

## CHAPITRE X

### CLASSIFICATION DES MÉTALLOÏDES.

#### DIVISION EN FAMILLES.

**554. Classification de Dumas.** — Dumas a divisé les métalloïdes en quatre groupes ou familles naturelles.

La première comprend le CHLORE, le BROME, l'IODE et le FLUOR;

La seconde, l'OXYGÈNE, le SOUFRE, le SÉLÉNIUM et le TELLURE;

La troisième, l'AZOTE, le PHOSPHORE et l'ARSENIC;

La quatrième, le CARBONE, le SILICIUM et le BORE.

Cette classification, fondée sur la composition et les propriétés des composés que les métalloïdes forment avec l'hydrogène, rapproche de la manière la plus heureuse les corps qui présentent des analogies remarquables<sup>1</sup>. Grâce à elle, il suffit d'étudier en détail un des corps de chaque groupe, pour prévoir les réactions que présenteront les autres corps de la même famille, placés dans les mêmes circonstances.

**555. Hydrogène.** — L'hydrogène reste en dehors de cette classification; nous avons vu (85) qu'il se conduit comme un véritable métal, et que l'on doit admettre, qu'il y a un métal gazeux à la température ordinaire, l'*hydrogène*, comme il y a un métal liquide, le *mercure*.

#### PREMIÈRE FAMILLE.

CHLORE. — BROME. — IODE. — FLUOR.

**556. Propriétés générales.** — Les trois premiers sont caractérisés par une propriété commune qu'on ne retrouve dans aucun autre élément : 1 vol. de ces gaz s'unit à 1 volume d'hydrogène, sans condensation, pour donner 2 volumes d'un hydracide énergique, gazeux à la température ordinaire, fumant à l'air, très soluble dans l'eau et formant avec elle des hydrates définis.

Ces trois corps présentent les plus grandes analogies : tous trois ont une odeur pénétrante, caractéristique; ils irritent les organes de la respiration. En agissant sur un même métal, ils forment des composés généralement isomorphes; tels sont, par exemple : les chlorure, bromure et iodure de potassium. La solubilité, et la plupart des propriétés chimiques de ces composés, présentent aussi une grande analogie : ainsi, les chlorure, bromure et iodure de plomb sont peu solubles, surtout à

<sup>1</sup> Lorsqu'on connaîtra mieux les propriétés de tous les métaux, on pourra faire rentrer plusieurs d'entre eux dans ces groupes, et supprimer ainsi la classification artificielle des corps en métalloïdes et métaux. Cette distinction est utile à conserver jusqu'au jour où l'on pourra faire une classification naturelle à peu près complète.

froid. Les chlorure, bromure et iodure d'argent sont insolubles dans l'eau, mais solubles dans l'hyposulfite de soude; ils sont altérables à la lumière.

Le chlore, le brome et l'iode ne se combinent pas directement avec l'oxygène. Les composés oxygénés du chlore, obtenus indirectement avec absorption de chaleur, sont au nombre de cinq, et tous sont facilement décomposables : le brome forme avec l'oxygène des oxacides moins nombreux, en absorbant encore plus de chaleur. Enfin, l'iode forme des acides oxygénés, qui sont plus stables que les composés correspondants du chlore et du brome.

Ces corps dégagent, en se combinant avec l'hydrogène, des quantités de chaleur (tableau de la page 42) qui vont en décroissant du chlore à l'iode; aussi, le chlore décompose les acides bromhydrique et iodhydrique; le brome décompose l'acide iodhydrique; le brome est, par ses propriétés physiques et chimiques, intermédiaire entre le chlore et l'iode.

C'est grâce à ce que l'acide fluorhydrique rappelle les propriétés de l'acide chlorhydrique, que l'on a rangé le *fluor* dans cette famille, bien qu'il n'ait pas encore été isolé, et que ses combinaisons métalliques le placent un peu à part dans cette famille. Ainsi le fluorure de calcium est insoluble, tandis que les chlorure, bromure et iodure de calcium sont très solubles; le fluorure d'argent est au contraire soluble, tandis que le chlorure, le bromure et l'iodure d'argent sont insolubles.

En ayant égard à l'énergie de leur action sur l'hydrogène, on a classé ces corps dans l'ordre suivant : fluor, chlore, brome, iode. Le tableau ci-joint nous montre que cet ordre est aussi celui que leur assigne l'ensemble de leurs propriétés; l'équivalent augmente avec la densité, avec la fixité et avec la tendance à prendre l'éclat métallique.

	FLUOR, Fl.	CHLORE, Cl.	BROME, Br.	IODE, Io.
État physique à la température ordinaire. . . . .	Inconnu.	Gaz jaune verdâtre.	Liquide rouge.	Solide gris de fer.
Densité à l'état solide ou liquide. . . . .	»	1.55	5.18	4.498
Densité de vapeur. . . . .	»	2.44	5.54	8.7
Point d'ébullition. . . . .	»	-50°	65°	175°
Poids atomique. . . . .	19	35.5	80	127
Équivalent en poids. . . . .	19	35.5	80	127
— en volume. . . . .	2 vol.?	2 vol.	2 vol.	2 vol.

#### DEUXIÈME FAMILLE.

OXYGÈNE. — SOUFRE. — SÉLÉNIUM. — TELLURE.

**557. Propriétés générales.** — La propriété caractéristique de ces quatre corps est de donner avec l'hydrogène des acides faibles, formés de 1 vol. de ces métalloïdes avec 2 vol. d'hydrogène, condensés en 2 vol.

Nous avons déjà signalé les analogies de l'oxygène et du soufre, en montrant que le charbon et les métaux brûlent dans la vapeur de soufre comme dans l'oxygène, et forment des composés analogues : le charbon donne de l'acide sulfocarbonique, analogue à l'acide carbonique; les métaux forment des sulfures qui, par leurs propriétés chimiques, ressemblent aux oxydes correspondants. L'oxygène présente cependant des propriétés physiques spéciales; il joue dans la nature un rôle important qui le place à part dans cette famille.

Les analogies du soufre, du sélénium et du tellure entre eux, sont encore plus évidentes; les acides sulfhydrique, sélénydrique et tellurhydrique sont des acides faibles, et doués d'une odeur désagréable d'œufs ou de choux pourris. Ils sont très vénéneux, s'enflamment au contact d'une bougie, et se dissolvent en petite quantité dans l'eau; leur dissolution est décomposable par l'air avec formation d'eau et mise en liberté du métalloïde. Les séléniures et les tellures sont isomorphes avec les sulfures; ils sont constamment réunis dans la nature.

Le soufre, le sélénium et le tellure forment, en brûlant dans l'oxygène ou dans l'air, des acides sulfureux, sélénieux ou tellureux, composés d'un volume de vapeur du corps et de 2 volumes d'oxygène condensés en 2 volumes. Ces acides se transforment, en présence des oxydants et des bases énergiques, en acides sulfurique, séléinique ou tellurique, qui donnent des sels isomorphes.

Le tableau suivant montre que l'ordre dans lequel nous les avons rangés est justifié par l'ensemble de leurs propriétés : l'équivalent augmente avec la densité, la fixité et la tendance à l'éclat métallique.

	OXYGÈNE, O.	SOUFRE, S.	SÉLÉNIUM, Se.	TELLURE, Te.
État physique à la température ordinaire. . . . .	Gaz incolore.	Solide jaune.	Solide brun rouge.	Solide gris métall.
Densité à l'état solide. . . . .	»	2.04	4.80	6.26
Densité de vapeur. . . . .	1.1056	2.22	5.6	8.95
Température de fusion. . . . .	»	115°	217°	350°
Point d'ébullition. . . . .	»	440°	665°	rouge.
Poids atomique. . . . .	16	32	79.50	129
Équivalent en poids. . . . .	8	16	39.75	64.5
— en volume. . . . .	1 vol.	1 vol.	1 vol.	1 vol.

## TROISIÈME FAMILLE.

AZOTE. — PHOSPHORE. — ARSENIC.

**558. Propriétés générales.** — Ces corps ont pour caractère essentiel la propriété de former avec l'hydrogène des composés gazeux qui jouent le rôle de bases ou de corps neutres. Parmi ces composés, l'ammoniaque  $AzH^3$  contient 6 vol. d'hydrogène et 2 vol. d'azote condensés en

4 vol.; le phosphure et l'arséniure d'hydrogène,  $PhH^3$  et  $AsH^3$ , contiennent 6 vol. d'hydrogène et 1 vol. de vapeur de phosphore ou d'arsenic condensés en 4 vol. L'ammoniaque est une base énergique; le phosphure d'hydrogène est une base faible jouant le même rôle que l'ammoniaque vis-à-vis de l'acide iodhydrique (184); enfin, l'arséniure d'hydrogène est un corps neutre.

L'analogie du phosphore et de l'arsenic se traduit par l'isomorphisme des phosphates et des arséniates, que l'on trouve constamment associés dans la nature. Quant à l'azote, il se sépare des deux autres corps du même groupe par plusieurs propriétés : ainsi sa densité correspond à 2 vol., tandis que celles du phosphore et de l'arsenic correspondent à 1 vol.

Le tableau suivant montre que dans cette famille, comme dans les précédentes, la densité, les points de fusion et d'ébullition, s'élèvent en même temps que l'équivalent et la tendance à prendre l'aspect métallique. A cette famille se rattachent l'antimoine et le bismuth.

	AZOTE, Az.	PHOSPHORE, Ph.	ARSENIC, As.
État physique à la température ordinaire. . . . .	Gaz incolore.	Solide incolore.	Solide gris métallique.
Densité à l'état solide. . . . .	»	1.84	5.64
Densité à l'état gazeux. . . . .	0.9715	4.52	10.4
Point de fusion. . . . .	»	44°2	rouge sombre.
Point d'ébullition. . . . .	»	290°	rouge sombre.
Poids atomique. . . . .	14	31	75
Équivalent en poids. . . . .	14	31	75
— en volume. . . . .	2 vol.	1 vol.	1 vol.

## QUATRIÈME FAMILLE.

CARBONE. — SILICIUM. — BORE.

**559. Propriétés générales.** — L'analogie chimique du carbone et du silicium a été établie par M. Marignac. Il a prouvé que le fluorure de silicium forme, avec les fluorures de potassium ou de sodium, des fluorures doubles, isomorphes des fluorures doubles que l'étain ou le titane forment avec le potassium ou le sodium. La formule de la silice est  $Si^2O^4$ , analogue à celle de l'acide carbonique  $C^2O^4$ . Le gaz des marais  $C^2H^4$  contient, comme le siliciure  $Si^2H^4$ , le double de son vol. d'hydrogène.

Malgré ces analogies, les propriétés du carbone et de ses composés, ainsi que son rôle dans la constitution des organes animaux et végétaux, en font un corps tout à fait à part dans cette famille, à laquelle se rattachent le titane, le zirconium et peut-être l'étain.

Si l'on a placé jusqu'ici le bore dans cette famille, c'est que le bore et le silicium ont entre eux de grandes analogies; leurs acides oxygénés, acides borique et silicique, sont fixes, fusibles à haute température, et donnent avec les alcalis des matières vitrifables.

Le fluor donne, avec le bore et le silicium, des composés fumant à l'air, décomposables par l'eau, et se combinant avec les fluorures alcalins.

Le carbone, le silicium et le bore sont solides, peu fusibles et fixes à toutes les températures de nos fourneaux. Ils présentent les mêmes modifications moléculaires; on les connaît à l'état amorphe et à l'état cristallin. Facilement attaqués par les réactifs quand ils sont amorphes, ils deviennent presque inattaquables à l'état cristallin.

Le diamant est le plus dur de ces trois corps. Le bore adamantin (borure de carbone) vient ensuite, et enfin le silicium cristallisé: ce dernier est fusible au rouge vif, les deux autres n'ont pas été fondus.

Le carbone, le silicium et le bore ne sont solubles que dans les métaux en fusion: ainsi, le carbone est soluble dans la fonte de fer; le bore, dans l'aluminium; le silicium, dans l'aluminium et dans le zinc.

Dans cette famille, la densité diminue à mesure qu'augmentent l'équivalent et la tendance à prendre l'éclat métallique: c'est le contraire de ce que nous avons vu dans les familles précédentes.

	CARBONE, C.	SILICIUM, Si.	BORE, Bo.
État physique. . . . .	Cristallin, graphitoïde, amorphe.	Cristallin, graphitoïde, amorphe.	Cristallin, borure de carb. amorphe.
Densité à l'état cristallin . . . . .	5.55	2.49	2.68
Équivalent. . . . .	6	14	11
Poids atomique . . . . .	12	28	11

**560. Observation générale.** — Nous venons de constater que le fluor, l'oxygène, l'azote et le carbone, placés chacun en tête d'une famille naturelle, présentent des propriétés exceptionnelles qui les éloignent à quelques égards des autres corps du même groupe. Ces propriétés exceptionnelles, qui nous ont forcé à placer l'hydrogène à part, expliquent le rôle spécial que ces corps jouent dans la nature. Ainsi le fluor paraît être l'agent qui a servi à minéraliser un grand nombre de substances minérales d'origine ignée. L'oxygène, l'azote, le carbone et l'hydrogène existent dans l'atmosphère soit à l'état libre, comme l'oxygène et l'azote, soit combinés deux à deux à l'état de vapeur d'eau, d'acide carbonique et d'ammoniaque. Ces corps entrent dans la constitution des matières organisées, qui toutes prennent naissance dans les organes des végétaux aux dépens des gaz de l'atmosphère, c'est-à-dire de l'oxygène, de l'azote, de l'acide carbonique, de la vapeur d'eau et de l'ammoniaque. Leurs propriétés exceptionnelles sont donc en relation avec la constitution des êtres organisés, animaux et végétaux, qui vivent à la surface de la terre.

## MÉTAUX

### CHAPITRE PREMIER

MÉTAUX. — PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES. — CLASSIFICATION. — ALLIAGES.

#### PROPRIÉTÉS DES MÉTAUX.

**561. Définition.** — Les métaux sont des corps simples qui se distinguent des métalloïdes par l'ensemble de leurs propriétés physiques et chimiques. Au point de vue chimique, ils sont caractérisés par ce fait qu'ils peuvent former, en se combinant à l'oxygène, un ou plusieurs composés basiques. Au point de vue physique, ils se distinguent généralement des métalloïdes par un éclat remarquable, appelé *éclat métallique*; ils sont bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité. A l'état de poussière, les métaux perdent leur éclat: ainsi, le platine pulvérisé est une poudre noire, et le cuivre une poudre rouge terne; ils perdent en même temps leur conductibilité; mais ils reprennent ces propriétés dès qu'en soumettant cette poussière métallique à une forte compression on lui rend un peu de cohésion.

La distinction des corps en métalloïdes et en métaux, utile à conserver dans l'état actuel de nos connaissances, disparaîtra quand on connaîtra les propriétés chimiques de tous les métaux. On sait déjà que l'*antimoine* se place, par ses propriétés chimiques, à côté de l'*arsenic* et, par suite, du *phosphore* et de l'*azote*; l'*osmium* se rangera probablement dans le même groupe. Le *titane*, le *zirconium* et l'*étain* se rangent à côté du silicium et du carbone.

**562. Etat naturel. Extraction.** — Les métaux existent dans la nature à trois états différents:

1° A l'état *natif*, c'est-à-dire à l'état de liberté; ce sont ceux qui ne se combinent que difficilement avec l'oxygène et les autres métalloïdes; tels sont l'or, le platine et quelquefois l'argent, le cuivre et le mercure;

2° En combinaison avec le *soufre*, l'*arsenic*, le *chlore* ou un des métalloïdes analogues. Les sulfures d'argent, de cuivre, de mercure, de plomb et de zinc sont les minerais dont on extrait ces métaux; l'abondance des sulfures dans la nature avait été remarquée par les alchimistes; aussi appelaient-ils le soufre le grand *minéralisateur* des métaux;

3° A l'état d'*oxydes* libres ou combinés aux oxacides; c'est ainsi que l'étain et le fer existent à l'état d'oxydes libres, tandis que le potassium, le sodium, le calcium et tous les métaux très oxydables, existent à l'état de sels: carbonates, sulfates, phosphates ou silicates.

Les procédés d'extraction seront décrits dans la *Métallurgie*. Nous pouvons cependant dire ici, d'une manière générale, que, si le minerai est un *oxyde*, on obtient le métal *en calcinant cet oxyde avec du charbon*; si c'est un *sulfure*, on le *grille* d'abord pour se débarrasser du soufre et *oxyder le métal*; l'*oxyde ainsi produit est ensuite réduit par le charbon*.

**563. Propriétés physiques.** — Les propriétés physiques des métaux sont importantes à connaître; elles sont utilisées dans l'industrie.