

**CALCULS DE SPÉCIATION POUR L'ALUMINIUM  
REJETÉ EN EAUX COURANTES**

Rapport rédigé pour

Environnement Canada  
Direction de la Protection de l'Environnement  
Région du Québec

par

Claude Fortin  
Peter G.C. Campbell

Institut national de la recherche scientifique, INRS-Eau  
2800, rue Einstein, Case postale 7500, SAINTE-FOY (Québec), G1V 4C7

Dossier No 63202  
Contrat No KM351-8-3928

Rapport de recherche No R550  
ISBN 2-89146-326-9

Octobre 1999

## 1. INTRODUCTION

La distribution de l'aluminium, parmi ses différentes formes inorganiques monomères, était calculée à partir des valeurs de pH, de carbone organique dissous ([COD]), de fluorure ( $[F^-]$ ) et de sulfate ( $[SO_4^{2-}]$ ), à l'aide d'un modèle mathématique rendant compte des équilibres chimiques impliqués. Les formes d'Al suivantes ont été considérées :

Aquo-ion :  $Al^{3+}$   
 Hydroxo-complexes :  $AlOH^{2+}$ ,  $Al(OH)_2^+$ ,  $Al(OH)_3^0$  (aq),  $Al(OH)_4^-$   
 Fluoro-complexes :  $AlF^{2+}$ ,  $AlF_2^+$ ,  $AlF_3^0$ ,  $AlF_4^-$ ,  $AlF_5^{2-}$ ,  $AlF_6^{3-}$   
 Sulfato-complexes :  $AlSO_4^+$ ,  $Al(SO_4)_2^-$   
 Organo-complexes : Al~MOD, AlOH~MOD  
 Précipité :  $Al(OH)_3$  (s) (gibbsite microcristallin) , AlOOH (s) (bohemite)

Notons que cette liste ne comprend pas de complexes polynucléaires. Ajoutons enfin que même si ces calculs donnent des résultats numériques apparemment très précis, ils sont néanmoins entachés d'une imprécision irréductible liée à la qualité parfois insatisfaisante ou incomplète des données de base.

Grâce au logiciel de calculs d'équilibre thermodynamique MINEQL+ (Schecher et McAvoy 1994) et d'une base de données thermodynamiques fiables (Martell et al. 1997), il est possible de prédire la spéciation des métaux en solution à l'état d'équilibre. Toutefois ce modèle n'intègre pas la complexation des métaux par la matière organique dissoute (MOD), laquelle comprend les acides fulvique et humique (des ligands organiques naturels). D'autre part, le logiciel WHAM ("Windermere Humic Acid Model" - Tipping 1994) permet de faire ces calculs mais ne prédit pas la formation de précipités tel que le gibbsite qui, comme le lecteur le verra dans les résultats, dominera souvent la spéciation de l'aluminium. Nous avons donc dû employer ces deux logiciels, MINEQL+ et WHAM, successivement pour prédire la spéciation de l'aluminium (inorganique et organique) en aval de huit usines de traitement d'eau potable et de deux papetières qui utilisent couramment de l'alun.

## 2. MÉTHODOLOGIE

### 2.1 Calculs des concentrations d'aluminium dans la zone de mélange

La concentration d'aluminium résultant du mélange des rejets d'usines avec le cours d'eau était calculée selon un taux de dilution arbitraire de 1 : 10, tel que demandé (monsieur André Germain, Environnement Canada, communication personnelle). Pour fins de comparaison, nous avons également effectué des calculs de spéciation à une dilution "maximale" pour deux rivières, la rivière Outaouais et la rivière Peace. Ces derniers taux sont toutefois basés sur le débit moyen de ces deux rivières. En période de faible hydraulicité les concentrations totales d'aluminium ainsi que sa spéciation seront

affectées. Les calculs effectués représentent donc des estimés pour les conditions spécifiées.

## 2.2 Traitement des données

Certaines lacunes dans les données physico-chimiques nous ont obligé à faire des estimations de paramètres pouvant influencer sur les calculs de spéciation.

*Température* : Pour tous les calculs de spéciation présentés dans ce rapport (tableau 1), nous avons utilisé une température de 25°C. Bien que la température réelle des cours d'eau soit beaucoup plus faible, le manque de données thermodynamiques sur l'effet de la température (valeurs de  $\Delta H$  manquantes ou approximatives, notamment pour la formation du gibbsite microcristallin et des complexes  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$  et  $\text{Al}(\text{OH})_3^0$ ) nous a obligé à faire ces calculs à 25°C. Toutefois, à titre indicatif, nous avons réalisé les calculs de spéciation à une température de 4°C, en utilisant comme différence d'enthalpie pour le gibbsite microcristallin la valeur dans la littérature pour la forme cristalline ( $\Delta H = -22,8$  kcal/mol), et ce pour la rivière des Outaouais (tableau 2). Il est en effet notoire que la solubilité du gibbsite augmente à basse température et que les réactions de complexation de l'aluminium en solution sont également sensibles à des changements de température (ex. : voir Lydersen et al. 1990). Cet effet demeure cependant difficile à simuler avec confiance en l'absence des données thermodynamiques fiables pour les formes d'aluminium présentes dans les eaux naturelles.

*Concentration des anions majeurs* : Lorsque aucune mesure de concentrations d'anions n'était disponible, nous avons supposé que seuls les sulfates étaient présents. Par principe d'électroneutralité, c'est-à-dire en fonction de la concentration et de la charge des cations majeurs mesurés, nous avons pu évaluer la concentration de sulfate. Ce dernier possède une affinité relativement faible pour l'aluminium mais les sulfato-complexes pourraient devenir significatifs dans certains cas ( $\log K_1 = 3,89$ ;  $\log K_2 = 4,92$ ).

*Concentration des carbonates* : Grâce aux mesures d'alcalinité et de pH il nous a été possible de déterminer les concentrations de carbonates en solution lorsque celles-ci n'étaient pas spécifiées. D'abord, la mesure d'alcalinité était transformée de  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en  $\mu\text{eq}\cdot\text{L}^{-1}$ . L'équation suivante décrit la relation entre l'alcalinité et la concentration de carbonates :

$$\text{Alc} (\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}) = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+]$$

Comme les espèces  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$  sont en équilibre :

$$\text{Log } K_1 = \frac{\{\text{HCO}_3^-\}}{\{\text{H}^+\} \cdot \{\text{CO}_3^{2-}\}}$$

où :  $K_1 = 10^{10,510}$

en combinant ces deux équations, on peut isoler  $[\text{CO}_3^{2-}]$  et par la suite recalculer les concentrations de  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ( $\text{Log } K_2 = 6,352$ ;  $T = 25^\circ\text{C}$ ). Dans le cas des rivières des Outaouais et St-Jean, en absence de mesures d'alcalinité, les concentrations de carbonates à l'équilibre ont dû être calculées par MINEQL+ en simulant une pression atmosphérique normale.

*Concentration de magnésium* : Pour les rivières North Saskatchewan (Prince Albert) et Swift Current, aucunes valeurs de magnésium n'ont été précisées. Nous avons donc utilisé les données de dureté de l'eau et de  $[\text{Ca}]$  dissous pour évaluer  $[\text{Mg}]$ , selon le rapport suivant :

$$\text{Dureté (mg}\cdot\text{L}^{-1}) = 2,497 \cdot [\text{Ca}] \text{ (mg}\cdot\text{L}^{-1}) + 4,116 \cdot [\text{Mg}] \text{ (mg}\cdot\text{L}^{-1})$$

*Aluminium* : Les concentrations d'aluminium dissous ont été utilisées lorsque disponibles.

*Carbone organique dissous* : Aucune valeur de COD n'était spécifiée pour la rivière Kaministiquia (Thunder Bay). Étant donné l'importance de la MOD dans la spéciation de l'Al, nous croyons qu'il est préférable d'utiliser un estimé qu'une valeur nulle ( $15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ; monsieur André Germain, Environnement Canada, communication personnelle).

### 2.3 Calculs de spéciation

Toutes les constantes thermodynamiques pertinentes aux calculs de spéciation ont été vérifiées avec la base de données de l' *U.S. National Institute of Standards and Technology* (Martell et al. 1997) et insérées dans les bases de données des modèles MINEQL+ et WHAM lorsque nécessaire.

Considérant les concentrations élevées en aluminium qui sont rejetées et le faible taux de dilution retenu (10%), le milieu récepteur sera toujours sursaturé en aluminium. Le choix du type de précipité sera donc d'une grande importance. La forme solide stable est le gibbsite ( $\gamma\text{-Al(OH)}_3(\text{s})$ ). Toutefois, cette forme peut prendre des mois voire des années à se former (Smith et Hem 1972). Selon les travaux de Hem et Roberson (1967), lorsque le pH est inférieur à 7, il y a formation de gibbsite microcristallin en moins de 24 heures. Toutefois, lorsque le pH se situe entre 7.5 et 9.5, ces chercheurs ont observé, après 24 heures, un précipité ayant la même solubilité que le bohemite ( $\text{AlOOH}(\text{s})$ ) sans toutefois être en mesure de confirmer la nature de ce précipité. Au bout d'une semaine ce premier précipité avait évolué vers une forme plus stable et moins soluble, le bayerite ( $\alpha\text{-Al(OH)}_3(\text{s})$ ).

Nous avons tenté d'identifier laquelle des deux formes solides était la plus probable de se former dans notre cas d'étude, en simulant des résultats publiés dans deux études ayant un contexte similaire. Srinivasan et al. (1998) ont mesuré les différentes formes d'aluminium à différentes étapes de traitement à une usine de la Saskatchewan. Nous avons comparé les valeurs mesurées par les auteurs d'aluminium inorganique aux étapes de clarification (*clarifier*) et de traitement au charbon activé (*preGAC*) avec des valeurs calculées à l'aide de MINEQL+ en utilisant, tour à tour, le gibbsite microcristallin et le

bohemite comme forme solide. À l'intérieur de la gamme de pH 7.3 à 8.0, nos valeurs calculées se situent entre 1 et 3  $\mu\text{M}$   $\text{Al}_{\text{inorg}}$ , lorsque le gibbsite microcristallin est sélectionné contre 0,2 à 0,9  $\mu\text{M}$  en utilisant le bohemite comme forme solide. Ces dernières valeurs se comparent bien à ce qui a été mesuré par Srinivasan et al. (1998), soit respectivement 0,5 et 0,3  $\mu\text{M}$  d'aluminium inorganique à l'étape du clarificateur et du traitement au charbon activé. Il ne serait toutefois pas prudent de se baser sur ce seul exemple pour conclure que le précipité d'Al aura une solubilité équivalente à celle du bohemite. La même comparaison ne peut se faire avec les données de Cornwell et al. (1993). Ces auteurs n'ont mesuré que l'aluminium dissous et total, ce qui est nettement insuffisant pour effectuer des simulations. Toutefois, un survol rapide des valeurs indique que dans 3 cas sur 6 (Mianus round 2; New Castle round 2 set 1; et New Castle round 2 set 2) les valeurs d'aluminium dissous sont très élevées par rapport au total (10-100%). Ces dernières valeurs sont cependant suspectes. En effet, il est possible que les auteurs aient surestimé les concentrations d'aluminium dissous. En effet, si le gibbsite microcristallin, dont les cristaux ont une taille d'environ 0,1  $\mu\text{m}$  (Hem et Roberson 1967), devait être la forme solide présente, il est possible que ce solide se retrouve dans la fraction dite dissoute, opérationnellement défini comme étant  $<0,45 \mu\text{m}$ .

L'argumentation précédente nous suggère que la forme solide d'hydroxyde d'aluminium qui se forme dans les effluents d'usine de filtration, et dans la zone de mélange de ceux-ci dans le milieu récepteur, peut être impossible à prédire sans de véritables mesures sur le terrain. Nous avons donc considéré les deux formes solides en parallèle : une première série de simulations avec le gibbsite microcristallin comme l'unique précipité de l'aluminium, et une seconde avec le bohemite comme phase solide contrôlant la solubilité de l'aluminium.

Afin de comparer la spéciation de l'aluminium en amont et en aval d'un site, les deux situations ont été simulées pour la rivière North Saskatchewan (à Edmonton). Dans tous les autres cas, seules les données en aval ont été considérées.

*MINEQL+* : Pour se conformer aux conventions du logiciel, toutes les valeurs de concentrations ont été transformées en moles par litre. Une fois les calculs terminés, les résultats étaient enregistrés.

*WHAM* : Tel que suggéré par l'auteur du logiciel, nous avons considéré que 50% des acides humiques et fulviques étaient composés de carbone organique et que 50% des ces acides étaient inactifs (Tipping 1993). Également, les proportions relatives des acides humiques et fulviques sont fixées respectivement à 10% et à 90% de la MOD (Oliver et al. 1983).

Afin de déterminer la complexation de l'aluminium par la MOD à l'aide de WHAM, nous avons utilisé la concentration de métal libre,  $\text{Al}^{3+}$ , calculée à l'aide de MINEQL+, comme point de référence entre les deux logiciels. C'est-à-dire que nous avons supposé que la concentration de  $\text{Al}^{3+}$  ne soit pas affectée par la MOD lorsque le métal est en équilibre avec un grand réservoir d'aluminium inorganique solide. Dans tous les cas, la forme

solide servirait de "réservoir" d'aluminium et agirait donc comme "tampon". Puisque ce dernier est défini par  $[\text{OH}^-]$  et  $[\text{Al}^{3+}]$ , une diminution de l'espèce  $\text{Al}^{3+}$  entraînerait la dissolution partielle du précipité afin de rétablir l'équilibre. Par itération, nous avons donc ajusté la concentration totale d'aluminium pour obtenir de WHAM la concentration de  $\text{Al}^{3+}$  prédite par MINEQL+. Une fois cette concordance atteinte, les concentrations des complexes Al-MOD étaient enregistrées. La concentration finale d'Al solide était finalement calculée en soustrayant la fraction organique prédite par WHAM de la fraction solide calculée par MINEQL afin de ne pas modifier le bilan de masse de l'Al. Les résultats sommaires de ces calculs sont présentés dans les tableaux 1a et 1b.

### 3. RÉSULTATS

- Dans tous les cas, les simulations indiquent qu'après mélange les eaux réceptrices seront sursaturées par rapport au gibbsite microcristallin (tableau 1a : comparer la colonne #4 avec la somme des colonnes 5 et 6); il va de même pour les simulations avec le bohemite (tableau 1b). Une fois l'équilibre atteint, les concentrations en aluminium inorganique dissous seront comprises entre 2,6 et 13  $\mu\text{M}$  (70 et 350  $\mu\text{g Al}\cdot\text{L}^{-1}$ ) si le gibbsite microcristallin domine la spéciation ou entre 0,72 et 2,2  $\mu\text{M}$  (19 et 59  $\mu\text{g Al}\cdot\text{L}^{-1}$ ) si la solubilité du solide est équivalente à celle du bohemite. Il faut cependant souligner l'expression clé "une fois l'équilibre atteint" dans la phrase qui précède. **Sans avoir mesuré l'aluminium dissous sur le terrain, dans la zone de mélange, on ne peut juger si l'état d'équilibre est atteint. De même, on ne peut déterminer avec certitude sous quelle forme solide l'aluminium précipitera.** Les réactions de précipitation des hydroxydes d'aluminium sont souvent lentes, notamment lorsque l'on provoque l'état de sursaturation en neutralisant une solution initialement acide (cf. Hem et Roberson 1969; Hem et Smith 1972). D'autre part, quand on provoque la précipitation du gibbsite en acidifiant une solution initialement alcaline, l'équilibre semble s'établir plus rapidement (INRS-Eau, données non publiées).

Par ailleurs, et contrairement aux réactions de précipitation, les réactions de complexation de l'aluminium en solution sont relativement rapides et l'hypothèse d'un équilibre chimique entre les divers complexes de l'Al est raisonnable.

- Augmenter le taux de dilution de 1 : 10 à 1 : 100 n'aurait pas d'effet significatif sur la spéciation de l'aluminium ou sur la concentration dissoute puisque les systèmes seraient toujours sursaturés. Deux sites font exceptions à cause des teneurs en aluminium relativement faibles dans leurs rejets : La Tuque et Thunder Bay. Dans les autres cas, il faudrait des taux de dilution entre 1 : 200 et 1 : 5000 pour voir un effet notable (pour un estimé, diviser la concentration d'Al dans le rejet par  $[\text{Al}]_{\text{dissous}}$ ; c'est-à-dire le taux de dilution pour obtenir :  $[\text{Al}]_{\text{total}} = [\text{Al}]_{\text{dissous}}$ ).
- Dans tous les cas sauf un (rivière St-Maurice : la Tuque), le pH des eaux réceptrices est supérieur à 7,0. Le pH influe grandement sur le calcul de la solubilité des hydroxydes d'aluminium, leur minimum de solubilité étant situé près de pH 6 : une augmentation du pH au-delà de 6 occasionnera une augmentation de la solubilité de

l'aluminium; il en va de même pour une diminution du pH à des valeurs inférieures à 6.

- Les teneurs en matière organique dissoute mesurées dans les eaux réceptrices varient entre 2,6 et 10 mg C·L<sup>-1</sup> (avec une valeur estimée de 15 mg C·L<sup>-1</sup> pour la station à Thunder Bay; monsieur André Germain, Environnement Canada, communication personnelle). Pour un pH constant, le degré de complexation de l'aluminium dissous par la matière organique dissoute augmente de manière notable au fur et à mesure que la concentration en COD augmente (comparer les sites St-Jean et Thunder Bay, où les valeurs de pH sont comparables (~7,4) mais où les teneurs en MOD diffèrent).
- D'autre part, pour des teneurs en COD comparables, une augmentation de pH dans la gamme 7 → 8,5 entraîne une diminution de l'importance des complexes Al-MOD et AlOH-MOD (comparer les rivières St-Jean, Peace, Red Deer et North Saskatchewan à Prince Albert dans les tableaux 1a et 1b). Ceci est attribuable à la diminution des concentrations des espèces Al<sup>3+</sup> et AlOH<sup>2+</sup> qui peuvent s'associer à la MOD.
- Les fluoro-complexes de l'aluminium ne se manifestent (à des proportions > 1%) qu'à la station à la Tuque sur la rivière St-Maurice. En effet, le fluorure ne peut concourir efficacement avec l'ion hydroxyde (HO<sup>-</sup>) qu'à des pH légèrement acides.

#### 4. BIBLIOGRAPHIE

- Cornwell, D.A. et R.G. Lee. 1993. *Recycle stream effects on water treatment*. Denver, CO: AWWA Research Foundation and American Water Works Association. 153 p.
- Hem, J.D. et C.E. Roberson. 1967. *Form and stability of aluminum hydroxide complexes in dilute solution*. U.S. Geological Survey, Water Supply Paper No. 1827-A: 55 p.
- Hem, J.D. et C.E. Roberson. 1969. *Solubility of aluminum in the presence of hydroxide fluoride and sulfate*. U.S. Geological Survey, Water Supply Paper No. 1827-C: 37 p.
- Hem, J.D. et R.W. Smith. 1972. *Effect of aging on aluminum hydroxide complexes in dilute aqueous solutions*. U.S. Geological Survey, Water Supply Paper No. 1827-D: 51 p.
- Lydersen, E., B. Salbu, A.B.S. Poleo et I.P. Muniz.. 1990. The influences of temperature on aqueous aluminium chemistry. *Water Air and Soil Pollution*. 51: 203-215.
- Oliver, B.G., E.M. Thurman et R.L. Malcolm. 1983. The contribution of humic substances to the acidity of colored natural waters. *Geochimica Cosmochimica Acta*. 47: 2031-2035

- Martell, A.E., R.M. Smith et R.J. Motekaitis. 1997. Critical Stability Constants of Metal Complexes Database [NIST Standard Reference Database 46]. Version 4.0. Gaithersburg (MD): U.S. Department of Commerce. 41 p.
- Schecher, W.D. et D. McAvoy. 1994. MINEQL+: A Chemical Equilibrium Program for Personal Computers. Version 3.01. Hallowell, Maine: Environmental Research Software; 107 p.
- Srinivasan, P.T., T. Viraraghavan, B. Kardash et J. Bergman. 1998. Aluminum speciation during drinking water treatment. *Water Qual. Res. J. Canada* 33: 377-388.
- Tipping, E. 1993. Modelling of cation binding by natural organic matter in soils and waters. *Analytical Proceedings* 30: 186-189.
- Tipping, E. 1994. WHAM - A chemical equilibrium model and computer code for waters, sediments, and soils incorporating a discrete site electrostatic model of ion-binding by humic substances. *Computers & Geosciences* 20: 973-1023.



Tableau 1a : Spéciation de l'aluminium dans les rivières – résultats des simulations faites pour 25 °C avec les logiciels MINEQL+ et WHAM en utilisant le gibbsite microcristallin comme forme solide.

Site	pH	[COD]	[Al]-T*	Al-dissous		Pourcentage (formes dissoutes)		
			( $\mu\text{M}$ )	$\Sigma[\text{Al}]_i$ ( $\mu\text{M}$ )	$\Sigma[\text{Al}]_o$ ( $\mu\text{M}$ )	$\Sigma[\text{AlOH}]$	$\Sigma[\text{AlF}]$	$\Sigma[\text{Al}]_o$
Oldman	8,12	3,0	580	6,8	0,001	100		
Edmonton								
- amont	8,11	2,7	0,4	0,39	0,01	97		3
- aval	8,03	3,4	300	5,6	0,17	97		3
Prince Albert	8,22	5,4	310	8,5	0,14	98		2
Swift Current	8,38	10,1	350	12,9	0,11	99		1
Red Deer	8,08	5,6	280	6,1	0,21	97		3
Peace	7,98	5,6	110	4,9	0,38	93		7
Thunder Bay	7,46	(15)	33	1,5	3,2	31		69
Outaouais	7,29	6,0	120	1,0	1,6	38		62
La Tuque	6,56	6,3	6,2	0,4	3,2	2	4	94
St-Jean	7,44	6,0	360	1,4	1,3	51		49

\*Note : [Al]-T = aluminium total après dilution (formes dissoutes + particulaires).

Tableau 1b : Spéciation de l'aluminium dans les rivières – résultats des simulations faites pour 25 °C avec les logiciels MINEQL+ et WHAM en utilisant la constante de solubilité du bohemite pour prédire la concentration de solide.

Site	pH	[COD]	[Al]-T*	Al-dissous		Pourcentage (formes dissoutes)		
			( $\mu\text{M}$ )	$\Sigma[\text{Al}]_i$ ( $\mu\text{M}$ )	$\Sigma[\text{Al}]_o$ ( $\mu\text{M}$ )	$\Sigma[\text{AlOH}]$	$\Sigma[\text{AlF}]$	$\Sigma[\text{Al}]_o$
Oldman	8,12	3,0	580	1,2	0,022	98		2
Edmonton								
- amont	8,11	2,7	0,4	0,39	0,01	97		3
- aval	8,03	3,4	300	0,94	0,034	97		3
Prince Albert	8,22	5,4	310	1,4	0,026	98		2
Swift Current	8,38	10,1	350	2,2	0,019	99		1
Red Deer	8,08	5,6	280	1,0	0,042	96		4
Peace	7,98	5,6	110	0,82	0,082	91		9
Thunder Bay	7,46	(15)	33	0,25	1,1	17		83
Outaouais	7,29	6,0	120	0,17	0,69	20		80
La Tuque	6,56	6,3	6,2	0,071	2,1	1	1	98
St-Jean	7,44	6,0	360	0,24	0,48	67		33

\*Note : [Al]-T = aluminium total après dilution (formes dissoutes + particulières).

Tableau 2: Spéciation de l'aluminium dans les rivières – résultats des simulations faites pour 25 °C et 4 °C (rivière des Outaouais; gibbsite microcristallin).

T	Concentrations d'aluminium dissous ( $\mu\text{M}$ )						Pourcentage (formes dissoutes)	
	$\Sigma[\text{Al}]_i$	$\Sigma[\text{Al}]_o$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Al}(\text{OH})_2^+$	$\text{Al}(\text{OH})_3^0$	$\text{Al}(\text{OH})_4^-$	$\Sigma[\text{AlOH}]$	$\Sigma[\text{Al}]_o$
25 °C	0,99	1,6	$0,4 \times 10^{-6}$	0,009	0,036	0,95	38	62
4 °C	0,11	2,5	$7,2 \times 10^{-6}$	0,010	0,010	0,09	4	96

Tableau 3: Spéciation de l'aluminium dans les rivières – résultats des simulations faites pour 25 °C à deux taux de dilution (rivières Peace et Outaouais; gibbsite microcristallin).

Site	Taux de dilution	[Al]-T* ( $\mu\text{M}$ )	Al-dissous		Pourcentage (formes dissoutes)		
			$\Sigma[\text{Al}]_i$ ( $\mu\text{M}$ )	$\Sigma[\text{Al}]_o$ ( $\mu\text{M}$ )	$\Sigma[\text{AlOH}]$	$\Sigma[\text{AlF}]$	$\Sigma[\text{Al}]_o$
Peace	1:10	110	4,9	0,38	93		7
	maximum	9,1	4,8	0,37	93		7
Outaouais	1:10	120	1,0	1,6	38		62
	maximum	6,9	1,0	1,6	38		62

\*Note : [Al]-T = aluminium total après dilution (formes dissoutes + particulaires).