
**MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DES
FORÊTS**

**ÉCHANTILLONNAGE GÉOCHIMIQUE
DE SÉDIMENTS DE FOND DE LACS**

**PROJET SECTEUR DU LAC GOCHIGAMI
117840528-2023-02 (2023GO)**

RAPPORT TECHNIQUE D'OPÉRATIONS

Réf. : P23-016

OCTOBRE 2023





**MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DES
FORÊTS**

**ÉCHANTILLONNAGE GÉOCHIMIQUE
DE SÉDIMENTS DE FOND DE LACS**

**PROJET SECTEUR DU LAC GOCHIGAMI
117840528-2023-02 (2023GO)**

RAPPORT TECHNIQUE D'OPÉRATIONS

Référence : P23016

Par

GEO DATA SOLUTIONS GDS INC.

4402 Louis-B. Mayer
Laval, Québec, H7P 0G1
Tel.: (450) 934-7194
Fax: (450) 934-7196

OCTOBRE 2023



TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION.....	1
2.	PERSONNEL IMPLIQUÉ	4
2.1	Chargé de projet : M. Mouhamed Moussaoui	4
2.2	Chef d'équipe : M. Cédric Ducharme-Moussaoui.....	4
2.3	Assistant du chef d'équipe : M. Oumar aljabre	4
2.4	Échantillonneurs	4
2.5	Pilote et technicien.....	5
2.6	Produits Finaux	5
3.	DESCRIPTION DES TRAVAUX ET MÉTHODOLOGIE	6
3.1	Région à échantillonner	6
3.2	Base d'opérations.....	6
3.3	Formation et entraînement du personnel.....	6
3.4	Hélicoptère et équipement	7
3.5	Planification des traverses.....	9
3.6	Échantillonnage.....	9
3.7	Réception des échantillons et détermination du pH et de la couleur	10
3.8	Séchage	12
3.9	Préparations des produits finaux	13
4.	DÉROULEMENT DES TRAVAUX D'ÉCHANTILLONNAGE	14
5.	CONCLUSIONS	15

LISTE DES ANNEXES

- Annexe A : Exemple de fiche de renseignements de terrain
Annexe B : Le pH-mètre Hanna HI991002



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Échantillonneurs impliqués.....	5
Tableau 2: Statistiques de production.....	14

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation du secteur échantillonné – Lac Gochigami.....	2
Figure 2: Hélicoptère Bell 206B utilisé.....	7
Figure 3: Tablette avec Système de navigation et GPS auxiliaire.....	8
Figure 4: Installation typique.....	8
Figure 5: Instrumentation de détermination du pH.....	11
Figure 6: Livre de couleurs du sol Munsell.....	11
Figure 7: Feuille de plastique pour évaluation de la couleur.....	12
Figure 8: Support de séchage.....	13



1. INTRODUCTION

Entre le 21 août et le 1 septembre 2023, GEO DATA SOLUTIONS GDS INC. (GDS) a réalisé un projet d'échantillonnage de sédiments de lacs dans la région de la Baie James pour le compte du ministère des Ressources Naturelles et des Forêts (MRNF). Le levé a été effectué dans la région à l'est de la Baie James. La base d'opérations fut établie au Camp 510, sur la Route 167, à 250 km au nord-est de la ville de Chibougamau.

La région à échantillonner était constituée d'un seul bloc d'environ 2 225 km², du côté nord du Lac Mistassini. 1514 sites répartis sur tout le territoire ont été échantillonnés. Sur environ 5% des sites (80 sites), un échantillon et un duplicata ont été recueillis, montant à 1594 le nombre total d'échantillons recueillis. La densité d'échantillonnage du levé était approximativement d'un site par 1,5 kilomètre carré.

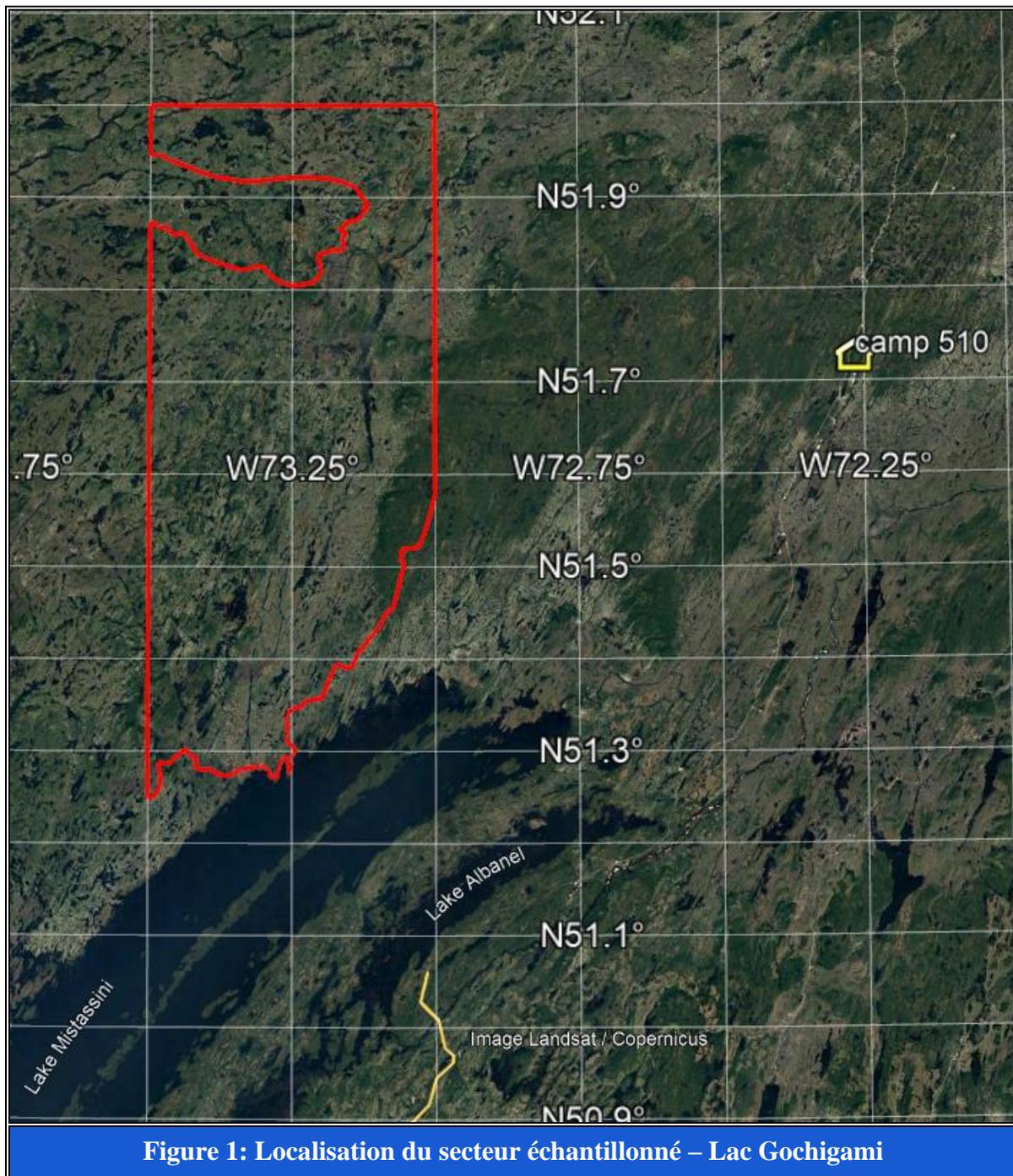


Figure 1: Localisation du secteur échantillonné – Lac Gochigami

L'objectif de ce projet était d'obtenir des échantillons de lac de qualité, dans des délais raisonnables et selon les méthodologies prescrites.

Dans le cadre de la réalisation de ce mandat, **GDS** a:

- prélevé les échantillons selon les spécifications contractuelles;
- localisé les sites échantillonnés;
- saisi les informations de terrain conformément aux spécifications contractuelles;
- mesuré et noté le pH, en plus d'évaluer la couleur selon le nuancier de Munsell;



- séché les échantillons;
- effectué toutes les vérifications permettant de résoudre les problèmes avant de soumettre les échantillons au **MRNF**;
- préparé les produits finaux.

Le matériel remis par **GDS** au **MRNF** comprend entre autres:

- les échantillons de sédiments de lac, avec leurs numéros dans chaque sac;
- un fichier MS Excel des localisations et renseignements de terrain selon le format prescrit;
- un fichier MS Excel des codes de couleur issu du nuancier de Munsell pour chacun des échantillons;
- un rapport technique.

2. PERSONNEL IMPLIQUÉ

2.1 CHARGÉ DE PROJET : M. MOUHAMED MOUSSAOUI

En tant que chargé de projet, M. Mouhamed Moussaoui a supervisé le déroulement des travaux à partir du bureau de GDS. M. Moussaoui était responsable de l'application des normes, règles et exigences contractuelles. Il était disponible en tout temps vis-à-vis l'équipe ainsi qu'avec le représentant du ministre au téléphone, par courriel et par l'application Skype.

2.2 CHEF D'ÉQUIPE : M. CÉDRIC DUCHARME-MOUSSAOUI

Pour la réalisation du mandat, M. Ducharme-Moussaoui a agi en tant que chef d'équipe. Il a supervisé et participé aux travaux de terrain. M. Ducharme-Moussaoui a été présent sur le terrain durant toute la période du projet, allant du 18 août au 1 septembre.

Il était chargé de:

- la logistique sur le terrain et l'exécution des travaux;
- la vérification de la qualité et de la quantité du matériel échantillonné;
- du séchage et de l'envoi des échantillons;
- la préparation et la livraison des échantillons au bureau du **MRNF**

2.3 ASSISTANT DU CHEF D'ÉQUIPE : M. OUMAR ALJABRE

M. Aljabre avait la responsabilité de seconder M. Ducharme-Moussaoui dans l'ensemble des opérations de terrain. M. Aljabre s'est occupé, entre autres, du bon fonctionnement du laboratoire et de la prise de données, de la rédaction des rapports quotidiens faisant état des faits saillants ainsi que de la préparation pour l'envoi des échantillons. Il a été présent sur le terrain à partir du 28 août.

2.4 ÉCHANTILLONNEURS

L'équipe comprenait 4 échantillonneurs qui, à tour de rôle, prélevait les échantillons. Chacun des membres de l'équipe était conscientisé à l'importance d'une qualité constante dans l'exécution des différentes tâches menant à bien l'accomplissement de ce projet.

Les échantillonneurs étaient responsables :

- d'effectuer le prélèvement des échantillons de fond de lac;
- de l'entretien du matériel d'échantillonnage;
- de porter assistance pour le séchage et la prise du pH;
- de préparer les flacons nécessaires à la prise de pH et à l'évaluation des couleurs;
- d'évaluer la couleur de chacun des échantillons selon le nuancier de Munsell.

Quatre échantillonneurs furent impliqués lors des travaux de terrain:

Tableau 1: Échantillonneurs impliqués	
Nom	Présence sur le terrain
Jean-Michel Caty	21 août au 1 septembre
Denis Dokys	22 août au 1 septembre
Benjamin Aucuit	22 août au 1 septembre
Jean Ionescu	28 août au 1 septembre

2.5 PILOTE ET TECHNICIEN

GDS a bénéficié de l'expérience du pilote d'hélicoptère Kelven Jones provenant de la firme Expedition Helicopters. Un technicien d'entretien d'aéronefs, Benjamin Webster, était également sur place.

2.6 PRODUITS FINAUX

La rédaction du rapport technique et la vérification des fichiers fournis ont été réalisées par M. Khan et M. Moussaoui.

3. DESCRIPTION DES TRAVAUX ET MÉTHODOLOGIE

3.1 RÉGION À ÉCHANTILLONNER

L'ensemble du projet était constitué d'une seule région à échantillonner, située au nord-ouest du lac Mistassini.

3.2 BASE D'OPÉRATIONS

En tenant compte de l'étendue du territoire à couvrir, une seule base d'opérations a été utilisée. Cette base était installée au Camp 510, sur la Route 167.

Ce campement a fourni les services de logement et les repas quotidiens pour le personnel ainsi que de l'espace pour stationner l'hélicoptère et de locaux pour la planification quotidienne et l'entreposage du matériel.

L'équipe s'est servie d'un bureau comme poste de travail pour mesurer le pH ainsi que pour faire la classification Munsell des échantillons (voir section 3.7). La base était accessible par la route. Un camion et deux voitures ont été utilisés pour transporter le personnel, le matériel et les échantillons.

3.3 FORMATION ET ENTRAÎNEMENT DU PERSONNEL

Tel que spécifié à la section 2.0, l'équipe de terrain comprenait le personnel suivant:

1 chef d'équipe
1 assistant chef d'équipe
4 échantillonneurs
1 pilote
1 technicien d'entretien d'aéronefs

Avant les travaux de terrain, les échantillonneurs ont eu une période d'entraînement sur le site afin :

- de se familiariser avec le secteur à étudier;
- d'apprendre la bonne technique d'échantillonnage à utiliser;
- de recevoir et retenir les informations pertinentes concernant les dangers de contamination et les façons de l'éviter, ainsi que les soins à apporter à l'échantillonnage.

3.4 HÉLICOPTÈRE ET ÉQUIPEMENT

L'hélicoptère Bell 206B (fig. 2), avec long rayon d'action utilisé lors de ce projet, était affrété de la firme Expedition Helicopters. Cette compagnie possède sa base d'opérations à Cochrane, Ont., de telle sorte qu'elle pouvait offrir les services d'entretien, de réparation et de remplacement d'aéronef, advenant le besoin.



Figure 2: Hélicoptère Bell 206B utilisé

L'hélicoptère était muni d'une tablette avec récepteur GPS, ainsi que de l'application Avenza Maps Pro. Ce système a fourni au pilote et navigateur, une vue d'ensemble de la région ainsi que l'azimut à suivre et la distance les séparant du prochain site. Ceci a permis de localiser rapidement chaque site à échantillonner et d'enregistrer la position exacte du prélèvement. La route suivie par l'hélicoptère était enregistrée numériquement à toutes les secondes, sur la tablette ainsi que sur un GPS auxiliaire.

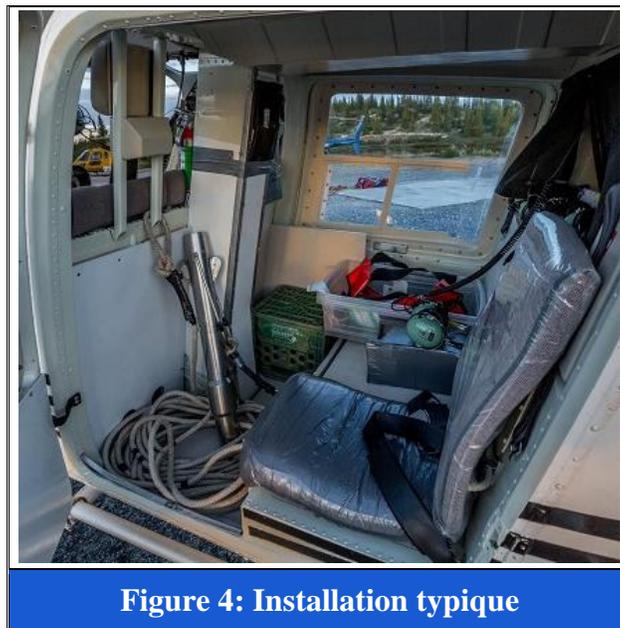
En plus du système de navigation, des cartes topographiques étaient utilisées. Tout comme avec la tablette, ces cartes indiquaient la route à suivre et chaque site à visiter, permettant une navigation autonome dans le cas d'une défaillance du système de navigation ou du récepteur GPS.

Les outils nécessaires au prélèvement des échantillons (sondes, sacs de papier, sacs polythène, etc.) et à leur identification (fiches, carte topographique, etc.) étaient maintenus en bon ordre par les membres de l'équipe.



Chaque échantillon était prélevé à l'aide d'un échantillonneur du type "sonde cylindrique gravifique" fabriqué en acier inoxydable retenu par une corde de 30m de longueur. Cette sonde s'est avérée par le passé sûre et très efficace et au cours des nombreux mandats réalisés par la compagnie, elle fut améliorée.

Une fois prélevés, les échantillons étaient proprement conservés dans un plateau à côté de l'échantillonneur en attendant le retour à la base.



3.5 PLANIFICATION DES TRAVERSES

Une journée d'échantillonnage typique comporte 3 traverses de 30 à 50 sites chacune. Dans le but d'optimiser les déplacements en hélicoptère, les traverses sont normalement de forme elliptique.

Selon la progression de la journée, la planification des traverses du lendemain se fait en soirée. Le chef d'équipe identifie d'abord le statut des sites visités en vérifiant sur la carte en papier pendant que l'assistant chef d'équipe vérifie sur ordinateur le trajet de l'hélicoptère pour déceler toute anomalie pour ensuite reporter cette information sur un jeu de cartes numériques. Ayant maintenant une vue d'ensemble du projet, le chef d'équipe choisit stratégiquement les prochains sites à échantillonner. Une fois la planification des nouvelles traverses terminée, il les reporte sur les cartes de travail et génère les fichiers nécessaires au système de navigation.

3.6 ÉCHANTILLONNAGE

À l'aide des cartes topographiques et du système de navigation, le site à échantillonner est rapidement repéré. L'hélicoptère amorce aussitôt sa descente et se pose à l'endroit prévu. Après s'être assuré de la concordance entre le numéro de la carte de renseignements, celui inscrit sur le sac d'échantillon et le talon amovible inséré dans ce dernier, l'échantillonneur ouvre la porte, la tient en place et laisse tomber verticalement la sonde dans l'eau. L'échantillonneur veille à ce que la corde de 30m puisse se mouvoir librement pour éviter de ralentir le mouvement de la sonde. Une fois la descente terminée, la sonde est aussitôt remontée en prenant soin de vérifier la profondeur indiquée sur la corde graduée.

Le matériel prélevé était composé d'un très fort pourcentage de matière organique sursaturée d'eau. Il sera souvent gélatineux et contiendra aussi un certain pourcentage de matière minérale très fine. L'échantillon est glissé dans le sac de papier dont l'ouverture est aussitôt pliée. Bien fermé, le sac de papier est rapidement inséré dans un sac de plastique qui est par la suite noué protégeant ainsi de la contamination l'échantillon fraîchement recueilli. La sonde et l'espace de travail sont ensuite rincés abondamment avec l'eau du lac, la porte est refermée et l'hélicoptère décolle pour se diriger vers le prochain site. La couleur de l'échantillon et sa profondeur seront communiquées au navigateur qui les inscrira sur la fiche de renseignements correspondante.

Les éléments à analyser étant généralement présents dans l'échantillon en quantité infime (parties par million), l'échantillonneur prenait donc des mesures pour éviter sa contamination lors de sa manipulation et de son transport. Il évitait aussi d'échantillonner aux abords immédiats de sources artificielles de contamination. Lors de la période de formation, chaque échantillonneur était sensibilisé au risque de contamination et la façon de l'éviter.

Les cartes de renseignements de terrain (annexe A) ont été remplies par le navigateur sur les sites mêmes de prélèvement et une nouvelle carte a été utilisée pour chaque échantillon prélevé. Les cartes étaient divisées en cases ou groupes de cases correspondant chacune à un type d'information déterminé. Ces groupes de cases contiennent 1, 2, 3 ou 4 colonnes verticales dans lesquelles le navigateur devait, immédiatement après le prélèvement de l'échantillon, inscrire le numéro correspondant à diverses informations pertinentes telles que profondeur, couleur et son intensité, présence d'oxydation, contamination, l'heure GPS et la date de l'échantillonnage (annexe A).

Toute correction sur les fiches de renseignements devait être effectuée, proprement et sans ambiguïté. Une vérification postérieure à l'échantillonnage a été effectuée pour vérifier si toutes les données inscrites sur les cartes de renseignements étaient conformes et lisibles.

3.7 RÉCEPTION DES ÉCHANTILLONS ET DÉTERMINATION DU PH ET DE LA COULEUR

Suivant chaque jour de production, les échantillons recueillis sont triés selon leur numérotation. Un par un, les sacs de plastique sont dénoués et l'ouverture du sac de papier dépliée tout en gardant sa base dans le sac de plastique, évitant ainsi le contact avec la surface de travail. À l'aide d'une cuillère propre, une partie de l'échantillon est prélevée et mise dans une fiole numérotée correspondante dans le but d'en prendre le pH.

Une autre partie de l'échantillon était également prélevée dans le but d'en évaluer la couleur selon le nuancier de Munsell.

Le sac d'échantillon est ensuite replié et accroché pour le séchage (fig. 8). Le sac de plastique est jeté et la cuillère rincée abondamment avant de poursuivre avec un autre échantillon.

Aussitôt les échantillons installés au séchoir, les fioles et les cartes de renseignements correspondantes sont transportées au poste de travail où la mesure du pH est effectuée (fig. 5). Avant chaque série de détermination, le pH mètre (Hanna HI991002) était calibré de façon à obtenir une précision de 0,1 unité de pH.

La procédure courante de prise de pH est la suivante:

- Ajouter de l'eau déminéralisée dans la fiole de façon que le matériel devienne à peine sursaturé d'eau;
- Bien brasser et laisser reposer environ cinq minutes;
- Faire la mesure à l'aide du pH mètre (annexe B);
- Descendre délicatement l'électrode dans la solution en s'assurant de recouvrir la pointe sensible. Attendre quelques secondes pour que l'appareil se stabilise;
- Reporter la lecture du pH dans les cases appropriées de la carte de renseignements de terrain.

Après avoir terminé les lectures de pH de la journée, les fioles étaient bien nettoyées et le pH mètre nettoyé et entreposé conformément au mode d'emploi de l'appareil.



Figure 5: Instrumentation de détermination du pH

L'évaluation de la couleur sur les échantillons humides et secs s'est faite de la façon suivante:

- Verser le matériel prélevé précédemment et l'étendre dans la case correspondante sur une feuille de plastique spécialement préparée pour obtenir un échantillon d'environ 20x3 mm;
- Évaluer la couleur de l'échantillon à son état humide selon le nuancier de Munsell en utilisant le livre de couleurs du sol ('Munsell Soil Colour Book'), indiqué ci-dessous;
- Laisser reposer de 36 à 48 heures;
- Ré-évaluer l'échantillon à son état sec;
- Reporter les lectures (état humide et sec) des codes de couleur dans un chiffrier électronique.

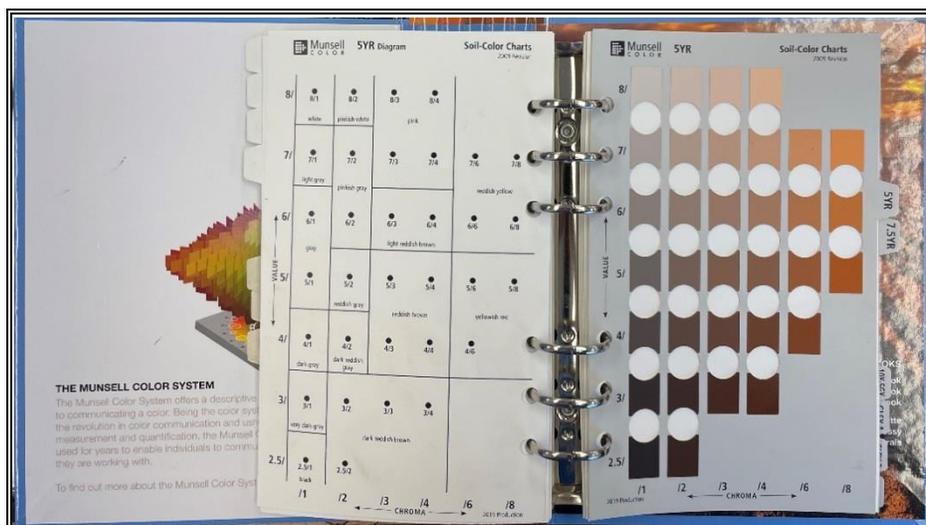


Figure 6: Livre de couleurs du sol Munsell

La feuille de plastique, qui pouvait contenir environ 250 échantillons, était lavée et séchée pour

une prochaine utilisation.

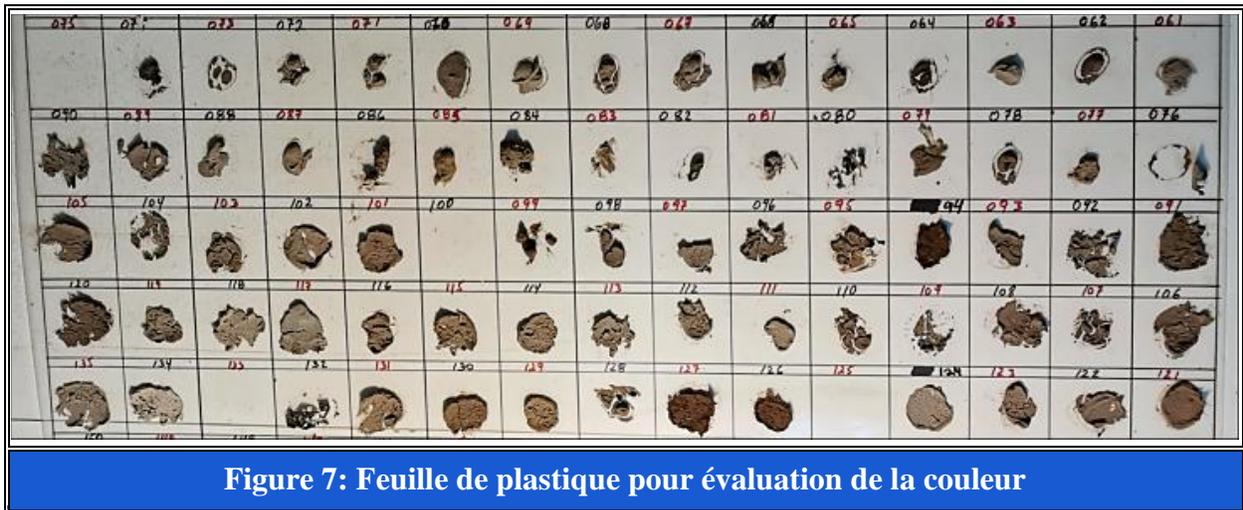


Figure 7: Feuille de plastique pour évaluation de la couleur

3.8 SÉCHAGE

Le site de séchage était constitué d'un support de bois, pouvant recevoir environ 750 échantillons installés à l'intérieur d'un abri sécuritaire, à l'épreuve des intempéries et bien ventilé (fig. 8). Les mêmes préoccupations étaient présentes lors de la manipulation et du séchage des échantillons. Ainsi on veilla à ce que les échantillons soient accrochés à l'aide de supports non-contaminants (bois et clous d'aluminium) et que chaque sac soit disposé de façon à ne pas dégoutter sur d'autres sacs. Une chaufferette et une bonne ventilation ont été utilisées pour accélérer le séchage qui nécessite normalement trois jours.

Une fois les échantillons séchés, ceux-ci ont été vérifiés, retriés et mis chacun dans un sac de plastique. Par série d'environ 100 sacs, ils ont été classés dans une boîte de carton robuste, bien identifiée et à l'abri de l'humidité.

Lors du projet, les échantillons secs ont été transportés par camion au bureau du **MRNF** à Val-d'Or le 3 septembre.



Figure 8: Support de séchage

3.9 PRÉPARATIONS DES PRODUITS FINAUX

De retour au bureau chef de GDS, la préparation des produits finaux se mit en branle. Suite à une vérification approfondie de tous les paramètres relatifs aux échantillons, toute l'information des cartes de renseignements, les coordonnées et le fuseau UTM de chacun des sites de prélèvement ont été saisis et sauvegardés dans un fichier de type chiffrier électronique.

De plus, un autre fichier électronique contenant les codes de couleurs selon le nuancier de Munsell fut remis au **MRNF**. Ce fichier présente, pour chacun des échantillons, les codes de couleurs des échantillons à leur état humide et puis sec.

4. DÉROULEMENT DES TRAVAUX D'ÉCHANTILLONNAGE

La mobilisation du personnel et des équipements à partir du bureau de Laval a débuté le 18 août et l'équipe complète était présente au Camp 510 le 28 août. La mise en place des espaces de travail tels que le séchoir à échantillons, le laboratoire pour la prise du pH, le bureau pour la planification et le rangement du matériel a été complétée le 20 août.

Le 20 août, l'hélicoptère, son pilote et un technicien d'entretien d'aéronefs rejoignent l'équipe. Tout le nécessaire est aussitôt mis en place à l'intérieur de l'appareil afin d'être prêt pour la production.

En omettant la mobilisation et la démobilisation, le nombre total d'heures de vol de l'hélicoptère pour l'ensemble du projet fut de 94 heures réparties en 25 vols. Le nombre total d'échantillons prélevés étant de 1594, nous obtenons une moyenne de production de 17 échantillons/heure. Pendant la période de 12 jours qu'a duré l'échantillonnage, il y a eu 2 jours de repos pour le pilote et l'équipe.

Le tableau suivant résume la production quotidienne sur l'étendue totale du secteur couvert.

Tableau 2: Statistiques de production			
Date	Éch./jr	Heures de vol	Moyenne d'échantillonnage (éch./heure)
2023-08-21	175	9.2	19.0
2023-08-22	202	10.6	19.1
2023-08-23	177	11.1	15.9
2023-08-24	179	10.6	16.9
2023-08-25	Pas de vol		
2023-08-26	124	7.8	15.9
2023-08-27	163	10.7	15.2
2023-08-28	140	8.7	16.1
2023-08-29	84	6.0	14.0
2023-08-30	200	10.9	18.4
2023-08-31	Pas de vol		
2023-09-01	150	8.4	17.9
	1594	94	17



5. CONCLUSIONS

Mandaté par le ministère des Ressources Naturelles et des Forêts (**MRNF**), **Geo Data Solutions GDS Inc. (GDS)** a réalisé avec succès, entre le 21 août et 1 septembre 2023, une campagne d'échantillonnage hélicoptérée de 1594 échantillons dans une région au nord du lac Mistassini. La densité d'échantillonnage était en moyenne d'un échantillon par 1.5 km².

En excluant les mobilisations initiale et finale, au total, 94 heures d'hélicoptère furent nécessaires pour réaliser l'ensemble des travaux. Le rendement global moyen fut de 17 échantillons à l'heure.

À elles seules, les activités de prélèvement ont nécessité 10 jours d'échantillonnage. La saisie et compilation des données, ainsi que la rédaction du rapport technique, ont été faites dès le retour au bureau de GDS à Laval.

Respectueusement présenté,

23 octobre 2023

Khorram Khan, géo. (OGQ #2152)
Geo Data Solutions GDS Inc.

Date

ANNEXE A

EXEMPLE DE FICHE DE RENSEIGNEMENTS DE TERRAIN

Année			Échantillonnage géochimique											
128099			Fiche de renseignements de terrain											
Type d'échantillon		Profondeur de l'échantillon						Intensité et couleur de l'échantillon			Contamination	Présence de taches nodules ou oxydation		
		Mètre(s)			Centimètre(s)			intensité	couleur			intensité	couleur	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
pH		Date de l'échantillonnage						Numéro de projet						
unité(s)	centimètre(s)	Année		Mois		Jour								
47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
Commentaires numériques libres												MERN Avril 2016		
78	79	80	81	82	83	84	85	86	87					

Couleur de l'échantillon	
01	Blanc
02	Gris
03	Noir
04	Beige
05	Jaune
06	Ocre, Rouille
07	Orange
08	Rose
09	Rouge
10	Brun pâle
11	Brun
12	Brun foncé
13	Bleu
14	Vert

ANNEXE B

LE pH-MÈTRE HANNA HI991002



Testeur pH/ORP/T° Hanna HI991002

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

pH Range	-2.00 to 16.00 pH
pH Resolution	0.01 pH
pH Accuracy	±0.02 pH
pH Calibration	automatic, at one or two points with two sets of standard buffers (pH 4.01 / 7.01 / 10.01 or pH 4.01 / 6.86 / 9.18)
mV Range	±1999 mV
mV Resolution	1 mV
mV Accuracy	±2 mV
Temperature Range	-5.0 to 105.0°C / 23.0 to 221.0°F
Temperature Resolution	0.1°C / 0.1°F
Temperature Accuracy	±0.5°C (up to 60°C); ±1.0°C (outside) / ±1°F (up to 140°F); ±2.0°F (outside)
Temperature Compensation	automatic from -5.0 to 105.0°C (23 to 221°F)
Electrode/Probe	HI1297D pre-amplified pH/ORP probe with internal temperature sensor, DIN connector and 1 m (3.3') cable (included)
Battery Type/Life	1.5V (3) AAA / approximately 1200 hours of continuous use; auto-off after 8 minutes of non-use
Environment	0 to 50°C (32 to 122°F); RH max 100%
Dimensions	152 x 58 x 30 mm (6.0 x 2.3 x 1.2")
Weight	205 g (7.2 oz.)