

## SODIUM 1997

**MATIÈRES PREMIÈRES** : teneur de l'écorce terrestre : 2,6 %.

Le sodium est présent dans de nombreuses roches sous forme de silicates et silicoaluminates (feldspath : par exemple, albite,  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ; mica : par exemple, paragonite,  $\text{NaAl}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ; feldspathoïde : par exemple, néphéline,  $\text{NaAlSiO}_4$ ...) et dans des dépôts de sels : carbonate de sodium naturel, chlorure de sodium... Ce dernier est, à l'état fondu, la seule matière première utilisée industriellement pour obtenir le sodium métal.

- NaCl doit être purifié (après dissolution) par précipitation des ions  $\text{SO}_4^{2-}$  (par  $\text{BaCl}_2$ ) et  $\text{Mg}^{2+}$  (par NaOH). Les teneurs limites acceptables pour les principales impuretés de NaCl sont les suivantes (en ppm) :

H <sub>2</sub> O	400	Al <sup>3+</sup>	3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	30	Mg <sup>2+</sup>	1

- NaCl fond vers 800°C. Le mélange avec d'autres chlorures permet d'abaisser la température du bain d'électrolyse à environ 600°C. Composition du bain en % en masse et ( ) consommations à la t de Na produit :

NaCl : 28 % (2 600 kg)

CaCl<sub>2</sub> : 26 % (25 kg car il est partiellement électrolysé)

BaCl<sub>2</sub> : 46 % (6 kg par entraînement).

**FABRICATION INDUSTRIELLE** : par électrolyse de NaCl fondu.

L'électrolyse est effectuée dans des cellules de type Downs, mises au point en 1921 par J.C. Downs et utilisées par Du Pont de Nemours dans son usine de Niagara Falls. Les cellules sont actuellement constituées par 4 anodes cylindriques en graphite entourées par 4 cathodes en acier, séparées par un diaphragme constitué par une fine toile en acier. Chaque cellule contient 8 t de bain. Na liquide se forme au sein de NaCl fondu (qui le protège de l'oxydation) et est évacué par un collecteur situé dans la partie supérieure de la cellule (Na est moins dense que NaCl). Cl<sub>2</sub> (1,5 kg/kg de Na) est également évacué, par un collecteur en nickel. Les cellules sont alimentées de façon continue en NaCl, la fusion est effectuée par effet Joule. Chaque cellule produit 800 kg de Na/jour.

- Une salle d'électrolyse comprend environ 50 cellules montées en série. Chaque cellule a une durée de vie de l'ordre de 2000 jours.

- Caractéristiques de fonctionnement d'une cellule :

Intensité	50 000 A	Consommation d'énergie	10 000 kWh/t
-----------	----------	------------------------	--------------

Tension	7 V	Température	600 °C
Puissance totale	350 kW		

- Na contient de 0,5 à 1 % de calcium qui est éliminé en grande partie (teneur résiduelle : environ 300 ppm) par filtration vers 100°C car, à cette température, Na est liquide alors que Ca reste solide. On obtient ainsi Na technique. Na raffiné, utilisé dans les réacteurs nucléaires à neutrons rapides, doit renfermer des teneurs en Ca < 10 ppm. Celui-ci est éliminé par oxydation sélective puis filtration.

Conditionnement : coulé dans des fûts de 200 kg ou dans des citernes ou conteneurs munis de moyens de réchauffage et refroidissement par circuit d'huile afin de charger-décharger Na sous forme liquide et le transporter solide (température de fusion : 98°C).

**PRODUCTION** : monde, en 1997 : 80 000 t.

**Producteurs occidentaux** : capacités de production en 1997.

- Du Pont de Nemours (États-Unis) : 24 à 26 000 t/an.
- Nippon Soda (Japon).
- Associated Octel Co (Royaume-Uni) : 19 000 t/an
- Métaux Spéciaux SA (France) : usine à Pomblière - St Marcel (73), 220 personnes, capacités de production en 1997 : 13 000 t. A livré, entre 1991 et 1992, 1 700 t de Na raffiné au Japon, pour le surgénérateur de Monju.

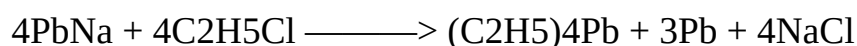
**UTILISATIONS** :

**Consommations annuelles** : en 1996.

Europe	30 000 t	Russie	8 000 t
Etats-Unis - Canada	24 000 t	Japon	4 500 t

**Utilisations diverses** :

- Plomb tétraéthyle ou tétraméthyle : principale utilisation de Na, mais en forte diminution avec le développement de la consommation de l'essence sans plomb (voir le chapitre consacré au plomb). Na a pour rôle d'éliminer sous forme de NaCl le chlore du chlorure d'éthyle ou de méthyle lors de sa réaction avec l'alliage Pb-Na (90 % Pb - 10 % Na), selon la réaction :



- Réduction des halogénures de Ti, Ta et K pour l'obtention des métaux.
- Affinage de Pb, Zn et Al.
- Fabrication du borohydrure de sodium : l'une des utilisations les plus importantes : 15 000 t/an, dans le monde, en 1997.

- Fabrication d'alcoolates, d'amidure ( $\text{NaNH}_2$ ), d'azoture ( $\text{NaN}_3$ ) utilisé dans les sacs gonflables de protection contre les chocs (air-bag) dans des automobiles, d'oxydes de sodium ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ )...
- Fabrication de l'indigo.
- Fabrication d'herbicides.
- Synthèses pharmaceutiques.
- Lampes à décharge au sodium à basse pression (monochromes jaunes :  $\lambda = 589$  nm) ou à haute pression (présence, en plus, de raies de résonance notamment à 569 et 617 nm) qui sont les lampes les plus utilisées en éclairage extérieur (voir le chapitre : gaz rares, lampes). La consommation dans ce secteur est très faible, 10 t/an.
- Batteries sodium-soufre rechargeables : les électrodes sont liquides (anode en soufre, cathode en sodium) et l'électrolyte solide (aluminat de sodium). Elles fonctionnent vers  $330^\circ\text{C}$ .
- Fluide de refroidissement (caloporteur) des réacteurs à neutrons rapides (surgénérateurs). Exemple de Superphénix à Creys Malville (puissance : 1 200 MWe) couplé au réseau électrique le 4 janvier 1986. Depuis le réacteur a été arrêté de nombreuses fois et a, en définitive, fonctionné pendant 10 mois sur une période de 9 ans. Fin 1996, le réacteur a été à nouveau arrêté pour progressivement le transformer en sous-générateur, c'est-à-dire qu'il devra consommer du plutonium au lieu d'en fabriquer. En juin 1997, annonce par le ministre de l'environnement de l'arrêt du réacteur. Le réacteur utilise 5 600 t de Na liquide.
- Avantages de Na : ses températures de fusion ( $98^\circ\text{C}$ ) et d'ébullition ( $883^\circ\text{C}$ ) permettent, à  $500^\circ\text{C}$ , une utilisation à la pression atmosphérique normale. Il a une très bonne conductibilité thermique (100 fois celle de l'eau). Ses viscosité et densité sont, à  $500^\circ\text{C}$ , voisines de celles de l'eau à  $20^\circ\text{C}$ . Il est peu corrosif vis à vis des aciers et absorbe peu les neutrons.
- Inconvénients de Na : il réagit violemment avec l'eau (1 mort, à Cadarache, dans les installation du CEA, lors de l'élimination de Na utilisé pour le réacteur expérimental Rapsodie) et s'enflamme spontanément à l'air à partir de  $140^\circ\text{C}$ . Réagit également à chaud avec l'eau de constitution des bétons. Il devient radioactif sous l'effet des neutrons en donnant  $^{24}\text{Na}$  (période 15 h) et  $^{22}\text{Na}$  (période 2,58 ans) qui émettent des rayons bêta et gamma.
- Afin d'éviter tout risque de contact entre le sodium radioactif et la vapeur d'eau sous pression alimentant le groupe turboalternateur, un circuit primaire de sodium (3 300 t de Na) extrait la chaleur du réacteur (la température de Na atteint  $545^\circ\text{C}$ ) qui, à l'aide d'un échangeur est transmise à 4 circuits secondaires de sodium (1 460 t de Na) non radioactif qui à leur tour échangent leur énergie avec le circuit de vapeur d'eau. Le débit du sodium est de 3,3 t/s.

Le sodium est également employé comme fluide caloporteur pour refroidir des tiges de soupapes dans des moteurs d'avions et d'automobiles.

### **Les feux de sodium.**

Na peut s'enflammer à l'état divisé, dans l'air, à la température ambiante. A l'état massif, il s'enflamme dans l'air dès que sa température dépasse 200°C. L'aérosol formé lors de la combustion, très dense, est formé, principalement, de peroxyde  $\text{Na}_2\text{O}_2$ .

L'agent d'extinction utilisé dans les installations de Superphénix, appelé "Marcalina", est constitué d'un mélange de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{LiCO}_3$  et de graphite.