

2.2 Comment fabrique-t-on le chlore? Techniques d'électrolyse et co-produits

Le chlore est produit suivant trois méthodes différentes. Cette production cogénère de la soude caustique et de l'hydrogène.

L'industrie s'efforce de minimiser l'impact des processus de production sur l'environnement, la sécurité et la santé.

Le chlore est produit par électrolyse¹ du chlorure de sodium (sel de cuisine - NaCl) dissous dans l'eau. Outre du chlore récupéré sous forme gazeuse, l'électrolyse produit de la soude caustique (ou lessive de soude - NaOH) et de l'hydrogène (H₂).

Trois techniques différentes existent à ce jour:

- le procédé à l'amalgame de mercure, aussi appelé l'électrolyse à mercure;
- l'électrolyse à diaphragme;
- l'électrolyse à membrane.

2.2.1 L'électrolyse à mercure

Il s'agit de la plus ancienne technique industrielle. Elle s'est surtout développée en Europe, où environ 55% des capacités de chlore font appel à cette technique.

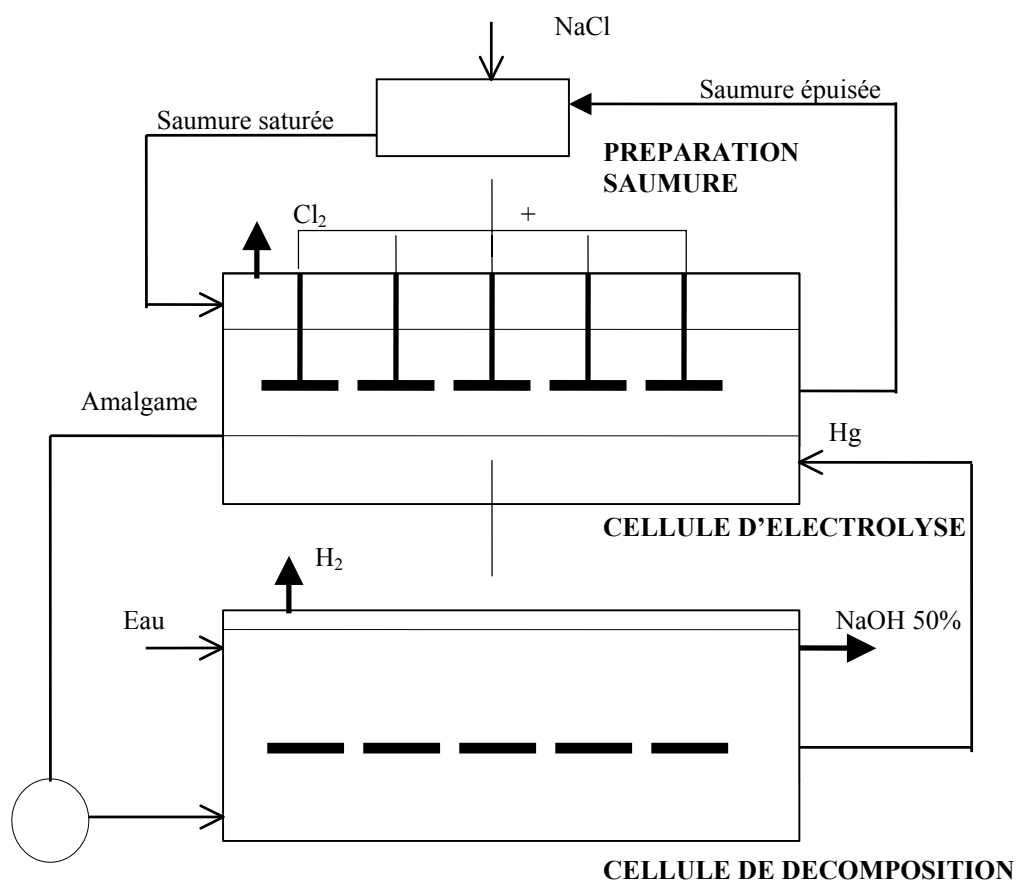
Les étapes sont les suivantes:

- la cellule à électrolyse comporte une anode en titane. Celle-ci est disposée au-dessus d'une cathode mobile de mercure coulant sur le fond de la cellule;
- sous l'effet du courant électrique continu dans une solution de chlorure de sodium (NaCl), du chlore gazeux (Cl₂) se dégage de l'anode;
- du sodium métallique (Na) apparaît dans la cathode de mercure, et s'y dissout pour former un amalgame. Un amalgame est un alliage de mercure avec un autre métal. Cet amalgame est envoyé dans un réacteur séparé où il réagit avec de l'eau déminéralisée (H₂O) pour donner de l'hydrogène (H₂) et une solution de soude caustique (NaOH) à 50%. Ainsi, le mercure est régénéré et peut être renvoyé dans l'électrolyseur. La saumure épuisée, sortant de l'électrolyseur, est à nouveau concentrée en sel et recyclée;

¹ électrolyse : procédé de séparation utilisant le passage d'un courant électrique au travers d'un électrolyte { un composé chimique à l'état de solution comme p. ex. une solution de sel ordinaire (NaCl + H₂O) }, forçant les ions (ex. Cl⁻, Na⁺, OH⁻, H⁺) à migrer vers les électrodes (anode et cathode), séparant ainsi les éléments de base de la solution. Lors du processus industriel, on utilise une tension de 4 à 4,5 volts avec une intensité de courant égale à 250.000 ampères.

- cette réaction en deux phases permet d'obtenir des produits finis très purs.

Lors de l'utilisation de mercure, des mesures appropriées doivent être prises afin d'assurer la protection des travailleurs et de l'environnement. C'est ainsi que l'industrie s'efforce de limiter au maximum les pertes en mercure. En Europe Occidentale, au cours des dix dernières années, les pertes de mercure par tonne de capacité de production ont été réduites de près de 85% pour atteindre une émission totale de moins de 9 tonnes en 1999. La part mondiale d'émission de mercure provenant de l'industrie du chlore est estimée à seulement 0,1% du total des émissions de mercure dans l'environnement.



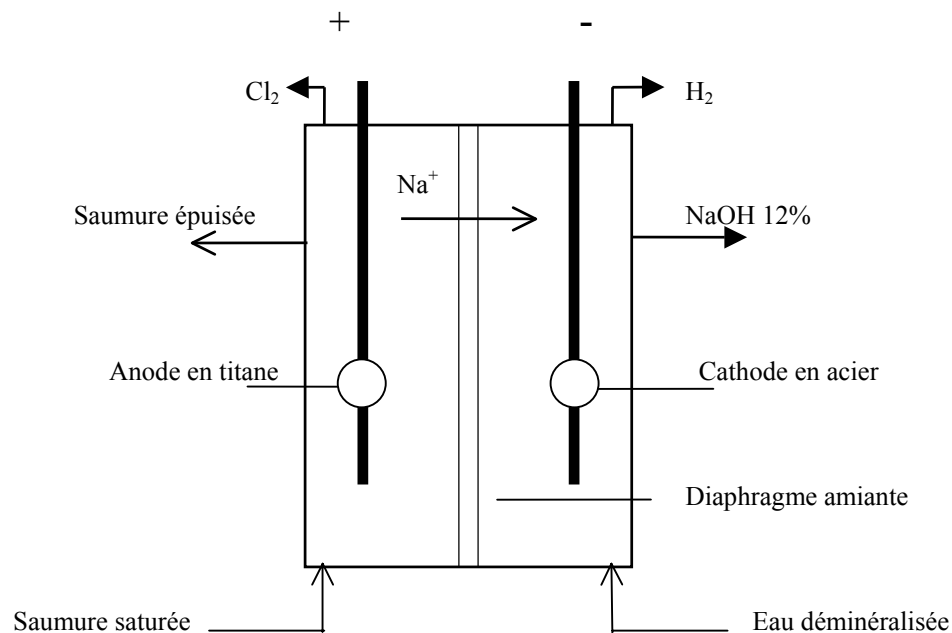
2.2.2 L'électrolyse à diaphragme

Le procédé à diaphragme est pourvu d'une cellule comportant un diaphragme en amiante. Celui-ci est déposé sur un treillis en acier agissant telle une cathode, ce qui empêche le mélange du chlore et de la soude caustique. L'hydrogène se dégage dans le compartiment cathodique et de la soude caustique apparaît sous forme d'une solution de 10 à 12%, dans une saumure avec une concentration de 10 à 15% de sel.

L'électrolyse à diaphragme s'est surtout développée aux Etats-Unis. En Europe, ce procédé couvre 23% de la production de chlore. Le désavantage est qu'il est nécessaire, pour obtenir une

soude caustique de qualité suffisante, d'évaporer l'eau et de précipiter le sel. Ceci est très coûteux en investissement et en énergie et ne permet pas d'obtenir une soude caustique suffisamment pure pour toutes les applications. En effet, celle-ci contient encore environ 1% de sel.

Des études sont en cours pour remplacer le diaphragme en amiante par un diaphragme en matière synthétique.



2.2.3 L'électrolyse à membrane

Cette technique s'est développée dans les années '70.

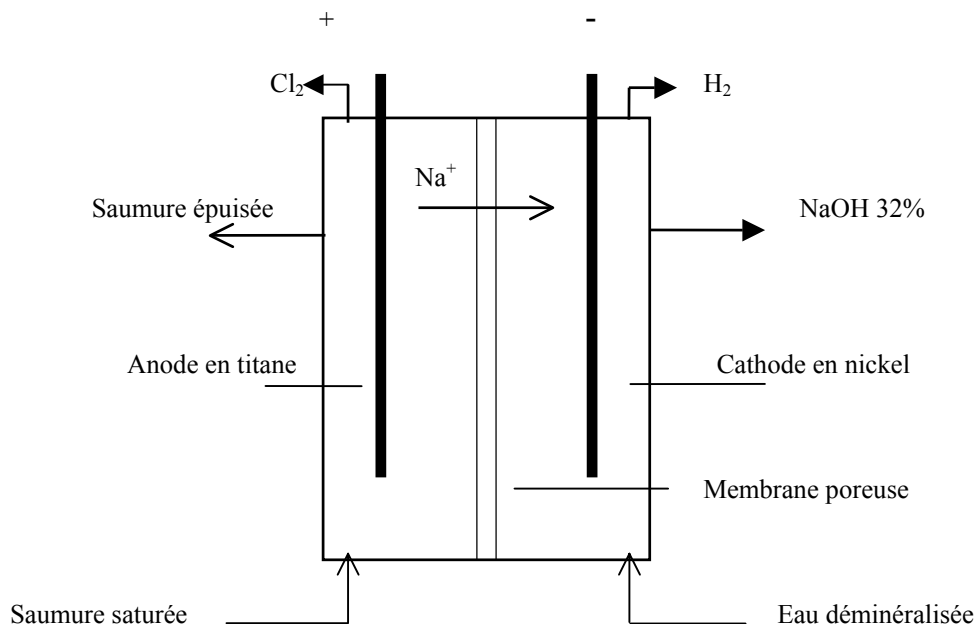
La cellule est divisée en deux compartiments par une membrane poreuse de très grande qualité. Le tout fonctionne comme un échangeur d'ions. Le compartiment anodique est alimenté par la saumure saturée en chlorure de sodium et le compartiment cathodique par de l'eau déminéralisée. Le chlore se libère à l'anode, l'hydrogène à la cathode. Les ions de sodium se déplacent vers le compartiment cathodique et réagissent avec l'eau pour former la lessive de soude. Par évaporation, la concentration finale est augmentée de 32% à 50%.

L'avantage du procédé à membrane est double:

- une consommation d'énergie basse voisine de celle des cellules à diaphragme;
- la production d'une soude caustique très pure.

Ce procédé est utilisé pour la production d'environ 22% du chlore en Europe.

Des essais ont récemment été menés avec des cathodes dépolarisées à l'oxygène. En réduisant l'oxygène au lieu de produire de l'hydrogène, on pourrait économiser 30% supplémentaires d'énergie. Cette technique prometteuse devrait pouvoir être appliquée sans trop de problèmes aux installations existantes.



2.2.4 Qu'advient-il des co-produits de l'électrolyse?

Lors de la production de chlore, on obtient automatiquement aussi les co-produits: l'hydroxyde de sodium et l'hydrogène.

L'hydroxyde de sodium ou lessive de soude possède, tout comme le chlore, un large champ d'application. Elle intervient dans la fabrication de pâte à papier, savon et fibres textiles. Elle sert à la neutralisation des eaux acides dans les stations d'épuration, au nettoyage des bouteilles à boissons et des citernes, à l'élimination des colorants lors du recyclage du papier, au lavage des gaz de fumées des centrales thermiques, à la fabrication de l'aluminium, etc. (Pour plus d'informations, voir chapitre 2.5 : Soude caustique.)

L'hydrogène, pour sa part, jouera sans doute un rôle important en tant que future source d'énergie alternative. Il pourrait même devenir le combustible attitré pour les moteurs des "véhicules propres" de l'avenir. Il existe déjà des voitures qui roulent à l'hydrogène mais elles ne peuvent faire le plein qu'à des stations spécialement aménagées. Les résultats s'avèrent très prometteurs.

Actuellement, l'hydrogène est utilisé dans les industries alimentaires (margarine) et électronique ("puces"), dans l'industrie pétrolière (hydrogénation de produits intermédiaires importants,

comme l'ammoniac) et dans de nombreuses applications de la chimie de synthèse (par exemple: peroxyde d'hydrogène, aniline, production de matières plastiques, etc.) ainsi que dans la fabrication du verre.