

ÉQUILIBRE ENTRE EAU OCÉANIQUE ET MINÉRAUX EN VOIE DE DISSOLUTION ET DE NÉOFORMATION

Jean-Marie WACKERMANN

O.R.S.T.O.M., Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie Isotopique, Université de Paris-Sud, 91405 Orsay Cedex

RÉSUMÉ

L'utilisation d'un modèle, basé sur la conductivité électrique des solutions, permet de montrer que la concentration en ions majeurs d'une eau océanique (à salinité égale à 34,5 ‰) est identique à celle d'une solution provenant de la dissolution d'une roche contenant des plagioclases sodiques et des micas-illites, et au sein de laquelle se produisent des néogenèses de carbonates et de minéraux pauvres en silice.

MOTS-CLÉS : Géochimie — Minéralogie — Eau océanique — Modèle — Équilibre.

ABSTRACT

The use of a model, based on the electrical conductivity of solutions, shows that the major ionic concentrations of a marine water (salinity = 34,5 ‰) are similar with those obtained by the dissolution of a rock which contains albite-oligoclase and mica-illite. Calcium, magnesium and silicium are depleted by neoformed mineral species: carbonates and silica poor minerals.

KEY WORDS : Geochemistry — Mineralogy — Marine water — Model — Equilibrium.

РЕЗЮМЕ

БАЛАНС МЕЖДУ ОКЕАНСКОЙ ВОДОЙ И МИНЕРАЛАМИ ВО ВРЕМЯ ПРОЦЕССОВ РАСТВОРЕНИЯ И НОВООБРАЗОВАНИЯ

Благодаря употреблению модели, основанного на электрической проводимости растворов, можно показать, что концентрация главных ионов в какой-либо океанской воде (с соленостью равной 34,5 ‰) та же самая, как концентрация раствора, происходящего от растворения горной породы, включающей натриевые плагиоклазы и слюды-иллиты, и внутри которого происходят новообразования карбонатов и минералов с низким содержанием кремнезема.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА : Геохимия — Минералогия — Океанская вода — Модель — Баланс.

INTRODUCTION

Dans une publication antérieure (WACKERMANN et TREMBLAY, 1982) a été présentée une méthode de calcul de paramètres, qui permettent d'identifier les minéraux en cours de dissolution et les minéraux en voie de formation, au contact d'une solution aqueuse. Pour un élément dissous donné, les paramètres b et b_n , caractérisant, respectivement, le minéral en cours

de dissolution et le minéral en voie de néoformation, sont liés à la teneur c de l'élément dans la solution et à la conductivité électrique σ de cette solution par les relations :

$$b = c \cdot \sigma^a \quad (1) \quad \text{et} \quad b_n = c \cdot \sigma^{a_n} \quad (2)$$

Les coefficients a et a_n représentent des constantes, caractéristiques de l'élément.

DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES b et b_n DANS L'EAU DE MER

Pour une eau de mer de salinité moyenne (34,5 ‰) les concentrations en ions majeurs, indiquées dans le tableau F-204 du Handbook of Chemistry and Physics (1980), sont les suivantes :

Ca	: 400 mg/litre
Mg	: 1 272 mg/litre
Na	: 10 561 mg/litre
K	: 380 mg/litre
Cl	: 18 980 mg/litre
SiO ₂	: 7 mg/litre (maximum)

conductivité σ : 46 300 microsiemens.cm⁻¹ à 25 °C (tableau D-258).

Des valeurs complémentaires sont données par GARRELS et CHRIST (1965, p. 101) :

HCO ₃	: 2,4 milliéquivalents/litre = 146,4 mg/litre
pH	: 8,15

Les relations (1) et (2), appliquées aux valeurs ci-dessus, permettent le calcul des paramètres b et b_n . Ceux-ci sont rassemblés dans le tableau I.

TABLEAU I

Valeurs des paramètres b et b_n (mol.l⁻¹.microsiemens.cm⁻¹) relatifs aux ions majeurs dissous dans l'eau de mer (°) : unités pH

Ions	a	b	a_n	b_n
pH.....	0,25	6,984 (°)		
Ca.....	1,20	2,514.10 ⁻⁵	— 2,04	3,288.10 ⁷
Mg.....	1,36	2,363.10 ⁻⁵	— 1,62	1,892.10 ⁶
Na.....	1,18	1,435.10 ⁻⁶		
K.....	0,94	3,999.10 ⁻⁷		
Cl.....	1,46	8,258.10 ⁻⁸		
HCO ₃			— 1,66	1,334.10 ⁵
SiO ₂	0,91	6,617.10 ⁻⁹	— 0,04	1,791.10 ⁻⁴

CHARACTÉRISATION DES DISSOLUTIONS ET DES NÉOFORMATIONS

La comparaison respective des paramètres b et b_n calculés avec les valeurs de référence, indiquées dans les tableaux I, II et III de la note de WACKERMANN et TREMBLAY (1982, document cité), permet la sélection des espèces minérales en cours de dissolution et de néogénèse, au contact de l'eau de mer analysée. Les valeurs calculées proches des valeurs de référence, obtenues préalablement à partir d'eaux de drainage continentales (souterraines et superficielles), indiquent une forte probabilité d'équilibre

de la solution avec les minéraux correspondants, engagés dans un processus de dissolution ou de formation.

Le concept de *saturation* de la concentration d'un ion par rapport à la teneur calculée, à conductivité égale, au moyen des *modèles* relatifs à la dissolution et à la néoformation, peut être quantifié grâce aux quotients r et r_n :

$$r = \frac{b \text{ (calculé)}}{b \text{ (référence)}} \text{ et } r_n = \frac{b \text{ (calculé)}}{b_n \text{ (référence)}}$$

Les valeurs de r et de r_n voisines de l'unité révèlent une concordance de la composition de la solution avec les équations de référence. Les valeurs supérieures et inférieures à l'unité caractérisent, respectivement, les états de sursaturation et de sous-saturation (tabl. II).

Dissolutions

Selon le tableau II, les paramètres b relatifs au *sodium*, au *potassium* et au *chlore* coïncident avec les valeurs de référence liées à la dissolution des silicates suivants : *albite-oligoclase* (0,9 Na) et *mica-illite* (0,7 à 0,8 K), à l'exclusion des feldspaths potassiques (paramètre plus élevé).

Le paramètre correspondant au pH est intermédiaire entre la valeur relative à la dissolution des *silicates primaires* des roches ignées et celle obtenue lors de la dissolution des phyllosilicates de type *smectites*.

Pour ce qui concerne le *calcium*, le *magnésium* et le *silicium*, les paramètres sont nettement inférieurs aux données répertoriées, notamment celles qui correspondent à la phase *albite-oligoclase* et aux micas. On peut en déduire que des néogénèses provoquent l'abaissement des concentrations de ces trois éléments dans l'eau de mer.

Néoformations

Les paramètres b_n obtenus pour le *calcium*, le *magnésium* et l'ion *bicarbonate* indiquent une forte *sursaturation* de l'eau océanique par rapport aux valeurs qui correspondent à la formation de la *calcite* et de la *magnésite*. Ces deux minéraux, et les phases intermédiaires, sont susceptibles de précipiter à partir de l'eau de mer analysée (superficielle). Cette conclusion rejoint l'observation faite, ci-dessus, à partir des paramètres des modèles de dissolution.

Pour le *silicium*, la valeur maximale du paramètre b_n est légèrement inférieure à celle de l'*allophane* répertoriée (1,8 Si). L'inventaire des paramètres de référence, déterminés à ce jour, ne permet pas de caractériser l'espèce minérale impliquée dans l'abaissement des concentrations en silice.

TABLEAU II

Minéraux en cours de dissolution et de néoformation dans l'eau de mer

Ion	Minéral dissous	Satura- tion (r)	Minéral néoformé	Saturation (r _n)
pH.....	<i>silicates primaires smectites</i>	<i>0,959 1,014</i>		
Ca.....	< oligoclase (0,1 Ca)	0,098	> calcite	7,606.10 ⁴
Mg.....	< biotite (3 Mg)	0,120	> magnésite	8,530.10 ⁴
	< clinopyroxène (1 Mg)	0,363		
Na.....	<i>albite-oligoclase (0,9 Na)</i>	<i>0,955</i>		
K.....	<i>illite (0,7 K)</i>	<i>0,873</i>		
Cl.....	<i>mica (moyenne)</i>	<i>1,086</i>		
HCO ₃			> calcite > magnésite	1,026.10 ³ 2,772.10 ³
		maximum :		
SiO ₂	< allophane (1,8 Si)	0,003	< allophane (1,8 Si)	0,524 (max.)
	< chlorite (3 Si)	0,005		

CONCLUSION

La composition de l'eau de mer, prise en considération, révèle que les ions majeurs sont susceptibles de provenir de la dissolution de silicates primaires de roches ignées, dont les minéraux essentiels sont des *plagioclases sodiques* (albite-oligoclase) et des *micas-illites potassiques* (familles des granites alcalins sodiques, des diorites, des syénites alcalines ou des gneiss alcalins sodiques).

Les teneurs en calcium et en magnésium sont abaissées par des *néoformations de carbonates*. L'appauvrissement en silice est lié à la genèse de minéraux secondaires comportant moins de 1,8 Si dans la molécule structurale.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.
le 22 octobre 1982.

BIBLIOGRAPHIE

GARRELS (R. M.) and CHRIST (C. L.), 1965. — Solutions, Minerals and Equilibria. Harper and Row, New York, 429 p.

Handbook of Chemistry and Physics, 1980. — Ed. Weast (R. C.), C.R.C. Press Inc., Boca Raton (Florida), 60^e Edition.

WACKERMANN (J. M.) et TREMBLAY (P.), 1982. — Un programme de calcul permettant la détermination des minéraux en cours de dissolution et en voie de formation à partir de la composition chimique des eaux d'arènes météoriques. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, vol. XII, 1 : 91-100.