

Protocol de production des livrables des projets PACES

Livrables

3.24 Qualité de l'eau
(critères d'eau potables)

et

3.25 Qualité de l'eau
(objectifs esthétiques)

Développé et présenté
par

UQAC

UQAM

UQAT

UQTR

INRS

1	INTRODUCTION.....	1
2	LIVRABLES 3.24 ET 3.25	2
2.1	LA FORME.....	2
2.2	LES DONNEES	2
2.3	VERIFICATIONS/VALIDATIONS DES DONNEES	2
2.4	TRAITEMENTS DES DONNEES	2
2.4.1	<i>Bilan ionique</i>	<i>3</i>
2.4.2	<i>Dureté totale.....</i>	<i>3</i>
2.4.3	<i>Matière dissoute totale (MDT)</i>	<i>4</i>
2.5	ÉVALUATION DE LA QUALITÉ D'EAU.....	4
3	REPRESENTATION DES LIVRABLES.....	5
3.1	REPRÉSENTATION RETENUE.....	5
3.2	REPRÉSENTATION À EXPLORER	6
3.2.1	<i>Représentation retenue modifiée</i>	<i>6</i>
3.2.2	<i>Représentation en pointes de tarte</i>	<i>6</i>

1 INTRODUCTION

La composition chimique de l'eau souterraine peut être utilisée pour établir sa qualité en fonction de différents usages et comme outil pour comprendre son écoulement dans le milieu aquifère. En ce qui a trait aux **livrables 3.24 et 3.25**, l'objectif est de représenter la distribution spatiale des dépassements de la qualité de l'eau en fonction des critères de l'eau potable. Les normes de potabilité utilisées sont tirées du *Règlement québécois sur la qualité de l'eau potable* c. Q-2, r. 40 (MDDEP, 2008) tandis que les recommandations proviennent des *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada* rapportées par Santé Canada et publiées par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable (CFPT, 2010). Dans la suite du document, les normes et recommandations sont divisées en deux groupes : concentrations maximales acceptables (CMA) et objectifs esthétiques (OE) (tableau 1).

Tableau 1 : Normes et recommandations de l'eau potable utilisées dans le cadre des projets PACES.

Paramètres	Unités	CMA	OE
Normes du Règlement sur la qualité de l'eau potable (MDDEP, 2008)			
Antimoine (Sb)	mg/L	0.006	
Arsenic (As)	mg/L	0.025	
Baryum (Ba)	mg/L	1	
Bore (B)	mg/L	5	
Cadmium (Cd)	mg/L	0.005	
Chrome total (Cr)	mg/L	0.05	
Coliformes fécaux	(UFC/100 mL)	0	
Coliformes totaux	(UFC/100 mL)	10	
Cuivre (Cu)	mg/L		≤ 1
<i>E. coli</i>	(UFC/100 mL)	0	
Entérocoques	(UFC/100 mL)	0	
Fluorures (F)	mg/L	1.5	
Nitrites - Nitrates (NO ₂ - NO ₃)	mg N/L	10	
pH	sans unités		6.5 - 8.5
Plomb (Pb)	mg/L	0.01	
Sélénium (Se)	mg/L	0.01	
Uranium (U)	mg/L	0.02	
Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada (CFPT, 2010)			
Aluminium (Al)	mg/L		0.1
Chlorures (Cl)	mg/L		≤ 250
Dureté totale	mg CaCO ₃ /L		médiocre, mais tolérable >200 intolérable >500
Fer (Fe)	mg/L		≤ 0.3
Manganèse (Mn)	mg/L		≤ 0.05
Matière dissoute totale (MDT)	mg/L		≤ 500
Sodium (Na)	mg/L		≤ 200
Sulfures comme H ₂ S	mg/L		≤ 0.05
Sulfates (SO ₄)	mg/L		≤ 500
Température	°C		≤ 15
Zinc (Zn)	mg/L		≤ 5.0

Une CMA est associée à un constituant chimique, qui en grande quantité (>CMA) peut avoir des impacts sur la santé tandis que les constituants en concentrations supérieures aux OE (>OE) peuvent avoir un impact sur les caractéristiques esthétiques de l'eau que sont le goût, la couleur et l'odeur. Il en est de même pour les mesures de températures supérieures à 15°C et aux valeurs de pH inférieures à 6.5 et supérieures à 8.5.

2 LIVRABLES 3.24 ET 3.25

2.1 La forme

La forme retenue pour la présentation des livrables 3.24 et 3.25 sont deux cartes qui résument respectivement les dépassements des CMA et OE pour chacun des échantillons tout en présentant la distribution spatiale de ces dépassements.

2.2 Les données

Les données à utiliser pour la production des deux livrables sont :

- Données chimiques et paramètres in situ acquis pendant le PACES
- Données existantes, récentes et de bonne qualité si requis (méthode d'échantillonnage similaire au PACES, date d'échantillonnage, comble des secteurs non couverts par les échantillons PACES, échantillons non contaminés par des produits organiques, échantillons qui permet de représenter adéquatement une problématique mal représentée par les échantillons PACES seuls)
- Normes et recommandations (tableau 1) pour l'eau potable (évaluation de la qualité)
- Fond de carte à déterminer (pour l'instant, « hillshade » du MNT)

2.3 Vérifications/validations des données

Pour les livrables 3.24 et 3.25, seules deux vérifications/validations sont pertinentes :

- Calcul du bilan ionique sur la base des constituants majeurs (cations : Ca, Mg, Na, K ; anions HCO_3 , Cl, SO_4) pour évaluer la qualité des analyses chimiques. Important pour identifier les échantillons susceptibles de bonifier la liste des paramètres chimiques (dureté totale, matière dissoute totale) servant à l'évaluation de la qualité de l'eau et à la compréhension de l'écoulement (type d'eau, faciès hydrochimique). Aussi très important pour identifier les échantillons pouvant colporter une information inadéquate pour l'évaluation de la qualité de l'eau sur la base du sodium (Na), des chlorures (Cl) et des sulfates (SO_4).
- Comparaison de certains échantillons avec leur duplicata :
 - pour valider la qualité de l'ensemble de la méthodologie, de l'échantillonnage jusqu'à l'analyse chimique
 - pour remplacer l'échantillon original s'il y a un problème avec le bilan ionique.

2.4 Traitements des données

Le traitement des données est basé essentiellement sur les concentrations des constituants majeurs Ca, Mg, Na, K, HCO_3 , Cl, SO_4 et Si. Ces traitements, très simples, sont toutefois assez rigoureux pour les besoins des livrables 3.24 et 3.25. Certains ouvrages qui traitent de l'analyse et de l'interprétation des données chimiques des eaux souterraines en font mention (Hounslow, 1995 ; Appelo et Postma, 2005). Par contre, pour une étude plus poussée de la composition chimique des eaux souterraines en lien avec l'écoulement (ex : type d'eau, faciès hydrochimique, processus géochimiques, etc.), des approches plus rigoureuses dans le traitement des données chimiques sont décrites dans la littérature. De plus, l'intégration de constituants autres que les majeurs dans les traitements décrits

requiert souvent une analyse plus minutieuse des données pour éviter l'inconstance entre les résultats. Ce qui peut demander l'utilisation d'approches plus sophistiquées telle que la spéciation chimique pour diminuer les possibilités d'erreurs ou et d'inconsistances.

2.4.1 Bilan ionique

Avant de passer à l'étape du calcul du bilan ionique, les concentrations en mg/L des constituants majeurs (cations : Ca, Mg, Na, K ; anions HCO₃, Cl, SO₄) doivent être transformées en meq/L selon les équations du tableau 2:

Tableau 2 : Conversion en meq/L des constituants majeurs à partir de leur unité d'origine

Constituant	Unité	Masse molaire (Mmol) en g/mol	État d'oxydation (ed)	Masse d'un équivalent (Mmol/ed)	Conversion en meq/L
Ca	mg/L	40.078	+2	20.04	Ca/20.04
Mg	mg/L	24.305	+2	12.15	Mg/12.15
Na	mg/L	22.9893	+1	22.9893	Na/22.9893
K	mg/L	39.0983	+1	39.0983	K/39.0983
Alcalinité totale	mg/L CaCO ₃	100.08	-2	50.04	HCO ₃ = Alcalinité/50.04
Cl	mg/L	34.453	-1	34.453	Cl/34.453
SO ₄	mg/L	96.0636	-2	48.0318	SO ₄ /48.0318

Une fois les concentrations des constituants majeurs transformées, le bilan ionique (*BI*) est calculé comme suit :

$$\bullet \quad BI (\%) = \frac{(cations - anions) meq/L}{(cations + anions) meq/L} * 100 \quad eq.1$$

Les échantillons ayant une valeur du *BI* se situant dans l'intervalle de $\pm 10\%$ sont considérés adéquats pour la qualité de l'eau, l'estimation de la dureté et de la matière dissoute totale ainsi que pour la définition d'un faciès géochimique (type d'eau). Ceux qui sont en dehors de l'intervalle de *BI* acceptable sont utilisés seulement pour établir la qualité de l'eau, mais tout en conservant un œil critique sur le Na, le Cl et le SO₄.

Il est à noter que de façon générale, les cations Ca, Mg, Na, K et les anions HCO₃, Cl, SO₄ sont les constituants à considérer pour le calcul du *BI*, toutefois, dans des cas particuliers il peut être important d'intégrer d'autres constituants. De plus, pour simplifier le calcul du bilan ionique, l'hypothèse de travail est que le bicarbonate (HCO₃) est le contributeur principal à l'alcalinité totale.

2.4.2 Dureté totale

La dureté est estimée de la façon suivante en utilisant les concentrations du Ca et Mg converties en meq/L:

$$\bullet \quad Dureté\ totale \left(\frac{mg}{L} CaCO_3 \right) = \left(\frac{meq}{L} Ca * 50.04 \right) + \left(\frac{meq}{L} Mg * 50.04 \right) \quad eq.2$$

2.4.3 Matière dissoute totale (MDT)

La matière dissoute totale est estimée en utilisant les concentrations en mg/L supérieures aux limites de détection (>LD) de tous les constituants majeurs (cations Ca, Mg, Na, K ; anions HCO₃, Cl, SO₄) ainsi que celle du Si selon la formule suivante:

$$\bullet \quad MDT \left(\frac{mg}{L} \right) = \sum Cations + \sum Anions + SiO_2 \left(\frac{mg}{L} \right) \quad eq.3$$

Les concentrations de l'alcalinité totale et du Si rapportées par le laboratoire ne sont pas de la bonne espèce pour l'estimation de la MDT. Elles doivent être converties en HCO₃ et SiO₂ respectivement selon les formules suivantes.

$$\bullet \quad mg/L \text{ HCO}_3 = \text{Alcalinité totale} * 1.219 \quad eq.4$$

$$\bullet \quad mg/L \text{ SiO}_2 = mg/L \text{ Si} * 60.0854/28.0866 \quad eq.5$$

En ce qui a trait à l'alcalinité totale qui est de façon générale, considérée comme le fruit des espèces carbonatées bicarbonates (HCO₃) et carbonates (CO₃), il est acceptable de la résumer sous la forme du HCO₃ pour l'estimation de la MDT, parce que les pH généralement mesurés dans les eaux souterraines non contaminées se situent en grande partie aux environs du pH neutre, soit un pH de 7, pH auquel le HCO₃ est dominant par plusieurs ordres de grandeur par rapport au CO₃ (figure 1).

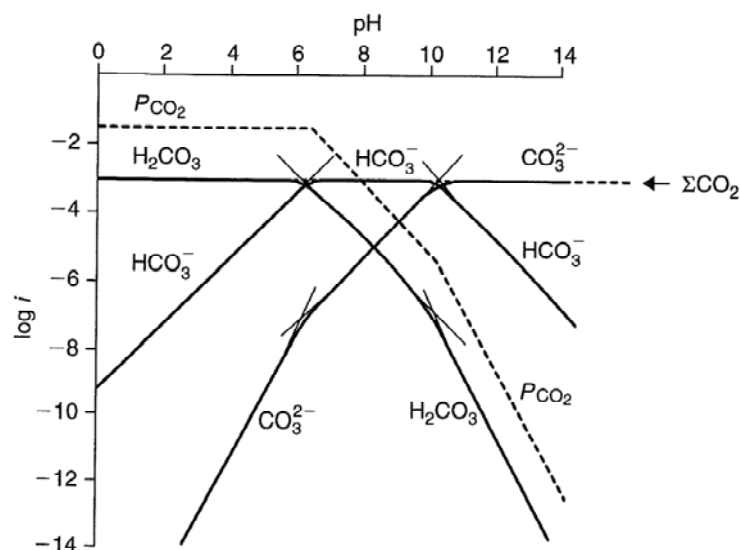


Figure 1 : Activité (i) des espèces carbonatées en fonction du pH pour un contenu constant de carbone inorganique total de 1 mmol/L (tiré de Appelo et Postma, 2005).

2.5 Évaluation de la qualité d'eau

Pour évaluer la qualité de l'eau à l'égard des paramètres analysés (Sb, As, Ba, B, Cd, Cr, Coliformes fécaux et totaux, Cu, *E.coli*, Entérocoques, F, NO₂-NO₃, Pb, Se, U, Al, Cl, Fe, Mn, Na, Sulfures, SO₄, Zn), calculés (Dureté totale, MDT) et mesurés (pH, Température), les concentrations et mesures doivent être comparées aux normes du règlement sur la qualité de l'eau potable du MDDEP (MDDEP, 2008) et aux recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada du Comité fédéral-provincial-territorial sur la santé et l'environnement (CFPT, 2010) présentées dans le tableau 1.

3 REPRÉSENTATION DES LIVRABLES

3.1 Représentation retenue

La représentation retenue (figure 2, page 8) pour le livrable est de résumer pour chaque échantillon le nombre de dépassements de CMA et de OE tout en référant sur l'aquifère d'origine de l'échantillon (roc ou granulaire) et l'origine de la donnée (échantillon PACES ou données existantes) en utilisant comme fond de carte la version dite « hillshade » du modèle numérique de terrain présenté au livrable 3.3. De plus, un tableau de statistiques descriptives de tous les paramètres avec des CMA (livrable 3.24) et des OE (livrable 3.25) sera incorporé au livrable (figure 2, page 8). Il est à noter sur la figure 2 l'intégration d'un tableau Le tableau 3 résume les caractéristiques de la légende pour les livrables 3.24 Qualité de l'eau (critères d'eau potables) et 3.25 Qualité de l'eau (objectifs esthétiques).

Tableau 3 : Résumé des caractéristiques de la légende pour la représentation retenue.

Livrable	Symboles (pour un échantillon)	Couleur du symbole	Grosueur du symbole	Texture du symbole (source des données)
3.24	Cercle : aquifère granulaire	Blanc	Elle varie en fonction du nombre de dépassements de CMA	Sans texture : échantillon PACES
3.25	Carré : aquifère de roc		Elle varie en fonction du nombre de dépassements d'OE	Texture croisée : données existantes

Le tableau de données qui sera utilisé pour la représentation graphique devra au minimum contenir les informations présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Exemple d'informations nécessaires pour construire la couche « .lyr » de ArcGIS pour la représentation retenue.

Nom puits	X (m)	Y (m)	Source	Aquifère	NB>CMA	NB>OE
TLAM-P1	706910.084	5365844.63	Données existantes	Roc	1	4
TLAM-P2	707340.378	5365848.93	Échantillon PACES	Granulaire	1	1
TLAM-P3	708519.578	5365980.3	Données existantes	Roc	3	2
TSSM-P1	705807.052	5370919.18	Échantillon PACES	Roc	5	4
TSSM-P2	705807.753	5370919.97	Données existantes	Granulaire	4	1
TSSM-P6	707581.049	5370893.04	Échantillon PACES	Granulaire	2	2
TSAM-P1	706782.958	5379258.54	Données existantes	Granulaire	3	4
TSAM-P5	705944.4	5378516.79	Échantillon PACES	Roc	6	1
PZ-5-91	708028.197	5376477.32	Données existantes	Granulaire	1	2
PZ-4-90	705154.6	5380778.5	Échantillon PACES	Granulaire	2	4
PZ-1-91	706233.121	5379277.12	Données existantes	Roc	1	1
PZ-2-2007	704781.83	5381180.67	Données existantes	Roc	3	4
PZ-3-91	706332.458	5377227.48	Échantillon PACES	Granulaire	2	1
PZ-8-91	707361.521	5378399.24	Échantillon PACES	Granulaire	1	2

3.2 Représentation à explorer

3.2.1 Représentation retenue modifiée

La représentation à la figure 3 (page 9) est une version modifiée de la représentation retenue. Le changement est attribuable à l'addition d'une couleur au symbole autre que blanc qui représente une combinaison particulière de paramètres qui ne respectent pas les critères de qualités. Par exemple, pour deux échantillons qui présentent le mêmes nombre de dépassements (même dimension), leurs couleurs varieront selon les paramètres responsables du nombre de dépassements. Cette forme de représentation pourrait être pratique dans le cas où il y a que quelques combinaisons de paramètres. Au-delà d'un certain nombre, la trop grande quantité de couleur combinée aux différents symboles et aux différentes grosseurs pourrait rendre l'information difficile à déchiffrer. Le tableau 5 présente le tableau de données qui serait utilisé pour la représentation retenue modifiée.

Tableau 5 : Données nécessaires pour construire la couche « .lyr » de ArcGIS pour la représentation retenue modifiée.

Nom puits	X (m)	Y (m)	Combinaisons_OE	Aquifère	NB>CMA	NB>OE	Source
TLAM-P1	706910.084	5365844.633	Fe Mn Na Cl	Roc	1	4	Données existantes
TLAM-P2	707340.378	5365848.931	Mn	Granulaire	1	1	Échantillon PACES
TLAM-P3	708519.578	5365980.298	Na Cl	Roc	3	2	Données existantes
TSSM-P1	705807.052	5370919.175	Fe Mn Na Cl	Roc	5	4	Échantillon PACES
TSSM-P2	705807.753	5370919.965	Mn	Granulaire	4	1	Données existantes
TSSM-P6	707581.049	5370893.036	Na Cl	Granulaire	2	2	Échantillon PACES
TSAM-P1	706782.958	5379258.541	Fe Mn Na Cl	Granulaire	3	4	Données existantes
TSAM-P5	705944.4	5378516.791	Mn	Roc	6	1	Échantillon PACES
PZ-5-91	708028.1971	5376477.315	Na Cl	Granulaire	1	2	Données existantes
PZ-4-90	705154.6003	5380778.5	Fe Mn Na Cl	Granulaire	2	4	Échantillon PACES
PZ-1-91	706233.1212	5379277.124	Mn	Roc	1	1	Données existantes
PZ-2-2007	704781.8301	5381180.668	Fe Mn Na Cl	Roc	3	4	Données existantes
PZ-3-91	706332.4577	5377227.484	Mn	Granulaire	2	1	Échantillon PACES
PZ-8-91	707361.5208	5378399.243	Na Cl	Granulaire	1	2	Échantillon PACES

3.2.2 Représentation en pointes de tarte

Une autre représentation possible est celle s'appuyant l'utilisation des symboles en pointes de tarte (figure 4, page 10). L'utilisation de ce type de symbole de forme circulaire, permettrait de représenter pour chaque échantillon les différents problèmes de qualité, l'aquifère d'origine ainsi que la source des données. De plus, la grosseur du symbole pourrait être proportionnelle à la matière dissoute totale calculée (MDT). Cette représentation implique que la MDT soit calculée pour tous les échantillons, peut importe les résultats du bilan ionique (BI). Le tableau 6 résume les caractéristiques de la légende dans le cas de l'utilisation de ce type de représentation.

Tableau 6 : Résumé des caractéristiques de la légende pour la représentation en pointes de tarte.

Livable	Symbole	Couleur du symbole	Grosueur du symbole	Texture de la pointe du type d'aquifère
3.24	Cercle	Aquifère d'origine et dépassement de critères de qualité sont représentés par des pointes de tarte, toutes de couleur différente	La grosseur de la tarte est proportionnelle à la MDT	Sans texture : échantillon PACES
3.25			La grosseur des pointes varient en fonction du nombre de pointes représentées	Texture croisée : données existantes

Le tableau des données qui seraient utilisées pour la représentation graphique en pointes de tarte devra au minimum contenir les informations présentées dans le tableau 7.

Tableau 7 : Exemple d'informations nécessaires pour construire la couche « .lyr » de ArcGIS pour la représentation en pointes de tarte.

Nom puits	X (m)	Y (m)	F e	M n	N a	C l	Roc PACES	Roc existantes	Granulaire PACES	Granulaire existantes	MDT (mg/L)
TLAM-P1	706910.084	5365844.633	1	1	1	1	0	1	0	0	10
TLAM-P2	707340.378	5365848.931	0	1	0	0	0	0	1	0	25
TLAM-P3	708519.578	5365980.298	0	0	1	1	1	0	0	0	30
TSSM-P1	705807.052	5370919.175	1	1	1	1	0	1	0	0	100
TSSM-P2	705807.753	5370919.965	0	1	0	0	0	0	0	1	50
TSSM-P6	707581.049	5370893.036	0	0	1	1	0	0	1	0	45
TSAM-P1	706782.958	5379258.541	1	1	1	1	0	0	0	1	65
TSAM-P5	705944.4	5378516.791	0	1	0	0	1	0	0	0	70
PZ-5-91	708028.1971	5376477.315	0	0	1	1	0	0	1	0	80
PZ-4-90	705154.6003	5380778.5	1	1	1	1	0	0	0	1	34
PZ-1-91	706233.1212	5379277.124	0	1	0	0	0	1	0	0	22
PZ-2-2007	704781.8301	5381180.668	1	1	1	1	1	0	0	0	18
PZ-3-91	706332.4577	5377227.484	0	1	0	0	0	0	1	1	3
PZ-8-91	707361.5208	5378399.243	0	0	1	1	0	0	1	0	92

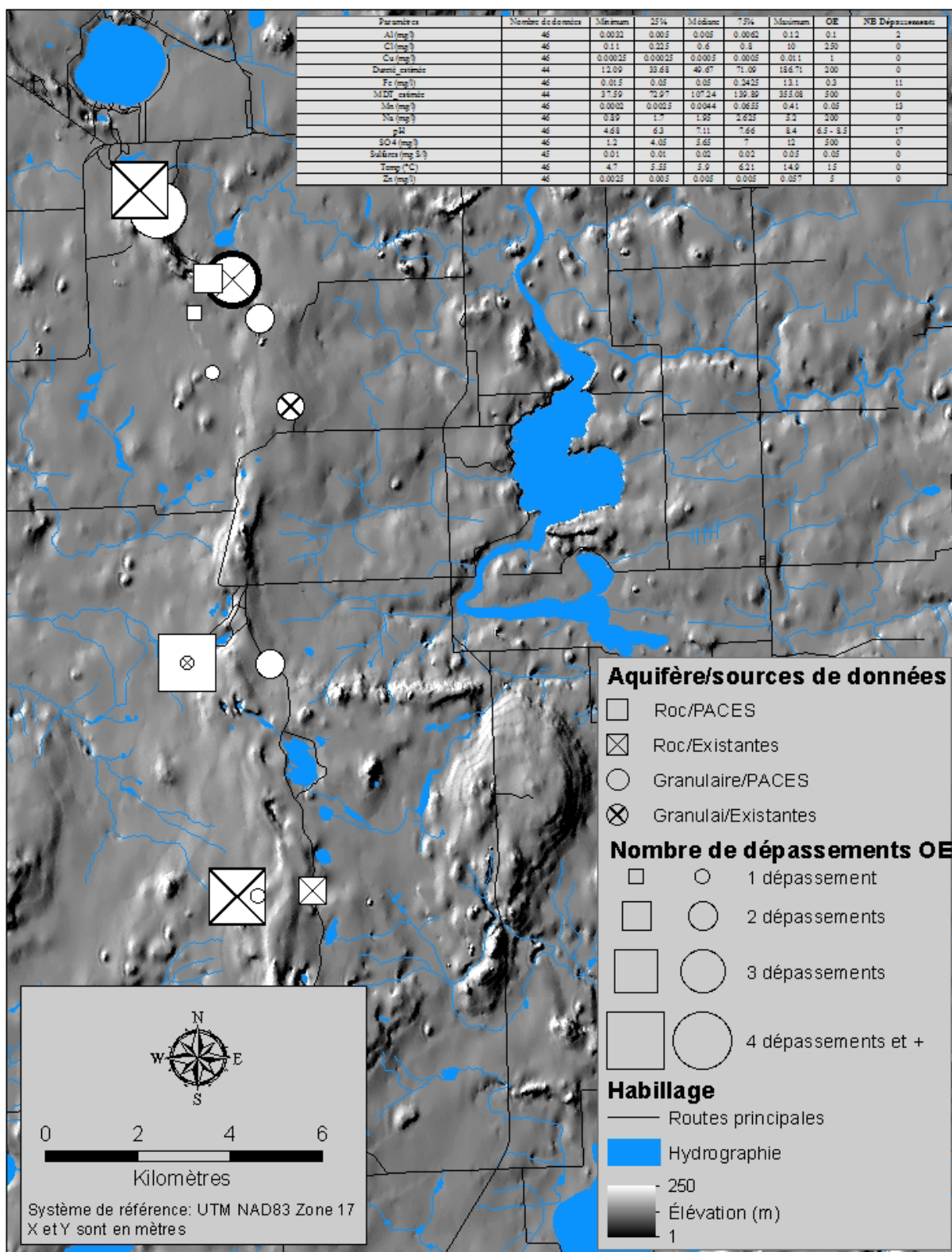


Figure 2 : Résultat visuelle de la représentation graphique retenue.

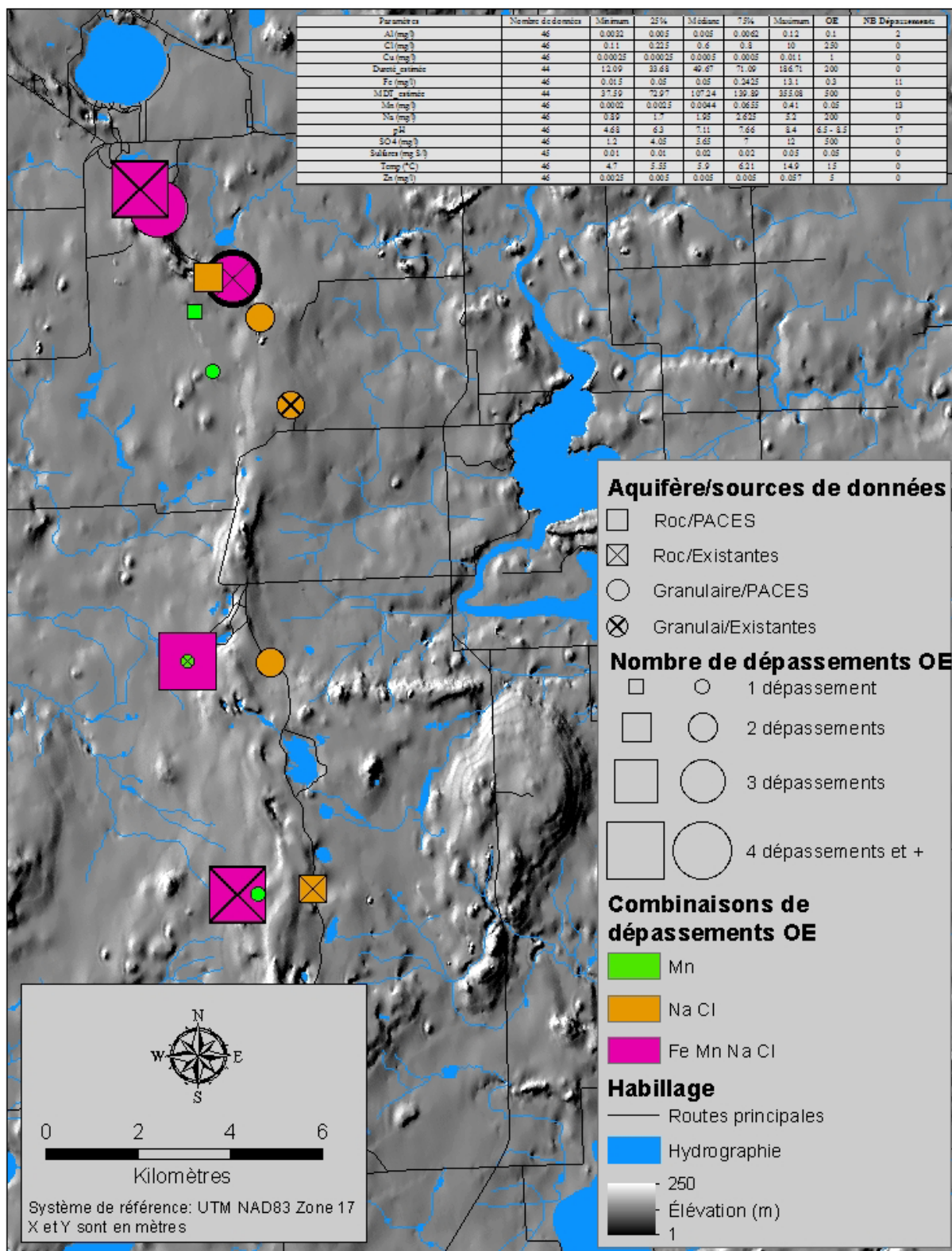


Figure 3 : Résultat visuelle de la représentation graphique retenue modifiée.

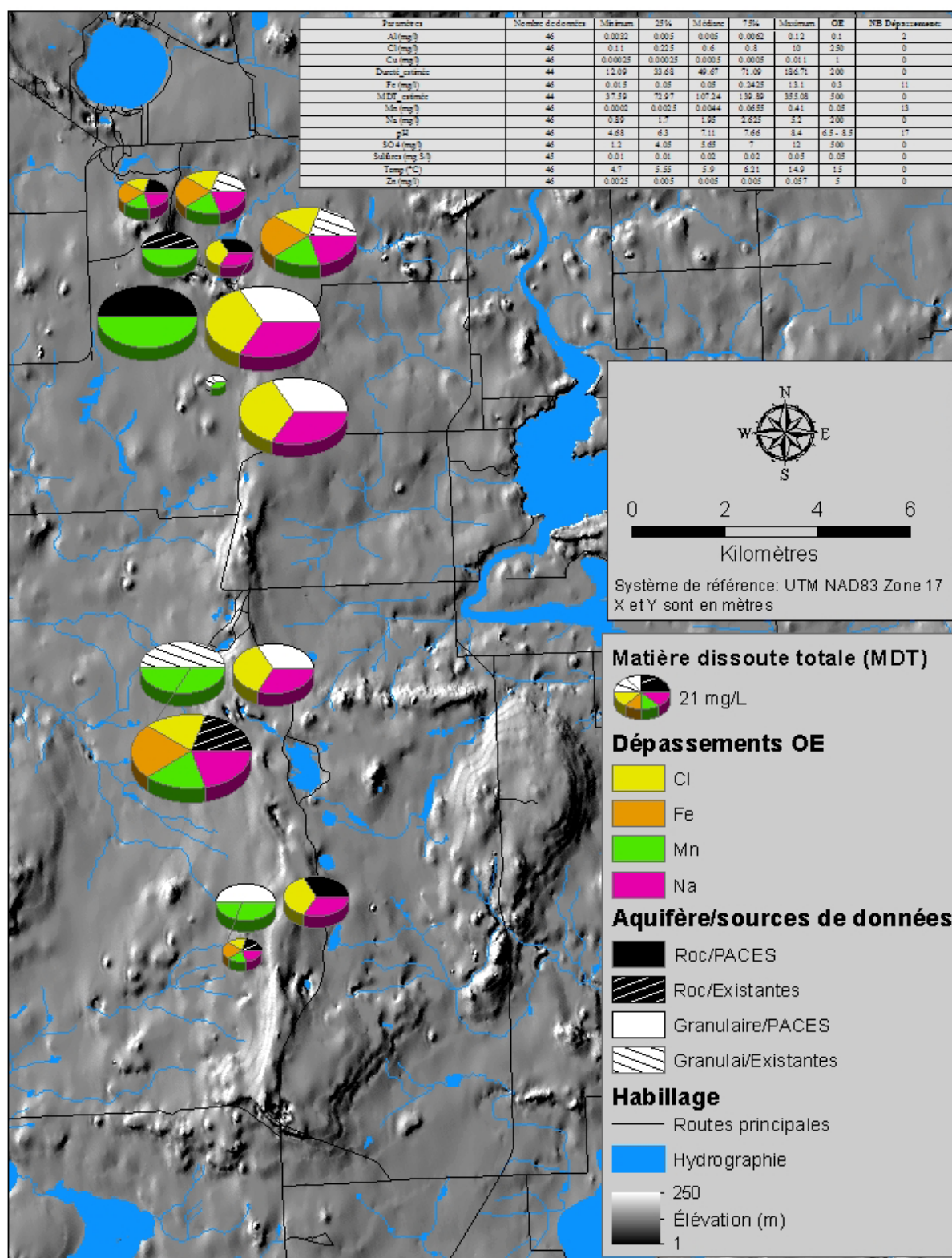


Figure 4 : Résultat visuelle de la représentation graphique en pointes de tartes.

Références

Appelo, C. A. J. Postma, D., 2005. Geochemistry, groundwater and pollution London, A.A. BALKEMA PUBLISHERS, 649p.

Hounslow, A. W., 1995. Water quality data; analysis and interpretation, Boca Raton, Florida, Lewis Publishers, 397 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. (2008) Règlement sur la qualité de l'eau potable. Gouvernement du Québec, première version publiée en juin 2001, dernière modification en juin 2008.

URL : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/annexe.htm#inorganique>

Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable (2010) Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Tableau sommaire. Comité fédéral-provincial-territorial sur la santé de l'environnement, décembre 2010, 16p.

URL : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/2010-sum_guide-res_recom/sum_guide-res_recom-fra.pdf