

DOSSIER PRODUIT

NaOH

HYDROXYDE DE SODIUM

CAS n°

1310-73-2

PRISE EN CHARGE DES PROJECTIONS
CHIMIQUES OCULAIRES ET CUTANÉES

EDITION 2011



PREVOR

PRÉVOIR ET SAUVER

Laboratoire de Toxicologie & Maîtrise du Risque Chimique

www.prevor.com



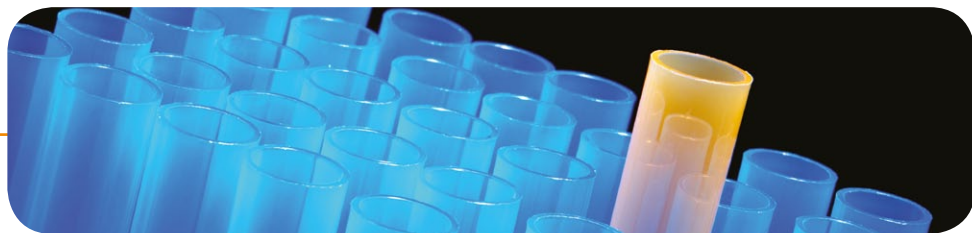
NaOH

SOMMAIRE

HYDROXYDE DE SODIUM

PRISE EN CHARGE DES PROJECTIONS
CHIMIQUES OCULAIRES ET CUTANÉES

| | |
|--|------------|
| 1. POINTS CLEFS | p3 |
| 1.1 Historique | p3 |
| 1.2. Dénominations | p3 |
| 1.3. Utilisations | p4 |
| 2. ÉTIQUETAGE | P4 |
| 2.1. Niveau de danger en fonction de la concentration | p4 |
| 2.2. Autres classifications | p5 |
| 3. CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES | p5 |
| 4. CORROSIVITÉ DE L'HYDROXYDE DE SODIUM | p7 |
| 4.1. Mécanismes chimiques | p7 |
| 4.2. Lésions chimiques dues à l'hydroxyde de sodium | p8 |
| 5. PRÉVENTION DU RISQUE CORROSIF DE L'HYDROXYDE DE SODIUM | p13 |
| 6. PRISE EN CHARGE EN URGENCE D'UNE PROJECTION CHIMIQUE | p13 |
| 6.1. Évaluation des méthodes de lavage | p13 |
| 6.2. Preuves expérimentales d'efficacité | p15 |
| 6.3. Retours d'expérience de l'utilisation de la Diphotérine® | p17 |
| 7. CONSEILS DE LAVAGE AVEC LA DIPHOTÉRINE® | p22 |
| 8. RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES | p23 |



1. POINTS CLEFS

1.1. HISTORIQUE

L'hydroxyde de sodium provient du carbonate de sodium, appelé autrefois « soude ». Les égyptiens utilisaient déjà le carbonate de sodium, mélangé à de la chaux, pour synthétiser une base forte, l'ion hydroxyde OH^- en solution avec l'ion sodium Na^+ . Au cours des siècles, plusieurs procédés ont été créés pour le synthétiser, comme le procédé Solvay, en 1861. L'hydroxyde de sodium est aujourd'hui essentiellement produit par électrolyse d'une solution de chlorure de sodium.

1.2. DÉNOMINATIONS ET FORMULE

- Hydroxyde de sodium
- Soude
- Soude caustique
- Lessive de soude (en solution)
- Sodium hydrate
- Ascarite

| HYDROXYDE DE SODIUM | |
|----------------------------|------------------------|
| Formule Brute | NaOH |
| Masse molaire | 40 g.mol ⁻¹ |
| Numéro CAS | 1310-73-2 |
| Numéro EINECS | 215-185-5 |
| Numéro ICSC ⁽¹⁾ | 0360 |

1.3. UTILISATION

L'hydroxyde de sodium, est l'une des substances chimiques les plus utilisées en laboratoire et en milieu industriel, pour la fabrication de pâtes à papier et produits chimiques divers : plastiques, textiles de synthèse, produits de nettoyage à usage ménager ou industriel, production d'essence et de biodiesel, de savons ou encore pour le traitement de l'aluminium. C'est aussi un additif alimentaire (E524).



2. ETIQUETAGE

2.1. NIVEAU DE DANGER EN FONCTION DE LA CONCENTRATION

- **Classification CE en vigueur jusqu'à juin 2015** pour les mélanges.

Produit repris dans CLP00⁽²⁾.

| HYDROXYDE DE SODIUM | SYMBOLE DE DANGER | PHRASES DE RISQUE |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|
| Concentration \geq 5 % | C | R35 |
| Concentration de 2 à 4,99 % | C | R34 |
| Concentration de 0,5 % à 1,99 % | Xi | R36/38 |
| Concentration < 0,5 % | - | - |

Intitulé des phrases de risques (classification CE)

R35 : Provoque de graves brûlures

R34 : Provoque des brûlures

R36/38 : Irritant pour les yeux et la peau

- **Nouvel étiquetage suivant le règlement CLP, obligatoire** depuis décembre 2010 pour les substances et à partir de juin 2015 pour les mélanges :



DANGER !

H314 Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

| HYDROXYDE DE SODIUM | CLASSIFICATION | MENTIONS DE DANGER |
|---------------------------------|---|--------------------|
| Concentration \geq 5 % | Corrosion/irritation cutanée de niveau 1A | H314 |
| Concentration de 2 à 4,99 % | Corrosion/irritation cutanée de niveau 1B | H314 |
| Concentration de 0,5 % à 1,99 % | Irritation cutanée de niveau 2 | H315 |
| | Irritation oculaire de niveau 2 | H319 |
| Concentration < 0,5 % | - | - |

Mention de danger (règlement CLP)

H314 Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

H315 Provoque une irritation cutanée

H319 Provoque une sévère irritation des yeux

² - Classification Labelling Packaging – règlement 1272/2008/CE

2.2. AUTRE CLASSIFICATION : CLASSIFICATION AMÉRICAINE

Rouge 0 - Inflammabilité : produit non combustible

Bleu 3 - Danger pour la santé : Une exposition de courte durée peut entraîner des lésions sévères temporaires ou persistantes

Jaune 1 - Réactivité : normalement stable, mais peut devenir instable à températures et pressions élevées

Blanc COR - Symbole spécial pour corrosif



3. CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES

L'hydroxyde de sodium pur est un solide blanc, translucide et très hygroscopique (grande affinité pour l'eau). Il réagit facilement au contact de l'humidité de l'air ou de toute surface mouillée (phénomène de déliquescence). La dissolution de la soude dans l'eau peut s'accompagner d'un dégagement de chaleur (Figure 1).

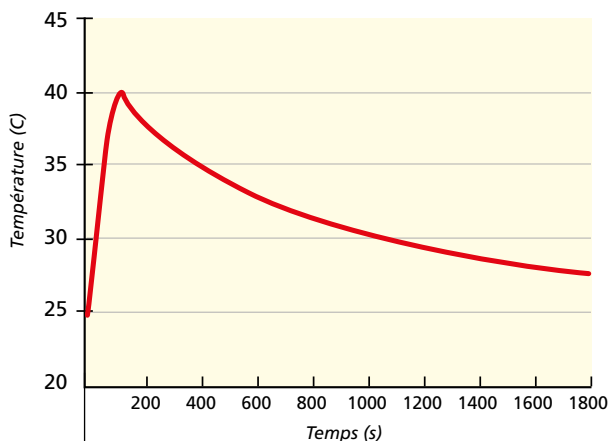


Figure 1 : Evolution de la température lors de la dissolution de 1 gramme d'hydroxyde de sodium en pastilles, dans de l'eau



Il est vendu sous forme : de pastilles, paillettes, perles, blocs, cubes, ou en solution aqueuse. En milieu industriel, la forme liquide la plus concentrée est 50 %, mais elle présente une forte viscosité (Figure 2).

| | |
|-------------------------|-------------------|
| Eau | 1 cP (centipoise) |
| Hydroxyde de sodium 24% | 7,1 cP |
| Hydroxyde de sodium 50% | 78 cP |
| Huile d'olive | 800-1000 cP |

Exemple de viscosité à 20°C

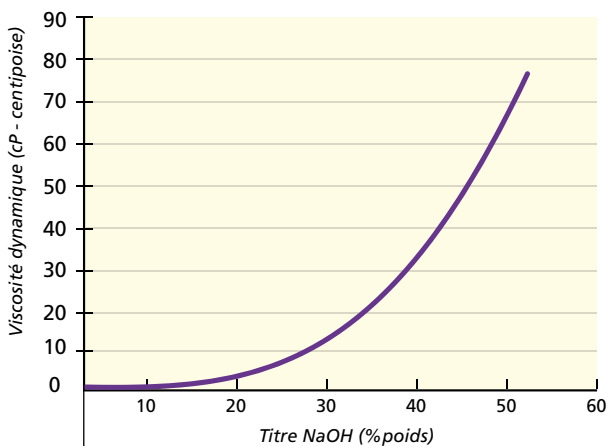


Figure 2 : Evolution de la viscosité d'une solution d'hydroxyde de sodium en fonction de sa concentration -
 Source : Handbook 87^{ème} édition 2006/2007 et Cèdre-2005

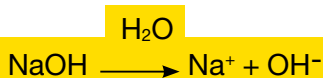
| | |
|------------------------------|--|
| Masse molaire | 40 g.mol ⁻¹ |
| Température d'ébullition | 1 390°C |
| Température de fusion | 318°C |
| Tension de vapeur | 0,13 kPa à 739°C 2,67 kPa à 953°C 13,3 kPa à 1 111°C 53,3 kPa à 1 286°C |
| Densité | 2,13 |
| Solubilité dans l'eau (20°C) | 109 g/100 ml |
| VME ⁽³⁾ | 2 mg/m ³ ⁽⁴⁾ |
| PEL (TWA) ⁽⁵⁾ | 2 mg/m ³ |
| STEL (TWA) ⁽⁶⁾ | - |

Source : Fiche toxicologique INRS et fiche ICSC

4. CORROSIVITÉ DE L'HYDROXYDE DE SODIUM

4.1. MÉCANISMES CHIMIQUES

L'hydroxyde de sodium est une base forte, car elle se dissocie totalement en milieu aqueux, libérant ainsi l'ion OH⁻.



$$pK_a = 14,8$$

Le dioxyde de carbone présent dans l'air peut se dissoudre en milieu aqueux et réagir avec l'hydroxyde de sodium pour former des carbonates.



3 - Valeur Moyenne d'Exposition

4 - Il s'agit pour la France d'une valeur limite indicative

5 - Permissible Exposure Limit (Valeur limite d'exposition autorisée sur une journée de 8 heures par l'Occupational Safety Health Administration)

6 - Short-Term Exposure Limit (Valeur limite pour une exposition de moins de 15 minutes, par l'OSHA)



Le pH de la solution varie et dépend de l'équilibre avec les ions CO_2 , HCO_3^- et CO_3^{2-} .
L'hydroxyde de sodium oxyde certains métaux avec un dégagement de dihydrogène (H_2) qui est un gaz explosif.

Par exemple avec le zinc :



aq : solution aqueuse

s : forme solide

g : forme gazeuse

4.2. LÉSIONS CHIMIQUES DUES À L'HYDROXYDE DE SODIUM

La grande disponibilité et les utilisations multiples de l'hydroxyde de sodium, en milieu industriel ou domestique, expliquent la fréquence du risque de lésions chimiques accidentelles ou intentionnelles.

Les lésions peuvent être cutanées, oculaires, digestives ou respiratoires.

Dans ce dossier seront abordées les lésions cutanées et oculaires.

Le danger de l'hydroxyde de sodium est uniquement la corrosion/irritation et ce dès que sa concentration dépasse 0,5 %.

4.2.1. EXPOSITION CUTANÉE

Un contact cutané avec la soude génère une nécrose de liquéfaction avec saponification des lipides des membranes cellulaires et dissolution des protéines tissulaires. (Palao - 2010).

La lésion se caractérise par une couleur brune et un aspect gélatineux. Elle s'associe à une douleur dont la précocité et l'intensité dépendent de la concentration et du temps de contact.

Les lésions cutanées de la soude peuvent être térébrantes (diffusion lente jusqu'aux couches profondes de la peau).



Figure 3 : Brûlure par soude non lavée - Source : Dr Lucien Bodson, CHU Liège, Belgique

Une étude expérimentale *ex vivo* menée sur explants de peau humaine a permis de suivre la diffusion de la soude 50 % dans la peau, par observation histologique des atteintes cellulaires épithéliales et dermiques.

| DURÉE D'EXPOSITION | OBSERVATIONS DES LÉSIONS |
|--------------------|--|
| 4 minutes | Un clivage net apparaît au milieu du <i>stratum corneum</i> (SC). |
| 30 minutes | Nets aspects de déstructuration du SC sans altérations visibles de la structure épidermique vivante (Figure 7). |
| 1 heure | Nets aspects de lyse des membranes des cornéocytes (cellules du SC) dans les couches supérieures du SC. |
| 2 – 48 heures | Le SC est complètement lysé et aucune viabilité cellulaire n'est observée dans l'épiderme ainsi que dans le derme papillaire (partie la plus superficielle de la couche sous épidermique - Figure 8). Cet aspect est identique jusqu'à 48 heures de contact. |

Figure 4 : Chronologie de l'apparition des lésions sur des explants de peau humaine exposés à de la soude 50 %

La soude 50 % très visqueuse pénètre dans le *stratum corneum* où elle s'accumule et provoque de nets aspects de destruction après 30 minutes, puis de lyse des membranes des cornéocytes après 1 heure. Au-delà de 2 heures de contact, la pénétration de la soude dans les couches profondes est massive et dès 2 heures de contact, cette diffusion rapide se traduit par l'absence de viabilité cellulaire dans l'épiderme et le derme papillaire. La cinétique de propagation des lésions dues à une exposition à la soude 50 % est donc très différente de celle observée au cours d'expositions à des acides concentrés.

Sur le même modèle, l'acide fluorhydrique 70 % pénètre rapidement et profondément dès les premières minutes (Burgher - 2010).

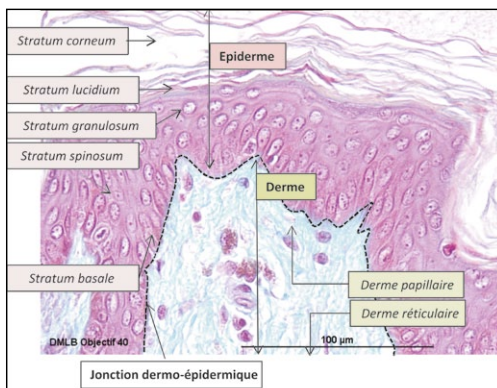


Figure 5 : Les différentes couches de la peau

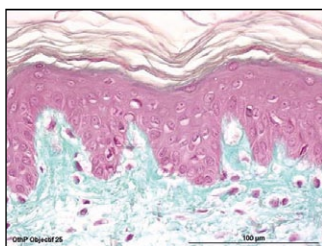


Figure 6 : explant de peau non exposé.

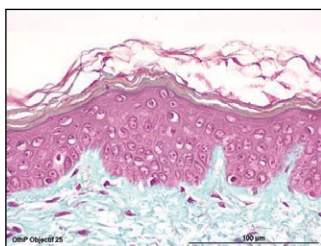


Figure 7 : explant de peau exposé à NaOH 50% pendant 30 minutes. Le stratum corneum est détruit

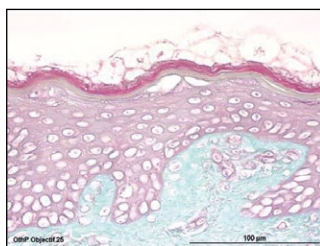
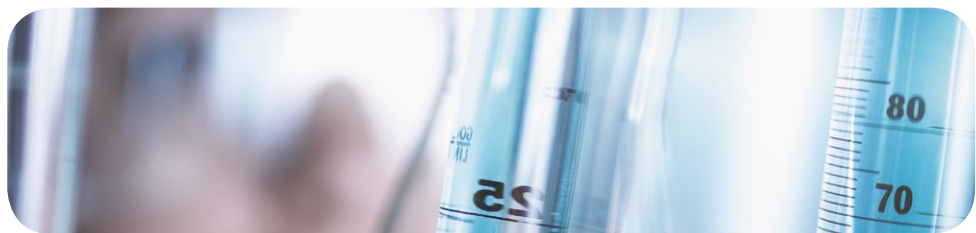


Figure 8 : explant de peau exposé à NaOH 50% pendant 2 heures. Mort cellulaire épiderme et derme papillaire.

Un cas mortel exceptionnel de projection de soude concentrée à chaud (95°C) a été publié dans la littérature. Le fait que le produit chimique reçu soit chaud a augmenté la cinétique de pénétration de l'ion hydroxyde dans les tissus cutanés et a brûlé la victime jusqu'aux os sur certaines zones corporelles. Le temps de contact de la substance avec le corps a été évalué à environ 13 minutes seulement. (Lee – 1995)



4.2.2. EXPOSITION OCULAIRE

Cliniquement, au contact de la soude, la cornée perd rapidement sa transparence. Comme pour la peau, l'ion OH^- saponifie les acides gras des membranes provoquant instantanément la mort des cellules épithéliales de la cornée. La poursuite de la diffusion du corrosif à travers le stroma de la cornée et jusqu'à la chambre antérieure de l'œil, peut conduire à une opacification du cristallin et, pour les cas les plus graves, à une destruction totale du globe oculaire (Merle - 2008).

Expérimentalement, soit *ex vivo* soit *in vitro* (Figure 10), on peut mesurer la diffusion de la soude en fonction de sa concentration et du temps de contact. Plus la solution est concentrée, plus la pénétration est rapide.

Ainsi, une solution d'hydroxyde de sodium 2 M (2 mol/l) pénètre dans la totalité de la cornée en moins de 40 secondes (Figure 11). En l'absence de lavage efficace et suffisamment précoce, des lésions anatomiques et fonctionnelles peuvent être irréversibles (Gérard - 1996).

Cependant, en dessous d'une concentration de 0,2 mol/l, on ne constate qu'une faible pénétration ne générant pas de lésions observables. (Schrage – 2010).

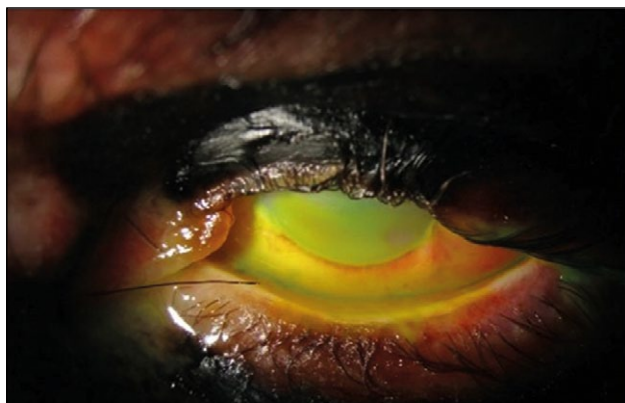


Figure 9 : Illustration des lésions oculaires causées par une base : aspect laiteux, dépoli, de la cornée. (Source : Pr Norbert Schrage, Aix la Chapelle, Allemagne)

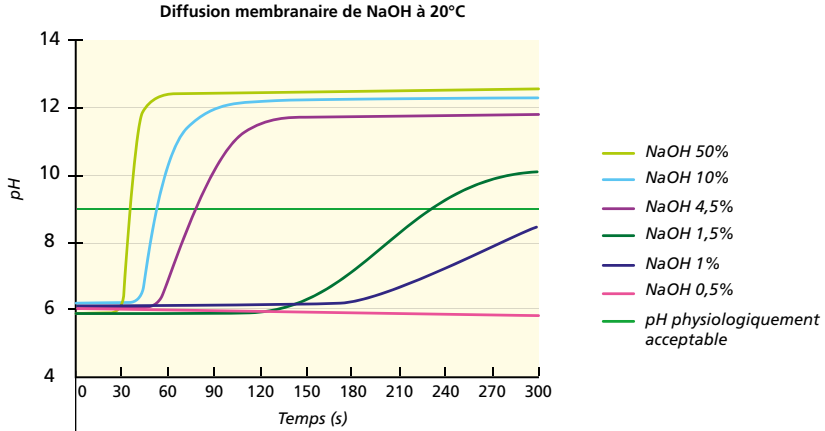


Figure 10 : Modèle *in vitro* de la diffusion de NaOH au travers d'une membrane semi-perméable en fonction de sa concentration.

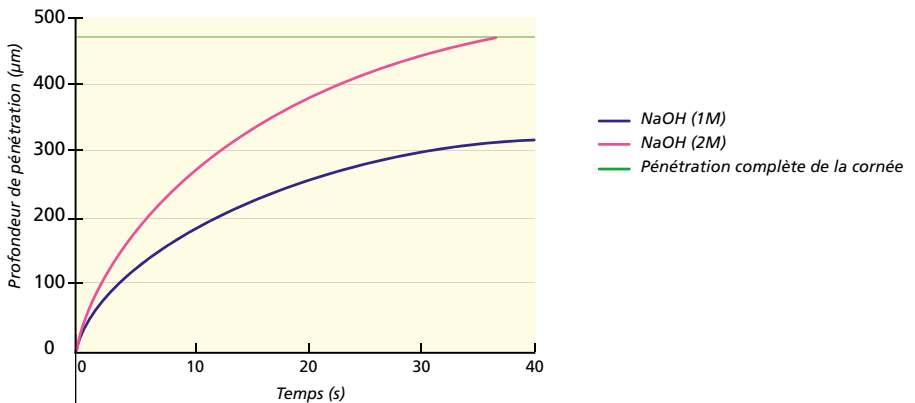


Figure 11 : Diffusion de NaOH dans une cornée de lapin *ex-vivo* en fonction de la concentration – Observation par OCT-HR⁽⁷⁾ (Spöler - 2007)

5. PRÉVENTION DU RISQUE CORROSIF DE L'HYDROXYDE DE SODIUM

> PROTECTIONS COLLECTIVE ET INDIVIDUELLE⁽⁸⁾

| | |
|--------------------------------|--|
| PROTECTION COLLECTIVE | <ul style="list-style-type: none">• Captation des émissions à leur source• Bonne ventilation• Eviter le contact avec tout objet métallique• Travailler en vase clos pour les opérations industrielles |
| PROTECTION INDIVIDUELLE | <ul style="list-style-type: none">• Ecrans faciaux, lunettes étanches, gants adaptés, blouse de laboratoire, tablier... |

> TABLEAU DE COMPATIBILITÉ DES GANTS

| | LATEX | NÉOPRÈNE | NITRILE | VINYLE (PVC) | ALCOOL DE POLYVINYLE (PVA) |
|---------------------|-------|----------|---------|--------------|----------------------------|
| HYDROXYDE DE SODIUM | +++ | +++ | +++ | ++ | - |

Source : NIOSH – Pocket guide

> RECOMMANDATIONS PARTICULIÈRES

Il est important d'effectuer une dissolution de la soude progressive et sous agitation dans l'eau afin de maîtriser une éventuelle réaction exothermique.

6. PRISE EN CHARGE EN URGENGE D'UNE PROJECTION CHIMIQUE

6.1. EVALUATION DES MÉTHODES DE LAVAGE

Le danger de la soude est la corrosion. Le lavage dans la minute suivant le contact va permettre d'éviter ou de minimiser l'importance des lésions.

L'idéal est de bloquer la réactivité du produit chimique en surface avant pénétration dans les couches plus profondes de la peau ou de l'œil. Le lavage à l'eau a été historiquement la première avancée significative dans la prise en charge des projections chimiques.

8 - Voir descriptif complet dans la Fiche Toxicologique INRS n°20

Face à des projections de bases, quelques travaux suggèrent la neutralisation spécifique par des acides faibles comme l'acide acétique (Andrews - 2002). Cependant, cet effet neutralisant pourrait être dommageable s'il n'est pas maîtrisé (Falcly / INRS - 1997) (Réaction exothermique de neutralisation - brûlure acide se développant après la neutralisation d'une projection d'un produit alcalin avec un produit acide par exemple).

6.1.1. LE LAVAGE À L'EAU

L'eau est une solution polyvalente qui, par effet d'entraînement et de dilution à la surface des tissus enlève une grande partie du produit chimique. L'eau nécessite cependant une intervention rapide avec un très grand volume et une longue durée de lavage (Açikel - 2001, Yano - 1993). La norme ANSI Z358.1-2004 spécifie que les douches doivent pouvoir être atteintes dans un délai maximum de 10 secondes. Les douches raccordées au réseau d'eau doivent au moins être capables de délivrer de l'eau à un débit de 60 l/min pendant 15 minutes (norme européenne EN 15154-1).

En cas de projection de corrosifs concentrés, l'eau a parfois montré ses limites avec de possibles apparitions de brûlures sévères notamment du fait que l'eau n'agit pas chimiquement sur le potentiel corrosif de la soude (O'Donoghue - 1996, Ma - 2007). Dans les suites du lavage à l'eau, certaines observations font état de la nécessité d'un recours à la chirurgie, du fait de la gravité des lésions après projections de soude (Winder - 1997, Wang - 1992).

6.1.2. LE LAVAGE À LA DIPHOTÉRINE®

La conception d'un lavage actif permet, tout en conservant les propriétés du lavage à l'eau, d'agir directement sur le produit chimique pour limiter ses effets corrosifs sur la peau ou l'œil.

Les propriétés physiques et chimiques de la Diphotérine® optimisent et sécurisent l'efficacité du lavage.

- Son caractère amphotère rend possible un retour extrêmement rapide dans la zone de pH physiologiquement acceptable.
- Son hypertonicité limite la pénétration de l'hydroxyde de sodium en profondeur et crée un flux de l'intérieur vers l'extérieur des tissus, entraînant vers l'extérieur la quantité de produit chimique qui aurait pénétré. (Schrage - 2004).
- Sa polyvalence et son innocuité (Hall - 2002, Hall - 2009), en font un décontaminant de choix. Y compris quand la soude est utilisée en association avec d'autres corrosifs ou irritants.



6.2. PREUVES EXPÉRIMENTALES D'EFFICACITÉ

Plusieurs études, tant *in vitro* qu'*in vivo* ont été conduites sur l'intérêt d'utiliser un lavage à la Diphotérine® *versus* d'autres méthodes de lavage suite à une exposition à l'hydroxyde de sodium.

6.2.1 EXPÉRIENCES *IN VITRO* ET *IN VIVO*

Expérimentalement, l'efficacité de la Diphotérine® est comparée au lavage à l'eau en simulant *in vitro* une projection d'hydroxyde de sodium (2 mol/l) (Burgher - 2008). La cornée est modélisée à l'aide d'une membrane semi-perméable. L'expérience suit l'évolution du pH d'une part et d'autre de la membrane, c'est-à-dire le pH externe, correspondant à celui de la surface de la cornée et le pH interne, représentant le pH de la chambre antérieure de l'œil (simulée par une solution de chlorure de sodium 14 ‰, iso-osmolaire à l'humeur aqueuse de l'œil).

Deux types d'expériences sont conduits avec un temps de contact de 20 secondes et d'une minute (Mathieu – 2007). L'évolution du pH interne est présentée sur la *Figure 12*.

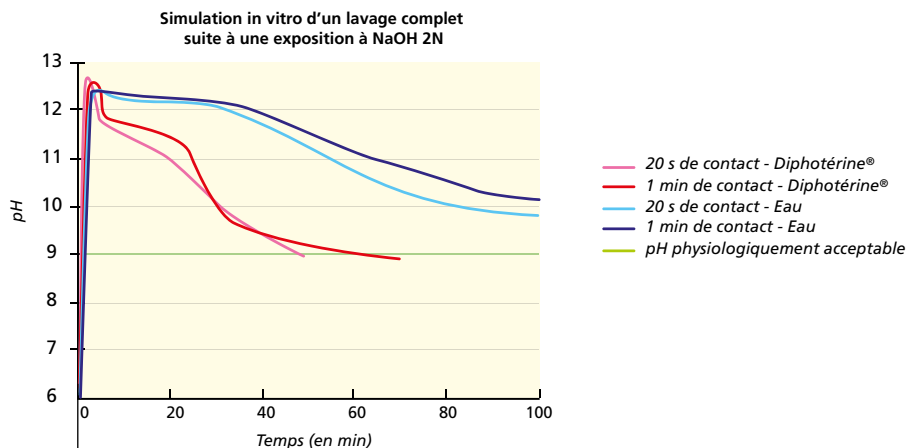


Figure 12 : Expérience *in vitro* - Evolution du pH interne en fonction du temps après une projection d'hydroxyde de sodium (2 mol/l) lavée à l'eau (courbes bleues) ou avec la Diphotérine® (courbes rouges).



Pour 20 s de contact et après 3 minutes de lavage, le pH externe est respectivement de 9,12 pour la Diphotérine® et de 12,8 pour l'eau.

Après 45 minutes, le pH interne est de 9,25 avec la solution amphotère et de 11,5 avec le rinçage à l'eau.

Pour une minute de contact, les courbes de pH suivent la même tendance que celle observée après une exposition de 20 secondes mais avec une diminution retardée du pH. Après 60 minutes, le pH interne est de 9,4 avec la Diphotérine® et de 11,85 avec l'eau.

Le lavage à la Diphotérine®, comparativement au lavage à l'eau, permet donc un retour plus rapide vers des valeurs physiologiquement acceptables, pour des temps de contact inférieurs ou égaux à une minute.

Une étude expérimentale a démontré l'intérêt significatif du lavage à la Diphotérine® comparé au lavage à l'eau et au lavage avec une solution d'acide faible (Wang – 2009). Deux études distinctes ont été conduites : la première *in vitro*, en suivant, en statique, les évolutions du pH et de la température sur un échantillon d'hydroxyde de sodium 40%. La seconde étude *in vivo*, chez le lapin, suit l'évolution du pH et la quantité de liquide nécessaire pour atteindre un pH physiologiquement acceptable de 6-6,5 après une exposition de 5 secondes à la soude 40%. La température est également suivie, ainsi que la durée de cicatrisation.

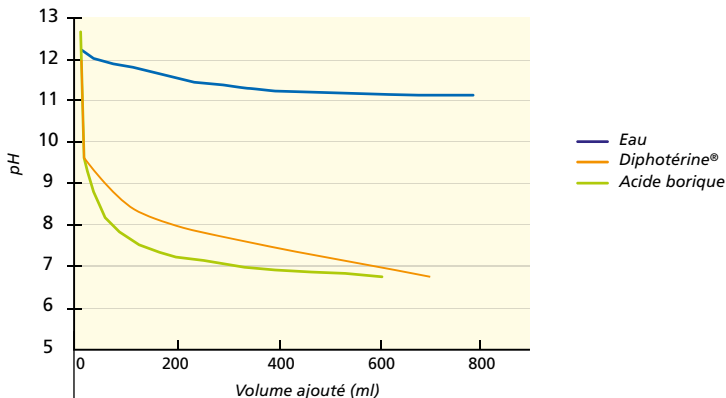


Figure 13 : Courbe de changement de pH en fonction de la quantité de solution test ajoutée pour laver une exposition à NaOH 40%.

Seule la Diphotérine® permet un retour rapide vers un pH physiologiquement acceptable et sans élévation de température.

Lors du lavage avec une solution d'acide faible, on observe également une diminution rapide du pH mais associée à une élévation de température (jusqu'à 37°C).

Pour un même volume d'eau ajouté, le pH reste élevé (la température atteint au maximum 31,5°C pour une température normale à 25°C).

In vivo, le délai de cicatrisation est plus court avec la Diphotérine® (12 jours) qu'avec les autres solutions testées (16 jours avec l'acide faible et 21 jours avec l'eau).

6.2.2 EXPÉRIENCES *EX VIVO*

L'intérêt du lavage à la Diphotérine® a également été démontré sur des cornées de lapins *ex vivo*, suivant le modèle EVEIT (Spöler – 2007). Les cornées ont été exposées à des concentrations en hydroxyde de sodium 1 mol/l pendant 20 secondes puis lavées à la Diphotérine®. L'intérêt du lavage à la Diphotérine® a été observé à l'aide de la technique OCT-HR. Le lavage à la Diphotérine® stoppe l'évolution de la diffusion de l'hydroxyde de sodium dans la cornée.

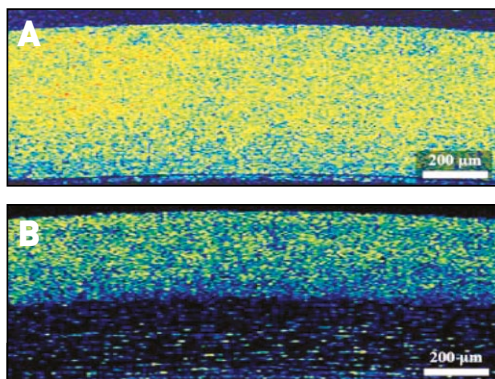


Figure 14 : cornées de lapin, 16 minutes après une application d'une durée de 20 s de 500 µL de NaOH 1 mol/l.

- A) sans aucun lavage
- B) après lavage à la Diphotérine®.

6.3. RETOURS D'EXPÉRIENCE DE L'UTILISATION DE LA DIPHOTÉRINE®

Ce paragraphe rassemble des cas isolés ou des séries d'utilisation de la Diphotérine® sur des projections d'hydroxyde de sodium. Ces retours d'expérience, en milieu industriel (www.prevor.com), montrent que lorsque la Diphotérine® est utilisée immédiatement, l'action de l'ion hydroxyde est stoppée, évitant ou minimisant l'apparition des lésions. On note également l'absence ou la diminution des arrêts de travail et/ou des séquelles.



6.3.1 ETUDE CLINIQUE CHEZ L'HOMME

Une étude clinique a été réalisée en Australie, dans 3 raffineries d'alumine d'octobre 2006 à mars 2008. La mise en place de la Diphotérine® s'est accompagnée du recensement spécifique de tous les cas de projections cutanées par base, l'agent causal principal étant l'hydroxyde de sodium. Le personnel exposé a été formé puis équipé d'aérosols de Diphotérine®. Le choix leur a été laissé de laver une éventuelle projection avec l'eau ou la Diphotérine®. Lors de chaque incident, la solution choisie en première intention a été notée. L'étude finale comporte 180 cas de projections cutanées alcalines.

Il apparaît qu'au fur et à mesure du temps, l'utilisation de la Diphotérine® en première intention a été privilégiée. La sévérité des lésions est significativement moins importante dans ce même groupe.

| SOLUTION UTILISÉE EN PREMIÈRE INTENTION | DIPHOTÉRINE® | EAU |
|---|---------------|--------|
| Nombre de cas | 138 | 42 |
| Temps d'intervention | 1 min. | 5 min. |
| Aucune lésion chimique | 52,9 % | 21,4 % |
| Cloques ou lésions plus sévères | 7,9 % | 23,8 % |

La mise en place de la Diphotérine® sur ces sites industriels s'est accompagnée d'une meilleure sensibilisation du personnel aux risques chimiques et d'une diminution dans la fréquence des accidents (Donoghue – 2010).

6.3.2 CAS RAPPORTÉS

Octobre 2008 – E.on, Åbyverket, Örebro - Suède

En octobre 2008, lors du dépotage de soude 50%, un chauffeur de camion citerne a reçu plusieurs litres du corrosif sur sa jambe, en desserrant un tuyau non complètement vidangé.

Selon la procédure interne, un opérateur équipé d'une DAP de Diphotérine® est toujours présent au moment du dépotage. En voyant l'accident, l'opérateur est donc intervenu. Au début, le conducteur n'a pas voulu utiliser un produit qu'il ne connaissait pas et a cherché le tuyau d'eau pour se rincer. Mais l'opérateur a réussi à le persuader et lui a pulvérisé la Diphotérine® sur les jambes. Le conducteur a rapidement observé l'efficacité de la Diphotérine®. Il a pu constater qu'il n'avait pas de lésion. Les mains du conducteur étaient également légèrement souillées avec la soude. Avec le lavage à la Diphotérine®, l'effet «savonneux» laissé par la soude concentrée a rapidement disparu. Auparavant, Le conducteur du camion avait été formé à se laver les mains à l'eau pendant au moins 10-15 minutes afin d'éliminer ce caractère « savonneux ».

Juillet 2006 – Tolkim, Turquie

Dans une entreprise de chimie en Turquie, un travailleur a reçu une projection de soude caustique 48 % (pH 14) en transportant le produit au laboratoire de contrôle qualité. Il a utilisé un spray MINI DAP de 200 ml dans la première minute après la projection, puis un second aérosol 3 minutes après. Il n'a pas eu d'arrêt de travail, ni de séquelle.



Photo des lésions le jour de l'accident : érythème (rougeur)



Photo 3 jours après l'accident : la peau est redevenue normale.

Figure 15 : Evolution des lésions lavées à la Diphotérine®, après une projection de soude 48 %.

Février 2006, Entreprise de fabrication de fertilisants, Sao Paulo, Brésil

Un employé passait sous des tuyaux quand il a senti des gouttes tomber sur son casque. Il s'agissait de soude 40 %. Il a ressenti une douleur sur la joue droite et dans le cou. Il s'est immédiatement rendu au service médical où la Diphotérine® a été appliquée sur les zones touchées. Il présentait une légère rougeur au niveau du cou. L'employé a senti la douleur régresser puis disparaître. 24 heures après, il ne subsistait plus aucune marque visible de l'accident et la victime n'a pas eu d'arrêt de travail.



Lavage du cou à la Diphotérine® le jour de l'accident. Erythème léger (rougeur)

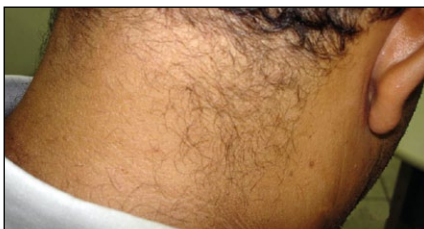


Photo du cou 24 heures après l'accident : aspect normal de la peau.



Lavage de la joue à la Diphotérine® le jour de l'accident.



Photo de la joue 24 heures après l'accident : état normal de la peau.

Figure 16 : Projection de soude 40 % au niveau du cou et de la joue droite, lavés à la Diphotérine® en première intention.



1998 - Bio Products Laboratory, Herts, Royaume-Uni

Cette entreprise pharmaceutique a réalisé la maintenance de ses installations de mai à septembre 1998. Une formation du personnel à la sécurité chimique, a été mise en place avant les travaux. On a malgré tout déploré 6 accidents par projections de corrosifs :

- Hydroxyde de sodium sur une main (contact avec un tuyau contaminé),
- Soude dans le cou,
- Atteinte des yeux, du visage et de la poitrine avec de la soude caustique
- Contamination d'une main par de la soude passée sous le gant
- Projection caustique sur le bras
- Contamination d'un poignet par de la solution caustique passée sous un gant.

Après chaque exposition, la Diphotérine® a été appliquée immédiatement et en première intention. Après consultation au service médical de l'entreprise, toutes ces personnes sont retournées travailler dans l'heure suivant l'accident. Seul un léger érythème (rougeur) a été observé dans quelques cas avec résolution spontanée en quelques heures.

1998 – Hydro Aluminium Expal, Luce - France

Historiquement, l'usine a rencontré deux graves accidents par projections d'acide sulfurique 98 % et de lessive de soude à 30 %. Ces accidents ont abouti à de longues périodes d'arrêts de travail et, dans un cas, à une intervention chirurgicale. Ces faits ont motivé l'ensemble des acteurs de la sécurité du site pour changer de protocole d'urgence. Depuis l'installation de la Diphotérine®, l'usine n'a noté que des incidents bénins avec absence d'arrêts de travail et de séquelles. Les utilisateurs de la Diphotérine® sont fondamentalement convaincus de son efficacité.

1994-1998 – Série de cas de projections, Mannesmann, Allemagne

Entre 1994 et 1998, l'entreprise Mannesmann a recensé 3 cas de projections de soude, deux cas au niveau oculaire et un cas au niveau cutané, lavés immédiatement par l'accidenté à la Diphotérine®. Un second lavage et la vérification médicale avaient ensuite lieu directement à l'infirmerie de l'entreprise.

| Concentration | Surface touchée | Traitement additionnel | Arrêt de travail (jours) | Séquelles |
|------------------------|-----------------|------------------------|--------------------------|-----------|
| 30% | œil droit | aucun | 0 | aucune |
| Solution basique (30%) | œil droit | aucun | 0 | aucune |
| 45% | genou | aucun | 0 | aucune |

Le lavage initial et rapide à la Diphotérine® a, dans ces 3 cas, permis d'éviter des soins secondaires et des séquelles.

Mai 1995 – Papeterie Aussevadat Rey - France

Un stagiaire fait tomber un flacon de soude concentrée. Il reçoit des projections au niveau du visage et du bras droit. De la Diphotérine® est appliquée immédiatement sur le visage et le bras. Une visite à l'infirmerie, 15 minutes plus tard, montre que la soude a également touché le pied droit à travers la chaussure. L'infirmière pulvérise alors de la Diphotérine® sur le pied. De simples rougeurs sont constatées sur le visage et le bras mais le pied présente une lésion plus sévère. Le retard de lavage du pied explique la gravité des lésions observées.

Octobre 1993 – Alcan Deutschland, Göttingen - Allemagne

Lors d'une opération de réparation, un ouvrier reçoit une projection de soude dans les 2 yeux, sur le visage et la poitrine. Dans les deux minutes suivantes, l'ouvrier est lavé avec la Previn® (solution équivalente à la Diphotérine® sur le marché allemand). Après contrôle clinique, aucune lésion n'est constatée. L'accident s'est donc conclu sans séquelle.

Octobre 1993 – MEWA, Allemagne

Un lavage immédiat à la Previn® a été effectué suite à une projection d'hydroxyde de sodium 50% sur un bras. La personne n'a ressenti aucune douleur et a pu reprendre son travail le jour même.

Novembre 1991 – ICI, Oissel – France

Suite à une projection oculaire d'hydroxyde de sodium, un lavage immédiat à la Diphotérine® a permis de limiter l'atteinte à des lésions épithéliales, c'est-à-dire superficielles. La réépithélialisation spontanée a permis de récupérer l'acuité visuelle antérieure.

Janvier 1991 – Alusuisse, Bourgogne – France

Un opérateur reçoit une paillette de soude dans l'œil. Lavée instantanément à la Diphotérine®, la victime a ressenti un soulagement immédiat. Un contrôle ophtalmologique a conclu que l'œil était normal, l'accident n'a donc entraîné aucune lésion.

Janvier 1991 – Papeterie Clairefontaine, Etival – France

Suite à une projection de soude sur le corps, l'ouvrier a été lavé immédiatement avec une DAP de Diphotérine®, ce qui a conduit à une absence de lésion et donc une absence d'arrêt de travail.

1991-1993 – Série de cas de projections par bases, Martinswerk, Allemagne

Entre 1991 et 1993, l'entreprise Martinswerk (fabrication d'oxyde et d'hydroxyde d'aluminium) a recensé 45 projections de produits chimiques basiques dont 86% avec de l'hydroxyde de sodium (concentration entre 40 et 600 g/l – forme liquide, paillette ou pastilles, dont 3 cas à chaud).

29 cas de projections cutanées et 16 cas de projections oculaires ont été recensés. L'étude (Hall – 2002) a comparé l'utilisation d'eau, d'une solution d'acide acétique diluée et de Diphotérine® comme solutions de lavage, en utilisant comme critère de jugement :

- les arrêts de travail,
- la nécessité de soins secondaires simples
- le recours à une médicalisation.

Lorsque la Diphotérine® a été utilisée pour la décontamination initiale, par comparaison avec l'acide acétique dilué ou l'eau on a observé :

- une diminution importante des arrêts de travail
- l'absence de soin secondaire.

7. CONSEILS DE LAVAGE AVEC LA DIPHOTÉRINE®

La Diphotérine® est une solution de lavage d'urgence des projections chimiques oculaires et cutanées. Elle agit directement sur le potentiel irritant ou corrosif du produit chimique grâce à ses propriétés amphotères. Elle stoppe la pénétration du produit chimique à l'intérieur des tissus grâce à son hyperosmolarité. Cela optimise l'efficacité du lavage, évitant ou limitant les lésions corrosives.

Dans le cas d'une projection oculaire ou cutanée d'hydroxyde de sodium, nous conseillons vivement d'effectuer un lavage précoce et prolongé avec de la Diphotérine®. La Diphotérine® stoppe l'agressivité de l'hydroxyde de sodium.

Lors d'une projection oculaire d'hydroxyde de sodium dilué, avec un temps de contact inférieur à 10 secondes, utiliser un LIS 50 ml. Pour un temps de contact inférieur à 1 minute, utiliser un flacon 500 ml.

En cas de projection solide ou d'une solution d'hydroxyde de sodium très concentrée et visqueuse (autour de 50%), faire un lavage prolongé avec 500 ml de Diphotérine®.

Dans tous les cas, il est recommandé de poursuivre le lavage avec un flacon 200 ml d'Afterwash II® ; solution de confort isotonique à la cornée.

Lors de projections cutanées (main, avant-bras, cou...) et avec un temps de contact inférieur à la minute, utiliser une Micro DAP 100ml ou une Mini DAP 200 ml, en fonction de la surface touchée.

Pour une projection corporelle étendue et un temps de contact inférieur à la minute, utiliser une Douche Autonome Portable de 5 litres (DAPD).

La Diphotérine® se révèle intéressante également dans les cas de lavages retardés (au delà de la minute). En effet, des lésions peuvent déjà s'être développées. Un lavage prolongé limitera l'évolution des lésions facilitant d'autant la mise en place des soins secondaires.

En cas de brûlure oculaire, nous recommandons de poursuivre le lavage initial réalisé avec 500 ml de Diphotérine®, par un deuxième lavage à la Diphotérine® d'une durée idéale de 5 minutes. Dans tous les cas, il ne sera pas nécessaire de poursuivre le lavage plus de 15 minutes.

En cas de brûlure cutanée, nous recommandons de poursuivre le lavage initial par un second lavage de 3 à 5 fois le temps de contact avec le produit chimique.

Sachez que l'INRS souligne l'importance d'un lavage prolongé. La disparition de la douleur n'indique pas la fin du lavage. Il est donc nécessaire d'utiliser tout le conditionnement adapté.



8. RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES

- Açikel C, Ulkür E, Güler MM, Prolonged intermittent hydrotherapy and early tangential excision in the treatment of an extensive strong alkali burn, *Burns*. 2001 May;27(3):293-296
- Andrews K, Milner SM, The treatment of Alkaline Burns of the Skin by Neutralization, *Neutralization of alkaline burns*, 111 (6): 1918-1921
- Burgher F, Mathieu L, Lati E, Gasser P, Peno-Mazzarino L, Blomet J, Hall AH, Maibach HI, Experimental 70% hydrofluoric acid (HF) burns: Histological observations in an established human skin explants ex vivo model, *Cutaneous and Ocular Toxicology*, 2010, 1-8 e-pub
- Burgher F, Mathieu L, Fosse C, Spöler F, Rihawi S, Gérard M, Merle H, Schrage N, Brûlure chimique oculaire : Preuve expérimentale de l'influence de paramètres clés sur la diffusion et la décontamination, communication présentée au congrès de la SFO, mai 2008, Paris, France
- Cèdre – Guide d'intervention chimique Hydroxyde de sodium en solution à 50%, Edition décembre 2005
- Donoghue M, Diphoterine® for alkali chemical splashes to the skin at alumina refineries, *International Journal of Dermatology*, 2010, 49 : 894-900
- Falcy M, Blomet J, Évaluation de l'efficacité des premiers soins lors de projections de produits chimiques, *DMT*, 70, 1997
- Gérard M, Merle H, Domenjod M, Ayeboua L, Richer R, Jallot-Sainte-Rose N, Brûlures oculaires par bases au CHU de Fort-de-France : A propos de 6 cas, *Ophtalmologie*, 1996, 10 (5) : 413-417
- Hall AH, Blomet J, Mathieu L, Diphoterine® for emergent eye/skin chemical splash decontamination: a review, *Vet. Hum. Tox.*, 2002, 44, 4, 228-231
- Hall AH, Cavallini M, Mathieu L, Maibach HI, Safety of dermal Diphoterine® application: an active decontamination solution for chemical splash injuries, *Cut. Ocul. Toxicol.*, 2009, 28, 4, 149-156
- ICSC n°0360 – Hydroxyde de sodium – 02.10.2000
- INRS – FT n°20 - Hydroxyde de sodium et solutions aqueuses – Edition 1997
- Lee K, Opekin K, Fatal alkali burns, *Forensic Science International*, 1995, 72, 219-227
- Ma B, Wei W, Xia ZF, Tang HT, Zhu SH, Wang Y, Wang GY, Cheng DS, Xiao SC, Mass chemical burn casualty: emergency management of 118 patients with alkali burn during a Matsa typhoon attack in Shanghai, China in 2005, *Burns*. Août 2007;33(5):565-571
- Mathieu L, Godard C, Coudouel H, Hall AH, sodium hydroxide, in vitro model of eye penetration and active decontamination of a corrosive, poster présenté au congrès de la SOT, La Nouvelle-Orléans, Louisiane, USA, mars 2005
- Merle H, Gérard M, Schrage N, Brûlures oculaires, *J Fr. Ophtalmol.*, 2008, 31(5), 1-12
- NIOSH – Pocket guide to chemical hazards – RTECS WB4900000 – Sept. 2005
- OCDE SIDS Initial Assessment Report for SIAM 14, Sodium Hydroxide, 26-28 mars 2002



8. RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES (suite...)

- O'Donoghue JM, Al-Ghazal SK, Mc Cann JJ, caustic soda burns to the extremities: difficulties in management, BJCP, Mars 1996, 50, 2, 108-110
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration) [2009]. Sodium hydroxide. In: OSHA/EPA occupational chemical database [<http://www.osha.gov/web/dep/chemicaldata/ChemicalResult.asp?RecNo=235>].
- Palao R, Monge I, Ruiz M, Barret JP, Chemical burns: pathophysiology and treatment, Burns. 2010 May;36(3):295-304. Epub 2009 Oct 28
- Schrage N, Burgher F, Blomet J, Bodson L, Gérard M, hall AH, Josset P, Mathieu L, Merle H, Chemical ocular Burns – New understanding and treatments, Springer edition, 2011
- Schrage N, Rihawi R, Frentz M, Reim M, Akuttherapie von Augenverätzungen, Klin Monstbl Augenheilkd, 2004, 221(4), 253-261
- Seidenari S, Pepe P, Di Nardo A, Sodium hydroxide-induced irritant dermatitis, as assessed by computerized elaboration of 20 MHz B-scan images and by TEWL, measurement: a method for investigating skin barrier function. Acta Derm Venereol., 1995, 75(2):97-101
- Spöler & al., Dynamic analysis of chemical eye burns using OCT-HR, J of Biomedical Optics, 2007, 12 (4), 041203
- Wang CY, Su MJ, Chen HC, Ou SY, Liu KW, Hsiao HT, Going deep into chemical burns, Ann Acad Med Singapore. 1992 Sep;21(5):677-81
- Wang H, Zhang F, Research on Diphoterine for emergent rinsing of cutaneous alkali burns, Journal of Chinese People's Armed Police Force Academy Jun 2009, Vol. 25, N°6
- Winder C, Medical treatment of caustic burns, Medical Journal of Australia, novembre 1997, 167: 511-512
- Yano K, Hata Y, Matsuka K, Ito O, Matsuda H, Experimental study on alkaline skin injuries--periodic changes in subcutaneous tissue pH and the effects exerted by washing, Burns. 1993 Aug;19(4):320-323

INTITULÉ DES PHRASES DE RISQUES (CLASSIFICATION CE)

| | |
|--------|-----------------------------------|
| R35 | Provoque de graves brûlures |
| R34 | Provoque des brûlures |
| R36/38 | Irritant pour les yeux et la peau |

MENTION DE DANGER (RÈGLEMENT CLP)

| | |
|------|--|
| H314 | Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves |
| H315 | Provoque une irritation cutanée |
| H319 | Provoque une sévère irritation des yeux |



PREVOR

PRÉVOIR ET SAUVER

Laboratoire de Toxicologie & Maîtrise du Risque Chimique