

Annexe 3

FACTEURS ET TABLES DE CONVERSION

Doses de produit chimique

(Les correspondances indiquées ne sont valables que pour des solutions diluées de densité très voisine de l'unité.)

Symboles

d°	1 degré français	=	1 partie pour 100 000 de CaCO ₃ équivalent
		=	10 mg/litre de CaCO ₃ équivalent
		=	1/5 milliéquivalent (ou 1/5 mé)
mé	1 milliéquivalent	=	5 degrés français
mg/l	1 milligramme par litre	=	1 partie par million (ppm)
g/m ³	1 gramme par mètre cube	=	1 partie par million (ppm)

Conversion de diverses fractions en chiffres décimaux

1/32 = 0,03125	1/4 = 0,25000	1/2 = 0,50000	3/4 = 0,75000
1/16 = 0,06250	9/32 = 0,28125	17/32 = 0,53125	7/9 = 0,77778
1/12 = 0,08333	5/16 = 0,31250	5/9 = 0,55556	25/32 = 0,78125
3/32 = 0,09375	1/3 = 0,33333	9/16 = 0,56250	13/16 = 0,81250
1/9 = 0,11111	11/32 = 0,34375	7/12 = 0,58333	5/6 = 0,83333
1/8 = 0,12500	3/8 = 0,37500	19/32 = 0,59375	27/32 = 0,84375
5/32 = 0,15625	13/32 = 0,40625	5/8 = 0,62500	7/8 = 0,87500
1/6 = 0,16667	5/12 = 0,41667	21/32 = 0,65625	29/32 = 0,90625
3/16 = 0,18750	7/16 = 0,43750	2/3 = 0,66667	11/12 = 0,91667
7/32 = 0,21875	4/9 = 0,44444	11/16 = 0,68750	15/16 = 0,93750
2/9 = 0,22222	15/32 = 0,46875	23/32 = 0,71875	31/32 = 0,96875

Mesures de longueur

in ou "	1 pouce	=	0,0254 m
ft ou '	1 pied (12 in)	=	0,3048 m
yd	1 yard (3 ft ou 36 in)	=	0,9144 m

Symboles

st mi	1 mille anglais (1760 yd) . . . =	1609,344 m \approx 1,6 km
n mi	1 mille marin (international) . =	1 852 m
μ ou μm	1 micron ou micromètre . . . =	10^{-6} m
		= 0,0000 39 in
mm	1 millimètre . . = 0,001 m =	0,039 in
cm	1 centimètre . . = 0,01 m =	0,39 in
dm	1 décimètre. . . = 0,1 m =	3,9 in
m	1 mètre =	$\left\{ \begin{array}{l} 1,093 \text{ yd} \\ 39,37 \text{ in} \\ 3,281 \text{ ft} \\ 3 \text{ ft } 3\text{-}\frac{3}{8} \text{ in} \end{array} \right.$
km	1 kilomètre . . = 1000 m =	0,621 mi
		= 0,539 n mi

Surfaces

in ²	1 pouce carré =	6,4516 cm ²
ft ²	1 pied carré (144 in ²) =	0,0929 m ²
yd ²	1 yard carré (9 ft ²) =	0,83613 m ²
mi ²	1 mille anglais carré (640 acres) =	2,5899 km ²
—	1 acre (4840 yd ²) =	4046,8 m ²
cm ²	1 centimètre carré = 0,0001 m ² =	0,155 in ²
dm ²	1 décimètre carré = 0,01 m ² =	0,1076 ft ²
m ²	1 mètre carré ou centiare	
	= 1 m ² =	1,196 yd ²
hm ² , ha	1 hectomètre carré ou hectare	
	= 10 000 m ² =	2,471 acres
km ²	1 kilomètre carré	
	= 1 000 000 m ² =	0,3861 mi ²

Masses et poids

—	1 grain =	0,065 g
oz	1 once =	28,350 g
lb	1 livre (16 oz) =	453,592 g
—	1 stone (14 lb) =	6,350 kg
—	1 quarter (2 stone) =	12,700 kg
cwt	1 hundredweight (UK)	
	(112 lb) =	50,802 kg

Symboles

sh cwt	1 short hundredweight (US) (100 lb) =	45,352 kg
long ton	1 tonne forte (UK) (2240 lb) . =	1,016 t
short ton	1 tonne courte (US) (2000 lb) . =	0,907 t
mg	1 milligramme . . = 0,001 g =	0,0154 grain
g	1 gramme =	15,432 grain
kg	1 kilogramme . . . = 1000 g =	35,2736 oz = 2,2046 lb
t	1 tonne métrique = 1 000 000 g =	{ 19,6841 cwt(UK) 22,0462 sh cwt 1,1023 short ton 0,9842 long ton

Capacités et volumes

in ³	1 pouce cube =	16,387 cm ³
pt	1 pint (UK) (4 gills) =	0,5682 l
liq. pt.	1 pint liquide (US) (4 gills) . . =	0,4732 l
qt	1 quart (UK) (2 pt) =	1,1364 l
liq. qt.	1 quart liquide (US) (2 liq. pt.) =	0,9464 l
gal(UK)	1 gallon impérial (UK) (8 pt (UK)) =	4,54596 l = 1,2 gal(US)
gal(US)	1 gallon des Etats-Unis (8 liq. pt. (US)) =	3,78542 l = 0,833 gal(UK)
bu.(US)	1 bushel des Etats-Unis (4 pecks) =	35,2383 l
ft ³	1 pied cube =	28,3161 l
yd ³	1 yard cube =	0,7645 m ³
cm ³	1 centimètre cube ^a = 0,000001 m ³ ou	} = 0,06102 in ³
ml	1 millilitre = 0,001 litre	
l	1 litre = 0,001 m ³ =	{ 0,220 gal(UK) 0,264 gal(US) 0,03531 ft ³ 1,7597 pt(UK) 2,113 liq. pt.(US)
m ³	1 mètre cube =	1,3079 yd ³

^a Les unités métriques de longueur et, par conséquent, les centimètres cubes, sont définis à la température de 0°C, alors que les unités de capacité comme le litre et le millilitre le sont à 4°C, température à laquelle l'eau présente son maximum de densité. Il s'ensuit que 1ml = 1,000027 cm³. Dans la pratique la différence entre ces deux unités est négligeable.

Débits et vitesse de filtration*Symboles*

ft ³ /s	1 pied cube par seconde . . .	=	28,315 l/s
		=	101,934 m ³ /h
gal(US)/min	1 gallon des Etats-Unis par minute	=	227 l/h
		=	0,227 m ³ /h
		=	0,0625 l/s
gal(UK)/min	1 gallon du Royaume-Uni (impérial) par minute . . .	=	272,758 l/h
		=	0,2727 m ³ /h
		=	0,07576 l/s
ft ³ /min	1 pied cube par minute . . .	=	0,4719 l/s
		=	1,6989 m ³ /h
l/s	1 litre par seconde	=	0,03531 ft ³ /s
		=	2,119 ft ³ /min
l/h	1 litre par heure	=	0,03531 ft ³ /h
m ³ /h	1 mètre cube par heure . . .	=	0,589 ft ³ /min
		=	3,667 gal(UK)/min
m.g.d.(UK)	1 million de gallons du Royaume-Uni par jour . .	=	189,4 m ³ /h
		=	52,6 l/s
m.g.d.(US)	1 million de gallons des Etats- Unis par jour	=	157,7 m ³ /h
		=	43,8 l/s
gal(US) / ft ² · min	1 gallon des Etats-Unis par pied carré et par minute	=	2,421 m ³ /m ² ·h
gal(UK)/ft ² · min	1 gallon du Royaume-Uni par pied carré et par minute . .	=	2,934 m ³ /m ² ·h
ft ³ /ft ² ·min	1 pied cube par pied carré et par minute.	=	18,29 m ³ /m ² ·h
		=	0,340 gal(UK)/ft ² · min
m ³ /m ² ·h	1 mètre cube par mètre carré et par heure	}	= {
	ou		
m/h	1 mètre par heure		0,413 gal(US)/ft ² · min
			0,621 mile/h
			0,0546 ft ³ /ft ² ·min

Pressions

lbf/in ²	1 livre-force par pouce carré .	=	0,0703 kgf/cm ²
		=	0,068 atm

Symboles

lbf/ft ²	1 livre-force par pied carré . . . =	4,882 kgf/m ²
tonf/in ²	1 tonne-force forte par pouce carré =	1,575 kgf/mm ² = 157,5 kgf/cm ²
kgf/cm ²	1 kilogramme-force par centi- mètre carré =	14,223 lbf/in ² = 0,9678 atm
kgf/m ²	1 kilogramme-force par mètre carré =	0,2049 lbf/ft ²
atm	1 atmosphère =	1,033 kgf/cm ² = 14,696 lbf/in ²

Masses volumiques et concentrations

lb/yd	1 livre par yard =	0,4960 kg/m
lb/ft	1 livre par pied =	1,48816 kg/m
lb/ft ³	1 livre par pied cube =	0,016019 kg/l = 16,019 kg/m ³
lb/in ³	1 livre par pouce cube =	27,6799 g/cm ³
grain/gal(UK)	1 grain par gallon du Royaume-Uni =	14,2542 mg/l
grain/gal(US)	1 grain par gallon des Etats-Unis =	17,1184 mg/l
lb/gal(UK)	1 livre par gallon du Royaume-Uni =	99,7 g/l
lb/gal(US)	1 livre par gallon des Etats-Unis =	119,0 g/l
grain/in ³	1 grain par pouce cube =	3,96 g/l
grain/ft ³	1 grain par pied cube =	2,296 mg/l
kg/m	1 kilogramme par mètre =	0,672 lb/ft = 2,016 lb/yd
g/cm ³	1 gramme par centimètre cube =	0,036127 lb/in ³
mg/l	1 milligramme par litre =	0,0702 grain/gal (UK) = 0,0584 grain/gal (US) = 0,4356 grain/ft ³
g/l	1 gramme par litre =	{ 0,253 grain/in ³ 435,6 grains/ft ³ 70,2 grains/gal(UK) 58,4 grains/gal(US)

Concentrations

1 pour cent ($\%$) \times densité de la solution . . . =	10 g/l
1 pour mille (‰) \times densité de la solution . =	1 g/l
1 partie par million (ppm) \times densité de la solution =	1 mg/l

Vitesse linéaire

in/s	1 pouce par seconde =	91,444 m/h
ft/s	1 pied par seconde =	1,0972 km/h
yd/s	1 yard par seconde =	0,9144 m/s
mi/h	1 mille anglais par heure =	1,6 km/h
m/s	1 mètre par seconde =	3,281 ft/s
km/h	1 kilomètre par heure =	0,621 mi/h

Energie — chaleur

Btu	1 unité thermique britannique =	0,252 kcal
		= 1,0548 kJ
Btu/ft ³	1 unité thermique britannique par pied cube =	8,899 kcal/m ³
kcal ou kcal IT	1 kilocalorie ou grande calorie =	10 ³ cal
	1 kilocalorie IT (1000 petites calories) =	4,1868 kJ
kJ	1 kilojoule =	0,9478 Btu
		= 0,2388 kcal
th	1 thermie =	3967 Btu
kcal/m ³	1 kilocalorie par mètre cube ou	
mth/m ³	1 millithermie par mètre cube. =	0,112 Btu/ft ³
kWh	1 kilowatt-heure =	3412,14 Btu
		= 3600 kJ

Puissance

ch	1 cheval vapeur =	0,73575 kW
		= 0,9863 hp
hp	1 horse power =	0,7457 kW
		= 1,0139 ch
ft·lbf/s	1 livre-force-pied par seconde =	1,35582W
Btu/s	1 unité thermique britannique par seconde =	1,05418 kW

Symboles

kgf·m/s	1 kilogramme-force-mètre par	
	seconde	= 9,8 W
		= 0,0132 hp
kW	1 kilowatt	= 1,341 hp
		= 1,36 ch

**Équivalence des débits en unités métriques,
du Royaume-Uni et des États-Unis**

Unités	m ³ /jour	gal (US)/min	gal (UK)/min	m ³ /h	l/s	m.g.d. (US)	m.g.d. (UK)
gal(US)/min	5,45	1	0,833	0,227	0,063		
gal(UK)/min	6,55	1,20	1	0,273	0,076		
m ³ /h	24	4,40	3,667	1	0,278		
l/s	86,40	15,85	13,198	3,600	1		
1000 m ³ /jour	1 000	183,46	152,765	41,667	11,574		
m.g.d.(US)	3 785	694,44	579,72	157,726	43,811	1	
m.g.d.(UK)	4 546	834,06	694,445	189,415	52,615	1,200	1
m ³ /s.	86 400	15 851	13 198	3 600	1 000	22,825	19,005

Température

(Degrés Celsius et Fahrenheit)

C	F	C	F
0	32	40	104
5	41	50	122
10	50	60	140
20	68	70	158
30	86	80	176
37	98	90	194
(température normale du corps humain)		100	212
		(point d'ébullition de l'eau sous la pression normale)	

Pour calculer en degrés Fahrenheit une température donnée en degrés Celsius, multiplier celle-ci par 1,8 (ou $\frac{9}{5}$) et ajouter 32.

$$t_F^\circ = t_C^\circ \times \frac{9}{5} + 32$$

Pour calculer en degrés Celsius une température donnée en degrés Fahrenheit, soustraire 32 de celle-ci et diviser le résultat par 1,8 (ou le multiplier par $\frac{5}{9}$)

$$t_C^\circ = (t_F^\circ - 32) \times \frac{5}{9}$$

Multiples et sous-multiples des unités métriques

<i>Facteur par lequel est multiplié l'unité</i>	<i>Préfixe à mettre avant le nom de l'unité</i>	<i>Symbole à mettre avant celui de l'unité</i>
$10^6 = 1\ 000\ 000$	méga	M
$10^3 = 1\ 000$	kilo	k
$10^2 = 100$	hecto	h
$10^{-1} = 0,1$	déci	d
$10^{-2} = 0,01$	centi	c
$10^{-3} = 0,001$	milli	m
$10^{-6} = 0,000\ 001$	micro	μ

Annexe 4

ÉQUATIONS CHIMIQUES

Les équations chimiques données dans la présente monographie permettent de calculer en utilisant les masses atomiques et la valence-gramme des masses de produits chimiques qui entrent en réaction. Cette méthode est applicable par ce que la proportion des atomes d'un élément ou d'un composé donné qui réagissent est constante. De plus, les proportions restent les mêmes, qu'il s'agisse de masses atomiques ou de grammes, de livres, de milligrammes par litre, ou encore de parties par million. En fait, les masses atomiques ne sont pas des masses véritables, mais relatives, basées sur un système où l'oxygène est représenté par 16. Par exemple, l'eau, H_2O , est formée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène. La masse atomique de l'hydrogène est 1, celle de l'oxygène est 16. On a donc: $H_2 = 2 \times 1$ et $O = 16$, si bien que $H_2O = 18$, ce qui signifie que, dans 18 g d'eau, il y a 2 g d'hydrogène et 16 g d'oxygène.

Ainsi qu'il est indiqué au chapitre 5, les composés qui se séparent en deux fractions, dont l'une porte une charge électrique positive et l'autre une charge négative, par dissolution dans l'eau sont appelés *électrolytes*; le phénomène est dit d'*ionisation*, chaque fraction chargée électriquement constituant un *ion*. Les ions positifs sont dits *cations* et les ions négatifs *anions*. Les cations ne réagissent pas les uns sur les autres, ni les anions sur les anions, leur charge électrique étant de même nature. De plus, lorsqu'un cation réagit avec un anion, les charges de signes contraires qui entrent en jeu doivent être égales en valeur absolue. Le chlorure ferrique $FeCl_3$, par exemple, s'ionise en Fe^{3+} et $3Cl^-$; trois ions chlore, dont chacun porte une seule charge négative, sont nécessaires pour équilibrer les trois charges positives de l'ion ferrique. Le chlorure de sodium, par contre, s'ionise en Na^+ et Cl^- , ce qui ne met en jeu que deux charges simples de signes opposés.

De nombreux composés sont formés d'ions négatifs qui comprennent plus d'un élément. Par exemple, l'acide sulfurique, $H_2^{2+}SO_4^{2-}$, contient deux ions hydrogène de charge positive et un groupe, SO_4^{2-} , possédant deux charges négatives. Les groupes d'atomes de ce genre, lorsqu'ils sont ionisés, sont dénommés *radicaux*.

Les ions se combinent à des ions de charge opposée en proportions définies, selon leur charge électrique. Cette charge, dont dépend le rapport des

ions qui entrent en réaction, est dénommée *valence*. Ainsi le chlore, Cl^- , est monovalent, le calcium, Ca^{2+} , divalent, et le radical SO_4^{2-} également divalent; l'aluminium, Al^{3+} , est trivalent. Etant donné qu'un atome ou un radical divalent, par exemple, se combine à deux atomes ou à deux radicaux monovalents, la masse d'un atome déterminé qui intervient dans une réaction est égale au quotient de sa masse atomique par sa valence; on la désigne sous le nom de *valence-gramme*. Par exemple, le chlore a une masse atomique de 35,46 et sa valence est 1; sa valence-gramme est donc de 35,46; l'oxygène, dont la masse atomique est 16 et la valence 2, a une valence-gramme de 8,0.

Oxydation et réduction

Certains éléments peuvent avoir plusieurs valences, si bien que l'ampleur d'une réaction avec ces éléments se mesure à l'augmentation ou à la diminution de valence dans une réaction déterminée. Par exemple, le carbone, C, peut avoir la valence 2 ou la valence 4. S'il est oxydé en dioxyde de carbone, CO_2 , quatre valences entrent en jeu; s'il est oxydé en oxyde de carbone, CO, seules deux valences interviennent. Mais si l'oxyde de carbone est oxydé en dioxyde de carbone, deux valences entrent en jeu. La quantité d'oxygène qui entre dans ces réactions dépend de la variation de valence du carbone, mais la quantité de carbone qui intervient ne change pas.

Etant donné que les réactions qui indiquent une augmentation de valence des éléments qui peuvent avoir plusieurs valences font souvent intervenir de l'oxygène, on utilise largement le terme *oxydation* pour indiquer les réactions dans lesquelles la valence augmente. Par exemple, le chlorure ferreux est dit oxydé en chlorure ($\text{FeCl}_2 + \frac{1}{2} \text{Cl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_3$), bien que l'oxygène n'entre pas dans la réaction, parce que la valence du fer passe de 2 à 3. Inversement, on utilise le terme *réduction* lorsqu'il y a enlèvement d'oxygène ou réduction de la valence. Ainsi, lorsque l'oxyde ferrique insoluble est réduit en oxyde ferreux ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 4\text{FeO} + \text{O}_2$), la valence du fer passe de 3 à 2. Incidemment, l'oxyde ferreux, à son tour, est dissous dans les eaux chargées de dioxyde de carbone pour donner le bicarbonate ferreux (hydrogénocarbonate de fer) soluble selon la réaction: $\text{FeO} + 2\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{FeH}_2(\text{CO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$. Ce sont ces réactions qui ont lieu lorsque des eaux souterraines dépourvues d'oxygène mais chargées de gaz carbonique entrent en contact avec des roches contenant du fer.

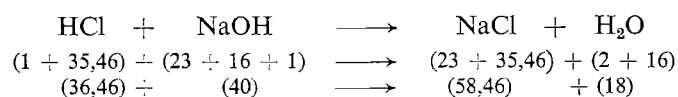
Valence-gramme

Le tableau 26 donne les données fondamentales concernant les atomes et les radicaux les plus courants dans le traitement des eaux.

A titre d'exemple d'utilisation de ce tableau, on peut indiquer la neutralisation de l'acide chlorhydrique par la soude.

TABLEAU 26
 MASSE ATOMIQUE, VALENCE ET VALENCE-GRAMME DES ÉLÉMENTS ET RADICAUX
 QUI INTERVIENNENT DANS LE TRAITEMENT DES EAUX
 (Seules les valences les plus courantes sont indiquées)

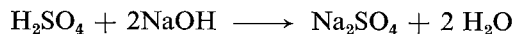
Élément ou radical	Symbole	Masse atomique	Valence	Valence-gramme
<i>Eléments :</i>				
Aluminium	Al	26,98	+ 3	8,99
Azote	N	14,01	Variable	
Calcium	Ca	40,08	+ 2	20,04
Carbone	C	12,01	+ 4	3,00
Chlore	Cl	35,46	- 1	35,46
Cuivre	Cu	63,54	+ 2	31,77
Fer	Fe	55,85	+ 3	18,62
Hydrogène	H	1,008	+ 1	1,008
Iode	I	126,91	- 1	126,91
Magnésium	Mg	24,32	+ 2	12,16
Manganèse	Mn	54,93	Variable	
Oxygène	O	16,00	- 2	8,00
Potassium	K	39,10	+ 1	39,10
Sodium	Na	23,00	+ 1	23,00
Soufre	S	32,06	Variable	
<i>Radicaux :</i>				
Bicarbonate (hydrogénocarbonate)	(HCO ₃)		- 1	61,01
Carbonate	(CO ₃)		- 2	30,00
Hydroxyle	(HO)		- 1	17,00
Nitrate	(NO ₃)		- 1	62,01
Nitrite	(NO ₂)		- 1	46,01
Phosphate	(PO ₄)		- 3	31,66
Silicate	(SiO ₃)		- 2	38,05
Sulfate	(SO ₄)		- 2	48,03



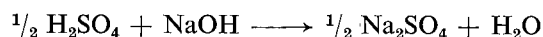
On peut remarquer que la masse des composés formés est égale à la somme des masses des substances réagissantes; il n'y a donc pas de perte de masse. Par conséquent, 36,46 parties d'acide chlorhydrique (en masse) réagissent

avec 40 parties d'hydroxyde de sodium pour former 58,46 parties de chlorure de sodium neutre (sel ordinaire) et 18 parties d'eau; si bien que 36,46 g de cet acide se combineraient à 40 g d'hydroxyde de sodium pour donner 58,46 g de chlorure de sodium et 18 g d'eau.

Mais si l'on neutralise avec de l'acide sulfurique, par exemple, la réaction s'écrit :



On constate ici que le radical ou ion sulfate, qui est bivalent, se combine à deux atomes de sodium monovalents. Il faut utiliser deux fois plus d'hydroxyde de sodium par molécule d'acide sulfurique que par molécule d'acide chlorhydrique. Etant donné qu'il est souhaitable d'utiliser une valence-unité comme base de comparaison, la réaction indiquée ci-dessus peut être modifiée comme suit :

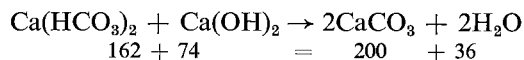


Autrement dit, la valence d'acide sulfurique qui intervient dans la réaction est égale au quotient de la masse moléculaire par la valence 2 du radical sulfate, SO_4^{2-} , ou

$$\frac{2 + 32,06 + 64}{2} = \frac{98,06}{2} = 49,03$$

c'est-à-dire que 49,03 parties d'acide sulfurique neutralisent 40 parties d'hydroxyde de sodium.

Les masses de produits chimiques à utiliser dans le traitement des eaux peuvent se calculer de la même façon. Par exemple, la précipitation de l'hydrogénocarbonate de calcium, ou dureté de l'eau en carbonate, par la chaux éteinte se traduit par la réaction suivante :



Par conséquent, il faut 74 parties d'hydroxyde de calcium pour précipiter 162 parties d'hydrogénocarbonate de calcium. Ce rapport peut s'exprimer en valence-gramme [$74/2 = 37$, et $162/2 = 81$] soit 37/81.

La méthode a consisté à utiliser le rapport des valences-grammes des produits chimiques pour calculer les quantités de substances réagissantes. A titre d'exemple, la valence-gramme de l'hydrogénocarbonate de calcium, 81, correspond à la valence-gramme 50 du carbonate de calcium. Etant donné que la dureté et l'alcalinité s'expriment en carbonate de calcium, ce rapport devient: 37 parties d'hydroxyde de calcium pur sur 50 parties d'alcalinité.

Les valences-grammes peuvent s'exprimer en grammes, livres, milligrammes par litre ou en parties par million (ppm).¹ Par exemple, 37 ppm d'hydroxyde de calcium pur précipiteront 81 ppm d'hydrogénocarbonate de

¹ Voir la note du chapitre 13, en bas de la page 245.

calcium, exprimées en 50 ppm de dureté ou d'alcalinité calculées en carbonate de calcium.

Le rapport de la valence-gramme à la masse de produit chimique qui réagit peut s'exprimer de la façon suivante:

$$\begin{array}{l} \text{Valence-gramme} \\ \text{de la substance } a \end{array} : \begin{array}{l} \text{valence-gramme} \\ \text{de la substance } b \end{array} :: \chi : 1,00$$

Ou
$$\chi = \frac{a}{b}$$

Le facteur χ peut être noté et utilisé ensuite pour les réactions faisant intervenir la substance à l'état pur. Par exemple, la réaction entre l'oxyde de calcium et la dureté calcique donnerait:

$$\chi = \frac{37}{50} = 0,74$$

Par conséquent, la dose d'hydroxyde de calcium pur nécessaire pour précipiter, par exemple, 185 ppm de dureté calcique serait de: $185 \times 0,74$, ou 137 ppm. La dose de chaux éteinte à 95 % nécessaire serait de: $137/0,95$, ou 144 ppm.

Le tableau 27 donne la valence-gramme de chacun des principaux composés utilisés dans le traitement des eaux.

Solutions-types

L'utilisation de la valence-gramme des atomes ou des radicaux en laboratoire est commode à condition de préparer des solutions-types ou normales, de divers réactifs. On prépare une solution-type en ajoutant à 1 l d'eau distillée une masse en grammes de la substance égale à sa valence-gramme, c'est-à-dire une masse dont l'activité chimique équivaut à celle de 1 g d'hydrogène par litre, prise pour unité.

$$\text{Valence-gramme} = \frac{\text{masse moléculaire}}{\text{valence}}$$

Pour préparer, par exemple, une solution type d'acide sulfurique, on ajouterait sa valence-gramme ($98/2 = 49$ g) à 1 l d'eau distillée. Cette solution est dite normale ou N. Les solutions types utilisées dans l'analyse des eaux sont généralement diluées à 1/50 de leur concentration normale, afin d'augmenter la précision des dosages. Ces solutions diluées sont dites N/50 ou 0,02 N.

Etant donné que toutes les valences-grammes des substances réagissantes ont des équivalents, on peut mesurer la concentration inconnue d'une substance réagissante quand on connaît la quantité d'une autre substance qui réagit avec elle. Ainsi, l'alcalinité inconnue d'un échantillon d'eau se mesure en ajoutant une solution de H_2SO_4 0,02N jusqu'à neutralisation de l'alcalinité par l'acide, en présence de méthylorange indicateur. Etant donné que

TABLEAU 27
 MASSE MOLÉCULAIRE ET VALENCE-GRAMME DES PRINCIPAUX COMPOSÉS
 QUI INTERVIENNENT DANS LE TRAITEMENT DES EAUX

Substance	Formule	Masse moléculaire	Valence-gramme
Aluminium, hydroxyde d'	$Al(OH)_3$	78	26
Aluminium, sulfate d'	$Al_2(SO_4)_3$	342	57
Calcium, hydrogénocarbonate de	$Ca(HCO_3)_2$	162	81
Calcium, carbonate de	$CaCO_3$	100	50
Calcium, hydroxyde de	$Ca(OH)_2$	74	37
Calcium, oxyde de	CaO	56	28
Calcium, sulfate de	$CaSO_4$	136	68
Fer(II), oxyde de	FeO	71,84	35,92
Fer(II), sulfate de	$FeSO_4$	152	76
Fer(III), chlorure de	$FeCl_3$	162,5	54,2
Fer(III), hydroxyde de	$Fe(OH)_3$	106,84	35,61
Fer(III), oxyde de	Fe_2O_3	159,70	26,61
Fer(III), sulfate de	$Fe_2(SO_4)_3$	400	66,6
Chlorhydrique, acide	HCl	36,5	36,5
Magnésium, hydrogénocarbonate de	$Mg(HCO_3)_2$	146	73
Magnésium, carbonate de	$MgCO_3$	84	42
Magnésium, hydroxyde de	$Mg(OH)_2$	58	29
Magnésium, sulfate de	$MgSO_4$	120	60
Sodium, hydrogénocarbonate de	$NaHCO_3$	84	84
Sodium, carbonate de	Na_2CO_3	106	53
Sodium, chlorure de	$NaCl$	58,5	58,5
Sodium, hydroxyde de	$NaOH$	40	40
Sodium, silicate de	Na_2SiO_3	122	61
Sodium, sulfate de	Na_2SO_4	142	71
Sulfurique, acide	H_2SO_4	98	49

la solution d'acide 0,02N contient une quantité définie d'acide par unité de volume, en mesurant à l'aide d'une burette le volume de solution utilisée, on mesure une masse: chaque millilitre de solution d'acide sulfurique 0,02N neutralise 1 mg de carbonate de calcium. Etant donné que 1 mg/l correspond à 1 ppm et que 1 mg/100 ml correspond à 10 ppm, 1 ml d'acide sulfurique 0,02N neutralise 10 ppm d'alcalinité dans 100 ml d'échantillon. On calcule donc l'alcalinité d'un échantillon en multipliant par 10 la quantité d'acide 0,02N utilisée pour titrer 100 ml de l'échantillon. Telle est l'origine du facteur 10 mentionné dans la partie du supplément qui traite du test d'alcalinité.