



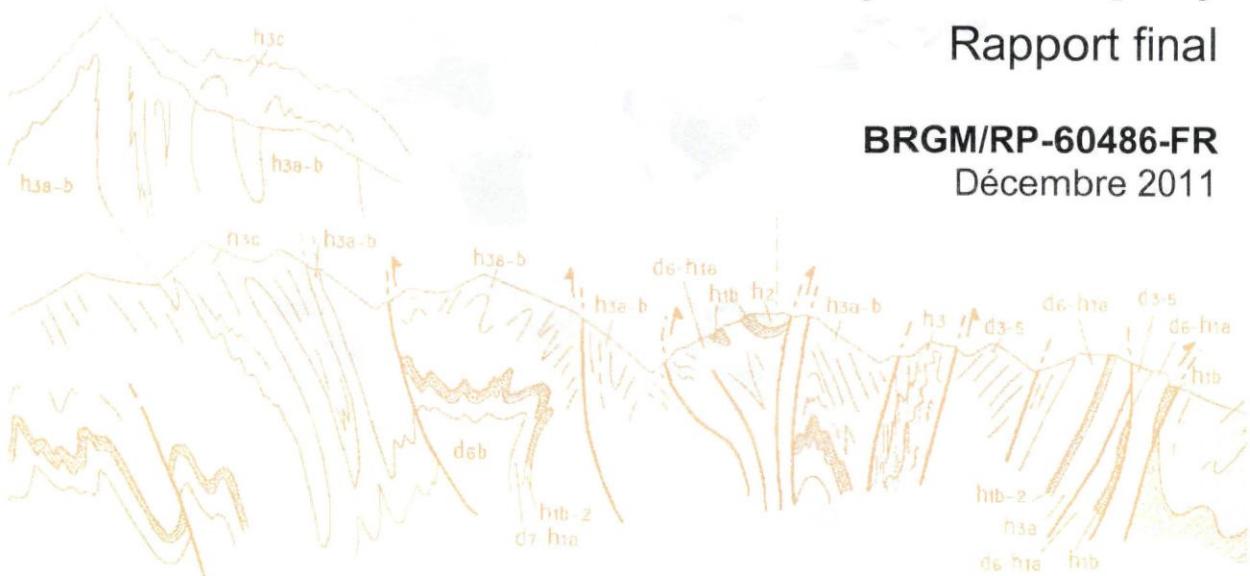
60486

# Prospections hydrogéologiques sur le site de Pontaléry, commune du Robert (Martinique)

Rapport final

BRGM/RP-60486-FR

Décembre 2011





# Prospections hydrogéologiques sur le site de Pontaléry, commune du Robert (Martinique)

Rapport final

BRGM/RP-60486-FR  
Décembre 2011

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2010 EAUI60

**N. Cocco, L. Arnaud, F. Mathieu, B. François, M. Lhotelin**

## Vérificateur :

Nom : J. Perrin

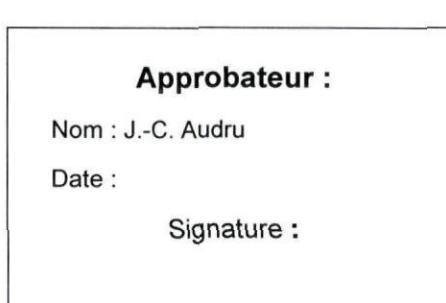
Date : 13/12/2011

Signature : 

## Approbateur :

Nom : J.-C. Audru

Date :

Signature : 

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.**

**Mots clés :** Aquifères volcaniques, Alimentation en eau potable, Alimentation de secours, Eau souterraine, Géophysique, Milieu fissuré, Reconnaissances géologique et hydrogéologique, Le Robert, Martinique, SICSM, DOM.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :  
Coppo N., Arnaud L., François B., Mathieu F., Lhotelin M. (2011). Prospections hydrogéologiques sur le site de Pontaléry, commune du Robert (Martinique), Rapport BRGM/RP-60486-FR, 81 p., 21 ill., 7 ann.

## Synthèse

Le SICSM souhaite diversifier et augmenter les ressources en eau potable disponibles sur son territoire, par l'exploitation des eaux souterraines. Il a ainsi été confié au BRGM la conduite d'un programme de reconnaissance des eaux souterraines du centre et du sud de la Martinique.

Le présent rapport rend compte des prospections hydrogéologiques menées en 2011 sur le site de Pontaléry au Robert selon la méthodologie suivante : reconnaissances géologique et hydrogéologique de terrain, investigations géophysiques par panneaux électriques, interprétation générale du site (modèle conceptuel hydrogéologique) et propositions d'implantation de forages de reconnaissance.

Les reconnaissances géologique et hydrogéologique ainsi que les investigations géophysiques menées ont permis de préciser la géométrie des deux formations potentiellement aquifères : les Hyaloclastites Hm2b et les basaltes de Vert-Pré dont la partie saine est rencontrée vers 100 m de profondeur.

D'un point de vue structural, l'interprétation des discontinuités majeures relevées sur chaque profil, permet de proposer une structuration générale du site WSW-ENE (direction de la ravine) et SE-NW (direction de la faille F1 mentionnée sur la carte géologique).

Cinq secteurs favorables à l'implantation d'un forage de reconnaissance ont été proposés avec des profondeurs d'investigation comprise entre 60 et 140 m selon l'aquifère visé.

De telles profondeurs de forage n'ont jamais été atteintes en Martinique pour de la recherche d'eau à usage AEP. Elles devraient permettre d'améliorer la connaissance des aquifères martiniquais et augmenter les chances de réussite du programme de recherche.

Compte tenu de la proximité de la mer, de la faible altimétrie du secteur et des profondeurs importantes des forages, le risque d'une intrusion d'eaux salines ne peut être écarté. Le forage réalisé en 1980 et captant l'aquifère des hyaloclastites présentait, en effet, une eau chlorurée sodique. Un suivi de la conductivité sera notamment mis en œuvre au cours de la foration pour mieux appréhender ce risque.

En concertation avec le SICSM, les propositions d'implantation pourront être modifiées en fonction des éléments de réponse apportés par le(s) premier(s) forages de reconnaissance (logs géologiques, venues d'eau, rôle des failles, intrusion d'eaux salines, etc.).



## Sommaire

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introduction .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>2. Présentation du site de Pontaléry.....</b>                         | <b>11</b> |
| 2.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE .....  | 11        |
| 2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....  | 12        |
| 2.3. PROSPECTIONS ANTÉRIEURES.....                                       | 14        |
| <b>3. Reconnaissances géologique et hydrogéologique de terrain .....</b> | <b>16</b> |
| 3.1. ITINÉRAIRE PARCOURU ET STATIONS D'OBSERVATION.....                  | 16        |
| 3.2. OBSERVATIONS GÉOLOGIQUES.....                                       | 17        |
| 3.3. OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES .....                | 19        |
| 3.4. MODÈLE CONCEPTUEL PRÉLIMINAIRE .....                                | 21        |
| <b>4. Investigations géophysiques .....</b>                              | <b>23</b> |
| 4.1. ACQUISITIONS GÉOPHYSIQUES .....                                     | 23        |
| 4.1.1. Équipement.....   | 23        |
| 4.1.2. Configurations d'acquisition des PE .....                         | 24        |
| 4.1.3. Inversions des pseudosections .....                               | 25        |
| 4.1.4. Implantation des panneaux électriques .....                       | 25        |
| 4.2. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS .....                                  | 27        |
| 4.2.1. RO_P1 .....   | 28        |
| 4.2.2. RO_P2 .....   | 31        |
| 4.2.3. RO_P3 .....   | 33        |
| 4.2.4. RO_P4 .....   | 35        |
| <b>5. Interprétation générale et recommandations.....</b>                | <b>37</b> |
| 5.1. INTERPRÉTATION GÉNÉRALE.....  | 37        |
| 5.2. IMPLANTATION DES FORAGES DE RECONNAISSANCE .....                    | 39        |
| <b>6. Conclusion .....</b>   | <b>41</b> |

**7. Références bibliographiques ..... 43**

**Liste des illustrations**

|  |    |
|--|----|
| Illustration 1 : Localisation du site de Robert - Pontaléry (IGN).....   | 11 |
| Illustration 2 : Carte géologique au 1/50 000 du site de Robert - Pontaléry (Westercamp et al., 1990) .....                        | 13 |
| Illustration 3 : Coupes géoélectriques proposées en 1978 (Cotteez et al., 1978).....   | 14 |
| Illustration 4 : Carte de l'itinéraire parcouru (en marron) et des stations d'observation (en rouge).....                          | 16 |
| Illustration 5 : Carte des affleurements observés avec report du forage de reconnaissance réalisé en 1981 .....                    | 17 |
| Illustration 6 : Hyaloclastites très altérées observées au niveau de la station n°14 .....   | 18 |
| Illustration 7 : Hyaloclastites observées au niveau des stations n°9 (à gauche) et 18 (à droite) .....                             | 18 |
| Illustration 8 : Hyaloclastites saines et fissurées observées au niveau de la station n°8 .....                                    | 19 |
| Illustration 9 : Prises de vue de la ravine traversant le site.....  | 19 |
| Illustration 10 : Conductivités mesurées au fil de l'eau sur la ravine du site (en $\mu$ S/cm).....                                | 20 |
| Illustration 11 : Modèle conceptuel du site de Pontaléry selon une coupe SO-NE .....   | 22 |
| Illustration 12 : Modèle conceptuel du site de Robert-Pontaléry selon une coupe NO-SE .....  | 22 |
| Illustration 13 : Implantation des profils géophysiques sur fond topographique (IGN 25 000) .....                                  | 26 |
| Illustration 14 : Implantation des profils géophysiques sur fond de carte géologique .....   | 26 |
| Illustration 15 : Récapitulatif des mesures électriques (Cf. Annexe 4 : spacing = a / levels = n) .....                            | 27 |
| Illustration 16 : Coupes de résistivité du panneau électrique RO_P1 .....  | 29 |
| Illustration 17: Coupes de résistivité du panneau électrique RO_P2 .....   | 32 |
| Illustration 18 : Coupes de résistivité du panneau électrique RO_P3 .....  | 34 |
| Illustration 19 : Coupes de résistivité du panneau électrique RO_P4 .....  | 36 |
| Illustration 20 : Synthèse des informations géologiques et structurales interprétées à partir des investigations géophysiques..... | 38 |
| Illustration 21 : Coordonnées des ouvrages de reconnaissance proposés .....  | 40 |

## Liste des annexes

|  |    |
|--|----|
| Annexe 1 Plan de localisation des travaux réalisés en 1978 et 1981.....            | 45 |
| Annexe 2 Coupes géologique et technique des forages 1179ZZ0160 et 1179ZZ0300 ..... | 49 |
| Annexe 3 Synthèse des observations de terrain.....                                 | 53 |
| Annexe 4 Principe du panneau électrique .....                                      | 57 |
| Annexe 5 Coordonnées géographiques des panneaux électriques .....                  | 67 |
| Annexe 6 Paramètres d'inversion utilisés dans Res2DInv.....                        | 71 |
| Annexe 7 Résultats complets des inversions des panneaux électriques .....          | 77 |



## 1. Introduction

Le SICSM souhaite diversifier et augmenter les ressources en eau potable disponibles sur son territoire, par l'exploitation des eaux souterraines. A minima, l'objectif du SICSM est de disposer d'une ressource complémentaire mobilisable en situation de crise : étiage sévère pendant le Carême et/ou post catastrophe naturelle (cyclone, séisme).

Le SICSM a ainsi confié au BRGM un programme de reconnaissance des eaux souterraines du centre et du sud de la Martinique. Une première phase d'étude, menée fin 2010, a permis d'identifier 20 sites favorables à la recherche d'eau souterraine (Rapport BRGM-59123-FR, Arnaud et al., 2010).

Les prospections hydrogéologiques de terrain ont débutées début 2011 selon une méthodologie adaptée aux aquifères volcaniques et éprouvée par le BRGM depuis plusieurs années. Cette dernière se décompose en trois étapes principales :

- reconnaissances géologique et hydrogéologique de terrain ;
- investigations géophysiques par panneau électrique ;
- interprétation générale du site (modèle conceptuel hydrogéologique) et propositions d'implantation de forages de reconnaissance.

Le présent rapport rend compte des prospections hydrogéologiques menées en 2011 sur le site de Pontaléry au Robert.



## 2. Présentation du site de Pontaléry

### 2.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le site de Robert - Pontaléry se situe à environ 1 km au Sud-Ouest du bourg du Robert (Illustration 1). Son altitude varie de 5 à 125 m NGM pour une superficie d'environ 0,45 km<sup>2</sup>.

Une ravine traverse la zone étudiée selon une orientation SO-NE.

Concernant la pression agricole, elle est forte à l'aval du site avec des plantations de canne. La pression urbaine quant à elle est moyenne, avec la présence dispersée mais significative d'habitations sur l'amont du site.

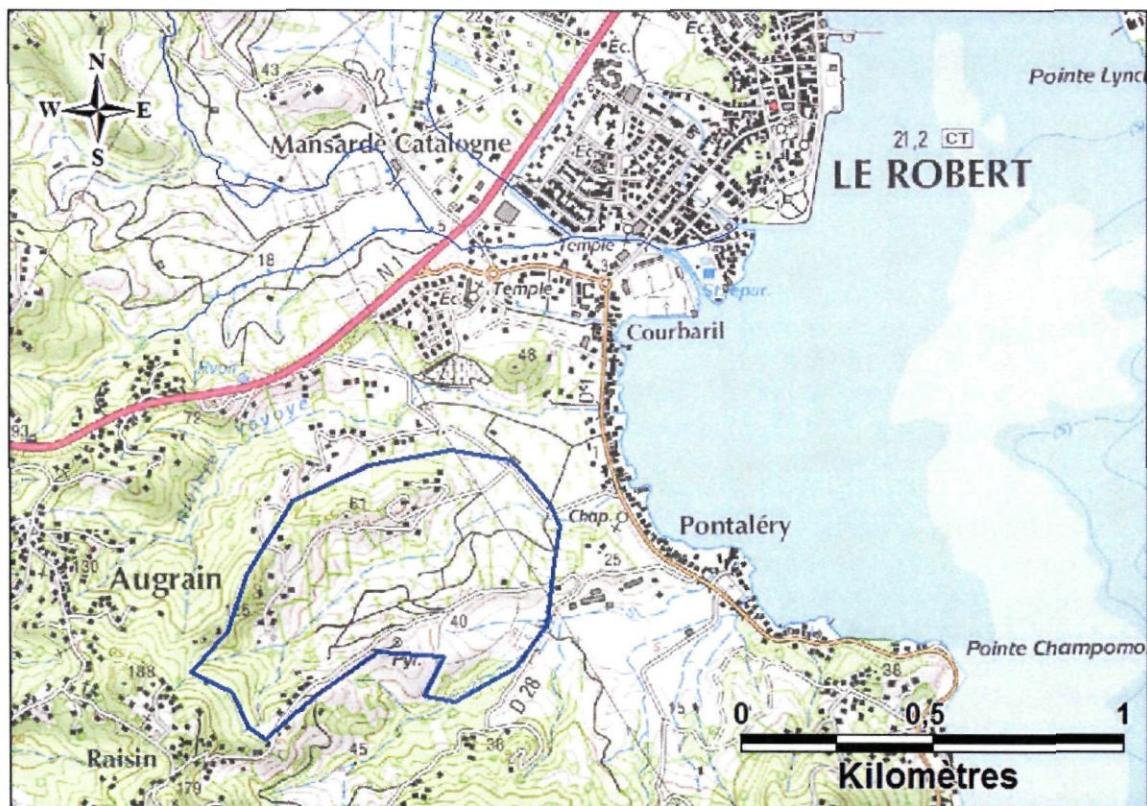


Illustration 1 : Localisation du site de Robert - Pontaléry (IGN)

## 2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Les différentes formations géologiques rencontrées sur le site de Pontaléry sont, selon la dénomination des lithologies de la carte géologique au 1/50 000 (Westercamp et al., 1990), et des plus anciennes aux plus récentes (Illustration 2) :

- les coulées de basalte porphyrique de Vert-Pré (notées p $\beta$ m2a) provenant de la première phase effusive généralisée de l'épisode de la chaîne volcanique sous-marine du Vauclin-Pitault. Ces coulées sont caractérisées par l'abondance de grands phénocristaux de plagioclase calcique pouvant contenir des grains arrondis de clinopyroxène disposés en chapelet. L'ensemble est emballé dans une mésostase hyalodoléritique. Ils n'affleurent pas directement au droit du site mais se trouvent *a priori* sous les hyaloclastites Hm2b ;
- les hyaloclastites (notées Hm2b) présentant un faciès « brèche verte » provenant de la phase majeure d'activité de la chaîne volcanique sous-marine du Vauclin-Pitault : la roche est dure, constituée de lapilli massifs verdâtres et rougeâtres, englobant des éléments lithiques étrangers arrachés au substratum, parfois de type cumulât volcanique. L'ensemble est emballé dans une matrice argilisée et zéolitisée à l'origine vitreuse. Ces hyaloclastites affleurent sur la totalité de la zone d'étude ;

D'un point de vue structural, le site est affecté à l'amont par une faille supposée d'orientation NO-SE.

L'épisode initial François-Robert concerne essentiellement les régions limitrophes à ces deux bourgs. Les hyaloclastites Hm2a dans lesquelles s'imbriquent des coulées de lave se mettent d'abord en place (-17 Ma). Au sein de notre site, on estime leur épaisseur à au moins 40 m. À l'échelle de l'île, la formation Hm2a présente un pendage général vers l'OSO, puisqu'affleurant en bordure de la côte atlantique, elle disparaît sous les premiers reliefs côtiers importants.

Concernant les coulées de basalte porphyrique de Vert-Pré (p $\beta$ m2a), elles correspondent à un énorme ensemble de lave massive qui se serait épanché sur la retombée occidentale des reliefs volcaniques sous-marins et calcaires dont la mise en place s'achevait à peine (-14,8 Ma). Ces coulées sont aujourd'hui profondément altérées, la roche saine n'apparaissant que sous forme de boules dispersées dans une matrice argilisée.

Enfin, les hyaloclastites Hm2b ont recouvert les basaltes (-13 Ma) et dominent largement en volume les autres formations. Elles constituent pour partie un certain nombre de cheminées volcaniques cylindriques (pipes).

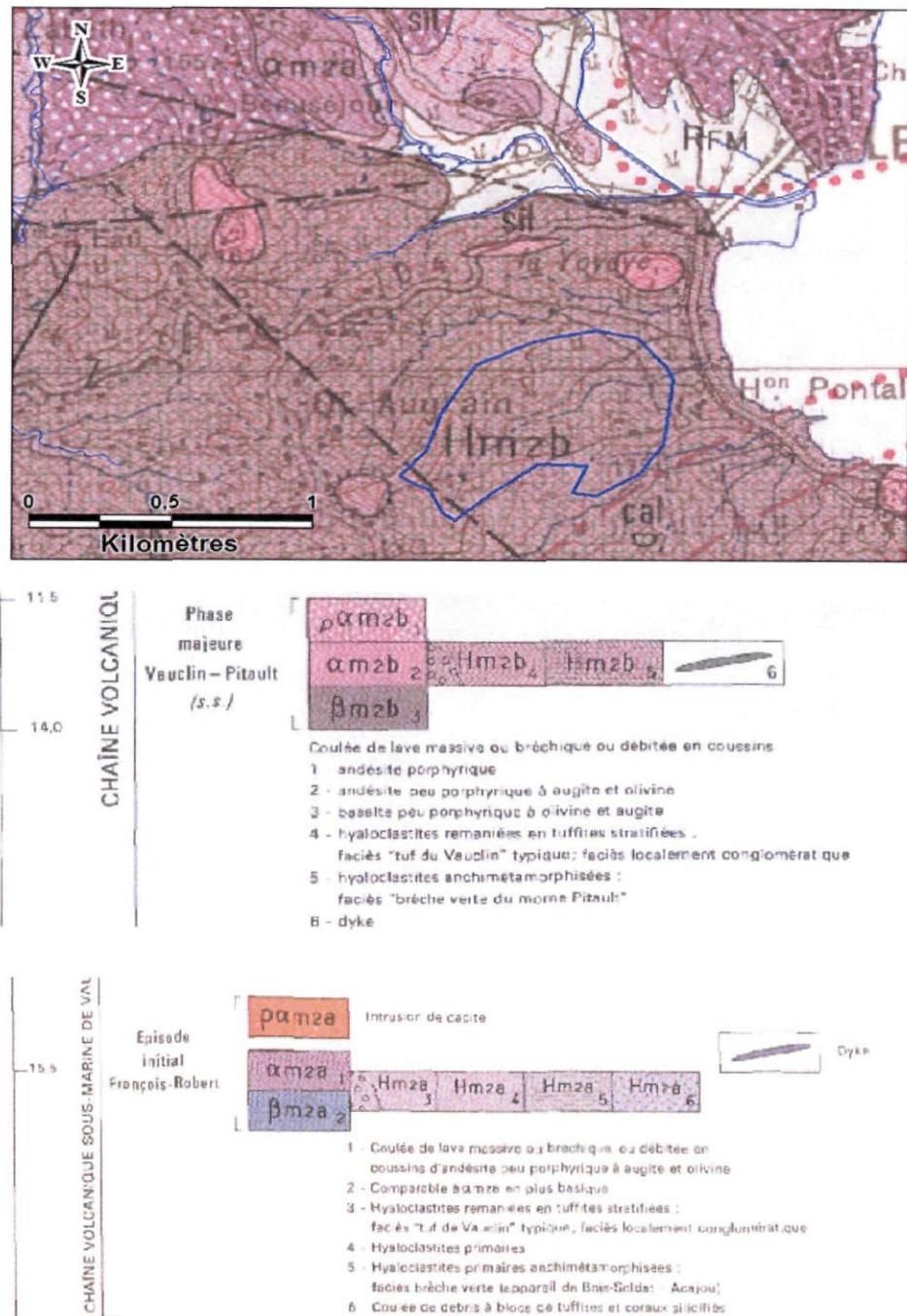
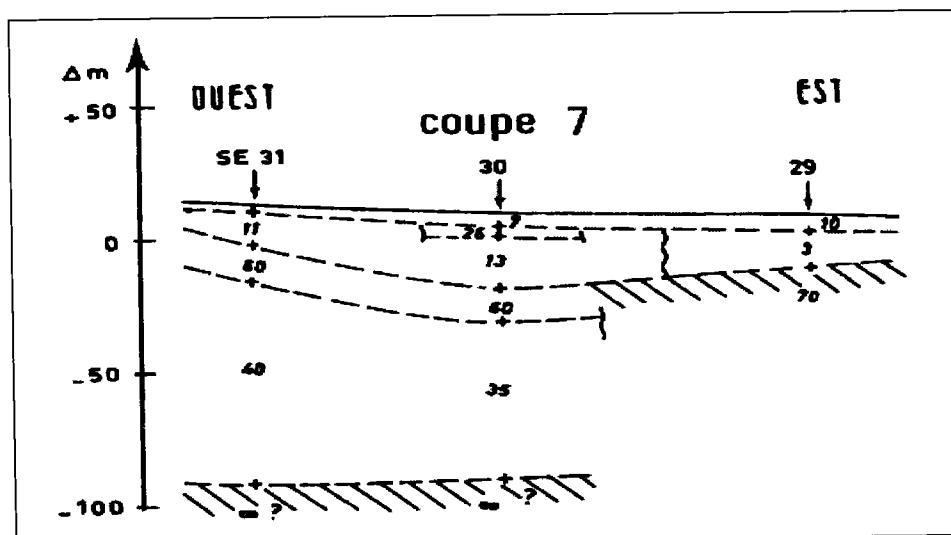


Illustration 2 : Carte géologique au 1/50 000 du site de Robert - Pontaléry (Westercamp et al., 1990)

### 2.3. PROSPECTIONS ANTÉRIEURES

Dans le cadre d'un programme de recherche en eau souterraine sur la commune du Robert, une campagne géophysique (sondages électriques) a été réalisée en 1978 (Cotteez et al., 1978), suivie de forages de reconnaissance (Paulin et al., 1981), dont l'un a été implanté au cœur de notre site d'étude (indice BSS n°1179ZZ0160).

Un plan de localisation des travaux alors réalisés est reporté en Annexe 1. Seules deux coupes géoélectriques concernent directement le site de Pontaléry (coupes n° 7 et 8, Illustration 3).



La position du forage de reconnaissance correspond à celle du sondage électrique n° 32. Les coupes géologique et technique alors dressées sont reportées en Annexe 2. Il faut souligner la bonne cohérence concernant les interfaces relevées sur le sondage géoélectrique et sur le forage. La coupe géologique de ce dernier avait été décrite de la façon suivante (Paulin et al., 1981) :

- 0 à 3 m : terre végétale et argile brune (résistivité de 22 Ω.m) ;
- 3 à 8,5 m : argile plastique marron (résistivité de 22 Ω.m) ;
- 8,5 à 15 m : tuf altéré argileux (résistivité de 5,5 Ω.m) ;
- 15 à 31 m : lave altérée (résistivité de 5,5 Ω.m) ;
- 31 à 45 m : lave saine fissurée à très fissurée (résistivité de 40 Ω.m).

Au regard de la carte géologique et de nos observations de terrain décrites dans le chapitre suivant, la formation traversée par le forage correspond plutôt aux hyaloclastites Hm2b et non à des laves. Ces hyaloclastites peuvent, en effet, se confondre avec des laves, en particulier lorsque la description est faite à partir de cuttings de forage. Les « tufs altérés argileux » correspondent en fait à des hyaloclastites très altérées, quasiment totalement argilisées.

Par ailleurs, l'hypothèse de retenir les hyaloclastites est renforcée par un forage de 51m de profondeur réalisé en 2005 à proximité du site dans le même contexte géologique (forage 1179ZZ0300). Ce dernier décrit bien des hyaloclastites (faciès bréchique, cf. Annexe 2).

En 1981, un pompage d'essai a été réalisé sur le forage de reconnaissance (pendant 5h à un débit de 8 m<sup>3</sup>/h). Le rabattement final a été de 12,13 m (niveau piézométrique initial de 1,16 m/sol), ce qui donne un débit spécifique de 0,66 m<sup>3</sup>/h/m. La transmissivité estimée à la descente est de 1.10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s. La remontée a été suivie durant 3 heures, le rabattement résiduel était alors de 2,41 m.

Enfin, du point de vue qualitatif, l'eau prélevée en fin de pompage est de type chlorurée mixte avec une prédominance des ions sodium et potassium. Le diagramme de potabilité des eaux indiquait alors une eau de potabilité passable.

### 3. Reconnaissances géologique et hydrogéologique de terrain

#### 3.1. ITINÉRAIRE PARCOURU ET STATIONS D'OBSERVATION

La reconnaissance de terrain a été menée les 16 juillet et 2 septembre 2011. Deux routes permettent un accès aisément à chacun des versants. Des pistes non carrossables sont par ailleurs exploitables sur le versant Sud.

La géologie et l'hydrogéologie du secteur ainsi que la configuration du terrain (relief, végétation) ont été appréhendés à partir de 21 stations d'observation.

L'itinéraire parcouru et les stations d'observation sont reportés sur l'Illustration 4.

La minute de terrain, où sont consignées toutes les observations faites sur site, est reportée en Annexe 3.

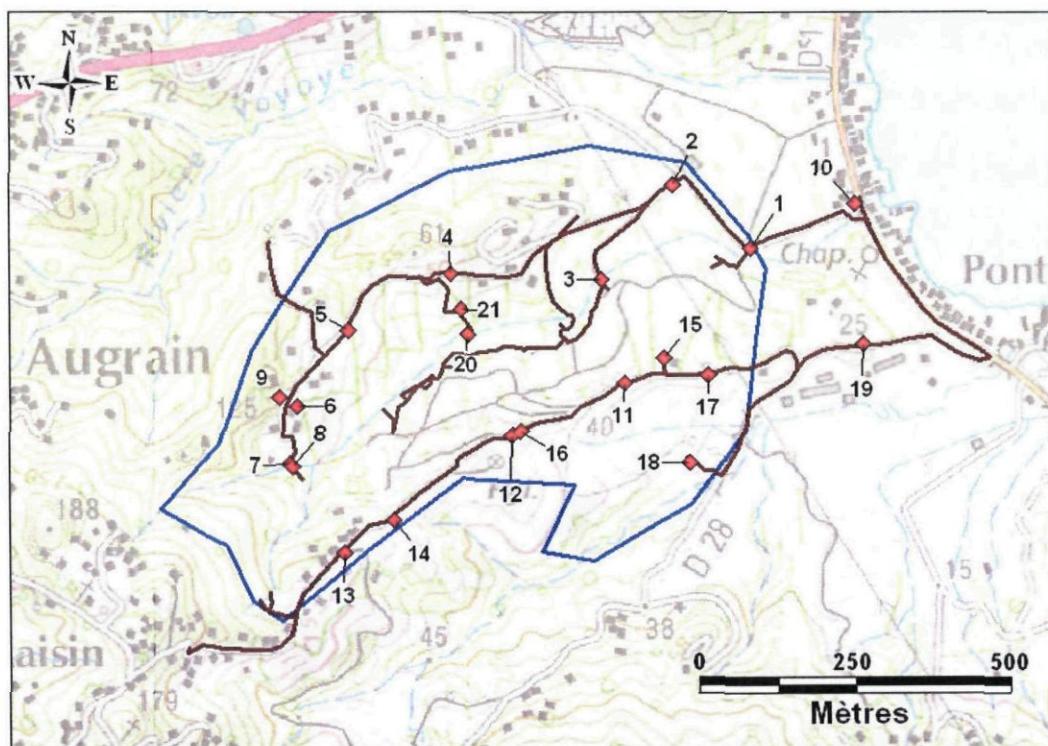


Illustration 4 : Carte de l'itinéraire parcouru (en marron) et des stations d'observation (en rouge)

### 3.2. OBSERVATIONS GÉOLOGIQUES

Les différentes formations lithologiques rencontrées à l'affleurement sur le site d'étude sont reportées sur la carte de l'Illustration 5. Seules les hyaloclastites Hm2b ont été observées à l'affleurement. Pour chacune des stations d'observation, une description plus détaillée de l'affleurement est proposée en Annexe 3 (minute terrain).

Aucun indice permettant de valider la présence de la faille indiquée sur la carte géologique n'a été observé sur le terrain.

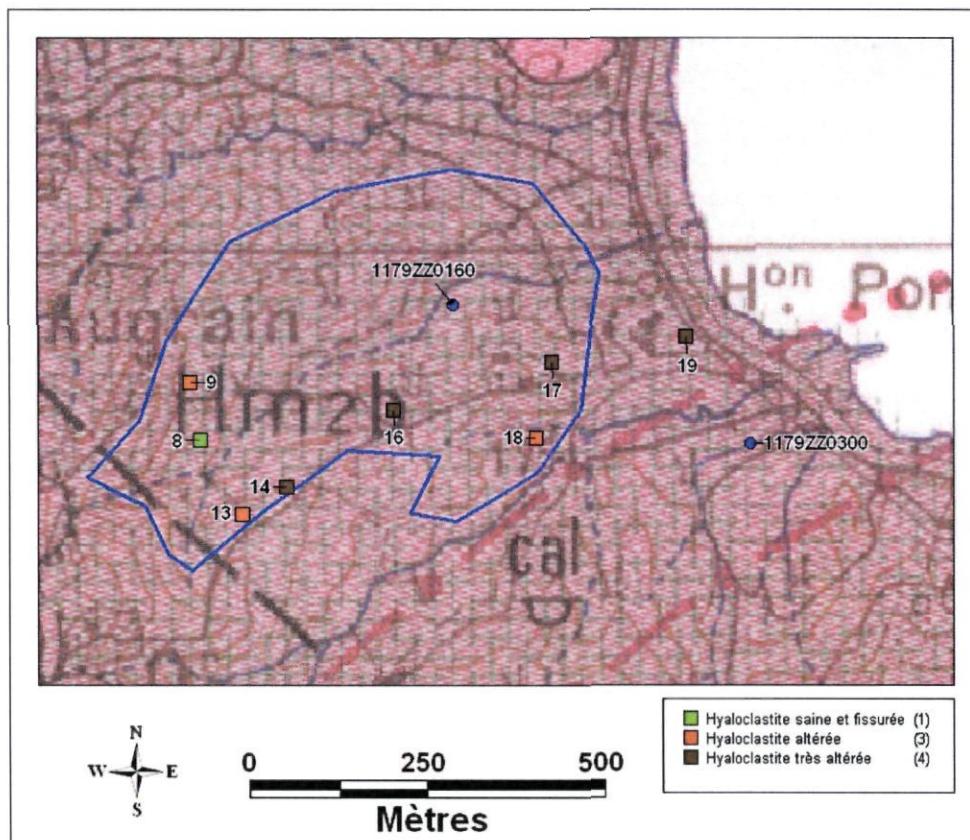


Illustration 5 : Carte des affleurements observés avec report du forage de reconnaissance réalisé en 1981 et du forage réalisé à proximité (Est) de la zone en 2005.

À l'affleurement, les hyaloclastites Hm2b se présentent majoritairement sous une forme altérée (stations n° 9, 13 et 18) à très altérée (stations n° 14, 16, 17 et 19).

Des hyaloclastites très altérées ont ponctuellement été observées en bord de route (Illustration 6). La puissance des affleurements observés varient entre 1,5 et 2 mètres. La roche n'est pas totalement argilisée, mais s'effrite aisément à la main. Les minéraux très altérées se distinguent à peine de la matrice argileuse de couleur beige.



*Illustration 6 : Hyaloclastites très altérées observées au niveau de la station n°14*

Les hyaloclastites altérées (Illustration 7) sont caractérisées par une altération en grosses « pelures d'oignon » qu'il ne faut pas confondre avec les basaltes de Vert-Pré. La fissuration apparaît marquée, mais pour compte tenu de l'état d'altération avancée de la roche, les fissures sont systématiquement colmatées par des remplissages argileux.

La puissance maximale relevée à l'affleurement est de 5 mètres pour une extension de 15 mètres (station n° 9). À noter que la station n° 9 surplombe d'environ 40 m la station n° 8 (hyaloclastites saines). Cela donne une idée de l'épaisseur des hyaloclastites sur les versants (au moins 40 m) et suggère qu'à ce niveau les hyaloclastites altérées reposent sur des hyaloclastites saines et fissurées. En fond de vallée, l'épaisseur de la frange altérée est bien moindre voire nulle.



*Illustration 7 : Hyaloclastites altérées observées au niveau des stations n°9 (à gauche) et 18 (à droite)*

Les hyaloclastites n'ont été observées sous une forme saine (Illustration 8) qu'en un seul endroit (station n° 8), en position topographique basse (fond de vallée). La puissance de l'affleurement est de 2 mètres pour une extension d'environ 7 mètres.

La roche est dure, de teinte sombre et de couleur beige foncé. Du point de vue pétrographique, on constate la présence de quelques minéraux ferromagnésiens.

Plusieurs fissures d'ouverture millimétrique ont été observées. La fissuration apparaît marquée.



Illustration 8 : Hyaloclastites saines et fissurées observées au niveau de la station n°8

### 3.3. OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES

Le forage de reconnaissance réalisé en 1981 n'a pas été retrouvé sur le terrain.

La conductivité ainsi que la température ont été mesurées au fil de l'eau sur la ravine principale (Illustration 9). Celle-ci a une longueur d'environ 1 300 mètres. Elle est formée par la confluence de 2 autres ravines de moindre débit.

Enfin, une mesure concerne un petit affluent à l'aval. Toutes les mesures ont été réalisées le 15/07/2011 par temps sec. Les valeurs de conductivité sont reportées sur l'Illustration 10.



Illustration 9 : Prises de vue de la ravine traversant le site

La conductivité de la ravine diminue d'amont en aval (de 651 à 477  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). La forte minéralisation (42 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) mesurée à l'extrémité aval de la ravine met en évidence l'influence de l'intrusion d'eau de mer.

Cette diminution générale n'est pas due à une arrivée d'eau moins minéralisée rejoignant la ravine. En effet, excepté le petit affluent en rive gauche, dont la conductivité a été mesurée à 525  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (supérieure aux eaux de la ravine), aucune affluence n'a été observée sur le terrain.

Au regard des valeurs de conductivité et de son évolution à la baisse, deux hypothèses peuvent être avancées :

- possibilité d'une adsorption des minéraux au fil de l'eau ;
- contribution à l'écoulement de la ravine d'une eau souterraine moins minéralisée. Aucune augmentation significative de débit n'a cependant été observée.

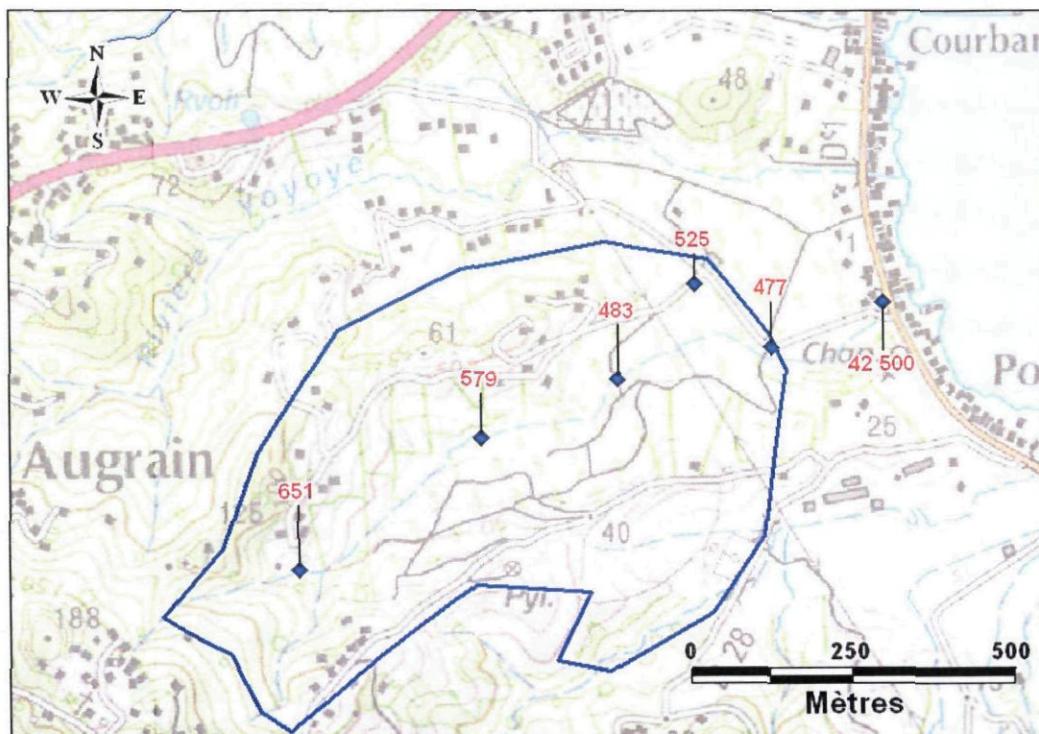


Illustration 10 : Conductivités mesurées au fil de l'eau le long de la ravine du site (en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

### 3.4. MODÈLE CONCEPTUEL PRÉLIMINAIRE

Le modèle conceptuel hydrogéologique du site de Robert-Pontaléry a été établi à la suite de l'interprétation de la carte géologique et des nouvelles informations acquises lors des investigations de terrain. Les Illustration 11 et Illustration 12 présentent des schémas du modèle conceptuel respectivement selon une coupe orientée SO-NE et une autre orientée NO-SE.

Les principales caractéristiques relatives à sa structure et son fonctionnement sont présentées ci-dessous :

- les aquifères ciblés par la présente reconnaissance hydrogéologique concernent à la fois les hyaloclastites Hm2b et les basaltes de Vert-Pré ( $\rho\beta\text{m}2\text{a}$ ) sous-jacents. Ces formations présentent un potentiel hydrogéologique de par leur porosité de fissure et d'éventuels horizons localement perméables associés aux inter-coulées pour les basaltes. Il est rappelé que sur l'affleurement des hyaloclastites saines une fissuration de la roche a bien été observée ;
- la frange d'altération superficielle des hyaloclastites est apparue importante en sommet de versant (jusqu'à 40 m d'après les observations de terrain) alors qu'en fond de vallée l'épaisseur altérée semble beaucoup plus modérée. Un profil d'altération a été mis en évidence : horizon argileux en surface passant à un horizon moins altéré (« pelures d'oignon ») ;
- les basaltes de Vert-Pré, situés sous les hyaloclastites, présentent généralement une épaisseur altérée importante (Westercamp et al., 1990) ;
- le degré de fissuration/fracturation des basaltes est probablement hétérogène, à la fois au sein d'une même coulée et d'une coulée à l'autre (superposition de plusieurs coulées plus ou moins altérées et plus ou moins fissurées/fracturées). La fissuration des basaltes de Vert-Pré a notamment été observée dans la plaine du Lamentin (Vittecoq et al., 2008) ;
- en fond de vallée, les alluvions sont quasiment absentes (non repérée sur le terrain). Celles-ci n'auront donc pas de rôle hydrogéologique dans le système aquifère étudié ;
- le plancher du système aquifère étudié est *a priori* représenté par les hyaloclastites Hm2a. Il est rappelé que cette formation n'a pas été observé à l'affleurement ;
- les écoulements de la nappe suivent probablement la topographie avec un axe majeur d'écoulement SO-NE. Le bassin d'alimentation pourrait correspondre au bassin versant topographique, sous réserve de l'absence de limites étanches (faille et/ou coulées imbriquées et hydrogéologiquement indépendantes).

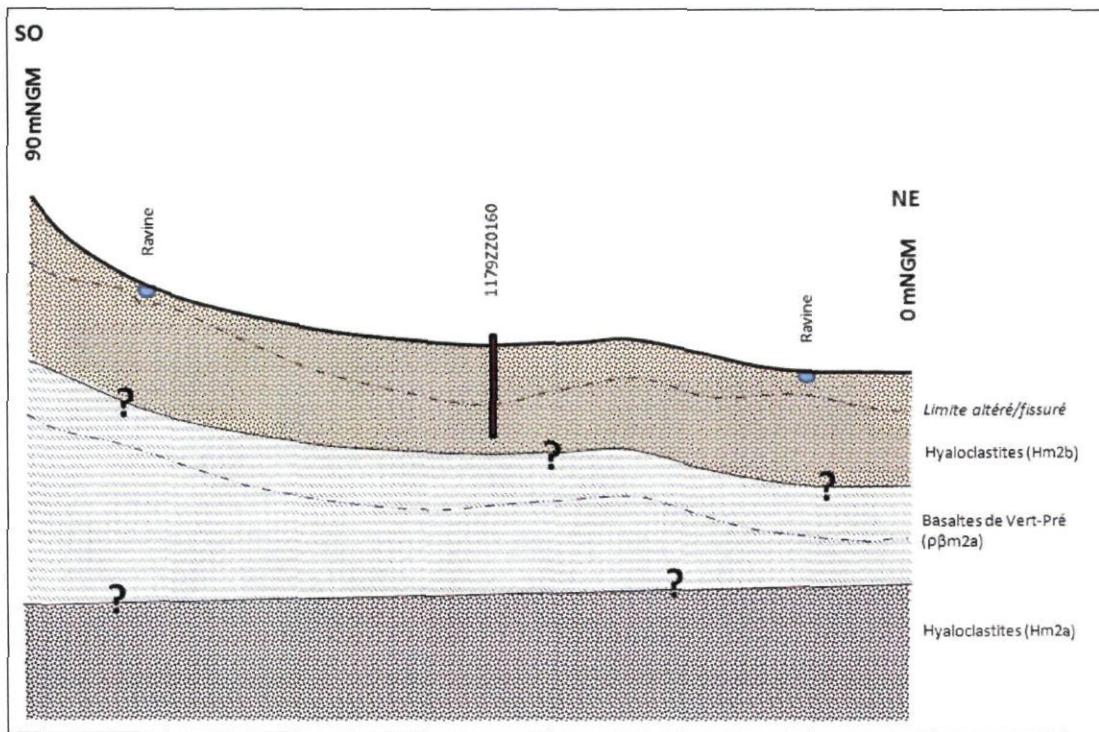


Illustration 11 : Modèle conceptuel du site de Pontaléry selon une coupe SO-NE. Le forage de reconnaissance de 1981 est représenté par le rectangle allongé brun et permet de fixer les épaisseurs approximatives des horizons altérés et fissurés de la formation Hm2b.

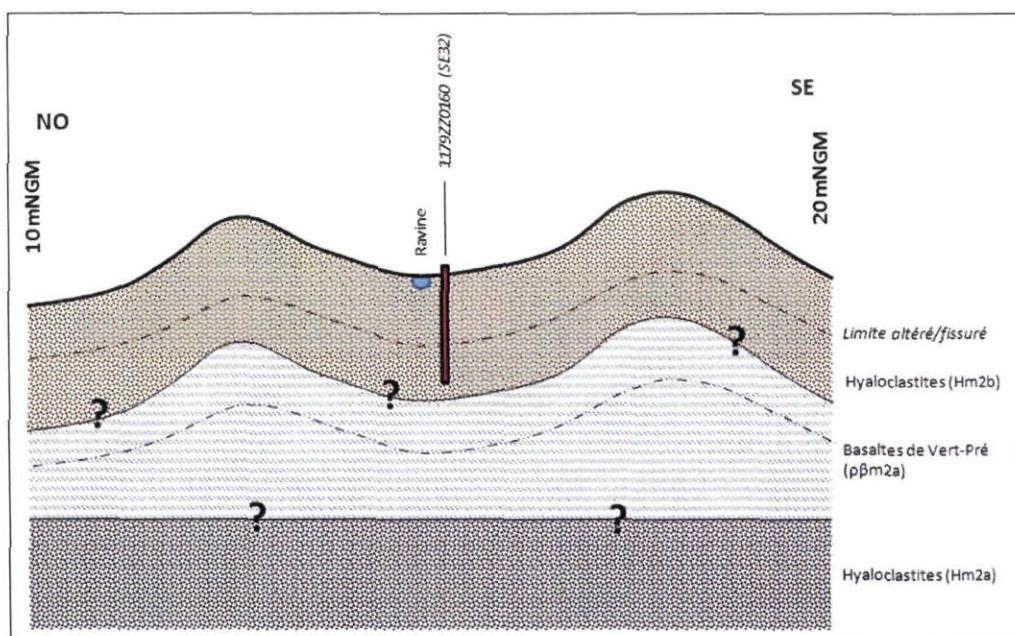


Illustration 12 : Modèle conceptuel du site de Robert-Pontaléry selon une coupe NO-SE. Le forage de reconnaissance de 1981 est représenté par le rectangle allongé brun et permet de fixer les épaisseurs approximatives des horizons altérés et fissurés de la formation Hm2b.

## 4. Investigations géophysiques

### 4.1. ACQUISITIONS GÉOPHYSIQUES

#### 4.1.1. Objectifs

Les reconnaissances géologiques et hydrogéologiques entreprises sur le site de Pontaléry ont permis d'acquérir de nouvelles données et de proposer un modèle conceptuel préliminaire du fonctionnement hydrogéologique du site. L'apport de la géophysique sur ces sites a donc pour objectifs :

- de déterminer les propriétés électriques et les épaisseurs des formations géologiques présentes dans le secteur et observées à l'affleurement ;
- de définir au mieux leur extension latérale ;
- de préciser la tectonique locale ;
- de proposer, en accord avec les résultats et en concertation avec les hydrogéologues, des sites pour l'implantation des forages de reconnaissance.

Ces résultats permettront de mettre à jour le modèle conceptuel hydrogéologique du site. Le principe méthodologique du panneau électrique est décrit en détail en Annexe 4.

#### 4.1.2. Équipement

##### *Panneau électrique (PE)*

L'acquisition des panneaux électriques a été réalisée à l'aide d'un Syscal-Pro (Iris Instruments, France) connecté à 12 flûtes de 8 électrodes, soit 96 électrodes métalliques régulièrement espacées de 10 mètres sur 950m (pour un dispositif élémentaire). Le dispositif est alimenté par une batterie externe. L'espacement inter électrodes de 10 m a été choisi afin d'assurer à la fois une résolution acceptable des terrains de surface, et l'obtention d'une profondeur d'investigation maximale d'environ 150 m pour les plus grands dispositifs. Le matériel utilisé comprend :

- 1 Syscal Pro
- 12 flûtes de 8 traces
- 96 électrodes
- 96 cordons
- 3 massettes
- 4 clés de portages
- 1 transporteur à chenilles

- 2 batteries de voiture 70 Ah
- 10 connecteurs de flûtes
- Câbles divers

## Topographie

Les panneaux électriques (électrodes 1, 48 et 96, parfois plus) ont été positionnés au GPS (système WGS84, UTM zone 20N). La précision du positionnement varie de +/- 2m à +/- 5m en fonction de la couverture végétale et du relief. Ces coordonnées ont ensuite été converties en Fort Desaix (UTM zone 20N). L'ensemble de ces données est fourni en Annexe 5.

Les levés altimétriques ont été effectués sur chaque profil avec un télémètre laser muni d'une fonction inclinométrique (TruPulse 200). Le pas de mesure est d'environ 10 m. En relatif, la précision sur les altitudes est de l'ordre de quelques dizaines de centimètres. Par contre, en absolu, la précision est estimée à quelques mètres tout en restant inférieure à 5 m car l'altitude des bases de référence topographique a été interpolée à partir des courbes de niveau de la carte IGN au 1/25 000. Ce procédé évite des calages de bases longs et fastidieux en zone isolée tout en donnant une précision en adéquation avec les objectifs.

### 4.1.3. Configurations d'acquisition des PE

Une configuration d'acquisition est une manière d'agencer géométriquement les électrodes de courant et de potentiel en surface. Il en existe plusieurs, chacune présentant des avantages et des inconvénients, notamment en temps d'acquisition. La mise en œuvre d'au moins deux configurations d'électrodes permet, dans un contexte géologique complexe, de mieux appréhender la géométrie des différentes formations en présence.

Durant cette prospection, deux configurations d'acquisition ont été mises en œuvre lors de la réalisation des panneaux électriques : un dispositif dipôle-dipôle pour la résolution des terrains de surface ainsi qu'un dispositif Wenner-Schlumberger pour la profondeur.

**Le dispositif dipôle-dipôle** donne une très bonne résolution des terrains de sub-surface et pour les discontinuités verticales. Il est moins sensible aux effets latéraux (coulées parallèles au profil, ravines ou crêtes parallèles au profil) que le dispositif Wenner-Schlumberger. Par contre, le rapport signal/bruit décroît rapidement et la profondeur d'investigation, dans le cas présent, est réduite à quelques dizaines de mètres.

**Le dispositif Wenner-Schlumberger** est beaucoup plus intégrant et, de ce fait, plus sensible aux effets latéraux. La résolution au niveau des horizons de sub-surface est moins bonne et celle des structures plus globale. Son intérêt majeur est la profondeur d'investigation atteinte (de l'ordre de 150m pour un dispositif de 950 m de long) grâce à un meilleur rapport signal/bruit.

#### 4.1.4. Inversions des pseudosections

Après filtrage des données de résistivité apparente (mesurées sur le terrain) sur la base de critère de qualité, de courant émis ou de potentiel mesuré, celles-ci sont ensuite inversées avec le logiciel Res2DInv (Loke & Barker 1996). Afin de prendre en compte les morphologies acérées rencontrées, les profils de topographie sont inclus lors des inversions de chaque panneau électrique.

Les résultats de l'inversion sont présentés sous forme d'une coupe (pseudosection) présentant la distribution des résistivités « vraies », calculées le long du profil en fonction de la profondeur. Cela pour les différentes configurations d'acquisition choisies. La pseudosection de résistivité « vraie », résultat de l'inversion, est ensuite utilisée pour l'interprétation géologique. Elle fournit des informations quantitatives permettant de caractériser l'origine des différentes anomalies mises en évidence : résistivité, géométrie et profondeur, pendage. Pour chaque cas, des paramètres d'inversion ont été choisis (Annexe 6) de manière à optimiser la réponse du modèle en incluant une information géologique « a priori ».

Quelles que soient les performances des algorithmes de convergence, en l'absence d'étalonnage (résistivité étalonnée, profondeur des interfaces géoélectriques) les résultats fournis par l'inversion ne sont pas définis de manière univoque (il y a plusieurs solutions satisfaisant le même jeu de données). Cette indétermination ne peut être évaluée qu'en testant différentes solutions ou en contrignant l'inversion au moyen de paramètres (résistivités, épaisseurs, profondeurs) obtenus par d'autres moyens (autres méthodes géophysiques, diagrphies, forages, observations des affleurements...).

#### 4.1.5. Implantation des panneaux électriques

L'implantation des profils s'appuie sur le modèle conceptuel préliminaire, la géologie (orientation des coulées, contexte structural) mais doit aussi prendre en compte les contraintes d'accessibilité (pénétration impossible dans les champs de canne par exemple) et les interférences électriques éventuelles.

Quatre panneaux électriques ont été implantés sur le site de Pontaléry (Illustration 13).

Les coordonnées GPS des panneaux électriques (système WSG84 UTM zone 20N et Fort Desaix) sont présentées en Annexe 5. Toutes les cartes sont présentées dans le système de référence locale Fort Desaix. La conversion entre les deux grilles peut s'effectuer au moyen de la formule simple suivante :

$$X_{\text{UTM}} (\text{m}) = X_{\text{FortDesaix}} (\text{m}) + 386 (\text{m})$$

$$Y_{\text{UTM}} (\text{m}) = Y_{\text{FortDesaix}} (\text{m}) + 169 (\text{m})$$

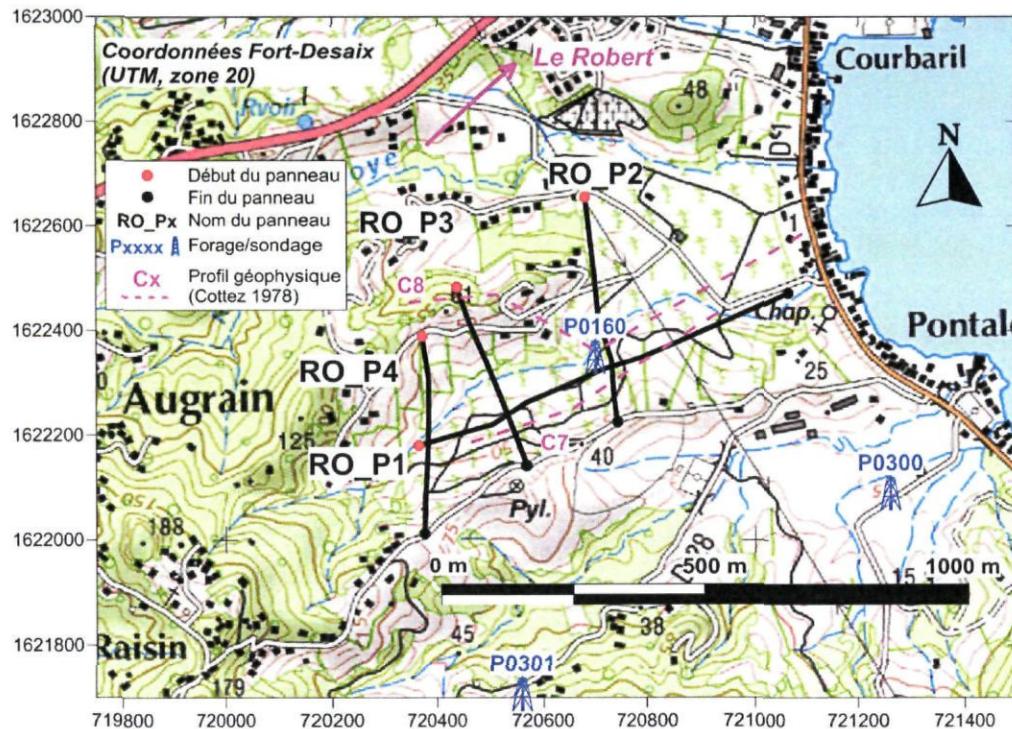


Illustration 13 : Implantation des profils géophysiques sur fond topographique (IGN 25 000)

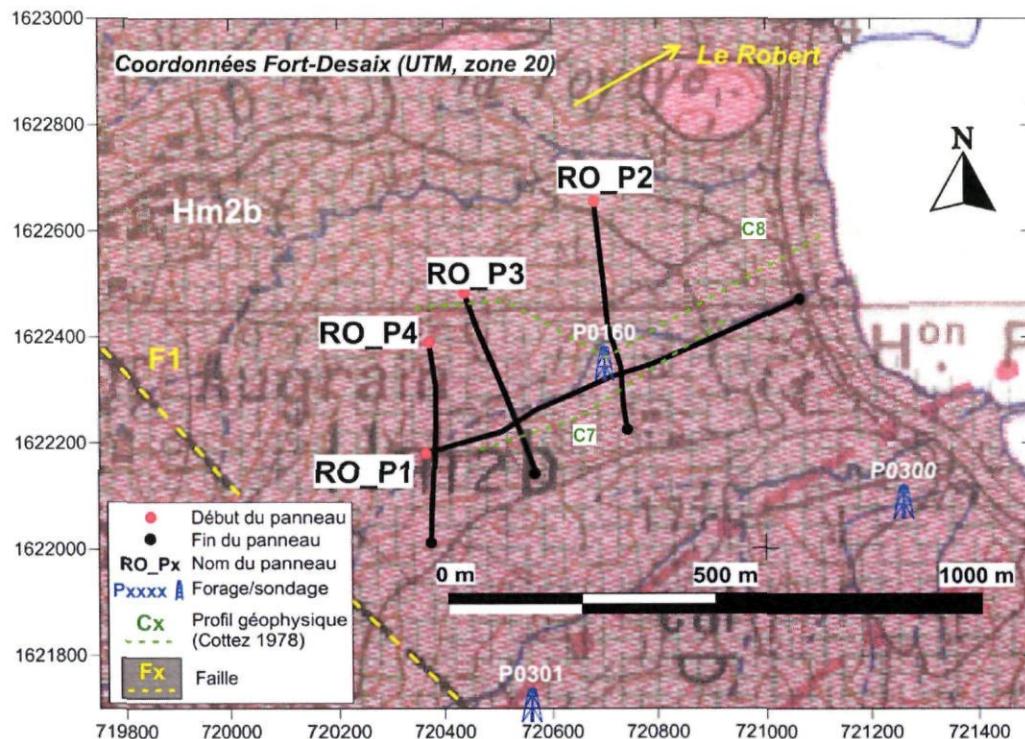


Illustration 14 : Implantation des profils géophysiques sur fond de carte géologique

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques des 4 panneaux réalisés.

| Panneau électrique | Longueur au sol (m) | Configuration d'acquisition | Spacing (levels) | Nb mesures exploitables | Profondeur d'investigation max atteinte (m) |
|--------------------|---------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------|---|
| RO_P1              | 790                 | Dipôle-dipôle               | 10 m (7)         | 1605                    | 100   |
|                    |                     | Wenner-Schlumberger         |                  | 1177                    | 130   |
| RO_P2              | 450                 | Dipôle-dipôle               | 20 m (7)         | 616                     | 75  |
|                    |                     | Wenner-Schlumberger         |                  | 458                     | 80  |
| RO_P3              | 390                 | Dipôle-dipôle               | 50 m (5)         | 563                     | 55  |
|                    |                     | Wenner-Schlumberger         |                  | 376                     | 65  |
| RO_P4              | 390                 | Dipôle-dipôle               | 80 m (4)         | 550                     | 60  |
|                    |                     | Wenner-Schlumberger         |                  | 376                     | 65  |

Illustration 15 : Récapitulatif des mesures électriques (Cf. Annexe 4 : spacing = a / levels = n)

## 4.2. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

Les illustrations présentant les résultats des inversions des données de résistivité apparentes mesurées sur le terrain sont construites de la manière suivante :

- sur la gauche figure le nom du panneau et du site, une mini-carte d'emplacement pour situer le panneau par rapport aux autres ainsi que l'échelle de couleur ;
- la première illustration montre le résultat de l'inversion des données acquises selon le dispositif dipôle-dipôle. Y figurent également des informations géologiques ainsi que des indications de positionnement de terrain. Les références à des emplacements précis sont indiquées sur la première illustration selon la distance au sol depuis le début du profil (ex : abscisse 100m = 100m au sol depuis le début du panneau électrique). En raison du maillage du modèle (tous les blocs ont la même largeur), les étiquettes indiquant la distance sont équidistantes quelle que soit la topographie du profil ;
- la seconde illustration montre le résultat de l'inversion des données acquises selon le dispositif Wenner-Schlumberger ;
- la troisième et dernière illustration montre l'inversion jointe des données acquises selon les deux dispositifs précédents. Y figure également les interprétations géologiques, stratigraphiques et structurales. Les horizons ou structures géoélectriques identifiés sont notés :

- C pour conducteur ;
- R pour résistant ;
- S pour les terrains de résistivité intermédiaire ;
- D pour discontinuité (il peut s'agir d'une faille ou un brusque changement de lithologie) ;
- Les chiffres 0, 1, 2 identifient des horizons différents et/ou sont en relation, si possible, avec la notion de superposition de différents terrains (0 étant le terrain de surface).

D'une manière générale, la résistivité des terrains rencontrés durant cette étude sont globalement des terrains plutôt conducteurs ( $< 250 \Omega \cdot m$ ) par rapport à la gamme générale des résistivités des formations rencontrées en Martinique ( $1 - 1 500 \Omega \cdot m$ ).

- RO\_P1 : 4 – 200  $\Omega \cdot m$
- RO\_P2 : 4 – 70  $\Omega \cdot m$
- RO\_P3 : 10 – 100  $\Omega \cdot m$
- RO\_P4 : 10 – 80  $\Omega \cdot m$

Compte tenu de la gamme de résistivité (4-200  $\Omega \cdot m$ ), la catégorisation sera la suivante :

- Résistivité  $< 20 \Omega \cdot m$  : terrains conducteurs
- Résistivité 20 - 40  $\Omega \cdot m$  : terrains semi-conducteurs
- Résistivité  $> 40 \Omega \cdot m$  : terrains résistants

#### 4.2.1. RO\_P1

Le profil RO\_P1, orienté WSW-ENE, recoupe RO\_P4, RO\_P3 et RO\_P2 en abscisses 18, 190 et 410 m, respectivement. Avec 790 m, c'est le plus long profil réalisé sur ce secteur. Il est implanté, comme tous les autres, exclusivement sur les hyaloclastites Hm2b. On y distingue les horizons géo-électriques suivants (Illustration 16) :

- Un horizon conducteur superficiel C1 marque les abscisses 0 à 200 m. D'environ 20-25 m d'épaisseur, il présente une résistivité de 15 à 20  $\Omega \cdot m$ . Vers l'ENE, C1 se poursuit en C2 (abscisses 250 à 450m) puis C6-C3 (abscisses 580 à 790 m). Dans les deux parties topographiques basses (250 à 430 m et 590 à 790 m), l'horizon superficiel (C2 + C3) est plus conducteur (environ 10  $\Omega \cdot m$ ). D'après les indications géologiques, il s'agirait de hyaloclastites altérées (qui présenteraient par ailleurs une altération plus forte en position basse).
- En partie légèrement surélevée (abscisses 210 à 250 m et 450 à 580 m), on trouve un horizon superficiel résistant (R0 et R0') de 10-15 m d'épaisseur. Notons que R0 et R0' arment les « hauts topographiques » du profil.

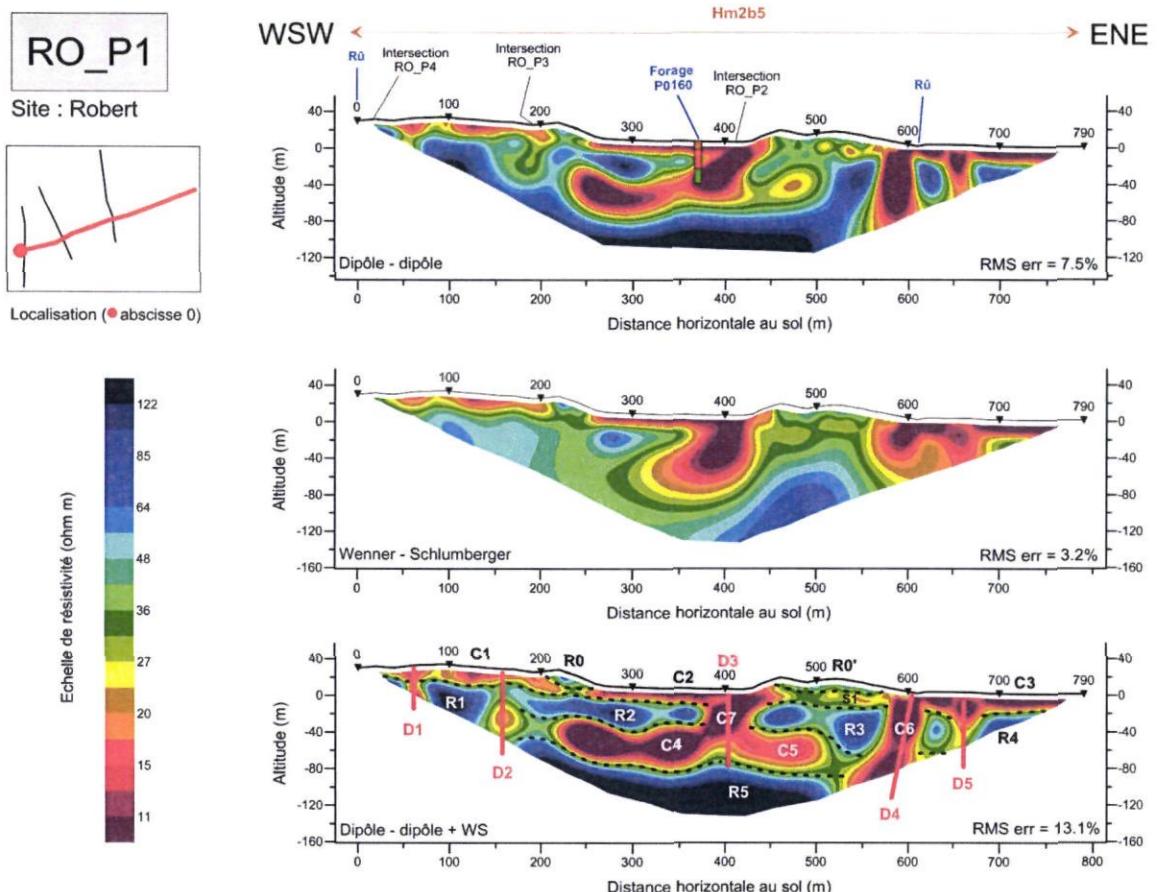


Illustration 16 : Coupes de résistivité du panneau électrique RO\_P1

- Soulignant C1, un horizon résistant R1, segmenté par D1, vient buter sur la discontinuité D2. Il présente une épaisseur apparente d'environ 40 m et une résistivité d'environ 100  $\Omega\text{m}$ . R1 se poursuit ensuite en R2 (abscisses 180 à 380 m), avec une épaisseur plus réduite (25-30 m) pour s'interrompre sur la discontinuité majeure D3 (C7). Un troisième segment résistant R3 débute 50 m plus loin (abscisse 430 m), il s'étend sur 140 m (abscisse 570 m) et s'interrompt sur la discontinuité D4. Enfin, dans la partie aval, ce résistant continue au-delà de C6 en R4, sans doute affecté par la discontinuité D5. Ces portions résistantes correspondent aux hyaloclastites « saines » entrecoupées de zones d'altération, liées ou non à la tectonique.
- Sous-jacent à R2, un horizon très conducteur C4 (5  $\Omega\text{m}$ ) d'une épaisseur de 40 m est également limité par les discontinuités D2-D3. L'horizon conducteur subvertical C7 illustre la zone d'altération liée à D3, et connecte C4 à C2, voire C2 à C5, qui apparaît légèrement moins conducteur (15  $\Omega\text{m}$ ). Il pourrait s'agir des basaltes de Vert-Pré ( $\rho\beta\text{m2a}$ ) altérés et argilisés ou d'un second horizon altéré des hyaloclastites.

- Un peu plus en aval de l'autre côté de la colline, on retrouve une situation similaire en abscisse 600 m. La structure conductrice C6 (5  $\Omega$ m), sub-verticale et large d'une trentaine de mètres, connecte l'horizon superficiel C3 avec des horizons plus profonds et éventuellement C5.
- Enfin, un horizon résistant profond R5, épais et supérieur à 150  $\Omega$ m, marque la base de la partie amont de la coupe. Si l'hypothèse de l'appartenance de C3 aux basaltes de Vert-Pré est exacte, alors on aurait ici les basaltes de Vert-Pré ( $\rho\beta m2a$ ) sains. Leur résistivité, bien supérieure à celle des hyaloclastites « saines » peut étayer cette hypothèse. Sinon, il s'agirait d'un horizon profond de hyaloclastites « saines ».

La synthèse des informations issues de la carte géologique et de ce panneau électrique donnerait la coupe suivante, de haut en bas:

- Un horizon superficiel conducteur (C1, C2 et C3, en position topographique basse) avec des parties restreintes plus résistantes (R0 et R0') en position haute. Ce conducteur est attribué aux hyaloclastites Hm2b altérées.
- Un horizon résistant R1, R2, R3 et R4 formant de manière segmentée la partie plus « saine » des hyaloclastites.
- 5 discontinuités ont été mises en évidence, dont deux majeures : D3 et D5. Elles pourraient correspondre à des failles d'orientation probable SE-NO (parallèle à la faille F1, Illustration 14), qui tronçonnent le résistant intermédiaire, ou à des interfaces géologiques. Les rejets sont toutefois difficilement estimables mais l'altération semble se concentrer sur ces zones fracturées (de perméabilité verticale potentiellement plus élevée) pour se propager en profondeur.
- Un horizon conducteur C4/C5 inférieur, connecté en surface par une zone d'altération sub-verticale C7, qui pourrait former un second niveau d'altération des hyaloclastites ou l'enveloppe altérée des basaltes de Vert-Pré.
- Un résistant profond R5 qui appartiendrait soit aux basaltes de Vert-Pré « sains » soit aux hyaloclastites « saines ». Un forage de reconnaissance permettra de lever cette ambiguïté.
- Une mauvaise corrélation (effets latéraux) est observée entre le log de forage interprété en termes de résistivité selon les résultats 1-D (§2.3, Cottez et al., 1978) et les présents résultats des inversions 2-D.

#### 4.2.2. RO\_P2

Le profil RO\_P2, parallèle à RO\_P3, mais situé le plus en aval de la zone d'investigation mesure 450 m et est orienté N-S, soit approximativement parallèle à la côte. Il est implanté sur les hyaloclastites Hm2b. On y distingue les horizons géo-électriques suivants (Illustration 17) :

- Entre les abscisses 100 et 200 m, le résistant R0 forme le haut topographique de 15 à 20 m d'épaisseur et de 50  $\Omega$ m. Il se prolonge en un horizon semi-conducteur (non mentionné car trop fin) entre les abscisses 0 à 100 m et 200 à 260m.
- Un semi-conducteur SC1, localisé en rive gauche de la ravine entre les abscisses 150 et 280 m, marque le centre de la coupe. D'abord logé sous R0 (résistivité d'environ 20 à 25  $\Omega$ m), il tend à s'épaissir (jusqu'à 30 m), et à devenir plus conducteur (15  $\Omega$ m) et sub-affleurant (abscisses 270 à 360 m) vers le SSE.
- On trouve de part et d'autre du profil de puissants horizons conducteurs (C1, C2, C3 et C4). De 30 à 40 mètres d'épaisseur, ils entourent un cœur résistant R1. Quatre discontinuités affectent cet ensemble conducteur. D1 et D2 au NNW ainsi que D4 et D5 au SSE.
- Un résistant massif R1 marque le centre de la coupe entre les abscisses 150 et 310 m. D'une épaisseur atteignant 60 m et de résistivité 70-80  $\Omega$ m, il pourrait être connecté à R2 de RO\_P3. Limité très précisément par les discontinuités D2 et D4, il serait également affecté par la discontinuité D3 (abscisses 260-270 m).
- Le puissant conducteur C3 (5  $\Omega$ m), situé entre D1 et D2, plonge verticalement en profondeur, sous le haut topographique, en abscisse 120 m. C3 pourrait correspondre à la prolongation de la structure vertical C1 de RO\_P3.

Les points particuliers de ce panneau électrique sont :

- Une bonne corrélation entre le log de forage interprété en termes de résistivité selon les résultats 1-D (§2.3, Cottez et al., 1978) et les résultats 2-D de l'inversion des données Wenner-Schlumberger.
- Les corps très conducteurs caractérisant les deux extrémités du profil et attribués aux hyaloclastites altérées en position topographique haute. Ceci est en accord avec les observations de terrain où le seul affleurement sain a été rencontré en fond de vallée ;
- La présence d'un puissant corps résistant bien défini au centre de la coupe qui correspondrait aux hyaloclastites plus saines ;
- La mise en évidence de plusieurs discontinuités affectant et délimitant les conducteurs latéraux.

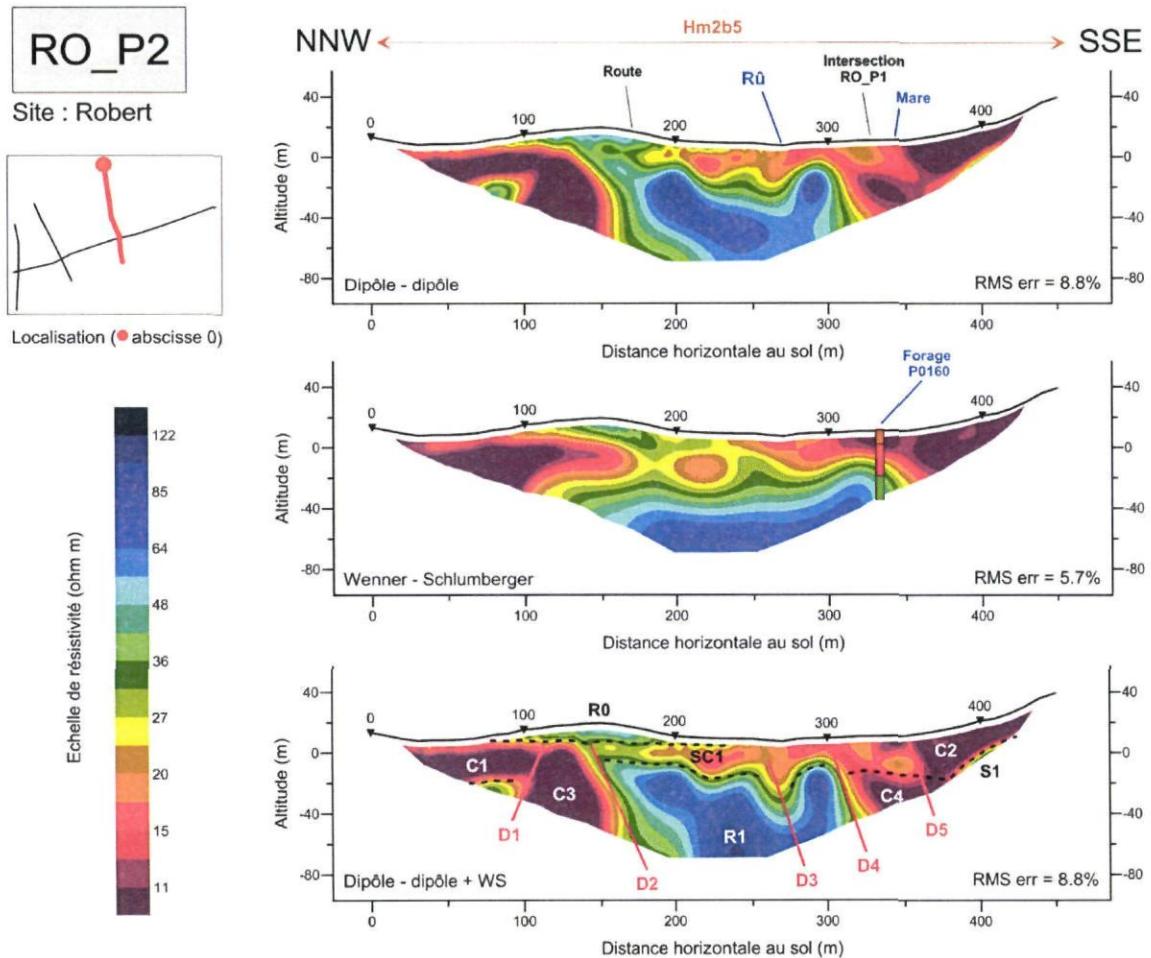


Illustration 17: Coupes de résistivité du panneau électrique RO\_P2

#### 4.2.3. RO\_P3

RO\_P3 est implanté entre les profils RO\_P4 et RO\_P2, et est sub-parallèle à ces derniers. Orienté NNW-SSE, il mesure 390 m et est implanté sur les hyaloclastites Hm2b. On y distingue des horizons géo-électriques suivants (Illustration 18) :

- À l'extrême NNW, entre les abscisses 0 et 90 m, les terrains superficiels de la colline forment un horizon résistant (R0, 60  $\Omega$ m). Ce dernier se poursuit en un semi-conducteur S1, restreint à la rive gauche du rû entre les abscisses 90 et 180 m. Il présente des résistivités d'environ 30  $\Omega$ m.
- En rive droite, on trouve un conducteur franc (C3, 15  $\Omega$ m) de 15 à 30 m d'épaisseur. Il se poursuivrait vers le NNW sous S1, en C2. Notons que C3 s'amincit dans la plaine et qu'il est légèrement plus conducteur en rive droite que gauche. Il pourrait également être affecté par la discontinuité D4. Il s'agirait de hyaloclastites altérées.
- En profondeur, un résistant massif R1-R2 marque clairement la partie NNW du profil. Il est segmenté par le conducteur C1, attribué à la discontinuité D1. R1-R2 est attribué aux hyaloclastites « saines » qui pourraient se trouver à l'affleurement à l'extrême NNW. Incomplètement résolue, son épaisseur atteindrait une quarantaine de mètres avec une résistivité d'environ 100  $\Omega$ m. Cet horizon s'enfonce ou, plus probablement, est altéré au centre de la coupe. Il réapparaît en rive droite (R4) sous C3, notamment entre les discontinuités D3 et D4 (abscisses 240 et 305 m).
- La zone comprise entre les discontinuités D2 et D3, caractérisée par la présence des horizons résistants R3 et semi-conducteur S1, d'une soixantaine de mètres de large, pourrait être interprétée comme une zone d'altération. Cette dernière correspondrait à la zone centrale de RO\_P4 (discontinuité D2).

Les points particuliers de ce panneau électrique sont :

- La mise en évidence d'un conducteur superficiel sur la majeure partie de la coupe, légèrement abaissé (C2) au NNW et interprété comme les hyaloclastites altérées ;
- La présence en partie NNW, d'un horizon résistant profond, scindé en deux par une discontinuité majeure (C1), et attribué aux hyaloclastites « saines » ;
- La présence d'une anomalie de résistivité moyenne centrée sur la vallée, qui pourrait correspondre à une zone d'altération liée au cours d'eau.
- La mise en évidence de plusieurs discontinuités affectant et délimitant les corps résistants.

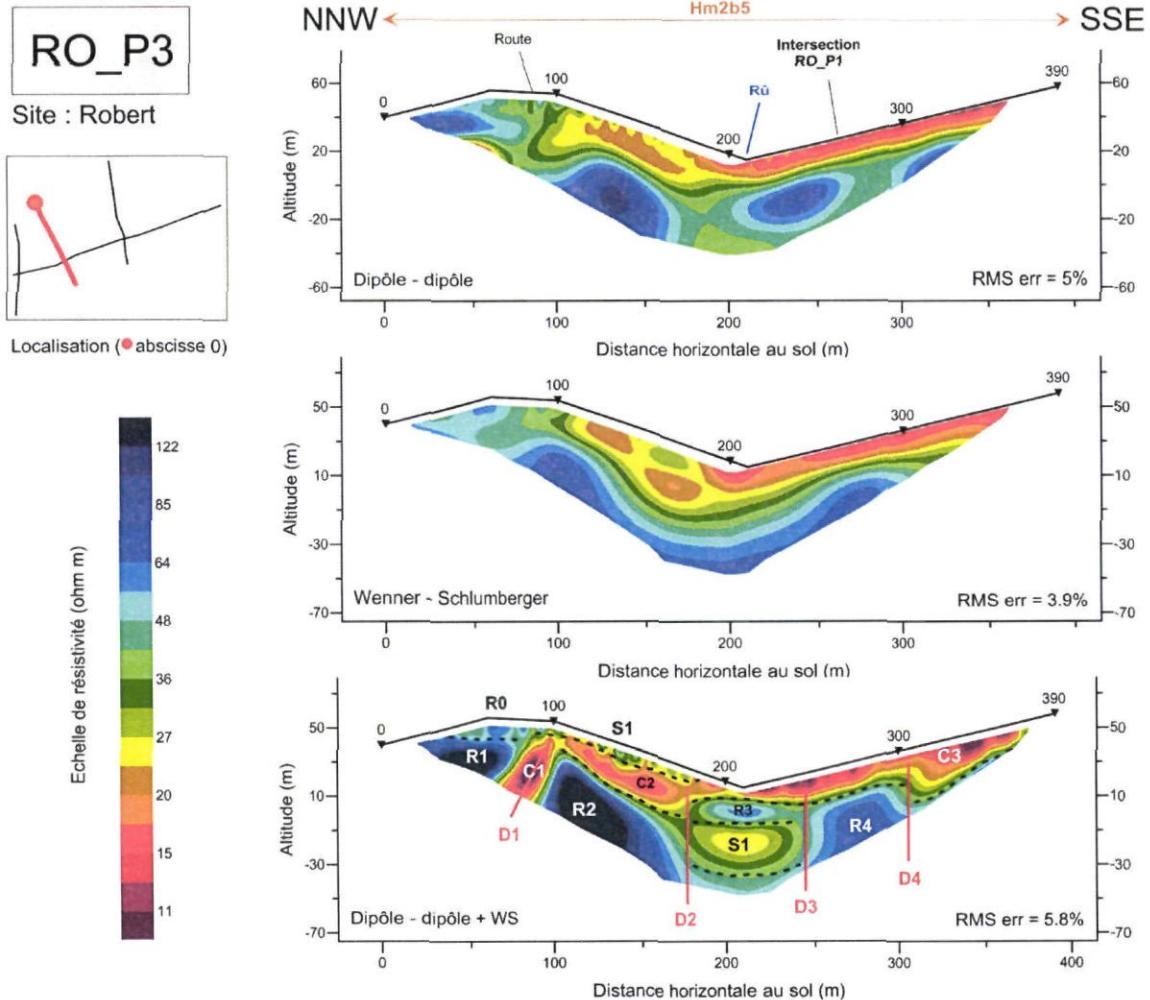


Illustration 18 : Coupes de résistivité du panneau électrique RO\_P3

#### 4.2.4. RO\_P4

Le profil RO\_P4 est situé le plus à l'amont du secteur étudié. Orienté N-S et mesurant 390 m, il recoupe RO\_P1 en abscisse 206m. Comme l'ensemble des panneaux électriques du secteur, il est implanté sur les hyaloclastites Hm2b.

Les horizons géo-électriques distingués sur ce profil sont les suivants (Illustration 19) :

- Un horizon conducteur marque les deux extrémités du profil et forme les flancs et hauts topographiques de cette vallée. Au N, l'horizon conducteur C1 s'étend jusqu'en abscisse 100 m. D'une quarantaine de mètres d'épaisseur et de résistivité équivalente à C2 (10-15  $\Omega$ m), il vient buter sur la discontinuité D1. Cet horizon conducteur disparaît quasiment en abscisse 110 m puis s'épaissit à nouveau pour former C2, atteignant 20 m en abscisse 190 m.
- Au sud, en rive droite, l'horizon conducteur C3 est d'abord fin (abscisse 250 m), puis s'épaissit brutalement vers le S (30-40 m d'épaisseur) depuis l'abscisse 270 m (discontinuité D3). Cet ensemble C1, C2 et C3 est attribué aux hyaloclastites altérées, largement érodées dans le centre de la vallée. Cette observation est conforme avec les observations géologiques indiquant la présence de hyaloclastites « saines » en fond de vallée, altérées et épaisses (40 m) sur les hauteurs. Les affleurements de hyaloclastites « saines » seraient donc plutôt disséminés et/ou fonction de l'érosion et des structures tectoniques.
- Sous C2, apparaît un horizon résistant R1 (80-100  $\Omega$ m) de 20-30 m d'épaisseur, s'étendant des abscisses 100 à 175 m. De même, en rive droite du rû, on observe un horizon plus résistant R2, d'épaisseur équivalente entre les abscisses 210-275 m. Ces deux horizons sont interprétés comme les hyaloclastites « saines », en voie d'altération au centre de la vallée.
- On observe également un résistant profond R3 de grande envergure sous le flanc S (abscisses 180-360 m). Son épaisseur est incomplètement résolue. Il pourrait s'agir des basaltes de Vert-Pré « sains » ( $\rho\beta m2a$ ) ou de hyaloclastites « saines ».
- Au centre de la coupe se distingue une anomalie semi-conductrice S1, attribuée à une zone d'altération induite par les écoulements de la ravine. Elle peut être en lien avec l'horizon S2 qui lie C1 à S1.

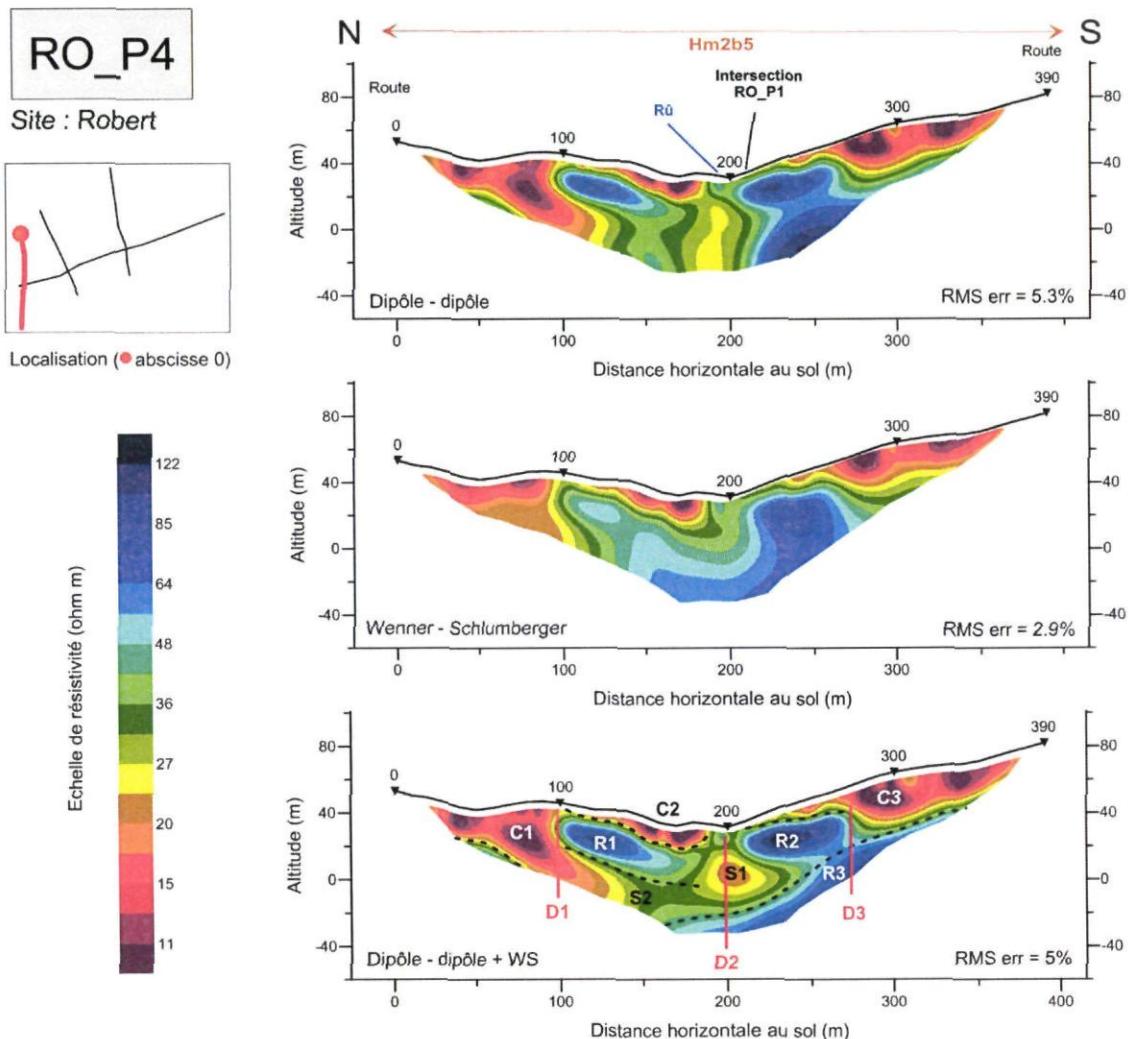


Illustration 19 : Coupes de résistivité du panneau électrique RO\_P4

Les points particuliers de ce panneau électrique sont les suivants :

- La présence de corps conducteurs sur les deux flancs de la vallée comme observé sur RO\_P2 et en accord avec les affleurements décrits sur le terrain. Ces conducteurs correspondraient aux hyaloclastites altérées et argilisées ;
- La présence d'un horizon conducteur superficiel érodé en fond de vallée, et légèrement abaissé côté N.
- La présence d'une anomalie de résistivité moyenne au centre de la vallée, similaire à RO\_P3, qui indiquerait une zone d'altération.
- La mise en évidence d'un résistant profond sous le flanc S de la vallée (basaltes « sains » ou hyalocalstites « saines »).

## 5. Interprétation générale et recommandations

### 5.1. INTERPRÉTATION GÉNÉRALE

Le secteur investigué constitue un petit bassin versant d'environ 0.42 km<sup>2</sup>, et globalement étiré selon un axe SW-NE. Il est bordé au N et au S par deux éperons également orienté SW-NE. Dans sa partie amont (début du profil RO\_P1) la reconnaissance géologique a relevé un affleurement de hyaloclastites « saines » dans le fond de cette petite vallée, et plusieurs de hyaloclastites altérées en position haute, suggérant une épaisseur de ces dernières supérieure à 30 m.

Les quatre panneaux électriques réalisés sur le secteur de Pontaléry ont permis de mieux appréhender la nature et la géométrie des hyaloclastites Hm2b qui occupent l'intégralité de la zone d'étude et qui constituent, avec les basaltes de Vert-Pré (p<sub>B</sub>m2a) sous-jacents, les cibles hydrogéologiques.

La comparaison entre les données géophysiques anciennes (concaténation de sondages 1-D) et récentes (2-D) montrent la plus-value de cette dernière approche pour la caractérisation spatiale des milieux complexes tels que ceux investigués ici.

Les résultats obtenus sur l'ensemble du site nous amènent aux considérations suivantes (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) :

- ❖ D'un point de vue structural, l'interprétation des discontinuités majeures relevées sur chaque profil, permet de proposer une structuration générale du site WSW-ENE et SE-NW (parallèle à la faille F1 mentionnée sur la carte géologique).
- ❖ Une couverture altérée superficielle marque le fond de vallée ainsi que les flancs N et S du bassin versant. Cette dernière apparaît plus épaisse et plus conductrice au S (RO\_P2, P3 et P4). Localement amincie en raison de l'érosion à l'amont du bassin versant, notamment sur RO\_P4, elle permet l'affleurement sporadique des hyaloclastites « saines » (RO\_P4).
- ❖ La présence d'une anomalie de résistivité moyenne centrée sur la vallée (RO\_P4 (D2) et RO\_P3 (D2 à D3) et RO\_P2 (D4 à D5) suggère un axe d'altération potentiellement induit par la ravine et d'une largeur atteignant 60 m environ. Il pourrait également être lié à une structure tectonique.
- ❖ La morphologie des zones conductrices de surface et celle des résistants sous-jacents sur RO\_P3 et RO\_P4 suggère un abaissement de la zone N.
- ❖ Le flanc N abrite, sous la couverture altérée, un horizon résistant clairement visible sur RO\_P2 (centre) et RO\_P3 (abscisses 0 à 180 m). Cette

observation suggère une continuité entre ces deux horizons, d'orientation WSW-ENE (Illustration 20).

- ❖ De même, légèrement plus au S, l'horizon R2 de RO\_P4 pourrait trouver, de manière cohérente, une extension vers le NE, soit R4 de RO\_P3 puis S1 de RO\_P2.
- ❖ Enfin, le profil RO\_P1, plus étendu, permet la mise en évidence d'un résistant à environ 100 m de profondeur avec une potentielle continuité sur RO\_P4 au sud (R3 au centre de la coupe). Il pourrait correspondre aux basaltes de Vert-Pré « sains » sous les hyaloclastites Hm2b.

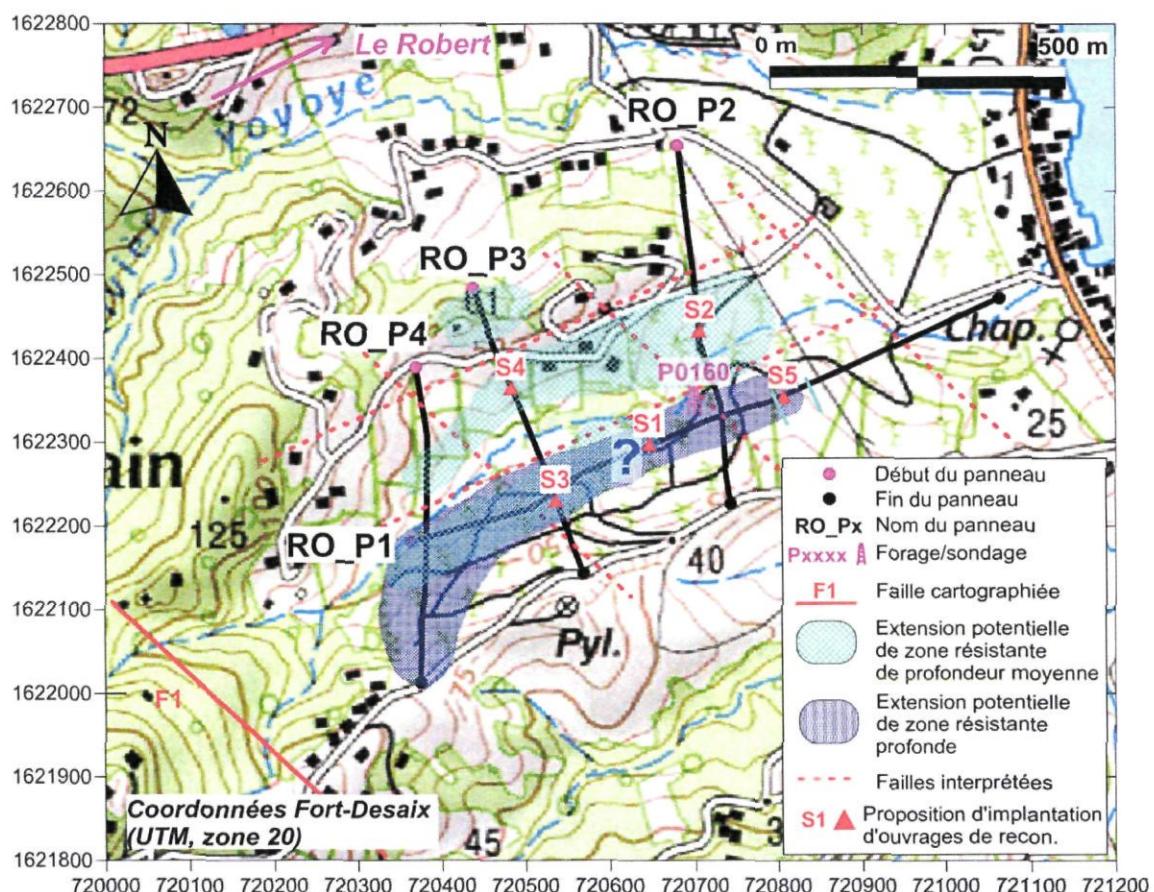
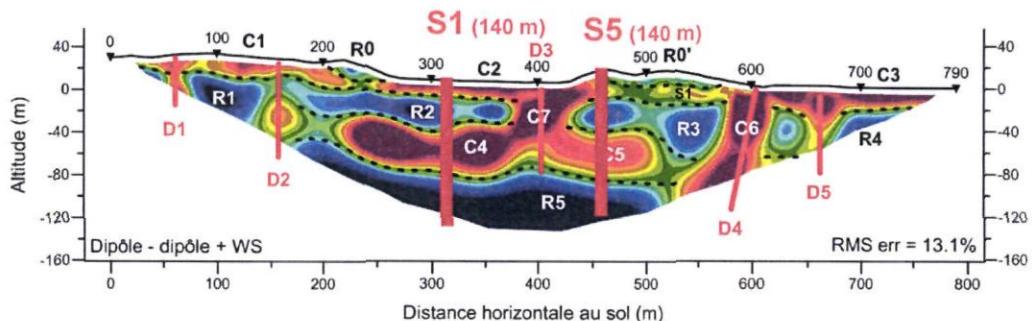


Illustration 20 : Synthèse des informations géologiques et structurales interprétées à partir des investigations géophysiques.

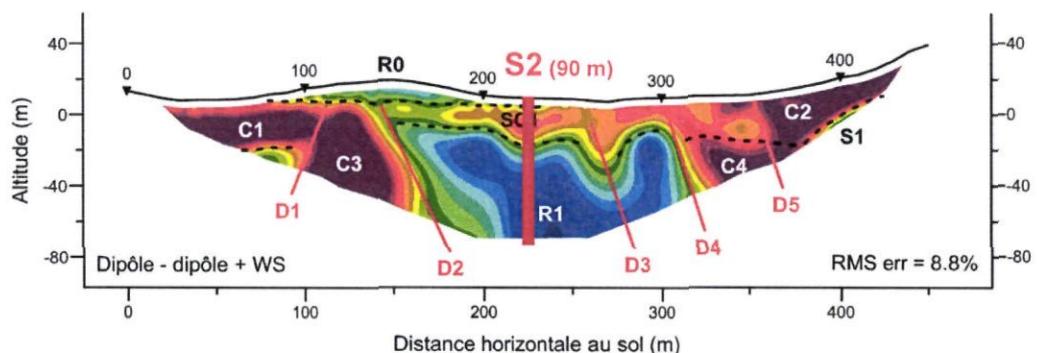
## 5.2. IMPLANTATION DES FORAGES DE RECONNAISSANCE

Les cibles hydrogéologiques potentielles de cette zone d'étude sont les hyaloclastites « saines » et potentiellement fissurées ainsi que plus en profondeur les basaltes de Vert-Pré. L'analyse des résultats et l'interprétation générale qui a été dégagée des diverses informations collectées sur ce site nous conduisent à proposer six sites potentiellement favorables à l'implantation d'un forage de reconnaissance. Leurs coordonnées sont présentées sur l'**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** :

- **S1** : Localisé sur le profil RO\_P1, légèrement en amont du forage P0160 en abscisses 300-320 m, ce forage vise à reconnaître les potentialités aquifères du résistant profond R5, attribué aux hyaloclastites « saines » ou aux basaltes de Vert Pré. Au passage, il permettra également de tester la productivité de l'horizon résistant R2 de moyenne profondeur. Cet aquifère potentiel serait protégé par la couverture massive profonde C4 et superficielle C2. Cet ouvrage devrait atteindre une profondeur de 140 m.

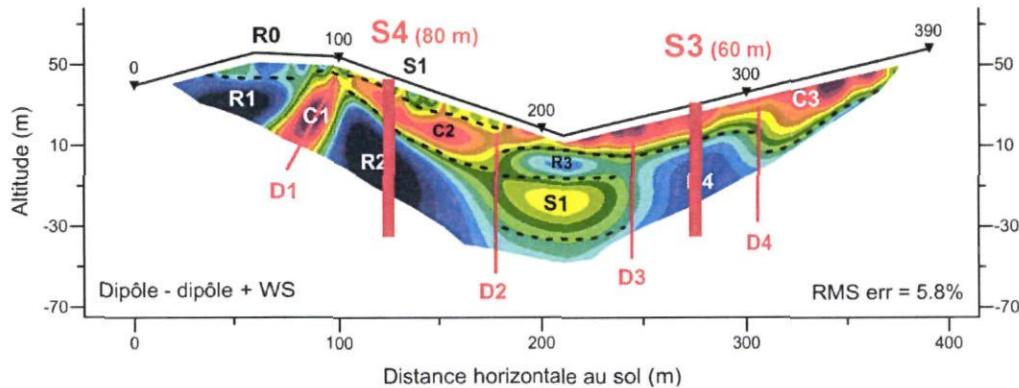


- **S2** : Localisé sur le profil RO\_P2, en abscisse 225 m, ce forage vise à reconnaître les potentialités aquifères du puissant résistant R1, attribué aux hyaloclastites « saines ». Cet ouvrage devrait atteindre une profondeur de 90 m. Le sondage P0160, situé environ 100 m au sud aurait été positionné à la limite entre deux horizons géo-électriques. Il s'agirait là de toucher le cœur du résistant.



- **S3** : Localisé sur le profil RO\_P3, mais en rive droite du ruisseau et en abscisse 275 m, ce forage vise à reconnaître les potentialités aquifères du résistant R4,

attribué aux hyaloclastites « saines » et protégé par la couverture C3. Cet ouvrage devrait atteindre une profondeur de 60 m.



- **S4** : Également localisé sur le profil RO\_P3, en abscisse 125 m, ce forage vise à reconnaître les potentialités aquifères du résistant R2, attribué aux hyaloclastites « saines » et protégé par la couverture C1-C2. Cet ouvrage devrait atteindre une profondeur de 80 m. Il pourrait s'agir du même horizon que R1 de RO\_P1.
- **S5** : Localisé sur le profil RO\_P1, mais cette fois légèrement en aval du forage P0160 en abscisse 480 m, ce forage a les mêmes objectifs et caractéristiques que S1.

La proximité de la mer et donc la présence d'une potentielle interface eau douce – eau de mer sera à prendre en compte dans le choix définitif du site d'implantation. Le forage de reconnaissance P0160, localisé dans la plaine, n'a pas relevé d'eau de mer, mais tout de même une eau chlorurée sodique de qualité moyenne.

Ces propositions pourront bien entendu être ajustées, en concertation avec le SICSM, au regard des informations apportées par le premier forage de reconnaissance mis en œuvre (logs géologiques, venues d'eau, rôle hydraulique des failles, intrusion d'eaux salines, etc.).

| Sondage   | Parcelle cadastrale | X <sub>Fort Desaix</sub> (m) | Y <sub>Fort Desaix</sub> (m) | Z (m NGM) | Profondeur estimée (m) |
|-----------|---------------------|------------------------------|------------------------------|-----------|------------------------|
| <b>S1</b> | 222C11108           | 720 645                      | 1 622 297                    | 12        | 140                    |
| <b>S2</b> | 222C11110           | 720 705                      | 1 622 433                    | 8         | 90                     |
| <b>S3</b> | 222C11108           | 720 536                      | 1 622 230                    | 35        | 60                     |
| <b>S4</b> | 222C10448           | 720 483                      | 1 622 364                    | 33        | 80                     |
| <b>S5</b> | 222C10877           | 720 806                      | 1 622 355                    | 20        | 140                    |

Illustration 21 : Coordonnées des ouvrages de reconnaissance proposés

## 6. Conclusion

Les reconnaissances géologique et hydrogéologique ainsi que les investigations géophysiques menées sur le site de Pontaléry ont permis de préciser la géométrie des deux formations géologiques potentiellement aquifères : les Hyaloclastites Hm2b et les basaltes de Vert-Pré sous-jacents.

À l'affleurement, les hyaloclastites sont généralement altérées, le profil d'altération semble plus développé sur le versant Sud du bassin versant. En dessous, des hyaloclastites saines semblent avoir été mises en évidence avec des résistivités plus élevées.

Plus en profondeur, les coupes de résistivité permettent d'identifier les basaltes de Vert-Pré altérés puis sains avec un horizon conducteur de 30 à 40 m d'épaisseur et un horizon résistant rencontré vers 100 m de profondeur.

D'un point de vue structural, l'interprétation des discontinuités majeures relevées sur chaque profil, permet de proposer une structuration générale du site WSW-ENE et SE-NW, parallèle à la faille F1 mentionnée sur la carte géologique.

Sur la base des observations géologiques et géophysiques, cinq secteurs favorables à l'implantation d'un forage de reconnaissance ont été proposés avec des profondeurs d'investigation comprise entre 60 et 140 m selon l'aquifère visé.

De telles profondeurs de forage n'ont jamais été atteintes en Martinique pour de la recherche d'eau à usage AEP. Elles devraient permettre d'améliorer la connaissance des aquifères martiniquais et d'augmenter les chances de réussite du programme de recherche.

Compte tenu de la proximité de la mer, de la faible altimétrie du secteur et des profondeurs importantes des forages de reconnaissance, le risque d'une intrusion d'eaux salines ne peut être écarté. Le forage réalisé en 1980 et captant l'aquifère des hyaloclastites présentait, en effet, une eau chlorurée sodique. Une attention toute particulière devra donc être portée sur ce point lors de la réalisation des sondages.

En concertation avec le SICSM, les propositions d'implantation pourront être modifiées en fonction des éléments de réponse apportés par le(s) premier(s) forages de reconnaissance (logs géologiques, venues d'eau, rôle des failles, intrusion d'eaux salines, etc.). Il est rappelé que le SICSM prévoit, en moyenne, la réalisation de 3 ouvrages de reconnaissance par site.



## 7. Références bibliographiques

**Arnaud L., de Bechillon M. Wiart N.** (2010). Sélection de 20 sites favorables à la recherche d'eau souterraine et répondant aux besoins du SICSM, Rapport BRGM/RP-59123-FR, 106 p., 13 ill., 3 ann.

**Loke M. H. & Barker R.D** (1996) : Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting* (44), p.131-152.

**Paulin C. (1978)** – Recherche d'eau souterraine en Martinique. Résultats de la campagne géophysique 1978. Rapport BRGM 78 ANT 45

**Paulin C. (1981)** – Recherche d'eau souterraine en Martinique. Résultats de la deuxième campagne de reconnaissance par sondages mécaniques. Rapport BRGM 81 ANT 4

**Vittecoq B., Brugeron A., Dewandel B., Gourcy L. Ollagnier S. (2008)** – Caractérisation hydrogéologique de la nappe de la plaine du Lamentin : pompage d'essai de longue durée sur le forage 1179ZZ0069/LAF1. Rapport BRGM/RP-56246-FR.

**Vittecoq B., Dewandel B. (2009)** – Pompage d'essai sur le forage 1179ZZ0202 – Commune du Lamentin : évaluation du débit d'exploitation durable selon plusieurs scénarios d'exploitation. Rapport BRGM/RP-57058-FR.

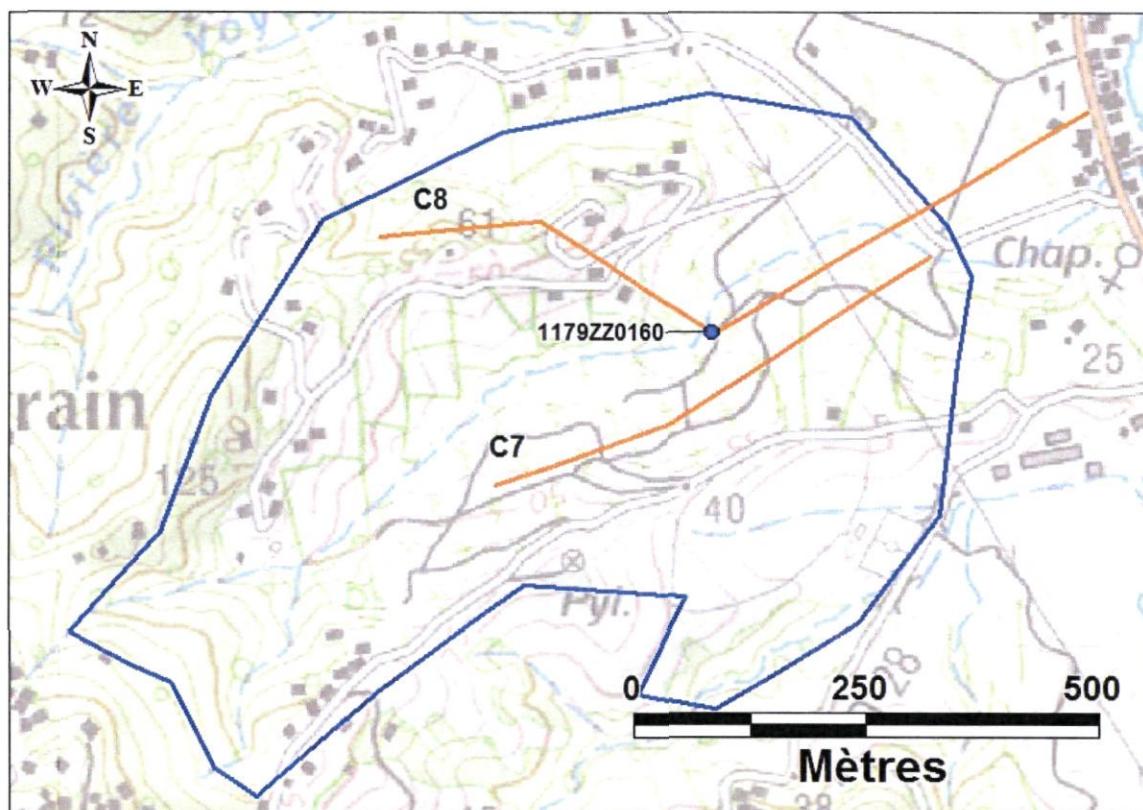
**Westercamp D., Pelletier B., Thibault P.A. et Trainau H. (1990)** – Carte géologique de la France (1 / 50 000), feuille Martinique, BRGM. Notice explicative par W.D., Andreieff P., Bouysse P., Cottez S. et Battistini R., 1989



## Annexe 1

### Plan de localisation des travaux réalisés en 1978 et 1981





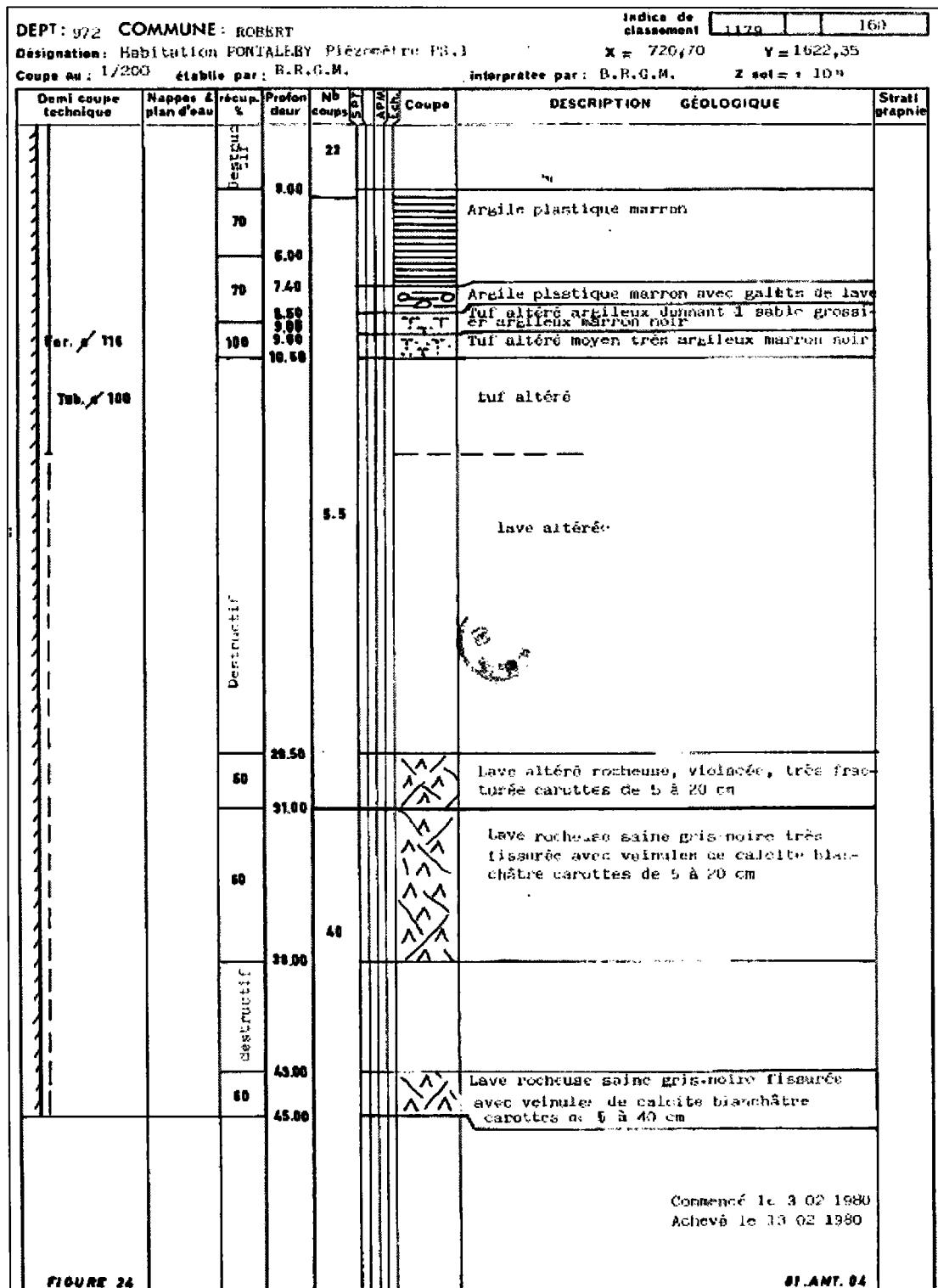
*Carte de localisation des coupes géoélectriques C7 et C8 et du forage de reconnaissance 1179ZZ0160*



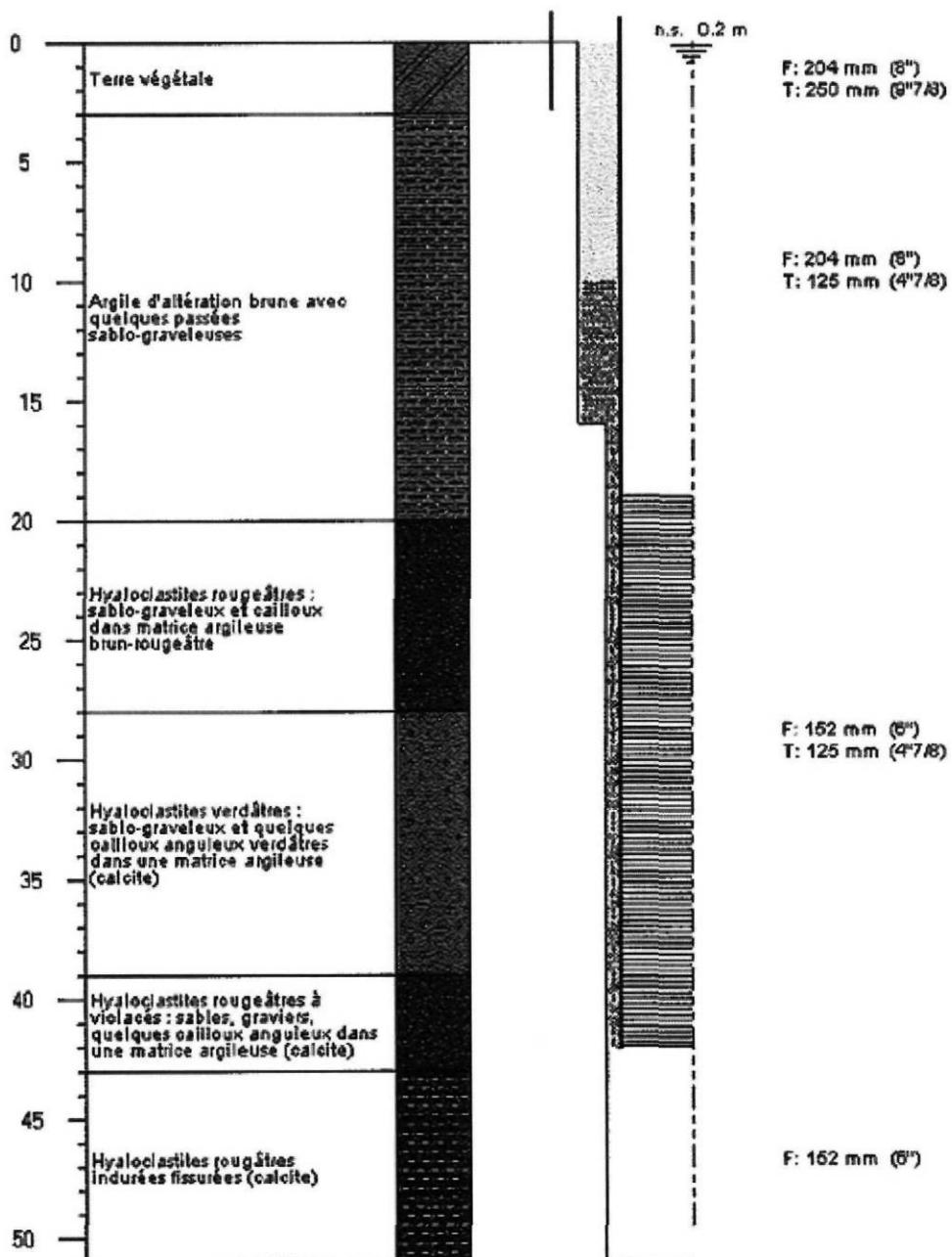
## Annexe 2

### **Coupes géologique et technique des forages 1179ZZ0160 et 1179ZZ0300**





Forage 1179ZZ0160



Forage 1179ZZ0300

## Annexe 3

### Synthèse des observations de terrain



## Observations géologiques

| STATION | X      | Y       | Z | TEINTE     | COULEUR     | DURETE | STRUCTURE       | PHÉNOCRISTEAUX  |
|---------|--------|---------|---|------------|-------------|--------|-----------------|---|
| 8       | 720614 | 1622264 |   | 78 sombre  | beige foncé | 1      | peu porphyrique | Quelques ferromagnésiens  |
| 9       | 720593 | 1622374 |   | 94 sombre  | beige foncé | 2      | porphyrique     | Minéraux blanc altérés + quelques ferromagnésiens. Par ailleurs, de la pyrite a été observée sur des blocs renfermés dans la matrice. |
| 13      | 720691 | 1622125 |   | 111 sombre | beige-rouge | 2      | porphyrique     | Beaucoup de minéraux blancs + quelques minéraux noirs.  |
| 14      | 720772 | 1622177 |   | 92 claire  | ocre        | 2 à 3  | porphyrique     | Les minéraux sont totalement altérés. Ils sont de couleur beige et se confondent avec la matrice                                      |
| 16      | 720974 | 1622321 |   | 62 claire  | ocre        | 2 à 3  | porphyrique     | Les minéraux sont totalement minéralisés. Ils sont de couleur beige et se confondent avec la matrice                                  |
| 17      | 721273 | 1622411 |   | 36 claire  | ocre        | 2 à 3  | porphyrique     | Les minéraux sont totalement altérés. Ils sont de couleur beige et se confondent avec la matrice                                      |
| 18      | 721244 | 1622270 |   | 30 claire  | ocre        | 2      | porphyrique     | Quelques ferromagnésiens + quelques minéraux blancs   |
| 19      | 721521 | 1622460 |   | 40 claire  | ocre        | 2 à 3  | porphyrique     | Les minéraux sont totalement altérés. Ils sont de couleur beige et se confondent avec la matrice                                      |

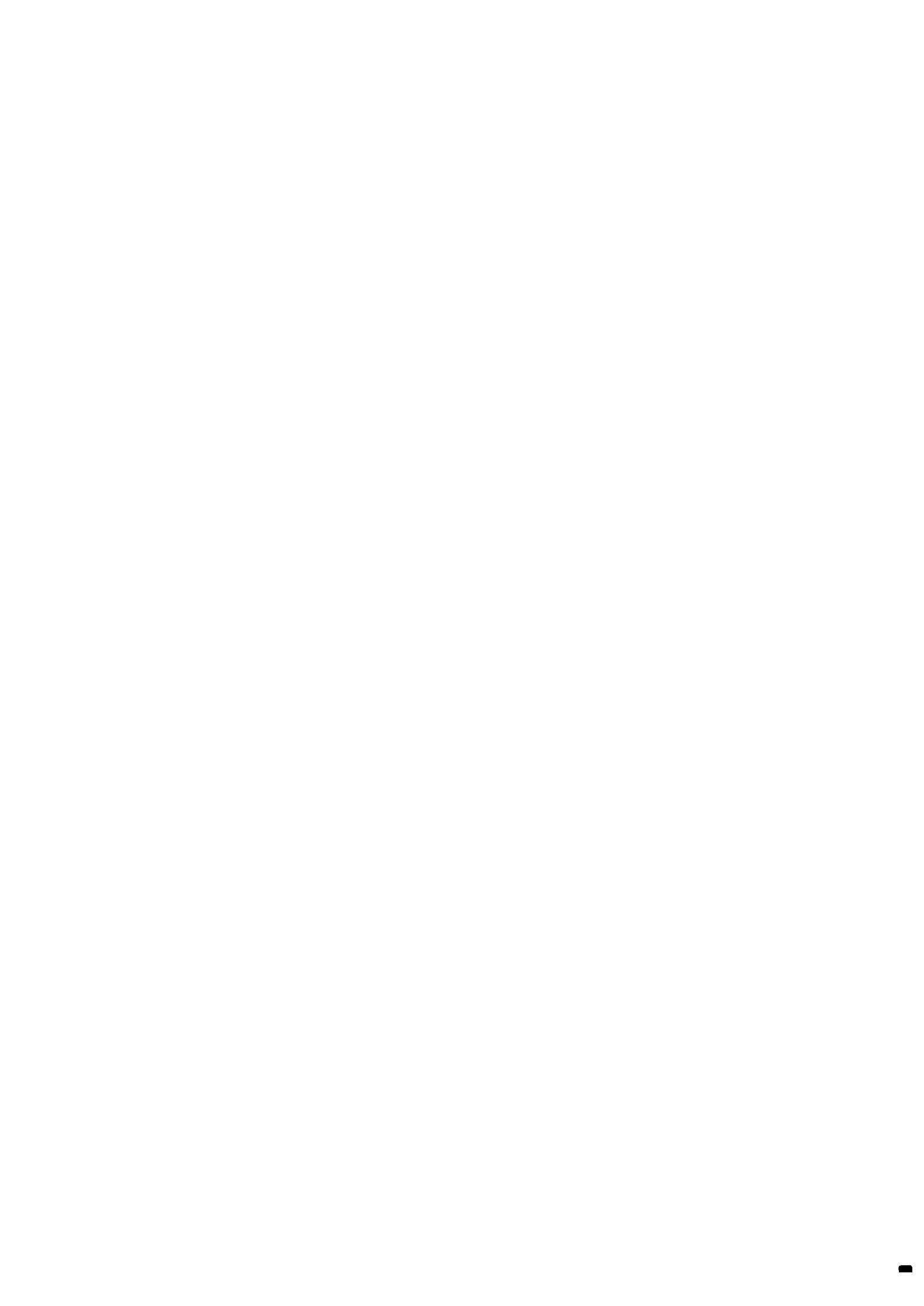
| STATION | DESCRIPTION  | FISSURATION | DENOMINATION                    | CART GEOLOGIQUE | CODE FORMATION | PUISSEANCE | EXTENSION | TYPE AFFLEUREMENT      | PHOTO ECHANTILLON |
|---------|--|-------------|---------------------------------|-----------------|----------------|------------|-----------|------------------------|-------------------|
| 8       | Hyaloclastite saine et fissurée  | marquée     | Hyaloclastite saine et fissurée | hyaloclastites  | Hm2b           | 2          | 7         | Affleurement en champs | oui oui           |
| 9       | Très grosses pelures d'oignons. La matrice est argileuse, de couleur marron, et renferme des blocs centimétriques polygéniques. La pyrite observée peut être la conséquence d'hydrothermalisme | non visible | Hyaloclastite altérée           | hyaloclastites  | Hm2b           | 5          | 15        | Bord de route          | oui oui           |
| 13      | Débit en plaque  | non visible | Hyaloclastite altérée           | hyaloclastites  | Hm2b           | 3          | 10        | Bord de route          | oui oui           |
| 14      | Pelures d'oignons très évolutées. Sous les argiles en contrebas, on retrouve le même type de formation   | non visible | Hyaloclastite très altérée      | hyaloclastites  | Hm2b           | 2          | 40        | Bord de route          | oui oui           |
| 16      | Idem que le point n° 14, mais sans les pelures d'oignons   | non visible | Hyaloclastite très altérée      | hyaloclastites  | Hm2b           | 2          | 12        | Bord de route          | non non           |
| 17      | Idem que le point n° 16  | non visible | Hyaloclastite très altérée      | hyaloclastites  | Hm2b           | 2          | 15        | Bord de route          | non non           |
| 18      | Les fissures observées sont colmatées d'argile   | visible     | Hyaloclastite altérée           | hyaloclastites  | Hm2b           | 5          | 15        | Front de taille        | oui oui           |
| 19      | Idem que le point n° 16  | non visible | Hyaloclastite très altérée      | hyaloclastites  | Hm2b           | 2          | 10        | Bord de route          | non non           |

## Observations hydrologiques et hydrogéologiques

| MARK | DATE       | HEURE    | X      | Y       | Z | TYPE              | PH | COND     | TEMP         | OBSERVATIONS   | PHOTO |
|------|------------|----------|--------|---------|---|-------------------|----|----------|--------------|--|-------|
| 1    | 15-juil-11 | 10:08:16 | 721339 | 1622614 |   | 8 Ravine          |    | 477,00   | 26,4         | Pont<br>Ravine non notée sur la carte IGN se situant au niveau<br>du croisement. Faible écoulement. Cette ravine<br>s'écoule le long de la route pour rejoindre la ravine<br>principale du site. | oui   |
|      |            |          |        |         |   | Ravine            |    | 525,00   | 28           |  |       |
| 2    | 15-juil-11 | 10:17:00 | 721220 | 1622713 |   | 5                 |    |          |              |  | oui   |
| 3    | 15-juil-11 | 10:23:14 | 721104 | 1622564 |   | 15 Ravine         |    | 483,00   | 26,3         |  | oui   |
| 7    | 15-juil-11 | 10:54:12 | 720610 | 1622268 |   | 65 Bras de ravine |    | 651,00   | 25,7         |  | oui   |
| 10   | 15-juil-11 | 11:35:53 | 721508 | 1622684 |   | 11 Ravine         |    | 42500,00 | 29,4 point). | Pont de la route principale. Intrusion d'eau de mer (la<br>mer est situé à une dizaine de mètres à l'Est de ce   | non   |
| 20   | 15-juil-11 | 14:04:04 | 720892 | 1622475 |   | 20 Ravine         |    | 579,0    | 26,6         |  | oui   |

## Annexe 4

### Principe du panneau électrique



La tomographie électrique (ERT pour Electrical Resistivity Tomography) est une méthode géophysique permettant d'obtenir la distribution de la résistivité électrique des matériaux (roches ou structures) en profondeur (2D et 3D selon le dispositif d'acquisition mis en place) à partir de mesures de potentiel électrique en surface. Les termes «panneau électrique» ou «tomographie électrique» sont utilisés pour qualifier une prospection électrique (initialement basée sur quatre électrodes) automatisée le long d'un profil multi-électrodes (2D) ou sur une surface (3D). Ce type d'acquisition présente l'avantage de fournir des résultats fiables en 2D ou 3D, et d'être rapidement mis en œuvre.

Le principe de base de la prospection électrique est d'injecter dans le sol un courant électrique d'intensité  $I$  entre deux électrodes A et B et de mesurer la différence de potentiel  $\Delta V$  induite entre une autre paire d'électrodes M et N (figure 1).

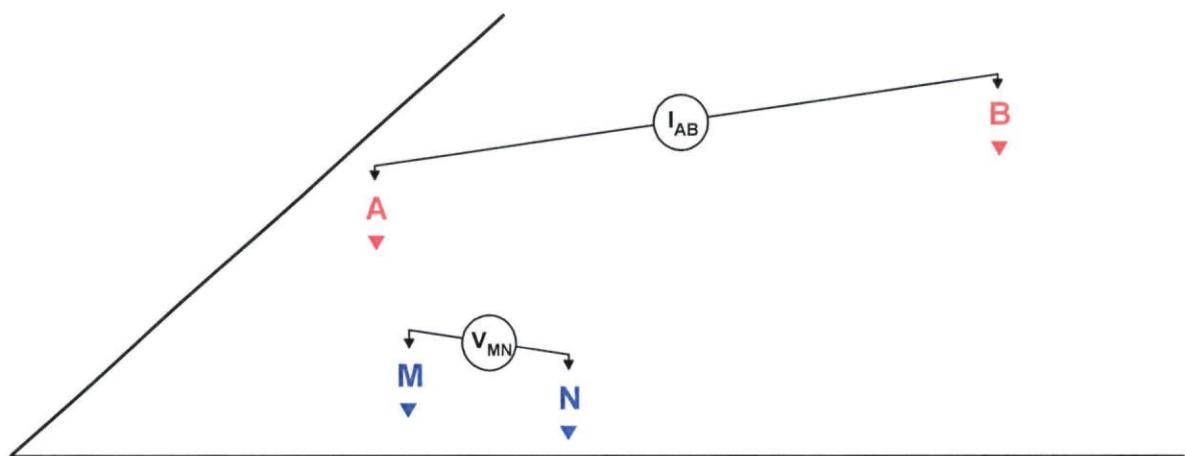


Figure 1 : Principe de la mesure en courant électrique continu

A partir de la valeur du courant injecté  $I$ , de la mesure de la différence de potentiel  $\Delta V$  et de l'écartement entre les différentes électrodes, on peut déterminer la **résistivité électrique apparente** du sous-sol sur base de la loi d'Ohm :

$$\rho_{app} = K \times \frac{\Delta V}{I}$$

où  $K$  est un facteur dépendant de la géométrie du dispositif de mesure (figure 2) :

$$K = 2\pi \times \left[ \frac{1}{r_{11}} - \frac{1}{r_{12}} - \frac{1}{r_{21}} + \frac{1}{r_{22}} \right]^{-1}$$

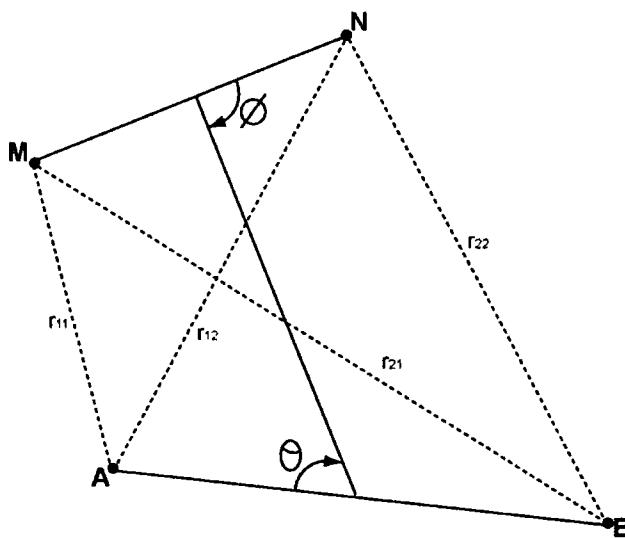


Figure 2 : Disposition générale d'électrodes où  $A$  et  $B$  sont les électrodes de courant,  $M$  et  $N$ , les électrodes de potentiel ( $0 < \theta, \phi < \pi$ )

La résistivité apparente d'un terrain hétérogène correspond à la résistivité d'un terrain homogène qui, pour une configuration identique des électrodes et un même courant injecté, donnerait la même mesure  $\Delta V$ . Elle est fonction de la résistivité, de la géométrie des diverses couches et de la disposition des électrodes. Il existe plusieurs dispositifs d'électrodes utilisés en pratique : Schlumberger, Wenner, dipôle-dipôle, pôle-pôle, etc.

### Dispositifs d'électrodes / configurations d'acquisition

Une configuration d'acquisition est une manière d'agencer géométriquement les électrodes de courant (AB) et de potentiel (MN) (soit les quadripôles ABMN) en surface. Il en existe plusieurs, chacune présentant avantages et inconvénients. Les différences majeures entre ces configurations sont la distribution des lignes de courant

électrique dans le sol et donc la forme des équipotentielles en surface ainsi que la valeur du coefficient géométrique  $K$  qui conditionnera les valeurs du courant minimal  $I$  à injecter pour mesurer un potentiel électrique minimal  $U$  fiable. Selon les équipements utilisés, certains dispositifs sont également plus rapides (dipôle-dipôle) à acquérir que d'autres (Schlumberger) grâce à des acquisitions multi-voies (plusieurs mesures de  $\Delta V$  pour une injection de courant).

Pour la configuration Wenner, par exemple, la profondeur d'investigation est estimée égale à la moitié du plus grand écartement utilisé entre deux électrodes successives mais elle peut varier suivant la nature des terrains et leur résistivité. L'écartement entre électrodes détermine donc la profondeur d'investigation ainsi que les résolutions horizontale et verticale. Par rapport aux autres configurations, le dispositif Wenner rend les structures plus facilement reconnaissables sur la pseudo-section.

D'une manière générale, la mise en œuvre d'au moins deux configurations d'électrodes permet dans la plupart des contextes de mieux appréhender la géométrie des différents corps en présence. Ci-dessous sont présentées trois configurations souvent mises en œuvre avec les équipements automatisés actuels.

**Le dispositif dipôle-dipôle** donne une très bonne résolution des terrains de subsurface et pour les discontinuités verticales. Dans cette configuration, le rapport signal/bruit décroît rapidement et la profondeur d'investigation se réduit également (figure 3).

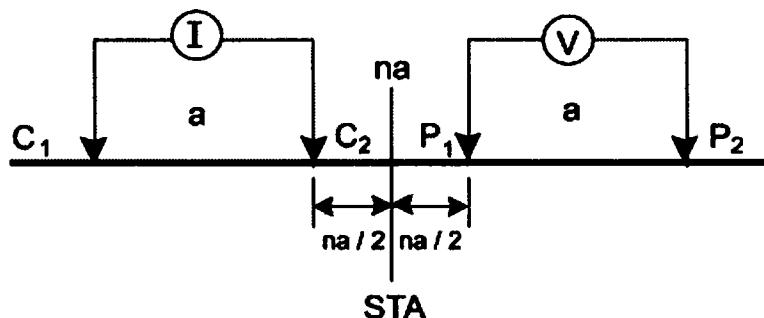


Figure 3 : Configuration dipôle-dipôle

**Le dispositif Schlumberger** est plus intégrant et, de ce fait, plus sensible aux effets latéraux. La résolution au niveau des horizons de sub-surface est moins bonne et celle des structures plus globale. Son intérêt majeur est la profondeur d'investigation atteinte (de l'ordre de 80m) grâce à un meilleur rapport signal/bruit (figure 4).

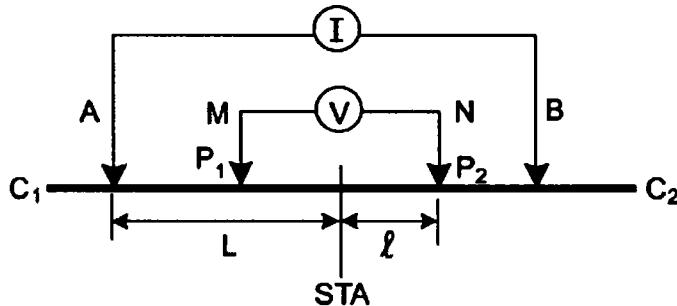


Figure 4 : Configuration de Schlumberger

**Le dispositif Wenner** est un dispositif présentant la particularité d'avoir trois espacements identiques entre les quatre électrodes. Avec ce dispositif, les résistivités apparentes sont moins affectées par les variations latérales superficielles (figure 5).

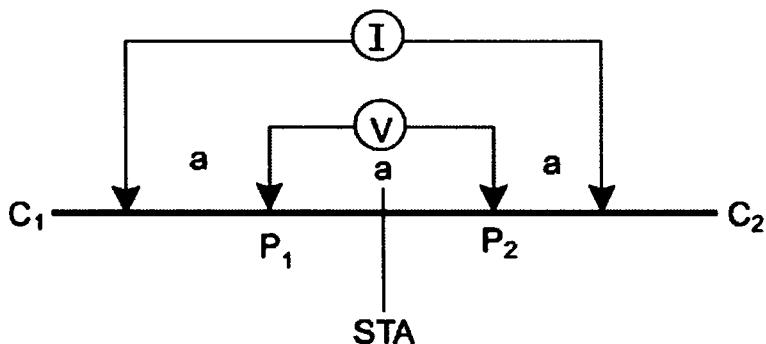


Figure 5 : Configuration de Wenner

### Construction d'une pseudo-section de résistivité apparente

Après filtrage des données brutes de résistivité apparente (mesurées sur le terrain) sur la base de critère de qualité, de courant émis ou de potentiel mesuré (logiciels Iris Instruments et X2ipi), celles-ci sont agencées de manière à obtenir une coupe (pseudo-section) de résistivité apparente du sous-sol. Cette dernière est construite (automatiquement) en reportant la valeur de la résistivité apparente mesurée au centre du dispositif et à une profondeur dépendant de l'écartement entre les électrodes. Cette représentation conduit à une image pour laquelle les valeurs de résistivité (puisqu'apparentes) et celles de profondeur ne sont pas correctes (figure 6).

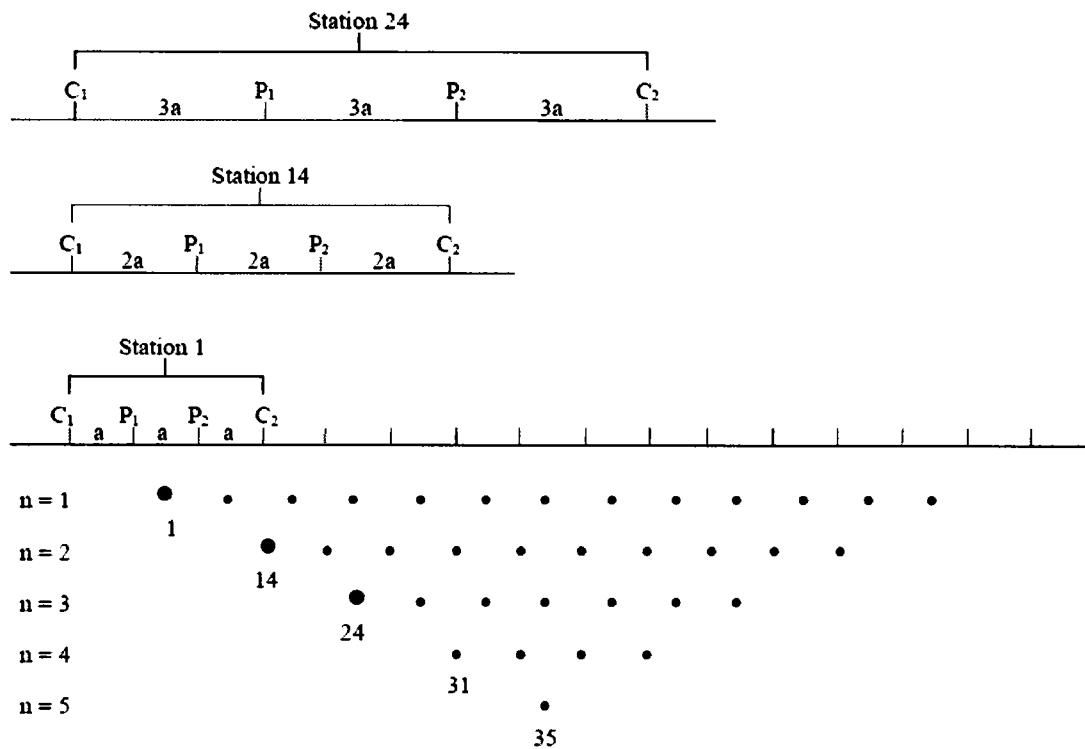


Figure 6 : Principe de construction d'une pseudo-section pour un dispositif Wenner

### Traitement et inversion des données

Afin d'obtenir une image quantitative représentant les variations de résistivité réelle (et non apparente) en fonction de la vraie profondeur, il est nécessaire d'inverser la pseudo-section (figure 7). Cette étape est réalisée à l'aide du logiciel Res2DInv (Loke & Barker). Cette inversion des données est réalisée suivant un processus itératif qui tente de minimiser l'écart entre la pseudo-section de résistivités apparentes mesurées et une pseudo-section recalculée à partir d'un modèle de résistivité électrique. Ce modèle est modifié à chaque itération jusqu'à ce que les données mesurées et calculées atteignent une concordance acceptable ou jusqu'à ce qu'aucune nouvelle amélioration ne soit possible. Afin de prendre en compte les morphologies rencontrées, la topographie de chaque profil est incluse lors de l'inversion (figure 8).

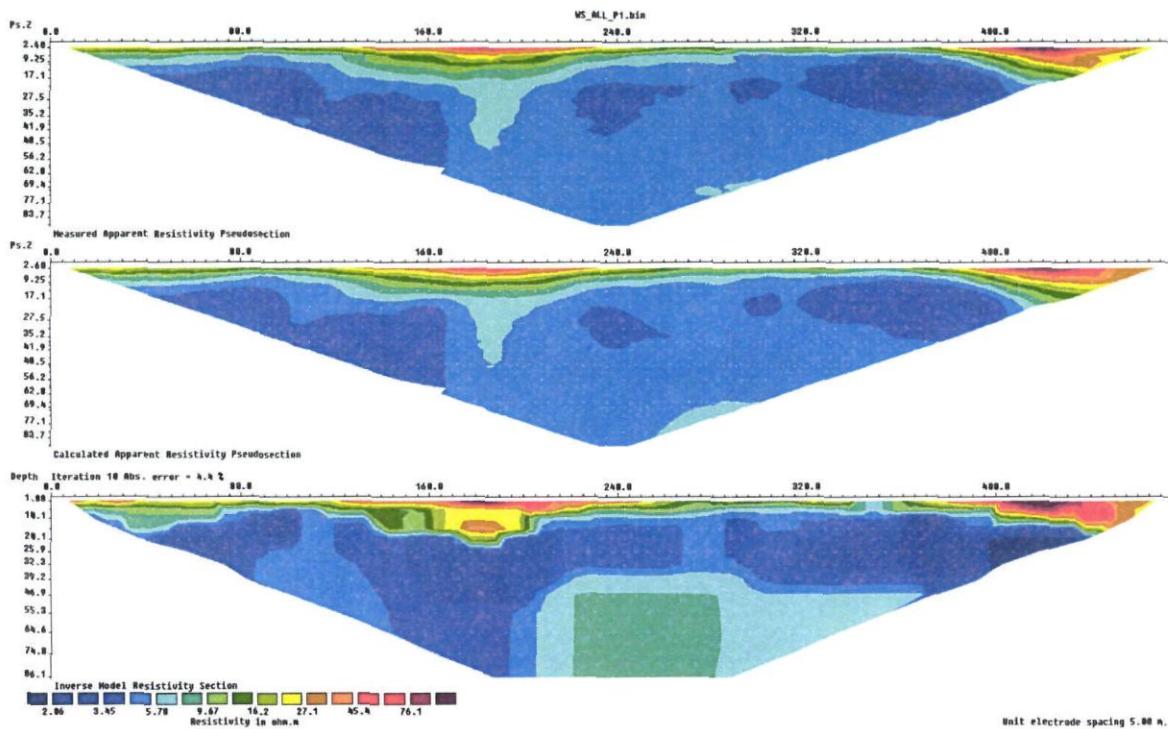


Figure 7 : Résultats complets (en images) d'une inversion. En haut la pseudo-section de résistivité apparente mesurées. En bas, le modèle de résistivité issu de l'inversion. Au centre, la pseudo-section de résistivité calculée sur la base du modèle de résistivité. L'erreur (RMS) constitue la différence entre les deux premières pseudo-sections (ici 4.4%).

La pseudosection de résistivité « vraie » (illustration du bas de la figure 7), résultat de l'inversion, sera ensuite utilisée pour l'interprétation. Elle fournit des informations quantitatives permettant de caractériser l'origine des différentes anomalies mises en évidence : résistivité, géométrie des horizons, profondeur, pendage. Les résultats de l'inversion sont présentés sous forme d'une coupe (pseudosection) semblable à celle de résistivité apparente présentant la distribution des résistivités calculées le long du profil en fonction de la profondeur. Cela pour les différentes configurations d'acquisition choisies.

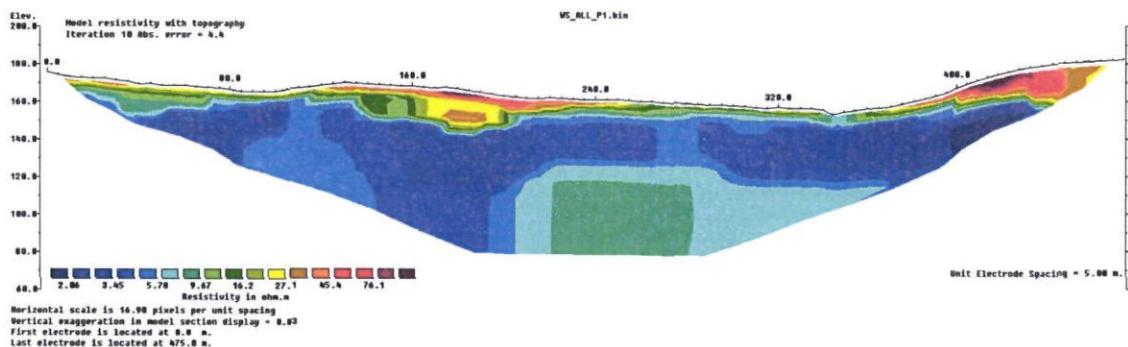


Figure 8 : Résultat de l'inversion de la figure 7 avec la topographie.

Pour chaque cas, des paramètres d'inversion sont choisis de manière à optimiser la réponse du modèle en incluant une information « à priori ».

Quelles que soient les performances des algorithmes de convergence, en l'absence d'étalonnage (résistivité étalonnée, profondeur des interfaces géoélectriques) les paramètres fournis par l'inversion ne sont pas définis de manière univoque (il y a plusieurs solutions satisfaisant au même jeu de données) et sont soumis à des principes d'équivalence. Cette indétermination ne peut être évaluée qu'en testant différentes solutions ou en contrignant l'inversion au moyen de paramètres (résistivités, épaisseurs, profondeurs) obtenus par d'autres moyens (autre méthode géophysique, diagraphies, forages, observations de terrain).



## Annexe 5

### Coordonnées géographiques des panneaux électriques



| Nom du profil<br>Distance (m) | WGS84 UTM zone 20N |         | Fort Desaix |         | Z (m) |
|-------------------------------|--------------------|---------|-------------|---------|-------|
|                               | X (m)              | Y (m)   | X (m)       | Y (m)   |       |
| RO1-0                         | 720750             | 1622350 | 720364      | 1622181 | 30    |
| RO1-160                       | 720892             | 1622390 | 720506      | 1622221 |       |
| RO1-240                       | 720955             | 1622432 | 720569      | 1622263 |       |
| RO1-400                       | 721101             | 1622495 | 720715      | 1622326 |       |
| RO1-480                       | 721174             | 1622517 | 720788      | 1622348 |       |
| RO1-560                       | 721248             | 1622549 | 720862      | 1622380 |       |
| RO1-790                       | 721450             | 1622641 | 721064      | 1622472 |       |
| RO2-0                         | 721066             | 1622824 | 720680      | 1622655 | 13    |
| RO2-160                       | 721084             | 1622670 | 720698      | 1622501 |       |
| RO2-240                       | 721092             | 1622590 | 720706      | 1622421 |       |
| RO2-320                       | 721117             | 1622513 | 720731      | 1622344 |       |
| RO2-400                       | 721122             | 1622440 | 720736      | 1622271 |       |
| RO2-450                       | 721129             | 1622395 | 720743      | 1622226 |       |
| RO3-0                         | 720824             | 1622652 | 720438      | 1622483 | 40    |
| RO3-80                        | 720847             | 1622587 | 720461      | 1622418 |       |
| RO3-160                       | 720877             | 1622517 | 720491      | 1622348 |       |
| RO3-240                       | 720905             | 1622447 | 720519      | 1622278 |       |
| RO3-320                       | 720932             | 1622375 | 720546      | 1622206 |       |
| RO3-390                       | 720955             | 1622312 | 720569      | 1622143 |       |
| RO4-0                         | 720756             | 1622559 | 720370      | 1622390 | 53    |
| RO4-80                        | 720769             | 1622477 | 720383      | 1622308 |       |
| RO4-160                       | 720769             | 1622400 | 720383      | 1622231 |       |
| RO4-240                       | 720767             | 1622325 | 720381      | 1622156 |       |
| RO4-320                       | 720763             | 1622250 | 720377      | 1622081 |       |
| RO4-390                       | 720761             | 1622182 | 720375      | 1622013 |       |



## Annexe 6

### Paramètres d'inversion utilisés dans Res2DInv



## Pour les dispositifs dipôle-dipôle et Wenner-Schlumberger:

Inversion settings  
 Initial damping factor (0.01 to 1.00)  
 0.1500  
 Minimum damping factor (0.001 to 0.75)  
 0.03  
 Line search option (0=Never, 1=Sometimes, 2=Always)  
 2  
 Convergence limit for relative change in RMS error in percent (0.1 to 20)  
 1.0000  
 Minimum change in RMS error for line search in percent (0.5 to 100)  
 0.5000  
 Number of iterations (1 to 30)  
 10  
 Vertical to horizontal flatness filter ratio (0.25 to 4.0)  
 1.0000  
 Model for increase in thickness of layers(0=default 10, 1=default 25, 2=user defined)  
 2  
 Number of nodes between adjacent electrodes (2 or 4)  
 4  
 Flatness filter type, Include smoothing of model resistivity (0=model changes only,1=directly on model)  
 1  
 Reduce number of topographical datum points? (0=No,1=Yes. Recommend leave at 0)  
 0  
 Carry out topography modeling? (0=No,1=Yes)  
 1  
 Type of topography trend removal (0=Average,1=Least-squares,2=End to end)  
 1  
 Type of Jacobian matrix calculation (0=Quasi-Newton, 1=Gauss-Newton, 2=Mixed)  
 2  
 Increase of damping factor with depth (1.0 to 2.0)  
 1.0200  
 Type of topographical modeling (0=None, 1=No longer supported so do not use, 2=uniform distorted FEM,  
 3=underwater, 4=damped FEM, 5=FEM with inverse Swartz-Christoffel)  
 5  
 Robust data constrain? (0=No, 1=Yes)  
 0  
 Cutoff factor for data constrain (0.0001 to 0.1))  
 0.0100  
 Robust model constrain? (0=No, 1=Yes)  
 0  
 Cutoff factor for model constrain (0.0001 to 1.0)  
 0.0010  
 Allow number of model parameters to exceed datum points? (0=No, 1=Yes)  
 1  
 Use extended model? (0=No, 1=Yes)  
 0  
 Reduce effect of side blocks? (0=No, 1=Slight, 2=Severe, 3=Very Severe)  
 2  
 Type of mesh (0=Normal,1=Fine,2=Finest)  
 2  
 Optimise damping factor? (0=No, 1=Yes)  
 1  
 Time-lapse inversion constrain (0=None,1=Least-squares,2=Smooth,3=Robust)  
 0  
 Type of time-lapse inversion method (0=Simultaneous,1=Sequential)  
 0  
 Thickness of first layer (0.25 to 1.0)  
 0.7500  
 Factor to increase thickness layer with depth (1.0 to 1.25)  
 1.0500  
 USE FINITE ELEMENT METHOD (YES=1,NO=0)  
 1

WIDTH OF BLOCKS (1=NORMAL WIDTH, 2=DOUBLE, 3=TRIPLE, 4=QUADRUPLE, 5=QUINTUPLE)  
 1  
 MAKE SURE BLOCKS HAVE THE SAME WIDTH (YES=1,NO=0)  
 1  
 RMS CONVERGENCE LIMIT (IN PERCENT)  
 1.000  
 USE LOGARITHM OF APPARENT RESISTIVITY (0=USE LOG OF APPARENT RESISTIVITY, 1=USE RESISTANCE  
 VALUES, 2=USE APPARENT RESISTIVITY)  
 0  
 TYPE OF IP INVERSION METHOD (0=CONCURRENT,1=SEQUENTIAL)  
 0  
 PROCEED AUTOMATICALLY FOR SEQUENTIAL METHOD (1=YES,0=NO)  
 0  
 IP DAMPING FACTOR (0.01 to 1.0)  
 0.150  
 USE AUTOMATIC IP DAMPING FACTOR (YES=1,NO=0)  
 0  
 CUTOFF FACTOR FOR BOREHOLE DATA (0.0005 to 0.02)  
 0.00100  
 TYPE OF CROSS-BOREHOLE MODEL (0=normal,1=halfsize)  
 0  
 LIMIT RESISTIVITY VALUES(0=No,1=Yes)  
 1  
 Upper limit factor (10-50)  
 40.000  
 Lower limit factor (0.02 to 0.1)  
 0.025  
 Type of reference resistivity (0=average,1=first iteration)  
 0  
 Model refinement (1.0=Normal,0.5=Half-width cells)  
 1.00  
 Combined Combined Marquardt and Occam inversion (0=Not used,1=used)  
 0  
 Type of optimisation method (0=Gauss-Newton,2=Incomplete GN)  
 2  
 Convergence limit for Incomplete Gauss-Newton method (0.005 to 0.05)  
 0.010  
 Use data compression with Incomplete Gauss-Newton (0=No,1=Yes)  
 0  
 Use reference model in inversion (0=No,1=Yes)  
 0  
 Damping factor for reference model (0.0 to 0.3)  
 0.05000  
 Use fast method to calculate Jacobian matrix. (0=No,1=Yes)  
 1  
 Use higher damping for first layer? (0=No,1=Yes)  
 0  
 Extra damping factor for first layer (1.0 to 100.0)  
 2.50000  
 Type of finite-element method (0=Triangular,1=Trapezoidal elements)  
 0  
 Factor to increase model depth range (1.0 to 5.0)  
 1.000  
 Reduce model variations near borehole (0=No, 1=Yes)  
 0  
 Factor to control the degree variations near the boreholes are reduced (2 to 100)  
 5.0  
 Factor to control variation of borehole damping factor with distance (0.5 to 5.0)  
 1.0  
 Floating electrodes survey inversion method (0=use fixed water layer, 1=Incorporate water layer into the model)  
 0  
 Resistivity variation within water layer (0=allow resistivity to vary freely,1=minimise variation)  
 1  
 Use sparse inversion method for very long survey lines (0=No, 1=Yes)  
 0  
 Optimize Jacobian matrix calculation (0=No, 1=Yes)

0  
Automatically switch electrodes for negative geometric factor (0=No, 1=Yes)  
1  
Force resistance value to be consistent with the geometric factor (0=No, 1=Yes)  
0  
Shift the electrodes to round up positions of electrodes (0=No, 1=Yes)  
0  
Use difference of measurements in time-lapse inversion (0=No, 1=Yes)  
1  
Use active constraint balancing (0=No, 1=Yes)  
0  
Type of active constraints (0=Normal, 1=Reverse)  
0  
Lower damping factor limit for active constraints  
0.4000  
Upper damping factor limit for active constraints  
2.5000  
Water resistivity variation damping factor  
4.0000

**Afin d'aider à l'interprétation des structures verticales les inversions ont aussi été menées avec les paramètres suivants**

Inversion settings  
Initial damping factor (0.01 to 1.00)  
0.1500  
Minimum damping factor (0.001 to 0.75)  
0.03  
Line search option (0=Never, 1=Sometimes, 2=Always)  
2  
Convergence limit for relative change in RMS error in percent (0.1 to 20)  
1.0000  
Minimum change in RMS error for line search in percent (0.5 to 100)  
0.5000  
Number of iterations (1 to 30)  
10  
Vertical to horizontal flatness filter ratio (0.25 to 4.0)  
2.0000

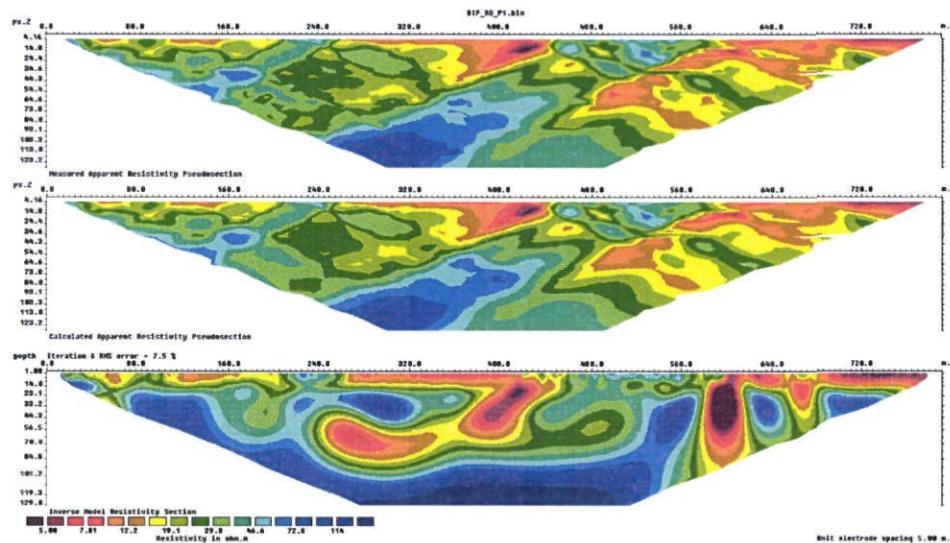


## Annexe 7

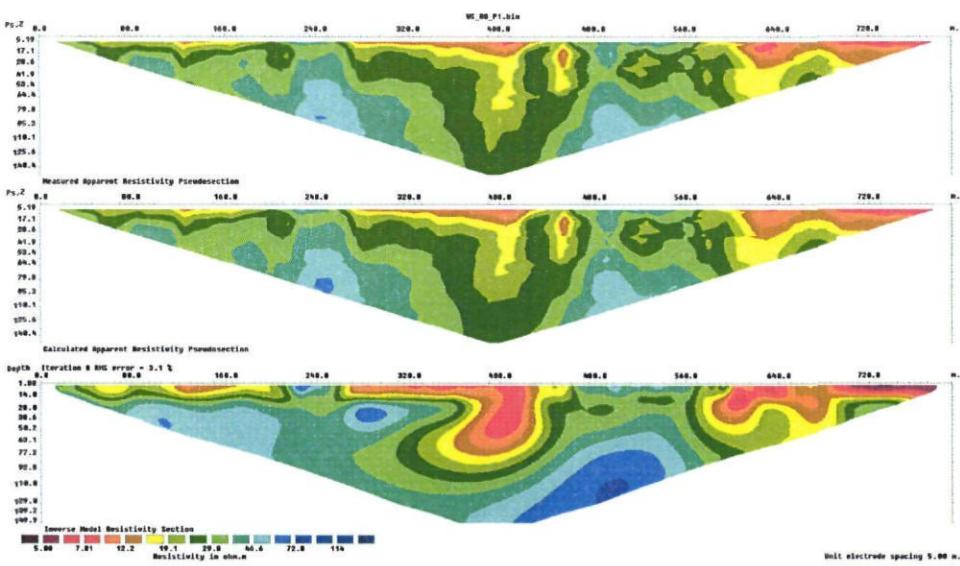
### Résultats complets des inversions des panneaux électriques



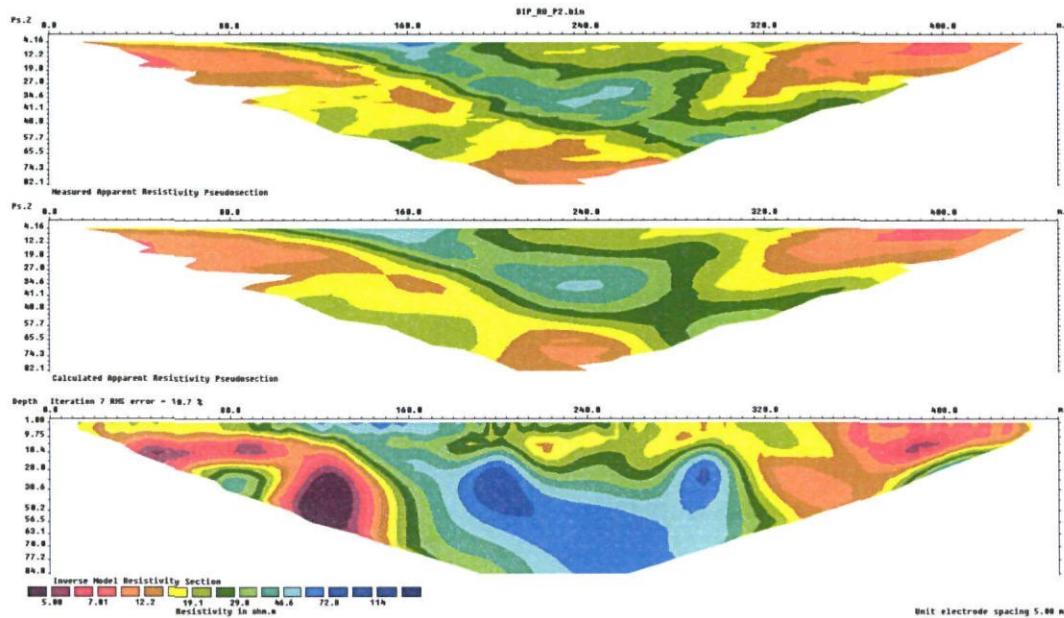
### RO\_P1 – Dipole-dipôle



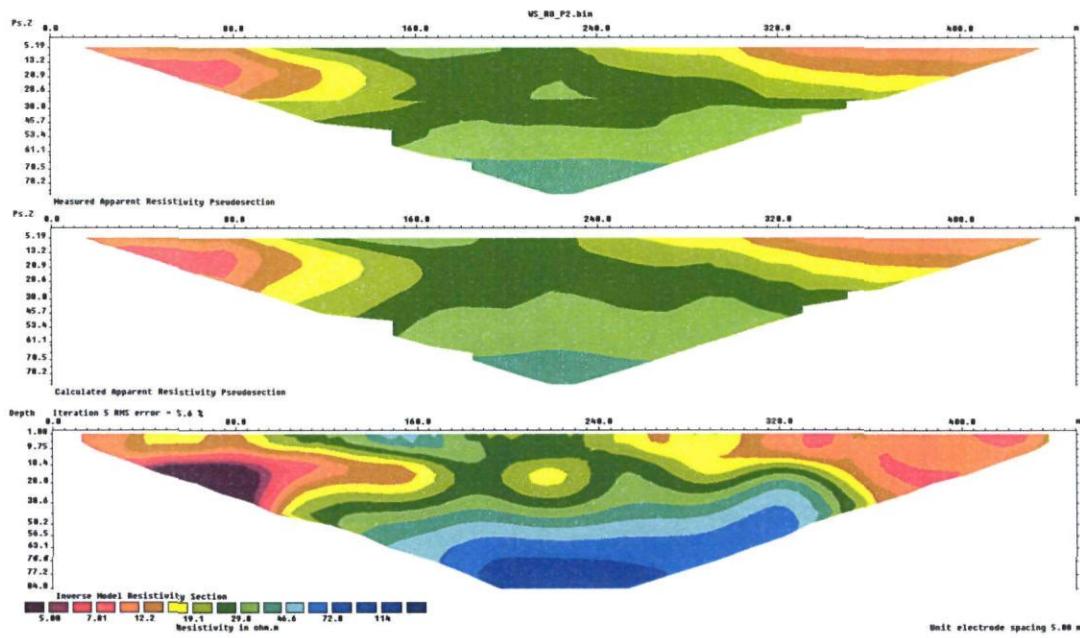
### RO\_P1 – Wenner-Schlumberger



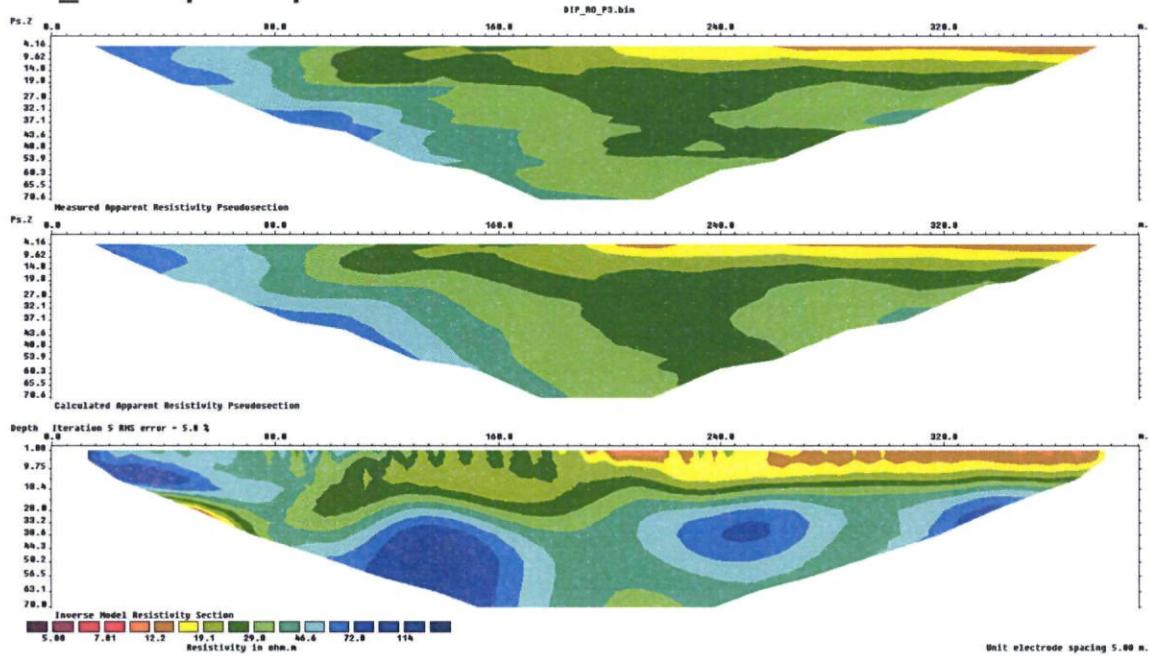
## RO\_P2 – Dipole-dipôle



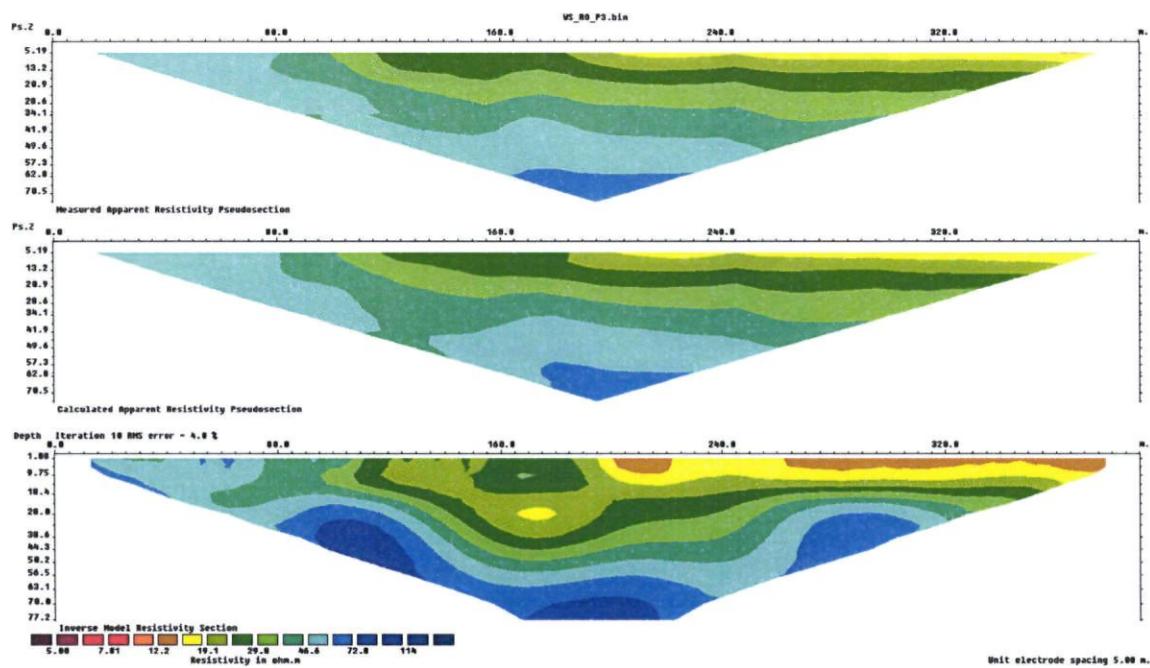
## RO\_P2 – Wenner-Schlumberger



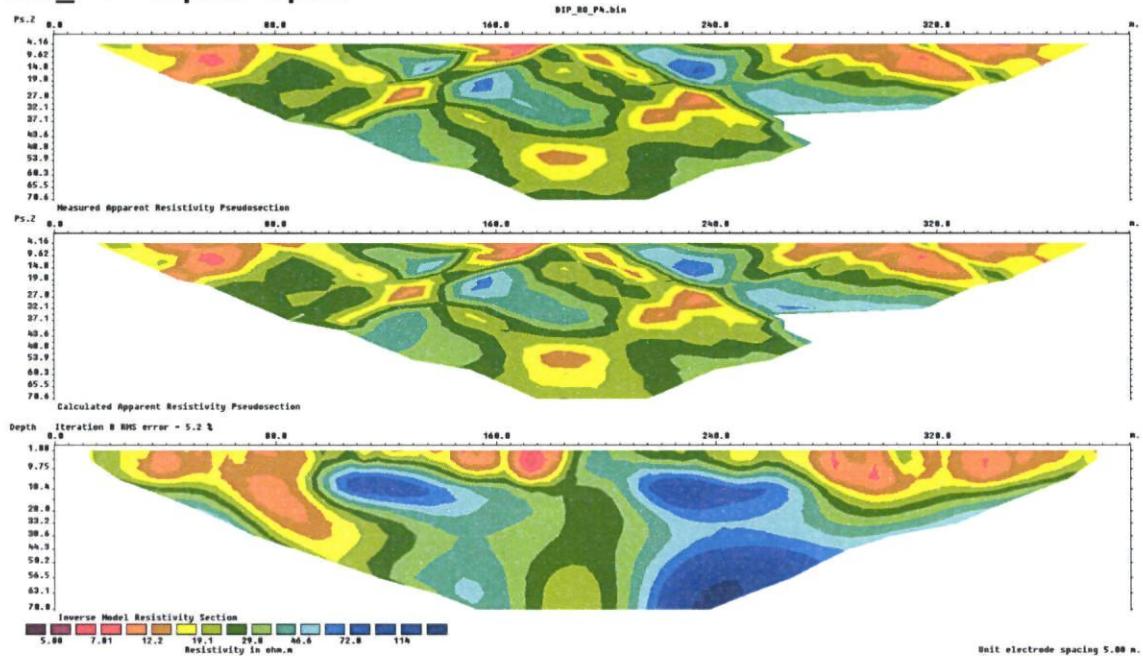
### RO\_P3 – Dipole-dipôle



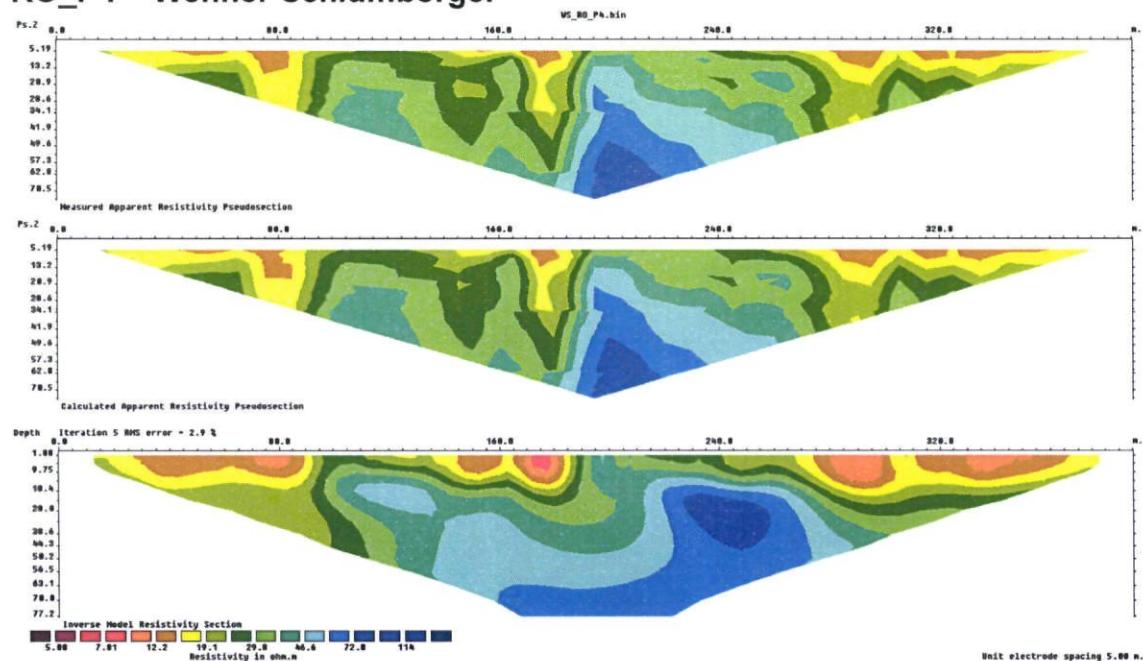
### RO\_P3 – Wenner-Schlumberger



### RO\_P4 – Dipole-dipôle



### RO\_P4 – Wenner-Schlumberger





Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemain  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional Martinique**  
4 Lot. Miramar  
Route de la Pointe des Nègres  
97 200 – Fort-de-France - Martinique  
Tél. : 05 96 71 17 70