (T-5)

Dessin : NA

Paramètre : TEMPERATURE

Intention : 25°C

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
FAIBLE	Faible température	Températures extérieures de -5°C pendant les mois d'Hiver	Solidification potentielle de l'électrolyte, dégradation des équipements et de la tuyauterie	Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage et chaque cuve de production est équipée d'un thermoplongeur	4	3	4						
ELEVEE	Température élevée	Incendie externe, mauvais fonctionnement des thermoplongeurs	Dégradation potentielle des équipements et de la tuyauterie en cas de surchauffe du bain	Alarme automate en cas de dépassement de 30°C, Matériau et tuyauterie adaptés : pompe de doseuse accepte 45°C max, tuyauterie en PVC rigide accepte 60°C max, pompe centrifuge 80°C	4	5	5						

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (12) : Stockage de l'électrolyte (T-5)

Dessin : NA

Paramètre : PRESSION

Intention : 1 bar, pression atmosphérique (circuit ouvert)

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
ELEVEE	Pression élevée	Température élevée dans le réservoir de stockage	Rupture du réservoir	Prise d'air en partie supérieure du réservoir pour éviter les phénomènes de surpression	3	4	4	Réaliser des mesures d'Hygiène Industrielle à proximité du réservoir de stockage de l'électrolyte	GB / VCh				
			Génération de vapeurs d'électrolyte	Prise d'air en partie supérieure du réservoir pour éviter les phénomènes de surpression	4	4	4						

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (12) : Stockage de l'électrolyte (T-5)

Dessin : NA

Paramètre : NIVEAU

Intention : Maximum 1500 Litres

Mot clé	Déviation	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
HAUT	Niveau haut	Erreur humaine, vidange d'un volume trop important	Epanchage d'électrolyte sur le sol, exposition potentielle des employés	Niveau trop haut LS-5 avec report d'alarme sur automate	3	4	4	Réaliser des mesures d'Hygiène Industrielle à proximité du réservoir de stockage de l'électrolyte	GB / VCh				
BAS	Niveau bas		Pas de conséquences significatives										

HAZOP Worksheet (Traduction Française 05/2020)

Société : Praxair, Inc.

Lieu : Mercus France

Site : Praxair PHP Mercus

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (13) : Nœud Global

Dessin : NA

Paramètre : DEBIT

Intention : Aucune

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN	Pas de début												

Session : (3) 17/05/2017

Nœud : (13) : Nœud Global

Dessin : NA

Paramètre : AUTRE

Intention : Identifier les potentiels risques de sécurité associés au procédé, les conséquences résultantes, et les protections communes envisagées au niveau du site

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUSSI BIEN QUE													

Session : (3) 17/05/2017

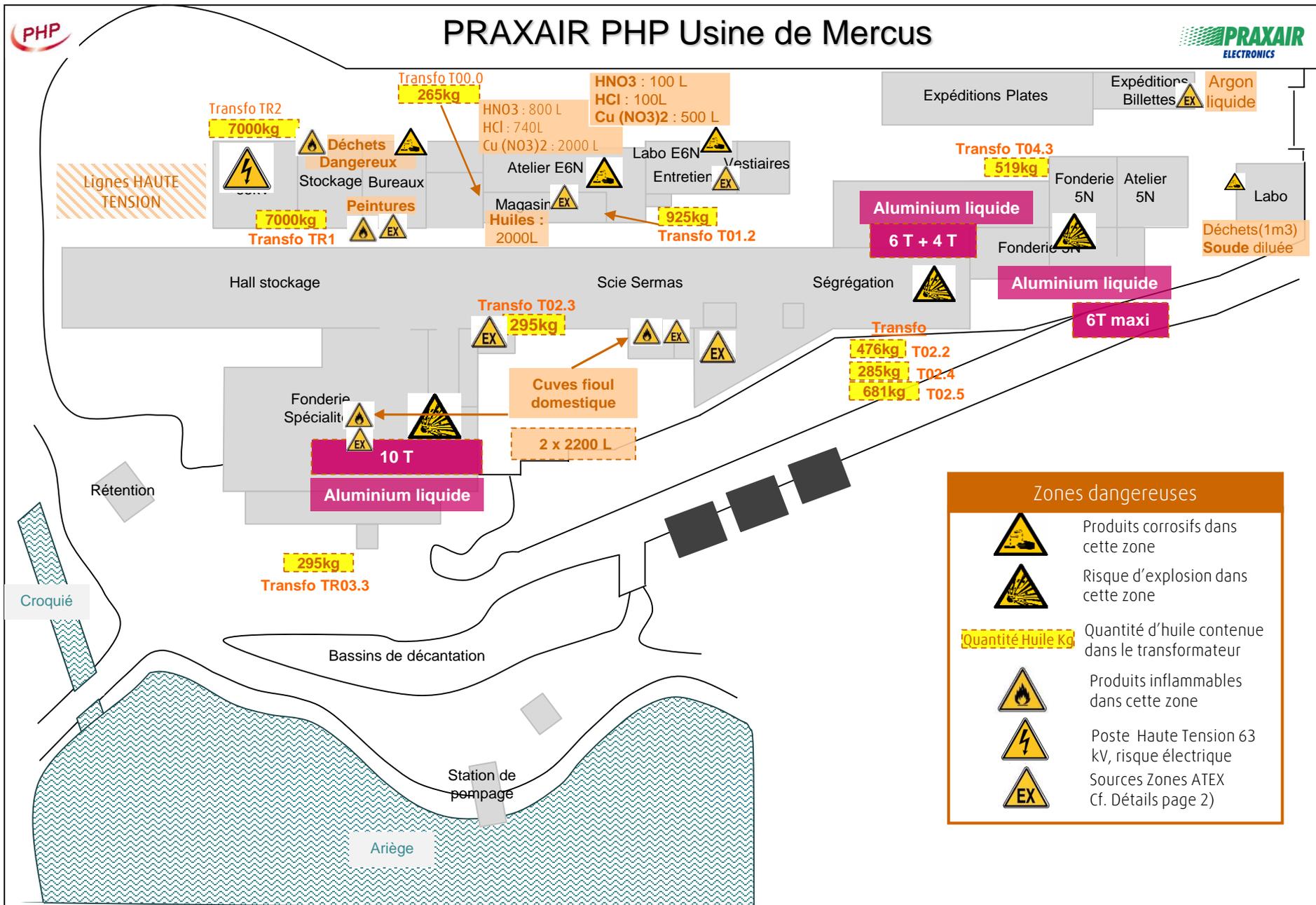
Nœud : (13) : Nœud Global

Dessin : NA

Paramètre : CONSIDERATIONS GLOBALES DU NOEUD

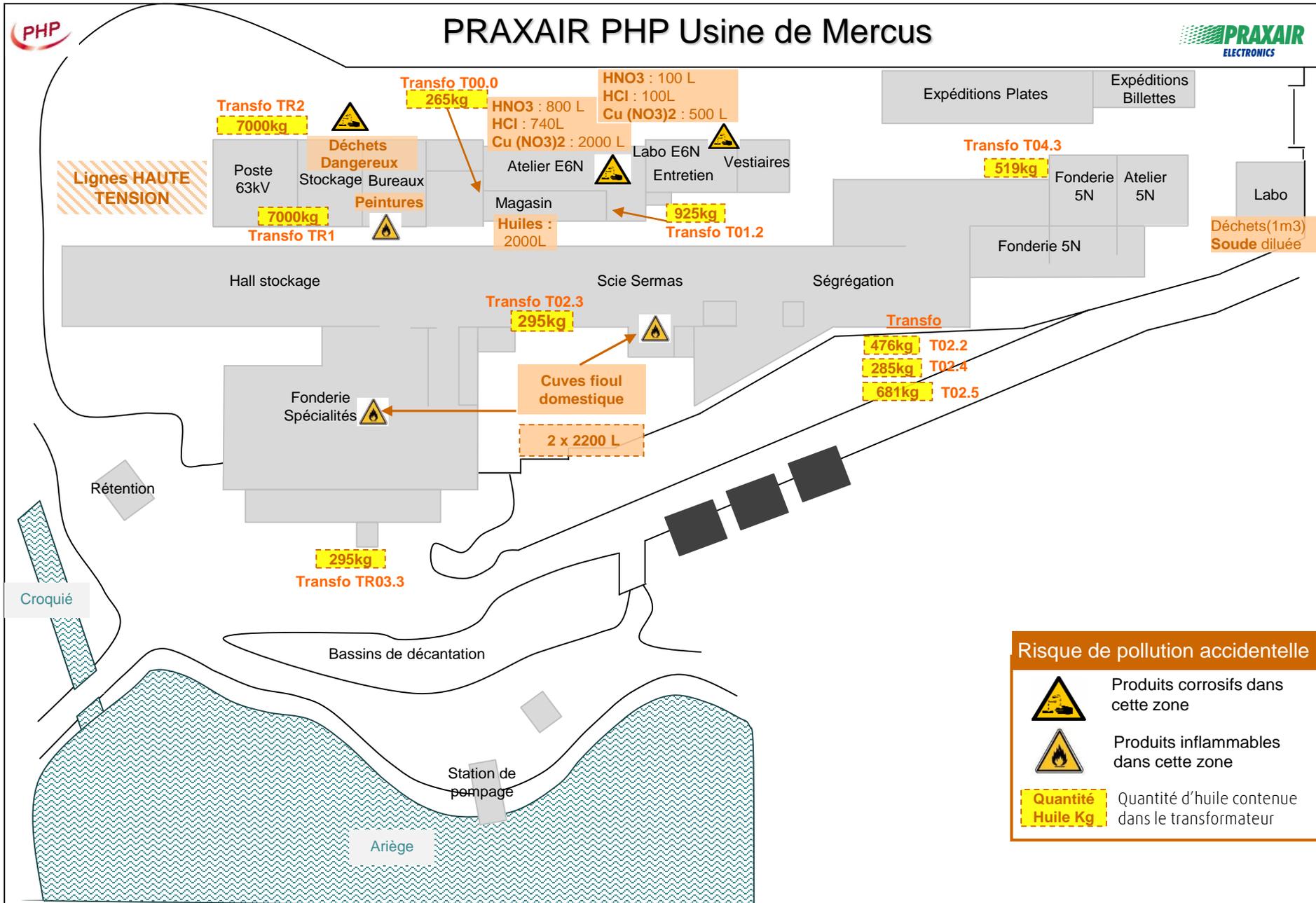
Intention : Identifier les potentiels risques de sécurité associés au procédé, les conséquences résultantes, et les protections communes envisagées au niveau du site

Mot clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Protection	S	L	R	Recommandations	Qui ?	S	L	R	FIN
AUCUN, MOINS	Pas (ou moins) d'énergie sur le site	Transformateur hors service	Procédé de production arrêté, pas de production. Pas de conséquences significatives.										
	Etiquetage	Vannes, actionneurs, actionnés par erreur	Mauvais fonctionnement et perturbation du procédé, impacts opérationnels										
EN PLUS DE	Impact du nouveau procédé sur le site	Processus adjacent causant un impact sur le raffinage du Cu	Production arrêtée	Pas de procédé adjacent sur le terrain	3	4	4						
			Dégradation du procédé. Solution d'électrolyte qui fuit.	Pas de procédé adjacent sur le terrain pouvant générer des dommages et dégradations. Evolution du procédé de production du cuivre soumis à procédure « Gestion du Changement » par PRAXAIR Inc.	3	4	4						

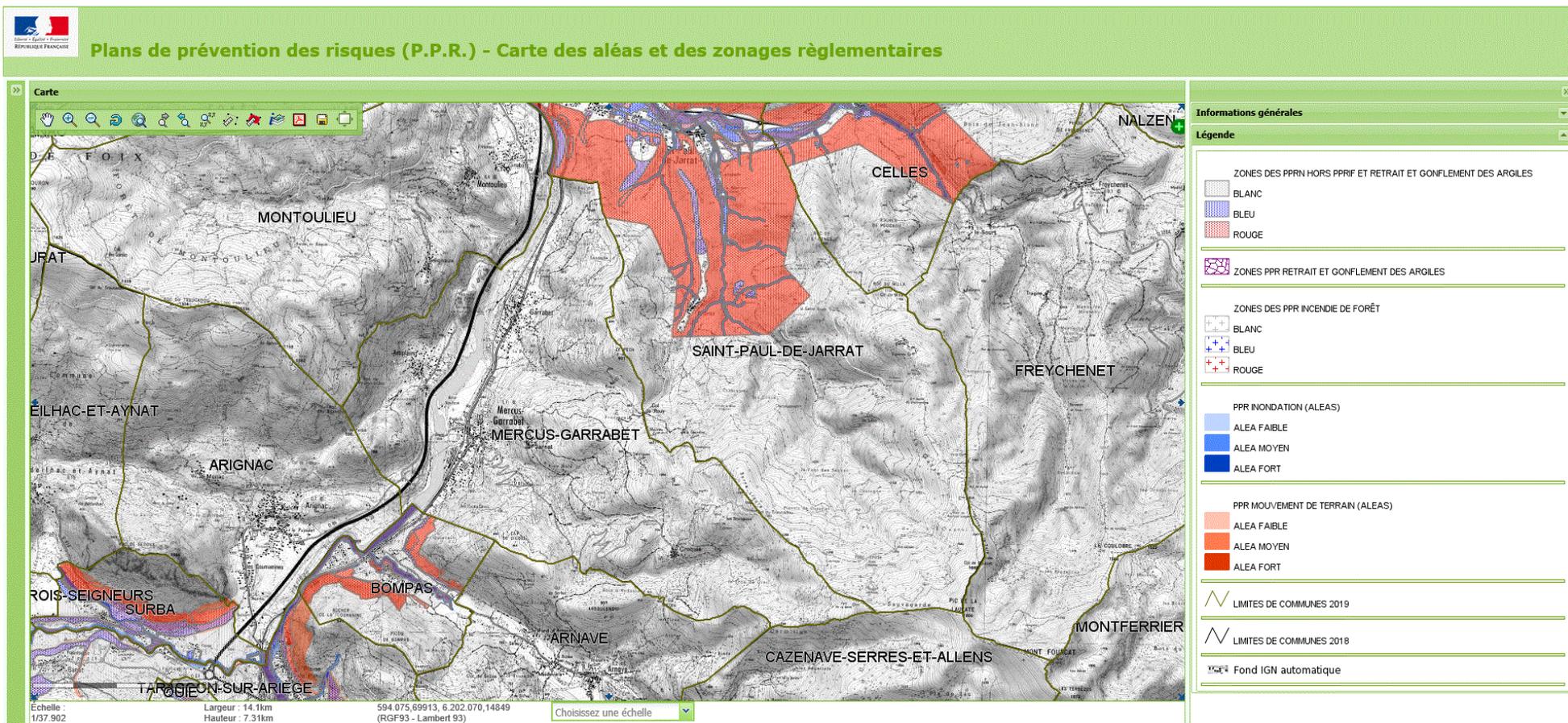




Localisation	Source de dégagement	Zone ATEX
Expéditions Billettes Duplex Hall de stockage	Poste de charge batteries	Zone 1: volume cylindrique d'un rayon de 50cm autour des batteries Zone 2: pas de risque d'accumulation d'Hydrogène sous le plafond vu la taille des bâtiments
Fonderie 5N Maintenance Expéditions Stockage peinture	Aérosols	Zone 1: Intérieur de l'armoire ou des poubelles ou 50cm autour du stockage des aérosols
Laboratoire Maintenance	Gaz inflammables	Zone 2: 1 m autour des robinets dans toutes les directions
Travaux soudage	Gaz inflammables	Zone 2: volume d'un rayon de 1m autour de la bouteille acétylène et des éléments de connexion
Fond Spécialités	Scie Sermas	Zone 22: intérieur du cyclone + intérieur du réseau d'aspiration
Préchauffage Poche Fond Spécialités	Fioul domestique	Zone 2: intérieur de la cuve jusqu'à l'évent et l'orifice de l'installation de distribution
Laboratoire Expéditions Maintenance	Produits inflammables	Zone 0: intérieur des bouteilles Zone 1: 0,5m autour du transvasement Zone 2: 0,5m autour des bouteilles
Maintenance	Meulage	Zone 21: 50cm autour du meulage
Maintenance	Peintures	Zone 0: intérieur des bouteilles Zone 1: 0,5m autour du transvasement Zone 2: 0,5m autour des bouteilles
Maintenance	Huiles	Zone 0: intérieur des bouteilles Zone 1: 0,5m autour du transvasement Zone 2: 0,5m autour des bouteilles / intérieur des rétentions

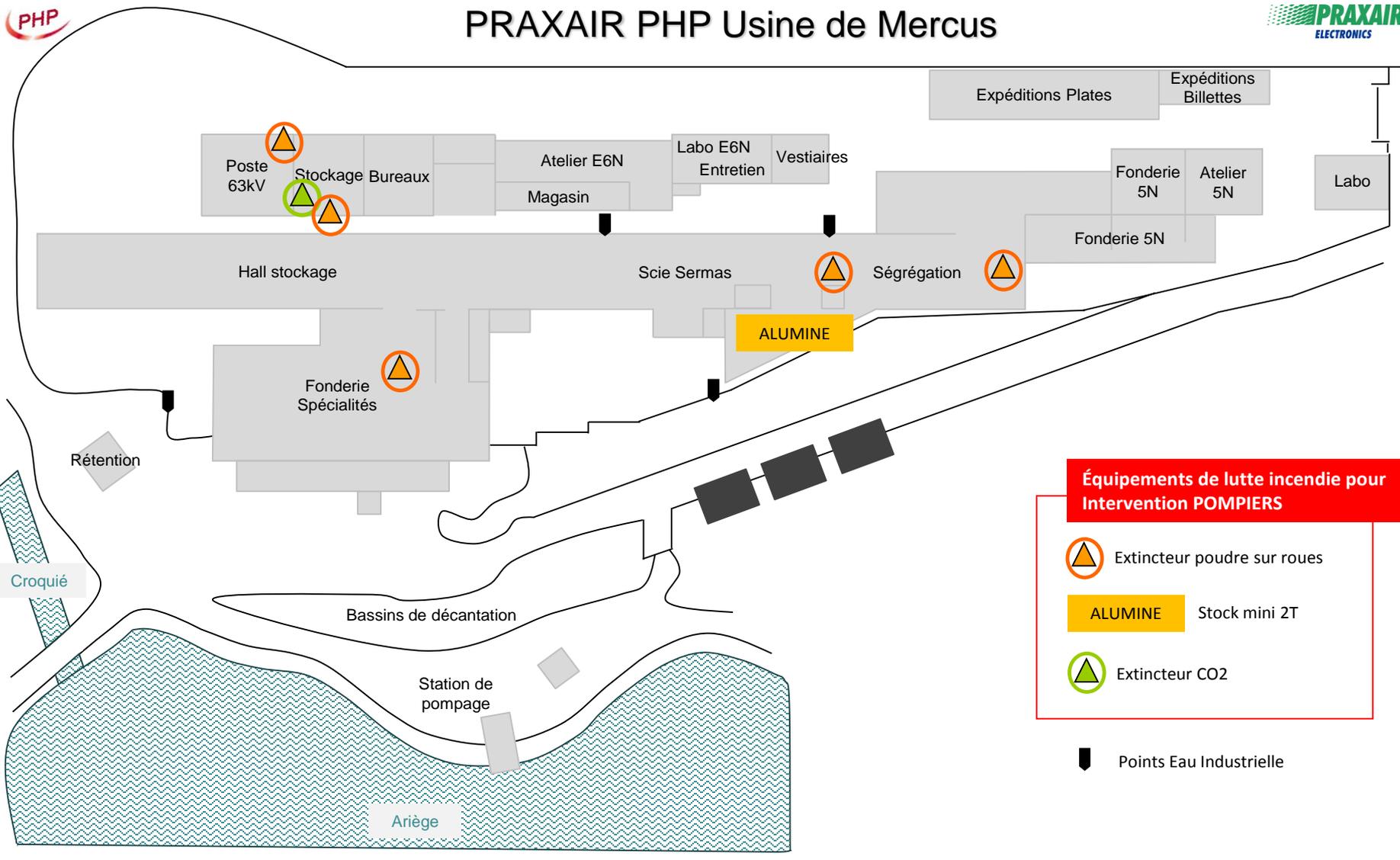


Annexe 14 - Cartes des zones inondables et glissements de terrain du PPRN de l'Ariège





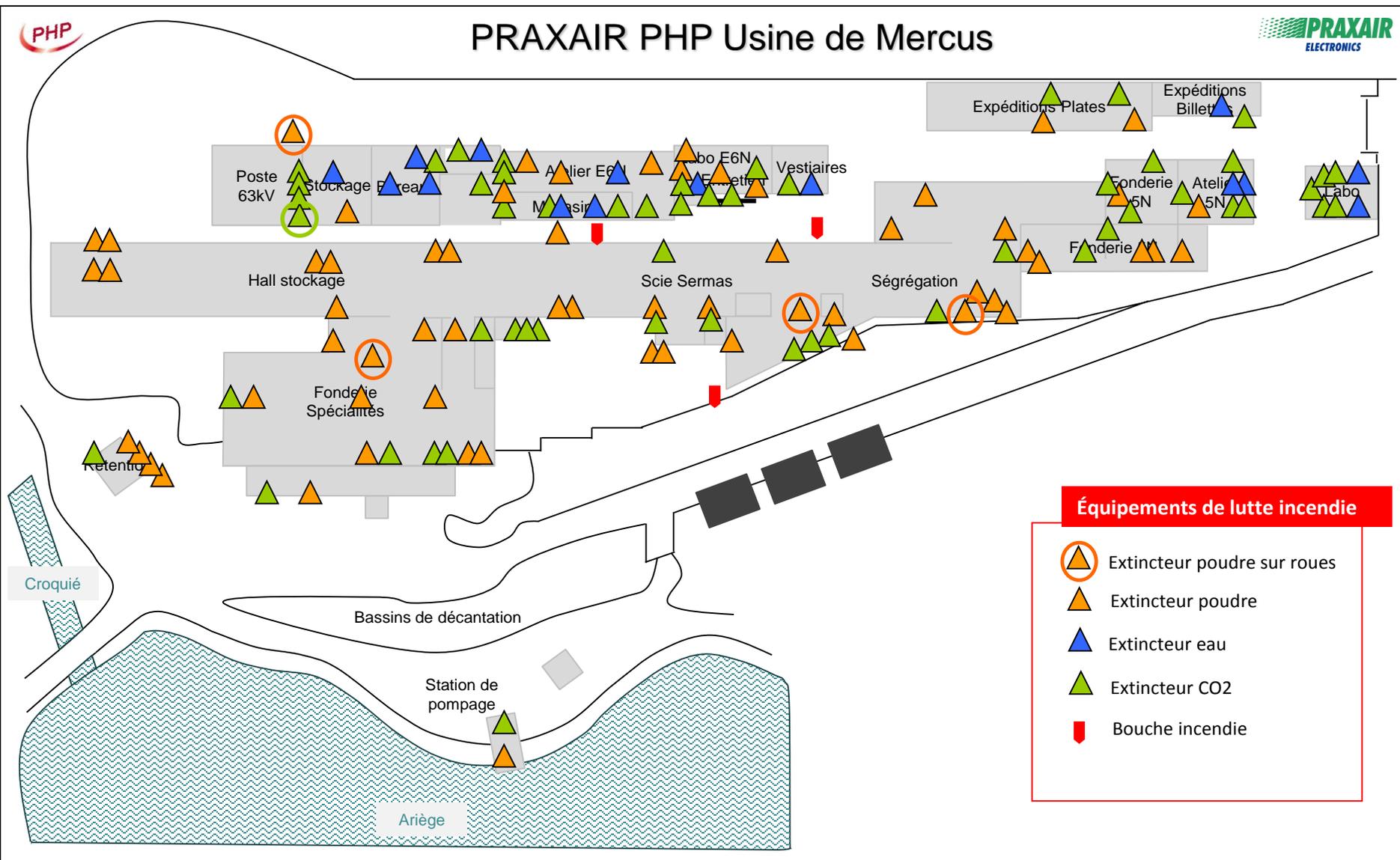
PRAXAIR PHP Usine de Mercus



Équipements de lutte incendie pour Intervention POMPIERS

-  Extincteur poudre sur roues
-  ALUMINE Stock mini 2T
-  Extincteur CO2

 Points Eau Industrielle



Chapitre pack secours	Nom du document	Identification document	Contenu
NUMEROS DE TELEPHONE D'URGENCE	Portables urgence Encadrement & Praxair	L-RH-05	Portables Membres de la Direction Téléphone Encadrement Praxair Electronics
	Annuaire astreinte	L-RH-04	N° des personnes d'astreinte
	Annuaire usine	L-RH-02	N° en interne de tout le personnel
	Annuaire personnel (sauf ségré)	L-RH-03	N° du personnel
	Secouristes (SST)	L-HSE-01	Liste les SST du site et leurs N° en interne
	Téléphone utiles en cas d'urgence	L-HSE-13	Liste des numéros extérieurs (ex : médecin, hôpital, etc.)

ORGANISATION	Organisation de la sécurité et sûreté du site	C-HSE-18	Décrit les moyens mis en œuvre pour organiser la sûreté et sécurité du site (astreinte...)
	Gestion des accidents	P-HSE-08	Décrit comment gérer une situation d'accident
	Gestion situations urgence	P-HSE-09	Décrit comment gérer une situation d'urgence

APPEL SECOURS	Appel des secours extérieurs	C-HSE-01	Consigne à suivre en cas d'appel des secours extérieurs
ACCIDENT BLESSES RISQUES	Accident	C-HSE-11	Consigne à suivre lorsqu'une personne se blesse sur le site
	Signalement d'un danger grave et imminent	C-HSE-19	Droit de retrait du salarié (danger grave et imminent)
	Consigne arrêt cardiaque	C-HSE-38	Consigne en cas d'arrêt cardiaque
	Consigne membre coupé	C-HSE-40	Consigne d'utilisation de la mallette « Membre sectionné »
	Alarme Risque Asphyxie	C-HSE-42	Consigne d'urgence en cas d'Alarme Risque Asphyxie
INCENDIE EXPLOSION EVACUATION	Incendie-Explosion	C-HSE-04	Découverte d'un incendie ou d'une explosion métal liquide
	Evacuation	FICHE 06	Evacuation générale du site
	Evacuation bâtiment administratif	C-HSE-06	Evacuation du bâtiment administratif
ENVIRONNEMENT DEVERSEMENT	Epanchage de fluide	C-HSE-07	Renversement ou fuite de produit liquide
	Utilisation des obturateurs d'urgence	C-HSE-14	Bonne pratique d'utilisation des obturateurs d'urgence
	Dégagement de vapeurs	C-HSE-08	Dégagement de vapeurs
	Déversement Soude local Macro	C-HSE-20	Déversement de soude au local macro
	Epanchage Atelier E6N	C-HSE-45	Epanchage de Produits dangereux en grande quantité – Atelier E6N
DANGERS D'ORIGINE EXTERNE	Danger d'origine externe naturel	FICHE 11	Intempéries importantes (chutes de neiges, verglas, etc.) ou catastrophes naturelles (inondation, tempête, foudre)
	Danger d'origine externe non - naturel	C-HSE-37	Evénement non naturel d'origine extérieure ou tiers susceptible d'impacter le site (intrusion, accident survenant à proximité du site...)
COMPORTEMENT AUTRUI	Comportement anormal	C-HSE-13	Comportement anormal d'un salarié au poste de travail
	Rixe au travail	C-HSE-15	Querelle entre 2 salariés
	Grève	C-HSE-16	Mouvement de grève sur le site
INCIDENT TECHNIQUE GRAVE	Incident technique grave	C-HSE-21	Incident technique grave dépassant le cadre de la maintenance du site, perte des utilités
MISE EN SECURITE	Coupure Energies en cas d'urgence	FICHE 13	En cas de besoin de mise en sécurité des installations pour l'intervention des secours

PLANS DU SITE	Moyens de secours	Plan 02	Localisation des équipements de secours à la personne en cas d'urgence
	Moyens de lutte incendie	Plan 03	Localisation des équipements pour lutter contre un incendie
	Voies d'accès des secours extérieurs	Plan 05	Visualisation des voies d'accès possible pour les secours extérieurs
	Zones dangereuses	Plan 04	Localisation des zones dangereuses du site (stockage produits, transformateurs PCB, fours, etc.)
	Postes Electriques	Plan 06	Localisation des postes électriques
	Equipements obturateurs	Plan 12	Localisation des kits d'interventions en cas de déversement (obturateurs)
	Zones à risques de glissade	Plan 13	Localisation des zones à risque de glissade en cas de neige / verglas