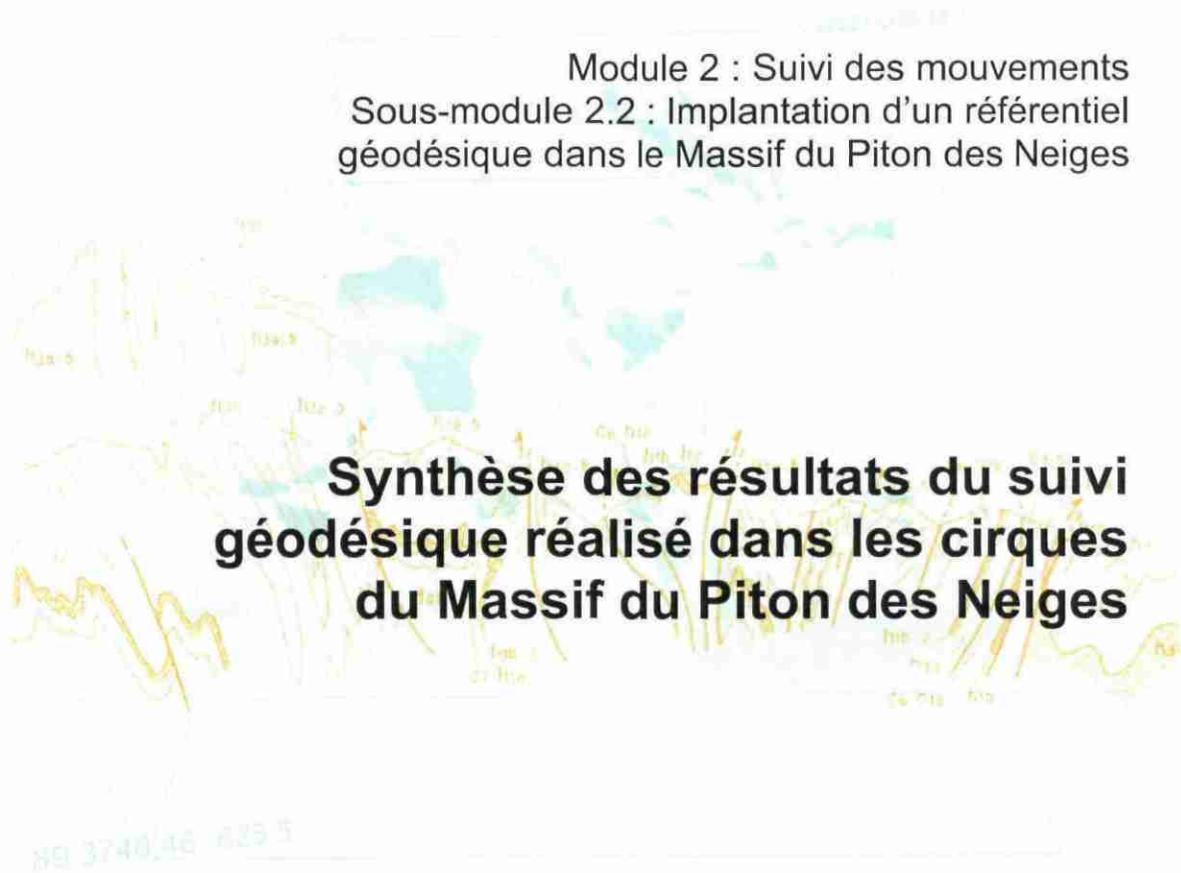




DOCUP 2002-2007  
Cadre d'intervention C5-03

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

Module 2 : Suivi des mouvements  
Sous-module 2.2 : Implantation d'un référentiel  
géodésique dans le Massif du Piton des Neiges



## Synthèse des résultats du suivi géodésique réalisé dans les cirques du Massif du Piton des Neiges

BRGM/RP-56699-FR  
octobre 2008



Direction Départementale de  
l'Équipement de La Réunion



Document public

DOCUP 2002-2007  
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 : Suivi des mouvements  
Sous-module 2.2 : Implantation d'un référentiel  
géodésique dans le Massif du Piton des Neiges

## Synthèse des résultats du suivi géodésique réalisé dans les cirques du Massif du Piton des Neiges

BRGM/RP-56699-FR  
octobre 2008

Travaux réalisés dans le cadre du projet de  
recherche BRGM RISR15

C. Garnier

### Vérificateur :

Nom : M. Cruchet

Date : 01/10/08

Signature :

### Approbateur :

Nom : J.L. Nédellec

Date : 01/10/08

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 9001:2000.



Direction Départementale de  
l'équipement de La Réunion



3 5000 00049317 0

**Mots clés :** Ile de La Réunion, Cirques, Salazie, Cilaos, Mafate, Mouvements de terrain, Glissements, GPS, Bornes géodésiques, Instrumentation

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

Garnier C. (2008) – Synthèse des résultats du suivi géodésique réalisé dans les cirques du Massif du Piton des Neiges – Rapport BRGM/RP-56699-FR, 50 p., 26 illustrations, 7 tableaux, 4 annexes

© BRGM, 2008, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

**D**ans 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.

Le volet 2 du programme prévoyait notamment la mise en place d'un référentiel géodésique sur le massif du Piton des Neiges et la réalisation de campagnes de mesures de positionnement par GPS, dans le but de détecter d'éventuels mouvements.

Le sous-module 3.1 (« Etude des glissements de terrain de grande ampleur ») prévoyait par ailleurs l'instrumentation des glissements de terrain de Grand Ilet et d'Hell-Bourg-Mare à Poule d'eau (cirque de Salazie), qui présentent un caractère exceptionnel au regard de l'importance de la superficie touchée et des enjeux concernés. Ces sites-pilotes ont été équipés de stations GPS permanentes. Une troisième station fixe – dite de « référence » (secteur réputé stable) - a été installée au niveau de Mare à Vieille Place.

**Le réseau de contrôle géodésique du massif du Piton des Neiges**, mis en place en 2003 et complété en 2007, comprend aujourd'hui 148 bornes « valides » (14 bornes initialement posées ont été détruites ou déplacées), dont 135 ont été implantées dans le cadre du programme de recherche MVTerre (12 bornes IGN et 1 borne ONF complètent le réseau). Elles se répartissent de la façon suivante :

- 33 bornes dans le cirque de Cilaos ;
- 21 bornes dans le cirque de Mafate ;
- 94 bornes dans le cirque de Salazie.

Deux campagnes de mesures « générales », réalisées entre 2003 (état « zéro ») et 2007, ont permis de préciser les connaissances relatives à la stabilité des cirques et, en ce qui concerne certains secteurs aux instabilités avérées, de préciser l'évolution spatiale des mouvements et de quantifier les déplacements.

**Dans le Cirque de Salazie**, les principaux résultats mis en évidence sont les suivants :

- les mesures confirment l'existence d'un mouvement d'ensemble de Grand Ilet en direction du Nord-est, avec une activité décroissante vers « l'arrière » du plateau. Le compartiment situé au front du glissement évolue ainsi avec des vitesses planimétriques moyennes atteignant jusqu'à 55 cm/an, tandis qu'au niveau de la partie centrale du plateau celles-ci s'établissent entre 15 et 30 cm/an. Sur le plateau de Casabois, les déplacements planimétriques moyens mesurés sont inférieurs à 3 cm/an ;
- en limite sud-ouest de Grand Ilet, Le Bélier / Camp Pierrot est affecté de mouvements atteignant en moyenne 5 à 6,5 cm/an en planimétrie. L'orientation des déplacements (Sud-est) tranche avec l'axe nord-est du mouvement d'ensemble du plateau de Grand Ilet. Il est ainsi vraisemblable que les deux mécanismes de glissement soient indépendants ;

- le secteur Mathurin, au Nord de Grand Ilet, est le siège d'un glissement très actif s'effondrant vers la ravine Roch à Jacquot ;
- la majeure partie du versant situé au Sud-ouest du Piton d'Enchaing est affecté par un vaste glissement actif progressant vers le Nord ;
- le versant Sud du plateau de Mare à Citron est le siège d'un affaissement très actif en direction de la rivière du Mât.
- concernant le glissement de Mare à Poule d'Eau-Hell-Bourg, qui évolue selon une direction plein Nord, les secteurs les plus actifs (bordure nord-est de Mare à Poule d'Eau) se déplacent à des vitesses moyennes planimétriques comprises entre 1 m/an et 1,70 m/an. Contrairement à Ilet à Vidot sur lequel les déplacements sont marqués (entre 4 et 20 cm/an en moyenne), l'essentiel de l'emprise urbanisée des plateaux d'Hell-Bourg et Mare à Poule d'Eau n'est pas affectée de mouvement significatif ;
- sur les autres secteurs de Salazie (Mare à Goyaves, Mare à Vieille Place, Mare à Citrons et Mare à Martin), les déplacements mesurés sont globalement peu représentatifs.

Dans les cirques de **Mafate et Cilaos**, les déplacements mesurés sont dans l'ensemble peu significatifs, les vitesses moyennes planimétriques étant le plus souvent comprises entre 1 et 2,5 cm/an et les déplacements altimétriques limités à quelques centimètres. Ces valeurs traduisent souvent uniquement le déplacement du pivot local initialement utilisé lors des premières campagnes. Elles ne traduisent donc pas de mouvement significatif. Seules 3 bornes implantées sur le glissement en masse de Cap Sylvestre à Cilaos montrent des mouvements significatifs vers l'Est, entre 3,2 et 8,1 cm/an. De même, l'Ilet Gros Galets à l'entrée du cirque de Cilaos semble affecté par un glissement notable. Enfin, à Mafate, le secteur de Marla est le seul montrant des déplacements intéressants.

▪ **Les stations GPS permanentes de Grand Ilet et Mare à Poule d'Eau-Hell-Bourg** ont été installées fin 2003, en parallèle à la mise en place d'un poste pluviométrique sur chacun des deux sites. L'analyse croisée des données de positionnement provenant des GPS fixes et de la pluviométrie fait l'objet d'un rapport spécifique (rapport 56708).

Sur les deux sites, les résultats sont cohérents avec les déplacements et les gisements issus des campagnes de mesures menées sur le réseau géodésique. Par ailleurs, les principaux enseignements suivants peuvent être tirés des 4,5 années d'acquisition de mesures :

- Le matériel exploité s'est avéré relativement « fragile », avec un taux de panne ayant conduit à des pertes de données parfois conséquentes. Entre février 2006 et mai 2007, les problèmes de batterie et de configuration des appareils se sont révélés substantiels. On déplorera en particulier la perte totale d'enregistrement relative à l'épisode cyclonique Gamède (février 2007). Diverses interventions techniques, avec le concours de LEICA, ont été nécessaires, et une mise sous secteur des centrales d'acquisition est programmée pour fin 2008. Ces différentes dispositions devraient permettre d'améliorer le dispositif ;

- Le traitement des données de positionnement, indispensable avant d'obtenir des mesures directement exploitables, s'est avéré fastidieux et complexe. Il conviendra donc sur ce point également de chercher à améliorer ce type d'opération à l'avenir ;
- Les mesures sont apparues entachées d'un certain bruit de fond inhérent à tout type de mesure de positionnement. Ce bruit de fond de plusieurs centimètres nuit au traitement des données brutes et à l'exploitation des données corrigées, en particulier lorsque les mouvements réels enregistrés sont relativement modérés. C'est le cas pour Grand Ilet où seules les plus fortes pluies conduisent à des mouvements sortant de l'enveloppe d'incertitude liée à ce bruit de fond.

Cette difficulté est moins contraignante en ce qui concerne le GPS de Mare à Poule d'Eau, beaucoup plus sensible à des pluies même relativement limitées. Fort de cet enseignement, il conviendra à l'avenir d'optimiser le positionnement des GPS permanents (implantation uniquement dans des zones fortement actives).

- Enfin, dans un contexte affecté par de nombreuses pannes, le nombre d'épisodes pluvieux suivis de déplacements significatifs, est resté très limité. La poursuite du programme de suivi se révèle donc essentielle dans l'optique d'une progression des connaissances sur la relation pluies – mouvements.

## Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Suivi du réseau de points GPS</b> .....	<b>10</b>
2.1 Présentation de la méthode .....	10
2.2 Réseau du Cirque de Cilaos .....	14
2.2.1 Dispositif en place .....	14
2.2.2 Résultats des campagnes de mesure .....	14
2.2.3 Récapitulatif .....	18
2.3 Réseau du Cirque de Mafate .....	21
2.3.1 Dispositif en place .....	21
2.3.2 Résultats des campagnes de mesure .....	21
2.3.3 Récapitulatif .....	22
2.4 Réseau du Cirque de Salazie.....	27
2.4.1 Dispositif en place .....	27
2.4.2 Résultats des campagnes de mesure .....	27
2.4.3 Résultats additionnels .....	36
2.4.4 Suivi GPS antérieur au programme MVTerre .....	37
2.5 Synthèse .....	43
<b>3. Stations GPS permanentes du Cirque de Salazie</b> .....	<b>45</b>
3.1 Glissement d’Hell-Bourg.....	46
3.1.1 Déplacements planimétriques .....	46
3.1.2 Déplacements altimétriques .....	48
3.2 Glissement de Grand Ilet.....	49
3.2.1 Déplacements planimétriques .....	49
3.2.2 Déplacements altimétriques .....	51
3.3 Remarques.....	51
3.4 Retour d’expérience .....	52
<b>4. Conclusion</b> .....	<b>54</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>56</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>57</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Localisation du réseau primaire sur fond IGN au 1/100 000 .....	12
Figure 2 : Localisation des bornes du réseau géodésique de Cilaos .....	15
Figure 3 : Déplacements enregistrés sur Cilaos – (déplacement XY / déplacement Z) .....	19
Figure 4 : Vitesses de déplacement moyennes et orientation du vecteur déplacement sur Cilaos.....	20
Figure 5 : Localisation des bornes du réseau géodésique de Mafate .....	23
Figure 6 : Déplacements enregistrés sur Mafate – (déplacement XY / déplacement Z) .....	25
Figure 7 : Vitesses de déplacement moyennes et orientation du vecteur déplacement sur Mafate.....	26
Figure 8 : Localisation des bornes du réseau géodésique de Salazie .....	28
Figure 9 : Déplacements enregistrés sur Salazie – (déplacement XY / déplacement Z) .....	32
Figure 10 : Vitesses de déplacement horizontal moyennes et orientation du vecteur déplacement sur Salazie .....	33
Figure 11 : Réseau observé dans le cadre du suivi des déformations de la RD52 .....	38
Figure 12 : Evolution des déplacements mesurés sur la RD52 (mars 1997 à septembre 2002) .....	39
Figure 13 : Réseau observé dans le cadre du suivi des déformations de la RD48 .....	40
Figure 14 : Evolution des déplacements mesurés sur la RD48 (décembre 1995 à septembre 2002) .....	41
Figure 15 : Comparatif des déplacements (vitesses moyennes et gisement) mesurés entre les bornes du réseau routier départemental (en rouge, période 1995/2001) et les bornes MVTerre (en bleu – période 2003/07) .....	42
Figure 16 : Centrale d'acquisition des capteurs GPS permanents .....	45
Figure 17 : Localisation station GPS permanente et bornes géodésiques MVTerre.....	46
Figure 18 : Station GPS permanente d'Hell-Bourg – déplacements en X.....	47
Figure 19 : Station GPS permanente d'Hell-Bourg – déplacements en Y.....	47
Figure 20 : Orientation du déplacement .....	48
Figure 21 : Station GPS permanente d'Hell-Bourg – déplacements en Z .....	48
Figure 22 : Localisation station GPS permanente et bornes géodésiques MVTerre.....	49
Figure 23 : Station GPS permanente de Grand Ilet – déplacements en X.....	50
Figure 24 : Station GPS permanente de Grand Ilet – déplacements en Y.....	50
Figure 25 : Orientation du déplacement .....	51
Figure 26 : Station GPS permanente de Grand Ilet – déplacements en Z .....	51

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Réseau primaire du référentiel géodésique utilisé.....	11
Tableau 2 : Stations du réseau Lel@ utilisées pour le référentiel géodésique.....	13
Tableau 3 : Ecarts obtenus sur le réseau de Cilaos entre les campagnes 2003 et 2007....	16
Tableau 4 : Ecarts obtenus sur le réseau de Mafate entre les campagnes 2003 et 2007...24	
Tableau 5 : Ecarts obtenus sur le réseau de Salazie entre les campagnes 2003 et 2007..31	
Tableau 6 : Ecarts obtenus sur quelques bornes du réseau de Salazie entre Octobre/Novembre 2007 et Janvier/Février 2008 .....	36
Tableau 7 : coordonnées de la station GPS de référence- Mare à vieille Place .....	52

## Liste des annexes

Annexe 1 – Coordonnées des points du réseau de Cilaos en Gauss Laborde (campagne d'Oct. et Nov. 2007).....	58
Annexe 2 – Coordonnées des points du réseau de Mafate en Gauss Laborde (campagne d'Oct. et Nov. 2007).....	61
Annexe 3 – Coordonnées des points du réseau de Salazie en Gauss Laborde (campagne d'Oct. et Nov. 2007).....	63
Annexe 4 – Fiches de présentation des stations GPS permanentes .....	67

## 1. Introduction

**D**ans 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.

Le volet 2 du programme prévoyait notamment la mise en place d'un référentiel géodésique sur le massif du Piton des Neiges et la réalisation de campagnes de mesures de positionnement par GPS, dans le but de détecter d'éventuels mouvements, qu'ils soient planimétriques ou altimétriques.

De tels travaux de positionnement par GPS étaient effectués depuis 1995 sur certaines zones actives des Cirques de Salazie et Cilaos, dans le cadre du suivi d'infrastructures routières (mission initiée par le Service des Routes du Département de La Réunion). Cette connaissance préliminaire a permis d'orienter la réflexion concernant le positionnement des bornes suivies dans le cadre du programme MVTerre. Ce réseau intéresse ainsi des zones réputées instables, ou dont la stabilité à long terme pouvait apparaître douteuse, zones pour l'essentiel habitées ou accueillant de forts enjeux. Après consultation pour mise en concurrence, le suivi géodésique de ce réseau a été confié au Cabinet Talibart.

Le programme de recherche MVTerre prévoyait également, dans le cadre du sous-module 3.1 (« Etude des glissements de terrain de grande ampleur ») l'instrumentation de zones en mouvements, ayant un caractère exceptionnel au regard de l'importance de la superficie touchée et des enjeux concernés. Ces sites-pilotes, qui correspondent aux glissements de terrain de grande ampleur de Grand Ilet et d'Hell-Bourg, dans le Cirque de Salazie, ont notamment été équipés de stations GPS permanentes. La présentation de ce dispositif et des résultats du suivi est intégrée au présent document. L'interprétation de ces résultats, et notamment leur corrélation avec les données pluviométriques (approche d'une relation pluies/déplacements), est présentée dans le rapport 56699.

## 2. Suivi du réseau de points GPS

### 2.1 PRESENTATION DE LA METHODE

Les mesures GPS ont été faites en " statique-rapide ", avec au minimum deux observations menées à des moments différents (*ceci afin d'obtenir une géométrie nouvelle des satellites 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 en *WGS 84* à l'aide du logiciel SKI PRO de LEICA GEOSYSTEMS, puis en ce qui concerne la dernière campagne de mesure du logiciel LGO (LEICA GEO OFFICE). 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*).

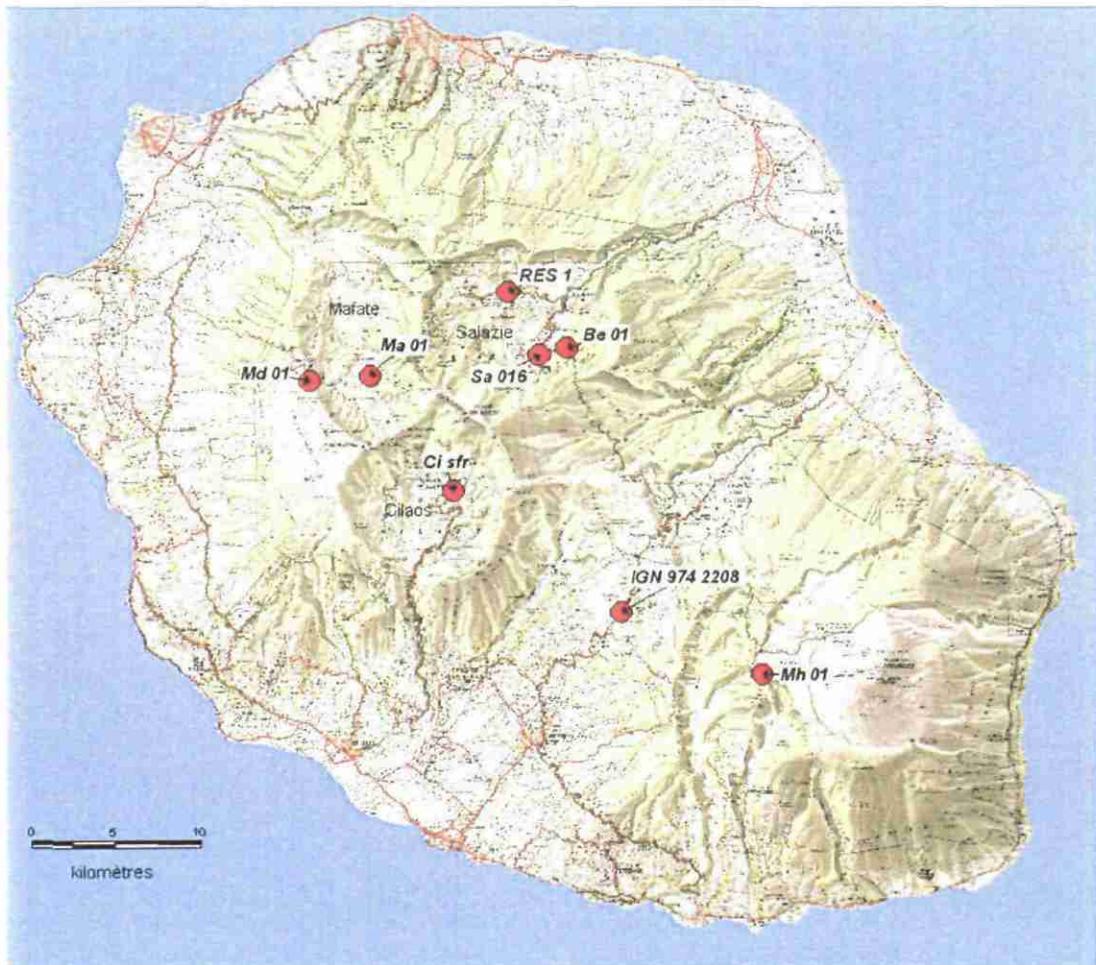
#### LE REFERENTIEL :

Initialement (campagnes 2003 et 2004), chaque vecteur était déterminé depuis un pivot ; chaque cirque disposant à cet effet d'un pivot propre déterminé en coordonnées depuis un repère situé hors cirque, lui-même défini spatialement depuis la borne IGN de l'Observatoire Volcanologique de la Plaine des Cafres (borne n°9742208).

Ces éléments constituent le réseau primaire, ou réseau de premier ordre, du référentiel utilisé. Les coordonnées en *WGS 84* en sont données dans le tableau et l'illustration pages suivantes.

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

**Tableau 1 : Réseau primaire du référentiel géodésique utilisé**



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

La dernière campagne de mesures générale (portant sur les trois cirques), menée en 2007, a été réalisée non plus en s'appuyant sur les pivots « locaux » propre à chaque cirque comme cela avait été fait en 2003 et 2004, mais à partir du réseau LEL@ d'antennes GPS permanentes disponibles sur La Réunion depuis 2006, mais extérieures aux trois cirques. Les coordonnées des stations utilisées du réseau LEL@ (retenues en fonction de la longueur des vecteurs et donc du niveau de précision qui en découle) sont données page suivante.

Cette modification du référentiel des mesures pratiquées lors des levés géodésiques a conduit à l'apparition d'un artéfact sur les résultats se traduisant par des déplacements virtuels de l'ordre du centimètre par an vers l'Ouest sur toutes les bornes suivies. Ces déplacements correspondent en fait au mouvement du pivot initial situé dans le cirque. En conséquence, dans l'analyse qui est présentée dans les chapitres qui suivent, il convient de ne pas être tenté d'interpréter des déplacements annuels de l'ordre du centimètre vers l'Ouest dans la mesure où ils n'ont pas le reflet d'une réalité.

Station	Latitude	Longitude	Hauteur
Saint-Joseph	S 21 22 41.932519	E 055 37 8.471063	47.2433
Tampon	S 21 16 9.790706	E 055 30 25.914956	559.2356
Plaine des Palmistes	S 21 08 5.145311	E 055 37 29.618150	1056.0292
Saint-Leu	S 21 11 45.467806	E 055 17 16.877947	27.6767
Bras Panon	S 21 00 7.159276	E 055 41 13.796516	35.1824

Station	X	Y	Z
Saint-Joseph	3355388.8846	4903913.1888	-2310467.0967
Tampon	3367707.0600	4901363.2939	-2299417.7395
Plaine des Palmistes	3360937.2495	4913102.8965	-2285699.0921
Saint-Leu	3387826.3078	4890457.7276	-2291647.3244
Bras Panon	3358037.6905	4920331.2552	-2271613.1845

**Tableau 2 : Stations du réseau Lel@ utilisées pour le référentiel géodésique (système WGS 84 – UTM 40)**

## **2.2 RESEAU DU CIRQUE DE CILAOS**

### **2.2.1 Dispositif en place**

Le réseau de suivi géodésique de Cilaos est constitué, outre le point Pivot situé dans l'enclos de l'antenne SFR (vers les Trois Mares), de 37 bornes réparties sur les zones en mouvement (avérées ou supposées) ou à enjeux du cirque. Ces bornes sont de nature diverse. Peuvent être distingués :

- Les bornes en béton construites spécifiquement dans le cadre du projet de recherche MV Terre (31 points) ;
- Les repères en laiton (spit) scellés dans un bloc rocheux ou dans une structure en béton, également mis en place pour le programme de recherche (2 points) ;
- Les points préexistants : bornes IGN (4 points).

Par rapport au réseau mis en place en 2003, quatre points de mesure ont disparu ou sont inexploitable (bornes « bousculées » ou enlevées suite à un chantier, à un aménagement routier, etc.). Il s'agit des bornes CI 4, CI 15, CI19 et CI 27 (cf. tableau 3).

La localisation de ce réseau géodésique est donnée sur la figure 2.

### **2.2.2 Résultats des campagnes de mesure**

Deux sessions de mesures ont été réalisées sur le réseau de Cilaos :

- 1<sup>ère</sup> campagne de septembre à décembre 2003 ;
- 2<sup>nde</sup> campagne au cours du mois de septembre 2007.

Les coordonnées des points sont données en annexe 1. Le tableau n°3 présente, pour l'ensemble des points du réseau de Cilaos, les déplacements observés entre les campagnes 2003 et 2007. Ces déplacements sont caractérisés par :

- une distance horizontale (distance ellipsoïdique) dans le plan X, Y (« Ecart XY ») ;
- une distance verticale (distance altimétrique) selon Z (« Ecart Z ») ; une valeur négative témoignant d'un tassement ;
- un azimut géodésique (« gisement »).

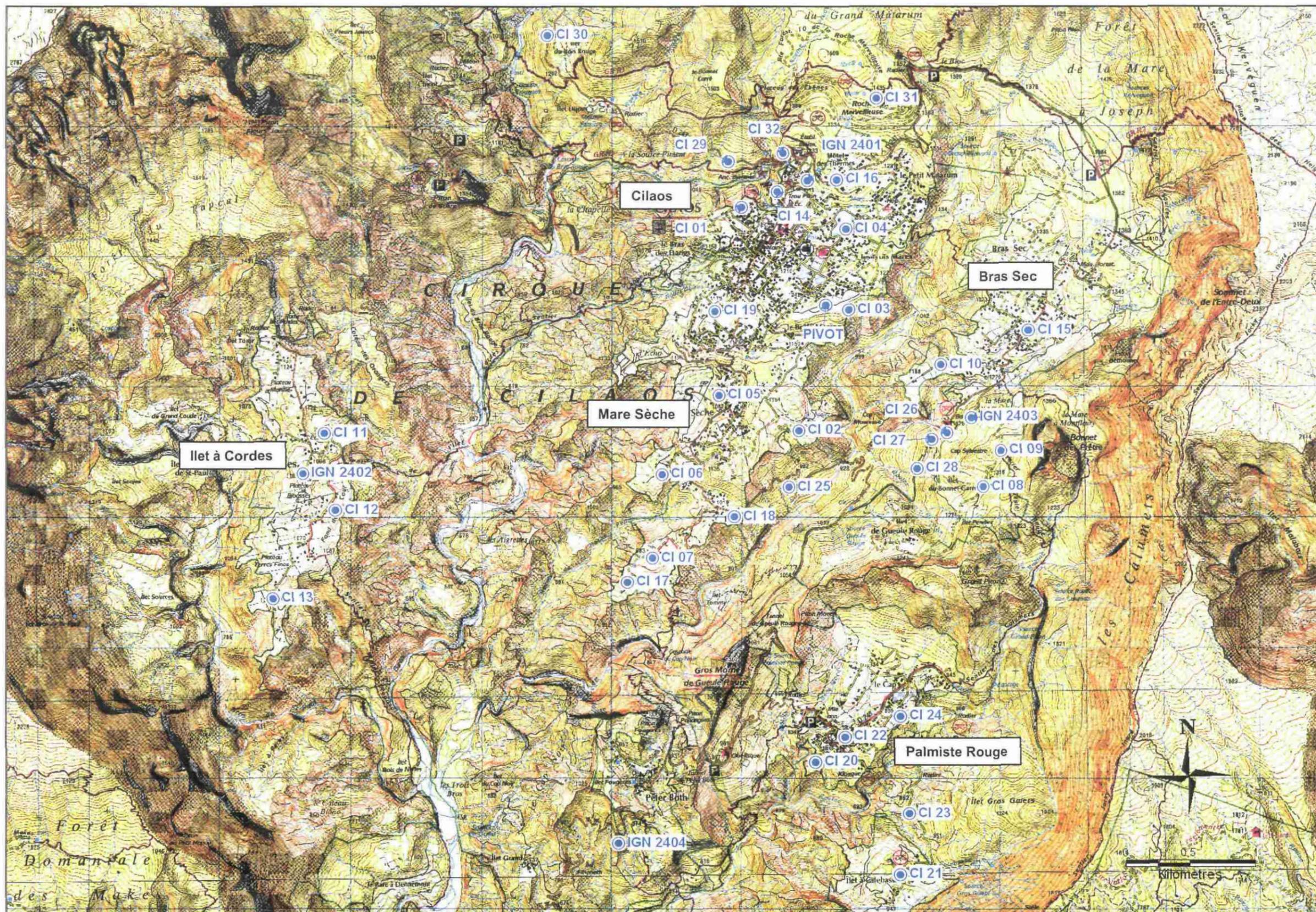


Figure 2 : Localisation des bornes du réseau géodésique de Cilaos

POINTS	TYPE DE POINT	ÉCART XY (cm)	VITESSE DE DEPLACEMENT (cm/an)	ÉCART Z (cm)	GISEMENT (°)
CI 1	borne MVTerre	5,9	1,5	0	291°3
CI 2	borne MVTerre	5,3	1,3	-4,5	292°5
CI 3	borne MVTerre	5,4	1,4	-2,9	282°1
CI 4	borne MVTerre	Borne "perdue"			
CI 5	borne MVTerre	174,0 ?	43,5	-6,9	203°1
CI 6	borne MVTerre	6,4	1,6	-3,2	271°3
CI 7	borne MVTerre	5,2	1,3	-4,8	254°3
CI 8	borne MVTerre	12,7	3,2	-9,4	280°3
CI 9	borne MVTerre	6,0	1,5	-4,2	262°1
CI 10	borne MVTerre	5,9	1,5	-2,7	269°2
CI 11	borne MVTerre	6,3	1,6	-3	275°3
CI 12	borne MVTerre	4,0	1,0	-2	252°0
CI 13	borne MVTerre	4,4	1,1	-6,3	266°2
CI 14	borne MVTerre	7,9	2,0	-5	294°4
CI 15	borne MVTerre	Borne "perdue"			
CI 16	borne MVTerre	6,1	1,5	-1	272°4
CI 17	borne MVTerre	6,0	1,5	-5,2	265°1
CI 18	borne MVTerre	4,1	1,0	-5,2	265°1
CI 19	borne MVTerre	Borne "perdue"			
CI 20	borne MVTerre	5,0	1,3	-3,4	245°4
CI 21	borne MVTerre	4,0	1,0	-5,3	278°5
CI 22	borne MVTerre	5,1	1,3	-5,4	278°5
CI 23	borne MVTerre	22,7	5,7	-11,2	275°5
CI 24	borne MVTerre	3,5	0,9	-3,4	266°5
CI 25	borne MVTerre	5,8	1,5	-5,2	277°5
CI 26	borne MVTerre	15,5	3,9	-5,8	298°3
CI 27	borne MVTerre	Borne "perdue"			
CI 28	borne MVTerre	32,5 ?	8,1	-8,2	276°5
CI 29	borne MVTerre	6,5	1,6	-11,5	246°1
CI 30	borne MVTerre	5,9	1,5	-5,9	259°0
CI 31	spit	7,0	1,8	-3,2	275°1
CI 32	spit	4,8	1,2	0	246°0
IGN2401	borne IGN	6,0	1,5	-6,2	289°2
IGN2402	borne IGN	5,0	1,3	-8,5	272°4
IGN2403	borne IGN	4,3	1,1	-1,1	267°5
IGN2404	borne IGN	5,4	1,4	-5,2	257°1
PIVOT	Antenne SFR	5,8	1,5	-2,9	266°3

Tableau 3 : Ecart obtenu sur le réseau de Cilaos entre les campagnes 2003 et 2007

Les figures 3 et 4 pages suivantes présentent respectivement d'une part les déplacements enregistrés (déplacement horizontal et distance altimétrique) sur la plage d'observation, et d'autre part les vitesses moyennes annuelles de déplacement horizontal ainsi que l'orientation du vecteur déplacement. Il est à noter que les écarts de positionnement révélés sur les points CI5 et CI28 ne sont pas représentatifs des mouvements réels du sous-sol, les bornes ayant été descellées.

a. Tendance générale :

Globalement, les écarts de positionnement mis en évidence dans le cirque de Cilaos apparaissent relativement modestes, voire peu significatifs pour nombre d'entre eux compte tenu des imprécisions de mesures. Ainsi, les vitesses moyennes de déplacement horizontal sont le plus souvent de l'ordre de 1 à 2 cm/an (différence due au changement de méthodologie entre 2003 et 2007 – Le pivot situé sur le plateau de Cilaos a bougé du même ordre de grandeur. Localement, quelques valeurs plus importantes ont été relevées, notamment :

- en rive droite de la Ravine Bras Calebasse (point CI23 sur le flanc sud-ouest de l'Ilet Gros Galets), avec une vitesse de déplacement moyenne proche de 6 cm/an et un tassement de 11 cm sur la période d'observation. Bien que cette tendance doit être confirmée par d'autres séries de mesures, celle-ci ne semble pas incohérente avec la configuration du site, la borne ayant été implantée dans une zone où l'activité est suspectée ;
- dans le secteur de Cap Sylvestre – Ilet du Bonnet Carré, où les vitesses de déplacement moyennes sont de 3 à 4 cm/an (CI08, CI26). Ces mesures sont cohérentes avec la présence d'un vaste glissement actif connu ;
- au nord de Cilaos, au niveau de la route d'Ilet à Cordes, la borne CI29, malgré un déplacement peu significatif de 1,6 cm/an, a montré plus de 11 cm de tassement entre les deux séries de mesure. Ce point singulier reste à surveiller.

b. Ilet à Cordes :

Au niveau de l'Ilet à Cordes, les quatre bornes mettent en évidence un déplacement ellipsoïdique compris entre 1 cm/an et 1,6 cm/an pour lequel il est délicat d'apprécier la représentativité, et des valeurs globales de tassement s'étalant entre 2 cm et 8,5 cm (cette dernière valeur étant indiscutablement représentative). Pour les 4 points de mesure, le gisement est orienté vers le Bras de Saint-Paul. Cette tendance n'est cependant pas significative pour d'aussi faibles déplacements planimétriques, les valeurs enregistrées étant dans l'ordre de grandeur de l'artéfact lié au changement de référentiel.

c. Palmiste Rouge :

Sur Le Palmiste Rouge, les trois bornes présentes révèlent des valeurs très modestes mais homogènes tant en terme de valeurs de déplacement (de l'ordre de 1 cm/an, pour un tassement global de 3,5 cm à 5.5 cm) que d'orientation (Ouest à Sud-ouest). Ces mouvements, du même ordre de grandeur que ceux de pivots ne peuvent pas être considérés comme étant réellement significatifs.

d. Cilaos :

Sur Cilaos chef-lieu (rebord Est, rebord Sud, les Thermes), les bornes mettent également en évidence des résultats homogènes de faible ampleur : déplacement horizontal total de 5

à 6 cm (vitesse moyenne annuelle de 1,5 à 2 cm/an), variation altimétrique maximale de l'ordre de 6 cm, gisement compris entre approximativement 270° et 300°. A nouveau, ces résultats, du même ordre de grandeur que ceux de pivots ne peuvent pas être considérés comme étant réellement significatifs.

e. Bras Sec :

Sur Bras Sec, la seule borne opérationnelle sur la zone (le point CI15 ayant été « bousculé ») est la station CI10, située au niveau de la pointe sud-ouest de l'îlet. Entre 2003 et 2007, une vitesse de déplacement de 1,5 cm/an vers l'Ouest a été mesurée, pour un tassement global inférieur à 3 cm. Là encore ces résultats ne permettent pas de traduire l'existence d'un mouvement significatif.

### 2.2.3 Récapitulatif

Sur la plupart de ces sites, les variations mises en évidence tant en planimétrie qu'en altimétrie sont très limitées. Les prochaines campagnes de mesures permettront de conforter, ou au contraire de contredire, les tendances observées sur les sessions 2003/2007 et ainsi de renseigner sur la réalité de mouvements sur ces secteurs.

Dans l'attente, en l'état actuel des connaissances acquises, plusieurs secteurs actifs ont été confirmés ou mis en évidence :

- Cap Sylvestre : il s'agit là d'une zone de glissement connue ;
- Ilet Gros Galet : la tendance au déplacement vers l'Ouest reste à confirmer mais semble cohérente avec la configuration du site ;
- Ilet à Cordes : un tassement localisé vers le Bras de Saint Paul. Cette tendance peut paraître assez surprenante et devra être confirmée ;
- Au Nord de Cilaos sur la route d'Ilet à Cordes : le repère CI 29 a montré un tassement localisé de plus de 11 cm en 4 années. Il conviendra de surveiller ce point pour en confirmer la tendance.

On regrettera que la borne CI05 de Mare Sèche ait été endommagée, dans une zone où une activité était suspectée.

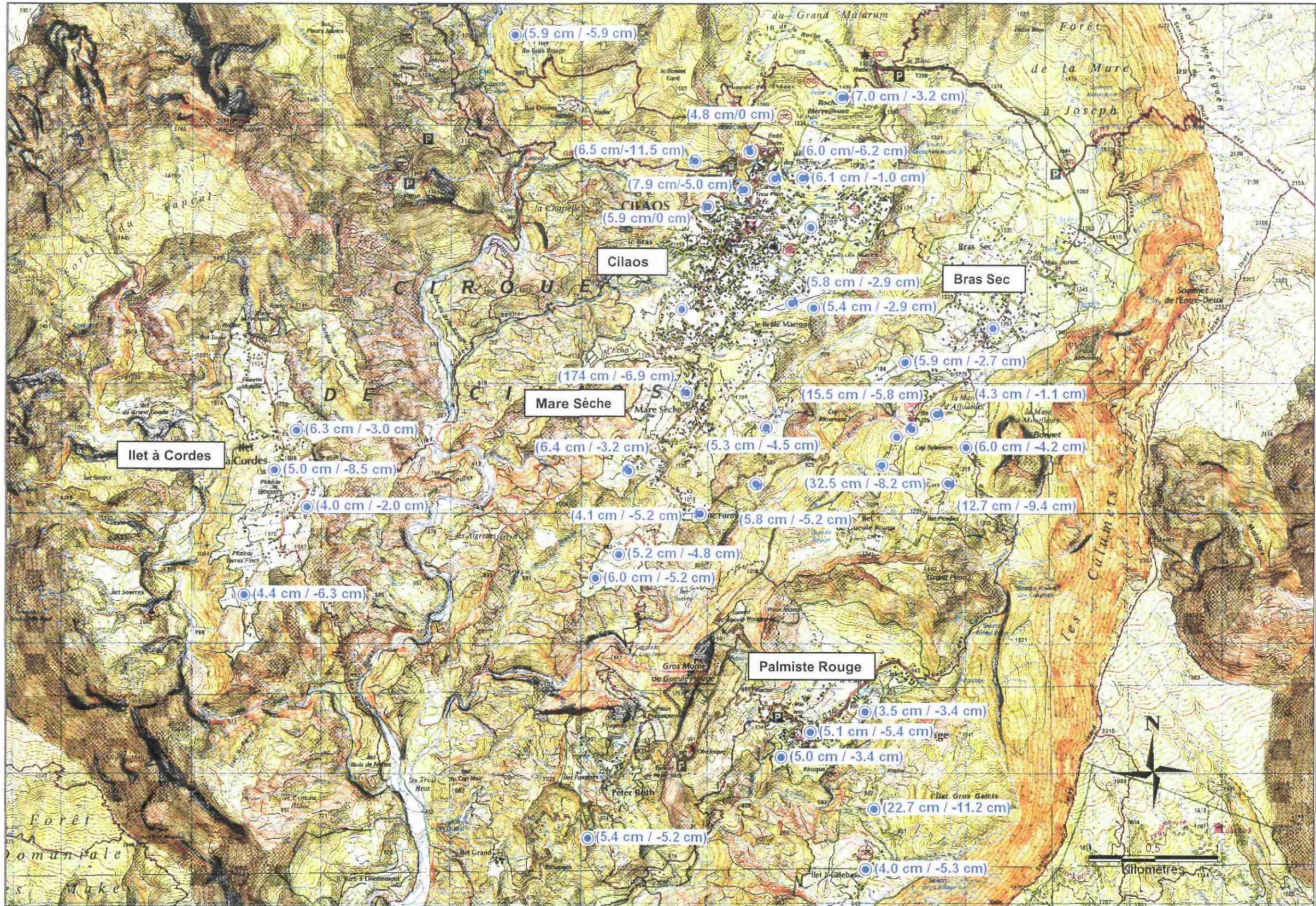


Figure 3 : Déplacements enregistrés sur Cilaos – (déplacement XY / déplacement Z)



## 2.3 RESEAU DU CIRQUE DE MAFATE

### 2.3.1 Dispositif en place

Le réseau géodésique de Mafate, comportant 21 bornes, est constitué de la façon suivante :

- Les bornes en béton construites spécifiquement dans le cadre du projet de recherche MVTerre (12 points mis en place en 2003, 4 points en 2007), auquel s'ajoute le point pivot à la maison forestière de la Nouvelle ;
- Les points préexistants : bornes IGN (4 points)

La localisation de ces bornes est présentée sur la figure 5.

### 2.3.2 Résultats des campagnes de mesure

Deux sessions de mesures ont été réalisées sur le réseau de Mafate :

- 1<sup>ère</sup> campagne d'octobre à décembre 2003 ;
- 2<sup>nde</sup> campagne au cours du mois d'octobre 2007.

Les coordonnées des points sont données en annexe 2. Le tableau n°4 présente, pour l'ensemble des points du réseau de Mafate, les déplacements observés entre ces deux sessions de mesures, à l'exception :

- des bornes GP1 à GP4 mises en place l'année dernière, pour lesquelles la campagne 2007 constitue donc l'établissement d'un « point zéro » (leurs coordonnées sont données en annexe 2) ;
- des bornes IGN0812 et IGN0813 pour lesquelles aucune mesure antérieure à celle acquise lors de la campagne 2007 n'est disponible .

#### a. Tendance générale :

De façon analogue à Cilaos, les déplacements observés sur Mafate apparaissent relativement limités. Les vitesses de déplacement sur la période d'observation varient entre 0,8 cm/an (borne IGN1518 à Marla) et 2,4 cm/an (borne Ma14 à llet aux Lataniers) à comparer aux 1,6 cm/an observés au niveau du pivot dans le Cirque (Ma 01). En ce qui concerne les déplacements verticaux, ils se limitent à quelques centimètres (7 cm au maximum en 4 ans au niveau de l'let aux Orangers). Contrairement à Cilaos et Salazie où les valeurs enregistrées mettent en évidence des phénomènes de tassement, les déplacements verticaux enregistrés sur Mafate témoignent apparemment de phénomènes de soulèvement (apparentés à du basculement ?).

#### b. Marla :

Trois bornes sont en place aux abords de Marla. Elles soulignent toutes un déplacement significatif vers le Nord-Ouest / Nord-Nord-Ouest, de 3 à 7 cm en planimétrie et de 6 à 7 cm en altimétrie.

c. La Nouvelle :

Au niveau de La Nouvelle, les bornes Ma2, Ma3, Ma4 et IGN0814 mettent en évidence de façon homogène un déplacement orienté au Nord-Ouest (Rivière des Galets), de l'ordre de 5 à 7 cm en planimétrie, comparable aux mouvements détectés sur le pivot. Les déplacements altimétriques restent eux assez modestes (de 0 à 4 cm).

### **2.3.3 Récapitulatif**

Comme pour Cilaos, les résultats apparaissent peu significatifs, les valeurs de déplacement étant souvent du même ordre de grandeur que ceux obtenus pour le pivot local ayant servi à la première campagne de mesures. Leur interprétation ne pourra de fait être envisagée qu'après une éventuelle confirmation des tendances observées lors des deux premières campagnes de positionnement.

Seul le site de Marla semble montrer des déplacements significatifs vers le Nord Ouest, ceux-ci restant somme toute pour le moment relativement modérés.

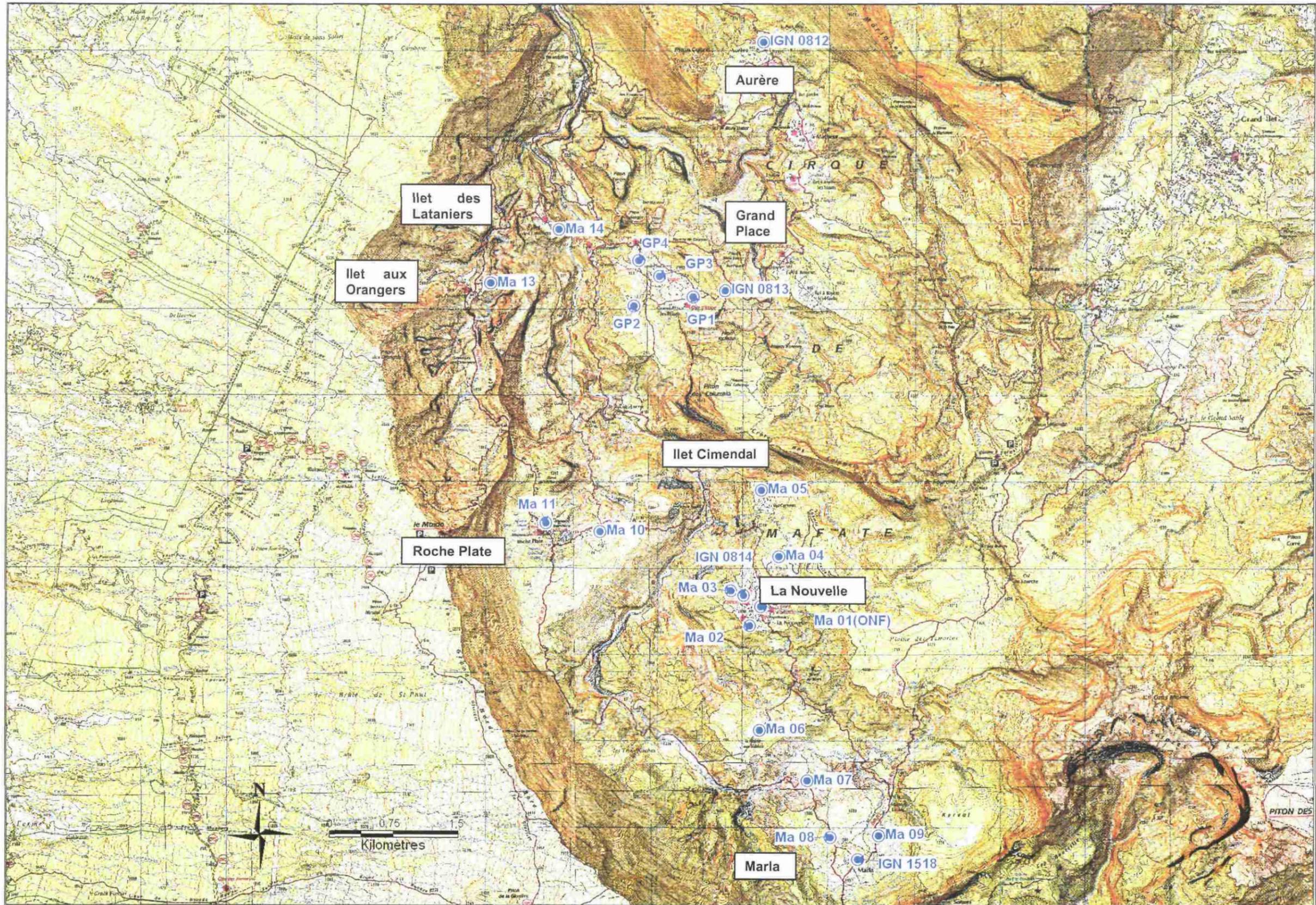


Figure 5 : Localisation des bornes du réseau géodésique de Mafate

POINTS	TYPE DE POINT	ECART XY (cm)	VITESSE DE DEPLACEMENT (cm/an)	ECART Z (cm)	GISEMENT (°)
ONF (Ma 01)	borne MVTerre	5,6	1,3	0,6	310°0
Ma 02	borne MVTerre	6,1	1,5	4,3	299°3
Ma 03	borne MVTerre	5,4	1,3	3,3	324°5
Ma 04	borne MVTerre	5,3	1,3	2,9	304°2
Ma 05	borne MVTerre	6,8	1,6	2,6	321°5
Ma 06	borne MVTerre	3,6	0,9	0,2	320°4
Ma 07	borne MVTerre	5	1,2	5,4	261°1
Ma 08	borne MVTerre	4	1,0	6,7	326°5
Ma 09	borne MVTerre	5,4	1,3	6	300°2
Ma 10	borne MVTerre	6,7	1,6	0,4	298°4
Ma 11	borne MVTerre	4,4	1,1	1,8	298°6
Ma 13	borne MVTerre	6,2	1,5	6,9	288°3
Ma 14	borne MVTerre	10	2,4	1,8	290°0
IGN0812	borne IGN	<b>Aucune mesure précédente</b>			
IGN0813	borne IGN				
IGN0814	borne IGN	6,6	1,6	0	298°0
IGN1518	borne IGN	3,4	0,8	5,9	298°2
GP1	borne MVTerre	<b>Aucune mesure précédente</b>			
GP2	borne MVTerre				
GP3	borne MVTerre				
GP4	borne MVTerre				

**Tableau 4 : Ecart obtenu sur le réseau de Mafate entre les campagnes 2003 et 2007**

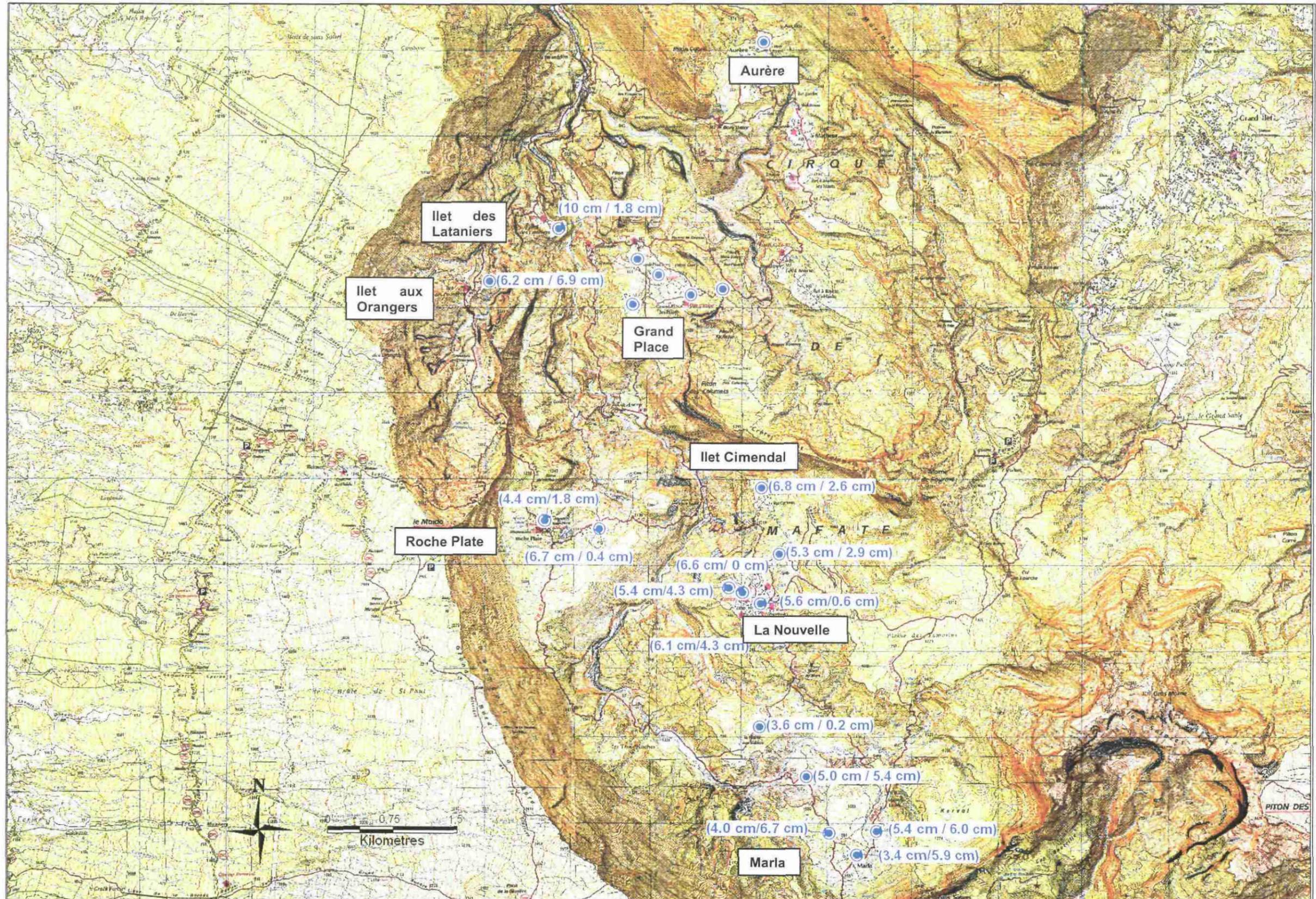


Figure 6 : Déplacements enregistrés sur Mafate – (déplacement XY / déplacement Z)

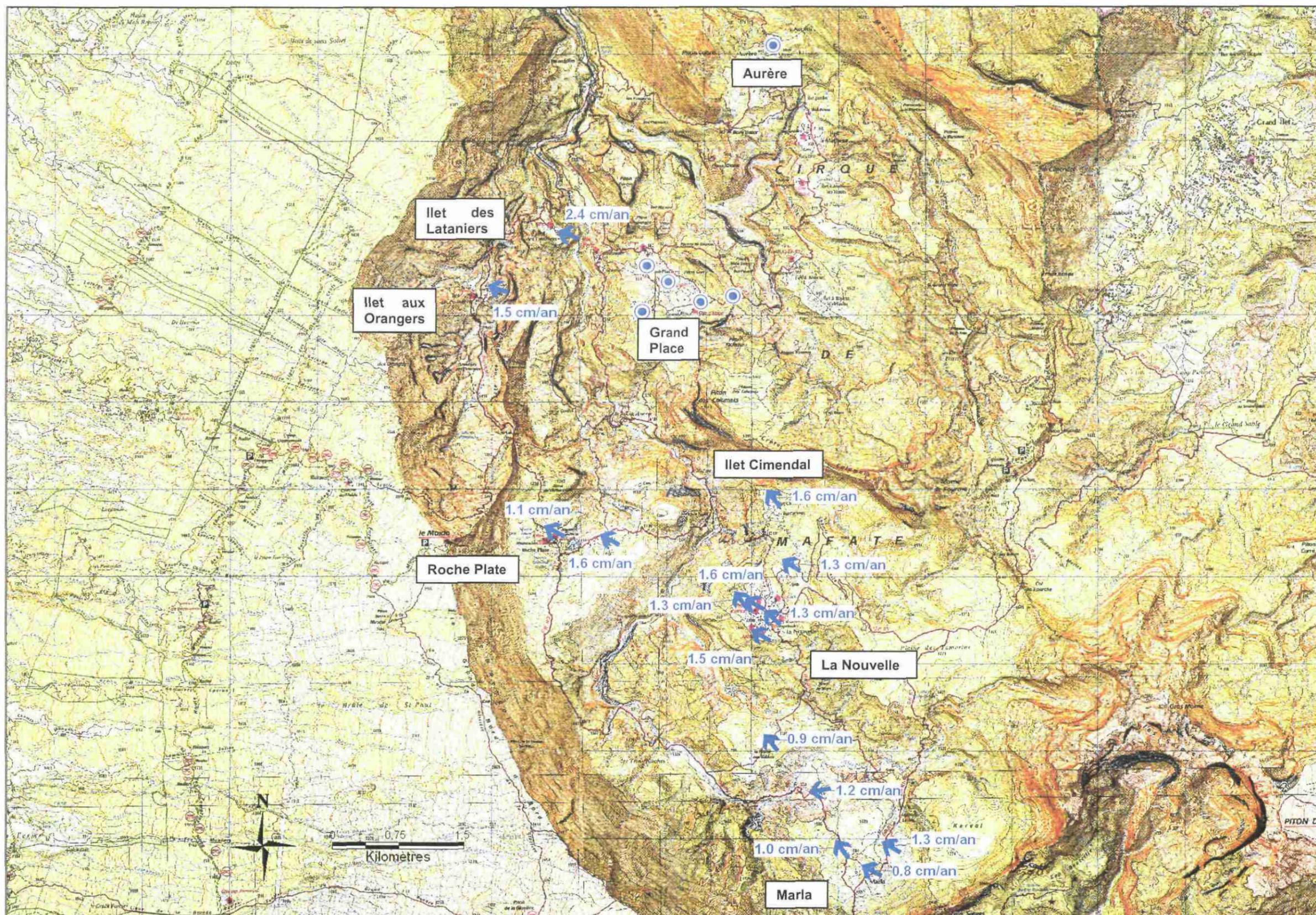


Figure 7 : Vitesses de déplacement moyennes et orientation du vecteur déplacement sur Mafate

## 2.4 RESEAU DU CIRQUE DE SALAZIE

### 2.4.1 Dispositif en place

Le réseau géodésique de Salazie comporte 104 points de mesure, répartis de la façon suivante :

- Les bornes en béton construites spécifiquement dans le cadre du projet de recherche : une soixantaine de points mis en place en 2003, réparties sur les zones présumées en mouvement du cirque et/ou sur les zones à enjeux ;
- Les repères en laiton (spit) scellés dans un bloc rocheux ou dans une structure en béton, également mis en place en 2003 pour le programme de recherche (une vingtaine de points) ;
- Les points préexistants : bornes IGN (5 points) ;
- Les repères (spit et bornes en béton) mises en place en 2007 dans le cadre du projet de recherche. Il s'agit des bornes SA102, SA103, SA104 et SA105 sur le secteur de Mathurin, des bornes SA106, SA108 et SA109 sur llet à Vidot et des bornes SA114, SA115, SA116 et SA117 sur llet à Goyaves. Il s'agit également des stations SAGI, SAHB et PIVOT1 mises en place au niveau des stations GPS permanentes présentes dans le cirque (cf. paragraphe 3) de façon à vérifier à en vérifier la cohérence des résultats.

Par rapport au réseau initial, une dizaine de bornes (parmi celles disposées en 2003) a disparu :

SA13 : parking ;	SA59 : route	SA69 : glissement de terrain ;
SA27 : mur de clôture ;	goudronnée ;	
SA31 : fossé remblayé ;	SA66 : route	SA81 : cassée ;
SA33 : route modifiée ;	goudronnée ;	SA83 : allée bétonnée
SA36 : route nouvelle ;		

La localisation de l'ensemble des points du réseau est donnée sur la figure 8 page suivante.

### 2.4.2 Résultats des campagnes de mesure

Plusieurs sessions de mesures ont été réalisées sur le réseau de Salazie :

- 1<sup>ère</sup> campagne d'août à décembre 2003 ;
- 2<sup>ème</sup> campagne de mai à juin 2004 ;
- 3<sup>ème</sup> campagne de septembre à octobre 2007 (mission « globale » portant sur environ 80 points de mesure intéressant l'ensemble du cirque) ;
- 4<sup>ème</sup> campagne de mesure d'octobre et novembre 2007 (mission limitée aux bornes Pivot 1, SAGI, SAHB, et aux bornes nouvellement implantées SA106, SA108 et SA109 de llet à Vidot pour lesquelles la campagne correspond ainsi à un point « zéro ») ;
- 5<sup>ème</sup> campagne de mesure de janvier et février 2008 (mission limitée aux mêmes bornes que celles relevées au cours de la campagne précédente).

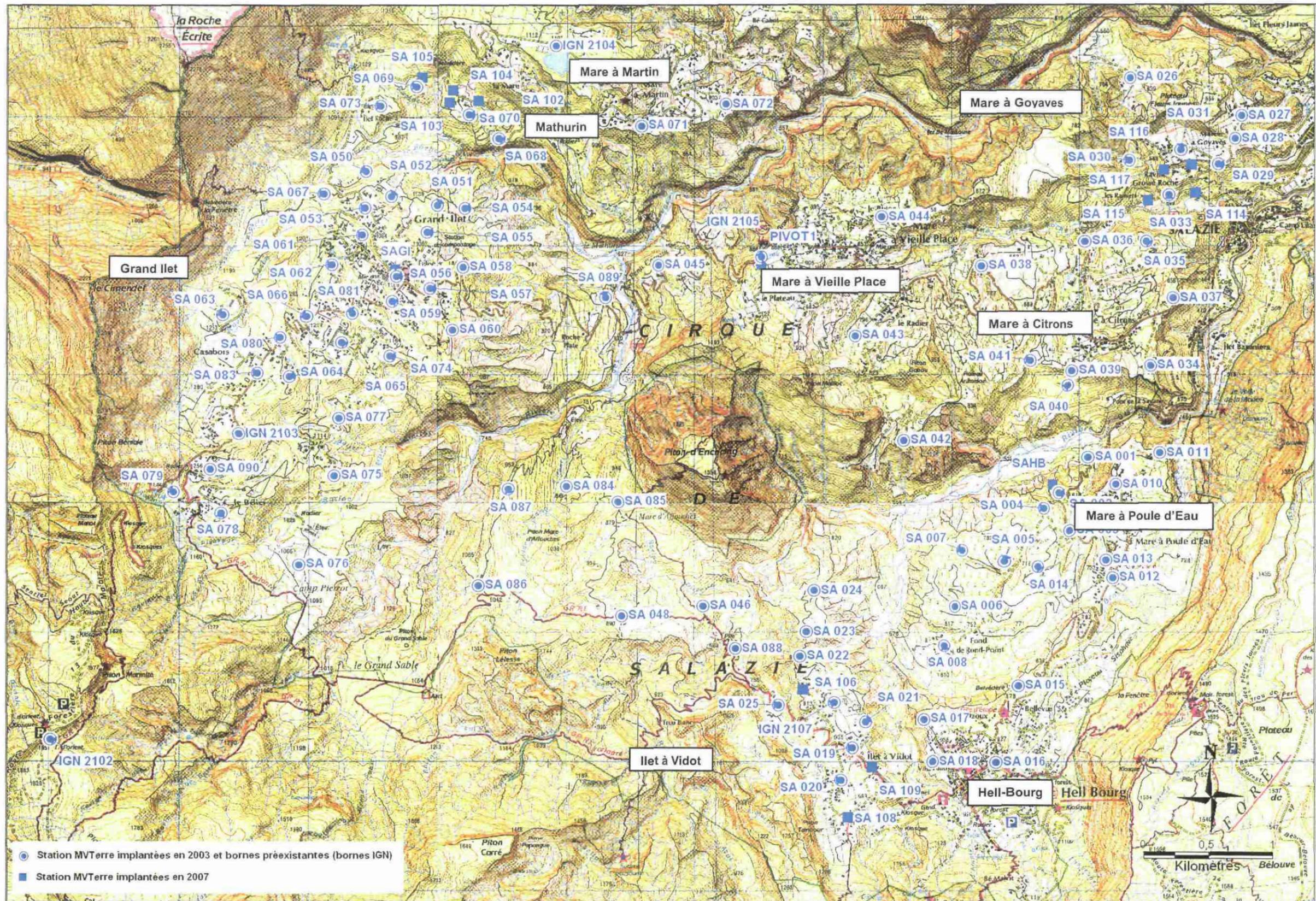


Figure 8 : Localisation des bornes du réseau géodésique de Salazie

Le tableau n°5 ci-dessous, ainsi que les figures 9 et 10, présentent les écarts observés entre les campagnes 2003 et 2007 (les coordonnées des points sont par ailleurs données en annexe 3). Les figures 9 et 10 synthétisent respectivement d'une part les déplacements planimétrique et altimétrique, et d'autre part la vitesse de déplacement horizontal moyenne et l'orientation du vecteur de déplacement.

POINTS	TYPE DE POINT	ECART XY (m)	VITESSE DE DEPLACEMENT (cm/an)	ECART Z (m)	GISEMENT (°)
SA 001	borne MVTerre	4,31	103,5	-0,07	359°2
SA 002	borne MVTerre	6,60	158,3	-1,55	358°4
SA 003	spit	4,78	114,8	-1,28	1°1
SA 004	borne MVTerre	6,96	167,1	-2,43	0°2
SA 005	borne MVTerre	4,52	108,5	-1,07	0°1
SA 006	spit	4,15	99,7	-0,98	357°3
SA 007	spit	4,53	108,6	-0,96	356°3
SA 008	borne MVTerre	3,90	93,5	-0,90	358°2
SA 010	spit	0,08	1,9	-0,04	298°1
SA 011	borne MVTerre	0,06	1,5	-0,05	304°5
SA 012	borne MVTerre	0,07	1,7	-0,06	303°4
SA 013	borne MVTerre	<b>Borne "perdue" (parking)</b>			
SA 014	spit	<b>Borne en place mais non accessible</b>			
SA 015	borne MVTerre	0,47	11,3	-0,61	303°2
SA 016	borne MVTerre	0,06	1,5	-0,05	290°0
SA 017	borne MVTerre	0,52	12,5	-0,58	352°1
SA 018	spit	0,06	1,3	-0,09	315°2
SA 019	borne MVTerre	0,37	9,0	-0,23	10°0
SA 020	borne MVTerre	0,18	4,2	-0,25	9°3
SA 021	borne MVTerre	0,45	10,7	-0,21	17°5
SA 022	borne MVTerre	0,74	17,8	-1,27	14°4
SA 023	borne MVTerre	0,70	16,7	-1,56	22°2
SA 024	borne MVTerre	0,80	19,3	-0,26	333°4
SA 025	borne MVTerre	0,27	6,4	-0,18	356°2
SA 026	spit	0,05	1,2	0,00	302°1
SA 027	borne MVTerre	<b>Borne "perdue" (mur de cloture)</b>			
SA 028	spit	0,06	1,5	0,01	295°2
SA 029	spit	0,08	2,0	-0,04	298°5
SA 030	borne MVTerre	0,07	1,6	-0,02	284°1
SA 031	borne MVTerre	<b>Borne "perdue" (fossé remblayé)</b>			
SA 033	spit	<b>Borne "perdue" (route modifiée)</b>			
SA 034	borne MVTerre	0,06	1,4	0,03	325°2

SA 035	borne MVTerre	0,07	1,7	0,00	292°1
SA 036	borne MVTerre	Borne "perdue" (route nouvelle)			
SA 037	borne MVTerre	0,06	1,3	-0,04	284°3
SA 038	borne MVTerre	0,07	1,6	-0,06	292°3
SA 039	borne MVTerre	0,04	0,9	-0,02	309°5
SA 040	borne MVTerre	0,72	17,3	-1,25	247°2
SA 041	borne MVTerre	0,05	1,2	-0,03	291°1
SA 042	borne MVTerre	0,05	1,1	-0,05	292°2
SA 043	borne MVTerre	0,07	1,8	-0,07	298°0
SA 044	borne MVTerre	0,07	1,7	-0,03	287°0
SA 045	borne MVTerre	0,10	2,3	-0,07	293°2
SA 046	spit	0,11	2,5	-0,03	348°3
SA 048	spit	0,19	4,6	-0,16	25°5
SA 050	borne MVTerre	1,84	44,1	-0,51	40°2
SA 051	borne MVTerre	1,56	37,5	-0,27	46°4
SA 052	borne MVTerre	1,24	29,7	-0,73	32°5
SA 053	spit	Borne non mesurée lors de la campagne 2003			
SA 054	borne MVTerre	2,30	55,2	-0,58	49°4
SA 055	borne MVTerre	0,99	23,8	-0,38	41°0
SA 056	spit	0,60	14,4	-0,22	46°1
SA 057	spit	0,60	14,4	-0,21	47°3
SA 058	spit	0,80	19,3	-0,16	56°4
SA 059	spit	Borne "perdue" (route goudronnée)			
SA 060	borne MVTerre	0,28	6,7	-0,17	61°2
SA 061	borne MVTerre	0,52	12,4	-0,34	37°5
SA 062	borne MVTerre	0,23	5,5	-0,18	45°3
SA 063	borne MVTerre	0,03	0,8	-0,12	10°3
SA 064	spit	0,13	3,2	-0,14	35°5
SA 065	borne MVTerre	0,17	4,1	-0,17	46°5
SA 066	spit	Borne "perdue" (route goudronnée)			
SA 067	borne MVTerre	0,30	7,3	-0,16	48°3
SA 068	borne MVTerre	0,09	2,1	-0,07	291°2
SA 069	borne MVTerre	Borne "perdue" (glissement de terrain)			
SA 070	borne MVTerre	1,16	27,8	-0,68	176°2
SA 070.1		Non mesurée dans la campagne de 2003			
SA 071	borne MVTerre	0,09	2,2	-0,05	311°0
SA 072	borne MVTerre	0,08	1,8	-0,08	309°0
SA 073	borne MVTerre	0,09	2,2	-0,10	291°0
SA 074	borne MVTerre	0,16	3,7	-0,17	73°4
SA 075	spit	0,13	3,1	-0,11	120°0
SA 076	borne MVTerre	0,09	2,2	-0,07	283°2

SA 077	borne MVTerre	0,12	2,9	-0,11	103°3
SA 078	borne MVTerre	0,27	6,4	-0,12	127°0
SA 079	borne MVTerre	0,20	4,8	-0,18	114°4
SA 080	borne MVTerre	0,12	2,9	-0,18	25°5
SA 081	borne MVTerre	Borne "perdue" (borne cassée)			
SA 083	spit	Borne "perdue" (allée bétonnée)			
SA 084	borne MVTerre	0,25	6,0	0,01	334°0
SA 085	borne MVTerre	0,32	7,7	-0,11	350°2
SA 086	borne MVTerre	0,08	2,0	-0,01	293°4
SA 087	borne MVTerre	0,06	1,5	-0,05	294°1
SA 088	borne MVTerre	0,09	2,2	-0,02	295°4
SA 089	borne MVTerre	0,07	1,7	-0,07	283°3
SA 090	spit	0,03	0,8	-0,08	219°0
SA 102	borne MVTerre	point nouveau			
SA 103	borne MVTerre	point nouveau			
SA 104	borne MVTerre	point nouveau			
SA 105	borne MVTerre	point nouveau			
SA 106	borne MVTerre	point nouveau			
SA 108	borne MVTerre	point nouveau			
SA 109	borne MVTerre	point nouveau			
SA 114	borne MVTerre	point nouveau			
SA 115	borne MVTerre	point nouveau			
SA 116	borne MVTerre	point nouveau			
SA 117	borne MVTerre	point nouveau			
IGN2102	borne IGN	0,09	2,1	0,00	294°3
IGN2103	borne IGN	0,08	2,0	-0,09	63°4
IGN2104	borne IGN	0,07	1,7	0,00	284°5
IGN2105	borne IGN	0,07	1,7	-0,04	294°3
IGN2107	borne IGN	0,69	16,5	-0,60	9°3
PIVOT1 (MAVP)	spit	0,06	1,4	-0,04	301°4
SAGI	spit	point nouveau			
SAHB	spit	point nouveau			

Tableau 5 : Ecarts obtenus sur le réseau de Salazie entre les campagnes 2003 et 2007



Figure 9 : Déplacements enregistrés sur Salazie – (déplacement XY / déplacement Z)

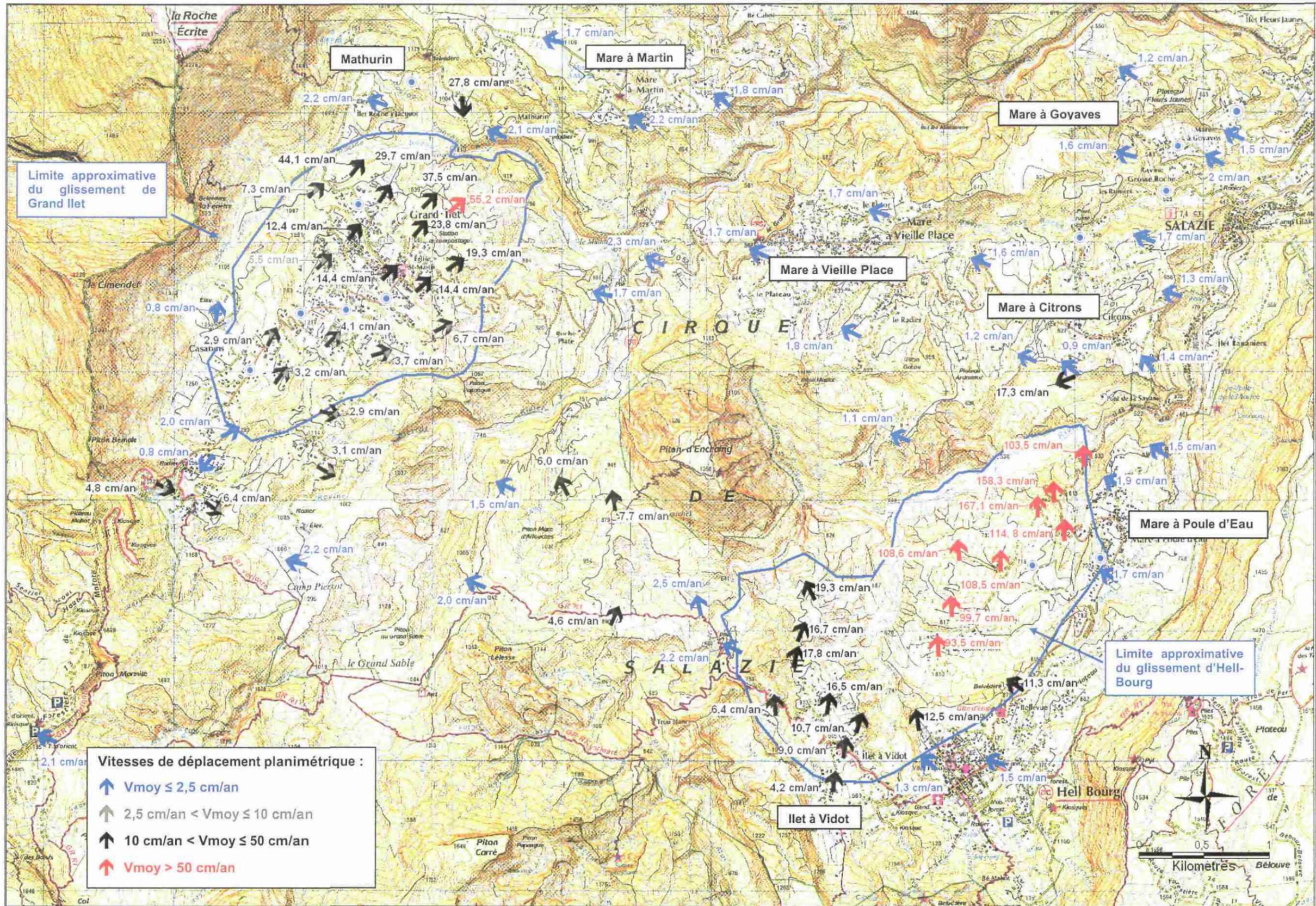


Figure 10 : Vitesses de déplacement horizontales moyennes et orientation du vecteur déplacement sur Salazie

a. Grand Ilet :

Concernant le secteur de Grand Ilet, les écarts mesurés entre 2003 et 2007 confirment l'existence d'un mouvement généralisé du plateau en direction du Nord-est. Les vitesses de déplacement les plus importantes concernent l'extrémité nord-est du plateau, avec des valeurs moyennes de l'ordre de 30 cm/an à 55 cm/an (bornes SA050 à SA054). Les levés confirment par ailleurs une décroissance des déplacements vers le Sud-ouest, ceux-ci ne dépassant pas quelques cm/an au niveau de Casabois (ordre de grandeur de 3 cm/an), mais confirment par là-même (avec les nuances évoquées à la fin de ce paragraphe) que cette partie du plateau est également concernée par le mouvement d'ensemble. De plus, les mesures en altimétrie mettent en évidence pour l'ensemble du plateau un phénomène de tassement généralisé, avec des valeurs minimales de l'ordre de 0,08 m sur la période d'observation et des valeurs maximales dépassant 0,70 m (borne SA052).

De façon distincte, la partie Sud du Bélier présente quant-à-elle des vitesses de déplacement comprises entre 4,8 cm/an et 6,4 cm/an en direction du Sud-est (mécanisme de glissement distinct de celui du mouvement d'ensemble de Grand Ilet – vecteur déplacement orienté au Sud-est).

Par ailleurs Les bornes implantées vers Camp Pierrot, en contrebas du Bélier, indique également des mouvements qui reste de faible amplitude mais néanmoins significatifs (bornes 76, 77). Le mouvement semble s'atténuer vers le Sud (borne 76) , site où a été implantée la station de traitement des lisiers de Grand Ilet (zone à enjeux fort pour le cirque). La route d'accès bouge et reste à surveiller

b. Mare à Martin :

Sur Mare à Martin, les bornes SA071, SA072 et IGN2104 ne révèlent pas de mouvement significatif, les vitesses de déplacement restant inférieures à 2 cm/an en moyenne tandis que les variations altimétriques n'excèdent pas 8 cm. De plus, l'attention est attirée sur le fait que les mesures indiquent une orientation des déplacements présumés vers le Nord-Ouest, orientation peu compatible avec la topographie locale qui laisserait plutôt présager d'un déplacement orienté Sud à Sud-est (direction Ravine Roche à Jacquot ou Rivière Fleurs Jaunes). Les écarts sont donc ceux du pivot local ayant servi à la première série de mesures, et ne reflètent donc pas de mouvement significatif par rapport à ce celui-ci.

c. Mathurin :

Sur Mathurin, la borne SA070 montre des variations très significatives, avec un déplacement horizontal de près de 28 cm/an en moyenne en direction de la Ravine Roche à Jacquot, associé à un tassement proche de 70 cm sur la période 2003-07.

La borne SA 69 implantée dans la zone la plus active a été emportée par un glissement de terrain en 2006. Ce fait confirme que le secteur est particulièrement instable.

Le suivi confirme la forte activité du mouvement de grande ampleur de Mathurin avec des valeurs de déplacement proches de celles de Grand Ilet, situé sur le versant opposé par rapport à la ravine de Roche à Jacquot.

A noter que les bornes 102, 103, 104, 105 implantées sur le glissement actif en 2007 n'ont pas encore fourni de résultats.

d. Hell-Bourg – Mare à Poule d'Eau :

Concernant le glissement d'Hell-Bourg, c'est sur la bordure nord-ouest de Mare à Poule d'Eau et au niveau de Fond de Rond Point que les déplacements observés sont les plus importants, avec des vitesses comprises entre près de 1 m/an et 1,70 m/an environ. Dans ce secteur, les vitesses de déplacement pour la zone la plus active étaient de l'ordre de 0,5 m/an sur la période 1995-2001 (extrait du rapport BRGM RP-52938 de décembre 2003). Les bornes SA001 à SA008 indiquent un vecteur déplacement orienté au Nord.

Le plateau de Mare à Poule d'Eau, ainsi que le village d'Hell-Bourg, ne sont quant-à-eux affectés que par des mouvements peu significatifs (vitesses limitées à moins de 2 cm/an du même ordre de grandeur que celle enregistrées sur le pivot local

A noter cependant d'une part que la borne SA013 située au droit du lotissement des Bambous à Mare à Poule d'Eau n'est plus opérationnelle, et que d'autre part les points SA015 et SA017 (disposées sur la bordure Nord du plateau d'Hell-Bourg) soulignent un déplacement orienté nord à nord-ouest de l'ordre de 11 à 12 cm/an.

e. Ilet à Vidot :

Sur Ilet à Vidot, les bornes SA019 à SA024 et IGN2107 semblent s'accorder pour témoigner d'un mouvement orienté vers le Nord/Nord-est, entre N9° et N24° (seule la borne SA024 à l'extrémité septentrionale de l'îlet montre un azimuth N333°), avec des vitesses de déplacement augmentant vers le Nord, passant de 4 cm/an environ à près de 20 cm/an.

f. Mare à Citrons – Mare à Vieille Place :

Concernant Mare à Citrons et Mare à Vieille Place, toutes les bornes relevées montrent des vitesses de déplacement peu significatives, comprises entre 1 cm/an et 2 cm/an.

Seule la borne SA040, située sous Mare à Citrons sur le versant rive gauche de la Rivière du Mat, met en évidence des mouvements très importants (vitesse moyenne de 17,3 cm/an en direction du Sud-ouest). Le compartiment affaissé glisse vers la rivière du Mât, selon une direction opposée à celle du glissement d'Hell-Bourg.

g. Mare à Goyaves :

De façon analogue à Mare à Citrons et Mare à Vieille Place, les bornes relevées sur le plateau de Mare à Goyaves, ainsi que sur le plateau Fleurs Jaunes, ne révèlent que des valeurs de déplacement très limitées (inférieures à 2 cm/an) du même ordre de grandeur que pour le pivot. Les valeurs ne sont donc pas représentatives de déplacements importants. Toutefois, il conviendra de souligner que les bornes implantées récemment en 2007 dans la zone active 114, 115, 116, 117, en bordure Sud du plateau de Mare à Goyaves n'ont pas encore fourni de résultat. Ces derniers points pourront peut-être mettre en évidence un glissement de la partie du secteur.

h. Sud-ouest du Piton d'Enchaing :

Le secteur montre des mouvements significatifs au niveau des bornes SA084 et SA085 affectées d'un déplacement planimétrique moyen de 6 à 8 cm/an vers le Nord-Nord-est.

Si l'on y associe les résultats de bornes SA 46 et 48 plus au Sud ayant montré des déplacements vers le Nord pouvant approcher 5 cm/an, il convient d'affirmer qu'un glissement de terrain important intéresse tout le secteur Sud du Piton d'Enchaing. Ceci est confirmé par l'existence de fissures ouvertes ayant été repérées sur ce secteur lors la mise en place des bornes.

## 2.4.3 Résultats additionnels

Le tableau ci-dessous présente quant-à-lui les écarts observés sur quelques unes des bornes implantées en 2007, entre les quatrième (octobre et novembre 2007) et cinquième (janvier et février 2008) campagnes. Il s'agit des bornes SA106, SA108 et SA109 implantées sur le secteur d'Ilet à Vidot, et des stations SAGI, SAHB et PIVOT1.

POINTS	TYPE DE POINT	ECART XY (cm)	ECART Z (cm)	GISEMENT (°)
SAGI	Spit	6,0	-2,1	45°2
SAHB	Spit	56,4	-9,7	358°3
PIVOT1	Spit	2,6	-4,3	271°3
SA106	borne MVTerre	0,7	3,1	58°2
SA108	borne MVTerre	1,7	3,6	161°5
SA109	borne MVTerre	2,8	-11,2	51°4

*Tableau 6 : Ecart obtenu sur quelques bornes du réseau de Salazie entre Octobre/Novembre 2007 et Janvier/Février 2008*

A l'exception de la borne SAHB, les variations mesurées apparaissent peu significatives (pour SA109, l'écart en altimétrie est considéré comme douteux par le cabinet de géomètre compte-tenu des difficultés rencontrées pour le relevé du point). Les tendances devront être analysées à la lumière des prochaines campagnes de levés. On notera néanmoins, concernant SAGI, que l'orientation du vecteur de déplacement (N45°) est conforme à l'orientation générale du mouvement de Grand Ilet mise en évidence par les mesures sur les autres bornes.

Concernant le point SAHB, les mesures indiquent un déplacement planimétrique supérieur à 0,50 m en 6 mois environ, associé à un tassement proche de 10 cm. Entre les mesures effectuées le 9 janvier et le 20 février 2008 (5<sup>ème</sup> campagne de mesure), l'écart constaté en planimétrie a été de 0,35 m, soit une vitesse de déplacement moyenne sur cette période proche de 1 cm/jour. On notera qu'entre le 20 décembre 2007 et le 20 février 2008, il est tombé environ 2140 mm d'eau sur le poste pluviométrique de Salazie Village, et 1770 mm sur le poste d'Ilet à Vidot. Le vecteur déplacement observé est orienté sensiblement plein Nord, soit une orientation sensiblement analogue à celle du vecteur de déplacement observé sur la borne SA002 située à faible distance.

#### **2.4.4 Suivi GPS antérieur au programme MVTerre**

La Direction des Routes du Conseil Général de La Réunion a initié en 1995 un programme de suivi des mouvements de terrain affectant les principales infrastructures routières du cirque de Salazie que sont la RD52 et la RD48. Jusqu'en 2002, ce programme a fait l'objet de conventions annuelles dans le cadre des actions de Service public du BRGM (financement à parts égales entre la Dotation de Service public du BRGM et le Conseil général).

Les deux premières années du suivi, la fréquence des campagnes était de 4 par an. En fonction de variations constatées, les mesures ont ensuite été limitées à une campagne en fin d'année (avant la saison cyclonique) et une seconde campagne après la fin de la saison cyclonique (entre mai et juillet).

##### **Réseau de la RD52 (desserte de Grand Ilet) :**

Le suivi a débuté en janvier 1997 et concernait 10 stations sur le linéaire compris entre le pont de la Rivière Fleurs Jaunes et le village de Grand Ilet. Six nouvelles stations sur le tronçon de route se poursuivant jusqu'au Béliet ont complété le réseau à partir de mai 1998. Des contrôles ont par ailleurs été réalisés sur la borne IGN de Casabois (borne IGN2103). L'identification des bornes suivies est donnée figure n°11.

Les résultats de ce suivi sont globalement cohérents avec ceux obtenus dans le cadre du programme MVTerre. On retiendra synthétiquement les principaux points suivants :

- le suivi réalisé dès 1997 soulignait déjà l'existence d'un mouvement généralisé orienté vers le Nord-est ;
- les amplitudes maximales enregistrées entre 1997 et 2002 ont été relevées sur les stations 105 et 108, avec des déplacements planimétriques supérieurs à 0,80 m, soit des vitesses de déplacement de l'ordre de 17 cm/an. A titre comparatif, la station du réseau MVTerre la plus proche de la borne 105 (borne SA058) a mis en évidence des vitesses de déplacement sensiblement comparables (19,3 cm/an). La station MVTerre SA061, située légèrement plus au Sud que la 108 (la valeur de déplacement pour la borne MVTerre SA053 qui en était toute proche n'est pas disponible), indique des valeurs de déplacement de l'ordre de 12 cm/an, ce qui est somme toute du même ordre de grandeur ;

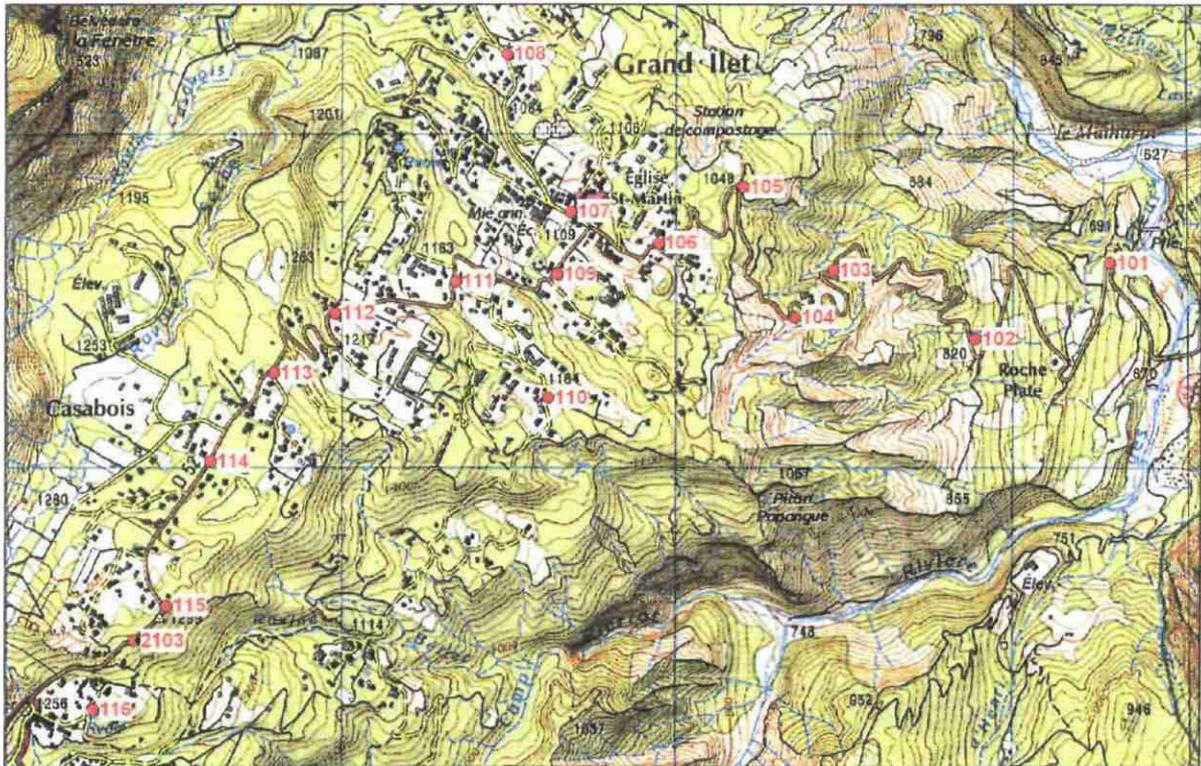
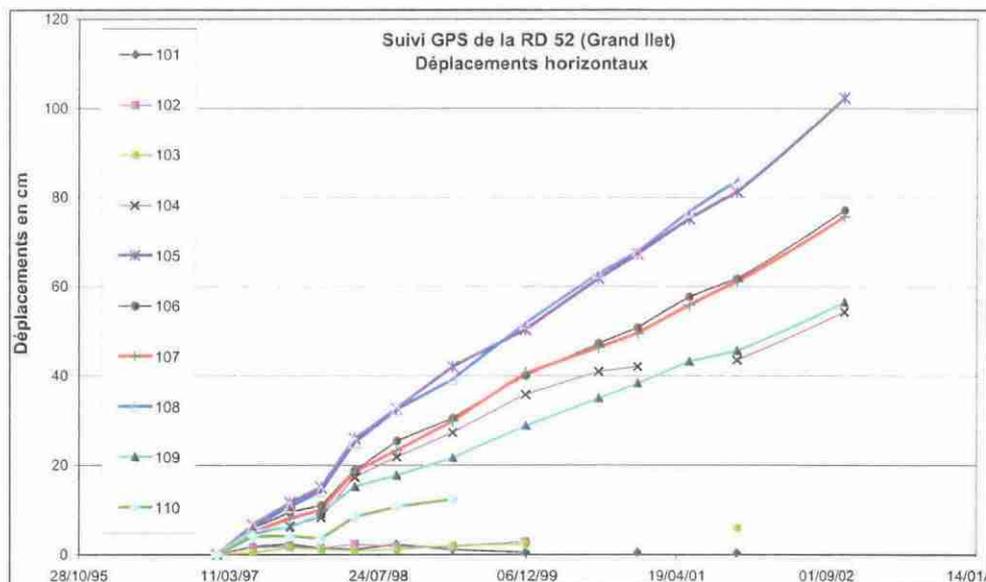


Figure 11 : Réseau observé dans le cadre du suivi des déformations de la RD52

- Entre 1997 et 2001, les stations de l'abattoir (106) et de l'église (107) se sont déplacées avec une vitesse moyenne voisine de 13 cm/an. Les bornes SA106 et SA107 du réseau MVTerre (proches des stations 106 et 107) se sont toutes deux déplacées à une vitesse moyenne similaire (14,4 cm/an) ;
- La différence de déplacements mesurés sur les bornes 103 (0,6 cm/an) et 104 (8,3 cm/an), sur le flanc Est du versant, permet de mettre distinctement en évidence la limite de la zone en glissement ;
- La station 114, située sur le plateau de Casabois, indiquait des déplacements horizontaux de l'ordre de 2,5 cm/an, selon une direction approximativement N70°. La borne MVTerre SA064 (située au même niveau sur le plateau mais plus à l'Est) montre quant-à-elle un déplacement moyen de 3,2 cm/an selon une direction N35°. Ces valeurs, comparables en terme d'importance des déplacements, tendent à souligner une activité de faible ampleur affectant le plateau de Casabois (de l'ordre de 2 à 4 cm/an pour l'ensemble du secteur) ;
- La station 116 a révélé un déplacement horizontal de l'ordre de 1,5 cm/an vers l'Est (N108° environ), tandis que la borne MVTerre SA090 a mis en évidence un mouvement de l'ordre de 0,8 cm/an selon une orientation N219° (SSW). Au delà des différences sur les gisements enregistrés, on soulignera le fait que les mesures convergent sur l'existence d'une activité intéressant le secteur du Bélier. Cette activité - d'ampleur limitée - semble toutefois se démarquer du mouvement général affectant Grand Ilet (moteur du glissement distinct) ;

- Tant les mesures réalisées dans le cadre du suivi de la RD52 que celles réalisées pour le compte du programme MVTerre soulignent le fait que les vitesses de déplacement décroissent de façon plus ou moins progressive en arrière du front du glissement. Les bornes 109, 111 et 112 (situées à proximité respectivement des stations MVTerre SA059, SA081 et SA066 pour lesquelles aucune donnée n'est disponible) montraient ainsi une atténuation du mouvement, les vitesses de déplacement « passant » de 9,5 cm/an pour la borne située le plus au Nord-est à moins de 5 cm/an pour celle située en position la plus reculée par rapport au front du phénomène (7,6 cm/an pour la borne intermédiaire) ;

L'évolution des déplacements mesurés sur les bornes de la RD52 est illustrée par la figure n°12 (extrait rapport BRGM/RP-52076-FR).



**Figure 12 : Evolution des déplacements mesurés sur la RD52 (mars 1997 à septembre 2002)**

La figure n°15 illustre la comparaison entre les données (vitesses de déplacement et orientation) issues d'une part du suivi de la RD52 et d'autre part du programme MVTerre.

#### **Réseau de la RD48 (desserte d'Hell-Bourg) :**

Ce réseau, dont le suivi a débuté en décembre 1995, concernait 18 stations réparties sur le tracé entre le pont de la Savane et le village d'Hell-Bourg. Le dispositif a été complété en mai 1998 par l'implantation de deux nouvelles stations sur le plateau de Mare à Poule d'Eau. L'identification des bornes suivies est donnée page suivante.

Les résultats de ce suivi sont globalement cohérents avec ceux obtenus dans le cadre du programme MVTerre (cf. figure n°15). On retiendra les principaux points suivants :

- le suivi réalisé dès 1995 soulignait l'existence d'un mouvement de grande ampleur, actif, se déplaçant vers le Nord (direction Rivière du Mât). Les gisements mesurés sont identiques à ceux mis en évidence sur les bornes MVTerre ;

- L'importance de l'activité dans la partie Nord-Ouest de Mare à Poule d'Eau était déjà mise en évidence, avec des déplacements sur les bornes 3 à 12 de l'ordre de 0,50 m/an. Il est à souligner que les bornes MVTerre SA001, SA002 et SA003, implantées dans le même secteur, révèlent sur la période 2003/07 une accélération sensible des mouvements, avec des déplacements planimétriques annuels compris entre 1 m et environ 1,50 m en moyenne ;

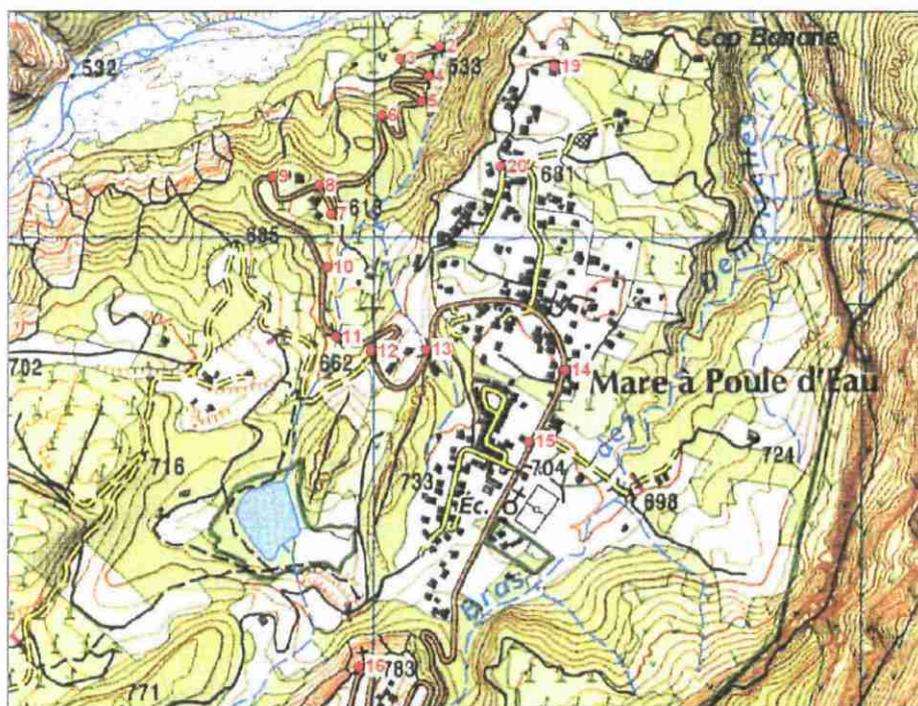


Figure 13 : Réseau observé dans le cadre du suivi des déformations de la RD48

- Les bornes situées sur le plateau de Mare à Poule d'eau (14, 15, 19 et 20), à distance plus ou moins grande de sa bordure Ouest, montraient des déplacements moyens très faibles (entre 0,2 et 0,6 cm/an), soulignant ainsi une relative stabilité. Les bornes SA010, SA011 et SA012 confirment cette analyse, mais on notera que les écarts mesurés sur la période 2003/07, bien que restant peu significatifs, sont plus importants et homogènes entre eux (entre 1,5 cm/an et 2 cm/an, avec une direction de déplacement orientée au Nord-Ouest). Cependant, il conviendra de rester prudent vis-à-vis de ces conclusions étant donnés les artéfacts liés au changement de référentiels entre les mesures MVTerre de 2003 et celles de 2007.

L'évolution des déplacements mesurés sur les bornes de la RD52 est illustrée par la figure n°14 (extrait rapport BRGM/RP-52083-FR).

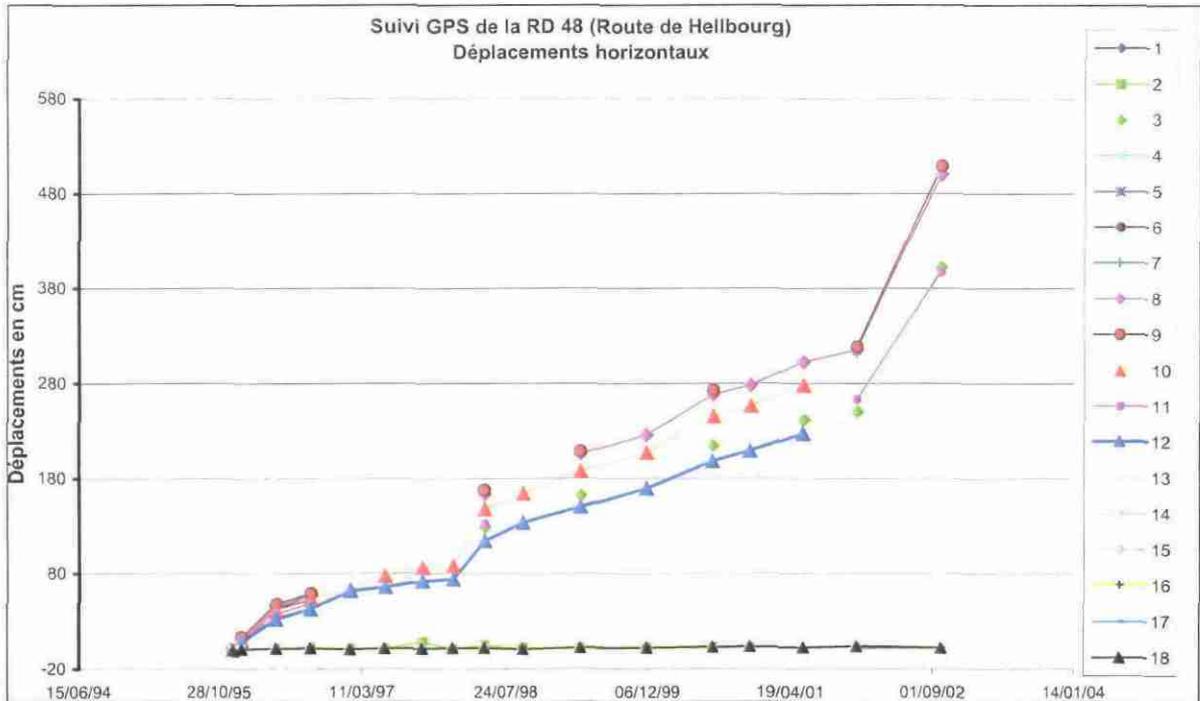


Figure 14 : Evolution des déplacements mesurés sur la RD48 (décembre 1995 à septembre 2002)

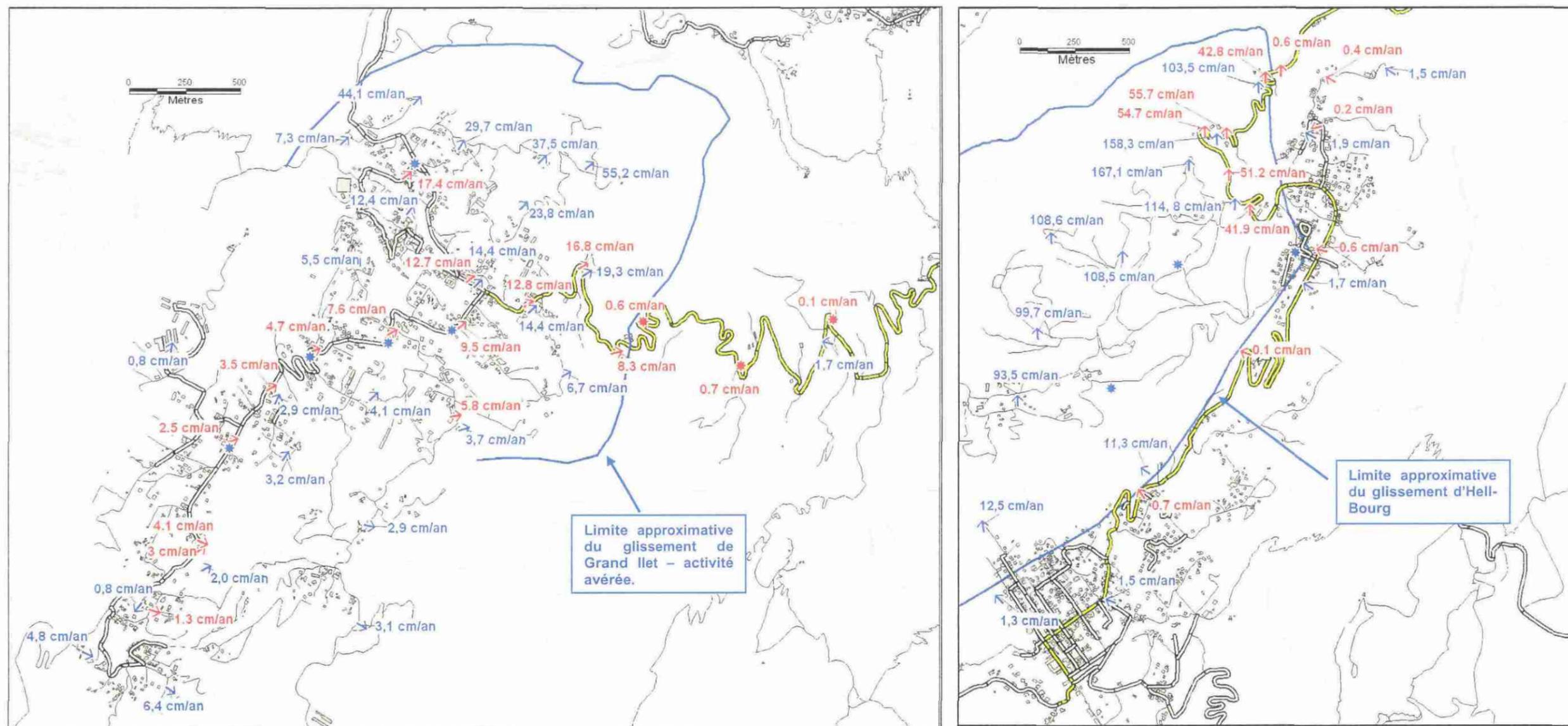


Figure 15 : Comparatif des déplacements (vitesses moyennes et gisement) mesurés entre les bornes du réseau routier départemental (en rouge, période 1995/2001) et les bornes MVTerre (en bleu - période 2003/07)  
Secteurs Grand Ilet (à gauche) et Mare à Poule d'Eau/Hell Bourg (à droite)

Les valeurs faibles en bleu sont toutes dans le même sens : valeur du pivot de Mare à Vieille Place

## 2.5 SYNTHÈSE

Le réseau de contrôle géodésique du massif du Piton des Neiges, mis en place en 2003 et complété en 2007, comprend aujourd'hui 148 bornes « valides », dont 135 ont été implantées dans le cadre du programme de recherche MVTerre (12 bornes IGN et 1 borne ONF complètent le réseau). Elles se répartissent de la façon suivante :

- 33 bornes dans le cirque de Cilaos ;
- 21 bornes dans le cirque de Mafate ;
- 94 bornes dans le cirque de Salazie.

Deux campagnes de mesures « générales » (portant sur l'ensemble du réseau), réalisées en 2003 (état « zéro ») et 2007, complétées par plusieurs campagnes « partielles », ont permis de préciser les connaissances relatives à la stabilité des plateaux situés dans les cirques et, en ce qui concerne certains secteurs aux instabilités avérées, de préciser l'évolution spatiale des mouvements et de quantifier les déplacements.

1. **Dans les cirques de Cilaos et Mafate**, peu de déplacements significatifs ont été mis en évidence, les vitesses moyennes de déplacement planimétriques étant le plus souvent comprises entre 1 et 2,5 cm/an, ce qui est peu « parlant » compte tenu des imprécisions de mesures, mais surtout du fait du changement de référentiel entre la première campagne de 2003 et les campagnes de 2007, les mouvements enregistrés étant du même ordre de grandeur que ceux constatés sur le pivot local initialement exploité. Les déplacements altimétriques restent également modestes.

Les seuls déplacements « notables » restent relativement localisés :

- à Cilaos :
  - la rive droite de la Ravine Bras Calebasse (borne CI23 - flanc sud-ouest de l'Ilet Gros Galets), avec une vitesse de déplacement moyenne planimétrique proche de 6 cm/an et un tassement de 11 cm sur la période d'observation ;
  - le secteur de Cap Sylvestre – Ilet du Bonnet Carré, avec des vitesses de déplacement moyennes de 3 à 4 cm/an (bornes CI08 et CI26), dans un secteur où un glissement d'importance était connu ;
  - au Nord de Cilaos, sur la route d'Ilet à Cordes, où des tassements d'environ 11 cm en 4 ans enregistrés sur la borne CI29 restent à confirmer ;
  - au niveau d'Ilet à Cordes où les bornes CI13 et IGN2402 ont mis en évidence un tassement apparent respectivement de 6,3 cm et de 8,5 cm en 4 ans associé à une très légère translation vers le Bras de Saint-Paul. Cette tendance assez surprenante reste à vérifier ;
- à Mafate :
  - seul le secteur de Marla montre des déplacements significatifs, avec des valeurs vers le Nord-Ouest / Nord-Nord-Ouest, de 3 à 7 cm en planimétrie et de 6 à 7 cm en altimétrie.

2. Dans le cirque de **Salazie**, les déplacements mesurés sont globalement peu significatifs pour les secteurs de Mare à Goyaves, Mare à Vieille Place, Mare à Citrons et Mare à Martin.

Pour **Grand Ilet**, les campagnes de mesures confirment l'existence d'un mouvement d'ensemble en direction du Nord-est. L'activité s'atténue lorsqu'on se déplace vers le Sud-ouest du plateau, passant ainsi de 55 cm/an maximum au front du glissement à 15 cm/an environ au niveau de l'école de Grand Ilet, et à moins de 3 cm/an au niveau de Casabois.

Ces valeurs sont dans l'ensemble similaires à celles mises en évidence entre 1997 et 2001 dans le cadre du suivi du réseau des routes départementales.

En limite sud-ouest du secteur de Grand Ilet, le quartier du Béliet / Camp Pierrot est affecté de mouvements atteignant en moyenne 5 à 6,5 cm/an en planimétrie. L'orientation des déplacements, qui s'effectuent principalement en direction du Sud-est, tranche nettement avec l'axe Nord-est du mouvement d'ensemble du plateau de Grand Ilet, soulignant ainsi que les deux mécanismes de glissement sont vraisemblablement indépendants.

**Pour Hell-Bourg**, les mesures mettent en évidence que le secteur de Mare à Poule d'Eau (bordure nord-ouest, Fond de Rond-point) est le plus actif du glissement de grande ampleur affectant cette partie du cirque. Les déplacements atteignent ainsi près de 170 cm/an en direction du Nord. Le plateau de Mare à Poule d'Eau, ainsi que celui d'Hell-Bourg, ne sont pour l'essentiel pas concernés par les mouvements, seule leur bordure, sur une distance de quelques dizaines à une centaine de mètres, se déplace de façon significative.

On notera que les valeurs de déplacement ont montré une sensible accélération entre la campagne 1995/2001 (portant sur le réseau de la RD48) et celle de 2003/2007. Ceci est probablement associé au fait que la première décennie du vingt et unième s'est révélée nettement significativement plus pluvieuse que les années quatre vingt dix.

**Le secteur d'Ilet à Vidot** est quant-à-lui également affecté par une activité marquée en direction du Nord, les déplacements moyens planimétriques s'étalant entre 4 cm/an environ dans la partie sud de l'Ilet et croissant progressivement jusqu'à près de 20 cm/an en direction de sa bordure septentrionale.

Enfin, des zones actives plus localisées ont été mises en évidence par le suivi du réseau de bornes géodésiques :

- le secteur Mathurin, glissant vers la ravine Roch à Jacquot ;
- le secteur situé au Sud-ouest du Piton d'Enchaing affecté par un vaste glissement actif progressant vers le Nord ;
- le versant Sud du plateau de Mare à Citron ayant tendance à s'affaisser en direction de la rivière du Mât.

### 3. Stations GPS permanentes du Cirque de Salazie

Dans le but premier de suivre leur évolution dans le temps (quotidiennement) et avec comme objectif plus ambitieux de progresser dans la connaissance sur les conditions de déclenchement et d'évolution de ces mouvements de grande ampleur, deux stations GPS fixes ont été installées sur les zones en mouvement de Grand Ilet et Hell-Bourg.

Une troisième station permanente a été mise en place sur l'ancien réservoir du village de Mare à Vieille Place, secteur réputé stable (et situé en position centrale par rapport à Grand Ilet et Hell-Bourg), de façon à servir de point de référence. Son éloignement par rapport aux stations de Grand Ilet et Hell-Bourg est de l'ordre de 3 km (la seule station permanente à l'époque pouvant servir de point-fixe se situait à l'Observatoire volcanologique, soit à une vingtaine de kilomètres).

Ces stations (des fiches de présentation sont présentées en annexe 4) sont opérationnelles depuis la fin de l'année 2003. Le type de matériel utilisé est le suivant :

- Marque : LEICA.
- Capteur : SR520 ;
- Terminal : TR500 ;
- Antenne : AT-503.

Depuis le 30 décembre 2003, deux sessions de mesure de 30' par jour (entre 3h et 3h30 et entre 15h et 15h30) sont enregistrées et stockées sur cartes PCMCIA.

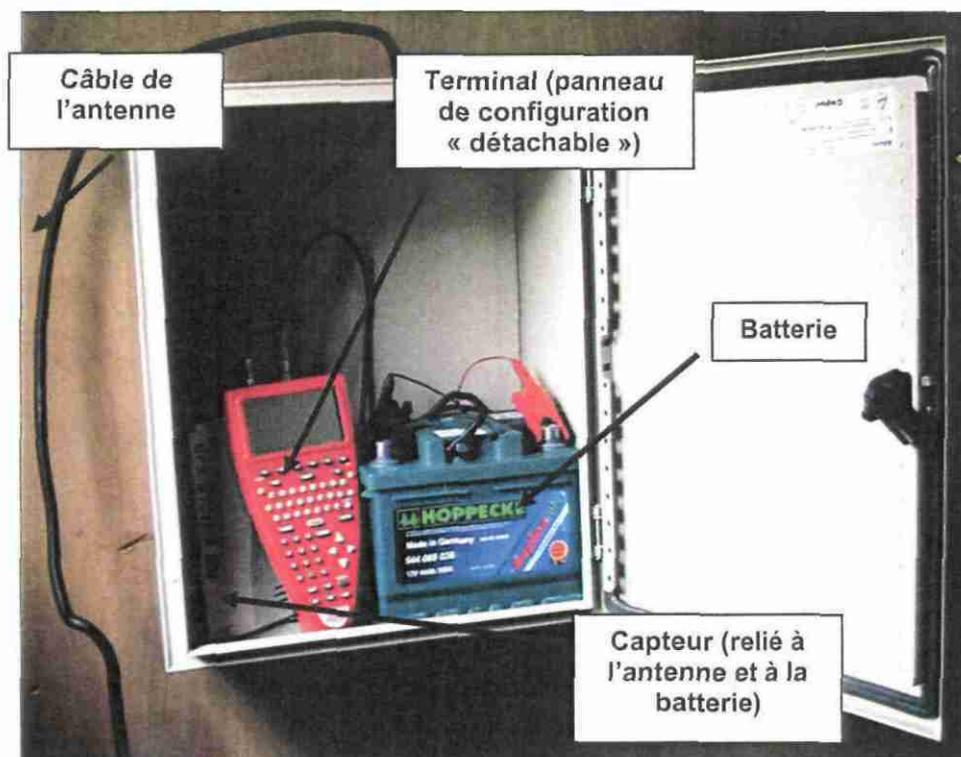


Figure 16 : Centrale d'acquisition des capteurs GPS permanents

Les graphiques présentés dans les paragraphes suivants montrent les déplacements mesurés depuis la mise en service des stations fin 2003, jusqu'à mai 2008 :

- déplacements planimétriques, en X et en Y ;
- déplacements altimétriques ;
- représentation de l'orientation du glissement.

Les « trous » dans ces graphiques sont dus à des absences de données, inhérentes à des défauts d'enregistrement de la centrale d'acquisition ou à une interruption dans la collecte des informations acquises par la station.

### 3.1 GLISSEMENT D'HELL-BOURG

La station GPS permanente a été implantée dans la pointe Nord de l'emprise du glissement, en bordure de la RD48 dans sa montée sur le plateau de Mare à Poule d'eau (figure n°17). Le secteur était connu comme étant parmi les plus actifs au sein de l'emprise du glissement d'Hell-Bourg (le dispositif a été mis en place sur la propriété de M. Viraye).

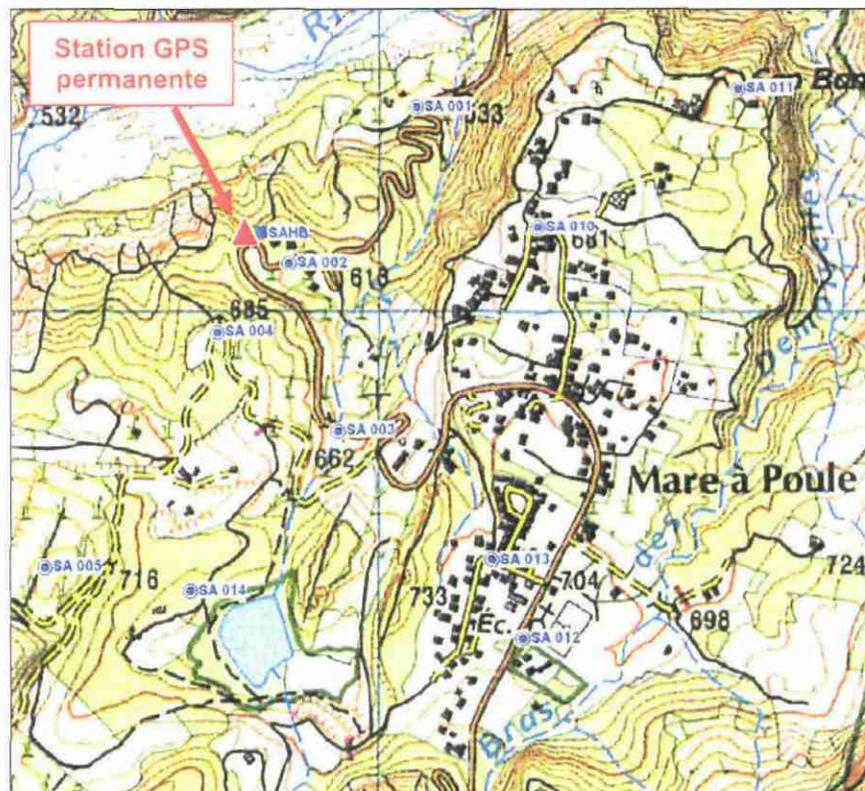
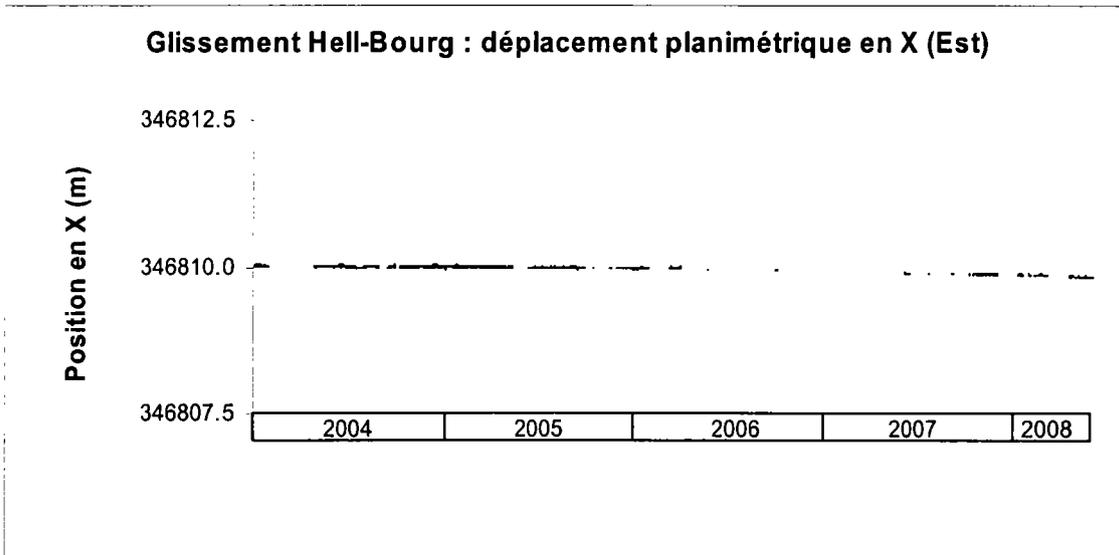


Figure 17 : Localisation station GPS permanente et bornes géodésiques MVTerre

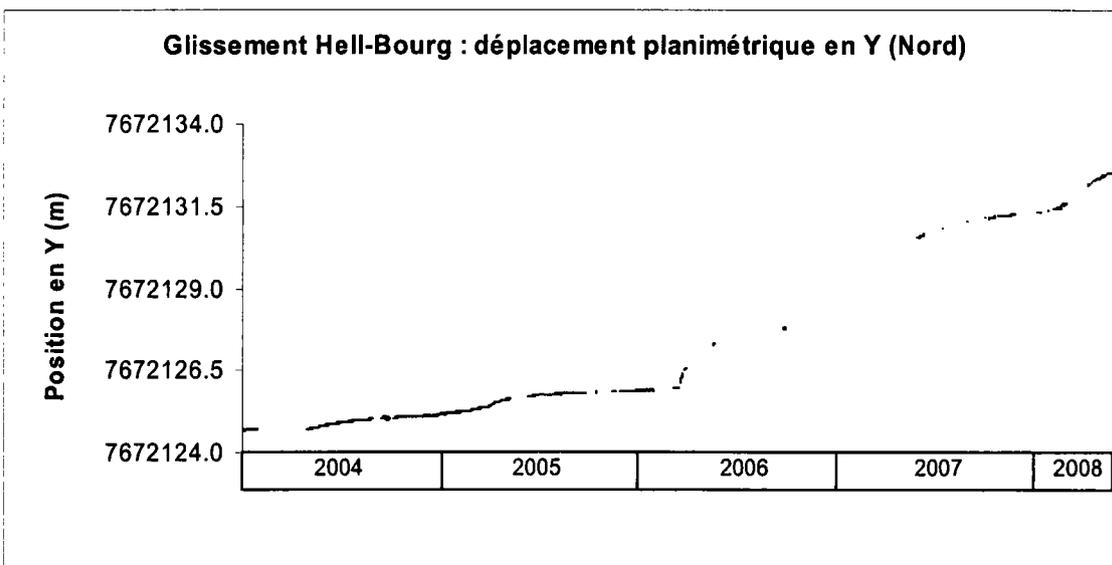
#### 3.1.1 Déplacements planimétriques

Les figures 18 à 20 soulignent clairement l'orientation plein Nord du mouvement, ce qui est conforme au gisement mis en évidence par le suivi géodésique des bornes MVTerre situées dans la partie nord du plateau de Mare à Poule d'Eau et dans le secteur de Fond de Rond Point. La borne SA002, implantée à quelques mètres de la station GPS permanente, indique ainsi un gisement N358°4 (cf. tableau 5 et figure 10).

Sur la totalité de la période d'observation (fin 2003 - mi-2008), la station a enregistré un déplacement horizontal (selon Y) proche de 7,90 m, soit un déplacement horizontal moyen sur la période d'observation de 182 cm/an (environ 15 cm/mois en moyenne). Ces valeurs sont là encore conformes aux vitesses de déplacements mesurées à partir des bornes MVTerre, la station SA002 ayant mis en évidence une vitesse moyenne de déplacement proche de 160 cm/an (ce chiffre n'intégrant pas la saison humide 2007/08, le dernier relevé de la borne ayant eu lieu fin 2007). La dérive en X de la station GPS permanente est inférieure à une vingtaine de centimètres.



*Figure 18 : Station GPS permanente d'Hell-Bourg – déplacements en X*



*Figure 19 : Station GPS permanente d'Hell-Bourg – déplacements en Y*

En ne considérant pour chaque année (à l'exception de 2004 et 2007 du fait de l'absence de données), que la période courant de début janvier à fin avril (période la plus arrosée de l'année), les vitesses moyennes de déplacement planimétrique enregistrées sont :

- janvier/avril 2005 : environ 11 cm/mois ; sur le reste de l'année : vitesse moyenne de l'ordre de 3 cm/mois ;
- janvier/avril 2006 : environ 35 cm/mois ; entre le 05 et 15 mars, la station s'est déplacée suivant Y d'environ 56 cm (passage de la forte tempête tropicale DIWA) ;
- janvier/avril 2008 : environ 30 cm/mois.

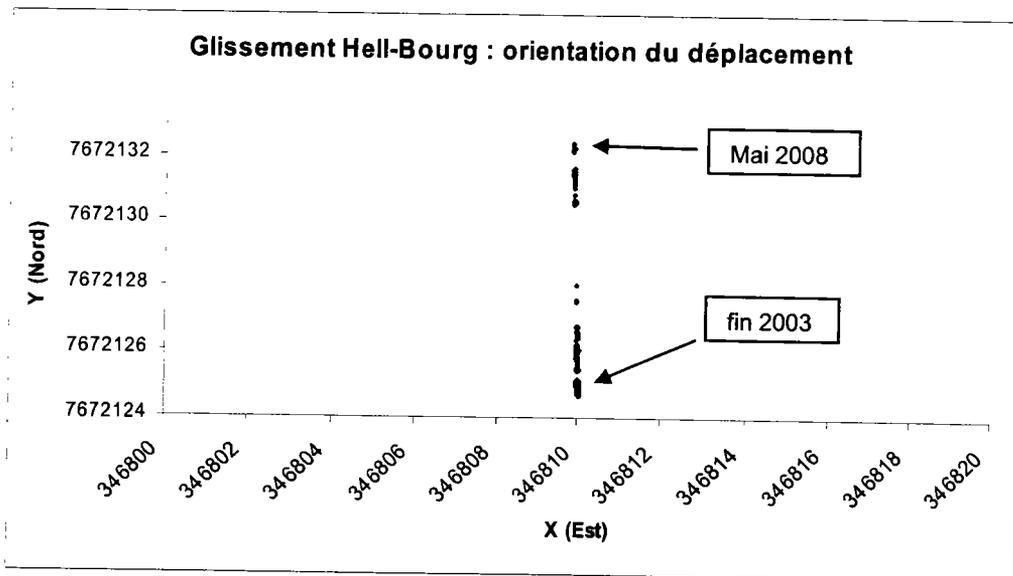


Figure 20 : Orientation du déplacement

### 3.1.2 Déplacements altimétriques

La station met en évidence un tassement global sur la période d'enregistrement de l'ordre de 1,10 m. La borne voisine SA002 a quant-à-elle permis d'enregistrer un tassement voisin de 1,50 m.

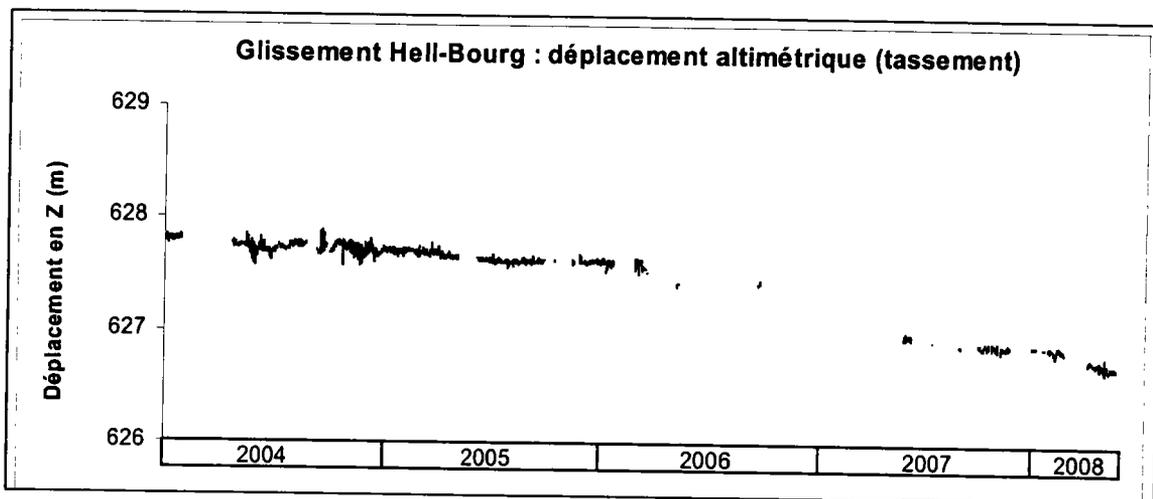


Figure 21 : Station GPS permanente d'Hell-Bourg – déplacements en Z

### 3.2 GLISSEMENT DE GRAND ILET

La station GPS de Grand Ilet a été mise en place sur le bâtiment paroissial du village, dans la partie centrale du plateau (figure ci-dessous).

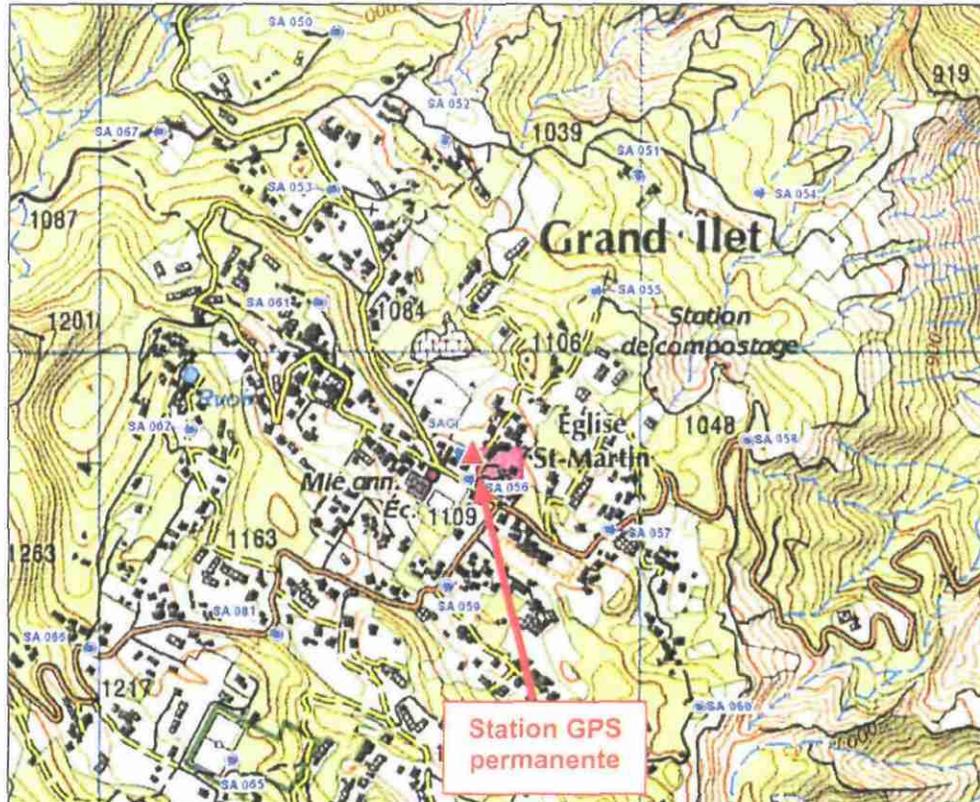
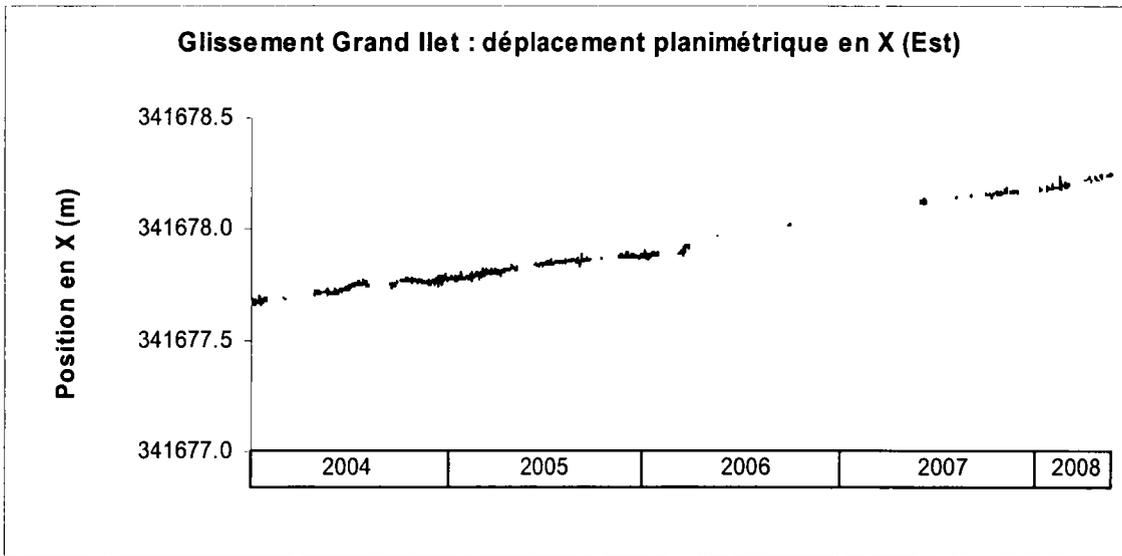


Figure 22 : Localisation station GPS permanente et bornes géodésiques MVTerre

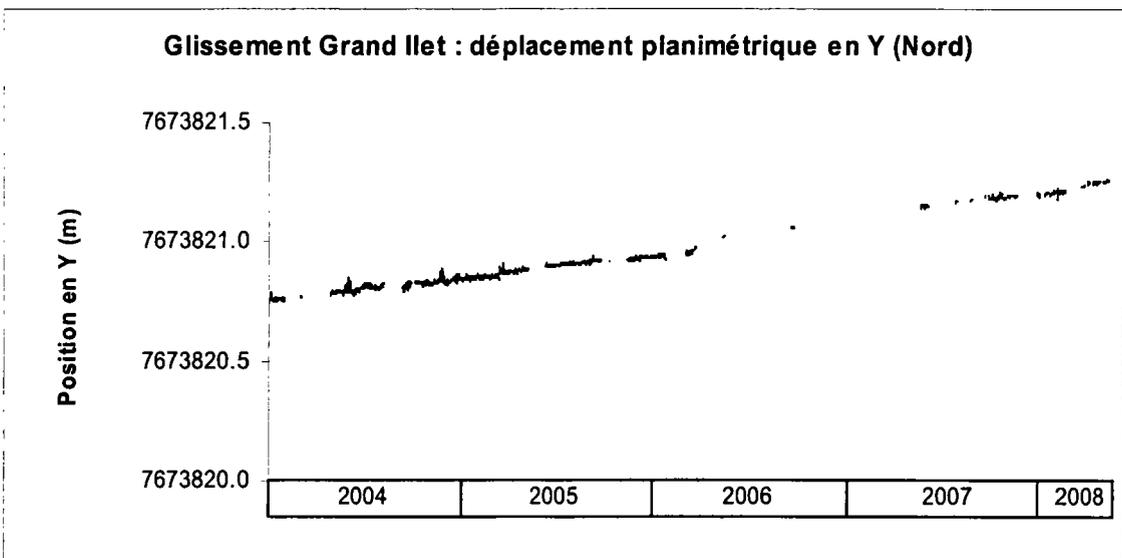
#### 3.2.1 Déplacements planimétriques

La station a enregistré, sur la plage d'observation, un déplacement global selon X (direction Est) inférieur à 60 cm (57 cm), et selon Y (direction Nord) de l'ordre de 50 cm, soit un déplacement planimétrique total inférieur à 80 cm. Cette valeur est cohérente avec le déplacement planimétrique mesuré sur la borne MVTerre SA056 (située à faible distance de la station permanente), qui est de 60 cm.

En ce qui concerne l'orientation du glissement, la figure n°25 confirme l'axe nord-est mis en évidence par les bornes MVTerre.



*Figure 23 : Station GPS permanente de Grand Ilet – déplacements en X*



*Figure 24 : Station GPS permanente de Grand Ilet – déplacements en Y*

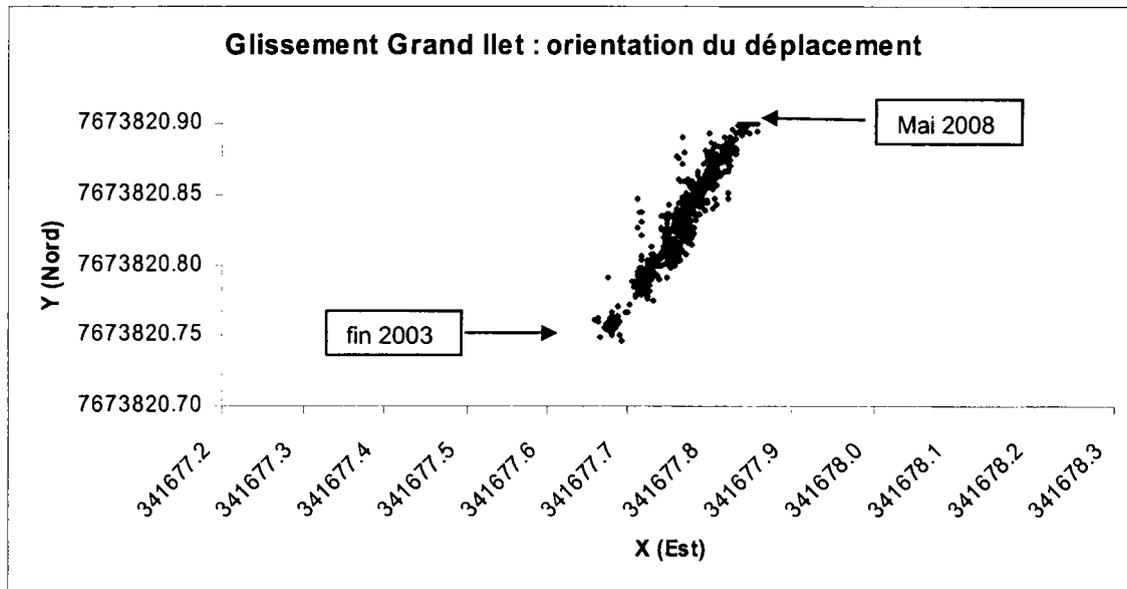


Figure 25 : Orientation du déplacement

### 3.2.2 Déplacements altimétriques

La station met en évidence un tassement global sur la période d'enregistrement de l'ordre d'une vingtaine de centimètres, ordre de grandeur confirmé par les écarts mesurés sur la borne MVTerre voisine (SA056 – tassement de 22 cm)

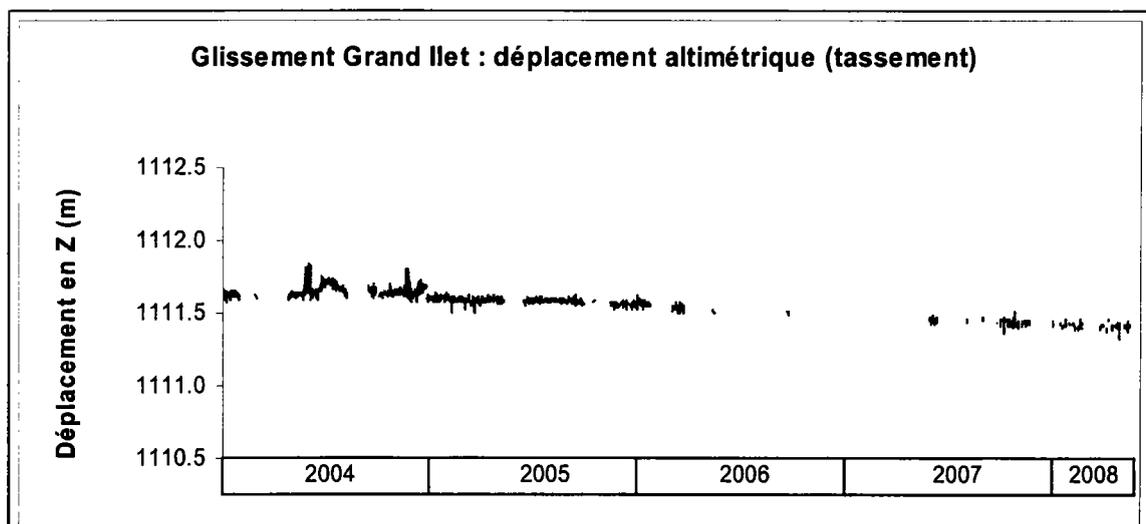


Figure 26 : Station GPS permanente de Grand Ilet – déplacements en Z

### 3.3 REMARQUES

De façon à en contrôler les résultats, des spits ont été mis en place en septembre 2007 à proximité immédiate de chacune des trois stations GPS permanentes (cf. figure n°8 - bornes SAGI, SAHB et PIVOT1 concernant respectivement Grand Ilet, Hell-Bourg et Mare

à Vieille Place). Les premières mesures ont été réalisées entre le 17 et le 27 septembre 2007. Les déplacements mesurés sur ces spits (cf. tableau 6) confirment les valeurs enregistrées sur les GPS fixes.

Les mesures effectuées depuis la mise en place de la station fin 2003 (cf. tableau n°7), confirment le fait que la station GPS permanente de Mare à Vieille Place ne bouge pratiquement pas et représente ainsi un point de référence satisfaisant pour le suivi des stations de Grand Ilet et Hell-Bourg-Mare à Poule d'Eau.

	X WGS84 (m)	Y WGS84 (m)	Z WGS84 (m)
<b>Coordonnées moyennes 2004</b>	3373613.57	4909350.042	-2274710.127
<b>Coordonnées moyennes 2005</b>	3373613.566	4909350.055	-2274710.124
<b>Coordonnées moyennes 2006</b>	3373613.567	4909350.037	-2274710.126
<b>Coordonnées moyennes 2007</b>	3373613.594	4909350.063	-2274710.137
<b>Ecart 2004/2007</b>	0.024	0.021	-0.010

*Tableau 7 : coordonnées de la station GPS de référence- Mare à vieille Place*

### 3.4 RETOUR D'EXPERIENCE

La mise en place fin 2003 de trois stations GPS permanentes (deux stations sur sites en mouvements et une station de référence) a permis d'améliorer le suivi des déplacements des glissements de grande ampleur d'Hell-Bourg/Mare à Poule d'Eau et de Grand Ilet, en complément du suivi réalisé à partir du réseau de bornes géodésiques.

Un rapport spécifique (rapport 56708) présente l'exploitation des résultats de ces stations GPS fixes, en particulier en réalisant une analyse croisée avec les précipitations quotidiennes enregistrées sur les pluviomètres automatiques mis en place (également fin 2003) sur les secteurs d'Ilet à Vidot (partie amont du glissement d'Hell-Bourg) et Grand Ilet. Certains enseignements peuvent être tirés des 4,5 années d'acquisition de mesures :

- Le matériel exploité est relativement « fragile », avec un taux de panne ayant conduit à des pertes de données parfois conséquentes. Entre février 2006 et mai 2007, les problèmes de batterie et de configuration des appareils se sont révélés substantiels. On déplorera en particulier la perte totale d'enregistrement relative à l'épisode cyclonique Gamède de février 2007. Diverses interventions techniques, avec le concours de LEICA, ont été nécessaires, et une mise sous secteur des centrales d'acquisition est programmée pour fin 2008. Ces différentes dispositions devraient permettre d'améliorer le dispositif.

- Le traitement des données de positionnement s'avère complexe avant d'obtenir des mesures directement exploitables. Il conviendra donc sur ce point également d'améliorer ce type d'opération à l'avenir ;

- Les mesures sont entachées d'un certain bruit de fond inhérent à tout type de mesure de positionnement. Ce bruit de fond de plusieurs centimètres nuit au traitement des données brutes et à l'exploitation des données corrigées, en particulier lorsque les mouvements réels enregistrés sont relativement modérés. C'est le cas pour Grand Ilet où seules les plus fortes pluies conduisent à des mouvements sortant de l'enveloppe d'incertitude liée au bruit de fond.

Cette difficulté est moins contraignante en ce qui concerne le GPS de Mare à Poule d'Eau, beaucoup plus sensible à des pluies même relativement limitées. Fort de cet enseignement, il conviendra à l'avenir de positionner les GPS permanents uniquement dans des zones très actives.

- Enfin, dans un contexte affecté par de nombreuses pannes, le nombre d'épisodes pluvieux suivis de déplacements significatifs, reste très limité. La poursuite du programme de suivi se révèle donc essentielle dans l'optique d'une progression des connaissances sur la relation pluies – mouvements.

## 4. Conclusion

Le suivi géodésique mis en place en 2003 dans les cirques du Massif du Piton des Neiges dans le cadre du programme de recherche MVTerre s'articule autour de deux volets :

1. **Un réseau de bornes GPS** (sous-module 2.2 du programme de recherche) constitué sur l'ensemble des trois cirques de 148 bornes « valides » (14 des bornes initialement posées ont été cassées ou enlevées). Deux campagnes « générales » de mesures de positionnement, portant sur l'ensemble du réseau, ont été menées : la première en 2003 constituant un « état zéro », la seconde de septembre à octobre 2007.

Dans le **Cirque de Salazie**, qui abrite les deux tiers environ des bornes du réseau, les principaux résultats mis en évidence sont les suivants :

- les mesures confirment l'existence d'un mouvement d'ensemble de Grand Ilet en direction du Nord-est, avec une activité décroissante vers « l'arrière » du plateau. Le compartiment situé au front du glissement évolue ainsi avec des vitesses planimétriques moyennes atteignant jusqu'à 55 cm/an, tandis qu'au niveau de la partie centrale du plateau celles-ci s'établissent entre 15 et 30 cm/an. Sur le plateau de Casabois, les déplacements planimétriques moyens mesurés sont inférieurs à 3 cm/an ;
- en limite sud-ouest de Grand Ilet, Le Bélier / Camp Pierrot est affecté de mouvements atteignant en moyenne 5 à 6,5 cm/an en planimétrie. L'orientation des déplacements (Sud-est) tranche avec l'axe nord-est du mouvement d'ensemble du plateau de Grand Ilet. Il est ainsi vraisemblable que les deux mécanismes de glissement soient indépendants ;
- le secteur Mathurin, au Nord de Grand Ilet, est le siège d'un glissement très actif s'effondrant vers la ravine Roch à Jacquot ;
- la majeure partie du versant situé au Sud-ouest du Piton d'Enchaing est affecté par un vaste glissement actif progressant vers le Nord ;
- le versant Sud du plateau de Mare à Citron est le siège d'un affaissement très actif en direction de la rivière du Mât.
- concernant le glissement de Mare à Poule d'Eau-Hell-Bourg, qui évolue selon une direction plein Nord, les secteurs les plus actifs (bordure nord-est de Mare à Poule d'Eau) se déplacent à des vitesses moyennes planimétriques comprises entre 1 m/an et 1,70 m/an. Contrairement à Ilet à Vidot sur lequel les déplacements sont marqués (entre 4 et 20 cm/an en moyenne), l'essentiel de l'emprise urbanisée des plateaux d'Hell-Bourg et Mare à Poule d'Eau n'est pas affectée de mouvement significatif ;
- sur les autres secteurs de Salazie (Mare à Goyaves, Mare à Vieille Place, Mare à Citrons et Mare à Martin), les déplacements mesurés sont globalement peu représentatifs.

Dans les **cirques de Mafate et Cilaos**, les déplacements mesurés sont dans l'ensemble peu significatifs, les vitesses moyennes planimétriques étant le plus souvent comprises entre 1 et 2,5 cm/an et les déplacements altimétriques limités à quelques centimètres. Ces valeurs traduisent souvent uniquement le déplacement du pivot local initialement utilisé lors des premières campagnes. Elles ne traduisent donc pas de mouvement significatif. Seules 3 bornes implantées sur le glissement en masse de Cap Sylvestre à Cilaos montrent des mouvements significatifs vers l'Est, entre 3,2 et 8,1 cm/an. De même, l'Ilet Gros Galets à l'entrée du cirque de Cilaos semble affecté par un glissement notable. Enfin, à Mafate, le secteur de Marla est le seul montrant des déplacements intéressants.

**2. Deux stations GPS permanentes installées fin 2003 sur les zones en mouvement de grande ampleur de Grand Ilet et Mare à Poule d'Eau-Hell-Bourg**, associée à une troisième station dite de « référence » installée sur la zone stable de Mare à Vieille Place (sous-module 3.1).

Au-delà du fait que l'opération de « post-traitement » devant être réalisée sur les données d'acquisition brutes a considérablement alourdi la démarche, l'exploitation du dispositif s'est heurtée à un taux de panne non négligeable, entraînant la perte de séries de données (portant entre autres sur l'épisode cyclonique Gamède de février 2006) limitant la possibilité de corrélérer l'évolution des déplacements avec la pluviométrie.

On retiendra néanmoins, tant en ce qui concerne le site de Grand Ilet que celui de Mare à Poule d'Eau-Hell-Bourg, que les vitesses et orientation des déplacements mesurés sont cohérentes avec les résultats issus du réseau de bornes géodésiques.

On retiendra également comme enseignement qu'il est nécessaire d'implanter ce type de station GPS dans des secteurs sur lesquels les déplacements sont importants de façon à s'affranchir, du bruit de fond qui les entache (inhérent à toute mesure de positionnement). Ce problème a ainsi été rencontré sur la station de Grand Ilet, où le déplacement total planimétrique est resté relativement « modéré » (inférieur à 0,80 m), et pas sur la station de Mare à Poule d'Eau (déplacement total planimétrique proche de 8 m).

## Bibliographie

Cruchet M. (2000) – Suivi des déformations au cours de l'année 1999, route d'Hell-Bourg (RD48), Cirque de Salazie, Ile de la Réunion. Rapport BRGM/RP-50112-FR-2000 SGR/REU 07, 7 fig., 5 tab., 2 ann., 22 p.

Cruchet M. (2000) – Suivi des déformations au cours de l'année 1999, route départementale 52, Grand Ilet, Ile de la Réunion. Rapport BRGM/RP-50113-FR-2000 SGR/REU 06, 8 fig., 5 tab., 2 ann., 25 p.

Cruchet M. (2001) – Suivi des mouvements de terrain de grande ampleur dans les Cirques de Salazie et Cilaos. Bilan des travaux engagés de 1995 à 2000. Rapport BRGM/RP-51105-FR-2001 SGR/REU 20, 5 fig., 1 tab., 1 ann., 21 p.

Cruchet M. (2001) – Suivi des déformations de la route départementale 52, route du plateau de Grand Ilet, au cours de l'année 2000, Cirque de Salazie, Ile de la Réunion. Rapport BRGM/RP-51107-FR-2001 SGR/REU 17, 10 fig., 5 tab., 2 ann., 25 p.

Cruchet M. (2002) – Suivi des déformations de la route départementale 52, route du plateau de Grand Ilet, au cours de l'année 2001, Cirque de Salazie, Ile de la Réunion. Rapport BRGM/RP-52076-FR-2002 SGR/REU 08, 10 fig., 5 tab., 3 ann., 24 p.

Cruchet M. (2002) – Suivi des déformations au cours de l'année 2001, route d'Hell-Bourg (RD48), cirque de Salazie, Ile de la Réunion. Rapport BRGM/RP-52083-FR-2002 SGR/REU 07, 8 fig., 5 tab., 3 ann., 24 p.

Cabinet Talibert (2003) – Compte-rendu des missions effectuées sur les cirques de Salazie, Cilaos et Mafate pour la période août 2003 à décembre 2003.

Cruchet M. (2003) – Mise en place d'un référentiel géodésique dans les cirques. Présentation du dispositif. Rapport BRGM/RP-52937FR, 21p., 4fig., 9tab., 6 ann.

Cruchet M., Auber B. (2003) – Suivi des glissements d'Hell-Bourg et de Grand Ilet. Présentation des dispositifs de mesure. Rapport BRGM/RP-52938-FR, 22 p., 5 fig., 4 tab., 4 ann.

Cabinet Talibert (2004) – Compte-rendu des missions effectuées dans le cirque de Salazie pour la période mai 2004 au 03 juin 2004.

Cabinet Talibert (2007) – Compte-rendu des missions effectuées sur les cirques de Salazie, Cilaos et Mafate pour la période du 11 septembre au 10 octobre 2007.

Cabinet Talibert (2007) – Compte-rendu de la mission effectuée sur le cirque de Salazie période octobre et novembre 2007.

Cabinet Talibert (2008) – Compte-rendu de la mission effectuée sur le cirque de Salazie période janvier et février 2008.

# Annexes

***Annexe 1 – Coordonnées des points du réseau  
de Cilaos en Gauss Laborde  
(campagne d'Oct. et Nov. 2007)***

<b>POINTS</b>	<b>LOCALISATION</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
CI01.07	Les Bras des Etangs	153898.062	49568.243	1223.999
CI02.07	Mare Sèche (entrée déchetterie)	154187.896	47950.481	1150.382
CI03.07	Les Trois Mares	154664.520	48763.176	1228.369
CI05.07	Mare Sèche (Ecole)	153726.531	48132.358	1079.517
CI06.07	Mare Sèche (Eglise)	153392.667	47577.665	1055.243
CI07.07	La Plate-forme (pointe sud)	153196.516	46886.928	970.594
CI08.07	Ilet Gueule Rouge (accotement route)	155742.002	47432.498	1283.958
CI09.07	Cap Sylvestre (accotement route)	155894.050	47721.938	1320.248
CI10.07	Bras Sec (La pointe)	155416.837	48365.830	1195.065
CI11.07	Ilet à Cordes (Ecole)	150709.978	47872.030	1064.873
CI12.07	Ilet à Cordes (Fond de la Cour)	150835.977	47314.862	1050.187
CI13.07	Ilet à Cordes (Plateau Terres Fines)	150280.050	46596.408	1052.943
CI14.07	Eglise de Cilaos	154237.010	49767.388	1211.439
CI16.07	RD 243 - Cilaos	154610.324	49770.584	1258.683
CI17.07	La Plate-forme	153020.772	46744.644	941.430
CI18.07	La Plate-forme (accotement de la R.N.5)	153846.168	47233.081	1022.989
CI20.07	Palmiste Rouge (pointe sud)	154463.004	45351.466	816.754
CI21.07	Ilet à Calebasse	155084.185	44448.831	948.135
CI22.07	Palmiste Rouge (RD241)	154663.949	45514.288	867.157
CI23.07	Route de Gros Galets	155168.652	44921.239	902.390
CI24.07	Palmiste Rouge (terrain de sport)	155130.796	45643.140	887.469
CI25.07	Berge du Bras de Benjoin - RN 5	154248.811	47432.343	967.032
CI26.07	Route forestière de Bras Sec (accotement)	155446.487	47836.025	1182.648
CI28.07	Route forestière de Bras Sec (accotement)	155234.857	47565.546	1112.675
CI29.07	RD 242 (Bonnet Carré)	153815.387	49928.623	1181.416
CI30.07	R.D. 242 (Ilet Bois Rouge)	152402.500	50936.431	1174.992
CI31.07	La Roche Merveilleuse	155002.407	50366.273	1442.066
CI32.07	Rampe des Thermes	154237.445	49999.943	1222.101
IGN2401.07	Cilaos (Hôtel des Thermes)	154420.167	49790.468	1225.214

IGN2402.07	Ilet à Cordes (Réservoir d'Eau)	150520.589	47591.232	1125.884
IGN2403.07	La Mare d'Affouche	155658.756	47958.132	1261.726
IGN2404.07	Peter Both	152924.974	44708.479	868.782
SFR.07	Les Trois Mares	154546.003	48837.708	1228.173

***Annexe 2 – Coordonnées des points du réseau  
de Mafate en Gauss Laborde  
(campagne d'Oct. et Nov. 2007)***

<b>POINTS</b>	<b>LOCALISATION</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
ONF.07=MA01.07	La Nouvelle	149184.810	55803.315	1420.015
MA02.07	La Nouvelle	149036.750	55576.516	1425.852
MA03.07	La Nouvelle	148841.482	56060.204	1405.835
MA04.07	La Nouvelle	149317.933	56335.667	1468.443
MA05.07	Ilet Cimendal	149231.365	56974.239	1340.915
MA06.07	Plaine des Sables	149167.241	54371.709	1414.287
MA07.07	Marla	149682.425	53767.315	1409.428
MA08.07	Marla	149970.434	53097.368	1586.785
MA09.07	Marla	150517.644	53150.172	1575.276
MA10.07	Roche Plate Est	147364.606	56708.885	1141.422
MA11.07	Roche Plate Ouest	146668.289	56798.864	1097.214
MA13.07	Les Orangers	145972.745	59607.117	980.449
MA14.07	Cayenne	146841.378	60202.889	620.961
IGN0812.07	Aurère	149202.247	62264.288	944.892
IGN0813.07	Grand Place Les Hauts	148772.816	59472.964	998.074
IGN0814.07	La Nouvelle	148976.678	55940.980	1442.809
IGN1518.07	Marla	150281.085	52876.068	1628.751
GP1.07	Grand Place Les Hauts	148406.836	59411.171	839.499
GP2.07	Grand Place Les Hauts	147714.334	59316.481	848.833
GP3.07	Grand Place	148012.607	59653.043	765.356
GP4.07	Grand Place	147772.255	59836.040	688.367

***Annexe 3 – Coordonnées des points du réseau  
de Salazie en Gauss Laborde  
(campagne d'Oct. et Nov. 2007)***

<b>POINTS</b>	<b>LOCALISATION</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
IGN2102.07	Route Col des Bœufs	151992.804	57395.988	1850.851
IGN2103.07	Casabois Sud	153466.984	59754.366	1299.254
IGN2104.07	Mare à Martin	155947.296	62751.168	1107.442
IGN2105.07	Mare à Vieille Place	157540.868	61164.289	890.807
IGN2107.07	Ilet à Vidot	158080.956	57627.673	933.444
PIVOT1.07	Mare à Vieille Place	157548.201	61093.079	896.550
SA001.07	Mare à Poule d'Eau	160075.955	59510.433	537.294
SA002.07	Mare à Poule d'Eau	159844.117	59238.857	616.992
SA003.07	Mare à Poule d'Eau	159926.149	58948.648	642.728
SA004.07	Mare à Poule d'Eau	159716.588	59126.272	682.460
SA005.07	Mare à Poule d'Eau	159455.442	58738.188	740.687
SA006.07	Fond de Rond-Point	159083.352	58338.681	750.759
SA007.07	Mare à Poule d'Eau	159070.467	58789.929	719.480
SA008.07	Fond de Rond-Point	158914.239	58058.276	763.453
SA010.07	Mare à Poule d'Eau (plateau Nord)	160273.372	59300.624	680.575
SA011.07	Mare à Poule d'Eau (plateau Nord)	160628.894	59539.319	653.005
SA012.07	Mare à Poule d'Eau	160268.652	58588.663	706.682
SA015.07	Hell Bourg-bordure nord	159501.692	57697.276	875.713
SA016.07	Hell Bourg	159324.088	57145.176	935.716
SA017.07	Hell Bourg oust	158768.882	57484.132	936.299
SA018.07	Hell Bourg ouest	158805.755	57133.076	946.818
SA019.07	Ilet à Vidot	158199.351	57294.832	933.107
SA020.07	Ilet à Vidot	158120.740	57017.455	956.815
SA021.07	Ilet à Vidot	158306.486	57449.315	911.327
SA022.07	Ilet à Vidot-nord	157818.581	57978.955	949.464
SA023.07	Ilet à Vidot-nord	157891.444	58155.032	910.424
SA024.07	Ilet à Vidot-nord	157864.495	58509.081	789.685
SA025.07	Ilet à Vidot	157898.508	57405.446	895.566
SA026.07	Plateau Fleurs Jaunes	160429.236	62450.925	625.464
SA028.07	Mare à Goyaves	161234.262	61971.503	610.802

SA029.07	Mare à Goyaves	161108.752	61774.367	590.763
SA030.07	Mare à Goyaves	160418.691	61821.107	601.325
SA034.07	Mare à Citrons (rond-point college)	160565.864	60223.999	655.825
SA035.07	Mare à Citrons (bordure nord)	160551.484	61175.575	652.054
SA037.07	Mare à Citrons (bordure est)	160749.456	60737.196	640.188
SA038.07	La Croix-Mare à citrons	159259.923	61004.873	713.110
SA039.07	Mare à Citrons sud	159945.576	60183.717	670.480
SA040.07	Mare Virapa	159951.905	60138.116	651.200
SA041.07	Mare à Citrons (bordure sud- ouest)	159604.176	60258.777	681.491
SA042.07	Sud Piton Gabou	158627.254	59636.732	796.174
SA043.07	Mare à Citrons- le Radier	158260.139	60463.137	802.696
SA044.07	Mare à Citrons village	158438.249	61394.038	868.237
SA045.07	Pente Carozin	156736.145	61034.418	746.109
SA046.07	Mare d'Affouche	156857.090	58268.271	797.303
SA048.07	Mare d'Affouche	156430.783	58305.347	888.308
SA050.07	Grand Ilet	154460.430	61791.231	1018.045
SA051.07	Grand Ilet	155015.741	61525.287	1025.181
SA052.07	Grand Ilet	154659.345	61577.088	1050.186
SA053.07	Grand Ilet	154505.660	61438.059	1076.804
SA054.07	Grand Ilet	155230.275	61492.725	967.806
SA055.07	Grand Ilet	154946.539	61283.787	1076.578
SA056.07	Grand Ilet	154694.960	60962.900	1106.362
SA057.07	Grand Ilet-est	154954.891	60866.491	1087.399
SA058.07	Grand Ilet-est	155209.926	61031.715	1047.923
SA060.07	Grand Ilet-st	155121.750	60544.193	1092.004
SA061.07	Grand Ilet	154424.697	61288.985	1122.157
SA062.07	Grand Ilet	154187.623	61047.912	1186.022
SA063.07	Casabois	153347.905	60677.208	1267.941
SA064.07	Casabois	153855.313	60322.644	1290.848
SA065.07	Grand Ilet	154238.794	60423.323	1212.796
SA067.07	Grand Ilet	154136.794	61616.381	1065.618
SA068.07	Mathurin	155494.883	62029.351	934.432
SA070.07	Mathurin	155301.536	62197.855	994.569
SA070.1.07	Mathurin	155205.698	62353.306	987.764
SA071.07	Mare à Martin- Mairie	156585.849	62122.427	986.228
SA072.07	Mare à Martin Est	157223.990	62358.432	902.875

SA073.07	Ilet Roche à Jacquot	154572.757	62300.484	1047.418
SA074.07	Grand ilet	154638.601	60340.905	1167.559
SA075.07	Camp Pierrot	154213.949	59479.078	1099.729
SA076.07	Camp Pierrot	153928.952	58721.794	1067.076
SA077.07	Camp Pierrot	154228.549	59857.917	1127.508
SA078.07	Le Bélier	153314.080	59123.239	1223.319
SA079.07	Le Bélier	152955.726	59303.342	1261.768
SA080.07	Casabois	153789.439	60494.461	1263.137
SA084.07	Mare d’Affouche- école	156000.706	59322.127	841.435
SA085.07	Mare d’Affouche- col	156303.126	59271.008	923.962
SA086.07	Mare d’Affouche- terrain Elisabeth	155314.545	58556.327	1029.406
SA087.07	Mare d’Affouche- chemin Elisabeth	155549.141	59299.682	960.955
SA088.07	Ilet à Vidot	157289.204	57956.306	757.841
SA089.07	Roche Plate	156310.480	60786.207	703.530
SA090.07	Le Bélier - réservoir d’eau	153255.818	59479.303	1262.927
SAGI.07	Grand Ilet	154688.443	61004.706	1105.276
SAHB.07	Hell Bourg	159798.934	59282.468	625.459

***Annexe 4 – Fiches de présentation des  
stations GPS permanentes***

# Projet MVTERRE

## Station GPS fixe : STATION DE REFERENCE

### DESCRIPTION :

☞ Localisation : Mare à veille place. Antenne et boîtier sur le réservoir à proximité du grand bord, avant la descente Carozin. Au niveau du PK 7,6 de la RD 52.

☞ Installation : Le 30.12.2003 (avec M.Lamagat : Précision Topo)

☞ N° de série :     *capteur*     ⇒     **22 109**  
                          *antenne*     ⇒     **730 819**

☞ Observation : Alimentation sur batterie 12 V placée dans le boîtier avec le capteur.

### PROGRAMMATION :

☞ Date de la 1<sup>ère</sup> visite de programmation: 30.12.2003

☞ Jeu de configuration :   *nomination de la configuration* ⇒   PTSALAZI  
                                  *capteur*                                   ⇒   REFpTR30  
                                  *antenne*                                   ⇒   AT 503 sur pilier

☞ Session d'enregistrement :   *nomination de la session (job)* ⇒   **reservoir**  
  *Date de début*                                   ⇒   31.12.2003  
  *Heure de début*                                   ⇒   03h00 pour la session 1  
  *Heure de début*                                   ⇒   15h00 pour la session 2  
  *Durée de mesure*                                   ⇒   25 min  
  *Nombre d'exécution*                                   ⇒   30 jours  
  *Intervalle*   ⇒   23h59min59sec

### PHOTOGRAPHIES:





# Projet MVTERRE

## Station GPS fixe : STATION 02

### DESCRIPTION :

☞ Localisation : Grand Ilet. Antenne sur le bâtiment de catéchèse à côté de l'église. Boîtier à l'intérieur du bâtiment.

☞ Installation : Le 30.12.2003 (avec M.Lamagat : Précision Topo)

☞ N° de série :     *capteur*     ⇒     **22 249**  
                          *antenne*     ⇒     **730 775 - 1**

☞ Observation : Alimentation sur batterie 12 V placée dans le boîtier avec le capteur.

### PROGRAMMATION :

☞ Date de la visite de programmation: 30.12.2003

☞ Jeu de configuration :   *nomination de la configuration* ⇒   PTSALAZI  
                                  *capteur*   ⇒   REFpTR30  
                                  *antenne*   ⇒   AT 503 sur pilier

☞ Session d'enregistrement :   *nomination de la session (job)* ⇒   **eglise**  
  *Date de début*   ⇒   31.12.2003  
  *Heure de début*    ⇒   03h00 pour la session 1  
  *Heure de début*    ⇒   15h00 pour la session 2  
  *Durée de mesure*    ⇒   25 min  
  *Nombre d'exécution*    ⇒   30 jours  
  *Intervalle*   ⇒   23h59min59sec

### PHOTOGRAPHIES:





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 Réunion**  
5, Rue Sainte-Anne  
BP 906  
97478 Saint-Denis – Réunion – France  
Tél. : 02.62.21.22.14