LE MAGNÉSIUM, MÉTAL D'AVENIR ET SES COMPOSÉS LES PLUS INTÉRESSANTS

PAR

PAUL ROSENSTIEL,

Professeur au Lycée de Garçons à Luxembourg

APERÇU HISTORIQUE.

Le nom de magnésium est dérivé de la ville de Magnesia en Asie Mineure.

Dans la haute antiquité, on confondait l'oxyde de fer magnétique (Fe_3O_4), minerai noir avec la pyrolusite (MnO_2), corps noir aussi, et on désignait ces deux composés par le nom de magnésie.

Au moyen âge, on confondait de même la pyrolusite appelée alors magnesia nigra et la magnésie MgO désignée par magnesia alba.

Au début du 19e siècle, le chimiste anglais Sir Humphry Davy (1778-1829) le premier soupçonna dans la magnésie blanche un métal nouveau qu'il appela magnium après l'avoir obtenu en 1808 par électrolyse à partir du chlorure.

On désignait alors par le nom de magnésium le manganèse actuel. Puis, on donna pendant quelque temps au magnium dont la présence avait également été reconnue dans le talc, le nom de talcium.

A partir de 1829, le Français Bussy (pharmacien et chimiste, 1794-1882), ayant isolé le métal par traitement chimique de sels magnésiens, on lui donna le nom de magnésium, tandis que pour le métal contenu dans la pyrolusite (MnO_2) on créa, par une sorte d'anagramme, le nom de manganèse, nom que l'on trouve d'ailleurs déjà dans une thèse d'un certain Bergmann parue en 1774 et chez Klaproth, pharmacien et chimiste allemand (1743-1817).

En 1857 seulement, les Français Sainte-Claire Deville et Caron parvinrent à produire d'assez fortes quantités de Mg par décomposition chimique de son chlorure.

Jusqu'en 1915, la production mondiale fut assurée par deux usines allemandes (Al und Mg-Fabrik à Hemelingen et Griesheim-Elektron à Bitterfeld) procédant par électrolyse du chlorure de Mg anhydre.

Ceci explique la qualification de « métal allemand » pour Mg par opposition à « métal français » désignant Al.

En France, une usine fut installée dans l'Isère en 1915 et une deuxième en 1922 en Savoie. Les deux usines fusionnèrent en 1930 et formèrent la Société Générale du Magnésium.

Aux U. S. A., la première fabrique fut montée dans l'Etat de Michigan en 1916, et ce n'est qu'en 1940 que commence la véritable production en masse dans une nouvelle usine située au bord du Golfe du Mexique dans le Sud-Ouest de l'Etat de Texas: la Dow Chemical Co.

Tandis qu'en 1939, la production aux Etats-Unis était de 3350 t, elle passa à

6 200 t en 1940,
15 000 t en 1941,
38 000 t en 1942,
167 000 t en 1943,
290 000 t en 1944.

Elle se stabilisa à environ 10 000 t par an les premières années d'après-guerre. Puis, elle augmenta de nouveau de sorte à atteindre déjà 80 000 t en 1950.

ETAT NATUREL.

Le magnésium n'existe pas à l'état libre dans la nature, mais ses composés sont très nombreux. Ils forment 2,24 % de l'écorce terrestre (le fer en constitue 4,2 %).

Dans la collection minéralogique du Muséum National d'Hist. Naturelle à Paris on trouve quelque 375 échantillons, dont les plus connus sont:

la carnallite	$MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$,
la bischofite	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$,
la tachyhydrite	$2MgCl_2 \cdot CaCl_2 \cdot 12H_2O$,

le périclase	MgO,
la brucite	$Mg(OH)_2$,
la giobertite	$MgCO_3$,
la kiéserite	$MgSO_4 \cdot H_2O$,
l'epsomite	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$,
la kaïnite	$MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 3H_2O$,
le spinelle	$(AlO_2)_2Mg$,
la boracite	$B_{16}O_{30}Cl_2Mg_7$;

ensuite, parmi les borosubsilicates: les tourmalines;

parmi les orthosilicates: les épidotes,
les péridots,
les grenats,
les micas;

parmi les orthosilicates acides: les serpentines,
le tale,
l'écume de mer;

parmi les métasilicates: les pyroxènes,
les amphiboles,
l'actinote,
les hornblendes,
l'asbeste.

L'eau de mer est une source inépuisable en composés magnésiens (environ 1,5 kg par m^3).

Enfin, le magnésium est très répandu dans les règnes animal et végétal.

Dans le corps humain, Mg figure à raison de 0,04 % parmi les 13 éléments qu'on y rencontre *).

Dans un homme adulte de 70 kg, il y a environ 35 g de Mg.

Les os arrivent en tête. Puis viennent les reins, le cœur, les muscles, le foie, le pancréas, la rate, les testicules, la glande thyroïde, les poumons, les intestins, le cerveau. D'ailleurs, la proportion du Mg cérébral et du Mg testiculaire diminue avec l'âge.

---

*) O: 62,81 % C: 19,37 % H: 9,31 % N: 5,14 % Ca: 1,38 % P: 0,63 % Na: 0,26 % K: 0,22 % Cl: 0,18 % Mg: 0,04 % F: 0,007 % Fe: 0,005 %

Quant au règne végétal, il faut citer en premier lieu la chlorophylle qui renferme une forte proportion de Mg. Dans les cendres des feuilles vertes il y a jusqu'à 15 % de Mg.

De plus, on rencontre Mg dans beaucoup de fruits, et dans certaines espèces d'algues, de champignons et de cryptogames vasculaires, il y a jusqu'à 7 % de Mg.

PRODUCTION INDUSTRIELLE.

Le magnésium est extrait de ses composés par voie chimique ou par voie physique.

Par voie chimique, on l'obtient par réduction de son oxyde par l'aluminium. A cet effet, un mélange de poudre de Al et de MgO comprimé en pastilles est chauffé dans un tube en acier, dans lequel on a fait le vide. Le magnésium se dépose sur les parois froides du tube.

Quant aux procédés électriques, il s'agit de l'électrolyse du chlorure de magnésium. Il y a différents procédés, mais généralement un diaphragme poreux empêche le chlore formé de réagir de nouveau avec le magnésium.

Quel que soit le procédé employé, le magnésium doit subir encore une purification qui se fait par fusion et distillation. —

Les matières premières employées sont la dolomie (France), la carnallite (Allemagne), le chlorure de magnésium retiré de l'eau de mer (U. S. A.).

LES PRODUITS COMMERCIAUX.

On trouve dans le commerce:

Mg en poudre, rubans, grains et fils, produits destinés à à la pyrotechnie;

de la tournure de Mg utilisée au labo;

des lingots et des cylindres employés dans l'industrie.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET MÉCANIQUES.

Le magnésium constitue un métal de couleur argentée.

Dureté { Brinell: 38,3. / Mohs: 3.

Densité: 1,7 (Al: 2,7).

Température de fusion: 650°.

Température d'ébullition: 1100°.

Le magnésium se travaille au tour, à la fraiseuse et à la raboteuse.

Ductile et malléable, il peut être étiré et laminé entre 350° et 500°.

Quant à ses alliages, bien que plus résistants, ils sont plus faciles encore à travailler et à couler.

D'ailleurs, le magnésium et ses alliages s'usinent plus facilement que tout autre métal. De plus, ils n'encrassent pas les outils et se laissent travailler généralement à sec, sans qu'on ait besoin de lubrifiant. On peut employer des vitesses de coupe très élevées, et pour éviter tout danger d'explosion (la laine de magnésium est très inflammable), il faut éliminer les copeaux au fur et à mesure de leur production en les recueillant dans des récipients étanches.

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES.

1° Le magnésium, de masse atomique 24,32, est formé par trois isotopes:

^{24}Mg: 78,6 %,
^{26}Mg: 11,3 %,
^{25}Mg: 10,1 %.

2° Mg n'a qu'une valence: il est toujours bivalent.

3° Il a une grande affinité pour l'oxygène: il y brûle vers 750° en donnant MgO avec grand dégagement de chaleur et production intense de lumière riche en rayons ultra-violets (lampes « éclair »).

4° Il est réducteur: il réduit l'eau au-dessus de 700°; l'anhydride borique et le borax (d'où son application dans la production du bore); et il réduit, entre autres, les oxydes de titane, de béryllium, de zirconium et d'yttrium.

5° Il est très réactionnel: rares sont les éléments et les radicaux auxquels Mg ne se combine pas.

6° Traité par l'éther anhydre et un dérivé halogéné, le magnésium donne des dérivés organo-magnésiens dits composés de Grignard, d'une importance théorique et pratique considérable.

7° Le magnésium forme de nombreux alliages, dont les plus importants sont les « alliages légers ».

PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES.

Le magnésium joue un rôle prépondérant dans un grand nombre de phénomènes biologiques importants:

Dans le *règne animal,* le magnésium joue un rôle plastique dans le squelette. Il intervient dans la contraction musculaire. Il est indispensable au métabolisme de l'acide phosphorique et au métabolisme des glucides. Il se retrouve dans certaines diastases (carboxylase, phosphatase, énolase).

La carence en Mg de certains régimes alimentaires (farine trop blanche, sel de cuisine trop raffiné) prédisposerait au cancer et en favoriserait le développement.

Dans le *règne végétal,* le magnésium fait partie du noyau de la chlorophylle. Il entre dans la composition de la phytine qui joue un rôle dans le métabolisme du phosphore. Il est indispensable à la synthèse des glucides par les plantes vertes. De plus, il intervient dans la fermentation des glucides. Et finalement, il prend part au processus général de la croissance.

Enfin, on peut relever le fait qu'un grand nombre de composés minéraux et organiques du magnésium ont des propriétés thérapeutiques intéressantes.

LES APPLICATIONS DU MAGNÉSIUM MÉTALLIQUE.

Le magnésium sert à la production des dérivés de Grignard.

Il est utilisé sur une grande échelle comme réducteur dans l'industrie et au labo.

Il a trouvé un emploi dans l'affinage de certains métaux.

On le retrouve dans les lampes « éclair » et dans les torches utilisées en pyrotechnie.

Il a remplacé le zinc dans les piles sèches modernes où il sert comme anode.

Il sert à la protection anodique des pipe-lines et, enfin, on l'utilise en quantités de plus en plus grandes à la production des alliages légers.

LES ALLIAGES LÉGERS.

A résistance égale, ils sont quatre fois plus légers que l'acier et trois fois plus légers qu'un alliage d'aluminium.

Ils contiennent plus de 85 % de Mg.

Généralement on y trouve Al à raison de 2,5-12 %.

Tous contiennent 0,1-0,3 % de Mn.

Souvent on y rencontre 0,5-5 % de Zn et enfin, dans quelques alliages, il y a Cd ou Si en très faibles proportions ainsi que Cu.

Al augmente les caractéristiques mécaniques et facilite la coulée.

Zn augmente la ductilité.

Mn ralentit la corrosion et Cu augmente la conductibilité thermique.

Les alliages légers de Mg résistent bien à la corrosion atmosphérique normale, mais ils sont attaqués par les atmosphères industrielles et surtout par l'eau de mer.

On a développé beaucoup de méthodes de protection, entre autres, le traitement chimique par le bichromate de Na et HNO_3.

Mais généralement, on les protège par peinture, vernis ou émail.

Les alliages légers de Mg les plus employés aux U. S. A. sont: le Dow Metal. Il renferme Mg, Al, Zn, Mn et parfois Si et Cd. Il en existe toute une gamme, comme:

le Dow Metal C formé de Mg avec 9 % de Al,
2 % de Zn,
0,2 % de Mn,
Dureté Brinell 84;

le Dow Metal H formé de Mg avec 6 % de Al,
3 % de Zn,
0,2 % de Mn,
Dureté Brinell 55;

le Dow Metal O-1 formé de Mg avec 8,5 % de Al,
0,5 % de Zn,
0,2 % de Mn,
Dureté Brinell 85;

le Dow Metal FS-1 formé de Mg avec 3 % de Al,
1 % de Zn,
0,2 % de Mn,
Dureté Brinell 73;

le Dow Metal X formé de Mg avec 3 % de Al,
3 % de Zn,
0,2 % de Mn;

le Dow Metal K formé de Mg avec 10 % de Al,
0,5 % de Si,
0,1 % de Mn;

le Dow Metal L formé de Mg avec 2,5 % de Al,
3,5 % de Cd,
0,3 % de Mn.

En Europe, on se sert surtout des alliages dits Elektrons. Ils renferment Mg avec Al: 0-11 %,
Zn: 0-5 %,
Mn: 1-2,5 %,
Si: 0,5-2 %.

Il en existe une vingtaine de variétés. On prépare même des élektrons ultra-légers de densité inférieure à 2.

Un autre alliage est connu sous le nom de Magnewin ou Magnesal. Il renferme Mg avec 0,5-20 % de Al, 8 % de Cu ou 5 % de Zn.

Enfin on trouve des alliages Mg-Cu,
Mg-Al,
Mg-Zn.

Remarque: Mg entre également en petites proportions dans les alliages légers de l'aluminium (duralumin, duraluminium, magnalium et hydronalium).

Les alliages légers de Mg ont trouvé de multiples applications:

Les industries aéronautique et automobilière les utilisent sur une grande échelle pour la construction de pistons et de carters de moteurs d'avions et d'autos, de pales d'hélice, d'éléments de carénage, de trains d'atterrissage, de jantes pour roues d'autos, de tambours de frein, d'éléments de turboréacteurs, etc., etc.

Les industries d'instruments d'optique et d'appareils de précision en font un large emploi.

L'industrie textile utilise, entre autres, des cylindres pour métiers à tisser.

De plus, on construit des appareils de levage très résistants (grues, chèvres, derricks, etc.).

LES COMPOSÉS DE Mg.

L'étude précédente nous a montré la grande importance du magnésium métallique et de ses alliages.

Quant à ses nombreux composés, ils ont trouvé également des applications intéressantes, dont l'étude fera l'objet de ce chapitre.

L'oxyde de Mg MgO.

Il est employé en médecine contre les aigreurs de l'estomac et comme antidote des acides; de As_2O_3 et des sels métalliques.

Il sert en cosmétique pour la préparation de poudres de toilette et de poudres dentifrices.

Et dans l'industrie, il constitue une charge pour papier; il entre dans la composition du ciment Sorel, ciment pour verre et métal, constitué de MgO délayé dans une solution concentrée de $MgCl_2$, et enfin on en fabrique des briques réfractaires et des creusets.

L'hydroxyde de Mg $Mg(OH)_2$.

Il sert également en médecine pour combattre l'hyperacidité de l'estomac et comme antidote du sublimé.

Dans l'industrie, il sert à la production d'un ciment Sorel, de produits réfractaires, de chewing-gum et il est employé également dans le raffinage du sucre.

Le peroxyde de Mg MgO_2.

C'est un antiseptique gastrique et intestinal.

Il agit aussi comme antiputride.

Le perhydrol magnésien d'ailleurs est un mélange de MgO et MgO_2.

En cosmétique, il sert à la production de poudres dentifrices et il est employé également dans l'industrie du blanchiment.

Le fluorure de Mg MgF_2.

Il sert comme opacifiant en verrerie et en céramique. De plus, il empêche le miroitement des lentilles photographiques.

Le silicofluorure de Mg $MgSiF_6$.

Il est utilisé en céramique comme opacifiant et il trouve également un emploi dans la conservation du bois.

Le chlorure de Mg $MgCl_2$.

Ce corps fournit le magnésium par voie électrolytique.

Il sert dans l'apprêt des tissus de coton.

On l'emploie pour fixer les poussières dans la construction des routes, pour la conservation des traverses de chemin de fer et pour la production du ciment Sorel.

L'hypochlorite de Mg $(ClO)_2Mg$.

C'est un décolorant et un antiseptique moins brutal que le chlorure de chaux.

Le bromure de Mg $MgBr_2$.

Ce corps constitue une matière première pour l'extraction du Br. De plus, il sert comme sédatif.

Le sulfite de Mg $MgSO_3$.

Il sert à la décoloration de la pâte à papier.

Le sulfate de Mg $MgSO_4$.

Dans l'industrie, ce corps important est utilisé pour apprêter les tissus de laine, pour ignifuger les tissus et il sert également dans la préparation du papier glacé.

En médecine, il est employé comme cholagogue, comme purgatif et par application externe contre les enflures produites par les piqûres d'insectes.

Par injection intraveineuse, il produit la « narcose magnésienne ». Il s'agit d'une narcose profonde par déplacement des ions Ca^{**} du sang. Elle est immédiatement arrêtée par injection intraveineuse d'une solution de $CaCl_2$.

L'effet produit par $MgSO_4$ est analogue à celui de la curarine.

On utilise d'ailleurs l'action « curarisante » de $MgSO_4$ dans le traitement d'empoisonnements par la strychnine et dans le tétanos.

Le thiosulfate de Mg MgS_2O_3.

Ce composé utilisé en thérapeutique agit comme anti-allergique et neuro-sédatif.

Le nitrate de Mg $Mg(NO_3)_2$.

Il sert en pyrotechnie.

Le perborate de Mg $(BO_2)_2Mg$.

C'est un bactéricide.

Le carbonate de Mg $MgCO_3$.

On l'emploie dans l'industrie pour la production de produits réfractaires, comme charge pour papier et comme matière première pour la production d'autres composés de Mg.

En cosmétique, il sert à la fabrication de poudres et de pâtes dentifrices.

En médecine, on l'emploie comme antidote des acides, des sels métalliques et de As_2O_3.

L'hypophosphite de Mg $(PO_2H_2)_2Mg \cdot 6H_2O$.

C'est un tonique.

Le wolframate de Mg $MgWO_4$.

Ce composé a trouvé une application dans la production de couleurs fluorescentes et d'écrans pour Rayons X.

Le carbure de Mg MgC_2.

Il sert dans la production de l'acétylène, car il décompose l'eau moins violemment que le carbure de Ca.

LES SILICATES DE Mg.

Il existe des métasilicates et des orthosilicates.

Les plus intéressants du point de vue pratique en sont:

L'asbeste ou amiante (méta).

Il sert à la fabrication de diaphragmes poreux, de joints, cordes, étoupes, fibres, de plaques isolantes, de briques, de creusets, de cornues, etc.

Le jade (méta).

C'est une matière très employée en Chine pour la production d'objets d'art (flacons à parfum, médaillons, broches, vases, etc.).

Le talc et la stéatite (ortho).

Ces composés entrent dans la constitution des poudres de toilette, de fards, de crayons de pastel. On les emploie pour écrire sur les tissus, pour polir les photographies, pour faire glisser les gants et les cordes, etc.

Le talc sert aussi comme produit réfractaire.

La stéatite joue un rôle dans l'art chinois (sculpture d'objets d'art).

Les serpentines (ortho).

On en confectionne des vases, des mortiers et on les emploie comme pierres ornementales.

Les micas (ortho).

Ils interviennent dans la construction d'appareils de chauffage, de condensateurs et du verre triplex.

L'écume de mer (ortho).

On l'emploie pour fabriquer des fume-cigarettes et des pipes.

SELS DOUBLES.

Le magnésium forme également des sels doubles très importants, comme:

La carnallite $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$.

Elle sert à la préparation de KCl, de $MgCl_2$, d'autres composés de Mg ainsi que du Mg lui-même.

La kaïnite $MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 3H_2O$.

Elle fournit K_2SO_4 et sert comme engrais dans la culture de la betterave sucrière.

La dolomie $MgCO_3 \cdot CaCO_3$.

Ce corps très important sert de revêtement basique dans le convertisseur Thomas et dans le four Martin. De plus, on l'emploie comme pierre à bâtir.

Remarque: Relevons également que le phosphate ammoniaco-magnésien (PO_4MgNH_4) est le réactif de Mg et de H_3PO_4 et que l'arséniate ammoniaco-magnésien (AsO_4MgNH_4) sert également en analyse pour le dosage de AsO_4H_3.

Enfin, il existe des *composés organiques* de magnésium.

En premier lieu, il faut citer les *composés de Grignard* mentionnés déjà plus haut.

Puis:

L'oléate de Mg $(C_{17}H_{33}COO)_2Mg$.

Il sert dans la fabrication des poudres grasses de toilette.

Le stéarate de Mg $(C_{17}H_{35}COO)_2Mg$.

Le citrate de Mg.

On l'utilise pour la préparation de limonades purgatives.

Le lactate de Mg.

C'est un laxatif.

Le salicylate de Mg.

Il est employé comme antiseptique interne dans la fièvre typhoïde.

CONCLUSION.

L'auteur n'a fait qu'esquisser dans cet exposé l'importance chaque jour grandissante du magnésium et de ses composés. Il n'a pas la prétention d'avoir épuisé, dans le cadre de ce travail, cette étude qui montre, une fois de plus, que le génie humain ne sera sûrement jamais à court de matières premières vu qu'il dispose de ce réservoir inépuisable que constitue l'eau de mer pour lui procurer un matériel qui, peut-être, sera destiné un jour à remplacer les métaux lourds.

BIBLIOGRAPHIE.

PASCAL. — Traité de chimie minérale (1932), T. VII, p. 33-134.

OST-RASSOW. — Lehrbuch der chemischen Technologie (1941), p. 1099-1100.

BAUD. — Traité de chimie industrielle (1943), p. 934-946, 1013-1017.

Engineering Encyclopedia, New-York (1943), p. 785.

W. HÜCKEL. — Anorganische Chemie (1943), p. 230-233, 462.

SMITH-D'ANS. — Anorganische Chemie (1943), p. 601-609.

DESSART. — Chimie appliquée (1947), p. 391-394.

VAN NOSTRAND's Scientific Encyclopedia (1947), p. 894-896.

CRISTOL. — Précis de chimie biologique (1948), p. 28, 29, 33, 168-171, 189, 302, 565, 606, 607.

RÖMPP. — Chemie-Lexikon (1950), p. 1035-1040, 1531-1532.

HOLLEMAN-WIBERG. — Lehrbuch der anorganischen Chemie (1952).

K. W. MERZ. — Grundlagen der Pharmakologie (1953), p. 100.

LACROIX. — Collection de Minéralogie du Muséum d'Histoire Naturelle (1931).

Magazine Reprint (1949), juillet.

Science et Vie (1952), N° 415.

Atomes (1955), N° 108.