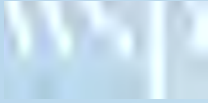


MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES
PROJET N° : 201-00652-00

RESTAURATION DE L'ANCIEN SITE MINIER ST-LAWRENCE COLOMBIUM, OKA (QUÉBEC) RAPPORT GEOPHYSIQUE

DÉCEMBRE 2020





RESTAURATION DE L'ANCIEN SITE MINIER ST- LAWRENCE COLOMBIUM, OKA (QUEBEC) RAPPORT GÉOPHYSIQUE

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES
RESSOURCES NATURELLES

PROJET N° : 201-00652-00
DATE : DÉCEMBRE 2020

WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5
CANADA

TÉLÉPHONE : +1 418 623-2254
TÉLÉCOPIEUR : +1 418 624-1857
WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR

53-54

RÉVISÉ PAR

53-54

WSP Canada Inc. (WSP) a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités Générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport ; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de compléter ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, tel qu'indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

Les conditions générales d'un site ne peuvent être extrapolées au-delà des zones définies et des emplacements de prélèvement et d'échantillonnage. Les conditions d'un site entre les emplacements de prélèvement et d'échantillonnage peuvent différer des conditions réelles. La précision et l'exactitude de toute extrapolation et spéculation au-delà des emplacements des prélèvements et d'échantillonnage dépendent des conditions naturelles, de l'historique de développement du site et des changements entraînés par la construction et des autres activités sur le site. De plus, l'analyse a été effectuée pour les paramètres chimiques et physiques déterminés seulement, et il ne peut pas être présumé que d'autres substances chimiques ou conditions physiques ne sont pas présentes. WSP ne fournit aucune garantie et ne fait aucune représentation contre les risques environnementaux non décelés ou contre des effets négatifs causés à l'extérieur de la zone définie.]

L'original du fichier électronique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. WSP n'assume aucune responsabilité quant à l'intégrité du fichier qui vous est transmis et qui n'est plus sous le contrôle de WSP. Ainsi, WSP n'assume aucune responsabilité quant aux modifications faites au fichier électronique suivant sa transmission au destinataire.]

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES

Chargée de projet	Karine Dallaire, ing., M. Env.
Chargé de projet	Gaétan Veillette, Ing.

WSP CANADA INC. (WSP)

Responsable de projet

Travaux de terrain

Révision

Édition



53-54

Référence à citer :

WSP. 2020. *RESTAURATION DE L'ANCIEN SITE MINIER ST-LAWRENCE COLOMBIUM, OKA (QUÉBEC). RAPPORT GÉOPHYSIQUE*. RAPPORT PRODUIT POUR MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES. 15 PAGES ET ANNEXES.



TABLE DES MATIÈRES

1	CONTEXTE DU PROJET	1
1.1	APPROCHE ENVIRONNEMENTALE	1
2	APPROCHE GÉOPHYSIQUE.....	2
2.1	CHOIX DE LA MÉTHODE	2
2.2	DESCRIPTION DE LA MÉTHODE	2
2.3	ACQUISITION DES DONNÉES.....	3
3	TRAITEMENT DE DONNÉES TRE.....	5
3.1	FILTRAGE DES DONNÉES	5
3.2	ANALYSE SOUS RES2DINV	5
4	INTERPRÉTATION DES PROFILS TRE	7
4.1	INTÉGRATION DES DONNÉES GÉOLOGIQUES	7
4.2	PROFIL ERT-1	7
4.3	PROFIL ERT-2.....	8
4.4	PROFIL ERT-3.....	9
4.5	PROFIL ERT-4.....	11
4.6	PROFIL ERT-5.....	12
4.7	SYNTHÈSE DES 5 PROFILS	13
5	CONCLUSION	14
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	15

TABLE DES MATIÈRES

TABLEAUX

TABEAU 1	RÉSUMÉ DES PARAMÈTRES POUR LES DIFFÉRENTS PROFILS DE TOMOGRAPHIE DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE.....	4
TABEAU 2	RÉSUMÉ DES PARAMÈTRES POUR LES DIFFÉRENTS PROFILS DE TOMOGRAPHIE DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE.....	5
TABEAU 2	RÉSUMÉ DES PROFONDEURS DES TERRAINS RENCONTRÉS POUR LES DIFFÉRENTS FORAGES À PROXIMITÉ DES PROFILS GÉOPHYSIQUES.....	7
TABEAU 4	RÉSISTIVITÉS ESTIMÉES DES TERRAINS RENCONTRÉS À PARTIR DES DIFFÉRENTS FORAGES À PROXIMITÉ DES PROFILS GÉOPHYSIQUES	13

FIGURES

FIGURE 1	CALCUL DE LA RÉSISTIVITÉ APPARENTE	2
FIGURE 2	PLAN DE POSITION DES CINQ PROFILS ERT	3
FIGURE 3	OPTION DE FILTRAGE RMS - AVANT FILTRAGE RMS (FIGURE DU HAUT) ET APRÈS FILTRAGE RMS (FIGURE DU BAS)	6
FIGURE 4	PROFIL ERT-1 (VOIR ANNEXE B).....	8
FIGURE 5	PROFIL ERT-2 (VOIR ANNEXE C).....	9
FIGURE 6	PROFIL ERT-3 (VOIR ANNEXE D).....	10
FIGURE 7	PROFIL ERT-4 (VOIR ANNEXE E).....	11
FIGURE 8	PROFIL ERT-5 (VOIR ANNEXE F).....	12



TABLE DES MATIÈRES

ANNEXES

A	CARTE DE POSITIONNEMENT DES PROFILS GÉOPHYSIQUES
B	PROFIL 1 - TOMOGRAPHIE DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE TRE-1
C	PROFIL 2 - TOMOGRAPHIE DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE TRE-2
D	PROFIL 3 – TOMOGRAPHIE DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE TRE-3
E	PROFIL 4 – TOMOGRAPHIE DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE TRE-4
F	PROFIL 5 – TOMOGRAPHIE DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE TRE-5

1 CONTEXTE DU PROJET

1.1 APPROCHE ENVIRONNEMENTALE

Dans le contexte de la restauration de l'ancien site minier St-Lawrence Colombium à Oka, Québec, WSP Canada Inc. (WSP) a été mandatée afin de comprendre le modèle hydrogéologique actuel du site pour une meilleure connaissance de son évolution future en fonction des travaux qui seront envisagés.

À cet égard, des investigations géophysiques ont été effectuées, d'une part, pour définir la structure en place des sédiments au-dessus du substratum rocheux (morts-terrains, niveaux de stériles et de résidus fins) et, d'autre part, pour retrouver le tracé d'un ponceau d'écoulement présent sous les sédiments.

Les relevés géophysiques pour l'approche hydrogéologique avaient les objectifs suivants :

- définir la géométrie des résidus et des stériles dans la zone principale de dépôt;
- estimer le degré de saturation dans les sédiments;
- estimer le niveau de la nappe d'eau;
- préciser le contact avec les dépôts meubles et avec le substratum rocheux;
- préciser éventuellement la structure géologique dans la partie supérieure du socle rocheux;
- valider l'interpolation avec les résultats de forages.

2 APPROCHE GÉOPHYSIQUE

2.1 CHOIX DE LA MÉTHODE

Il a été proposé de réaliser des tomographies de résistivité électrique afin de mettre en évidence le contraste de résistivité (ou conductivité) des terrains rencontrés. Cette méthode permet en effet de mesurer la résistivité apparente des terrains en profondeur suivant un profil de mesure d'une certaine longueur et de remonter à un profil 2D de résistivité réelle estimée, en utilisant un processus d'inversion de données géophysiques.

Cette approche semble adaptée aux objectifs précédemment mentionnés compte tenu des contrastes attendus dans les terrains en place et de la résolution et de la profondeur souhaitées (50-60 m de profondeur).

2.2 DESCRIPTION DE LA MÉTHODE

Les méthodes de prospection électrique par courant continu consistent à estimer les propriétés des sols par la mesure de leur résistivité. L'unité de mesure utilisée est l'ohmmètre ($\Omega.m$). La résistivité d'un matériau est l'inverse de sa conductivité.

La résistivité des matériaux, en prospection par courant continu, dépend essentiellement des phénomènes de conduction électrolytique et, dans une moindre mesure, de conduction électronique. Les valeurs des résistivités dépendent de la nature du matériau et peuvent couvrir un large domaine. Ces valeurs dépendent aussi de la teneur en eau, de la porosité du milieu et du mode de communication entre les vides, appelé la tortuosité.

La nature hétérogène des terrains généralement rencontrés est telle que chaque hétérogénéité contribue à la valeur mesurée de la résistivité. La grandeur mesurée est une résistivité « globale », dite résistivité apparente.

Le principe de mesure est le suivant (figure 1) : un courant continu I est injecté dans le sol par deux électrodes conductrices, A et B. La différence de potentiel V est mesurée aux bornes de deux autres électrodes notées M et N (illustration 1).

La connaissance du courant I et la mesure du potentiel V permettent de déterminer la résistivité apparente du sol selon la formule suivante :

$$\rho_a = k \frac{V_M - V_N}{I}$$

Figure 1 Calcul de la résistivité apparente

— k est défini par la position des électrodes les unes par rapport aux autres, qui varie suivant les dispositifs employés.

La séquence de mesures, dépendant du protocole de mesure choisi, est gérée par une unité centrale. Le résultat est une pseudo-section représentant les résistivités apparentes du sous-sol en fonction d'une pseudo-profondeur (dépendant de l'écartement des électrodes constituant les dipôles), dans un plan vertical à l'aplomb de la ligne d'électrodes en surface.

L'inversion de la pseudo-section permet d'obtenir une coupe 2D des résistivités réelles estimées du sous-sol (solution non unique).

Le protocole Schlumberger a été retenu pour le site de l'ancien site minier St-Lawrence Colombium.

2.3 ACQUISITION DES DONNÉES

Pour les objectifs mentionnés précédemment, cinq profils de tomographie de résistivité électrique ont été proposés sur la zone d'étude :

- Trois profils longs d'environ 800 m, pour caractériser au mieux le dépôt principal composé de résidus miniers et de stériles : deux profils dans l'axe nord-sud (ERT1, 800 m de long et ERT2, 700 m de long) et un profil dans l'axe est-ouest (ERT3, 675 m de long).
- Deux profils plus courts : le premier (ERT5, 400 m de long) pour recouper les informations obtenues à partir des forages présents sur le profil, le second (ERT4, 160 m de long) pour essayer de localiser la position d'un ponceau d'écoulement en profondeur dans un axe supposé nord-sud.

Les cinq profils sont représentés sur la figure 2.

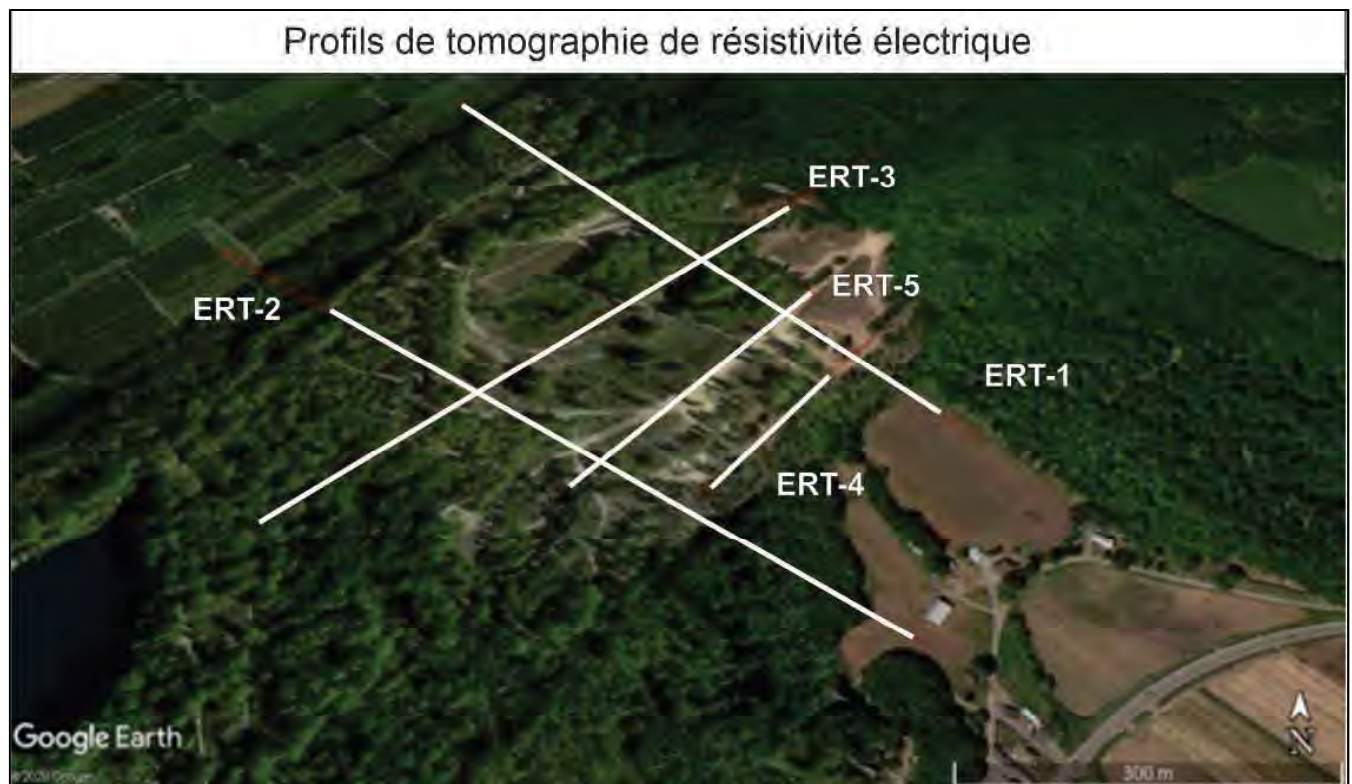


Figure 2 Plan de position des cinq profils ERT (voir annexe A)

Le détail de chaque profil est résumé ci-après :

- 81 électrodes avec un espacement de 5 m entre électrodes :
 - ERT-1 ; dispositif initial de 400 m + quatre extensions de 100 m (800 m au total);
 - ERT-2 ; dispositif initial de 400 m + trois extensions de 100 m (700 m au total);
 - ERT-3 ; dispositif initial de 400 m + trois extensions de 100 m (675 m au total).
 - ERT-5 ; dispositif de 400 m sans extension.
- 81 électrodes avec un espacement de 2 m entre électrodes :
 - ERT-4 ; dispositif de 160 m sans extension.

Des relevés de positionnement de chaque profil (X, Y et Z) ont été effectués avec un relevé tous les 5 ou 10 m en fonction de la topographie rencontrée. Ces relevés ont été utilisés pour représenter la topographie des modèles électriques avant l'inversion des données de résistivités apparentes pour une modélisation plus réaliste des résistivités réelles. Un récapitulatif des différents profils est présenté au tableau 1.

Tableau 1 Résumé des paramètres pour les différents profils de tomographie de résistivité électrique

Profils ERT	Date	Longueur (m)	Nombre d'électrodes	Espacement (m)	Nombre de mesures
ERT-1	17-07-2020	800	81	5	2288
ERT-2	16-07-2020	700	81	5	1903
ERT-3	15-07-2020	675	81	5	1853
ERT-4	13-07-2020	160	81	2	748
ERT-5	13-07-2020	400	81	5	748

3 TRAITEMENT DE DONNÉES TRE

3.1 FILTRAGE DES DONNÉES

Le tableau 2 indique le nombre de points conservés en fonction des filtres utilisés, de façon à avoir une idée sur la qualité des données résiduelles avant inversion.

Tableau 2 Résumé des paramètres pour les différents profils de tomographie de résistivité électrique

Profil ERT	Nombre de lectures	Résultat Filtre 1	Résultat Filtre 2	% conservé
TRE-1	2288	2161	2050	90
TRE-2	1903	-	1729	91
TRE-3	1853	-	1802	97
TRE-4	748	-	746	99,7
TRE-5	748	-	728	97

3.2 ANALYSE SOUS RES2DINV

Les données de résistivités électriques ont été traitées à l'aide du logiciel Res2DInv pour obtenir une tomographie du milieu; ceci a été effectué en suivant différentes étapes :

- 1 correction des données aberrantes (option *-Exterminate Bad Data Point*);
- 2 entrée des données topographiques;
- 3 inversion (robuste – modèle non étendu);
- 4 second filtrage des données présentant un fort écart RMS après inversion;
- 5 seconde inversion à partir du modèle filtré (robuste – modèle non étendu).

Le filtrage à partir de l'option RMS est présenté sur la figure 3.

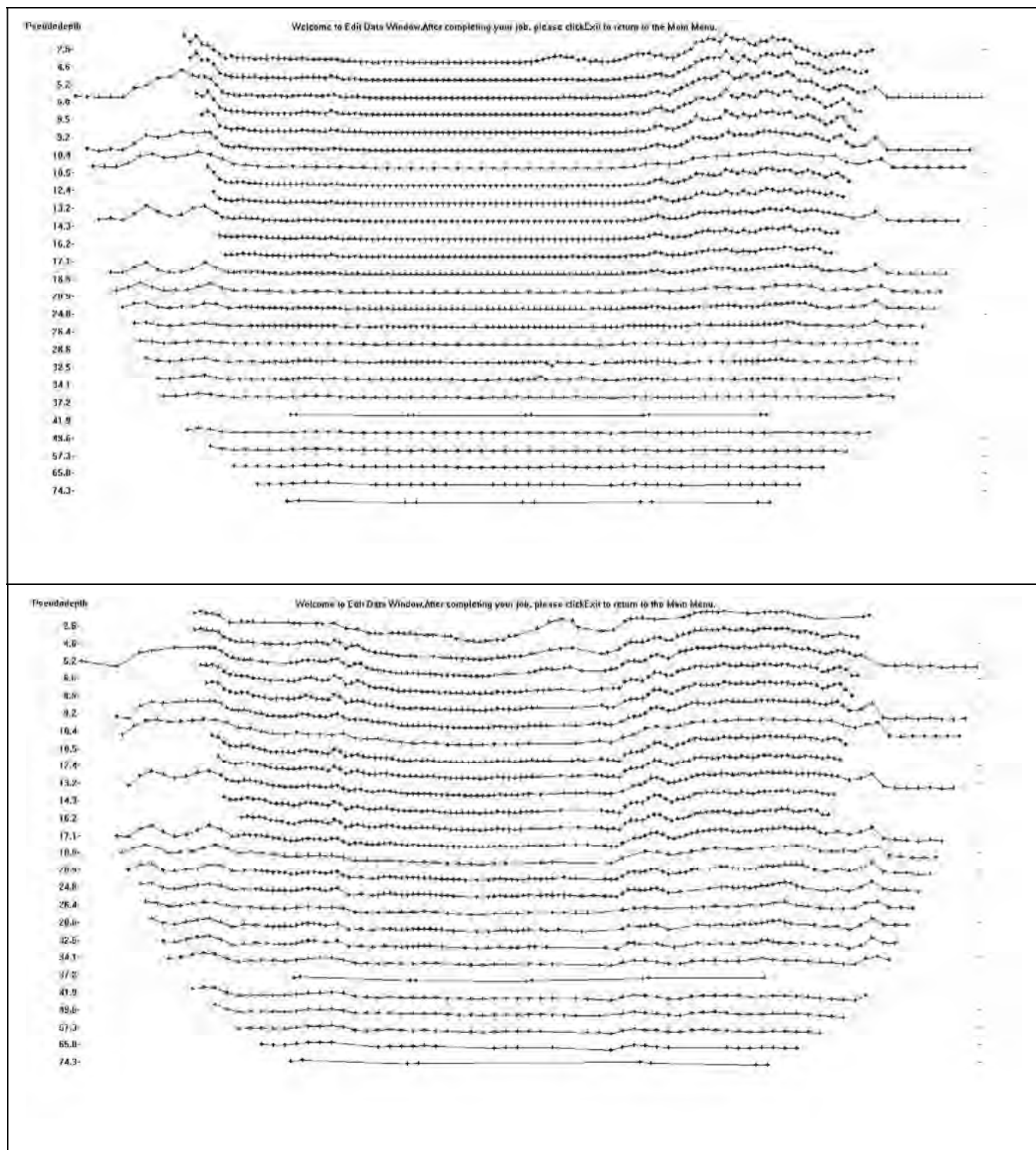


Figure 3 Option de filtrage RMS - Avant filtrage RMS (figure du haut) et après filtrage RMS (figure du bas)

4 INTERPRÉTATION DES PROFILS TRE

4.1 INTÉGRATION DES DONNÉES GÉOLOGIQUES

Les cinq profils de tomographie de résistivité électrique ont été représentés en intégrant différentes données, telles que :

- position connue des résidus et des stériles (carte);
- position et profondeur des forages;
- profil de l'ancienne topographie (avant dépôts des résidus et stériles);
- profondeur des contacts géologiques selon les forages à proximité des lignes ERT (terrain naturel, substratum rocheux, etc.).

De façon générale, la méthode de tomographie de résistivité électrique nous permet de visualiser correctement les stériles sur le terrain naturel. Par contre, il est beaucoup plus délicat de retrouver le contact résidus sur terrain naturel ou le terrain naturel sur le substratum rocheux. Ceci peut s'expliquer par la présence d'eau interstitielle dans les différentes formations qui réduit probablement les contrastes de résistivité entre celles-ci. Un récapitulatif des profondeurs des différents terrains rencontrés en forage est présenté au tableau 3.

Tableau 3 Résumé des profondeurs des terrains rencontrés pour les différents forages à proximité des profils géophysiques

Forages	Prof. contact résidus/stériles (m)	Prof. contact stériles/résidus (m)	Prof. contact résidus/TN (m)	Prof contact stériles/TN (m)	Prof. contact TN/roc (m)	Prof. moyenne nappe d'eau (m)	Toit Roc
20-F11	-	-	-	8,5	75,9	-	75,9
20-F15	1,5	19,5	22,3	-	38,6	19,5	38,6
20-F17	-	-	-	11	14,9	-	14,9
20-F18	-	0,3	32,5	-	56,4	25,4	56,4
20-F19	-	-	21,3	-	25,9	22,7	25,9
20-F20	-	-	-	-	-	-	6,1
20-F21	-	-	26,1	-	34,3	22,9	34,3
20-F22	0,8	-	-	4,9	9,2	9,3	9,2
20-F23	25,3	-	-	26,2	54,5	28,2	-
20-F25	-	-	15,8	-	34,2	11	-

4.2 PROFIL ERT-1

Le profil de tomographie de résistivité électrique ERT-1 (800 m de long) permet d'observer nettement les zones de stériles (zones résistantes, valeurs de résistivité supérieures à 4 000 ohm.m) et de résidus miniers (valeurs de résistivité inférieures à 100 ohm.m) en proche surface. Une zone intermédiaire (Mix) semble présenter un autre type de dépôts avec un contraste de résistivité qui pourrait se traduire par un mélange de stériles et de résidus.

La projection des données de topographie du terrain naturel de 1960 sur le profil correspond assez bien à la base des dépôts de stériles au sud-est ou au nord-ouest.

La projection du toit du roc supposé est dessinée à partir de limites de résistivité combinées à certains forages et en croisant les informations avec les autres profils (p. ex. ERT-3). Il est ainsi possible de mettre en évidence une remontée du roc au niveau 100 m à la verticale d'ERT-3 (distance = 320-340 m). Le roc est rencontré à 76 m de profondeur sur le forage 20-F11. L'épaisseur du terrain naturel pourrait ainsi atteindre 60 m dans la partie nord-ouest. Ce terrain naturel semble se traduire par des résistivités comprises entre 100 et 300 ohm.m.

Les trois niveaux d'eau observés sur ce profil sont assez proches de la surface (PO-16, PO-07 et PO-08). Il n'y a pas d'information de nappe d'eau sur le forage 20-F11.

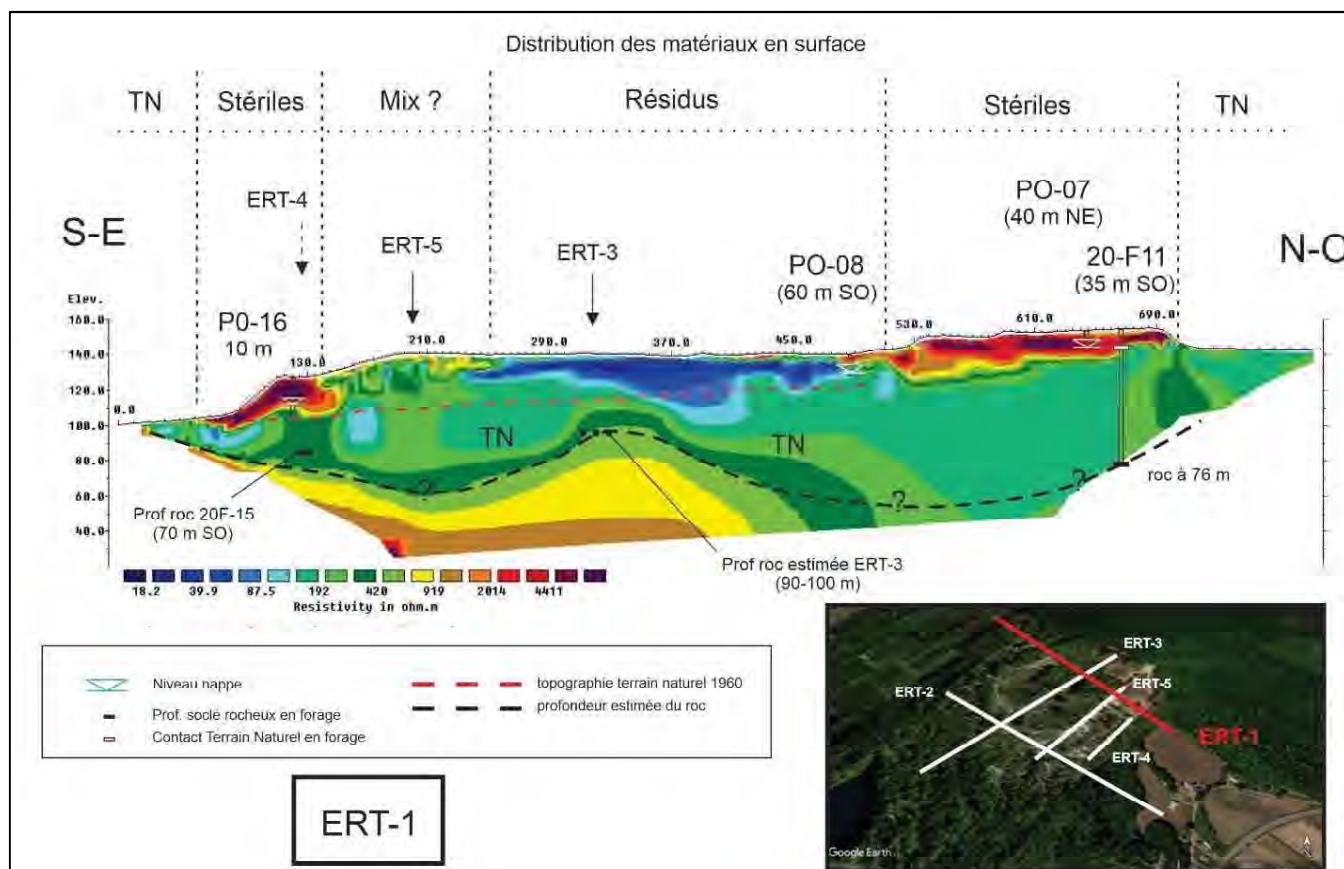


Figure 4 Profil ERT-1 (voir annexe B)

4.3 PROFIL ERT-2

Le profil de tomographie de résistivité électrique ERT-2 (700 m de long) permet d'observer la succession de terrains et dépôts présents dans la zone : au sud-est, de fortes résistivités électriques (valeurs supérieures à 3000 ohm.m) indiquent la présence du roc en surface, puis des stériles sur une faible épaisseur (une dizaine de mètres). La zone de résidus est moins marquée que sur ERT-1 en termes de résistivité (dépôts entre 60 et 300 ohm.m). Une zone intermédiaire (Mix) de part et d'autre du forage 20-F18 semble présenter des dépôts présentant un certain contraste de résistivité, qui pourrait se traduire par un mélange de stériles et de résidus.

La projection des données de topographie du terrain naturel de 1960 sur le profil semble correspondre à la base des dépôts de stériles pour les forages 20-F18 et 20-F21. Ceci est moins évident pour les forages 20-F19 (70 m au S-E) et 20-F26 (20 m au sud-est), pour lesquels le terrain naturel en forage est plus proche de la surface.

La projection du toit du roc supposé est dessinée à partir des informations des forages (20-F18, 20-F21 et 20-F22) et en croisant les informations avec les autres profils (p. ex. RT-3). Il n'est pas possible de mettre clairement en évidence le toit du roc à partir des seuls contrastes de résistivité en profondeur (influence probable du roc affleurant au sud-est). Le roc est estimé à la côte 70-80 m au plus profond sur ce profil, ce qui donnerait une épaisseur de terrain (terrain naturel et dépôts) de l'ordre de 60 à 70 m (40 m pour les dépôts).

Les six niveaux d'eau observés sur ce profil sont tous positionnés dans les dépôts dans les 20 premiers mètres (au-dessus du terrain naturel). Seul le 20-F22 présente un niveau d'eau au niveau du roc proche de la surface.

Le profil ayant été raccourci au nord-ouest pour cause d'accès sur site, il est difficile de mettre en évidence la présence des stériles dans cette partie (+ 3000 ohm.m).

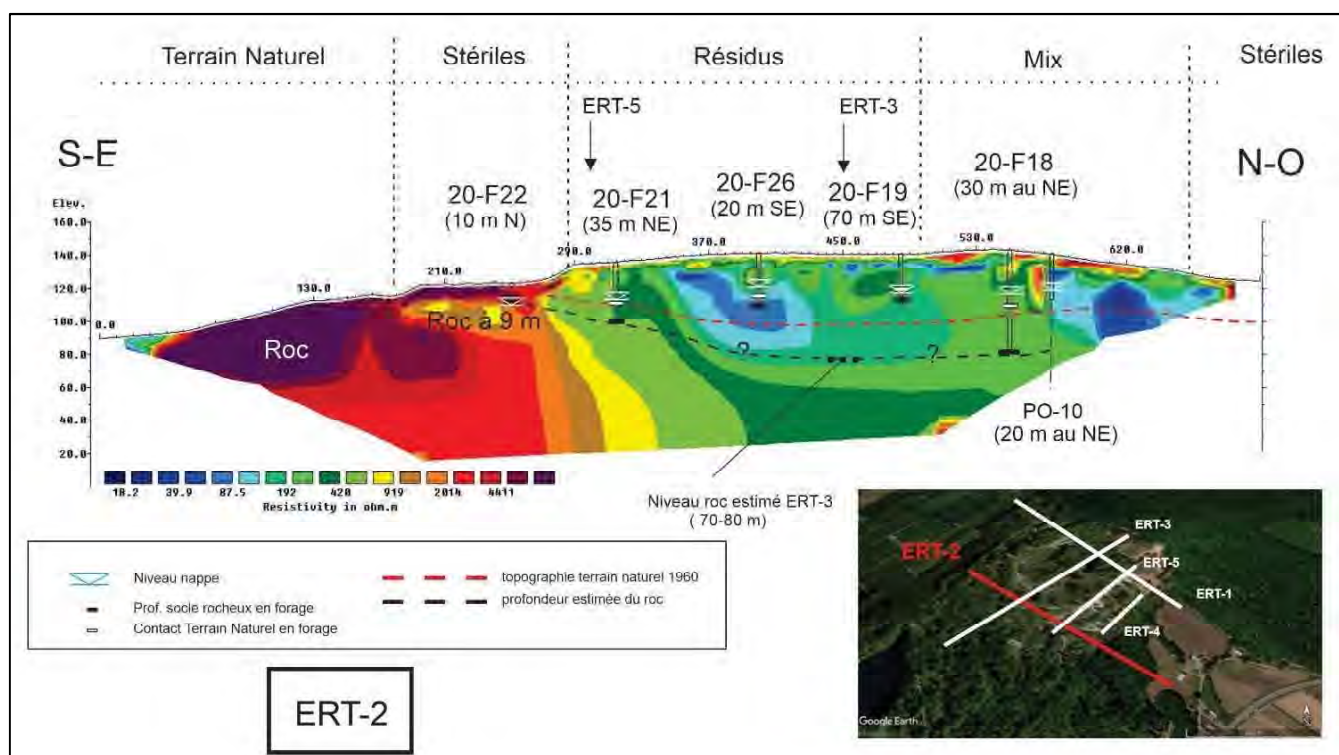


Figure 5 Profil ERT-2 (voir annexe C)

4.4 PROFIL ERT-3

Le profil de tomographie de résistivité électrique ERT-3 (670 m de long) permet d'observer une forte présence des résidus (20-100 ohm.m sur la partie nord-est, 80-300 ohm.m sur la partie sud-ouest) sur 20 à 30 m d'épaisseur sur 400 m de long (parties centrale et nord-est du profil). Le terrain naturel avec présence du roc proche de la surface apparaît au sud-ouest au forage 20-F20 (et Okaite peu profonde au 20-F19). Au sud-est, de fortes résistivités électriques (valeurs supérieures à 3000 ohm.m) indiquent la présence du roc en surface, puis des stériles sur une faible épaisseur (une dizaine de mètres).

La zone de résidus est moins marquée que sur ERT-1 en termes de résistivité (dépôts entre 60 et 300 ohm.m). Une zone intermédiaire (Mix) de part et d'autre du forage 20-F18 semble présenter des dépôts présentant un certain contraste de résistivité, qui pourrait se traduire par un mélange de stériles et de résidus.

La projection des données de topographie du terrain naturel de 1960 sur le profil semble correspondre à la base des dépôts de stériles pour les forages éloignés 20-F19 et 20-F25, mais ceci n'est pas confirmé au centre du profil, puisque sans donnée dans cette partie.

La projection du toit du roc supposé est dessinée à partir des informations en forages (20-F19, 20-F25) et en suivant les gradients de résistivité électrique correspondant (approx. 200-400 ohm.m). Une remontée du socle rocheux semble se dessiner au centre du profil (distances 300-400 m) jusqu'à la côte 90 m (à confirmer). Ceci pourrait éventuellement correspondre à la présence d'une ancienne digue.

Les valeurs de résistivité des dépôts et du terrain naturel sont assez proches, ce qui rend impossible la différenciation de ces terrains à partir de ces seuls paramètres (p. ex. zone de distance 400-500 m).

Le roc est estimé à la côte 70-80 m au plus profond sur ce profil, ce qui donnerait une épaisseur de terrain (terrain naturel et dépôts) de l'ordre de 60 à 70 m (30 m pour les dépôts).

Les quatre niveaux d'eau observés sur ce profil sont tous positionnés dans les 20 premiers mètres, au-dessus du terrain naturel pour PO-11 et 20-F25 et dans le terrain naturel pour 20-F19 et 20-F20.

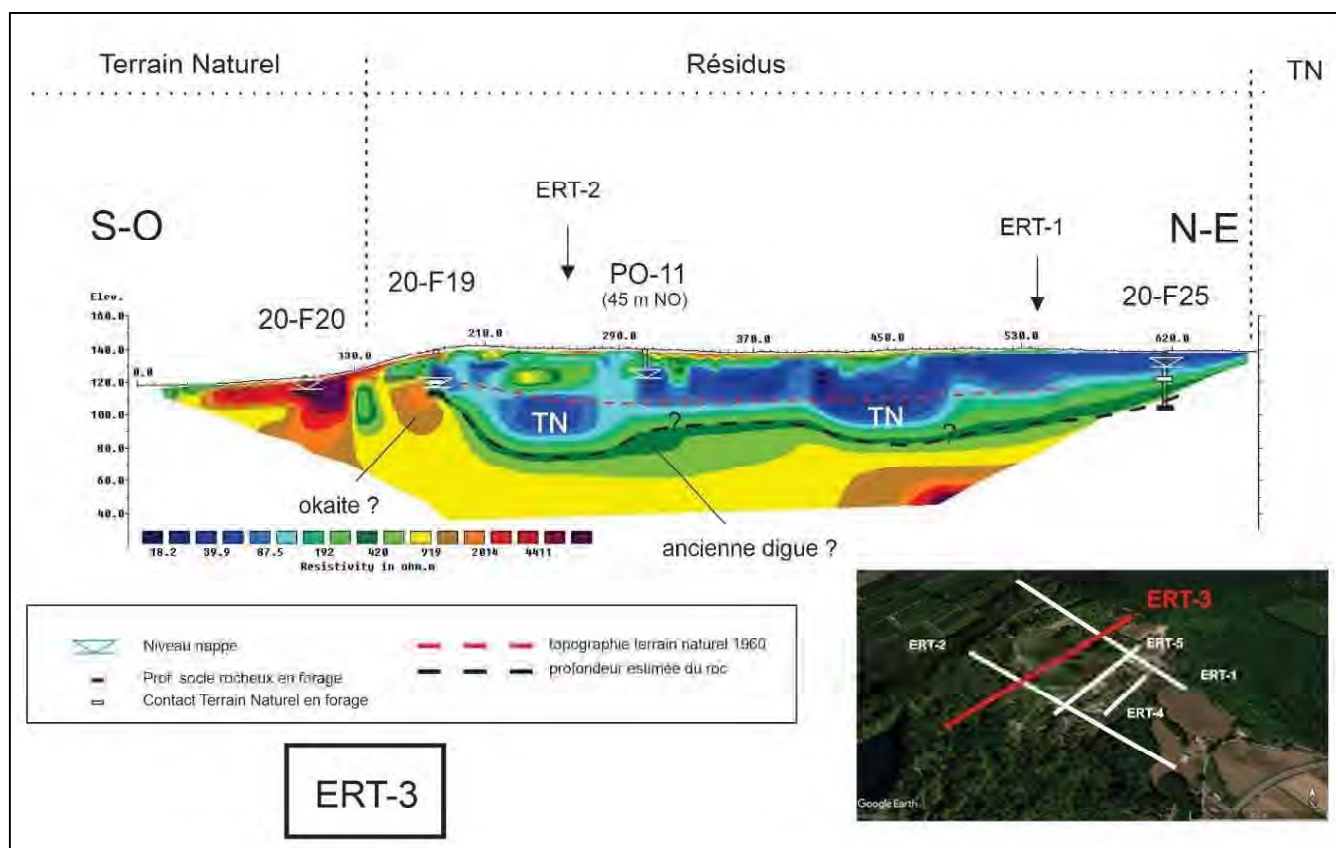


Figure 6 Profil ERT-3 (voir annexe D)

4.5 PROFIL ERT-4

Le profil de tomographie de résistivité électrique ERT-4 (160 m de long) se positionne dans la zone de stériles présentant de fortes résistivités électriques (+ 2000 ohm.m).

La projection des données de topographie du terrain naturel de 1960 sur le profil semble correspondre au contact du terrain naturel observé dans le forage 20-F15 (terrain naturel à 22 m de profondeur). Il n'y a pas d'autre forage permettant de valider la profondeur du terrain naturel sur ce profil. Le terrain naturel se caractérise par des résistivités intermédiaires comprises entre 300 et 600 ohm.m.

La projection du toit du roc n'est pas dessinée, car le roc est plus profond que la profondeur investiguée (non visible en résistivité). Le roc est rencontré à 40 m de profondeur sur le forage 20-F15.

Le seul niveau d'eau observé sur ce profil est positionné au-dessus du terrain naturel dans les dépôts dans les 20 premiers mètres (au-dessus du terrain naturel). Seul le 20-F22 présente un niveau d'eau au niveau du roc proche de la surface.

On peut observer que l'emplacement théorique du TTOG sur le profil ne présente pas d'anomalie de résistivité électrique, ce qui peut s'expliquer par une profondeur trop profonde pour être détectée par cette investigation.

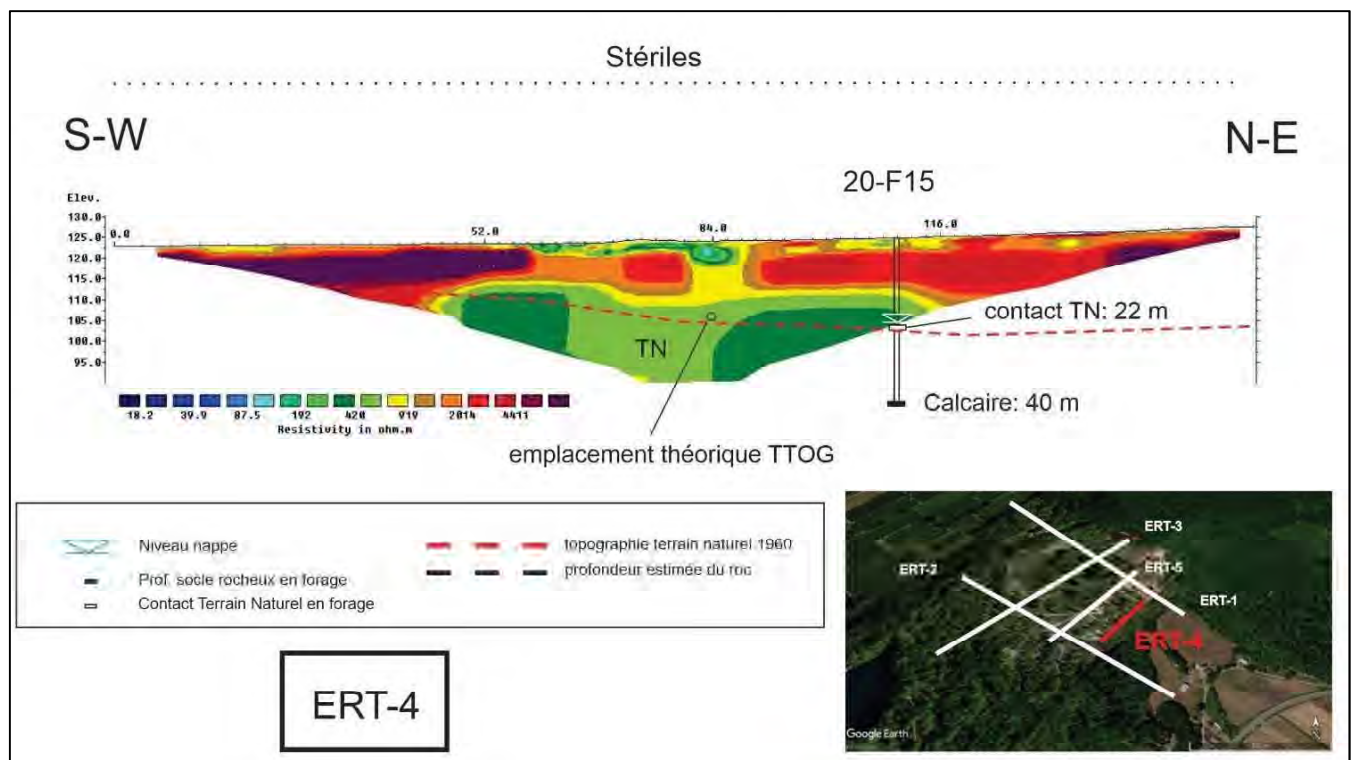


Figure 7 Profil ERT-4 (voir annexe E)

4.6 PROFIL ERT-5

Le profil de tomographie de résistivité électrique ERT-5 (400 m de long) permet d'observer les dépôts de résidus et de stériles. Au sud-est, de fortes résistivités électriques (valeurs supérieures à 3000 ohm.m) indiquent la présence des stériles en surface sur une faible épaisseur (une dizaine de mètres). La zone de résidus se traduit par des résistivités comprises entre 100 et 300 ohm.m, sur une épaisseur de l'ordre de 20-30 m.

La projection des données de topographie du terrain naturel de 1960 sur le profil correspond assez bien au contact du terrain naturel pour les forages 20-F21 et 20-F23.

La projection du toit du roc supposé est dessinée à partir des informations des forages (20-F21 et 20-F23), des gradients de résistivité et en croisant les informations avec les autres profils (p. ex. ERT-). Le roc est estimé à la côte 70-80 m au plus profond sur ce profil, ce qui donnerait une épaisseur de terrain (terrain naturel et dépôts) de l'ordre de 60 à 70 m (30-40 m pour les dépôts, 30-40 m pour le terrain naturel).

Les deux niveaux d'eau observés sur ce profil sont positionnés dans les dépôts dans les 30 premiers mètres (au-dessus du terrain naturel).

Le roc sain semble apparaître à 80 m de profondeur au centre du profil (+ 2000 ohm.m).

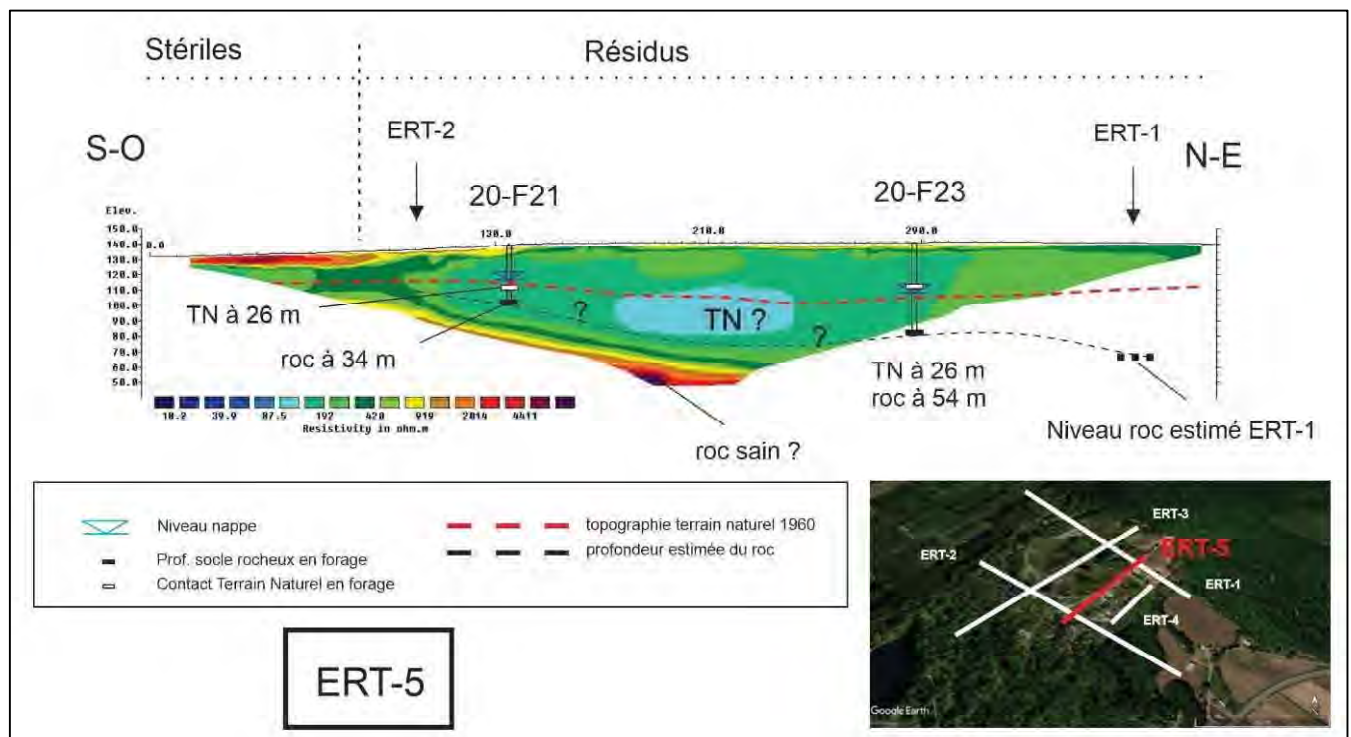


Figure 8 Profil ERT-5 (voir annexe F)

4.7 SYNTHÈSE DES 5 PROFILS

La comparaison des profils de résistivité électrique avec les données de forage nous permet de caractériser plus ou moins précisément les valeurs de résistivité en fonction de la nature des terrains rencontrés. Ces valeurs sont mentionnées au tableau 4.

Tableau 4 Résistivités estimées des terrains rencontrés à partir des différents forages à proximité des profils géophysiques

Unité géoélectrique	Résistivité (ohm.m)	Unités stratigraphiques
Unité 1	100 - 400	Résidus non saturés
Unité 2	Inf. à 200	Résidus saturés
Unité 3	Sup. à 2000	Stériles non saturés
Unité 4	Sup. à 1000	Stériles saturés
Unité 5	100 - 600	Terrain naturel
Unité 6	1000 - 2000	Roc altéré
Unité 7	Sup. à 2000	Roc sain

5 CONCLUSION

L'ensemble des profils de tomographie de résistivité électrique ERT a permis de mettre en évidence :

- les dépôts de résidus (de 40 à 400 ohm.m) et de stériles (valeurs supérieures à 1000 ohm.m);
- le terrain naturel avec des résistivités comprises entre 100 et 600 ohm.m;
- le socle rocheux (sain ou non) avec des résistivités supérieures à 1000 ohm.m.

Il est également possible de suivre avec plus ou moins de précision les interfaces suivantes :

- le toit du terrain naturel estimé avec l'aide de la topographie de 1960 et des forages;
- le toit du roc estimé avec l'aide des forages et des résistivités

Les niveaux d'eaux positionnés sur les profils permettent de mieux comprendre la distribution des résistivités dans des dépôts ou terrains de même nature.

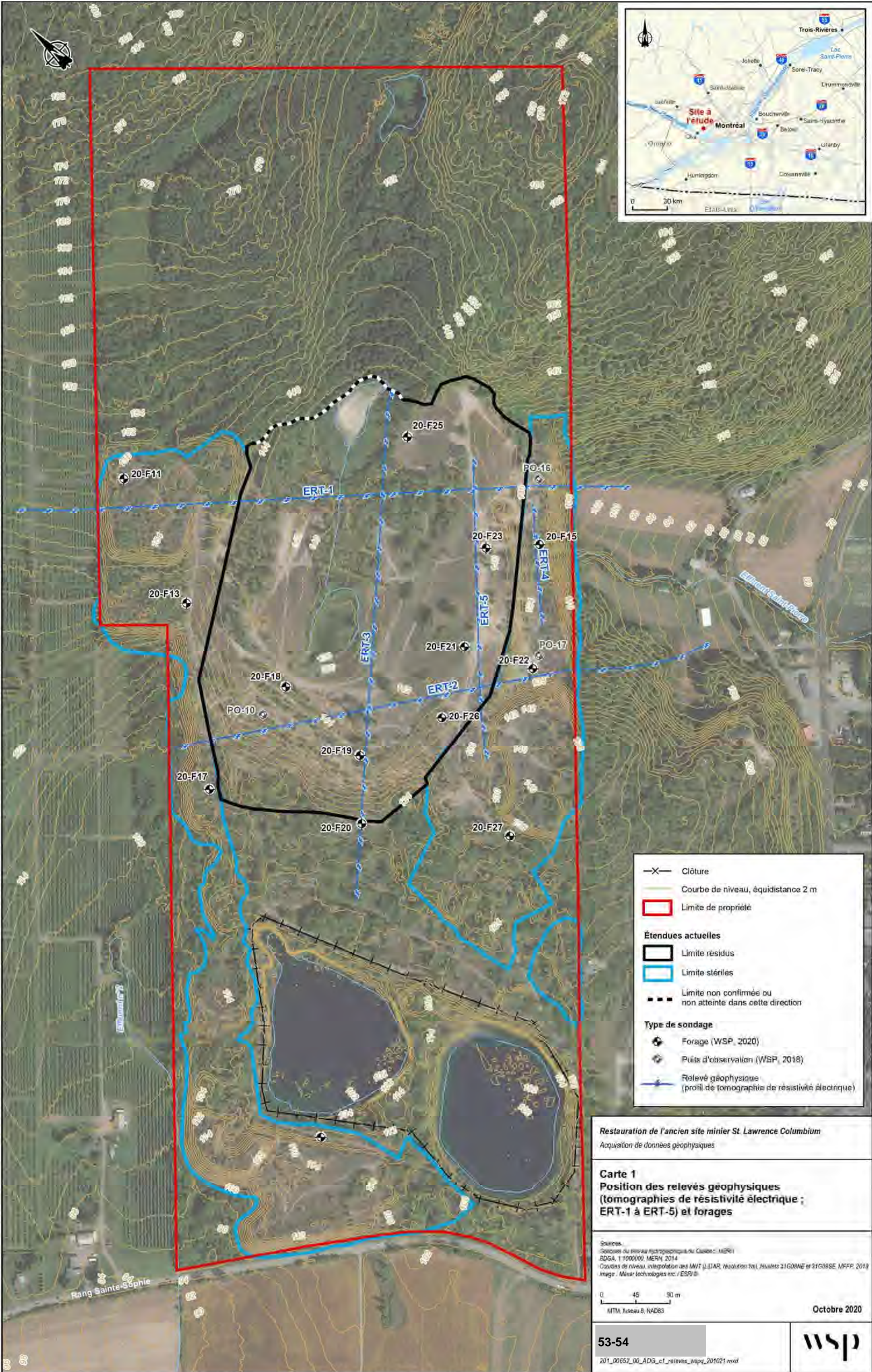
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- RES2DINV vers. 3.54. Rapid 2-D Resistivity & IP inversion using the least-squares method. Geoelectrical Imaging 2-D & 3-D, Geotomo software, August 2004.

ANNEXE

A

**CARTE DE POSITIONNEMENT DES
PROFILS GÉOPHYSIQUES**



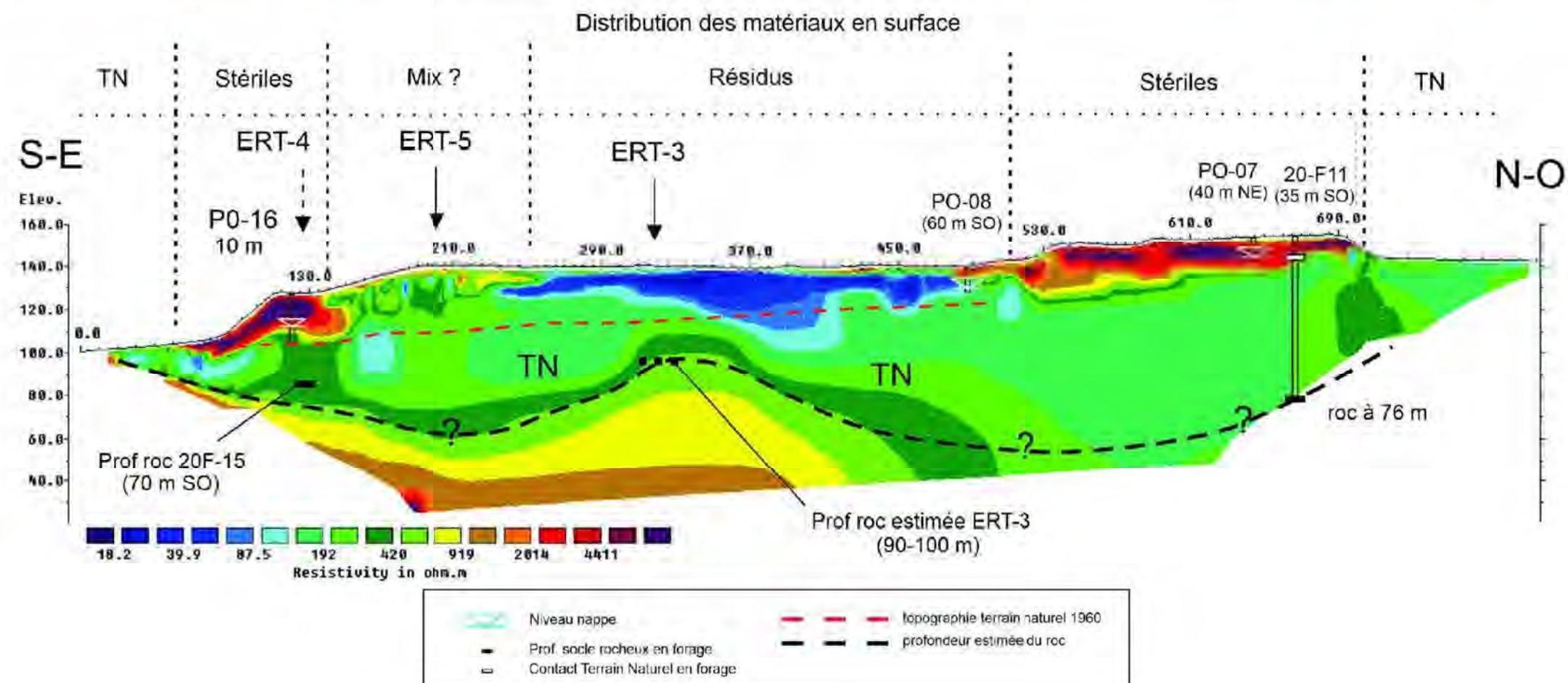
ANNEXE

B

PROFIL 1 - TOMOGRAPHIE DE
RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE TRE-1



- X— Clôture
 - Courbe de niveau, équidistance 2 m
 - Limite de propriété
- Étendues actuelles**
- Limite résidus
 - Limite stériles
 - Limite non confirmée ou non atteinte dans cette direction
- Type de sondage**
- Forage (WSP, 2020)
 - Puits d'observation (WSP, 2018)
 - Relevé géophysique (profil de tomographie de résistivité électrique)



Restauration de l'ancien site minier St. Lawrence Columbium
Acquisition de données géophysiques

Figure 1
Relevé géophysique ERT-1
(tomographies de résistivité électrique) et forages

Sources
Géobase du réseau hydrographique du Québec: MERN
BDGA, 1:100000, MERN, 2014
Courbes de niveau, interpolation des MNT (LiDAR, résolution 1m), feuillets 31G08NE et 31G09SE, MFFP, 2019
Image: Maxar technologies inc. / ESRI

0 30 60 m
MTM, fuseau 8, NAD83

Octobre 2020

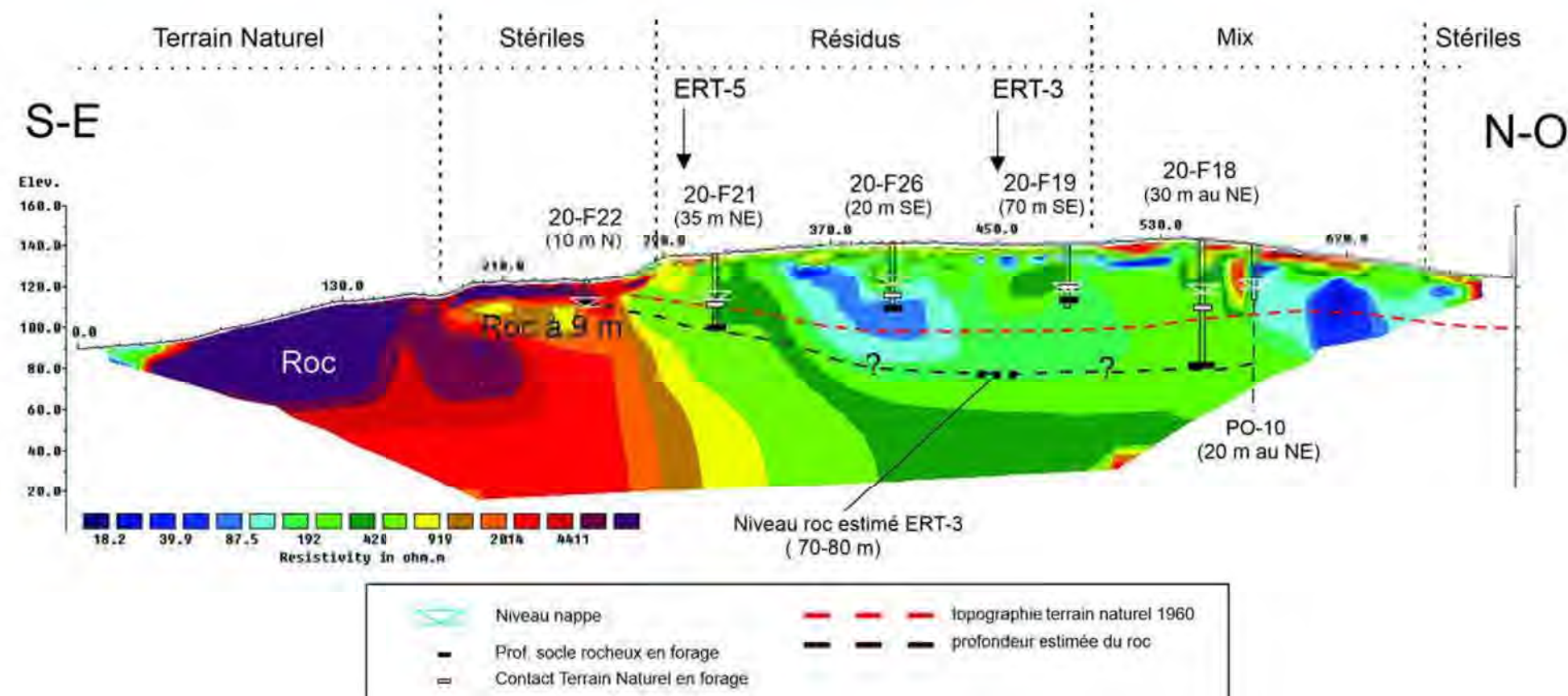
ANNEXE

C

PROFIL 2 - TOMOGRAPHIE DE
RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE TRE-2



- X— Clôture
 - Courbe de niveau, équidistance 2 m
 - Limite de propriété
- Étendues actuelles**
- Limite résidus
 - Limite stériles
 - Limite non confirmée ou non atteinte dans cette direction
- Type de sondage**
- Forage (WSP, 2020)
 - Puits d'observation (WSP, 2018)
 - Relevé géophysique (profil de tomographie de résistivité électrique)



Restauration de l'ancien site minier St. Lawrence Columbiun
Acquisition de données géophysiques

Figure 2
Relevé géophysique ERT-2
(tomographies de résistivité électrique) et forages

Sources
Géobase du réseau hydrographique du Québec: MERN
BDGA, 1:1000000, MERN, 2014
Courbes de niveau, interpolation des MNT (LiDAR, résolution 1m), feuillets 31G08NE et 31G09SE, MFFP, 2019
Image: Maxar technologies inc. / ESRI

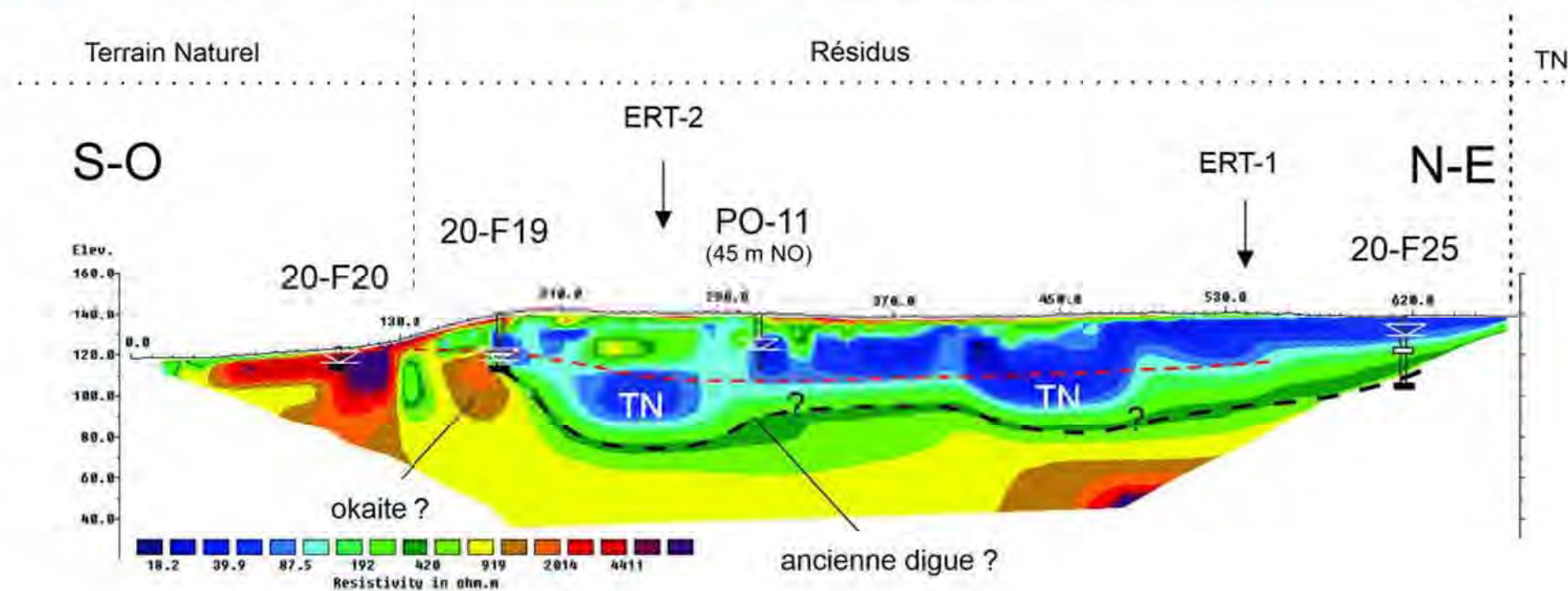
0 30 60 m
MTM, fuseau 8, NAD83

Octobre 2020

ANNEXE

D

**PROFIL 3 – TOMOGRAPHIE DE
RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE TRE-3**



Restauration de l'ancien site minier St. Lawrence Columbian
 Acquisition de données géophysiques

Figure 3
 Relevé géophysique ERT-3
 (tomographies de résistivité électrique) et forages

Sources :
 Géobase du réseau hydrographique du Québec, MERN
 BDGA, 1:100000, MERN, 2014
 Courbes de niveau, interpolation des MNT (LiDAR, résolution 1m), feuillets 31G08NE et 31G09SE, MFFP, 2019
 Image: Maxar technologies inc. / ESRI

0 30 60 m
 MTM, fuseau 8, NAD83

Octobre 2020

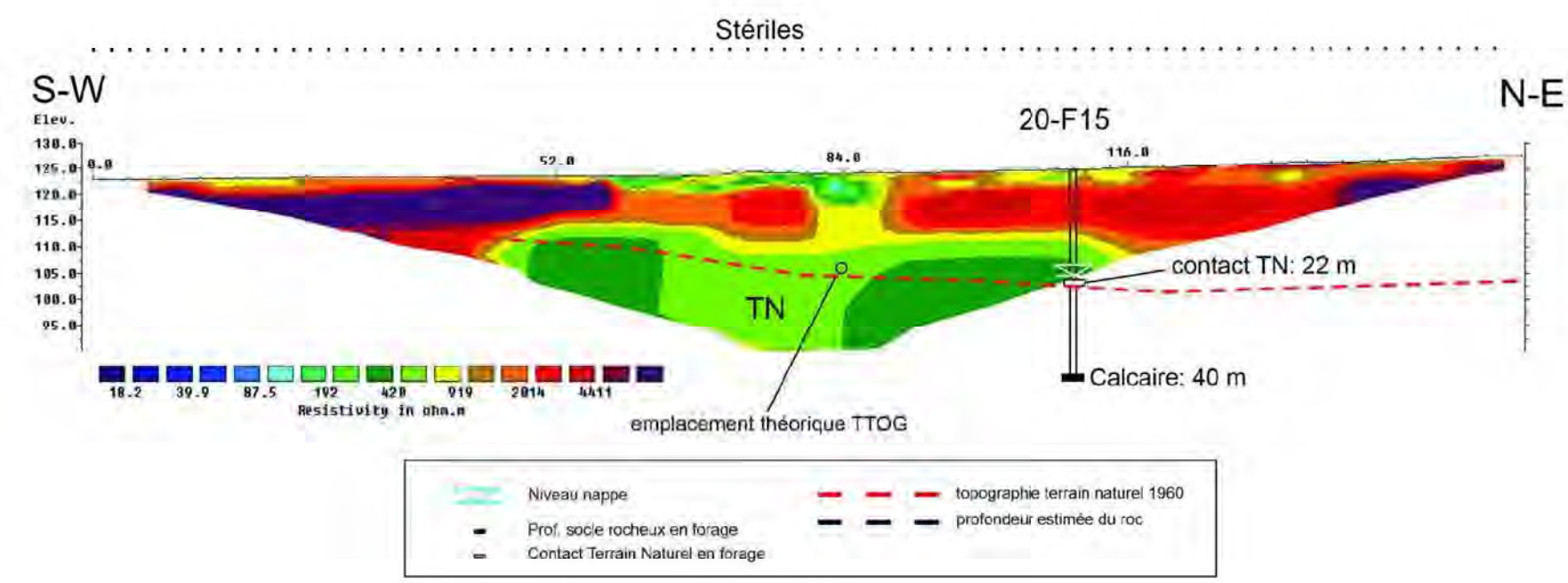
ANNEXE

E

PROFIL 4 – TOMOGRAPHIE DE
RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE TRE-4



- Clôture
- Courbe de niveau, équadistance 2 m
- Limite de propriété
- Étendues actuelles
 - Limite résidus
 - Limite stériles
 - Limite non confirmée ou non atteinte dans cette direction
- Type de sondage
 - Forage (WSP, 2020)
 - Puits d'observation (WSP, 2018)
 - Relevé géophysique (profil de tomographie de résistivité électrique)



Restauration de l'ancien site minier St. Lawrence Columbiun
Acquisition de données géophysiques

Figure 4
Relevé géophysique ERT-4
(tomographies de résistivité électrique) et forages

Sources :
Géobase du réseau hydrographique du Québec, MERN
BDGA, 1:1000000, MERN, 2014
Courbes de niveau, interpolation des MNT (LEIAR, résolution 1m), feuillets 31G08NE et 31G09SE, MFFP, 2019
Images: Maxar technologies inc. / ESRI

0 7.5 15 m
MTM, fuseau 8, NAD83

Octobre 2020

ANNEXE

F

**PROFIL 5 – TOMOGRAPHIE DE
RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE TRE-5**

