

52937

52937

Document public

DOCUP 2002-2006
Cadre d'intervention C5-03

Projet de recherche : Les mouvements de terrain de grande ampleur dans les cirques et les grandes ravines de La Réunion

Module 2 : Détection des mouvements
Sous-module 2.2 : Référentiel géodésique
Programme 2002

Implantation d'un référentiel géodésique dans les cirques

Présentation du réseau

BRGM/RP-52937-FR

décembre 2003



Document public

DOCUP 2002-2006
Cadre d'intervention C5-03

Projet de recherche : Les mouvements de terrain
de grande ampleur dans les cirques
et les grandes ravines de La Réunion

Module 2 : Détection des mouvements
Sous-module 2.2 : Référentiel géodésique
Programme 2002

Implantation d'un référentiel géodésique dans les cirques

Présentation du réseau

BRGM/RP-52937-FR

Travaux réalisés dans le cadre du projet de
recherche BRGM 02-RIS-10

M. Cruchet



*Mise en place d'un référentiel géodésique dans les cirques
Massif du Piton des Neiges*

Mots clés : mouvements de terrain, GPS, géodésie, cirques, Piton des Neiges

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

M. Cruchet (2003) - Mise en place d'un référentiel géodésique dans les cirques. Présentation du dispositif. Rapport BRGM/RP-52937-FR. 21 pages. 4 figures. 9 tableaux, 6 annexes.

© BRGM, 2003, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre d'intervention C5.03 du DOCUP (soutenir la recherche et le développement sur les phénomènes de risques naturels), le BRGM s'est engagé dans la réalisation d'un programme de recherche sur les mouvements de terrain de grande ampleur dans les cirques et les grandes ravines à La Réunion.

En 2003 (programme 2002), un référentiel géodésique a été mis en place dans les cirques de La Réunion, dans le but de détecter d'éventuels mouvements de terrain de grande ampleur.

Le référentiel géodésique présenté dans ce rapport comprend :

- un réseau primaire ou réseau de premier ordre (8 points) ;
- 3 réseaux secondaires (un dans chaque cirque) :
 - le réseau du cirque de Salazie : 43 points ;
 - le réseau du cirque de Cilaos : 36 points ;
 - le réseau du cirque de Mafate : 14 points.

46 autres points ont été disposés sur deux glissements de grande ampleur dans le cirque de Salazie et sont considérés comme des réseaux tertiaires. Ils ne sont pas pris en compte dans le réseau secondaire de Salazie et non présentés dans ce rapport (cf. rapport BRGM/RP-52938-FR).

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	6
2. DÉROULEMENT DES TRAVAUX	7
3. LA MÉTHODE DE POSITIONNEMENT GPS	7
4. PRÉSENTATION DU RÉFÉRENTIEL	8
4.1. Présentation du réseau primaire	8
4.2. Le réseau du cirque de Salazie	10
4.3. Le réseau du cirque de Cilaos	14
4.4. Le réseau du cirque de Mafate	18
5. CONCLUSION	21

Liste des illustrations

FIGURES

Figure 1 : Localisation du réseau primaire sur fond IGN 1/100 000	9
Figure 2 : Localisation des bornes du réseau de Salazie	12
Figure 3 : Localisation des bornes du cirque de Cilaos	16
Figure 4 : Localisation des bornes du cirque de Mafate	19

TABLEAUX

Tableau 1 : Ecart des positions des bornes Ign de 1992 à 2003	10
Tableau 2 : Description des bornes du cirque de Salazie.....	11
Tableau 3 : Réseau de Salazie. Ecart observé entre les campagnes d'août septembre et novembre 2003/décembre 2003	13
Tableau 4 : Ecart des valeurs de position des bornes Ign de 1992 à 2003.....	14
Tableau 5 : Description des bornes du cirque de Cilaos.....	15
Tableau 6 : Ecart mesuré entre septembre 2003 et décembre 2003 sur le réseau de Cilaos.....	17
Tableau 7 : Ecart entre les mesures de 1992 et 2003	18
Tableau 8 : Description des bornes du réseau de Mafate	20
Tableau 9 : Ecart des mesures entre octobre 2003 et décembre 2003.....	20

Liste des annexes

Annexe 1 : Cahier des charges de la construction des bornes	
Annexe 2 : Cahier des charges des levés géodésiques par méthode GPS22	
Annexe 3 : Différents types de points de contrôle topométrique	
Annexe 4 : Coordonnées des points du réseau de Salazie dans le système WGS 84	
Annexe 5 : Coordonnées des points du réseau de Cilaos dans le système WGS 84	
Annexe 6 : Coordonnées des points du réseau de Mafate dans le système WGS 84	

2 titres ≠ pour le n° 1
c'est voilà ce que j'ai trouvé comme relation!

11/10/2012 1 notice(s)

Présentation du référentiel géodésique des cirques des massifs du Piton des neiges. Campagne de mesure GPS 2003. / CRUCHET.M.

Présentation du référentiel géodésique des cirques des massifs du Piton des neiges. Campagne de mesure GPS 2003. [rapport] / CRUCHET.M.; DEPARTEMENT REUNION, Commanditaire; REGION REUNION, Commanditaire. - Orléans : BRGM, [s.d.].

BRGM/RP-52937-FR.

Exemplaires:

No.	Cote	Localisation	Section	Statut	Support
35000000947167	RP-52937-FR	Site Régional	SGR REU	Normal Disponible	Documents imprimés
		Implantation d'un référentiel géodésique dans les cirques - Présentation du réseau			
35000000947225	RP-52937-FR	Site Régional	SGR REU	Normal Disponible	Documents imprimés
		Suivi des déformations des remparts de la Réunion - Présentation des dispositifs du Maïdo et de Mahavel			

1. Introduction

Dans le cadre d'intervention C5.03 du DOCUP (soutenir la recherche et le développement sur les phénomènes de risques naturels), le BRGM s'est engagé dans la réalisation d'un programme de recherche sur les mouvements de terrain de grande ampleur dans les cirques et les grandes ravines à La Réunion.

Ce programme bénéficie du soutien financier du FEDER (Union Européenne, du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, de la Région Réunion, du Département de la Réunion) et du BRGM sur sa dotation de recherche.

Le volet 2 du programme prévoit la mis en place d'un référentiel géodésique dans les cirques et la réalisation de mesure de positionnement par GPS.

Le but des mesures est de détecter d'éventuels mouvements, qu'ils soient planimétriques ou altimétriques, des plateaux constituant les cirques.

Le référentiel géodésique présenté dans ce rapport comprend :

- un réseau primaire ou réseau de premier ordre ;
- 3 réseaux secondaires, un dans chaque cirque : Salazie, Cilaos, Mafate.

D'autres points ont été disposés sur deux glissements de grande ampleur dans le cirque de Salazie et sont considérés comme des réseaux tertiaires, non présentés dans ce rapport (cf. rapport BRGM/RP-52938-FR).

2. Déroulement des travaux

La mise en place du réseau géodésique s'est déroulée en plusieurs étapes :

Etape 1 – Etablissement des cahiers des charges pour la construction de bornes et la réalisation de mesures de positionnement ;

Etape 2 – Reconnaissance de terrain et pose des bornes ;

Etape 3 – Réalisation des campagnes de mesures de positionnement.

Les cahiers des charges établis pour les consultations sont joints en annexes 1 et 2.

Les travaux de construction et de pose de bornes ont été confiés à l'Entreprise Hydrokarst.

Les travaux de géodésie ont été confiés au Cabinet Talibart et ont fait l'objet de deux campagnes de mesures au cours du 2nd semestre 2003.

3. La méthode de positionnement GPS

Les mesures ont été faites en " statique-rapide ", avec au minimum deux observations menées à des moments différents (ceci afin d'obtenir une géométrie des satellites nouvelle à chaque mesure pour un même point), en assurant un facteur de précision (GDOP) inférieur ou égal à 4.

Les coordonnées de ces points sont alors calculées dans le système WGS 84 à l'aide du logiciel SKI PRO de Leica. Les écarts pour une même valeur sont analysés. Les résultats sont moyennés.

Trois types de coordonnées peuvent alors être fournis pour un même point :

- a) les coordonnées latitude, longitude et hauteur (géodésique en WGS 84) ;
- b) les coordonnées x, y, z, (tridimensionnelles en WGS 84) ;
- c) les coordonnées x, y, z, Gauss Laborde (planes).

En ce qui concerne ces dernières coordonnées, celles-ci sont obtenues à partir des coordonnées WGS 84 auxquelles on applique une transformation locale par cirque. Celles-ci ont surtout pour but de rendre les valeurs plus explicites.

Les transformations retenues reposent toutes sur le traitement séparé de l'altimétrie et de la planimétrie, combinant ainsi des points IGN connus dans les deux systèmes de coordonnées (transformation type Helmert).

4. Présentation du référentiel

Le référentiel géodésique se compose d'un réseau dit primaire ou de premier ordre et d'un réseau secondaire de second ordre.

4.1. PRESENTATION DU RESEAU PRIMAIRE

Le réseau primaire comprend 8 points répartis sur le massif du Piton des Neiges. Ces points sont définis par rapport à la borne Ign située à l'Observatoire Volcanologique de la Plaine des Cafres (figure 1).

Les coordonnées des points en WGS 84 sont fournis dans le tableau ci-après.

	Lieu	N° borne	Coordonnées dans le système WGS 84
Plaine des Cafres	Observatoire volcanologique	974 2208	<i>latitude</i> : 21° 12' 29" 6822 <i>longitude</i> : 55° 34' 18" 3080 <i>hauteur</i> : 1557.683 (données IGN - 1992)
Salazie	Mare à Vieille Place	RES 01	<i>latitude</i> : 21° 01' 44" .08359 <i>longitude</i> : 55° 30' 13" .99220 <i>hauteur</i> : 903.1952 (mesure de septembre 2003)
Salazie	Mairie d'Hell-Bourg	Sa 16	<i>latitude</i> : 21° 3' 52" .43277 <i>longitude</i> : 55° 31' 15" .52582 <i>hauteur</i> : 942.9230 (mesure de septembre 2003)
Cilaos	Antenne SFR	Ci sfr	<i>latitude</i> : 21° 08' 22" .55667 <i>longitude</i> : 55° 28' 30" .00127 <i>hauteur</i> : 1235.7308 (mesure de novembre 2003)
Mafate	La Nouvelle ONF	Ma1	<i>latitude</i> : 21° 04' 36" .04002 <i>longitude</i> : 55° 25' 24" .29442 <i>hauteur</i> : 1426.6928 (mesure de décembre 2003)
Maïdo	La Vierge	Md1	<i>latitude</i> : 21° 04' 44" .18193 <i>longitude</i> : 55° 23' 17" .77321 <i>hauteur</i> : 2258.8452 (mesure de décembre 2003)
Belouve (Salazie)	Gîte de Bélouve	Be1	<i>latitude</i> : 21° 03' 38" .02338 <i>longitude</i> : 55° 32' 11" .68406 <i>hauteur</i> : 1509.8439 (mesure de septembre 2003)
Volcan	Rempart de Mahavel	Mh1	<i>latitude</i> : 21° 14' 38" .02333 <i>longitude</i> : 55° 39' 03" .93900 <i>hauteur</i> : 2359.5711 (mesure de novembre 2003)

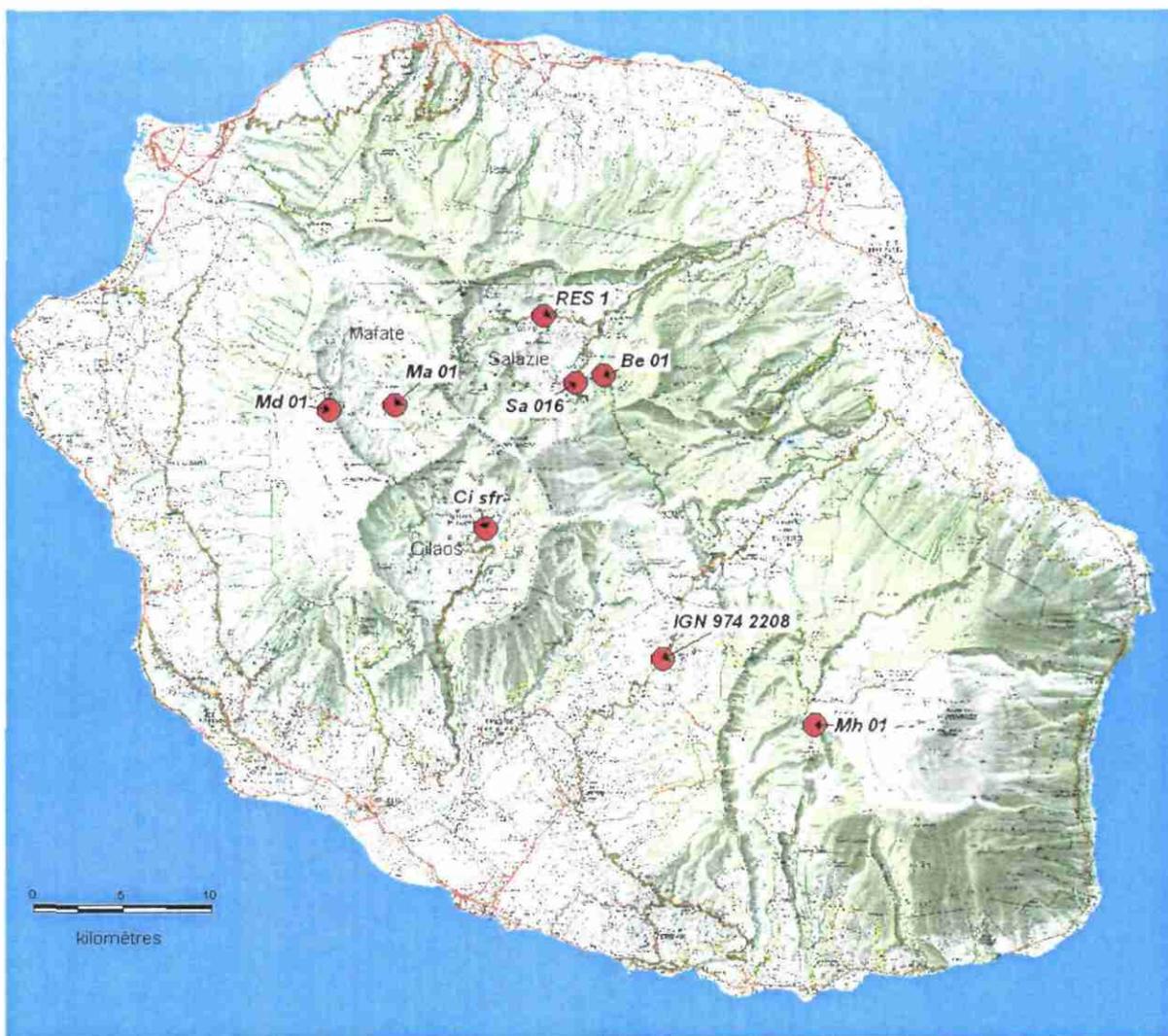


Figure 1 : Localisation du réseau primaire sur fond IGN 1/100 000

4.2. LE RESEAU DU CIRQUE DE SALAZIE

Le réseau comprend 43 points répartis dans le cirque (tableau 1).

Le réseau est constitué de points de différente nature (cf. annexe 3). Ce sont :

- 3 bornes IGN¹ ;
- 31 bornes Mvterre mises en place dans le cadre du projet ;
- 9 points matérialisés par des repères en laiton.

Les campagnes des mesures de positionnement ont eu lieu aux périodes suivantes :

- du 20 août au 17 septembre 2003
(le réseau primaire ayant été observé les 22 et 23 septembre 03).
Les points ont été immatriculés : sa 0i.03 : ' i ' étant le numéro du point et ' 3 ' l'indice des observations.

- du 10 décembre au 23 décembre 2003
Tous les points du réseau secondaire ont été réitérés ainsi que les points du réseau primaire. Matricule des points : sa 0i.05

Les variations observées au cours de ces deux campagnes sont affichées dans le tableau 3. Des écarts ont été obtenus mais restent dans le domaine des incertitudes des mesures GPS (+/- 2 cm). Ces premières tendances devront être confirmées par de nouvelles campagnes de positionnement espacées dans le temps au cours de l'année 2004.

Les coordonnées des bornes IGN ont été comparées à celle de l'ign de 1992. Des écarts significatifs, de 36,9 cm et 74,6 cm en planimétrie, apparaissent pour les 2 bornes 2103 et 2107, toutes deux situées sur des zones de mouvements avérés et connus. Les mesures des 3 autres bornes (2102, 2104, 2105) donnent des écarts similaires respectivement de 9,6 cm, 8,3 cm et 7 cm selon un azimuth compris entre 123° et 135 °. Les écarts altimétriques sont différents - 3 cm , - 4 cm et 8 cm pour Mare à Vieille Place.

Ces écarts sont significatifs et devront être confrontés aux mesures effectuées sur le réseau primaire, en particulier sur celle du pivot RES 01 qui a servi de point de référence à toutes les mesures du réseau secondaire de Salazie.

N° de Points	Localisation	Distance ellipsoïdique (m)	Différence altimétrique ellipsoïdique (m)	Azimuth géodésique
<i>Ign 2102</i>	Piton Marmite	0,096	- 0,030	123° 24
<i>Ign 2103</i>	Le Bélier	0,369	- 0,043	91° 43
<i>Ign 2104</i>	Mare à Martin	0,083	0,032	130° 50
<i>Ign 2105</i>	Mare à V. Place	0,070	0,080	135° 30
<i>Ign 2107</i>	Ilet à vidot	0,746	- 0,446	18° 03

Tableau 1 : Ecarts des positions des bornes Ign de 1992 à 2003

¹ Les bornes 2103 et 2107 sont intégrées dans les réseaux tertiaires des mouvements de grande ampleur de Grand ilet et d'Hell-Bourg.

N° de Points	Type de borne	Localisation
Sa 10	Repère laiton	Plateau nord du village de Mare à Poule d'Eau
Sa 11	Borne Mvterre	Plateau nord du village de Mare à Poule d'Eau
Sa 26	Repère laiton	Plateau Fleurs Jaune
Sa 27	Borne Mvterre	Plateau Fleurs Jaunes
Sa 28	Repère laiton	Mare à Goyave
Sa 29	Repère laiton	Mare à Goyave
Sa 30	Borne Mvterre	Mare à Goyave
Sa 31	Borne Mvterre	Mare à Goyave
Sa 33	Repère laiton	Mare à Goyave
Sa 34	Borne Mvterre	Rond point du collège de Mare à Citrons
Sa 35	Borne Mvterre	Mare à Citrons - Bordure Nord
Sa 36	Borne Mvterre	Chemin Filature
Sa 37	Borne Mvterre	Mare à Citrons – Bordure Est
Sa 38	Borne Mvterre	La Croix – Mare à Citrons
Sa 39	Borne Mvterre	Mare à Citrons sud
Sa 40	Borne Mvterre	Mare Virapa
Sa 41	Borne Mvterre	Mare à Citrons – Bordure sud ouest
Sa 42	Borne Mvterre	Sud Piton Gabou
Sa 43	Borne Mvterre	Mare à Citrons – Le Radier
Sa 44	Borne Mvterre	Mare à Citrons – Village
Sa 45	Borne Mvterre	Pente Carozin
Sa 46	Repère laiton	Mare d'Affouche
Sa 48	Repère laiton	Mare d'Affouche
Sa 68	Borne Mvterre	Mathurin
Sa 69	Borne Mvterre	Mathurin
Sa 70	Borne Mvterre	Mathurin
Sa 71	Borne Mvterre	Mairie de Mare à Martin
Sa 72	Borne Mvterre	Mare à Martin - Est
Sa 73	Borne Mvterre	Elevage d'Ilet Roche à Jacquot
Sa 75	Repère laiton	Camp Pierrot
Sa 76	Borne Mvterre	Camp Pierrot
Sa 77	Borne Mvterre	Le Bélier
Sa 78	Borne Mvterre	Le Bélier
Sa 84	Borne Mvterre	Mare d'Affouche - Ecole
Sa 85	Borne Mvterre	Mare d'Affouche - Col
Sa 86	Borne Mvterre	Mare d'Affouche - Terrain Elisabeth
Sa 87	Borne Mvterre	Mare d'Affouche – chemin Elisabeth
Sa 88	Borne Mvterre	Ilet à Vidot – Parking
Sa 89	Borne Mvterre	Roche Plate – R.D. 52
Sa 90	Repère laiton	Le Bélier - Réservoir d'Eau
Ign 2102	Borne IGN	Piton Marmite
Ign 2104	Borne IGN	Mare à Martin
Ign 2105	Borne IGN	Mare à Vieille Place

Tableau 2 : Description des bornes du cirque de Salazie

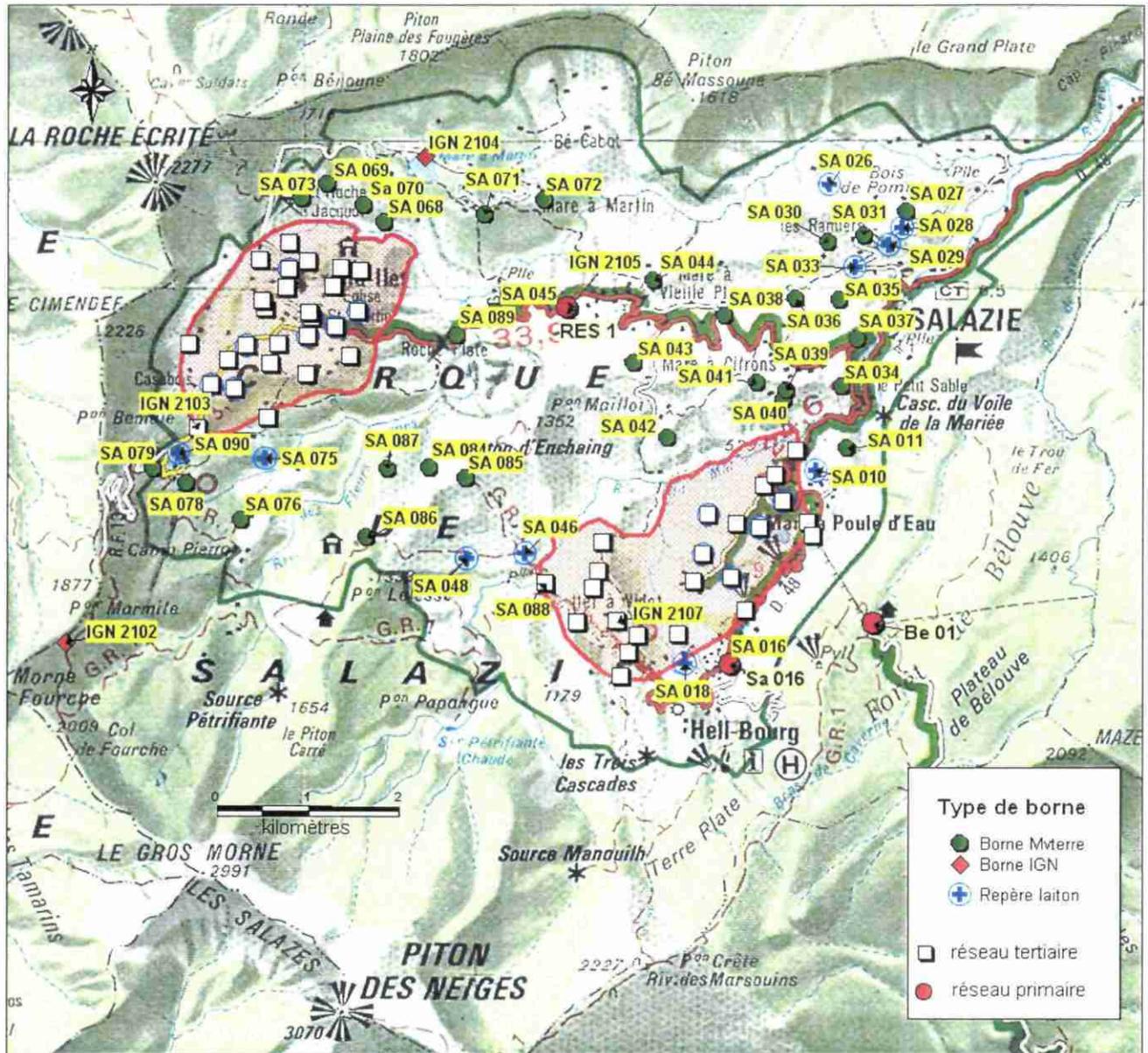


Figure 2 : Localisation des bornes du réseau de Salazie sur fond IGN 1/100 000

N° de Points	Distance ellipsoïdique (cm)	Différence altimétrique ellipsoïdique (cm)	Azimut géodésique
Sa 10	1,7	3,0	70° 46'
Sa 11	0,9	0,5	88° 05'
Sa 12	0,9	- 3,0	108° 17'
Sa 30	2,1	0,3	13° 57'
Sa 31	1,5	- 0,8	69° 43'
Sa 33	1,9	- 0,6	77° 36'
Sa 34	2,1	1,9	55° 18'
Sa 35	1,9	1,1	96° 20'
Sa 36	2,0	0,9	120° 47'
Sa 37	0,7	1,3	90° 00'
Sa 38	0,9	- 2,0	95° 53'
Sa 39	2,9	- 2,1	89° 23'
Sa 40	1,3	- 2,8	131° 25'
Sa 41	1,3	2,1	42° 15'
Sa 42	2,3	- 0,0	99° 04'
Sa 43	1,6	1,1	122° 57'
Sa 44	0,9	- 0,2	78° 21'
Sa 45	1,7	- 0,3	145° 27'
Sa 46	5,5	4,6	42° 05'
Sa 48	1,2	- 5,3	214° 19'
Sa 68	1,7	1,1	47° 29'
Sa 69	2,9	- 4,1	135° 58'
Sa 70	1,9	- 2,8	153° 39'
Sa 71	1,9	- 0,4	56° 09'
Sa 72	2,1	- 0,3	43° 11'
Sa 73	1,3	- 3,8	52° 44'
Sa 75	2,2	0,3	127° 32'
Sa 76	1,4	- 1,9	73° 34'
Sa 77	2,7	- 2,9	85° 24'
Sa 78	1,9	- 4,2	90° 56'
Sa 84	1,2	- 1,7	105° 16'
Sa 85	0,6	- 2,9	185° 38'
Sa 86	1,4	- 0,9	114° 01'
Sa 87	1,4	- 1,2	115° 50'
Sa 88	3,3	0,3	45° 46'
Sa 89	1,6	0,4	150° 36'
Sa 90	0,5	- 3,1	76° 40'
Sa 26	1,5	- 0,4	86° 33'
Sa 27	2,0	0,2	76° 57'
Sa 28	2,4	0,2	56° 11'
Sa 29	1,6	- 1,4	110° 14'
Ign 2102	2,9	0,4	356° 32'
Ign 2103	1,8	- 2,2	87° 60'
Ign 2104	1,1	0,0	18° 51'

Tableau 3 : Réseau de Salazie. Ecart observés entre les campagnes d'août septembre-novembre 2003 et décembre 2003

4.3. LE RESEAU DU CIRQUE DE CILAOS :

Le réseau de Cilaos comprend 36 points dont :

- 30 bornes Mvterre mises en place pour le projet ;
- 2 points matérialisés par des repères en laiton ;
- 4 bornes Ign.

Le pivot de référence est situé à Cilaos, dans l'enclos de l'antenne sfr, vers les Trois Mares. La position de la borne a été calculée par rapport à la borne IGN 974 2207 de Bois Court, sur la commune du Tampon (figure 1).

Tous les points du cirque ont été mesurés par rapport au pivot central, à deux reprises au cours du second semestre 2003 :

- du 24 septembre au 9 octobre 2003

Les points ont été immatriculés ci 0i.03

- du 20 novembre au 4 décembre 2003

Les points ont été immatriculés ci 0i.04

Les coordonnées des points du réseau sont rassemblés en annexe 3 (coordonnées dans le système WGS 84 et Gauss Laborde.

Les écarts mesurés d'une campagne à l'autre sont rassemblés dans le tableau

N° de Points	Secteur	Distance ellipsoïdique (cm)	Différence altimétrique ellipsoïdique (cm)	Azimet géodésique
Ign 2401	Ilet à Cordes	6,0	4,1	139° 39
Ign 2402	Les Thermes	7,2	8,9	108° 56
Ign 2403	Bras Sec	3,7	1,0	209° 31
Ign 2404	Peter Both	7,2	7,2	107° 20

Tableau 4 : Ecart des valeurs de position des bornes Ign de 1992 à 2003

N° de Points	Type de borne	Localisation
SFR	Borne Mvterre	Les Trois Mares - Cilaos (antenne sfr)
Ci 1	Borne Mvterre	Les Bras des Etangs - Cilaos
Ci 2	Borne Mvterre	Mare Sèche - Cilaos (entrée déchetterie)
Ci 3	Borne Mvterre	Les Trois Mares - Cilaos
Ci 4	Borne Mvterre	Mare à Joncs - Ville de Cilaos
Ci 5	Borne Mvterre	Mare Sèche - Ecole
Ci 6	Borne Mvterre	Mare Sèche - Eglise
Ci 7	Borne Mvterre	La Plate-forme – Pointe sud
Ci 8	Borne Mvterre	Ilet Gueule Rouge – accotement route
Ci 9	Borne Mvterre	Cap Sylvestre– accotement route
Ci 10	Borne Mvterre	Bras Sec – La pointe
Ci 11	Borne Mvterre	Ilet à Cordes – Ecole d'Ilet à Cordes
Ci 12	Borne Mvterre	Ilet à Cordes - Fond de la Cour
Ci 13	Borne Mvterre	Ilet à Cordes – Plateau Terres Fines
Ci 14	Borne Mvterre	Eglise de Cilaos
Ci 15	Borne Mvterre	Bras Sec - Ecole
Ci 16	Borne Mvterre	RD 243 – Cilaos
Ci 17	Borne Mvterre	La Plate-forme
Ci 18	Borne Mvterre	La Plate-forme – Accotement de la R.N. 5
Ci 19	Borne Mvterre	Cimetière - Cilaos
Ci 20	Borne Mvterre	Palmiste Rouge - pointe sud
Ci 21	Borne Mvterre	Ilet à Calebasse
Ci 22	Borne Mvterre	Palmiste Rouge - RD 241
Ci 23	Borne Mvterre	Route de Gros Galets
Ci 24	Borne Mvterre	Palmiste Rouge - Terrain de sport
Ci 25	Borne Mvterre	Berge du Bras de Benjoin - RN 5
Ci 26	Borne Mvterre	Route forestière de Bras Sec - Accotement
Ci 27	Borne Mvterre	Route forestière de Bras Sec - Accotement
Ci 28	Borne Mvterre	Route forestière de Bras Sec - Accotement
Ci 29	Borne Mvterre	RD 242 - Bonnet Carré
Ci 30	Borne Mvterre	R.D. 242 - Ilet Bois Rouge
Ci 31	Repère laiton	La Roche Merveilleuse
Ci 32	Repère laiton	Rampe des Thermes
Ign 2401	Borne Ign	Cilaos – Hôtel des Thermes
Ign 2402	Borne Ign	Ilet à Cordes – Réservoir d'Eau
Ign 2403	Borne Ign	La Mare d'Affouche.
Ign 2404	Borne Ign	Peter Both

Tableau 5 : Description des bornes du cirque de Cilaos

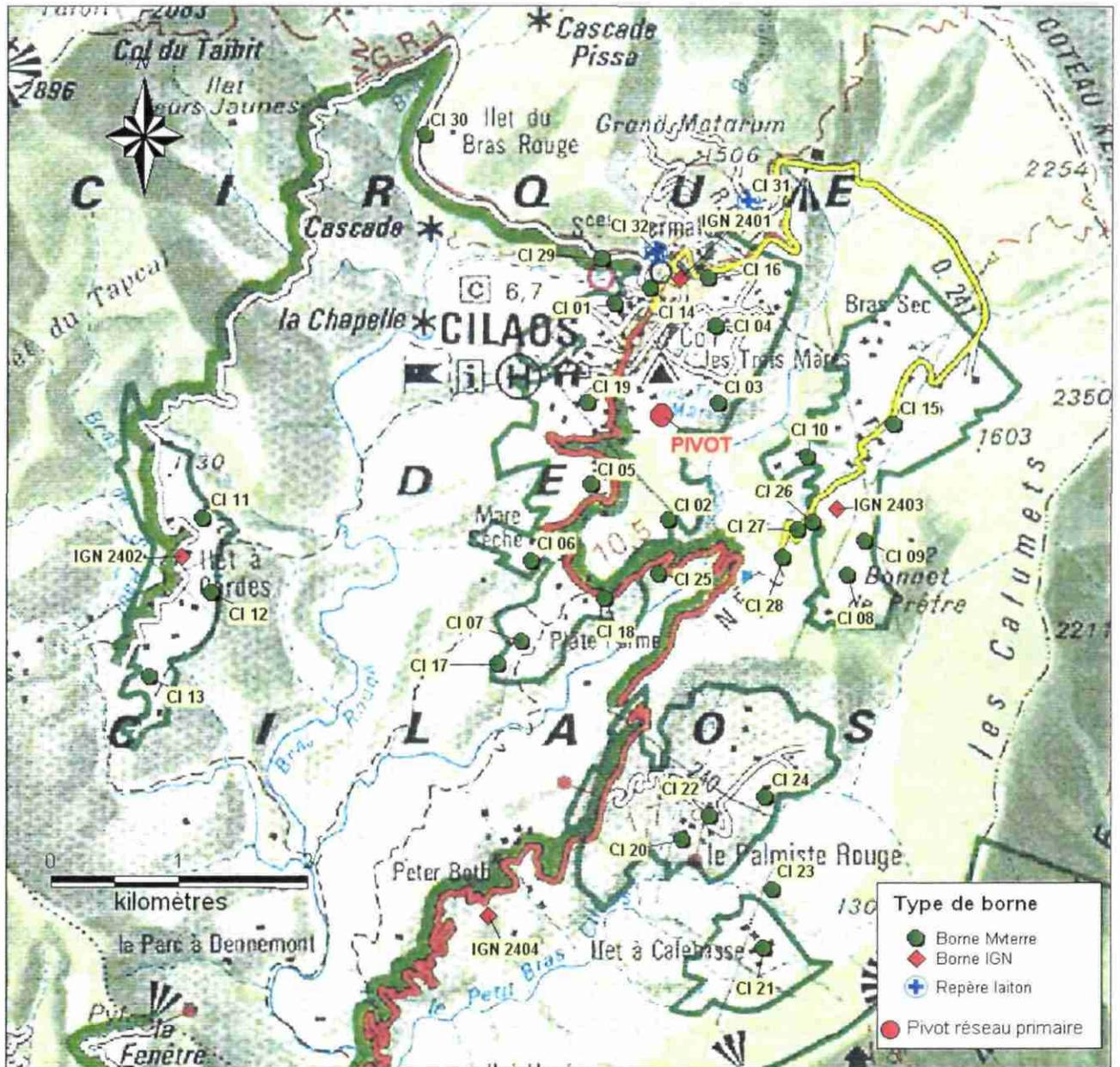


Figure 3 : Localisation des bornes du cirque de Cilaos sur fond IGN 1/100 000

N° de Points	Distance ellipsoïdique (cm)	Différence altimétrique ellipsoïdique (cm)	Azimut géodésique
<i>Ign 2207</i>	1,1	- 0,4	
<i>SFR</i>	1,9	0,1	171° 59
<i>Ci 1</i>	2,4	1,3	224° 11
<i>Ci 2</i>	1,6	- 1,3	132° 18
<i>Ci 3</i>	1,9	- 0,3	166° 35
<i>Ci 4</i>	2,9	0,5	192° 18
<i>Ci 5</i>	0,9	1,2	219° 00
<i>Ci 6</i>	1,5	0,0	207° 05
<i>Ci 7</i>	2,1	- 2,9	216° 45
<i>Ci 8</i>	1,1	- 2,1	246° 18
<i>Ci 9</i>	2,1	2,9	213° 21
<i>Ci 10</i>	3,0	1,1	184° 20
<i>Ci 11</i>	2,9	1,4	129° 42
<i>Ci 12</i>	2,4	0,8	128° 47
<i>Ci 13</i>	3,6	- 0,5	115° 00
<i>Ci 14</i>	2,4	- 0,1	217° 45
<i>Ci 15</i>	2,4	0,2	175° 49
<i>Ci 16</i>	2,7	2,2	211° 30
<i>Ci 17</i>	2,3	0,5	208° 44
<i>Ci 18</i>	1,5	- 1,4	80° 41
<i>Ci 19</i>	1,6	- 1,7	226° 16
<i>Ci 20</i>	2,2	3,1	173° 58
<i>Ci 21</i>	1,0	- 2,8	303° 29
<i>Ci 22</i>	1,2	1,5	189° 33
<i>Ci 23</i>	0,9	- 2,0	250° 26
<i>Ci 24</i>	0,7	- 1,9	161° 55
<i>Ci 25</i>	0,8	0,6	186° 10
<i>Ci 26</i>	2,0	0,6	196° 12
<i>Ci 27</i>	- 0,7	- 0,4	313° 27
<i>Ci 28</i>	3,8	0,3	162° 13
<i>Ci 29</i>	3,2	1,8	183° 04
<i>Ci 30</i>	2,4	- 1,5	192° 22
<i>Ci 31</i>	2,2	- 0,7	198° 04
<i>Ci 32</i>	2,1	- 1,3	162° 22
<i>Ign 2401</i>	1,5	0,7	186° 49
<i>Ign 2402</i>	2,7	- 0,5	135° 56
<i>Ign 2403</i>	3,5	- 0,9	219° 22
<i>Ign 2404</i>	2,0	- 0,3	136° 50

Tableau 6 : Ecart mesurés entre septembre 2003 et décembre 2003 sur le réseau de Cilaos

4.4. LE RESEAU DU CIRQUE DE MAFATE :

Le réseau secondaire du cirque de Mafate comprend 14 bornes dont :

- 12 bornes Mvterre mises en place dans le cadre du projet dont une sert de pivot de référence (borne Ma 01);
- 2 bornes IGN.

Il est prévu de compléter le réseau sur le secteur de Grand place et d'intégrer les 2 bornes Ign d'Aurère (*Ign 08 12*) et de Grand Place (*Ign 08 13*).

Deux campagnes de mesures ont été effectuées sur le réseau de Mafate, aux périodes suivantes :

- du 13 octobre au 15 octobre 2003

Les points ont été immatriculés ma i.03

- du 15 décembre au 17 décembre

Les points du cirque ont été réitérés et le vecteur Maïdo- borne Ma 01 a été mesuré.

Le point Maïdo a fait l'objet de 2 jours d'observation le 09/12 et le 27/12/03.

Les points ont été immatriculés ma i.05

Les écarts mesurés entre les deux campagnes sont reportés dans le tableau 9. Les valeurs sont dans le domaine des incertitudes des mesures de +/-2 cm. Les tendances constatées devront être validées par d'autres campagnes de mesure.

N° de Points	Distance ellipsoïdique (cm)	Différence altimétrique ellipsoïdique (cm)	Azimut géodésique
<i>Ign814.03</i>	7,4	- 2,4	142° 10'
<i>Ign814.05</i>	7,4	- 1,3	140° 15'
<i>Ign1518.03</i>	5,8	- 3,9	150° 46'
<i>Ign1518.05</i>	6,2	- 3,7	146° 42'

Tableau 7 : Ecart entre les mesures de 1992 et 2003 sur les deux bornes Ign de Mafate

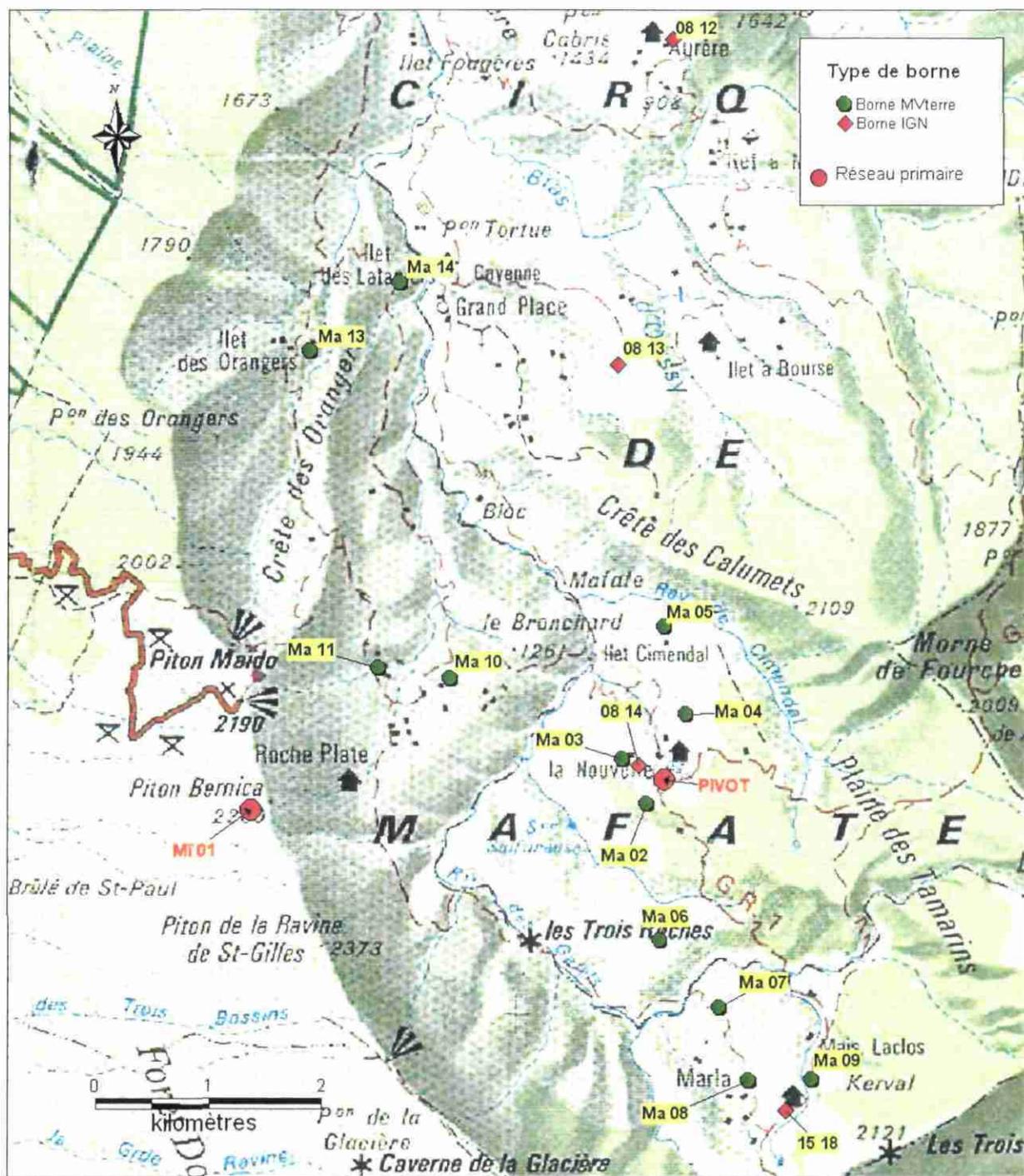


Figure 4: Localisation des bornes du cirque de Mafate sur fond IGN 1/100 000

N° de Points	Type de borne	Localisation
Ma 2	Borne Mvterre	La Nouvelle
Ma 3	Borne Mvterre	La Nouvelle
Ma 4	Borne Mvterre	La Nouvelle
Ma 5	Borne Mvterre	Ilet Cimendal
Ma 6	Borne Mvterre	Plaine des Sables
Ma 7	Borne Mvterre	Marla
Ma 8	Borne Mvterre	Marla
Ma 9	Borne Mvterre	Marla
Ma 10	Borne Mvterre	Roche Plate Est
Ma 11	Borne Mvterre	Roche Plate Ouest
Ma 13	Borne Mvterre	Les Orangers
Ma 14	Borne Mvterre	Cayenne
Ign 08 14	Borne Ign	La Nouvelle
Ign 15 18	Borne Ign	Marla

Tableau 8 : Description des bornes du réseau de Mafate

N° de Points	Distance ellipsoïdique (m)	Différence altimétrique ellipsoïdique (m)	Azimut géodésique
2	1,1	0,3	185° 57'
3	1,8	0,7	263° 02'
4	1,2	- 4,6	16° 30'
5	0,4	0,2	160° 09'
6	1,2	0,8	252° 40'
7	1,1	- 2,6	334° 09'
8	4,2	2,0	203° 53'
9	1,2	- 4,5	87° 01'
10	1,3	1,6	250° 02'
11	3,4	4,7	182° 26'
Ign 814	0,3	1,0	33° 50'
Ign 1518	0,6	0,2	102° 02'

Tableau 9 : Ecart des mesures entre octobre 2003 et décembre 2003

5. CONCLUSION

Le référentiel des cirques du massif du Piton des Neiges est opérationnel depuis 2003. Les deux premières campagnes de mesures de positionnement GPS ont permis d'établir un point « 0 » ou état de référence à partir duquel il sera aisé de déceler ou non l'existence de mouvement de terrain.

Ces réseaux seront complétés en 2004 pour équiper les secteurs non pourvus de bornes (secteurs de Grand Place dans le cirque de Mafate, de Bé Cabot dans le cirque de Salazie, ..).

Par ailleurs, en fonction des mouvements détectés, et des observations effectuées dans le cadre du levé de la carte géologique, le réseau pourra être localement densifié.

Des écarts sont apparus au niveau du réseau de bornes de l'Ign implantées en 1992, il y a plus de 10 ans. Ces points devront être à nouveau contrôlés afin de confirmer les écarts obtenus.

D'une manière générale, les variations observées entre les deux premières séries de mesures, relativement rapprochées dans le temps, sont pour le moment de faible amplitude.

De nouvelles campagnes de mesures, étalées dans le temps, seront nécessaires pour appréhender les déformations affectant les plateaux des cirques

Annexes

Annexe 1 : Cahier des charges de la construction des bornes

Annexe 2 : cahier des charges des levés géodésiques par méthode GPS

Annexe 3 : Différents types de points de contrôle topométrique

Annexe 4 : Coordonnées des points du réseau de Salazie dans le système WGS 84

Annexe 5 : Coordonnées des points du réseau de Cilaos dans le système WGS 84

Annexe 6 : Coordonnées des points du réseau de Mafate dans le système WGS 84.

Annexe 1 :

Cahier des charges de la construction des bornes

PROJET DE RECHERCHE :

*LES MOUVEMENTS DE TERRAIN
DE GRANDE AMPLEUR
DANS LES CIRQUES ET LES GRANDES RAVINES
DE LA REUNION*

CONSTRUCTION DE BORNES GEODESIQUES

CAHIER DES CHARGES

Année 2002

Juin 2002



1 Présentation du projet

Dans le cadre du projet de recherche sur les mouvements de terrain de grande ampleur dans les cirques et les grandes ravines de La Réunion (projet BRGM -MVTERRE 2002-2006), nous avons prévu la mise en place d'un réseau de bornes géodésiques dans les trois cirques dans le but de détecter les zones en mouvement.

Les bornes seront implantées dans les zones à forts enjeux ou dans des secteurs potentiellement instables (réseau secondaire et tertiaire). Quelques bornes seront implantées en dehors des cirques (réseau primaire).

2 Prestations demandées

Les prestations consisteront à construire ces bornes et à les mettre en place. Les bornes devront être stables et solidement ancrées dans le sol.

Caractéristiques géométriques des bornes

Toutes les bornes seront identiques. Elles auront une forme parallélépipédique.

Les dimensions souhaitées sont 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m.

Un repère inoxydable sera implanté sur la face supérieure de la borne (type repère laiton de géomètre).

La face supérieure de la borne sera très légèrement bombée ou rainurée pour éviter la stagnation d'eau.

Les angles supérieurs de la borne seront chanfreinés.

Constitution

Ces bornes pourront être conçues in-situ ou préfabriquées et portées sur le site. Elles seront fabriquées avec du béton ou avec une matière de résistance équivalente.

L'entreprise choisira sa méthode de fabrication (préfabrication, moulage sur place, ou solution mixte).

Pose des bornes

Elles seront scellées au terrain en place dans le cas de terrain compact. La terre végétale et les parties de sol lâches auront été préalablement décapées.

Dans les zones à sol meuble, les bornes seront prises dans un socle maçonné.

La partie supérieure de la borne devra avoir une hauteur hors-sol (hauteur au-dessus du terrain naturel) de 15 cm minimum

3 Localisation des bornes

Il est prévu de mettre en place 132 bornes dont 100 sont situées et regroupées dans des zones accessibles des cirques (à proximité de pistes carrossables) et 32 dans des zones accessibles à pied ou éloignées (cirque de Mafate par exemple).

Le réseau de bornes est représenté sur le plan joint en annexe.

	Nombre de bornes (estimation)	Site accessible	Site inaccessible
Cirque de Salazie	75	70	5
Cirque de Cilaos	30	25	5
Cirque de Mafate	20	-	20
En dehors des cirques	7	7	-

4 Délais de réalisation

Les bornes devront être réalisées durant la période d'août à octobre 2002.

5 Prix des bornes.

Deux prix sont distingués, en fonction des contraintes d'accès aux sites.

Prix de la borne en € HT		Nombre de bornes (estimation)
Prix 1	Site accessible	100 bornes
Prix 2	Site incassible	32 bornes

Le prix unitaire englobe les coûts des prestations suivantes :

- la participation à une reconnaissance préalable du site dans le cadre de l'implantation de la borne ;
- la fabrication de la borne ;
- la réalisation de la fouille de pose (décapage de la terre végétale et compactage du sol) ;
- le scellement de la borne au terrain en place y compris la mise en place d'un socle maçonné dans le cas de terrain meuble ;
- la réception de la borne avant recouvrement de l'assise par la terre végétale.

6 Critères de jugement des offres

Ces critères sont les suivants :

- prix de la borne mise en place ;
- garanties apportées quant à la qualité des prestations ;
- références de l'entreprise ;
- délais d'exécution des prestations ;
- suggestions techniques de l'entreprise.

7 Remise des offres

Les propositions techniques et financières devront être adressées au BRGM avant le 04 juillet 2002 à l'adresse ci-dessous :

**BRGM
B.P. 906
5, rue Sainte-Anne
97 478 Saint-Denis cedex**

**Téléphone : 0262 21 22 14
Fax : 0692 21 86 96**

8 Pièce jointe

Plan du réseau géodésique.

Annexe 2 :

**Cahier des charges des levés géodésiques par
méthode GPS**

PROJET DE RECHERCHE :

**LES MOUVEMENTS DE TERRAIN
DE GRANDE AMPLEUR
DANS LES CIRQUES ET LES GRANDES RAVINES
DE LA REUNION**

*Mise en place d'un réseau
de points de contrôle topométrique (GPS)
dans les 3 cirques du massif du Piton des Neiges*

CAHIER DES CHARGES

Année 2002

Juin 2002



1 Présentation du projet

Dans le cadre du projet de recherche sur les mouvements de terrain de grande ampleur dans les cirques et les grandes ravines de La Réunion (projet MVTERRE 2002-2006), nous avons prévu la mise en place d'un réseau de bornes géodésiques dans les trois cirques de La Réunion dans le but de détecter les zones en mouvement.

En effet, des mesures de positionnement par la méthode GPS, effectuées depuis 1995 sur des zones actives des cirques de Salazie et de Cilaos, ont permis de délimiter ces zones actives et de mesurer les vitesses de déplacement des terrains (vitesses variant de quelques centimètres à plusieurs décimètres par an). Sur d'autres secteurs des cirques, les mesures de positionnement ont confirmé la relative stabilité des plateaux.

2 Prestations demandées

Les prestations consisteront à effectuer des mesures de positionnement par la méthode GPS dite « statique-rapide », sur un réseau de bornes réparties dans les trois cirques au cours de l'année 2002.

Ce réseau peut être décomposé en 3 réseaux distincts décrits ci-après et représentés sur les plans annexés à ce cahier des charges.

- **Le réseau primaire :**

Il comprendra 9 points calés par rapport au point IGN de l'observatoire volcanologique :

3 points en dehors des cirques :

3 pivots dans chacun des cirques ;

3 autres points de contrôle dans les cirques (non définis à ce jour)

- **Les réseaux secondaires (1 par cirque)**

Ce réseau comprendra une centaine de points répartis dans les 3 cirques comme suit :

Réseaux	Nombre de points
Cirque de Salazie	44 points
Cirque de Cilaos	36 points
Cirque de Mafate	20 points

- **Les réseaux tertiaires**

Ils seront implantés sur les glissements de grande ampleur d'Hell-Bourg et de Grand-Ilet

Réseaux	Nombre de points
Glissement de Grand Ilet	25 points
Glissement d'Hell-Bourg	25 points

Les mesures de positionnement des réseaux secondaires et tertiaires seront établies à partir du pivot de chaque cirque, appartenant au réseau primaire.

3 Périodes de mesure

En 2002, il est prévu de faire deux campagnes de mesure : la première campagne se déroulera en septembre-octobre 2002, la seconde en décembre 2002/janvier 2003 (en début de saison cyclonique).

La durée d'une campagne de mesure (ensemble du réseau) ne devra pas dépasser 1 mois.

4 Délivrables

Les résultats seront délivrés sous forme papier et sous format numérique.

5 Prix des mesures

Trois prix sont distingués, en fonction des contraintes d'accès aux sites. Les quantités sont indicatives et pourront être diminuées ou augmentées, en fonction des besoins, dans une proportion inférieure à 10 % des quantités prévisionnelles.

Ces prix sont établis pour la réalisation des deux campagnes de mesure 2002.

Prix de la mesure en € HT		Nombre de stations estimé
Prix 1	Réseau primaire	9 stations
Prix 2	Réseau secondaire	100 stations
Prix 3	Réseau tertiaire	50 stations

Le prix unitaire englobe les coûts des prestations suivantes :

- la participation à une reconnaissance préalable du site dans le cadre de l'implantation de la borne ;
- la mise en place d'un repère en laiton (lors de la première mesure) ;
- la réalisation de la mesure : observations doublées ou triplées, indépendantes, à différents moments de la journée avec un nombre de satellites supérieur à 5 et un GDOP inférieur ou égal à 4 ;
- l'extraction des fichiers et le calcul des coordonnées en x, y, z dans le système WGS84 et en Gauss-Laborde ;
- le calcul des écarts en planimétrie (XY) en altimétrie (Z) par rapport aux mesures précédentes ou anciennes (par exemple mesures IGN 1992) ;
- la remise d'un rapport de campagne rassemblant les résultats obtenus et les listings de calcul.

6 Critères de jugement des offres

Ces critères sont les suivants :

- prix des prestations ;
- garanties apportées quant à la précision des mesures ;
- moyens mis en oeuvre (matériels, personnels) ;
- références de l'entreprise ;
- délais d'exécution des prestations (mesures et remise des rapports).

7 Remise des offres

Les propositions techniques et financières devront être adressées au BRGM avant le 04 juillet 2002 à l'adresse ci-dessous :

**BRGM
B.P. 906
5, rue Sainte Anne
97 478 Saint -Denis cedex**

**Téléphone : 0 262 21 22 14
Fax : 0692 21 86 96**

8 Plans joints

plan du réseau de Salazie
plan du réseau de Mafate
plan du réseau de Cilaos
plan du réseau d'Hell-Bourg
plan du réseau de Grand Ilet

Annexe 3 :

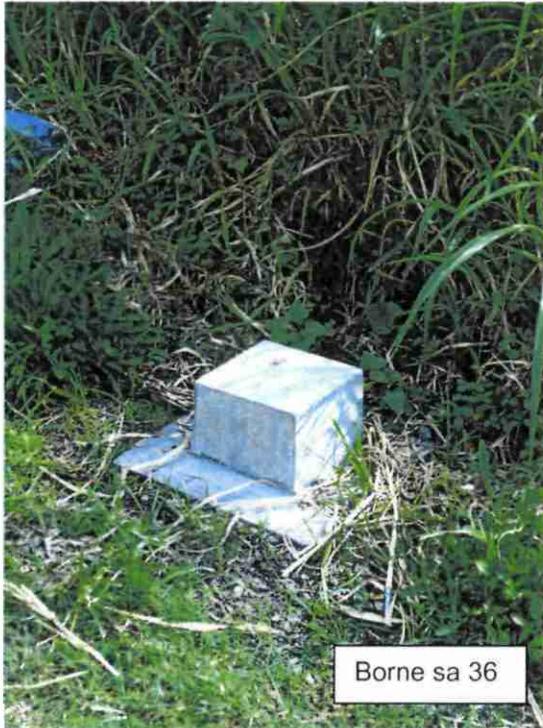
Différents types de points de contrôle topométrique

- Annexe 3.1 : Borne Ign



Borne IGN 974 1518, à Marla dans le cirque de Mafate

▪ Annexe 3.2 : Borne Mvterre

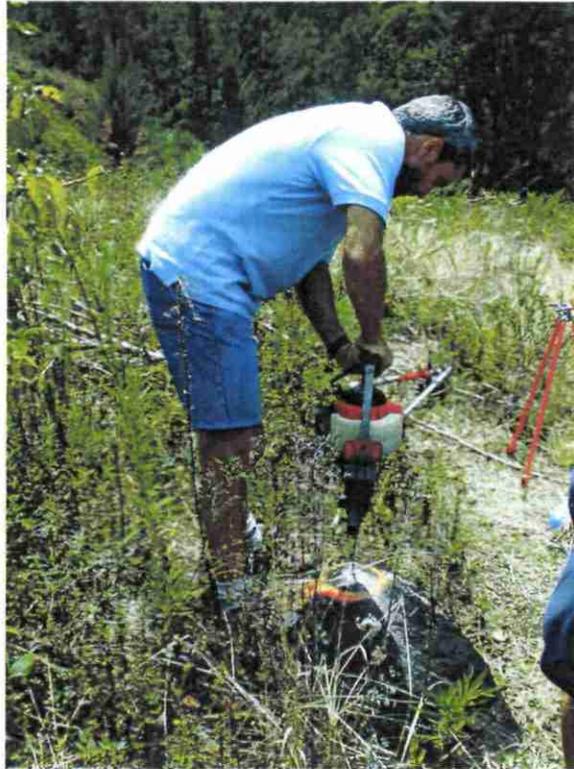


Borne construite dans le cadre du projet Mvterre



Borne Mvterre – Pivot du cirque de Cilaos

- Annexe 3.3 : Repère laiton scellé dans un bloc rocheux



Opération de perçage avant scellement du repère (point sa 46)



Mesure de positionnement à partir d'un repère sur bloc (point sa 48)

Annexe 4 :

Coordonnées des points du réseau de Salazie dans le système WGS 84

(campagne de mesures sa.03 de septembre 2003)

POINTS	X	Y	Z
Pivot res01.03	3373613.1691	4909351.0363	-2274707.2859
sa010.03	3370888.1434	4910198.1072	-2276302.4236
sa011.03	3370629.0662	4910448.7616	-2276069.6302
sa026.03	3371371.0156	4911175.1493	-2273341.8168
sa027.03	3370584.7728	4911552.7040	-2273617.9782
sa028.03	3370602.1539	4911477.9096	-2273783.8769
sa029.03	3370654.9906	4911333.2367	-2273960.7914
sa030.03	3371238.9740	4910964.5535	-2273921.1269
sa031.03	3370907.5938	4911206.1033	-2273852.4830
sa033.03	3370882.8700	4910988.4727	-2274153.1252
sa034.03	3370821.7446	4910617.6530	-2275431.5408
sa035.03	3371025.0776	4910887.9735	-2274541.9091
sa036.03	3371368.2804	4910549.4963	-2274625.8493
sa037.03	3370766.5100	4910861.3531	-2274946.8173
sa038.03	3372087.3868	4910153.3003	-2274723.5126
sa039.03	3371332.6882	4910265.9008	-2275474.5663
sa040.03	3371308.2020	4910242.5619	-2275510.3699
sa041.03	3371635.1946	4910103.2927	-2275408.5357
sa042.03	3372374.5755	4909454.3854	-2276030.5631
sa043.03	3372848.6846	4909495.8884	-2275261.5725
sa044.03	3372925.7542	4909922.3464	-2274416.0237
sa045.03	3374190.9492	4908757.9702	-2274708.1569
sa046.03	3373555.6911	4908047.6553	-2277308.5931
sa048.03	3373962.8198	4907887.1074	-2277306.8266
sa068.03	3375515.6674	4908493.5159	-2273846.9444
sa069.03	3376158.4481	4908336.4192	-2273486.0159
sa070.03	3375741.7347	4908480.7146	-2273710.3086
sa071.03	3374662.9209	4909179.0284	-2273778.6059
sa072.03	3374140.9042	4909546.1978	-2273528.3208
sa073.03	3376390.3760	4908137.9044	-2273634.3295
sa074.03	3376001.5558	4907688.3338	-2275506.8965
sa075.03	3376140.2391	4907140.5809	-2276286.9175
sa076.03	3376203.4942	4906729.9243	-2276982.1201
sa077.03	3376219.9611	4907282.2505	-2275943.2838
sa078.03	3376874.7568	4906620.1363	-2276663.2949
sa084.03	3374499.0922	4907908.1571	-2276340.9309
sa085.03	3374283.2017	4908127.8998	-2276418.3972
sa086.03	3375008.1780	4907437.3455	-2277123.0907
sa087.03	3374929.9597	4907737.6180	-2276404.6482

Mise en place d'un référentiel géodésique dans les cirques

sa088.03	3373115.1690	4908169.8283	-2277585.4859
sa089.03	3374468.7792	4908410.6666	-2274924.5868
sa090.03	3377015.9150	4906722.9443	-2276345.2424
lgn2102.03	3377943.4622	4905842.0176	-2278501.0120
lgn2104.03	3375381.0001	4909096.1693	-2273235.0396
lgn2105.03	3373630.6409	4909363.5151	-2274638.7435

Annexe 5 : Coordonnées des points du réseau de Cilaos dans le système WGS 84

(campagne de mesures ci.03 de septembre 2003)

POINTS	X	Y	Z
Pivot sfr.03	3373764.6157	4904272.3955	-2286263.4455
ci01.03	3374445.5474	4904118.9157	-2285580.3723
ci02.03	3373837.2316	4903745.8713	-2287063.0114
ci03.03	3373651.8293	4904317.5703	-2286333.0686
ci04.03	3373708.4486	4904542.2660	-2285705.0732
ci05.03	3374216.9046	4903484.7887	-2286866.2297
ci06.03	3374365.9052	4903111.0658	-2287376.3122
ci07.03	3374341.5277	4902729.4024	-2287990.0021
ci08.03	3372521.2502	4904575.4852	-2287594.5144
ci09.03	3372474.3352	4904775.5457	-2287337.5730
ci010.03	3372933.0717	4904600.3029	-2286691.7590
ci011.03	3376641.1090	4901684.4554	-2287104.5765
ci012.03	3376415.6590	4901578.9666	-2287619.0059
ci013.03	3376728.0907	4901052.0249	-2288289.9715
ci014.03	3374200.3197	4904360.6381	-2285390.1303
ci015.03	3372450.2541	4905122.5006	-2286470.1617
ci016.03	3373918.3352	4904609.4951	-2285404.1761
ci017.03	3374441.7864	4902565.0302	-2288112.1639
ci018.03	3373904.7853	4903240.9417	-2287686.1557
ci019.03	3374414.2417	4903729.4993	-2286319.6073
ci020.03	3372902.6238	4902872.3869	-2289366.6885
ci021.03	3372275.4775	4903056.7382	-2290256.0192
ci022.03	3372797.0122	4903073.4814	-2289233.0933
ci023.03	3372278.2771	4903210.2475	-2289798.9749
ci024.03	3372449.4404	4903392.0223	-2289120.2760
ci025.03	3373584.1827	4903485.4780	-2287480.1625
ci026.03	3372793.7105	4904450.1014	-2287181.5739
ci027.03	3372844.5342	4904363.3094	-2287214.0971
ci028.03	3372875.6928	4904196.0918	-2287408.5922
ci029.03	3374564.8371	4904146.4949	-2285228.8032
ci030.03	3375931.2723	4903639.6669	-2284285.9982
ci031.03	3373813.8643	4905149.6649	-2284914.5713
ci032.03	3374253.1097	4904438.1272	-2285176.9508
lgn2207.03	3367350.5593	4906355.0241	-2291687.2024
lgn2401.03	3374061.4208	4904481.9184	-2285373.5762
lgn2402.03	3376772.0137	4901540.4097	-2287388.4697
lgn2403.03	3372685.6036	4904667.4145	-2287096.1215
lgn2404.03	3374065.6871	4901848.9987	-2289984.9187

Annexe 6 :

Coordonnées des points du réseau de Mafate

dans le système WGS 84

(campagne de mesures d'octobre 2003)

POINTS	X	Y	Z
Ma.01 (pivot)	3379703.9169	4903445.7289	-2279831.7446
Ign 974 0814	3379915.4234	4903385.8898	-2279711.3657
Ign 974 1518	3378314.6664	4903360.3233	-2282639.0400
Ma 02	3379782.6909	4903298.9409	-2280045.4229
Ma 03	3380031.4612	4903316.0367	-2279586.7376
Ma 04	3379728.4003	4903716.2230	-2279352.3602
Ma 05	3379862.2106	4903758.2135	-2278710.4571
Ma 06	3379423.5617	4903007.0425	-2281165.7412
Ma 07	3378873.4273	4903116.4868	-2281728.1806
Ma 08	3378593.4442	4903217.4335	-2282417.2848
Ma 09	3378147.4493	4903534.8301	-2282364.1052
Ma 10	3381239.6521	4902466.6634	-2278885.5663
Ma 11	3381807.8596	4902063.9259	-2278785.2820

