DEMANDE DE PERMIS D'URBANISME

Contournement routier Est de Gages

Projet	Contournement Est de Gages
Numéro de projet	6631030026
MOA	SPW-MI Direction des routes de Mons

Objet de la demande :

Création d'une nouvelle voirie afin que le trafic du parc Pairi Daiza contourne le village de Gages.

Demandeur :

SPW-MI – Direction des routes de Mons
Rue des canonniers, 36
7000 Mons

Auteur de projet :

Bureau d'études SWECO
Boulevard Baudouin 1er, 19
1348 Louvain-La-Neuve

Localisation du bien :

La nouvelle route se situe sur le territoire des communes de Brugelette et accessoirement de Lens, implantée le long du bois de la provision.

1. Formulaire - Annexe 6 du CoDT
2. Notice d'évaluation des incidences
3. Annexes diverses
   - 3.1. Cadre Sols
   - 3.2. Avis préalable archéologique
   - 3.3. Evaluation approprié des incidences Natura 2000
   - 3.4. Notes relatives à la gestion des eaux
     - 3.4.1. Assainissement contournement
     - 3.4.2. Pertuis sur la Dendrelette
     - 3.4.3. Avis préalable GISER
   - 3.5. Rapport de tomographie électrique
   - 3.6. Avis préalable TOTAL
   - 3.7. Etude de mobilité

Liste d'adaptations

Révision	Date	Description	Rédigé par	Contrôlé par	Approuvé par
A	09/06/2026	Introduction demande PU	Externe	/	/

Contournement Est de Gages entre N523 et Rue Wespellières

CARACTÉRISATION DU SOUS-SOL

PROSPECTION GÉOPHYSIQUE PAR TOMOGRAPHIE ELECTRIQUE

RAPPORT

Références:

Rapport N°: BR/26/001

Date: 29/03/2026

Rédigé par: T. NZALI

t.nzali@calcis.eu

CALCIS

Engineering Geophysics – Engineering Geology

Avenue de Péville, 156

B 4030 Liège – Belgium

Tel: +32 (0)474 87 29 19 *VAT: BE 0501 955 204*

info@calcis.eu *www.calcis.eu*

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction ***3***

2. Cadre géologique ***4***

3. Méthodologie : tomographie électrique ***5***

3.1. Principe de la méthode 5

3.2. Acquisition, traitement et interprétation 6

3.3. Applications et limitations de la méthode 7

4. Résultats et interprétation ***8***

4.1. Implantation et caractéristiques des profils 8

4.2. Résultats et interprétation 9

5. Synthèse et conclusions ***19***

Documents

BR_26_001_Doc1: Zone 1 - Plan de situation - Implantation des profils géophysiques – Résultats et interprétation

BR_26_001_Doc2: Zone 2 - Plan de situation - Implantation des profils géophysiques – Résultats et interprétation

BR_26_001_Doc3: Zone 3 - Plan de situation - Implantation des profils géophysiques – Résultats et interprétation

BR_26_001_Doc4: Zone 4 - Plan de situation - Implantation des profils géophysiques – Résultats et interprétation

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet du contournement Est de Gages, une investigation du sous-sol est demandée par la société SWECO.

Le sous-sol régional est principalement composé de terrains calcaires recouverts en discordance par les terrains meubles tertiaires.

Le but de l'investigation à réaliser est l'estimation du risque karstique le long du tracé de ce contournement. Il s'agit de déterminer l'épaisseur des terrains de couverture, d'estimer le degré d'altération et/ou de karstification du bedrock ainsi que la présence d'éventuels axes de fracturation.

Pour réaliser cette étude, la prospection géophysique par la méthode tomographie électrique est imposée.

Cette étude a été confiée à la société Calcis.

La campagne de mesures sur le terrain a été réalisée du 10 au 20 mars 2026.

Le présent rapport synthétise les résultats obtenus.

2. CADRE GÉOLOGIQUE

Le contournement étudié a une longueur d'environ 4.5 km. Il est situé à l'Est de la localité de Gages et orienté grosso-modo Nord-Sud.

D'après la carte géologique de Wallonie au 25000ème N°38/7-8 Lens-Soignies, dont un extrait est repris sur le document 1, le sous-sol régional est principalement constitué des formations suivantes, de haut en bas :

- les alluvions modernes (AMO) : argiles, de sables et de tourbes ;
- les limons (LIM) : limons et de limons argileux ;
- la formation de Kortrijk (ORC) : argiles sableuses et argiles plastiques;
- la formation de Hannut (HAN) : tuffeaux et d'argiles à la base, sables et grès au sommet ;
- la formation de Cambron (CAB) : dolomie crinoïdique à cherts ;
- la formation de Pont-de-Lens (PDL) : calcaire avec intercalations dolomitiques ;
- la formation de Grand-Chemin (GRC): dolomie avec peu de cherts ;
- la formation de Montils (MOT) : dolomie oolitique à cherts ;
- la formation de Malon-Fontaine (COG) : calcaires à cherts au sommet ;
- la formation de Malon-Fontaine (THI) : calcaire argileux en bancs minces avec niveaux calcschisteux à la base ;
- la formation d'Ecaussines : membre de Soignies (SOI) : calcaire compact ;
- la formation de la Samme, membre de Feluy (FEL): calcaires gréseux, argileux ou dolomitiques ;
- la formation de la Samme, membre du Bois de la Rocq (BDR) : ensemble gréso-micacé ;
- la formation de Franc-Waret : schistes à nodules calcaires à la base, schistes au sommet ;
- la formation de Rhisnes : calcaire nodulaire à intercalations calcschisteuses.

Tout cet ensemble est localement recoupé par de nombreuses failles.

3. MÉTHODOLOGIE : TOMOGRAPHIE ÉLECTRIQUE

3.1. PRINCIPE DE LA MÉTHODE

La tomographie électrique est une méthode d'exploration du sous-sol basée sur la mesure de la résistivité électrique.

Un courant électrique est injecté dans le sous-sol au moyen de deux électrodes et la distribution de potentiel qui en résulte est mesurée par une autre paire d'électrodes.

Connaissant la géométrie du dispositif, on peut déterminer la résistivité apparente du sous-sol sur base de la loi d'Ohm.

La tomographie électrique 2D consiste à mesurer, pour un grand nombre d'électrodes disposées le long d'une ligne, les valeurs de résistivité apparente pour tous les groupes possibles de quatre électrodes (figure 2). L'espacement des électrodes est fonction de la profondeur d'investigation et de la résolution désirée.

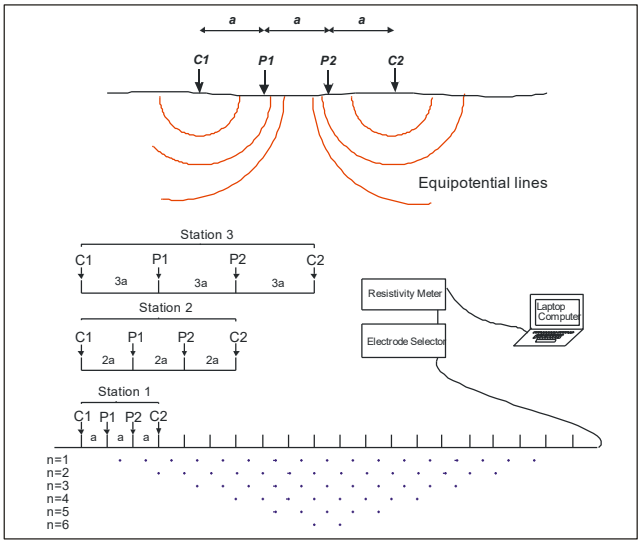


Figure 2 : Principe de la tomographie électrique

Le report de ces valeurs de résistivité apparente au centre du dispositif et une profondeur dépendant de l'écartement des électrodes permet de construire une pseudo-section. La section des résistivités réelles est obtenue par inversion de la pseudo-section, basée sur une modélisation du sous-sol par éléments finis ou différence finie.

3.2. ACQUISITION, TRAITEMENT ET INTERPRÉTATION

3.2.1. Acquisition des données

Le matériel suivant est utilisé pour la mise en œuvre de la méthode :

- un résistivimètre pour la sélection automatique des électrodes, l'injection d'un courant dans le sol, la mesure du potentiel associé et l'enregistrement des données ;
- des électrodes métalliques ;
- des câbles reliant les différentes électrodes au résistivimètre.

En mode 2D et en supposant un dispositif composé de 64 électrodes espacées de 2 m, le profil de base a une longueur de 126 m. Pour ce dispositif, la profondeur d'investigation au centre du profil est d'une vingtaine de mètres.

Pour réaliser un profil tomographique, dont la longueur est supérieure à celle du profil de base, la technique du roll along est mise œuvre.

La technique du roll along est illustrée sur la figure 3. Lorsque qu'une série d'électrodes n'est plus utilisée pour l'acquisition du profil de base, elle est déplacée et mise en place en avant de celui-ci. Une fois l'acquisition du profil de base terminée, les mesures supplémentaires ne concerne que la section liée aux électrodes déplacées ce qui a pour effet de rallonger le profil de départ. Pour le cas illustré (figure 3), la longueur totale du profil obtenue est de 126 m + 32 m = 158 m. Si nécessaire cette opération est répétée pour obtenir la longueur souhaitée.

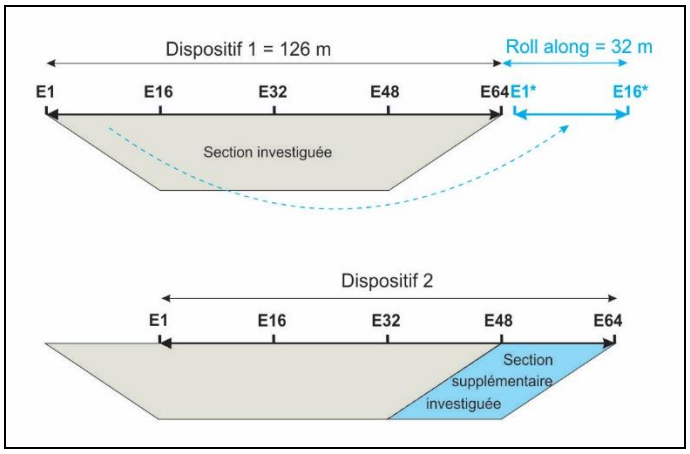


Figure 3: Principe de la technique du roll along

3.2.2. Traitement et interprétation

Pour une meilleure interprétation des tomographies électriques, les variations topographiques le long des profils doivent être prises en compte dans l'inversion.

Le traitement débute par la suppression de données de mauvaise qualité. Ensuite le fichier de données est édité pour prendre en compte les variations topographiques au droit du profil réalisé. L'inversion tomographique est réalisée via un logiciel qui permet de reconstruire une image des résistivités apparentes mesurées à partir d'un modèle de résistivité réelles du sous-sol. Ce dernier est utilisé pour l'interprétation des résultats lorsque l'erreur entre les résistivités apparentes mesurées et calculées est inférieure à un minimum fixé par l'opérateur.

La figure ci-dessous est un exemple de résultats d'une tomographie électrique réalisée au-dessus des terrains calcaires. Les faibles valeurs de résistivités (inférieures à 1000 ohms.mètres) représentent les terrains altérés et/ou karstifiés et les résistivités plus élevées, le bedrock sain. Une faille subverticale est présente autour de la cumulée 260 m.

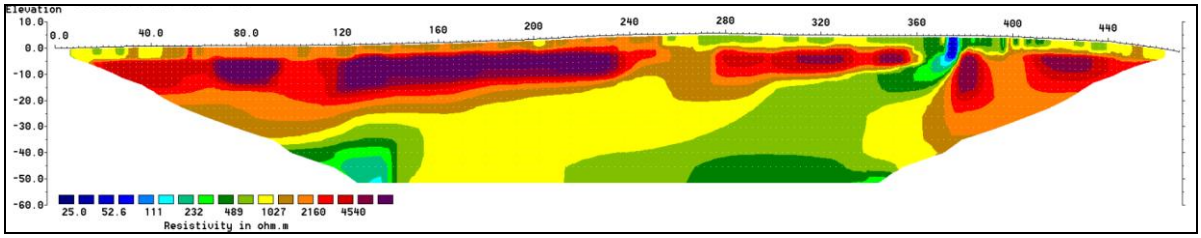


Figure 4: Exemple de résultats d'une tomographie électrique

3.3. APPLICATIONS ET LIMITATIONS DE LA MÉTHODE

Les avantages de la méthode sont la bonne discrimination entre terrains limoneux ou argileux (résistivité faible), et rocheux (résistivité élevée) ainsi que la mise en évidence des variations verticales et latérales.

La tomographie électrique est une méthode de choix pour la caractérisation des terrains karstifiés. Elle permet aussi d'estimer la profondeur du bedrock et son degré d'altération, de caractériser les sites remblayés et les sites d'enfouissement technique, la détection et la localisation des zones fracturées, l'investigation des sites pollués, la détection de cavités souterraines etc.

Cette méthode géophysique présente des limitations inhérentes d'une part à la méthode elle-même, mais aussi à la technique d'interprétation :

- la résolution de la méthode décroît avec la profondeur ;
- la procédure d'interprétation suppose une région investiguée bidimensionnelle c'est-à-dire que la résistivité ne change pas dans la direction perpendiculaire au profil ;
- un contact net entre deux terrains ou matériaux de nature différente apparaît sur le panneau tomographique comme une transition rapide et non comme une frontière nette.

4. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

4.1. IMPLANTATION ET CARACTÉRISTIQUES DES PROFILS

La figure ci-dessous reprend le tracé du contournement à réaliser. Sa longueur est d'environ 4.5 Km.

Pour avoir des résultats significatifs, les profils de tomographie électrique doivent avoir une forme rectiligne. C'est pourquoi, le tracé à investiguer a été diviser en plusieurs segments rectilignes matérialisant les profils à réaliser et épouser au mieux ce dernier.

Sur la base de cette subdivision, 8 profils tomographiques ont été implantés.

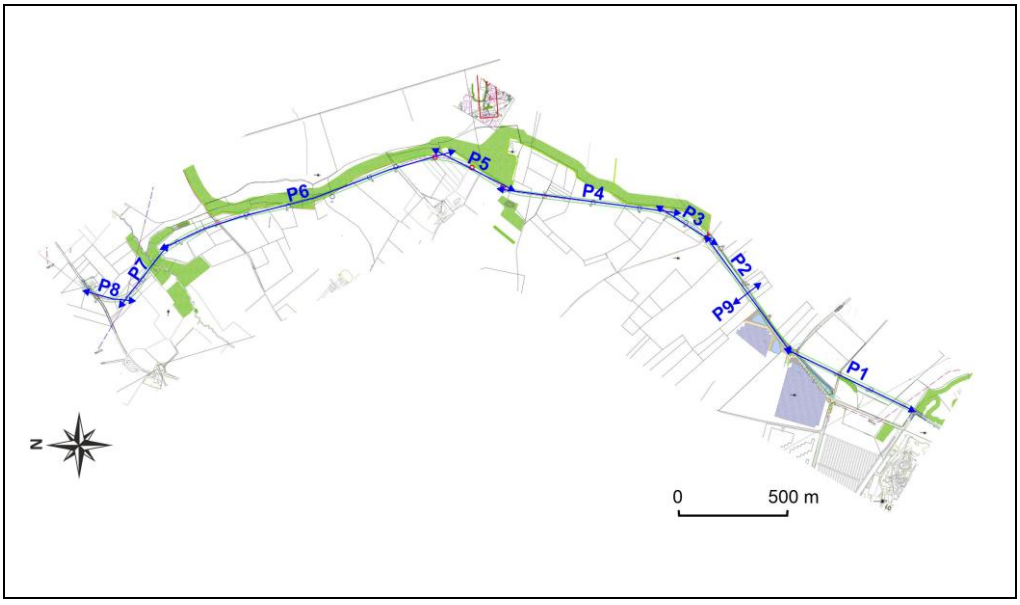


Figure 6: Situation du contournement et implantation des profils

Les données géologiques locales indiquent que pour caractériser le bedrock calcaire sur l'ensemble du tracé, la profondeur d'investigation doit être minimum de 30 m.

Pour atteindre cette profondeur d'investigation, un dispositif constitué de 64 électrodes espacées de 3 m a été mis en place. Il correspond à un profil de base de 189 m de long et chaque roll along a une longueur de 48 m. Pour ce dispositif, la profondeur d'investigation est d'environ 30 m au centre du profil.

Avec un tel dispositif, les différents profils seront composés comme suit.

Profil P1 = Profil P2 = 1 profil de base + 10 roll along = 189 m + 10 x 48 m = 669 m ;

Profil P3 = 1 profil de base + 2 roll along = 189 m + 2 x 48 m = 285 m ;

Profil P4 = 1 profil de base + 14 roll along = 189 m + 14 x 48 m = 861 m ;

Profil P5 = 1 profil de base + 5 roll along = 189 m + 5 x 48 m = 429 m ;

Profil P6 = 1 profil de base + 27 roll along = 189 m + 27 x 48 m = 1485 m ;

Profil P7 = 1 profil de base + 4 roll along = 189 m + 4 x 48 m = 381 m ;

Profil P8 = 1 profil de base = 189 m.

Pour l'ensemble des profils, le protocole de mesure choisi est une combinaison des modes Wenner et Schlumberger pour mieux mettre en évidence les variations verticales et horizontales.

Le résistivimètre utilisé pour cette étude est le Terrameter LS2 de marque ABEM.

La modélisation a été réalisée avec les logiciels RES2DINV.

Les données topographiques ont été acquises par GPS de marque Leica (CS20 et GS18) avec une précision RTK (centimétrique) et un rattachement au système Lambert 72 belge.

4.2. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Pour la présentation des résultats, le contournement étudié a été divisé en 4 zones qui sont, du Nord au Sud :

- Zone1 : qui comprend les profils PT8 et PT7 ;
- Zone 2 : qui comprend le profil PT6 ;
- Zone 3 : qui comprend les profils PT5, PT4 et PT3 ;
- Zone 4 : qui comprend les profils PT1, PT2 et PT9. Le profil PT9 est un profil supplémentaire qui a été réalisé pour confirmer le tracé d'une faille dans cette zone. Il a une longueur de 189 m.

Pour ce projet, une campagne d'essai CPT a été réalisée par la Direction de la Géotechnique du Service Publique de Wallonie.

14 essais de pénétration statique 200 kN ont ainsi été réalisés le long du tracé du contournement. Leur implantation est reprise sur la figure ci-dessous.

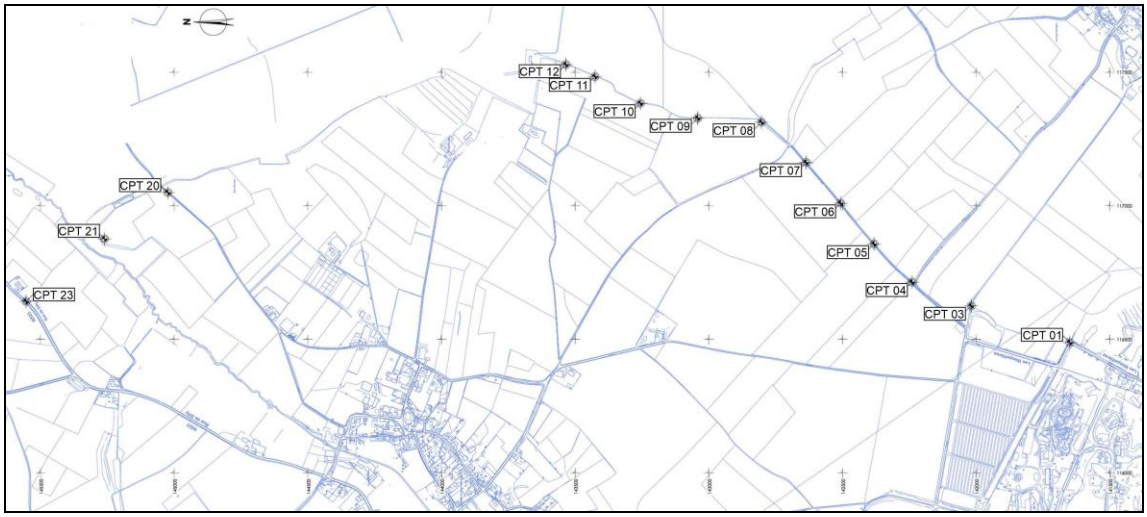


Figure 6: Implantation des profils des essais CPT

Les résultats de ces essais ont été intégrés dans l'interprétation de ceux de la campagne géophysique.

4.2.1. Zone 1

Ces résultats et leur interprétation sont repris sur le document 1.

4.2.1.1. Profil tomographique PT8

Ce profil a une orientation NW-SE.

Les résultats obtenus permettent de diviser la section investiguée en trois horizons qui sont, de haut en bas :

- l'horizon superficiel caractérisé par une résistivité moyenne de 30 Ω.m. Il a une épaisseur moyenne de 2 m;
- le deuxième horizon est caractérisé par des résistivités comprises 10 et 50 Ω.m. Son épaisseur varie entre 4 et 8 m sauf entre les cumulées 0 et 38 m où sa base n'a pas été déterminée ;
- le troisième horizon peut être divisé en deux parties ;
  - ✓ la première partie est caractérisée par des résistivités comprises entre 50 et 180 Ω.m. Son épaisseur est d'environ 15 m ;
  - ✓ la seconde partie est caractérisée par des résistivités comprises entre 180 et 900 Ω.m. Elle constitue la base de la section investiguée.

4.2.1.2. Profil tomographique PT7

Ce profil a une orientation NE-SW.

Les résultats obtenus permettent de diviser la section investiguée en trois horizons qui sont, de haut en bas :

- l'horizon superficiel caractérisé par une résistivité moyenne de 30 Ω.m. Il a une épaisseur moyenne de 2 m. Il disparait entre les cumulées 295 et 340 m ;
- le deuxième horizon est caractérisé par des résistivités comprises 10 et 50 Ω.m. Son épaisseur est d'environ 12 m entre le début du profil et la cumulée 225 m puis diminue progressivement pour atteindre 5 m en fin de profil ;
- le troisième horizon peut être divisé en deux parties ;
  - ✓ la première est caractérisée par des résistivités comprises entre 50 et 180 Ω.m. Son épaisseur est d'environ 12 m sauf entre les cumulées 155 et 245 m où il s'étend jusqu'à la base de la section investiguée ;
  - ✓ la seconde est caractérisée par des résistivités comprises entre 180 et 900 Ω.m. Elle constitue le reste de la base de la section investiguée.

4.2.1.3. Synthèse et interprétation

L'horizon superficiel correspond aux terrains argilo-limoneux de surface qui en termes de résistivités est semblable à l'horizon sous-jacent.

Le deuxième horizon correspond aux terrains de découverture repris sur la carte géologique.

Le troisième horizon correspond au bedrock calcaire. Il est divisé en deux parties :

- le toit, qui est représenté par l'horizon 3a, et qui localement s'étend jusqu'à la base, correspond à la partie altérée du bedrock calcaire ;
- la base, représenté par l'horizon 3b, correspond au bedrock calcaire peu altéré voire sain.

Au droit des deux profils PT7 et PT8, les résultats indiquent que le bedrock est altéré mais pas karstifié.

L'essai CPT 23 a été réalisé le long de la route à proximité du début du profil PT8. La projection des résultats obtenus sur le profil tomographique, indique que le refus se fait au sommet du bedrock altéré.

4.2.2. Zone 2

Cette zone comprend le seul profil PT6. Vu sa longueur, environ 1500 m, il a été divisé en deux parties (PT6A et PT6B) pour faciliter sa réalisation.

Le profil PT6A a été réalisé entre les cumulées 0 et 717 m et le profil PT6B, entre les cumulées 624 et 1476 m.

Ces deux profils ont été superposés de 93 m (longueur de deux roll along) pour éviter d'avoir une zone non investiguée à la jonction de ces derniers.

Les résultats sont repris sur le document 2.

4.2.2.1. Profil tomographique PT6A

Ce profil a une orientation NW-SE.

Les résultats obtenus permettent de diviser la section investiguée en trois horizons qui sont, de haut en bas :

- l'horizon superficiel caractérisé par une résistivité moyenne de 30 Ω.m sauf entre les cumulées 375 et 675 m où les résistivités sont comprises entre 35 et 95 Ω.m. Il a une épaisseur moyenne de 2 m ;

- le deuxième horizon est caractérisé par des résistivités comprises 10 et 50 Ω.m. Entre le début du profil et la cumulée 425 m, son épaisseur varie entre 4 et 12 m et atteint localement une quinzaine de mètres. Entre la cumulée 425 m et la fin du profil, cette épaisseur est de 20 m et n'atteint une dizaine de mètres que localement ;

- le troisième horizon peut être divisé en deux parties ;

  - ✓ la première partie est caractérisée par des résistivités comprises entre 50 et 180 Ω.m. Son épaisseur varie entre 5 et une quinzaine de mètres entre le début du profil et la cumulée 400 m. Sur le reste du profil cette épaisseur ne peut être déterminée puisque cette partie s'étend sur toute la base de la section investiguée ;

  - ✓ la seconde partie est caractérisée par des résistivités comprises entre 180 et 480 Ω.m. Elle constitue la base de la section investiguée entre le début profil et la cumulée 400 m.

4.2.2.2. Profil tomographique 6B

Le profil PT6B est situé dans la continuité du profil PT6A et les résultats confirment cette continuité.

Les résultats obtenus permettent de diviser la section investiguée en trois horizons qui sont, de haut en bas :

- l'horizon superficiel caractérisé de résistivités comprises entre 35 et 95 Ω.m. Il a une épaisseur moyenne de 2 m. Il n'est présent que localement ;

- le deuxième horizon est caractérisé par des résistivités comprises 10 et 50 Ω.m. Entre le début du profil et la cumulée 950 m, son épaisseur est d'une vingtaine de mètres. Entre la cumulée 950 m et la fin du profil, son épaisseur varie entre 4 et 8 m et atteint localement une 10 m ;

- le troisième horizon peut être divisé en deux parties ;

  ✓ la première est caractérisée par des résistivités comprises entre 50 et 180 Ω.m. Son épaisseur varie entre 5 et une quinzaine de mètres entre les cumulées 1075 et 1315 m. Sur le reste du profil cette épaisseur ne peut être déterminée puisque cette partie s'étend sur toute la base de la section investiguée ;

  ✓ la seconde est caractérisée par des résistivités comprises entre 180 et 480 Ω.m. Elle constitue la base de la section investiguée entre les cumulées 1075 et 1315 m.

4.2.2.3. Synthèse et interprétation

Comme pour la zone 1, le premier horizon correspond aux terrains argilo-limoneux de surface.

Le deuxième horizon correspond aux terrains de découverture repris sur la carte géologique.

Entre les cumulées 425 et 950 m, l'épaisseur de ce deuxième horizon atteint une vingtaine de mètres.

Cette forte épaisseur représente le fantôme du bedrock initial. Il est caractérisée par des approfondissements locaux des poches de très faibles résistivités. Cette morphologie est la signature des zones complètement karstifiées.

Le degré d'altération et de karstification est aussi marqué par les caractéristiques du bedrock sous-jacent. En effet, ce dernier n'est composé que l'horizon 3a, qui correspond au bedrock altéré et/ou karstifié.

Cette forte épaisseur de terrains karstifiés peut contenir de nombreux blocs de roches correspondant à des reliques de roches peu altérées voire saines.

Sur tout le reste du profil, le bedrock est caractérisé par une épaisseur d'altération qui varie entre 5 et 15 m et n'est pas marqué par le phénomène de karstification.

Les résultats de l'essai CPT20 confirment ceux de la géophysique avec un refus au sommet du bedrock.

L'essai CPT21 est réalisé à proximité du début du profil PT6A. La profondeur de refus est de 18 m. Après avoir traversé la découverture, cet essai a aussi vraisemblablement traversé le bedrock sur une épaisseur d'une dizaine de mètres. Ce dernier est certainement très altéré au droit de l'essai.

4.2.3. Zone 3

Cette zone comprend les profils PT3, PT4 et PT5.

Les résultats et leur interprétation sont repris sur le document 3.

4.2.3.1. Profil tomographique PT5

Ce profil a une orientation NE-SW.

Les résultats obtenus permettent de diviser la section investiguée en trois horizons qui sont, de haut en bas :

- l'horizon superficiel caractérisé par des résistivités comprises entre 35 et 95 Ω.m. Il a une épaisseur moyenne de 2 m. Il est présent entre les cumulées 50 et 190 m, puis entre 265 et 310 m ;
- le deuxième horizon est caractérisé par des résistivités comprises 10 et 50 Ω.m. Son épaisseur varie entre 3 et 10 m et semble augmenter du début vers la fin de profil ;
- le troisième horizon est caractérisé par des résistivités comprises entre 50 et 250 Ω.m. Il constitue la base de la section investiguée.

4.2.3.2. Profil tomographique PT4

Ce profil a une orientation N-S.

Les résultats obtenus permettent de diviser la section investiguée en trois horizons qui sont, de haut en bas :

- l'horizon superficiel caractérisé par une résistivité moyenne de 30 Ω.m sauf en fin de profil où les résistivités varient entre 50 et 95 Ω.m. Il a une épaisseur moyenne de 2 m ;

- le deuxième horizon est caractérisé par des résistivités comprises 10 et 50 Ω.m. Entre le début du profil et la cumulée 600 m, son épaisseur diminue progressivement de 20 à 15 m. Entre la cumulée 600 m et la fin du profil, cette épaisseur diminue irrégulièrement de 15 à 6 m ;

- le troisième horizon peut être divisé en deux parties ;

  ✓ la première est caractérisée par des résistivités comprises entre 50 et 180 Ω.m. Son épaisseur varie entre 8 et 12 m. Il s'étend jusqu'à la base de la section investiguée entre les cumulées 370 et 530 m ;

  ✓ la seconde est caractérisée par des résistivités comprises entre 180 et 250 Ω.m. Elle constitue le reste de la base de la section investiguée entre le début du profil et la cumulée 370 m, entre les cumulées 530 et 640 m, puis entre la cumulée 760 m et la fin du profil.

Ce troisième horizon est entièrement recoupé par une zone de faibles résistivités entre les cumulées 700 et 760 m.

Les données acquises sont caractérisées par une très forte hétérogénéité dans ce troisième horizon entre les cumulées 640 et 660 m.

4.2.3.3. Profil tomographique PT3

Ce profil a une orientation NE-SW.

Les résultats obtenus permettent de diviser la section investiguée en trois horizons qui sont, de haut en bas :

- l'horizon superficiel caractérisé des résistivités comprises entre 50 et 95 Ω.m. Il a une épaisseur moyenne de 2 m. Il disparait entre les cumulées 40 et 205 m ;

- le deuxième horizon est caractérisé par des résistivités comprises 10 et 50 Ω.m. Son épaisseur varie irrégulièrement entre 4 et 8 m et semble diminuer vers la fin du profil ;

- le troisième horizon peut être divisé en deux parties ;

  ✓ la première est caractérisée par des résistivités comprises entre 50 et 180 Ω.m. Son épaisseur varie entre 5 et 10 m ;

  ✓ la seconde est caractérisée par des résistivités comprises entre 180 et 250 Ω.m. Elle constitue la base de la section investiguée.

Ce troisième horizon est entièrement recoupé par une zone de faibles résistivités entre les cumulées 125 et 145 m.

4.2.4. Zone 4

Cette zone comprend les profils PT1, PT2 et PT9.

Les résultats et leur interprétation sont repris sur le document 4.

4.2.4.1. Profil tomographique PT2

Ce profil a une orientation NE-SW.

Les résultats obtenus permettent de diviser la section investiguée en trois horizons qui sont, de haut en bas :

- l'horizon superficiel caractérisé par des résistivités comprises entre 35 et 95 Ω.m. Il a une épaisseur moyenne de 2 m ;
- le deuxième horizon est caractérisé par des résistivités comprises 10 et 50 Ω.m. Son épaisseur varie irrégulièrement entre 3 et 10 m ;
- le troisième horizon peut être divisé en deux parties ;
  - ✓ la première est caractérisée par des résistivités comprises entre 50 et 180 Ω.m. Son épaisseur varie irrégulièrement entre 5 et 20 m ;
  - ✓ la seconde est caractérisée par des résistivités comprises entre 180 et 900 Ω.m. Elle constitue le reste de la base de la section investiguée.

Ce troisième horizon est entièrement recoupé par une zone de faibles résistivités comprises entre les cumulées 590 et 625 m.

4.2.4.2. Profil tomographique PT1

Ce profil a une orientation NE-SW.

Les résultats obtenus permettent de diviser la section investiguée en deux horizons qui sont, de haut en bas :

- l'horizon superficiel caractérisé par des résistivités comprises entre 25 et 95 Ω.m. Il a une épaisseur qui varie entre 3 et 7 m ;
- le deuxième horizon peut être divisé en deux parties ;
  - ✓ la première est caractérisée par des résistivités comprises entre 50 et 180 Ω.m. Elle atteint la base de la section investiguée entre les cumulées 40 et 120 m, entre les cumulées 455 et 510 m, puis en fin de profil ;

- ✓ la seconde est caractérisée par des résistivités comprises entre 180 et 900 Ω.m. Elle constitue le reste de la section investiguée.

Ce troisième horizon est entièrement recoupé par une zone de faibles résistivités comprises entre le début du profil et la cumulée 40 m.

4.2.4.3. Profil tomographique PT9

Ce profil a une orientation NE-SW.

Les résultats obtenus permettent de diviser la section investiguée en deux horizons qui sont, de haut en bas :

- l'horizon superficiel caractérisé par des résistivités comprises entre 20 et 95 Ω.m. Son épaisseur varie entre 3 et 8 m ;
- le deuxième horizon peut être divisé en deux parties ;
  - ✓ la première est caractérisée par des résistivités comprises entre 50 et 180 Ω.m. Son épaisseur est d'environ 15 m sauf en début et fin de profil où sa base n'a pas été déterminée ;
  - ✓ la seconde est caractérisée par des résistivités comprises entre 180 et 900 Ω.m. Elle constitue le reste de la base de la section investiguée.

Ce troisième horizon est entièrement recoupé par une zone de faibles résistivités comprises entre les cumulées 55 et 75 m.

4.2.5. Interprétation zone 3 et zone 4

Dans la zone 3, l'horizon superficiel correspond aux terrains argilo-limoneux de surface qui ont environ 2 m d'épaisseur. En termes de résistivités, il se confond avec l'horizon sous-jacent.

Le deuxième horizon correspond aux terrains de découverture qui sont repris sur la carte géologique.

Cette zone 3 est presqu'entièrement caractérisée par une forte épaisseur de découverture qui correspond à des matériaux essentiellement argileux.

En effet cette épaisseur varie entre 15 et 20 m sauf en fin de profil PT4 et le long du profil PT3 où elle varie entre 3 et 8 m.

Cette forte épaisseur de la découverture est confirmée par les résultats des essais CPT 10, 11 et 12. Ces essais ont atteint entre 15 et 20 m de profondeur et ont été limités par le frottement et non le refus lié à la résistance à la pointe.

Le troisième horizon correspond au bedrock calcaire caractérisé par une épaisseur d'altération constante sauf en fin de profil PT4 où il est recoupé jusqu'à la base de la section investiguée par une zone de faibles résistivités qui correspond vraisemblablement au passage d'une faille.

Dans la zone 4, les résultats du profil PT2, confirment ceux de la fin du profil PT4 et ceux du profil PT3 avec une faible épaisseur de la découverture qui varie entre 3 et 5 m et atteint localement 8 m.

L'épaisseur d'altération du bedrock calcaire varie entre 8 et 15 m. Les résistivités très élevées, entre 350 et 900 Ω.m, à la base de la section caractérisent un bedrock sain.

La fin du profil PT2 est caractérisée par une zone de faibles résistivités qui recoupe la section investiguée et correspond très vraisemblablement au passage d'une faille.

Le profil PT1 est caractérisé par deux horizons.

L'horizon superficiel correspond au produit d'altération du bedrock calcaire sous-jacent. La découverture est donc inexistante et confirme les données de la carte géologique.

Le bedrock calcaire constitue l'essentiel de la section investigué. Il est peu altéré voire sain.

Les zones de faibles résistivités, entre les cumulées 455 et 510 m, puis entre la cumulée 550 m et la fin du profil correspondent à des zones karstiques.

Au début du profil PT1, le bedrock est recoupé par une zone de faibles résistivités qui correspond au passage d'une faille. La zone de résistivités comprises entre 50 et 180 Ω.m, comprise entre les cumulées 40 et 120 m correspond à l'éponte de cette faille.

Cette faille est bien identifiée au début du profil PT1 et à la fin du profil PT2. Elle est reprise sur la carte géologique.

La profil PT9 a été réalisé pour déterminer et localiser la continuité de cette faille.

Les résultats de ce profil indiquent une anomalie dans la première moitié de la section et confirme la continuité du tracé de la faille vers le Nord-Est et parallèlement au profil PT2.

La suite du tracé de cette faille est confirmée par les anomalies détectées en fin de profil PT4 sur le document 3.

5. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

Dans le cadre du projet du contournement Est de Gages, une investigation du sous-sol a été demandée par la société SWECO.

Le sous-sol régional est principalement composé de terrains calcaires recouverts en discordance par les terrains meubles tertiaires.

Le but de l'investigation à réaliser était l'estimation du risque karstique le long du tracé de ce contournement. Il s'agit de déterminer l'épaisseur des terrains de couverture, d'estimer le degré d'altération et/ou de karstification du bedrock ainsi que la présence d'éventuels axes de fracturation.

Pour réaliser cette étude, la prospection géophysique par la méthode tomographie électrique est imposée.

Cette étude a été confiée à la société Calcis.

La campagne de mesures sur le terrain a été réalisée du 10 au 20 mars 2026.

Sur base des résultats obtenus, nous proposons l'interprétation suivante.

Sur la trentaine de mètres de profondeur investiguée, les résultats permettent de diviser la structure du sous-sol en trois horizons qui sont, de haut en bas :

- l'horizon superficiel caractérisé par une résistivité moyenne de 30 Ω.m. Des valeurs de 35 à 95 Ω.m sont localement atteintes. Il a une épaisseur moyenne de 2 m. Il correspond aux terrains argilo-limoneux de surface ;

- le deuxième horizon est caractérisé par des résistivités comprises 10 et 50 Ω.m. Son épaisseur varie généralement entre 4 et 12 m. Au centre du tracé, cette épaisseur varie entre 15 et 20 m. Cette épaisseur est nulle dans la partie Sud de ce tracé. Cet horizon correspond aux terrains de découverture repris sur la carte géologique. ;

- le troisième horizon peut être divisé en deux parties ;

  - ✓ la première partie est caractérisée par des résistivités comprises entre 50 et 180 Ω.m. Son épaisseur varie irrégulièrement entre 5 et 20 m. Localement il s'étend jusqu'à la base des sections investiguées. Elle correspond au bedrock calcaire altéré et/ou karstifié;

  - ✓ la seconde partie est caractérisée par des résistivités comprises entre 180 et 900 Ω.m. Elle constitue la base des sections investiguées. Elle correspond au bedrock calcaire peu altéré voire sain.

Dans le tiers Nord du tracé et sur une longueur d'environ 500 m, sous la découverture et sur une épaisseur d'environ 20 m, une large zone est caractérisée par la gamme de

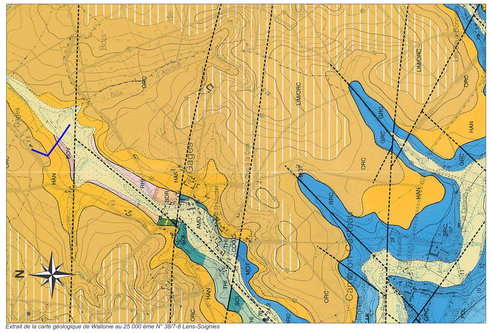
résistivités correspondant à celle de la découverture. Cette zone représente un fantôme du bedrock calcaire. Il s'agit d'une zone où ce dernier est complètement altéré et karstifié. Cette zone peut contenir des blocs de roches qui sont des reliques du bedrock calcaire peu altéré voire sain.

Deux poches karstiques ont aussi été détectées et localisées l'extrême Sud du tracé.

Dans le tiers Sud du tracé du futur contournement, la présence d'une faille reprise sur la carte géologique a été confirmée. Le tracé de cette faille recoupe localement le ligne du projet.

Les résultats de essais de pénétration statique (essai CPT 200 kN) réalisés confirment non seulement les différentes épaisseurs de la découverture mais aussi les profondeurs du bedrock calcaire.

CARTE GEOLOGIQUE

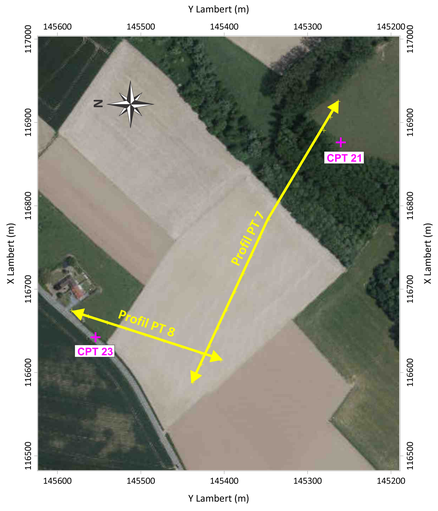


Extrait de la carte géologique de Wallonie au 25 000 ème N° 39/7-8 Lens-Soignies

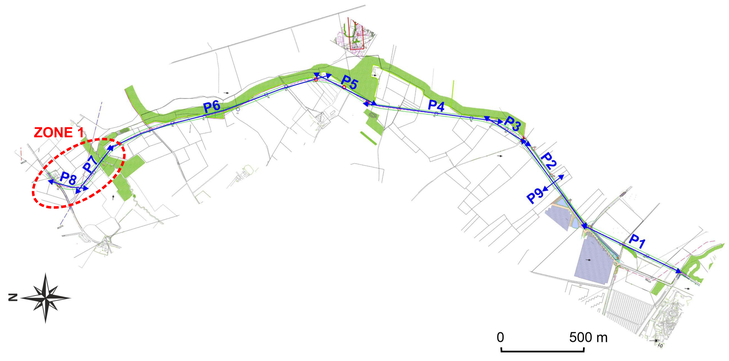
Légende:

- AMO — Alluvions modernes: argiles, sables, tourbes
- LIM — Limon, limon argilo-sableux
- ORC — Formation de Kortrijk: argiles sableuses, argiles plastiques
- HAN — Formation de Hannut: Tuffeaux, argiles à la base, sables et grès au sommet
- CAB — Formation de Cambron: dolomie crinoïdique à cherts
- PEL — Formation de Pont-de-Lens: calvaires argileux avec intercalations dolomitiques
- GRC — Formation du Grand-Chemin: Dolomie avec peu de cherts
- MOT — Formation de Montils: dolomie oolithique à cherts
- COS — Formation de Malon-Fontaine (sommet): calcaire à cherts
- THE — Formation de Malon-Fontaine (base): calcaire argileux en bancs minces avec niveaux calcschisteux
- AGI — Formation d'Ecaussines: membre de Soignies: calcaire compact
- FEL — Formation de la Samme: membre de Feluy: Calcaires gréseux, argileux ou dolomitiques
- BOI — Formation de la Samme: membre du Bois de la Rocq: ensemble gréso-micacé
- FRW — Formation de Franc-Waret: schistes à nodules calcaires à la base, schistes au sommet
- RHI — Formation de Rhisnes: calcaire nodulaire à inetrcalations calcshisteuses
- Faille
- Faille sous recouvrement
- Tracé investigué du contournement

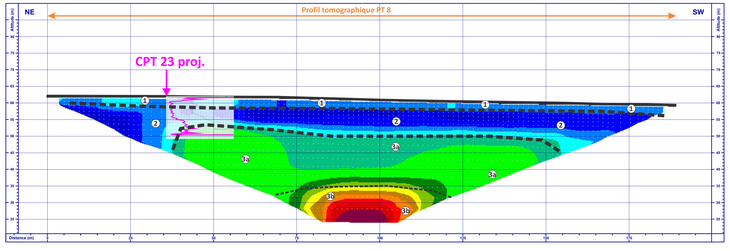
PLAN DE SITUATION ET IMPLANTATION DES PROFILS TOMOGRAPHIQUES



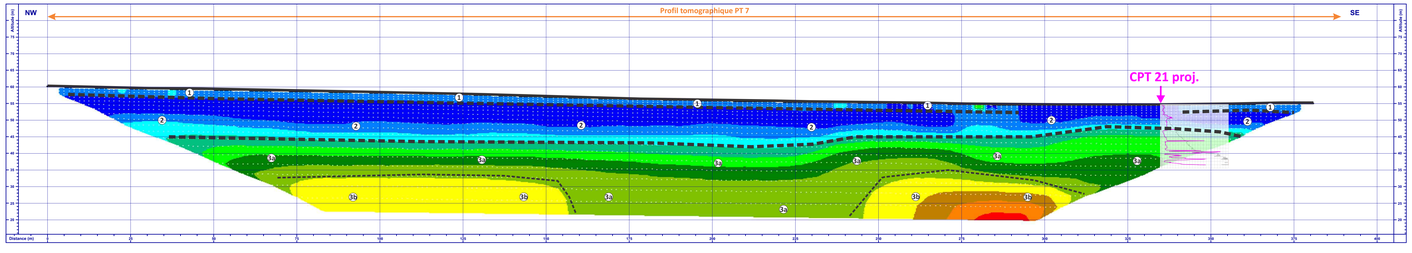
TRACE DU CONTOURNEMENT



RESULTATS ET INTERPRETATION

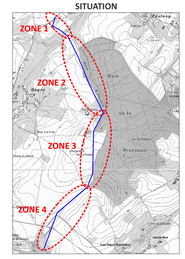


10.0 19.0 36.3 69.1 132 250 477 908
Résistivité électrique en ohm.m



10.0 19.0 36.3 69.1 132 250 477 908
Résistivité électrique en ohm.m

SITUATION



LEGENDE

PT 1 — Profil tomographique PT 1

Tomographie électrique: échelle des résistivités

10.0 19.0 36.3 69.1 132 250 477 908
Résistivité électrique en ohm.m

Interprétation

① Horizon géophysique 1 : 20 Ω.m < ρ < 95 Ω.m
Remblais et limons de surface

② Horizon géophysique 2 : 10 Ω.m < ρ < 50 Ω.m
Découverture

③ Horizon géophysique 3 : Bedrock calcaire

3a Horizon géophysique 3a : 50 Ω.m < ρ < 180 Ω.m
Bedrock calcaire altéré et/ou karstifié

3b Horizon géophysique 3b : 180 Ω.m < ρ < 1250 Ω.m
Bedrock calcaire peu altéré voire sain

Anomalie de faibles résistivités dans le bedrock pouvant correspondre au passage d'une faille

SWECO

Contournement Est de Gages entre N523 et rue Wespellières

CARACTERISATION DU SOUS-SOL

Prospection géophysique par tomographie électrique

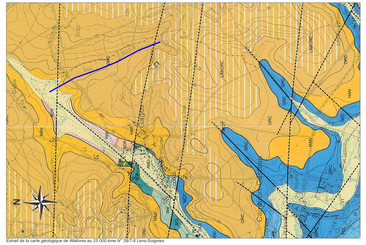
Document 1: ZONE 1: Implantation des profils - Résultats et interprétation

ECHELLE		DIMENSIONS PAPIER	REFERENCE
1 / 500	1 / 4000	(841x1550)	BR/26/001

VERSION	DATE	DESSINE PAR	CONTROLLE PAR	APPROUVE PAR	MODIFICATIONS
00	29/03/2026	T.N.	T.N.	T.N.	

CALCIS
Engineering geophysics - Engineering geology
Avenue de Péville, 156
B-4030 Liege - Belgium
Tel: 00 32 474 87 29 19
Fax: 00 32 4 343 42 21
Web: www.calcis.eu
Email: info@calcis.eu

CARTE GEOLOGIQUE

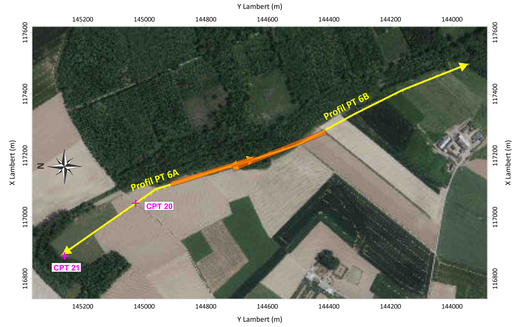


Extrait de la carte géologique de Wallonie au 25 000 ème N° 39-7-8 Lamb.Soignies

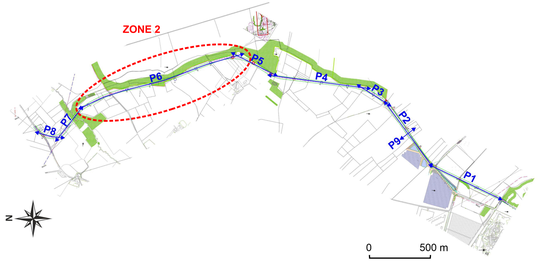
Légende:

- Alluvions modernes: argiles, sables, tourbes
- Limon, limon argilo-sableux
- Formation de Kortrijk: argiles sableuses, argiles plastiques
- Formation de Hannut: Tuffeau, argiles à la base, sables et grès au sommet
- Formation de Cambron: dolomie crinoïdique à cherts
- Formation de Pont-de-Leni: calvaires argileux avec intercalations dolomitiques
- Formation du Grand-Chemin: Dolomie avec peu de cherts
- Formation de Montils: dolomie oolithique à cherts
- Formation de Malon-Fontaine (sommet): calcaire à cherts
- Formation de Malon-Fontaine (base): calcaire argileux en bancs minces avec niveaux calcschisteux
- Formation d'Ecaussines: membre de Soignies: calcaire compact
- Formation de la Samme: membre de Feluy: Calcaires gréseux, argileux ou dolomitiques
- Formation de la Samme: membre du Bois de la Rocq: ensemble gréso-micacé
- Formation de Franc-Waret: schistes à nodules calcaires à la base, schistes au sommet
- Formation de Rhisnes: calcaire noduleux à inetrcalations calcschisteuses
- Faille
- Faille sous recouvrement
- Tracé investigué du contournement

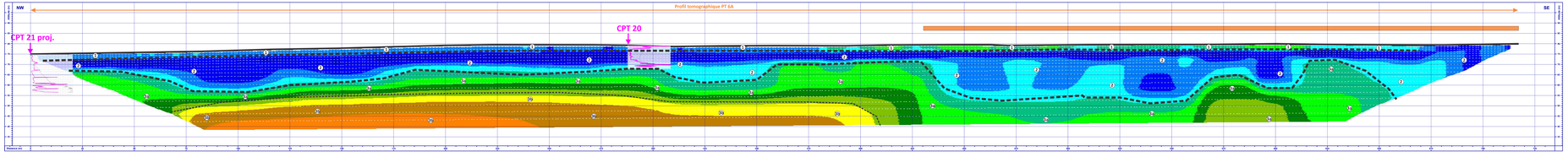
PLAN DE SITUATION ET IMPLANTATION DES PROFILS TOMOGRAPHIQUES

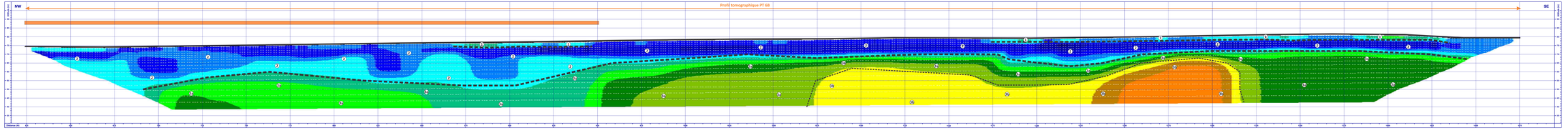


TRACE DU CONTOURNEMENT

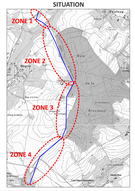


RESULTATS ET INTERPRETATION





SITUATION



LEGENDE

PT 1 — Profil tomographique PT 1

Tomographie électrique: échelle des résistivités

Résistivité électrique en ohm.m

Interprétation

① Horizon géophysique 1 : 20 Ω.m < **ρ** < 95 Ω.m
Remblais et limons de surface

② Horizon géophysique 2 : 10 Ω.m < **ρ** < 50 Ω.m
Découverture

③ Horizon géophysique 3 : Bedrock calcaire

3a Horizon géophysique 3a : 50 Ω.m < **ρ** < 180 Ω.m
Bedrock calcaire altéré et/ou karstifié

3b Horizon géophysique 3b : 180 Ω.m < **ρ** < 1250 Ω.m
Bedrock calcaire peu altéré voire sain

Anomalie de faibles résistivités dans le bedrock pouvant correspondre au passage d'une faille

Anomalie de faibles résistivités dans le bedrock correspondant à une zone karstique

SWECO

Contournement Est de Gages entre N523 et rue Wespellières

CARACTERISATION DU SOUS-SOL

Prospection géophysique par tomographie électrique

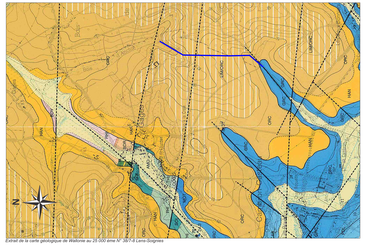
Document 2: ZONE 2: Implantation des profils - Résultats et interprétation

ECHELLE		DIMENSIONS PAPIER	REFERENCE
1 / 500	1 / 4000	39x(x2)X0	8VLIVS1901

VERSION	DATE	DESSINE PAR	CONTROLLE PAR	APPROUVE PAR	MODIFICATIONS
00	29/03/2026	T.N.	T.N.	T.N.	

CALCIS
Engineering geophysics - Engineering geology
Avenue du Péralta, 15A
B-4032 Liege - Belgium
Tel: 00 32 4 343 42 23
Fax: 00 32 4 343 47 29 19
Web: www.calcis.eu
Email: info@calcis.eu

CARTE GEOLOGIQUE

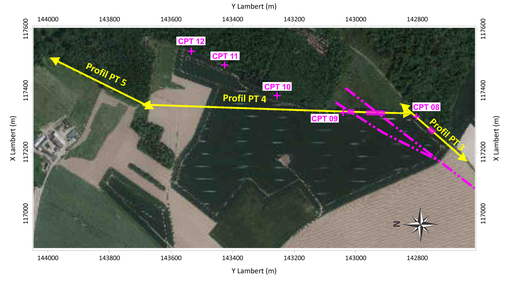


Extrait de la carte géologique de Wallonie au 1/ 100 ème N° 167-8 Lens-Soignies

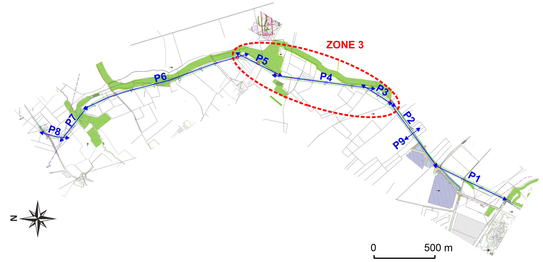
Légende:

- Alluvions modernes: argiles, sables, tourbes
- Limon, limon argilo-sableux
- Formation de Kortrijk: argiles sableuses, argiles plastiques
- Formation de Hannut: Tuffeaux, argiles à la base, sables et grès au sommet
- Formation de Cambron: dolomie crinoïdique à cherts
- Formation de Pont-de-Lens: calvaires argileux avec intercalations dolomitiques
- Formation du Grand-Chemin: Dolomie avec peu de cherts
- Formation de Montils: dolomie oolithique à cherts
- Formation de Malon-Fontaine (sommet): calcaire à cherts
- Formation de Malon-Fontaine (base): calcaire argileux en bancs minces avec niveaux calcschisteux
- Formation d'Ecaussines: membre de Soignies: calcaire compact
- Formation de la Samme: membre de Feluy: Calcaires grisieux, argileux ou dolomitiques
- Formation de la Samme: membre du Bois de la Rocq: ensemble gréso-micacé
- Formation de Franc-Waret: schistes à nodules calcaires à la base, schistes au sommet
- Formation de Rhisnes: calcaire noduleire à inetrcalations calcschisteuses
- Faille
- Faille sous recouvrement
- Tracé investigué du contournement

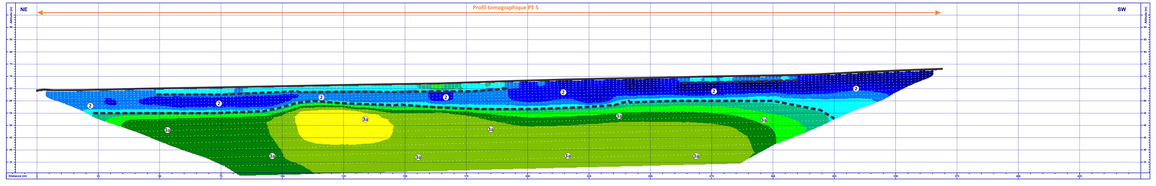
PLAN DE SITUATION ET IMPLANTATION DES PROFILS TOMOGRAPHIQUES

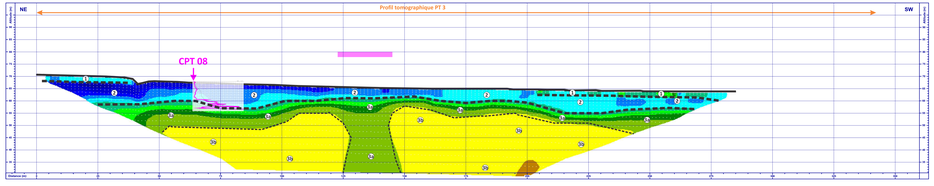


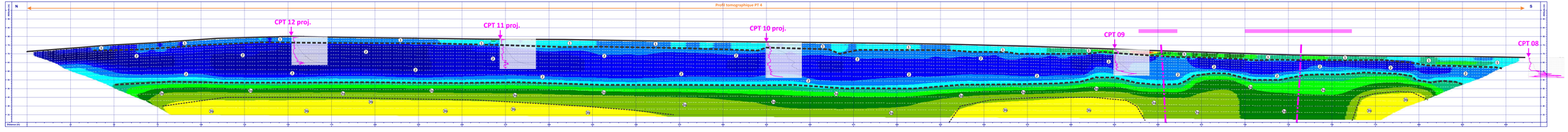
TRACE DU CONTOURNEMENT

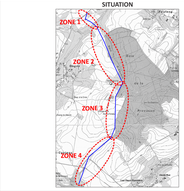


RESULTATS ET INTERPRETATION









LEGENDE

PT 1 — Profil tomographique PT 1

Tomographie électrique: échelle des résistivités

10.0 | 15.8 | 25.1 | 39.8 | 63.1 | 100 | 158 | 251 | 398 | 631 | 1000 | 1585 | 2512 | 3981 | 6310 | 10000

Résistivité électrique en ohm.m

Interprétation

① Horizon géophysique 1 : 20 Ω.m < ρ < 95 Ω.m
Remblais et limons de surface

② Horizon géophysique 2 : 10 Ω.m < ρ < 50 Ω.m
Découverture

③ Horizon géophysique 3 : Bedrock calcaire

3a Horizon géophysique 3a : 50 Ω.m < ρ < 180 Ω.m
Bedrock calcaire altéré et/ou karstifié

3b Horizon géophysique 3b : 180 Ω.m < ρ < 1250 Ω.m
Bedrock calcaire peu altéré voire sain

Anomalie de faibles résistivités dans le bedrock pouvant correspondre au passage d'une faille

Faille interprétée et reprise sur la carte géologique

sweco

Contournement Est de Gages entre N523 et rue Wespellières

CARACTERISATION DU SOUS-SOL

Prospection géophysique par tomographie électrique

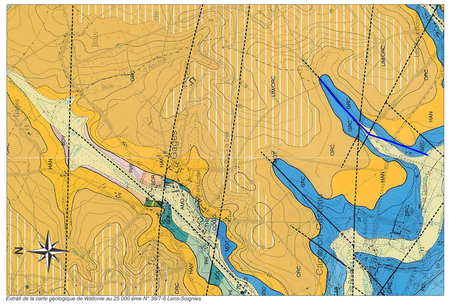
Document 3: ZONE 3: Implantation des profils - Résultats et interprétation

ECHELLE		DIMENSIONS PAPIER	REFERENCE
1 / 500	1 / 4000	28Ax15(3D)	8VUN/085

VERSION	DATE	DESSINE PAR	CONTROLLE PAR	APPROUVE PAR	MODIFICATIONS
00	29/03/2026	T.N.	T.N.	T.N.	

CALCIS
Engineering geophysics - Engineering geology
Avenue du Péralta, 15A
B-4032 Liege - Belgium
Tel: 00 32 4 343 42 23
Fax: 00 32 4 343 42 24
Web: www.calcis.eu
Email: info@calcis.eu

CARTE GEOLOGIQUE

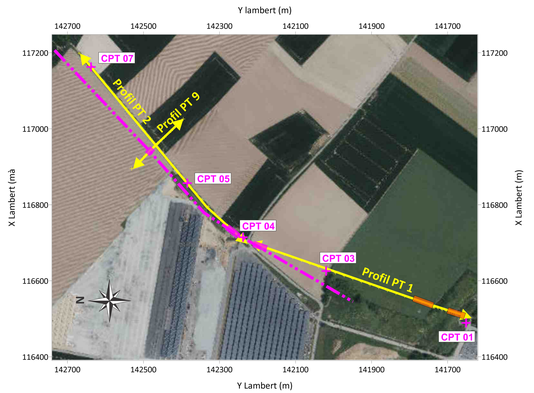


Extrait de la carte géologique de Wallonie au 25 000 ème N° 38/7-8 Lens-Soignies

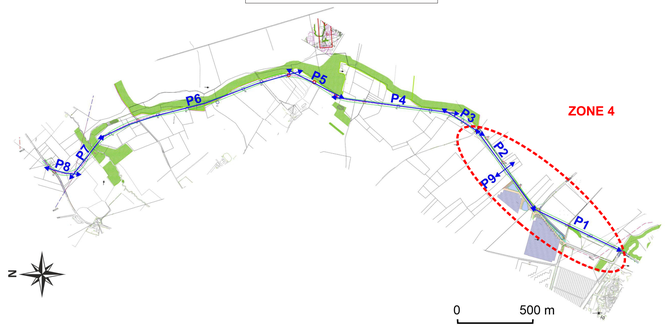
Légende:

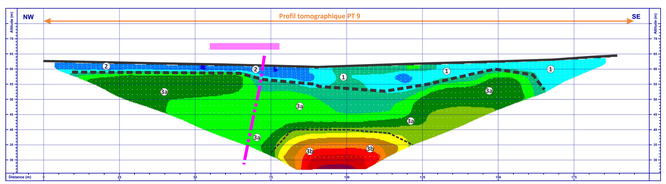
- AMO — Alluvions modernes: argiles, sables, tourbes
- LIM — Limon, limon argilo-sableux
- ORC — Formation de Kortrijk: argiles sableuses, argiles plastiques
- HAN — Formation de Hannut: Tuffeaux, argiles à la base, sables et grès au sommet
- CAM — Formation de Cambron: dolomie crinoïdique à cherts
- POL — Formation de Pont-de-Lens: calvaires argileux avec intercalations dolomitiques
- GRC — Formation du Grand-Chemin: Dolomie avec peu de cherts
- MON — Formation de Montils: dolomie oolithique à cherts
- SOM — Formation de Malon-Fontaine (sommet): calcaire à cherts
- TAR — Formation de Malon-Fontaine (base): calcaire argileux en bancs minces avec niveaux calcschisteux
- ECA — Formation d'Ecaussines: membre de Soignies: calcaire compact
- SAL — Formation de la Samme: membre de Feluy: Calcaires gréseux, argileux ou dolomitiques
- BOR — Formation de la Samme: membre du Bois de la Rocq: ensemble gréso-micacé
- FRA — Formation de Franc-Waret: schistes à nodules calcaires à la base, schistes au sommet
- RHI — Formation de Rhisnes: calcaire noduleux à inetrcalations calcschisteuses
- Faille
- Faille sous recouvrement
- Tracé investigué du contournement

PLAN DE SITUATION ET IMPLANTATION DES PROFILS TOMOGRAPHIQUES

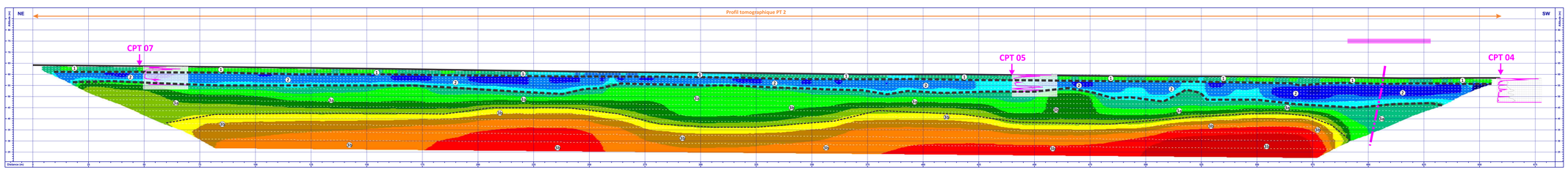


TRACE DU CONTOURNEMENT

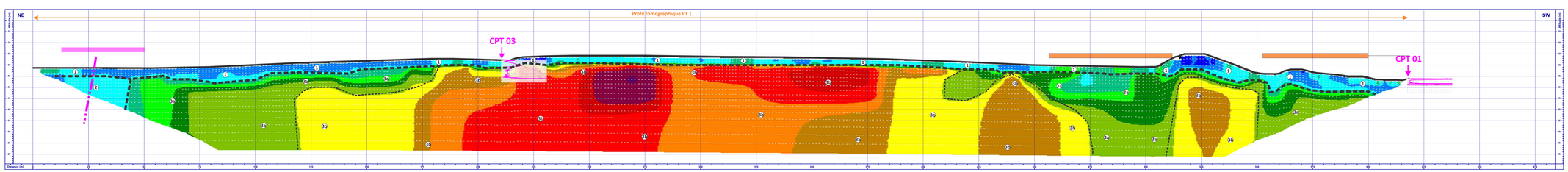




RESULTATS ET INTERPRETATION

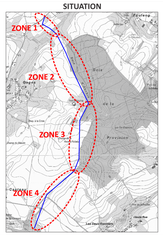


Résistivité électrique en ohm.m: 10.0 19.0 36.3 69.1 132 250 477 908



Résistivité électrique en ohm.m: 10.0 19.0 36.3 69.1 132 250 477 908

SITUATION



LEGENDE

PT 1 — Profil tomographique PT 1

Tomographie électrique: échelle des résistivités

10.0 19.0 36.3 69.1 132 250 477 908

Résistivité électrique en ohm.m

Interprétation

① Horizon géophysique 1 : 20 Ω.m < **ρ** < 95 Ω.m
Remblais et limons de surface

② Horizon géophysique 2 : 10 Ω.m < **ρ** < 50 Ω.m
Découverture

③ Horizon géophysique 3 : Bedrock calcaire

③a Horizon géophysique 3a : 50 Ω.m < **ρ** < 180 Ω.m
Bedrock calcaire altéré et/ou karstifié

③b Horizon géophysique 3b : 180 Ω.m < **ρ** < 1250 Ω.m
Bedrock calcaire peu altéré voire sain

Anomalie de faibles résistivités dans le bedrock pouvant correspondre au passage d'une faille

Faille interprétée et reprise sur la carte géologique

Anomalie de faibles résistivités dans le bedrock correspondant à une zone karstique

SWECO

Contournement Est de Gages entre N523 et rue Wespellières

CARACTERISATION DU SOUS-SOL

Prospection géophysique par tomographie électrique

Document 4: ZONE 4: Implantation des profils - Résultats et interprétation

ECHELLE		DIMENSIONS PAPIER		REFERENCE
1 / 500	1 / 4000	(841x1700)		BR/26/001

VERSION	DATE	DESSINE PAR	CONTROLLE PAR	APPROUVE PAR	MODIFICATIONS
00	29/03/2026	T.N.	T.N.	T.N.	

CALCIS
Engineering geophysics - Engineering geology
Avenue de Péville, 156
B-4030 Liege - Belgium
Tel: 00 32 474 87 29 19 Fax: 00 32 4 343 42 21
Web: www.calcis.eu Email: info@calcis.eu