

2.5 La soude caustique, un co-produit du chlore aux multiples applications

Le chlore est produit à l'échelle industrielle par électrolyse de la saumure (solution aqueuse de sel de cuisine). Cette production cogénère de la soude caustique et de l'hydrogène. Tout comme le chlore, ces substances sont très réactives et très utiles.

La soude caustique est une base soluble et peu coûteuse. C'est l'un des produits chimiques industriels les plus utilisés dans un large éventail d'applications.

2.5.1 Un produit aux noms multiples

- Français: soude caustique, hydroxyde de sodium, lessive de soude, lessive caustique;
- néerlandais: natriumhydroxide, bijtende soda, caustic soda, natronloog;
- allemand: Ätznatron, Natriumhydroxid, Natronlauge;
- anglais: caustic soda, sodium hydroxide.

La formule chimique NaOH correspond à la dénomination générale d'*hydroxyde de sodium*. La dissolution dans l'eau d'hydroxyde de sodium s'appelle *lessive de soude*. La substance solide (perles, paillettes) que l'on obtient par évaporation de la lessive se nomme la soude *caustique*. Cependant, en français, c'est cette dernière dénomination qui est la plus courante pour indiquer aussi bien la forme liquide que la forme solide.

2.5.2 Un produit qui a une histoire

Les Egyptiens s'y entendaient dans l'art de préparer la soude caustique à partir de soude (carbonate de sodium) et de chaux et de fabriquer de la sorte des savons rudimentaires. Leur méthode fut par la suite également adoptée en Europe sans que nos ancêtres ne sachent très bien quelle était la nature réelle des réactions chimiques, ni la composition du produit obtenu.

Au 18^{ème} siècle, le chimiste écossais *Black* réussit à percer le procédé de préparation. *Berthollet* et *Davy* ont découvert que la lessive de soude était une combinaison chimique simple, formée à partir de sodium (Na), d'oxygène (O) et d'hydrogène (H). Des développements technologiques ont abouti à la naissance d'un nouveau procédé de production de l'hydroxyde de sodium à la fin du 19^{ème} siècle. Sa fabrication à l'échelle industrielle a été rendue possible au moyen de la décomposition électrolytique d'une solution de chlorure de sodium (saumure) . La première électrolyse fut construite en 1888. Le procédé n'a cessé d'être amélioré depuis.

2.5.3 Quelles sont ses propriétés?

Le produit se présente sous trois formes distinctes: l'hydroxyde de sodium, la lessive de soude et la soude caustique.

- *L'hydroxyde de sodium* est une base forte, cristalline, dotée d'une structure filamenteuse et d'une densité environ deux fois supérieure à l'eau, de couleur blanc mat, partiellement translucide.
- *La lessive de soude* est la solution aqueuse de l'hydroxyde de sodium. Elle est claire, incolore et visqueuse. Elle n'est pas volatile et ininflammable. Elle est commercialisée à une concentration allant de 33 à 50 pour cent du poids, selon l'application à laquelle on la destine. Il s'agit d'une base forte, corrosive, qui réagit violemment au contact des acides. Sa dissolution produit une quantité importante de chaleur. C'est un produit stable qui n'est endommagé ni par la lumière ni par la chaleur. Cependant, il peut être facilement vicié par les matériaux qu'il attaque.
- La lessive de soude est utilisée comme matière première dans la production de *soude caustique* sous forme de paillettes et de perles. Ceci se fait par évaporation à une température de 390 °C, jusqu'à l'obtention d'une concentration finale de 98 à 99%.

2.5.4 Comment se protéger des accidents?

Tant la lessive de soude que la soude caustique sont des substances très corrosives. Des vêtements adaptés permettent d'éviter le contact direct avec le corps. Le caoutchouc et le PVC sont de très bons matériaux de protection contre la lessive de soude et sont donc indiqués pour les chaussures, les tabliers et les gants. Le port de lunettes de sécurité étanches est obligatoire.

2.5.5 Comment fabrique-t-on l'hydroxyde de sodium?

La dissociation des molécules de chlorure de sodium (sel de cuisine) et d'eau s'effectuent sous l'effet du courant électrique passant entre deux électrodes (l'anode et la cathode). On assiste à la production de chlore à l'anode, d'hydrogène et de soude caustique à la cathode. La production industrielle de 1 tonne de chlore va ainsi de pair avec la production de 1,1 tonne d'hydroxyde de sodium (à 100% de NaOH).

Cette méthode est utilisée dans 98% de l'ensemble de la production d'hydroxyde de sodium. D'autres méthodes s'avèrent plus coûteuses et sont dès lors moins souvent appliquées. Du chlorure de potassium peut également être utilisé comme matière première en lieu et place du chlorure de sodium. Le produit fini se nomme alors hydroxyde de potassium.

Trois méthodes différentes sont utilisées pour la production de chlore, d'hydrogène et de lessive de soude: l'électrolyse à mercure, l'électrolyse à diaphragme et l'électrolyse à membrane. Pour un complément d'information à ce sujet, voir chapitre 2.2.

2.5.6 Combien produit-on d'hydroxyde de sodium?

En 2003, 9,7 millions de tonnes d'hydroxyde de sodium (à 100% de NaOH) furent produites en Europe Occidentale. La demande d'hydroxyde de sodium et de chlore sur le marché mondial est fonction de facteurs très divers, souvent sans lien entre eux.

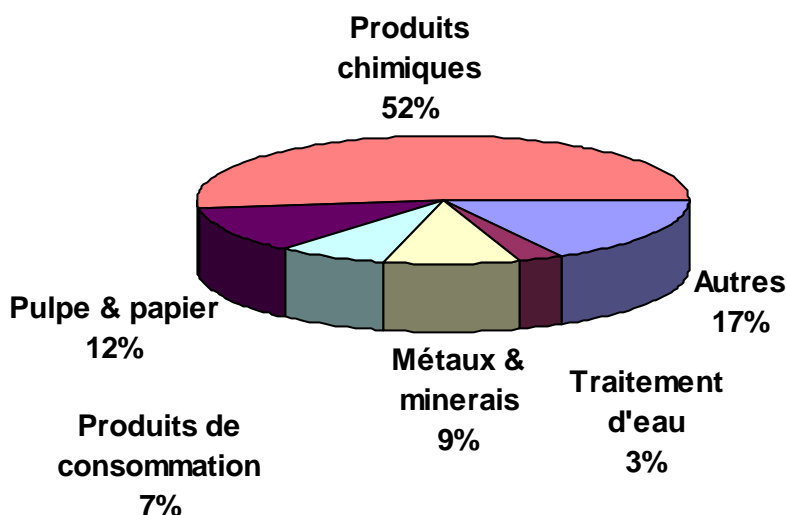
Ceci exige des producteurs un effort soutenu en matière de suivi du marché, tant pour adapter l'offre à la demande que pour faire face à la fluctuation permanente des prix.

2.5.7 A quoi sert l'hydroxyde de sodium et/ou la soude caustique ?

L'hydroxyde de sodium est une base forte, aisément soluble dans l'eau. Il possède un vaste champ d'applications:

- il fournit l'ion sodium, nécessaire à la synthèse de dérivés de sodium exigeant un milieu basique (silicates, perborates, phosphates, ...);
- il garantit un milieu très réactif, nécessaire dans les mécanismes de substitution et de condensation, qui permet la production d'agents chimiques intermédiaires purs et solubles.

Champs d'application de la soude caustique



2.5.7.1 L'industrie de l'aluminium

L'industrie de l'aluminium extrait l'oxyde d'aluminium du minerai de bauxite à l'aide de l'hydroxyde de sodium.

2.5.7.2 Papier et pâte à papier

La soude caustique joue un rôle spécifique dans le blanchiment de la pâte à papier. Elle active l'effet blanchissant de l'eau oxygénée.

On entend par :

- *Pâte chimique*: la décomposition chimique de la grume maintient les fibres de cellulose parfaitement intactes. Cette méthode permet d'obtenir un papier résistant qui reste blanc, idéal pour le papier à lettres et les imprimés.
- *Pâte mécanique*: des copeaux de bois sont immergés dans un bain contenant, entre autres, de la lessive de soude. Ils sont ensuite finement moulus pour obtenir une pâte destinée à la production de papier de moindre qualité, comme le papier journal ou le carton ondulé.
- *Recyclage*: les papiers récoltés et triés sont plongés dans une solution alcaline contenant, entre autres, de la lessive de soude et sont transformés en pâte. Cette dernière est indiquée dans la fabrication de papier et de carton d'emballage et est utilisée à raison de 50% dans la fabrication de papier journal.
- *Production de papier*: pour la fabrication d'une *suspension de "coating"*. Le *coating* est un revêtement brillant de recouvrement ou d'achèvement.

Pour plus d'informations au sujet de la production de papier, voir aussi chapitre 3.10.

2.5.7.3 L'industrie chimique

L'hydroxyde de sodium fait partie des substances neutralisantes et des agents chimiques réactifs les plus répandus. Il intervient dans la production de silicates, aluminates, cyanurates (traitement des eaux usées), hypochlorite, polycyanurate et chlorocyanurate de sodium (traitement des eaux de piscine), polycarbonate (matière plastique pour la fabrication d'articles ménagers) et résines époxy.

Il est également un excellent dessicant et convient pour laver les fumées des incinérateurs des composés acides.

Le respect des normes européennes relatives au rejet des composés gazeux oblige les secteurs de la production d'énergie et du traitement des déchets d'appliquer des techniques de dépollution de plus en plus performantes. Les bureaux d'études spécialisés dans le traitement des gaz des fumées recommande comme méthode de dépollution le lavage des fumées dans un scrubber à l'aide d'une solution alcaline, telle que la soude caustique.

La concentration à utiliser varie en fonction des niveaux de dépollution à atteindre et de circonstances économiques spécifiques. Cette technologie de dépollution permet de réduire les émissions de gaz acidifiants (HCl, SO₂, etc.) et de métaux lourds dans les limites imposées par les normes européennes et nationales.

2.5.7.4 Extraction de pétrole et de gaz naturel

La soude caustique est une matière auxiliaire importante pour les forages à partir des plates-formes en haute mer, que ce soit pour la neutralisation ou le raffinage.

2.5.7.5 Le traitement de l'eau

Etant à l'état liquide, la lessive de soude est facile à doser dans les nombreuses applications où elle est utilisée pour le traitement de l'eau, comme pour :

- augmenter le pH et neutraliser tous les types d'eaux acides avant même leur rejet en égouts;
- l'adoucissement de l'eau potable par augmentation du pH. Les ions de calcium présents dans l'eau potable sont en partie précipités, réduisant ainsi fortement la dureté de l'eau;
- la régénération des échangeurs d'ions et des résines;
- l'élimination des ions de métaux lourds par précipitation.

2.5.7.6 Le textile

La soude caustique est le facteur alcalin par excellence pour le blanchiment de textiles teints à la dithionite, pour les fibres de laine, pour le nettoyage des textiles, pour le coton mercerisé.

La soude caustique est aujourd'hui un élément indispensable dans la production des textiles modernes.

Pendant longtemps, les fibres naturelles, telles que la laine, le coton, le lin et la soie ont constitué les seules matières premières utilisées par l'industrie textile. Depuis une cinquantaine d'années, de nouvelles fibres ont fait leur apparition et leur emploi ne fait que croître. Les fibres synthétiques fabriquées à partir de la viscose sont les plus importantes. La production mondiale de textiles synthétiques s'élève à l'heure actuelle à trois millions de tonnes. Plusieurs tonnes de soude caustique sont nécessaires à la fabrication d'une tonne de fibres de cellulose qui serviront à produire ces fibres synthétiques.

2.5.7.7 Traitement de substances animales et végétales

La soude caustique est utilisée pour :

- la préparation des sels de sodium, comme le citrate et l'acétate de sodium ;
- la production d'édulcorants (glutamate de sodium) et d'arômes (vanilline) ;
- le raffinage des huiles alimentaires ;
- le nettoyage des bouteilles, bacs, fûts, tuyauteries et installations, dans l'industrie laitière et alimentaire, en brasseries et en usines fabriquant des boissons rafraîchissantes ;
- l'épluchage « chimique » des pommes de terre, fruits et légumes ;
- le traitement de la fécule de pommes de terre ;
- le pelage des peaux en tannerie.

2.5.7.8 Produits lessiviels

La soude caustique est utilisée :

- dans la production de matières premières importantes intervenant dans les produits lessiviels, notamment le tripolyphosphate de sodium et les zéolites (produits de synthèse du silicate de

sodium). On le retrouve aussi dans la production de produits tensioactifs qui réduisent la tension superficielle de l'eau. Ici, le produit actif qu'est l'hydroxyde de sodium pénètre profondément dans les fibres et élimine la saleté et les mauvaises odeurs;

- comme déboucheur dans les cuisines et les W.-C. Le produit vendu dans le commerce contient 1/3 de soude caustique. Il débouche les canalisations en dissolvant les matières organiques;
- pour la production du savon classique. Le savon est fabriqué par saponification des graisses au moyen d'hydroxyde de sodium. Environ 150 kg de soude caustique sont nécessaires à la fabrication d'une tonne de savon.