

Institut royal des Sciences
naturelles de Belgique

BULLETIN

Tome XXVII, n° 45.
Bruxelles, juillet 1951.

Koninklijk Belgisch Instituut
voor Natuurwetenschappen

MEDEDELINGEN

Deel XXVII, n° 45.
Brussel, Juli 1951.

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE
ET CLASSIFICATION CHIMIQUE RATIONNELLE
EN TYPES DES EAUX NATURELLES,

par Jean KUFFERATH (Bruxelles).

(2^{me} suite.)

2^{me} Partie. -- Classification chimique rationnelle
des eaux naturelles.

Indépendamment de tout principe représentatif, les eaux naturelles peuvent être classées suivant leur composition chimique.

Il y a longtemps qu'on a distingué le type « marin » du type « eau douce ». Les types intermédiaires ont été dénommés saumâtres et sont eux-mêmes subdivisés selon leur teneur en chlorure de sodium. On a admis un type dit de « lac natron ». Pour le reste, on se borne généralement à citer le ou les ions prédominants : eau magnésienne, eau calcaire, eau séléniteuse (eau sulfatée), eau sulfato-chlorée, (par ex. : classification de CLARKE), ou même, on se base sur un caractère physiologique : eau amère, eau putride. Parfois la nomenclature s'appuie sur la présence dans l'eau de substances « accidentelles » : eau humique ou tourbeuse, eau ferrugineuse, eau limoneuse, eau siliiceuse, eau fétide (H₂S), eau sulfureuse (SO₂), eau gazeuse (génér. CO₂). Un autre moyen de classification (par R. MAUCHA) est basé sur la composition de certaines eaux naturelles : type Adriatique, type Mer Morte, type Lac Balaton, etc.

De toute façon, ces dénominations sont généralement peu précises et surtout du point de vue quantitatif.

C'est pourquoi, nous avons tenté de classer les eaux en définissant les types théoriquement possibles. Pour ce faire, nous avons admis les mêmes simplifications de base que pour nos représentations graphiques : toute eau est ramenée à un type ne contenant que les 6 ions ou groupes d'ions suivants : ion carbonique, ion chlore, ion sulfurique, ion calcium, ion magnésium, ion alcalin (Na + K) (voir Bull. 43, p. 3). La silice dissoute, le fer et l'alumine ne seront jamais comptés comme ions mais comme substances en suspension. Les corps volatils ne sont jamais comptés non plus. Quant aux éléments mineurs, ils seront ou négligés (PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) ou comptés avec celui des 6 ions principaux dont il se rapproche le plus. (Br^- et I^- seront comptés avec Cl^- , Sr^{++} avec Ca^{++} , Li^+ avec K^+ et Na^+).

Le seul ion pour lequel il pourrait y avoir des doutes est l'ion borique.

Dans les cas très exceptionnels où la teneur en borates ne serait pas négligeable, on pourrait alors compter $\text{B}_4\text{O}_7=$ par exemple avec $\text{CO}_3=$ (ceci à titre de suggestion).

Ceci étant posé, nous pouvons, avec les six groupes d'ions prévus, envisager les cas suivants :

- 1) L'eau ne contient que 2 ions (un cation et un anion).
- 2) » contient 3 ions.
- 3) » » 4 ions.
- 4) » » 5 ions.
- 5) » » les 6 ions de base.

Il était exclu d'envisager toutes les concentrations relatives possibles. Nous nous sommes donc bornés aux types qui contiennent leurs ions de même signe en quantités équivalentes et qui constituent ainsi des types de comparaison entre lesquels se placeront tous les autres types imaginables.

Ceci nous donne le tableau des possibilités suivant :

2 ions — Eaux diioniques :

$\text{Cl}^- \text{Na}^+$;	$\text{Cl}^- \text{Ca}^{++}$;	$\text{Cl}^- \text{Mg}^{++}$	eaux chlorurées
$\text{CO}_3= \text{Na}^+$;	$\text{CO}_3= \text{Ca}^{++}$;	$\text{CO}_3= \text{Mg}^{++}$	eaux carbonatées
$\text{SO}_4= \text{Na}^+$;	$\text{SO}_4= \text{Ca}^{++}$;	$\text{SO}_4= \text{Mg}^{++}$	eaux sulfatées

3 ions — Eaux triioniques :

$\text{Na}^+ \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl}^- \\ \text{CO}_3^- \end{array} \right.$	$\text{Na}^+ \left\{ \begin{array}{l} \text{SO}_4^- \\ \text{CO}_3^- \end{array} \right.$	$\text{Na} \left\{ \begin{array}{l} \text{SO}_4^- \\ \text{Cl}^- \end{array} \right.$	eaux sodiques
$\text{Ca}^{++} \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl}^- \\ \text{CO}_3^- \end{array} \right.$	$\text{Ca}^{++} \left\{ \begin{array}{l} \text{SO}_4^- \\ \text{CO}_3^- \end{array} \right.$	$\text{Ca}^{++} \left\{ \begin{array}{l} \text{SO}_4^- \\ \text{Cl}^- \end{array} \right.$	eaux calciques
$\text{Mg}^{++} \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl}^- \\ \text{CO}_3^- \end{array} \right.$	$\text{Mg}^{++} \left\{ \begin{array}{l} \text{SO}_4^- \\ \text{CO}_3^- \end{array} \right.$	$\text{Mg}^{++} \left\{ \begin{array}{l} \text{SO}_4^- \\ \text{Cl}^- \end{array} \right.$	eaux magnésiques
$\text{Na}^+ \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl}^- \\ \text{Ca}^{++} \end{array} \right.$	$\text{Na}^+ \left\{ \begin{array}{l} \text{CO}_3^- \\ \text{Ca}^{++} \end{array} \right.$	$\text{Na}^+ \left\{ \begin{array}{l} \text{SO}_4^- \\ \text{Ca}^{++} \end{array} \right.$	eaux sodi-calciques
$\text{Na}^+ \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl}^- \\ \text{Mg}^{++} \end{array} \right.$	$\text{Na}^+ \left\{ \begin{array}{l} \text{CO}_3^- \\ \text{Mg}^{++} \end{array} \right.$	$\text{Na}^+ \left\{ \begin{array}{l} \text{SO}_4^- \\ \text{Mg}^{++} \end{array} \right.$	eaux sodi-magnésiques
$\text{Ca}^{++} \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl}^- \\ \text{Mg}^{++} \end{array} \right.$	$\text{Ca}^{++} \left\{ \begin{array}{l} \text{CO}_3^- \\ \text{Mg}^{++} \end{array} \right.$	$\text{Ca}^{++} \left\{ \begin{array}{l} \text{SO}_4^- \\ \text{Mg}^{++} \end{array} \right.$	eaux calci-magnésiques

4 ions — Eaux tétraioniques :

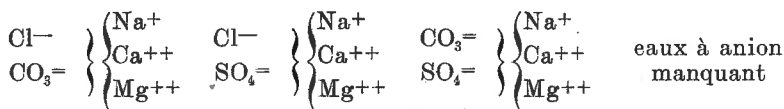
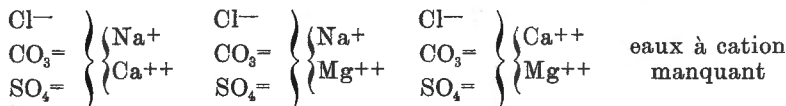
$\text{Na}^+ \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl}^- \\ \text{CO}_3^- \\ \text{SO}_4^- \end{array} \right.$	$\text{Ca}^{++} \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl}^- \\ \text{CO}_3^- \\ \text{SO}_4^- \end{array} \right.$	$\text{Mg}^{++} \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl}^- \\ \text{CO}_3^- \\ \text{SO}_4^- \end{array} \right.$	eaux poly-anioniques (*)
$\text{Cl}^- \left\{ \begin{array}{l} \text{Na}^+ \\ \text{Ca}^{++} \\ \text{Mg}^{++} \end{array} \right.$	$\text{CO}_3^- \left\{ \begin{array}{l} \text{Na}^+ \\ \text{Ca}^{++} \\ \text{Mg}^{++} \end{array} \right.$	$\text{SO}_4^- \left\{ \begin{array}{l} \text{Na}^+ \\ \text{Ca}^{++} \\ \text{Mg}^{++} \end{array} \right.$	eaux poly-cationiques (*)

Eaux bicouplées :

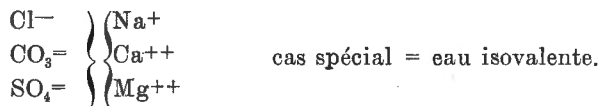
$\text{Cl}^- \left\{ \left\{ \begin{array}{l} \text{Na}^+ \\ \text{CO}_3^- \end{array} \right. \right.$	$\text{Cl}^- \left\{ \left\{ \begin{array}{l} \text{Na}^+ \\ \text{CO}_3^- \end{array} \right. \right.$	$\text{Cl}^- \left\{ \left\{ \begin{array}{l} \text{Ca}^{++} \\ \text{CO}_3^- \end{array} \right. \right.$	eaux chloro-carbonatées bicationiques
$\text{SO}_4^- \left\{ \left\{ \begin{array}{l} \text{Na}^+ \\ \text{Ca}^{++} \end{array} \right. \right.$	$\text{SO}_4^- \left\{ \left\{ \begin{array}{l} \text{Na}^+ \\ \text{Mg}^{++} \end{array} \right. \right.$	$\text{SO}_4^- \left\{ \left\{ \begin{array}{l} \text{Ca}^{++} \\ \text{Mg}^{++} \end{array} \right. \right.$	eaux chloro-sulfatées bicationiques
$\text{CO}_3^- \left\{ \left\{ \begin{array}{l} \text{Na}^+ \\ \text{SO}_4^- \end{array} \right. \right.$	$\text{CO}_3^- \left\{ \left\{ \begin{array}{l} \text{Na}^+ \\ \text{SO}_4^- \end{array} \right. \right.$	$\text{CO}_3^- \left\{ \left\{ \begin{array}{l} \text{Ca}^{++} \\ \text{SO}_4^- \end{array} \right. \right.$	eaux carbonatosulfatées bicationiques

(*) Noms donnés par similitude avec la polyhalite ($\text{SO}_4\text{K}_2, \text{SO}_4\text{Mg}_2, \text{SO}_4\text{Ca}, 2\text{H}_2\text{O}$).

5 ions — Eaux pentaïoniques (ou à un ion manquant):



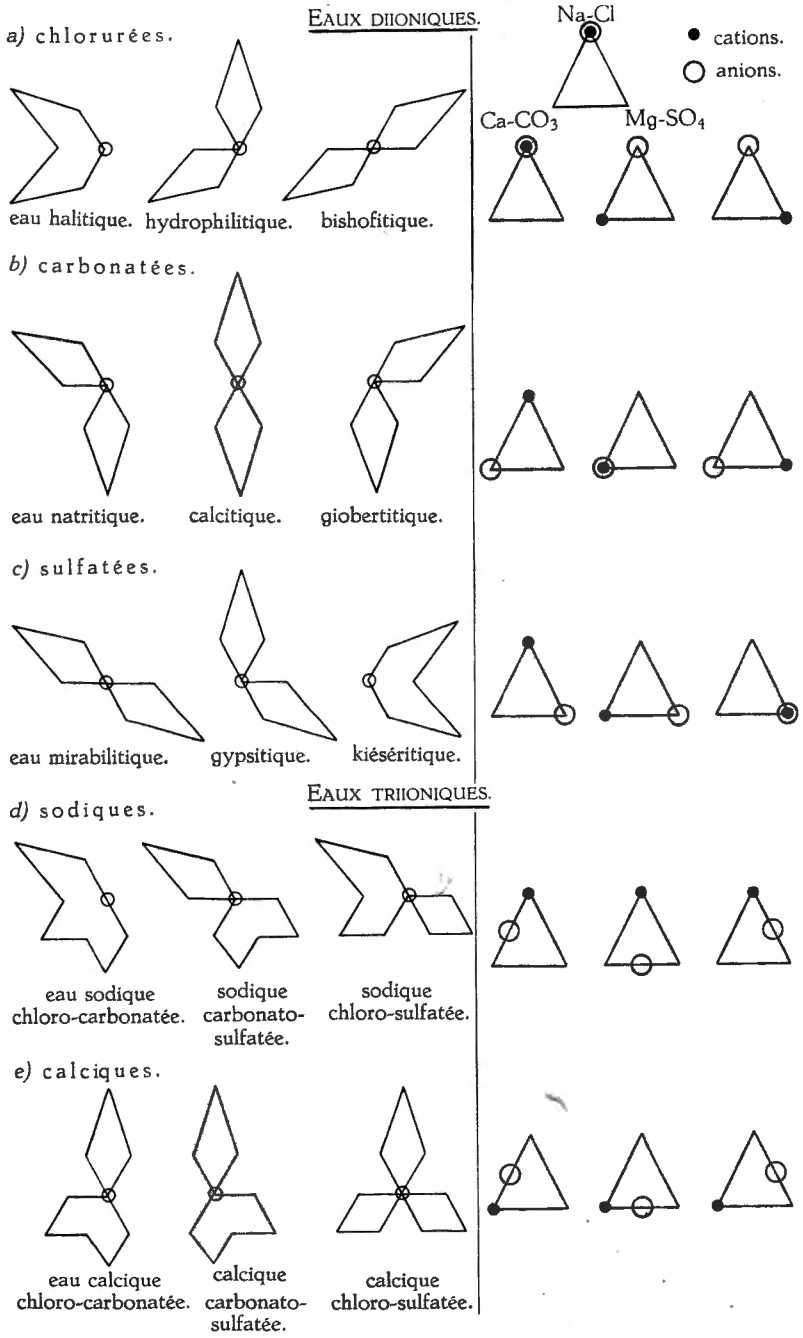
6 ions — Eaux hexaïoniques ou complètes (cas général des eaux naturelles) :



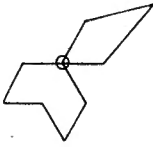
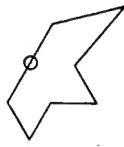
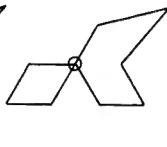
On pourrait évidemment pousser plus loin la création de tels types théoriques. Pratiquement nous n'avons pas cru que cela fût utile, car sans dénominations précises, une telle classification compliquerait la compréhension au lieu de l'aider. Nous nous sommes donc bornés aux 49 combinaisons exposées ci-dessus.

Pour la désignation de ces 49 types d'eau, nous avons d'abord espéré pouvoir nous référer uniquement à la nomenclature minéralogique, ce qui eût été rationnel. Malheureusement cette dernière est insuffisante. Nous avons aussi pensé à donner à chaque type d'eau théoriquement possible le nom de tel lac, étang, source, fleuve ou rivière dont la composition s'en rapprocherait le plus. Cette nomenclature, commode à certains points de vue, n'eût pourtant pas eu la clarté suffisante. Aussi nous sommes-nous résolus à créer une nomenclature combinée de la minéralogie et de la chimie en évitant pourtant autant que possible, tout double emploi avec une dénomination déjà usitée et qui ne serait pas exactement concordante. C'est pour cette raison qu'on ne trouvera pas dans notre classification des termes tels que : eau calcaire, magnésienne, alcaline, marine, douce, etc.

On trouvera ci-dessous le tableau général des 49 types envisagés, avec le nom proposé et la représentation graphique de la composition. Nous avons joint aussi à chaque type le graphique triangulaire équivalent, encore que ces derniers nous paraissent, malgré leur rigueur mathématique, moins frappants et, pour tout dire, moins commodes que les graphiques polaires que nous proposons.



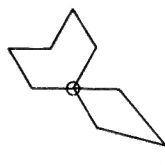
f) magnésiques.

eau magnésique
chloro-carbonatée.magnésique
carbonato-
sulfatée.magnésique
chloro-sulfatée.

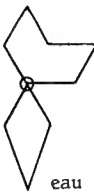
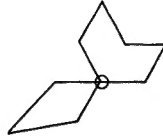
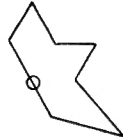
● cations.
○ anions.



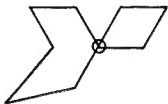
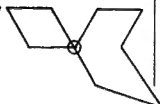
g) sodi-calciques.

eau sodi-calcique
chlorurée.sodi-calcique
carbonatée.sodi-calcique
sulfatée.

h) calci-magnésiques.

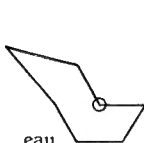
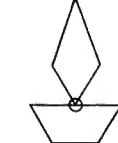
eau
calci-magnésique
chlorurée.calci-
magnésique
carbonatée.calci-magnésique
sulfatée.

i) sodi-magnésiques.

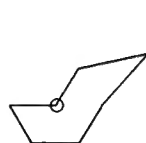
eau
sodi-magnésique
chlorurée.sodi-
magnésique
carbonatée.sodi-
magnésique
sulfatée.

j) polyanioniques.

EAUX TETRAÏONIQUES.

eau
polysodique.

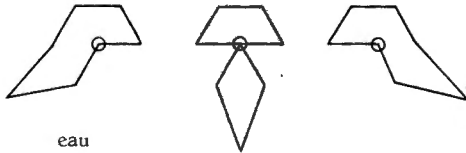
polycalcique.



polymagnésique.



k) polycationiques.

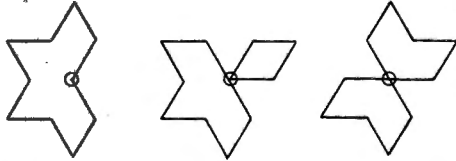


eau polychlorurée. polycarbonatée. polysulfatée.

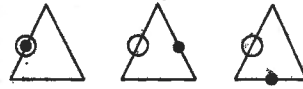
● cations.
○ anions.



l) chloro-carbonatées bicationiques.



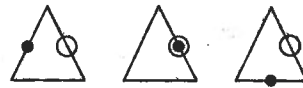
eau akiéséritique. agypsitique. amirabilitique.



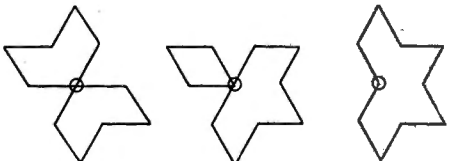
m) chloro-sulfatées bicationiques.



eau agiobertitique. acalcitique. anatrilitique.



n) carbonato-sulfatées bicationiques



eau abishofitique. anhydrophilitique ahalitique.



EAUX PENTAÏONIQUES.

o) eaux à cation manquant.



eau amagnésique. acalcique. asodique.

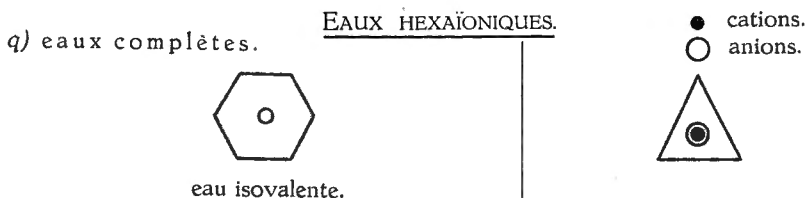


p) eaux à anion manquant:



eau asulfatée. acarbonatée. achlorurée.





CONCLUSION.

La représentation graphique polaire à six constituants que nous proposons permet de figurer la composition ionique des eaux naturelles. Les dessins obtenus sont rationnels et d'aspects typiques. Ils donnent possibilité non seulement de représenter les teneurs des trois cations et des trois anions « principaux », mais encore facultativement celles de tous autres ions jugés importants.

La construction de ces graphiques à partir des concentrations ioniques est simple et ne nécessite que l'emploi de papier transparent, d'une règle et d'un diagramme de référence imprimé.

L'étude théorique des représentations de toutes les compositions imaginables a d'autre part conduit à envisager 49 types de référence. Ces 49 types sont bien tranchés et peuvent servir à classer d'une façon logique, par similitude, toute eau naturelle. Des noms simples ou logiques ont été proposés pour ces types qui ne puissent pas faire confusion avec les noms déjà utilisés dans les tentatives antérieures de classement des eaux.

LABORATOIRE INTERCOMMUNAL DE CHIMIE ET DE BACTÉRIOLOGIE
DE L'AGGLOMÉRATION BRUXELLOISE, BRUXELLES.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

1. RUINEN, J., 1938, *Life cycle and environment of Lochmiopsis sibirica*. (Rec. Trav. Botan. Néerland., 30, pp. 725-797.)
2. MAUCHA, R., 1932, *Hydrochemische methoden in der Limnologie*. (Die Binnengewässer, XII, Stuttgart, pp. 87-89.)
3. — , 1949, *Einige Gedanken zur Frage der Nährstoffhaushalts der Gewässer*. (Hydrobiologia, I, n° 3, pp. 225-237.)
4. DELECOURT, J., 1946. (Mém. Soc. belge Géologie, in-8°, n° 1, pp. 3 à 44 notamment.)
5. SVERDRUP, H. V., JOHNSON, M. W. et FLEMING, R. H., 1942, *The Ocean*. (New York, p. 173.) *Analyse de l'eau de mer d'après divers analystes*.