

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

Module 3 : Suivi des mouvements
Sous-module 3.1 : Etude des mouvements
de terrain de grande ampleur



**Etude du glissement de
terrain de grande ampleur de
Grand Ilet, Cirque de Salazie**

BRGM/RP-56706-FR
octobre 2008



Direction Départementale de
l'Équipement de La Réunion



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



Module 3 : Suivi des mouvements
Sous-module 3.1 : Etude des mouvements
de terrain de grande ampleur

Etude du glissement de terrain de grande ampleur de Grand Ilet, Cirque de Salazie

BRGM/RP-56706-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 00049299 0

Mots clés : Mouvement de terrain, glissement, programme de recherche MVTerre, GPS, Grand Ilet, Salazie, Ile de La Réunion.

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

C. Garnier (2008) – Etude du glissement de terrain de grande ampleur de Grand Ilet, Cirque de Salazie – Ile de La Réunion - . Rapport BRGM/RP-56706-FR. 74 p, 54 fig., 3 tableaux, 1 annexe

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

Synthèse

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

Le présent rapport s'inscrit dans le sous-module 2.1 (« Etude des mouvements de terrain de grande ampleur ») et synthétise les données acquises sur le mouvement de grande ampleur de Grand Ilet, situé dans le Cirque de Salazie. Grand Ilet a été choisi comme site-pilote compte-tenu de son caractère exceptionnel, au regard à la fois de l'importance de la zone en mouvement et des enjeux – en particulier humains – concernés.

Le volet 2 du programme prévoyait l'identification et l'étude des mouvements de terrain de grande ampleur, avec notamment dans le sous-module 2.2 la mise en place d'un référentiel géodésique et la réalisation de campagnes de mesures de positionnement par GPS, dans le but de détecter et de quantifier les déplacements.

Le volet 3 (sous-module 3.1) prévoyait l'instrumentation de zones en mouvements ; les sites-pilotes étant équipés de stations GPS permanentes et de pluviomètres avec pour objectif de progresser dans la connaissance sur la répartition spatiale des mouvements et sur la relation pluies/déplacements.

▪ Le réseau géodésique de Grand Ilet, constitué d'une trentaine de bornes, a fait l'objet de trois campagnes de mesures principales, l'une en 2003 (« état zéro »), la seconde en 2004 et la troisième fin 2007. Ce suivi a permis de mettre en évidence **la coexistence sur le plateau de Grand Ilet de deux mouvements distincts** :

- **Le mouvement « principal »**, orienté vers le Nord-Est, qui concerne de façon plus ou moins marquée une large partie septentrionale du plateau : les déplacements soulignent distinctement une décroissance de l'activité vers le Sud-Ouest, avec l'existence de trois grands compartiments de dimensions hectométriques. Le panneau le plus actif, au front du glissement, a avancé à une vitesse moyenne planimétrique comprise entre 30 cm/an et 55 cm/an sur les 5 dernières années. Les deux autres panneaux se sont déplacés à des vitesses moyennes planimétriques comprises entre 15 et 30 cm/an, et entre 12,5 et 3,5 cm/an.

Les observations de terrain réalisées sur cette partie de la zone d'étude révèlent l'existence de nombreux indices d'activité : niches d'arrachement de rejet et d'ouverture pluridécimétrique à métrique dans la partie la plus active du glissement, fissuration plus ou moins généralisée affectant le bâti dans les zones de moindre activité, affaissement de mares sèches associé à un développement de fissures en périphérie, etc.

Le plateau de Casabois, situé en arrière de ces trois panneaux, est caractérisé par des vitesses moyennes planimétriques comprises entre 0,8 cm/an et 3 cm/an. Ce secteur apparaît rattaché au mouvement d'ensemble du Grand Ilet mais les déplacements mesurés soulignent que l'activité y est très modeste.

- **Les secteurs de Camp Pierrot et du Béliet**, en bordure sud du plateau de Grand Ilet, sont affectés de mouvements orientés vers le Sud-est (direction de la Ravine Camp Pierrot), avec des vitesses moyennes planimétriques comprises entre 3 et 6,5 cm/an.

▪ **Le mouvement principal du plateau** de Grand Ilet se développe au sein des brèches (appartenant notamment à la formation de Mare à Poule d'Eau), et à leur base au sein de l'Unité Intermédiaire (provenant de l'altération du substratum volcanique ancien). Le phénomène **apparaît étroitement lié au contexte géologique et structural**, la surface de glissement principale correspondant vraisemblablement au toit du substratum ancien, lui-même coiffé sur une partie importante du plateau d'intrusions constituant des surfaces de décollement privilégiées.

Alors que l'incision du plateau liée aux creusements notamment de la Ravine Roche à Jacquot et de la Rivière Fleurs Jaunes en est probablement à l'origine, le moteur actuel du mouvement en masse est essentiellement gravitaire (les déplacements - certes modestes - se poursuivant tout au long de l'année, indépendamment de toute sollicitation en particulier pluviométrique).

Les précipitations n'en constituent pas moins un facteur aggravant prépondérant. Il ressort en effet des investigations réalisées qu'il existe une relation directe pluies/déplacements, liée probablement à une mise en pression hydraulique de la surface de glissement par les eaux d'infiltration du plateau.

▪ Le dispositif associant station GPS permanent et pluviomètre est opérationnel depuis fin 2003. Les déplacements enregistrés par le GPS fixe sont conformes, en valeur comme en orientation des mouvements, aux données issues du réseau géodésique.

L'analyse combinée de la pluviométrie et des déplacements enregistrés sur la station GPS fixe, réalisée à partir du logiciel Tempo, tend à mettre en lumière le fait que la relation directe entre ces deux paramètres est linéaire. Les simulations réalisées pour des saisons cycloniques très arrosées ne montrent pas « d'emballement » du glissement, en tout cas en ce qui concerne la partie centrale du plateau où est installée la station GPS permanente (cela ne peut être exclu pour le fond de la masse glissée).

Enfin, il a été montré qu'il était nécessaire de dépasser un cumul pluviométrique d'environ 2400 mm sur la saison cyclonique pour que les mouvements connaissent une accélération significative.

Ces enseignements doivent cependant être pris avec beaucoup de circonspection, dans la mesure notamment où la plage d'enregistrement pluies/déplacements est relativement limitée dans le temps et le nombre d'épisodes pluvieux exceptionnels exploitables peut être jugé insuffisant. Ces avancées dans la connaissance sur la relation pluies/déplacements doivent de fait être confortées par la poursuite du travail d'acquisition et d'interprétation.

Sommaire

SYNTHESE	4
SOMMAIRE.....	6
LISTE DES ILLUSTRATIONS	7
LISTE DES TABLEAUX	9
BIBLIOGRAPHIE	10
1 INTRODUCTION	11
2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	12
2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE MORPHOLOGIQUE	12
2.2 CONTEXTE CLIMATIQUE	16
3 SYNTHESE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	18
3.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE	18
3.2 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE.....	24
4 INDICES TMOIGNANT DE L'ACTIVITE GLISSEMENT DE TERRAIN SUR LE PLATEAU..	28
4.1 INDICES ANCIENS	28
4.2 L'EPISEME HYACINTHE	29
4.3 OBSERVATIONS DE TERRAIN	31
4.4 SUIVI DES BORNES GEODESIQUES MVTERRE	40
4.5 STATION GPS PERMANENTE	48
5 MECANISMES DE MOUVEMENT – ELEMENTS DE CONNAISSANCE ET INSUFFISANCE	52
5.1 EXTENSION SPATIALE DU PHENOMENE	52
5.2 FORMATION ET ROLE DES MARES SECHES	57
5.3 APPROCHE SUR LA RELATION PLUIES / MOUVEMENTS	59
5.3.1 <i>Données brutes</i>	59
5.3.2 <i>Modèles prévisionnels</i>	62
5.3.3 <i>Remarques</i>	66
5.4 REFLEXIONS SUR LE MECANISME DE GLISSEMENT	67
6 CONCLUSIONS	69
ANNEXES	71

Liste des illustrations

Figure 1 : Situation de Grand Ilet au sein du Cirque de Salazie (extrait IGN 1/100 000 et 1/25 000).....	12
Figure 2 : Vue générale de Grand Ilet depuis le Nord	14
Figure 3 : Vue générale du versant Est de Grand Ilet depuis Mare à Vieille Place (ci- dessus) et depuis la rive droite de Fleurs Jaunes (ci-contre)	15
Figure 4 : Pluviométrie enregistrée par quinzaine sur le poste de Grand Ilet (alt. 1165 m), sur la période Février 2004/Avril 2008.....	17
Figure 5 : extrait carte géologique – Cirque de Salazie au 1/10 000.....	20
Figure 6 : Coupe schématique interprétative du glissement de Grand Ilet.....	21
Figure 7 : Contact entre le substratum et l'unité intermédiaire (versant Roche à Jacquot).....	22
Figure 8 : Contact entre le substratum et l'unité intermédiaire (versant Roche à Jacquot). Sill de syénite au toit du substratum	22
Figure 9 : Sill de syénite identifiable sur le versant Nord-Est du plateau de Grand Ilet (vers l'altitude 830 m environ).....	23
Figure 10 : Intrusion en rive gauche de la Rivière Fleurs Jaunes, au droit de la RD52.....	23
Figure 11 : Incision du rebord septentrional du plateau (aux abords de la ravine Nourry) dans les matériaux constitutifs de l'Unité Intermédiaire.....	24
Figure 12 : Sources non pérennes de la Cascade Micheline, au toit du sill coiffant le substratum volcanique	26
Figure 13 : Carte photo-interprétative (Pinchinot, 1984).....	28
Figure 14 : Localisation des déboulés survenus lors du passage de Hyacinthe	29
Figure 15 : Niche d'arrachement du déboulé Sud survenu lors de Hyacinthe.....	30
Figure 16 : Intrusion en position de dalle structurale conforme à la pente, au niveau de Roche Plate (cliché pris dans l'axe du déboulé Est de Hyacinthe, vers l'alt. 950 m)	31
Figure 17 : Localisation de deux des trois déboulés survenus lors de Hyacinthe	31
Figure 18 : Déformation apparue sur le Chemin des Bringelliers au cours des 12 derniers mois	32
Figure 19 : « Crevasse » en bordure de la propriété Nourry (Chemin des Bringelliers). A noter les racines tendues au premier plan	33
Figure 20 : « Crevasse » en bordure de la propriété Nourry (Chemin des Bringelliers), rejet métrique et ouverture plurimétrique	33
Figure 21 : Désordres aux abords du bâtiment paroissial (à droite au premier plan, bâtiment abritant La Poste).....	34
Figure 22 : Désordres au bâtiment abritant La Poste.....	34
Figure 23 : Fissuration affectant l'école.....	35
Figure 24 : Désordres aux abords de la mairie annexe de Grand Ilet.....	36
Figure 25 : Désordres affectant l'ancien chemin d'accès au cimetière (rejet métrique).....	36
Figure 26 : Fissuration dans le prolongement nord immédiat des désordres de	

l'ancien chemin du cimetière (figure précédente)	37
Figure 27 : Vue partielle de la mare sèche située à proximité de l'école de Grand Ilet	37
Figure 28 : Fissuration en bordure de la mare sèche de l'école de Grand Ilet	38
Figure 29 : Fissuration en bordure de la mare sèche de l'école de Grand Ilet	38
Figure 30 : Mare sèche accueillant le cimetière de Grand Ilet	39
Figure 31 : Décroché en bordure nord du cimetière (rejet décimétrique)	39
Figure 32 : Désordres sur le mur d'enceinte du cimetière, dans sa partie sud-ouest	40
Figure 33 : Réseau observé dans le cadre du suivi des déformations de la RD52	43
Figure 34 : Localisation des bornes du réseau géodésique MVTerre de Grand Ilet	44
Figure 35 : Déplacements relevés sur la période 2003/2007	45
Figure 36 : Déplacements annuels moyens (planimétriques) relevés sur la période 2003/2007 et représentation de la direction du mouvement	46
Figure 37 : Comparatif entre les résultats (vitesses moyennes et gisement) du suivi RD52 (en rouge - période 1997/2001) et ceux du suivi MVTerre (en bleu - période 2003/07)	48
Figure 38 : Localisation station GPS permanente et bornes géodésiques MVTerre)	49
Figure 39 : Station GPS permanente de Grand Ilet – déplacements en X	50
Figure 40 : Station GPS permanente de Grand Ilet – déplacements en Y	50
Figure 41 : Orientation du déplacement	51
Figure 42 : Station GPS permanente de Grand Ilet – déplacements en Z	51
Figure 43 : Indices d'activité anciens et actuels sur le plateau de Grand Ilet - vitesse de déplacement sur la période 2003/2008	55
Figure 44 : Vitesses planimétriques moyennes sur la partie nord-est de Grand Ilet - période 2003/2007	56
Figure 45 : Mare sèche « Lebreton »	58
Figure 46 : Mare sèche « Lebreton » en arrière de la tête de ravine Nourry	59
Figure 47 : Mise en parallèle « Déplacement, direction Est / Pluviométrie »	60
Figure 48 : Mise en parallèle « Vitesse de déplacement, direction Est / Pluviométrie »	60
Figure 49 : Corrélation pluies/déplacements cumulés sur la période correspondant à la saison des pluies	62
Figure 50 : Reconstitution des déplacements grâce à Tempo	63
Figure 51 : Simulation Tempo – scénario 1	64
Figure 52 : Simulation Tempo – scénario 2	64
Figure 53 : Simulation Tempo – scénario 3	65
Figure 54 : variation de l'intensité des cyclones et relation pluie/déplacement	66

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des données Météo France dans les 4 stations en service dans le cirque (données Météo-France, 2001).....	16
Tableau 2 : Pluies quotidiennes du 15 au 27 janvier 1980 (Pinchinot, 1984).....	16
Tableau 3 : Inventaire des sources (données Hydroexpert).....	25

Bibliographie

Humbert. M, Pasquet R et Stieltjes L. (1981) – Les risques géologiques dans les cirques de Salazie et de Cilaos, 101 p, 2 cartes en Ann.

Pinchinot H. (1984) – Etude géologique des formations superficielles et du proche substratum à Grand Ilet (Cirque de Salazie - La Réunion). Thèse, Université de Grenoble, 215 p.

Cruchet M. (1992) – Aménagement du plateau de Grand Ilet. Zonage des risques géologiques. Rapport BRGM n°92REU54, décembre 1992, 8 fig., 4 tab, 35 p, 4 Ann.

Cruchet M. (1997) – La route départementale 52 dans le contexte du mouvement de terrain de grande ampleur de Grand Ilet. Premiers résultats du suivi des déformations par la méthode GPS. Rapport BRGM n°97REU07, décembre 1997, 58 p, 3 Ann.

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

Chevalier P. (2003) : - Cartographie géologique du cirque de Salazie à l'échelle 1/10 000 - BRGM/RP-52681-FR

Etude en vue des travaux de correction torrentielle à Grand Ilet – Etude préliminaire, volet hydraulique. Rapport SOGREAH n°554512R1, janvier 2000.

Mission d'expertise géologique pour l'opération : « finalisation des études préliminaires au niveau du plateau de Grand Ilet – Travaux de correction torrentielle et de fascinage de la Ravine de la Roche à Jacquot à Grand Ilet ». Analyse géologique et hydrogéologique des sondages. Rapport ANTEA n°44900-A, janvier 2007, 21 p, 3 Ann.

Mission d'expertise géologique pour l'opération : « finalisation des études préliminaires au niveau du plateau de Grand Ilet – Travaux de correction torrentielle et de fascinage de la Ravine de la Roche à Jacquot à Grand Ilet ». Synthèse des études réalisées. Rapport ANTEA n°31672-A, octobre 2003, 21 p, 2 Ann.

Mission d'expertise géologique pour l'opération : « finalisation des études préliminaires au niveau du plateau de Grand Ilet – Travaux de correction torrentielle et de fascinage de la Ravine de la Roche à Jacquot à Grand Ilet ». Cahier des charges techniques des études et travaux pour la finalisation des études préliminaires. Rapport ANTEA n°33277-A, janvier 2004, 22 p, 4 Ann.

Mouvements de terrain de Grand Ilet, étude géotechnique. Rapport SAGE Ingénierie n°RP1571/PD/JD, janvier 2000, 34 p, 7 Ann.

Etude hydrogéologique et géophysique de Grand Ilet. Rapport HYDROEXPERT n°RP03H009b, juin 2003, 60 p, 3 Ann.

1 Introduction

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

Le volet 2 du programme prévoyait l'identification et l'étude des mouvements de terrain de grande ampleur, avec notamment dans le sous-module 2.2, la mise en place d'un référentiel géodésique et la réalisation de campagnes de mesures de positionnement par GPS, dans le but de détecter et de quantifier les déplacements.

Le volet 3 (« Etude de la dynamique des glissements de terrain de grande ampleur ») du programme prévoyait également, dans le cadre du sous-module 3.1, 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 bornes géodésiques supplémentaires, de stations GPS permanentes et de pluviomètres avec pour objectif de progresser dans la connaissance sur la répartition spatiale des mouvements et sur la relation pluies/déplacements.

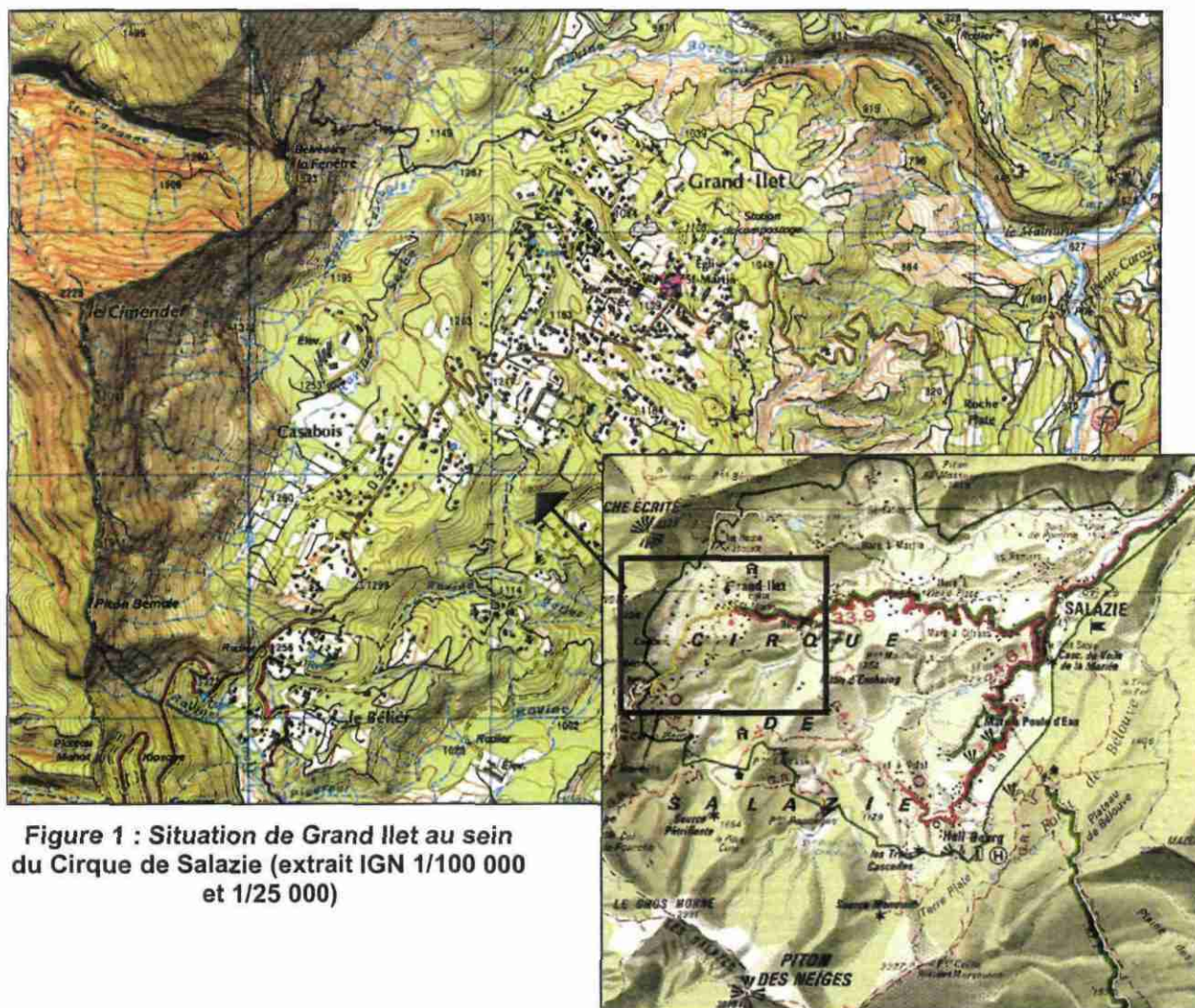
Le présent rapport, qui s'inscrit dans le cadre du rendu du sous-module 3.1, synthétise les données acquises dans le cadre du programme MVTerre concernant le glissement de Grand Ilet, et présente notamment l'exploitation des résultats du suivi géodésique en liaison avec la pluviométrie enregistrée au niveau du pluviomètre automatique mis en place fin 2003 sur le plateau.

2 Présentation de la zone d'étude

2.1 Localisation et contexte morphologique

Grand Ilet se situe dans la partie ouest du cirque de Salazie, à moins d'une dizaine de kilomètres au Nord du Piton des Neiges. D'une superficie proche de 5 km² (en incluant les secteurs du Bélier et de Casabois – cf. figure 1), il abrite une population de l'ordre de 1200 habitants.

De forme sensiblement circulaire et d'un diamètre voisin de 10 km, le Cirque de Salazie correspond à une immense forme d'effondrement du Piton des Neiges, dont la morphologie a été façonnée au fil du temps par de nombreux épisodes volcaniques et par des phénomènes érosifs intenses. Salazie, tout comme les cirques voisins de Cilaos et Mafate, a une origine morpho-tectonique récente (Chevallier, 1979). Cela se traduit par le fait que les effondrements en masse à l'origine de la formation du cirque ont été guidés par les discontinuités découpant le massif, les masses effondrées étant par la suite remodelées par une érosion intense plus classique.



Etagé sensiblement entre 900 m d'altitude et près de 1300 m, Grand Ilet se présente comme un vaste plateau montrant une déclivité générale orientée vers le Nord-est de l'ordre de 10°-15°. Ce plateau est délimité :

- à l'Ouest par le rempart du cirque, paroi très redressée présentant au droit de la zone d'étude un dénivelé variant entre 350 m au niveau de La Fenêtre et 1000 m environ au niveau du Cimendef (qui culmine à 2228 m). Ainsi adossé au rempart, Grand Ilet peut être qualifié « d'îlet banquette » par distinction avec d'autres îlets, topographiquement entièrement isolés (à l'image de Mare à Vieille Place) ;
- coté Nord par la Ravine Roche à Jacquot, qui incise progressivement le plateau depuis le pied du rempart. D'une hauteur comprise entre quelques dizaines de mètres et 150 m environ en amont de la Cascade Micheline, le versant présente des dénivelées comprises environ entre 250 m et 450 m en aval de celle-ci. D'aspect ruiniforme, le versant septentrional de Grand Ilet est en proie à une intense activité érosive, que trahit notamment l'existence de plusieurs ravines (Ravine Clain, Ravine Nourry, etc.) et une morphologie en bad-lands assez largement développée ;
- coté Est, par le versant rive gauche de la Rivière Fleurs Jaunes, qui présente une hauteur maximale de l'ordre de 400 m. La rivière, qui trouve sa source sur les flancs Est du Morne de Fourche, s'écoule selon un axe général orienté SW / NE. Ce versant présente également une morphologie très chahutée (activité érosive importante, présence de nombreuses ravines plus ou moins encaissées, escarpements rocheux) ;
- coté Sud, par la Ravine Camp Pierrot, prenant naissance de la confluence de plusieurs petites ravines (Ravines Bélier, Saule Pleureur, Piton marmite, etc.) et rejoignant la Rivière Fleurs Jaunes en contrebas du Piton Papangue vers l'altitude 750 m. Assez peu encaissée au droit des quartiers du Bélier et de Casabois (partie sud du plateau), la Ravine de Camp Pierrot incise sensiblement plus le plateau de Grand Ilet sur les 800 derniers mètres environ de son linéaire avant sa confluence avec Fleurs Jaunes.

Un des points morphologiques remarquables de Grand Ilet – qui rend la terminologie couramment utilisée de plateau peu adaptée – est l'existence d'une topographie « fine » très chahutée, avec en particulier l'existence de plusieurs dépressions et de ressauts dont la hauteur peut atteindre une quarantaine de mètres (pente de l'ordre de 30° à 45°). Ces marches d'escaliers en arcs de cercle se prolongent latéralement sur plusieurs centaines de mètres et découpent Grand Ilet en compartiments (cf. paragraphe 4).

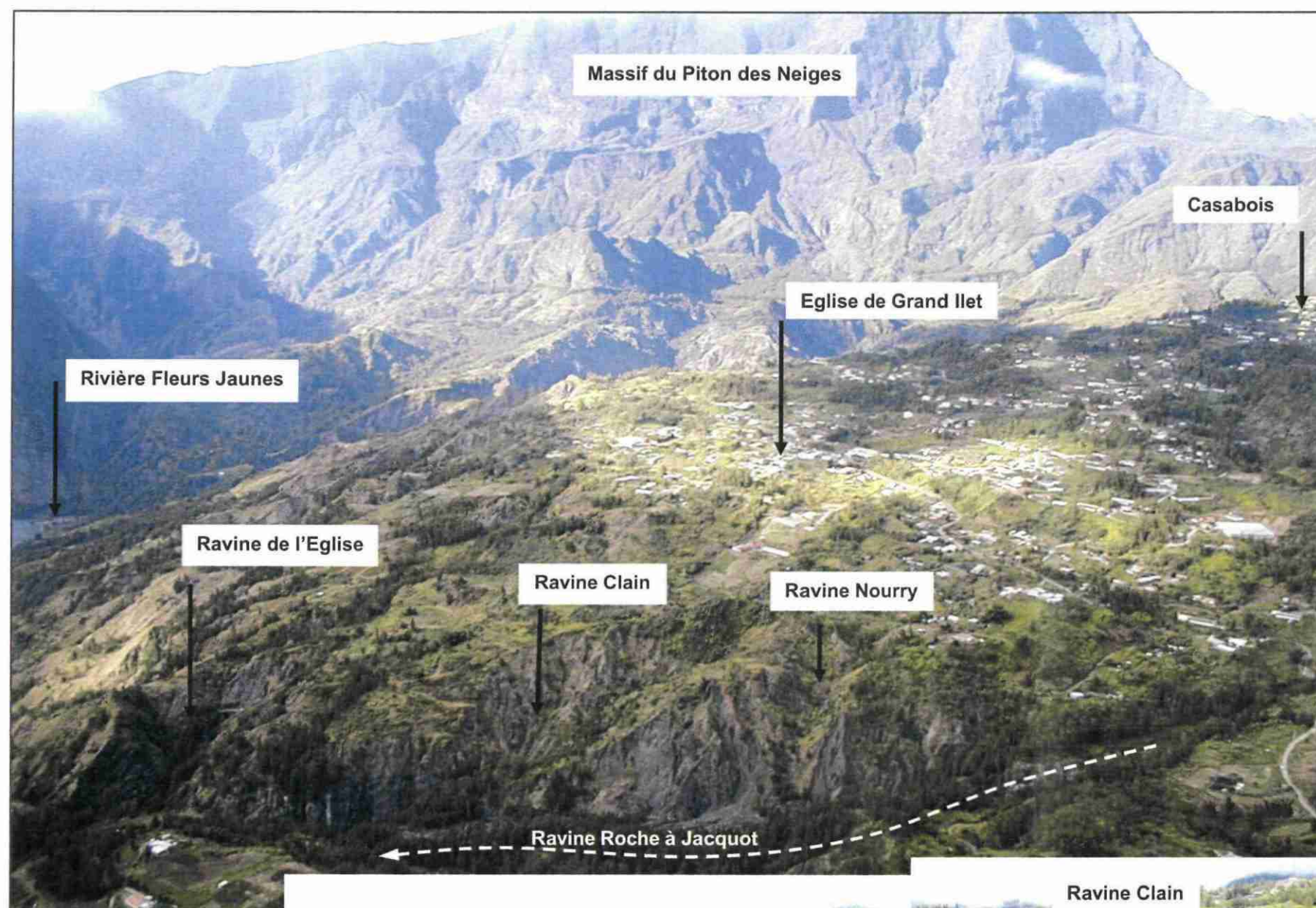
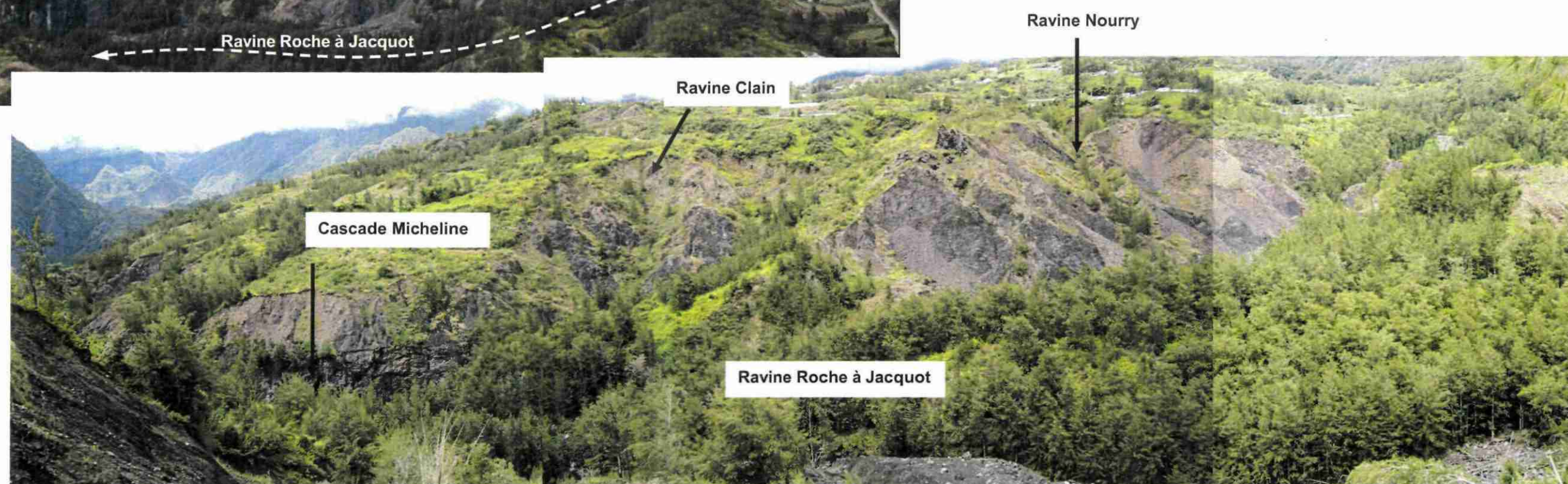


Figure 2 : Vue générale de Grand Ilet depuis le Nord



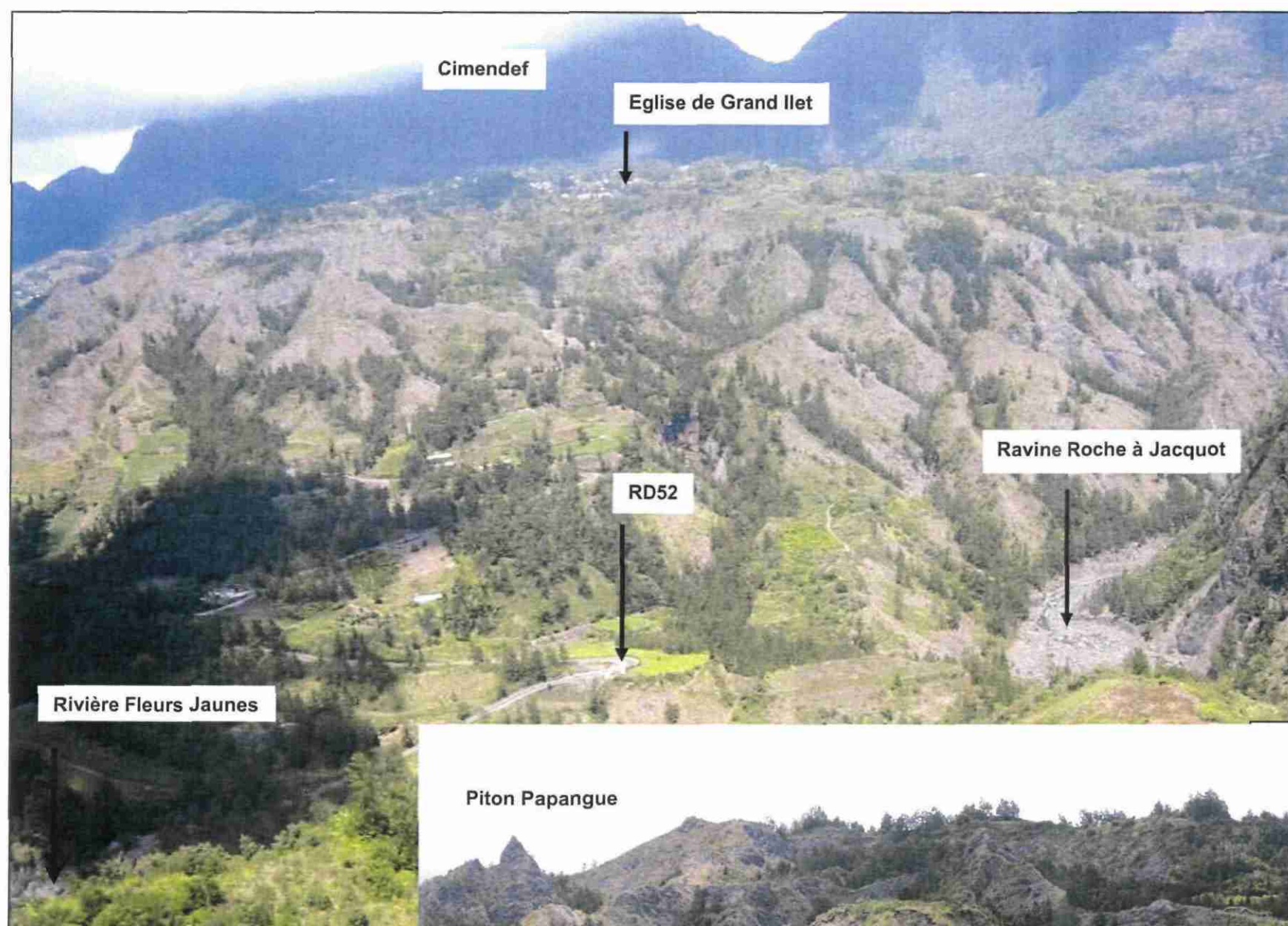
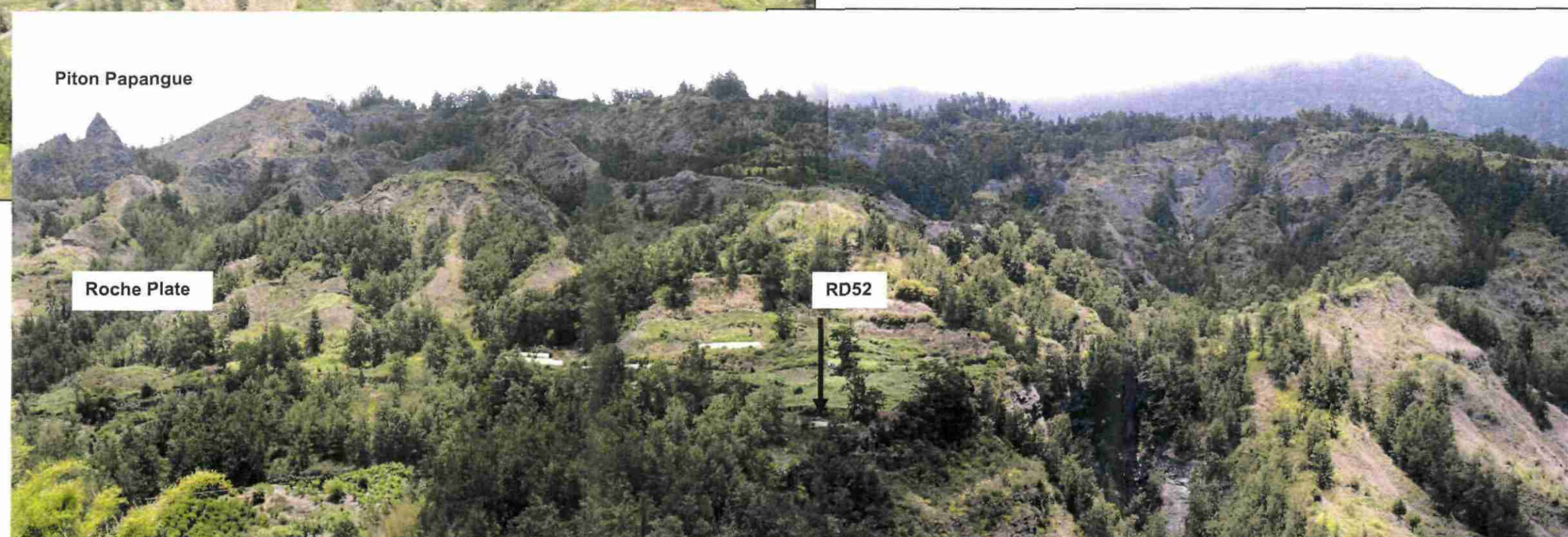


Figure 3 : Vue générale du versant Est de Grand Ilet depuis Mare à Vieille Place (ci-dessus) et depuis la rive droite de Fleurs Jaunes (ci-contre)



2.2 Contexte climatique

Il résulte notamment du climat tropical humide régnant à La Réunion des cumuls pluviométriques exceptionnels au cours de l'été austral (l'île détenant tous les records mondiaux de pluviométrie pour les périodes comprises entre 12h et 15 jours). Ces précipitations d'intensité, et parfois de durée, exceptionnelles constituent un élément moteur majeur dans de nombreux mouvements de terrain, dont une grande part se produit à l'intérieur des cirques ou à leur périphérie (remparts).

Salazie est le plus arrosé des trois cirques de La Réunion, ses remparts Ouest (surplombant directement Grand Ilet) et Sud constituant l'ultime barrière pour les systèmes dépressionnaires arrosant périodiquement, et abondamment, l'Est et le Nord de l'île (au-delà de ces remparts commence « la côte sous le vent »). Salazie connaît ainsi un régime de précipitations très marqué (moyennes annuelles comprises entre 2,5 m et 5 m¹ suivant la localisation dans le Cirque) et constitue un des secteurs de La Réunion les plus exposés aux menaces cycloniques. Le tableau ci-dessous présente les médianes des cumuls annuels de précipitations mesurées dans quatre stations Météo France implantées dans le cirque ou en bordure immédiate (cf. rapport BRGM/RP-51127-FR, 2001).

Station	Altitude	Médiane des cumuls annuels
Bélouve	1500 m	2966 mm (série 1956-2000)
Hell-Bourg	980 m	2959 mm (série 1952-2000)
Mare à Vieille Place	880 m	2476 mm (série 1990-2000)
Salazie village	476 m	3028 mm (série 1996-2000)

Tableau 1 : Synthèse des données Météo France dans les 4 stations en service dans le cirque (données Météo-France, 2001)

La dépression tropicale Hyacinthe (janvier 1980), qui fut à l'origine de désordres importants non seulement à Grand Ilet et dans le cirque de Salazie, mais plus largement sur une grande partie de l'île, constitue l'épisode cyclonique le plus marquant de ces cinquante dernières années. Hyacinthe fut exceptionnel à la fois par l'importance des cumuls pluviométriques et par la durée de son influence sur La Réunion. Il a ainsi été enregistré à Grand Ilet un cumul de 5240 mm au cours de la seconde quinzaine de janvier.

Janvier 1980	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Total
Station de Grand Ilet	3	94	172	171	240	164	160	391	360	858	706	1044	877	5240
Station de Hell-Bourg	28	27	222	240	299	256	191	138	388	400	358	407	581	3535

Tableau 2 : Pluies quotidiennes du 15 au 27 janvier 1980 (Pinchinot, 1984)

¹ Ces cumuls annuels moyens, bien que remarquables, restent relativement modestes par rapport à ceux des flancs Est du Massif du Piton de la Fournaise et de la zone de Takamaka (pluviométrie moyenne annuelle supérieure à 6000 mm, avec des valeurs supérieures à 10000 mm).

Alors que la pluviométrie horaire ou quotidienne est restée forte mais sans être exceptionnelle en terme d'intensité (100 mm maximum sur une heure - période de retour estimée entre 30 ans et 50 ans par Sogreah, 2000), c'est la durée totale de l'épisode pluvieux intense qui a conféré au phénomène une ampleur majeure (plus de 5200 mm en 13 jours).

A titre comparatif, en février 1987, à l'occasion du passage du cyclone Clotilda, 2500 mm se sont déversés sur Grand Ilet en 6 jours, dont 1040 mm en 24 heures.

Au-delà de l'intensité des précipitations, le tableau précédent permet de souligner leur grande variabilité spatiale, en partie liée aux effets orographiques (encaissement, exposition et éloignement par rapport aux remparts environnants, etc.), les deux stations n'étant éloignées à « vol d'oiseau » que d'une demi-douzaine de kilomètres. Autre exemple illustrant cette variabilité, il est tombé 1324,5 mm le 05/03/06 sur le poste de Grand Ilet, contre « seulement » 687 mm sur le poste d'Ilet à Vidot (3202 mm contre 1891 mm sur la première quinzaine de mars, soit 70% de plus).

La figure n°4 ci-après présente les cumuls relevés par quinzaine sur la période Février 2004/Avril 2008, sur le poste pluviométrique de Grand Ilet.

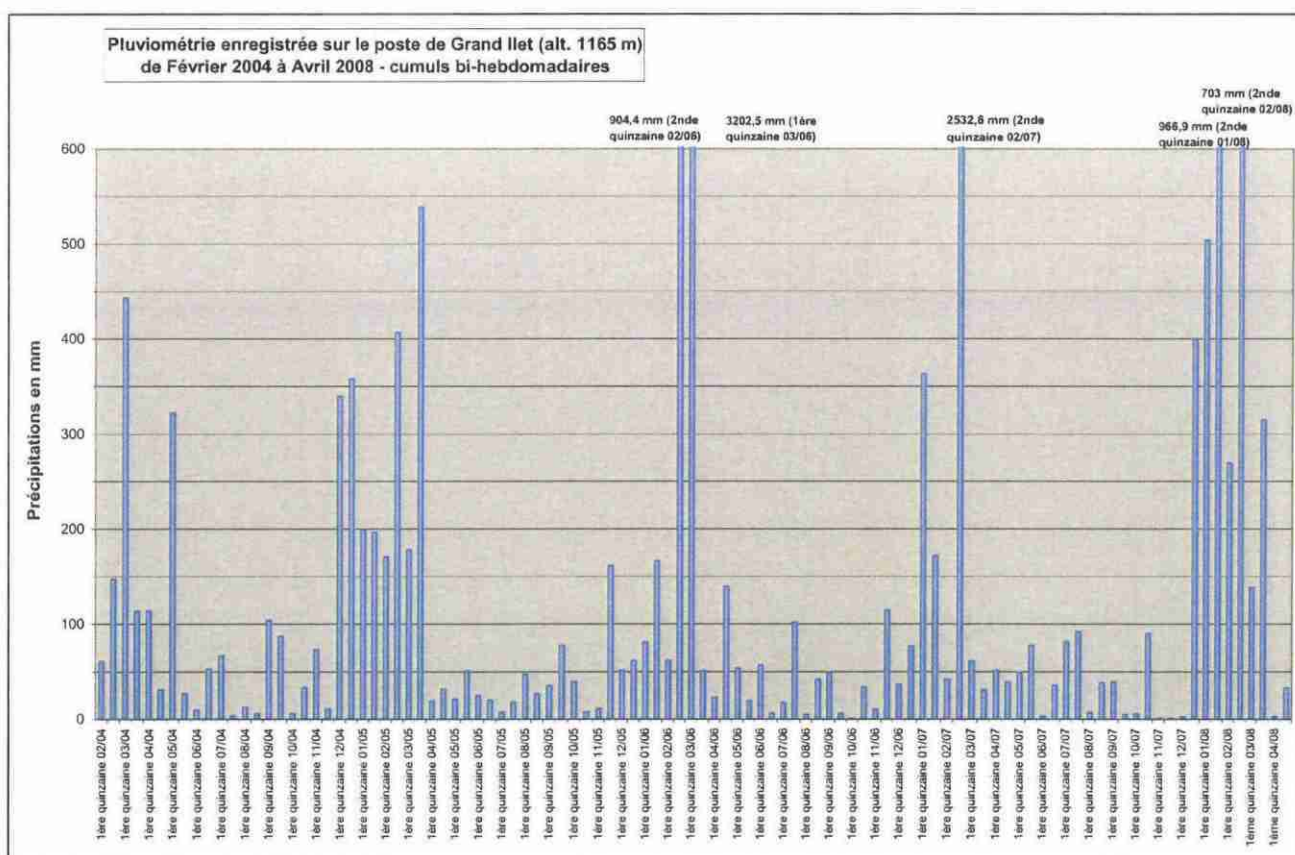


Figure 4 : Pluviométrie enregistrée par quinzaine sur le poste de Grand Ilet (alt. 1165 m), sur la période Février 2004/Avril 2008

3 Synthèse géologique et hydrogéologique

3.1 Contexte géologique

Le soubassement stable du plateau de Grand Ilet est représenté par un **substratum de coulées volcaniques** (océanites). Ce substratum affleure notamment :

- dans la Ravine Roche à Jacquot, en aval de la Cascade Micheline, avec un toit se trouvant à une cote comprise entre 850 m et 900 m (cf. figure n°7 et 8). Au toit de la Ravine Clain, le toit du substratum affleure à une altitude proche de 900 m ;
- sur une large partie des versants Est du plateau, notamment au Nord de la RD52 et en contrebas du Piton Papangue (versant de la Rivière Fleurs Jaunes), jusqu'à des altitudes comprises entre 950 et 1000 m environ ;
- dans les gorges de la Ravine Camp Pierrot, dans la partie Sud-est du plateau de Grand Ilet.

Le substratum apparaît ainsi situé à une profondeur sous la surface du plateau de l'ordre de 80 m à 200 m, et se redresse vers l'Ouest pour se raccorder aux remparts du cirque.

Ce soubassement volcanique est étroitement imbriqué avec un réseau d'intrusions, dont les éléments les plus facilement identifiables sont :

- le sill de syénite en aval de la cascade Micheline, au toit du substratum (cf. figures n°7 et n°8), intercalé entre celui-ci et l'Unité intermédiaire (cf. ci-après). Son épaisseur est estimée entre 3 et 5 m. Bien que la continuité ne soit pas formellement établie, il semble se prolonger vers le Sud (il est ainsi observable vers l'altitude 830 m environ sur le versant dominant la confluence Roche à Jacquot / Fleurs Jaunes – cf. figure n°9)
- le sill de trachyte de Roche Plate (cf. figures n°10 et 16), sur le versant Est du plateau de Grand Ilet. D'une épaisseur de 2 m à 3 m, il constitue une surface structurale inclinée vers la rivière, en position affleurant à sub-affleurant sur une large partie inférieure du versant et se retrouvant en continuité sud du soubassement du plateau.

Surmontant le substratum volcanique et issu selon Pinchinot de son altération, l'**Unité Intermédiaire** désigne des terrains volcaniques hétérogènes en place (selon Antea, elle pourrait regrouper différentes formations), dont les propriétés apparaissent intermédiaires entre celles du substratum sain et celles des formations détritiques de surface qui la surmontent. L'Unité Intermédiaire se distinguerait notamment des océanites du substratum sain par une fissuration et une argilisation importantes, la rendant très sensible aux phénomènes érosifs (expliquant l'aspect ruiniforme - bad-lands - des terrains sur le versant Nord en particulier). La puissance de cette formation apparaît très variable, le plus souvent pluridécamétrique mais pouvant être sensiblement supérieure (de l'ordre de 150 m à 200 m dans la partie centrale du plateau).

Selon les auteurs, l'Unité Intermédiaire se présente sous deux faciès distincts :

- à la base, un faciès à forte argilisation. Ces terrains prennent l'apparence de sols argileux ne renfermant que quelques blocs résiduels. Ils se caractériseraient par une plasticité et une imperméabilité marquées (SAGE) ;

- un faciès rocheux fissuré : le remaniement et l'hydrothermalisation des océanites originelles a entraîné la formation d'un matériau très fissuré et friable, mais conservant une relative cohérence.

L'Unité Intermédiaire est surmontée de matériaux bréchiques, qui seraient issus en grande partie d'un événement majeur (daté à environ 28 000 ans), vraisemblablement de type avalanche de débris s'étant propagé depuis la faille Est de Salazie (celle-ci formant un corridor se situant en alignement avec le rempart sud-est du cirque). Le matériel lavique déstabilisé s'est propagé au contact des séries volcaniques anciennes, subissant d'importantes déformations conduisant à la formation de différents faciès de bréchification plus ou moins avancé. Sur Grand Ilet, l'essentiel de ces matériaux bréchiques appartiennent à la **formation de Mare à Poule d'Eau** (Chevalier P. - 2003).

Les différents faciès de cette unité de Mare à Poule d'Eau constituent un ensemble complexe et « bigarré », s'inscrivant dans un éventail compris entre un pôle peu « évolué », où peuvent se reconnaître les structures volcaniques originelles (alternance de coulées laviques de basaltes et de niveaux de tufs à scories/lapilli), et un pôle « mixte » (brèches non litées plus matricielles, plus polygéniques, où se retrouvent les mêmes niveaux laviques mais en clastes isolés). Ces brèches sont globalement assez consolidées et présentent une cohésion variable, mais généralement suffisante pour assurer la tenue de talus de hauteur plurimétrique parfois très raide.

Moins bien représentées à l'affleurement (uniquement présentes dans la zone d'étude localement sur le versant est du plateau – cf. figure 5), les **Brèches Noires** se sont développées au toit du substratum hydrothermalisé, à l'interface sous la série de Mare à Poule d'Eau. Formée à partir du remaniement des brèches anciennes, déjà altérées et zéolitisées, elles se présentent sous la forme de brèches matricielles, compactes, à matrice fréquemment argileuse plastique.

L'épaisseur de cette « couverture bréchique » du plateau apparaît très variable, avec un ordre de grandeur général pluridécamétrique. Elle est très largement recouverte de formations récentes, notamment colluvions et éboulis.

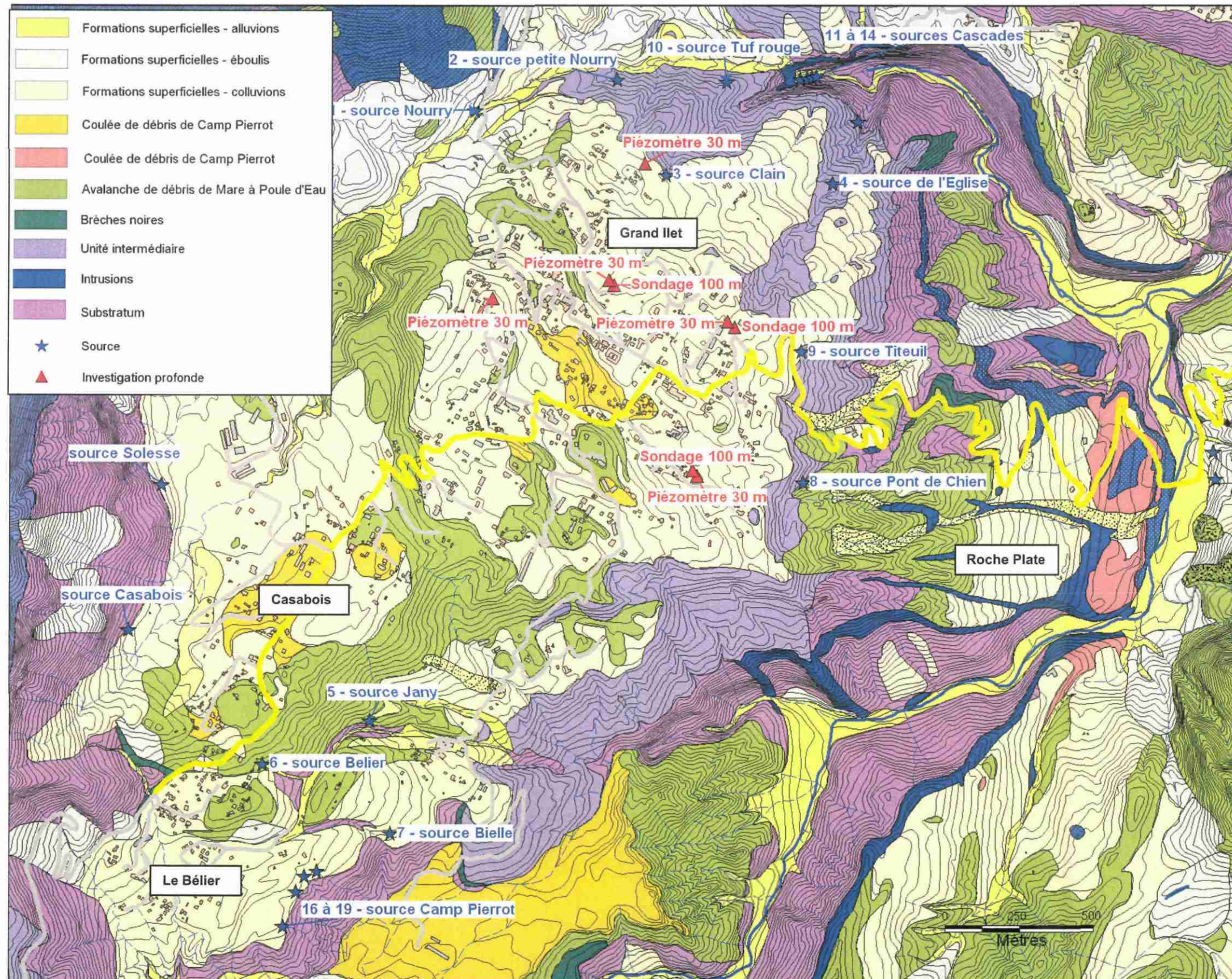


Figure 5 : Extrait carte géologique P Chevalier – Cirque de Salazie au 1/10 000

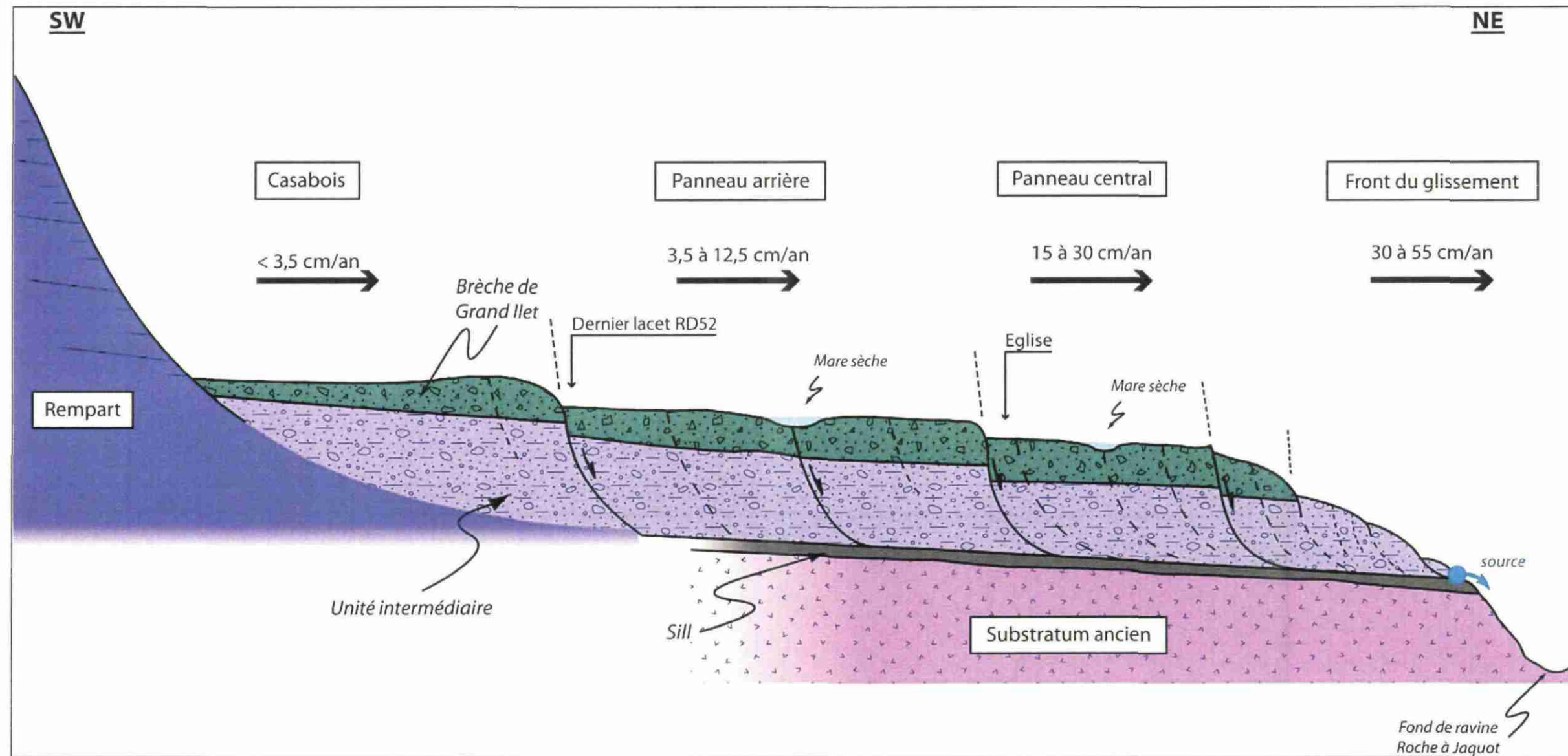


Figure 6 : Coupe schématique interprétative du glissement de Grand Ilet



Figure 7 : Contact entre le substratum et l'unité intermédiaire (versant Roche à Jacquot)

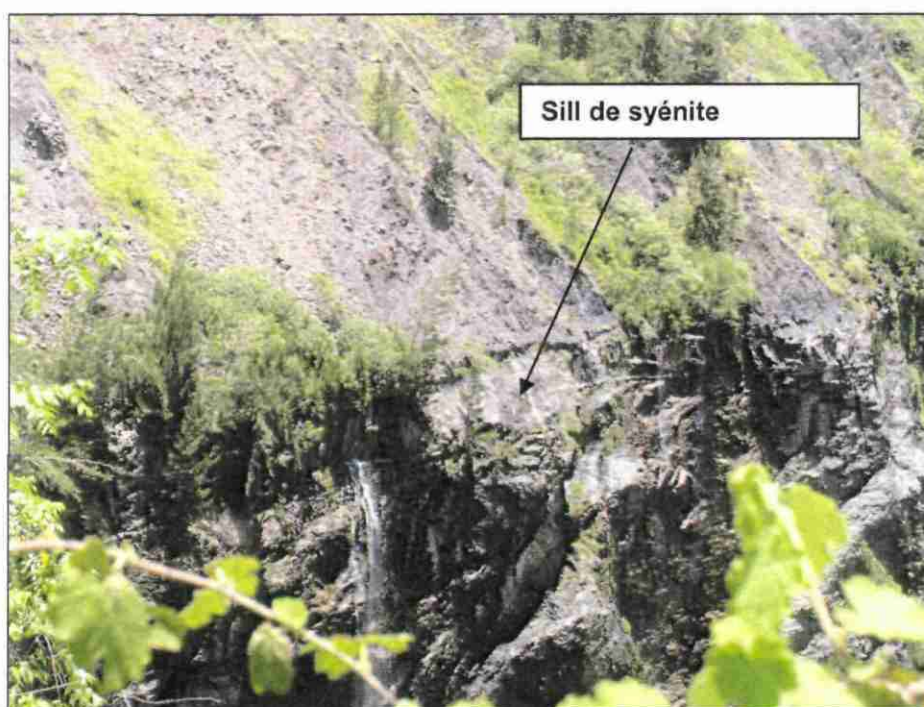
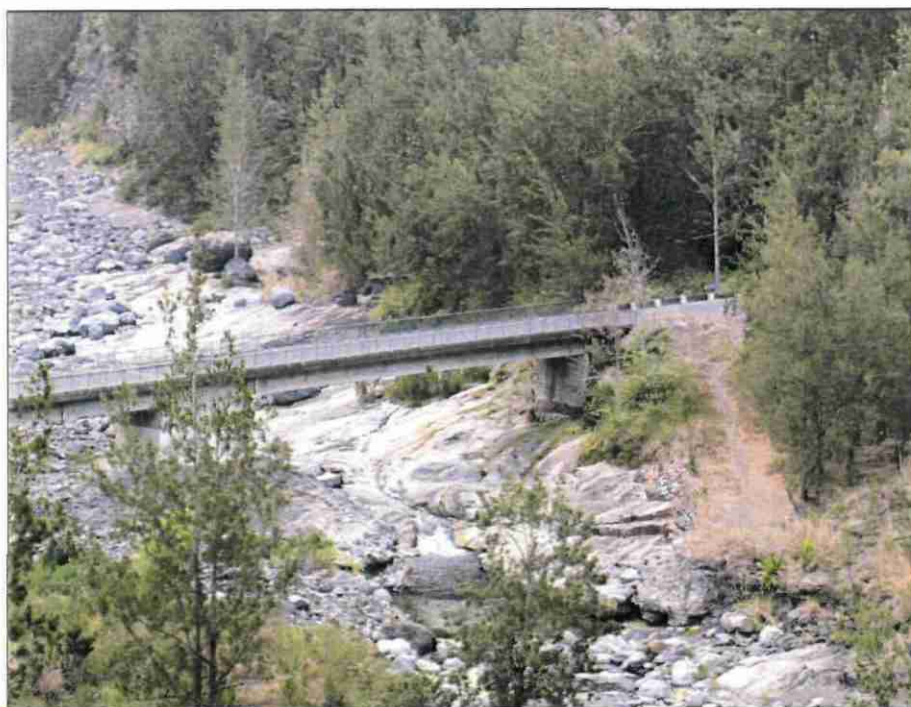


Figure 8 : Contact entre le substratum et l'unité intermédiaire (versant Roche à Jacquot).
Sill de syénite au toit du substratum



**Figure 9 : Sill de syénite identifiable sur le versant Nord-Est du plateau de Grand Ilet
(vers l'altitude 830 m environ)**



**Figure 10 : Intrusion de syénite en rive gauche de la Rivière Fleurs Jaunes, au droit de la
RD52**



Figure 11 : Incision du rebord septentrional du plateau (aux abords de la ravine Nourry) dans les matériaux constitutifs de l'Unité Intermédiaire.

3.2 Contexte hydrogéologique

Les éléments donnés ci-dessous sur le fonctionnement hydrogéologique de Grand Ilet, sont issus principalement de diverses études (cf. bibliographie), et ne constituent que des hypothèses nécessitant d'être confirmées. Les principaux programmes d'investigations hydrogéologiques réalisés par le passé sur le plateau dont les résultats ont contribué à formuler ces hypothèses sont :

- suivi hydrométrique et hydrochimique des sources pérennes sur une période de 6 mois allant de la période sèche à la période humide (Hydroexpert, dans le cadre du Programme Départemental de Recherche en Eau - PDRE - 2000) ;
- prospection géophysique par la méthode Résonance Magnétique des Neutrons (Hydroexpert, dans le cadre du PDRE 2000) ;
- réalisation (décembre 2004 à mars 2005) sur le plateau de cinq piézomètres de 30 m de profondeur et d'un sondage de 100 m de profondeur (implantations données sur la figure n°5) ;
- réalisation (mai à juin 2006) sur le plateau de deux sondages complémentaires de 100 m de profondeur (implantations données sur la figure n°5). L'analyse géologique et hydrogéologique de ces sondages (ainsi que ceux effectués en 2005) a été réalisée par Antea (2007).

L'infiltration de l'eau au sein des formations bréchiques (matériaux assez peu cohérents et caractérisés par une perméabilité relativement élevée selon Hydroexpert) serait à l'origine d'un écoulement saturé directement au toit du substratum volcanique (dont l'imperméabilité est renforcée sur une large partie de l'emprise du glissement par les intrusions), ou au niveau de la couche argileuse de base de l'unité intermédiaire lorsque celle-ci existe (Hydroexpert). Compte-tenu de la constitution des matériaux bréchiques (notamment

formation de Mare à Poule d'Eau caractérisée dans l'ensemble par une matrice « fermée » abondante), on peut penser que cette perméabilité correspond plus à une perméabilité de fissures (avec l'existence d'un réseau connecté dont on ne connaît pas la répartition) qu'à une perméabilité « de pores » (même si la part de cette dernière ne peut être considérée comme négligeable). Des écoulements temporaires superficiels au niveau d'horizons supérieurs plus ou moins continus et moins perméables peuvent également se produire.

L'unité intermédiaire serait le siège d'un niveau d'eau pérenne (« aquifère principal de fond de cirque ») admettant comme substratum le socle volcanique (Hydroexpert), et dont témoigne la présence de sources à débits relativement importants (y compris en période sèche) émergeant dans des terrains qualifiés de « très perméables » par Hydroexpert. Ce niveau peut émerger en plusieurs endroits du fait d'une hétérogénéité de perméabilité au sein même de la formation. Les mares sèches dispersées sur le plateau (cf. paragraphe 5.2) en constitueraient, notamment à l'occasion d'épisodes pluvieux exceptionnels, les points d'alimentation « privilégiés ». Des nappes superficielles locales contenues dans des terrains de surface de moindre transmissivité, et directement alimentées par les précipitations, surmontent cet aquifère. En période fortement humide notamment, le niveau superficiel serait susceptible de rejoindre le niveau de base pour ne former qu'une seule nappe.

Les principales sources identifiées sur les rebords de plateau figurent dans le tableau n°3 (leur localisation est donnée sur la figure n°5). Tant les observations que les témoignages soulignent le fait que les sources situées au toit du substratum volcanique, proche de la Cascade Micheline (cf. figures n°8 et n°12), ne sont pas pérennes. Leur émergence est liée à un contexte hydrologique favorable en situations post-cycloniques, mais aussi saisons humides fortement arrosées. Non observées en octobre 2007, elles l'ont été à la mi-janvier 2008 alors qu'il était tombé depuis le début de la saison des pluies (19 décembre) environ 900 mm.

N° de source	Désignation	Localisation et cote émergence	Interface géologique concernée
1	Nourry	Ravine à Jacquot, 1040 m	Unité int. / Substratum
2	Petite Nourry	Ravine à Jacquot, 960 m	Toit des argiles grises / Unité int.
3	Clain	Ravine Clain, 1040 m	Formations sup. / unité int.
4	De l'Eglise	Ravine de l'Eglise, 950 m	Unité int.
5	Jany	Ravine Bélier, 1200 m	Formations sup. / unité int.
6	Bélier	Ravine Bélier, 1210 m	Unité int. / Substratum
7	Bielle	Ravine Camp Pierrot, 1170 m	Unité int. / Substratum
8	Pont de Chien	Versant Est RD52, 1050 m	Unité int.
9	Titeuil	Versant Est RD52, 1050 m	Formations sup. / unité int.
10	Tuf Rouge	Ravine à Jacquot, 930 m	Unité int.
11 à 14	Cascades	Ravine à Jacquot, 900 m	Unité int. / Substratum
15	Suintement	Ravine à Jacquot	Toit des argiles grises / Unité int.
16 à 19	Camp Pierrot	Ravine Camp Pierrot	Unité int. / Substratum

Tableau 3 : Inventaire des sources (données Hydroexpert)

La source Clain, qui émerge dans la ravine éponyme (cf. figure n°2), drainerait la majeure partie des eaux souterraines du plateau à une altitude voisine de 1040 m (Antea, 2007). Elle correspondrait à l'émergence d'un niveau aquifère au toit de l'Unité Intermédiaire.



Figure 12 : Sources non pérennes de la Cascade Micheline, au toit du sill coiffant le substratum volcanique

- en haut à gauche : cliché pris le 17/10/07 (avant le début de la saison des pluies) ;
- en haut à droite : cliché pris le 15/01/08 (cumul pluviométrique à Grand Ilet de 900 mm depuis le 20/12/07) ;
- ci-contre : cliché pris en situation post-Diwa (plus de 3 m d'eau tombés à Grand Ilet entre le 03 et le 08/03/06).



Les sondages réalisés sur le plateau en 2005 et 2006, y compris en saison humide entre décembre 2004 et mars 2005), n'ont pas rencontré de niveau d'eau saturé permanent sur leur profondeur (de l'ordre d'une centaine de mètres). Selon Antéa (2007), , l'hypothèse d'un massif entièrement saturé en période de pluviométrie exceptionnelle apparaît peu vraisemblable). Toutefois, il convient de rester prudent avec cette hypothèse en l'absence de suivi piézométrique continu en saison cyclonique. Toujours d'après Antéa, les émergences observées au toit du substratum en période fortement pluvieuse résulteraient des infiltrations directes rapides au sein des matériaux bréchiques et de l'Unité Intermédiaire, jusqu'à rencontrer un horizon imperméable (faciès argileux de l'Unité Intermédiaire ou sill situé au contact du substratum) et alimentant ainsi l'aquifère de l'Unité Intermédiaire. En l'état des connaissances, on ne peut exclure que ces infiltrations soient dues plus ou moins équitablement à une perméabilité de fissures et à une perméabilité liée à la porosité des matériaux.

4 Indices témoignant de l'activité glissement de terrain sur le plateau

4.1 Indices anciens

Selon SAGE, un glissement ancien d'ampleur comparable au glissement actuel se serait produit suite à une première incision de La Ravine Roche à Jacquot sur une centaine de mètres dans les matériaux du plateau. Ce glissement catastrophique (volume estimé à 280 millions m³ de matériaux), vraisemblablement survenu en période cyclonique ou post-cyclonique, serait à l'origine de la morphologie actuelle du plateau et aurait repoussé le lit de la ravine vers le Nord (le lit actuel résultant de l'érosion des matériaux glissés depuis cette époque).

L'analyse photo-interprétative réalisée à partir de différentes campagnes de clichés aériens, confortant les observations de terrain, soulignent que le terme de plateau désignant Grand Ilet est morphologiquement peu approprié. Sa topographie montre en effet une succession de relatifs replats entrecoupés de ressauts d'une hauteur atteignant quelques mètres à une quarantaine de mètres environ.

Ces ressauts se présentent comme des structures courbes découpant le plateau en compartiments et correspondant à des arcs de glissement (ou niches d'arrachement) historiques car hérités de grands mouvements anciens. Ces « gradins » semblent témoigner d'un mécanisme de glissement avec la présence de masses en mouvement emboîtées. Leur concavité est orientée préférentiellement vers le Nord-Est, direction conforme à celle des déplacements mesurés dans le cadre du programme MVTerre.

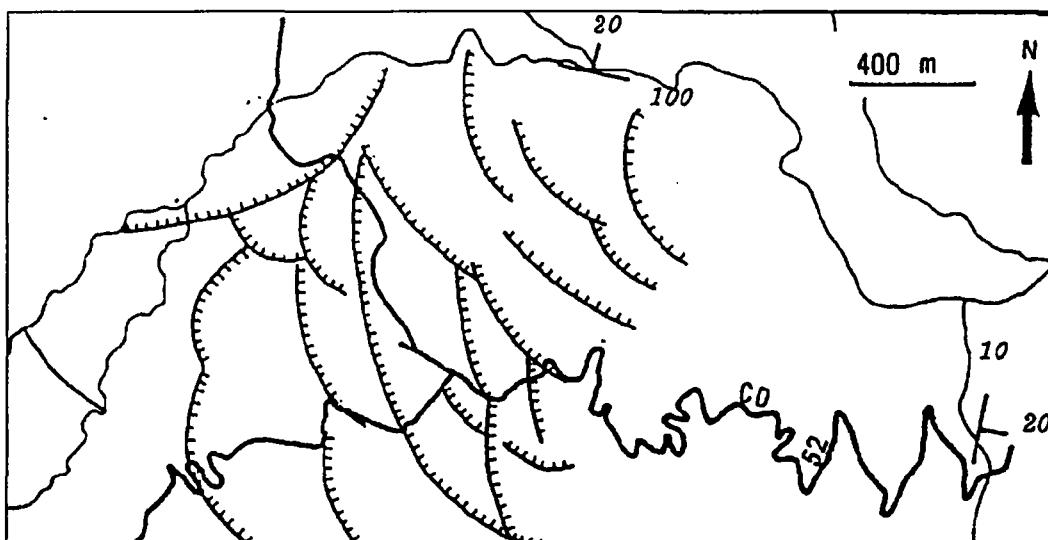


Figure 13 : Carte photo-interprétative (Pinchinot, 1984)

En ce qui concerne l'histoire « contemporaine » du plateau, Grand Ilet est connu (selon les différents témoignages recueillis) comme étant sujet, « *de longue date* », à des instabilités dont l'ampleur serait cependant toujours restée relativement modeste (fissuration lente). Ces instabilités n'auraient ainsi semble-t-il jamais été source de dégâts significatifs, la population locale s'en accommodant tant bien que mal, et d'autant mieux que le bâti traditionnel (cases en « bois sous tôles ») « encaissait » relativement bien les désordres.

4.2 L'épisode Hyacinthe

Le passage de Hyacinthe, événement exceptionnel par sa durée et par les cumuls de précipitations sur deux semaines (cf. paragraphe 2.2), a provoqué une brutale accélération des mouvements se traduisant par l'apparition d'une fissuration importante sur le plateau. Les fissures observées présentaient un rejet vertical de l'ordre du centimètre jusqu'à une vingtaine de centimètres, pour une ouverture d'ordre centimétrique (BRGM 97RU07 R399964, décembre 1997 – cf. figure n°43). Par ailleurs, trois déboulés (ou glissements-coulées) se sont déclenchés au cours de l'épisode cyclonique (leur localisation est donnée sur la figure n°14) et se sont traduits par un recul de la limite d'érosion jusqu'aux proches abords du village de Grand Ilet.

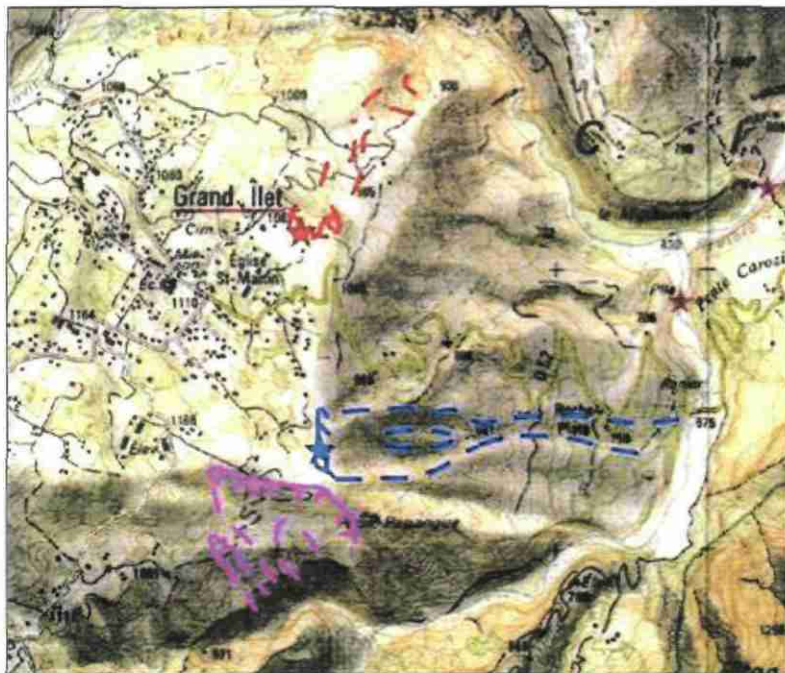


Figure 14 : Localisation des déboulés survenus lors du passage de Hyacinthe

- **Le « déboulé » Nord-Est** (en rouge sur la figure n°14) : il a pris naissance au niveau de la rupture de pente, à quelques dizaines de mètres des premières habitations en limite Nord-est du plateau. La niche d'arrachement s'est développée latéralement sur plus de 150 m, pour une hauteur de l'ordre de 40 m. Le phénomène s'est propagé, sans faire de dégât notable, jusqu'au fond de la Ravine Roche à Jacquot (soit une dénivelée proche de 350 m), en entaillant le plateau sur 10 m à 30 m de profondeur ;
- **Le « déboulé » Sud** (en violet sur la figure n°14) : le phénomène s'est déclenché en limite de plateau, vers l'altitude 1150 m (à l'Ouest du Piton Papangue) et s'est développé jusque dans la Ravine Camp Pierrot. Les dégâts se sont limités aux terres agricoles et à un chemin d'exploitation ;

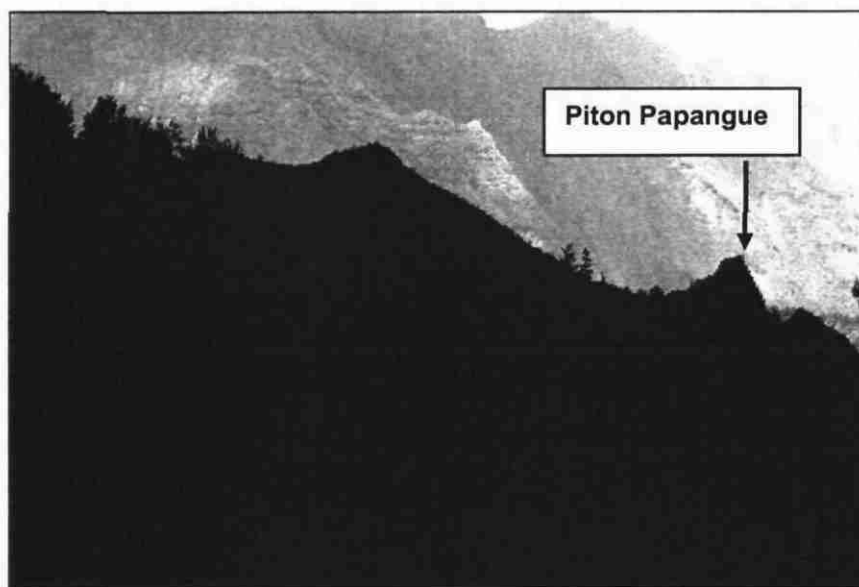


Figure 15 : Niche d'arrachement du déboulé sud survenu lors de Hyacinthe

- **Le « déboulé » Est** (en bleu sur la figure n°14) : le mouvement a pris naissance en bordure de plateau, au Nord cette fois de Piton Papangue. La niche d'arrachement s'étend sur 300 m de long environ, pour une hauteur voisine de 50 m. Des sources auraient jailli au moment de l'affaissement du panneau, qui aurait ensuite évolué en coulée boueuse (Pinchinot). Les matériaux mobilisés descendent jusqu'au lieu-dit Roche Plate, légèrement en amont de la Rivière Fleurs Jaunes (extension du phénomène proche de 1000 m), en empruntant deux ravines séparées par une crête résiduelle. Le phénomène entraîne la mort de 10 personnes regroupées dans une case située à Roche Plate. Il est à noter que la progression vers l'aval du déboulé a été facilitée par la présence, en fond de ravines empruntées par le phénomène, d'une surface structurale conforme (sill trachytique) faisant office de toboggan pour les matériaux glissés.



Figure 16 : Intrusion en position de dalle structurale conforme à la pente, au niveau de Roche Plate (cliché pris dans l'axe du déboulé Est de Hyacinthe, vers l'alt. 950 m)

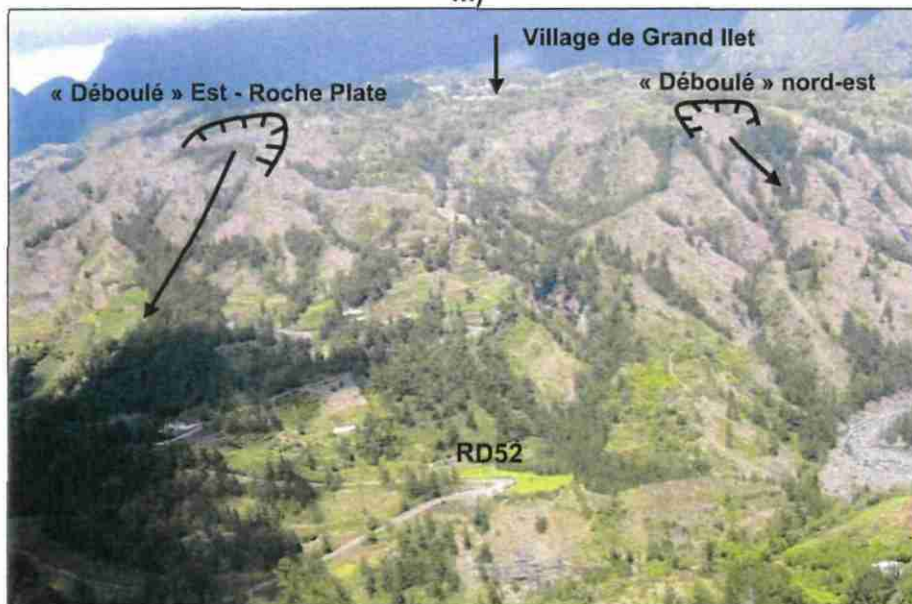


Figure 17 : Localisation de deux des trois déboulés survenus lors de Hyacinthe

4.3 Observations de terrain

Comme évoqué précédemment, le plateau connaît depuis longtemps des mouvements se traduisant par une fissuration dont l'ampleur (ouverture, rejeux) est restée cependant relativement modeste. Selon les témoignages recueillis, le plateau a connu après Hyacinthe (qui a occasionné une brutale accélération des désordres) un calme relatif se poursuivant jusqu'au tout début des années 2000 (avec toutefois une fissuration plus ou moins lente

affectant ouvrages bétonnés et habitations, et pouvant engendrer sur certaines voiries des décalages de plusieurs centimètres entre deux recharges). Selon les riverains, les mouvements auraient tendance, depuis cette période, à connaître un regain perceptible.

Des observations de terrain ont été réalisées en octobre 2007 en compagnie de M. Damour, des Services techniques de la commune, afin d'identifier en particulier les indices de mouvements les plus significatifs. Il est intéressant de noter qu'une large partie des fissures observées à cette occasion correspond à des indices de mouvements apparus de façon relativement récente, certaines n'étant pas observables 6 mois ou 1 an en arrière ou ayant enregistrées sur cette période une évolution importante. On notera également que les témoignages tendent à souligner que l'évolution des désordres est perceptible tout au long de l'année, sans lien direct évident avec l'alternance saison humide / saison sèche.

Parmi les indices de mouvements observés, il est possible de distinguer :

- des niches d'arrachement plus ou moins anciennes, de rejet et d'ouverture décimétrique à pluri-décimétriques (« crevasses »), visibles notamment au front du glissement (extrémité Nord du plateau) ;



Figure 18 : Déformation apparue sur le Chemin des Bringelliers au cours des 12 derniers mois



Figure 19 : « Crevasse » en bordure de la propriété Nourry (Chemin des Bringelliers). A noter les racines tendues au premier plan



Figure 20 : « Crevasse » en bordure de la propriété Nourry (Chemin des Bringelliers), rejet métrique et ouverture plurimétrique

- des indices actuels d'activité situés aux abords immédiats des grands ressauts présents sur le plateau ou en position plus « intérieure » par rapport aux compartiments délimités, et dont les caractéristiques (orientation, rejet) sont conformes à celles de ces grands arcs de glissement « historiques » et à une direction de mouvement principale orientée SW/NE ;



Figure 21 : Désordres aux abords du bâtiment paroissial
(à droite au premier plan, bâtiment abritant La Poste)



Figure 22 : Désordres au bâtiment abritant La Poste.

Selon des témoignages, un perron de trois marches permettait à l'origine l'accès au bâtiment (affaissement progressif depuis Hyacinthe). Les désordres en façade arrière du bâtiment (cliché de gauche) résultent en grande partie de l'évolution sur les deux dernières années.



Figure 23 : Fissuration affectant l'école.

Le décalage de l'ordre de 2 cm au niveau du plancher serait apparu au cours de la dernière année.



Figure 24 : Désordres aux abords de la mairie annexe de Grand Ilet



Figure 25 : Désordres affectant l'ancien chemin d'accès au cimetière (rejet métrique)

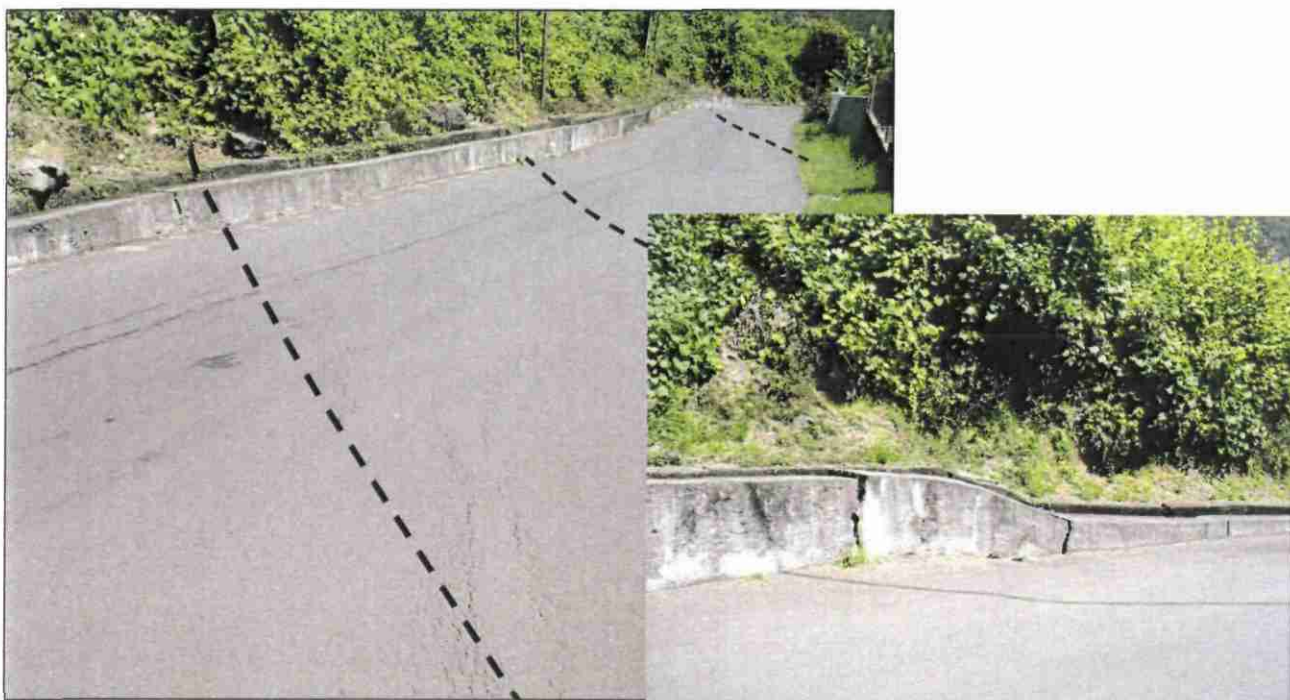


Figure 26 : Fissuration dans le prolongement nord immédiat des désordres de l'ancien chemin du cimetière (figure précédente)

- des fissures situées à proximité plus ou moins immédiate de mares sèches présentes sur le plateau. Leurs caractéristiques, notamment l'orientation du rejet, tendent à mettre en lumière un phénomène d'affaissement des terrains aux abords des dépressions (cf. paragraphe 5.2) ;



Figure 27 : Vue partielle de la mare sèche située à proximité de l'école de Grand Ilet

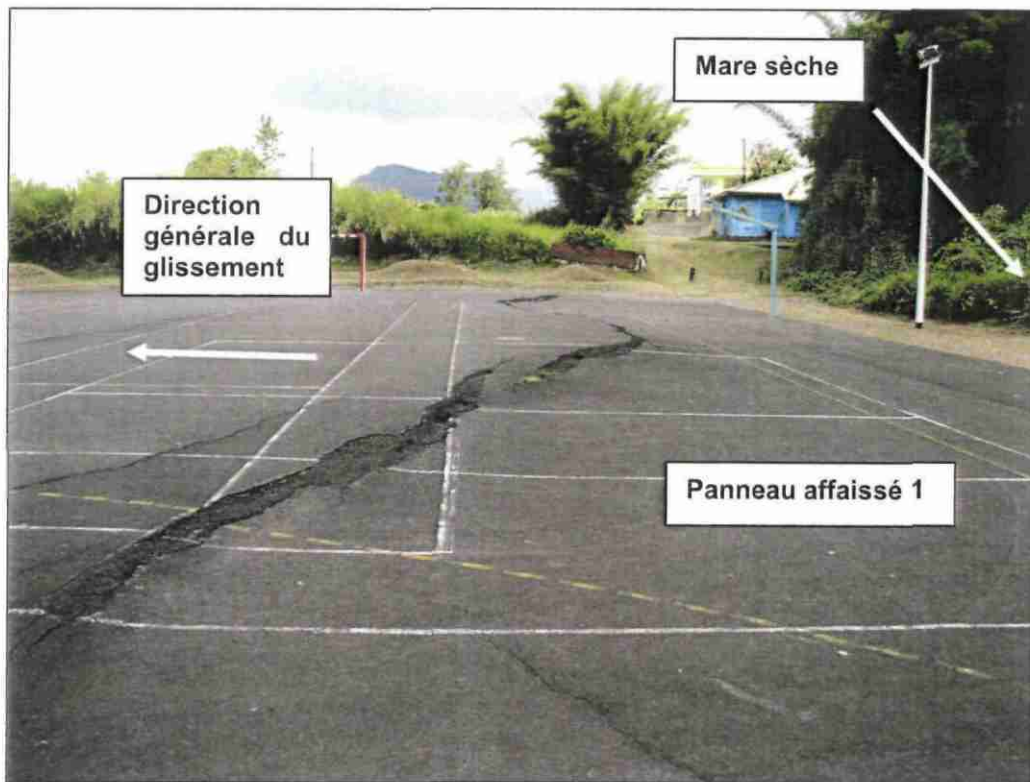


Figure 28 : Fissuration en bordure de la mare sèche de l'école de Grand Ilet

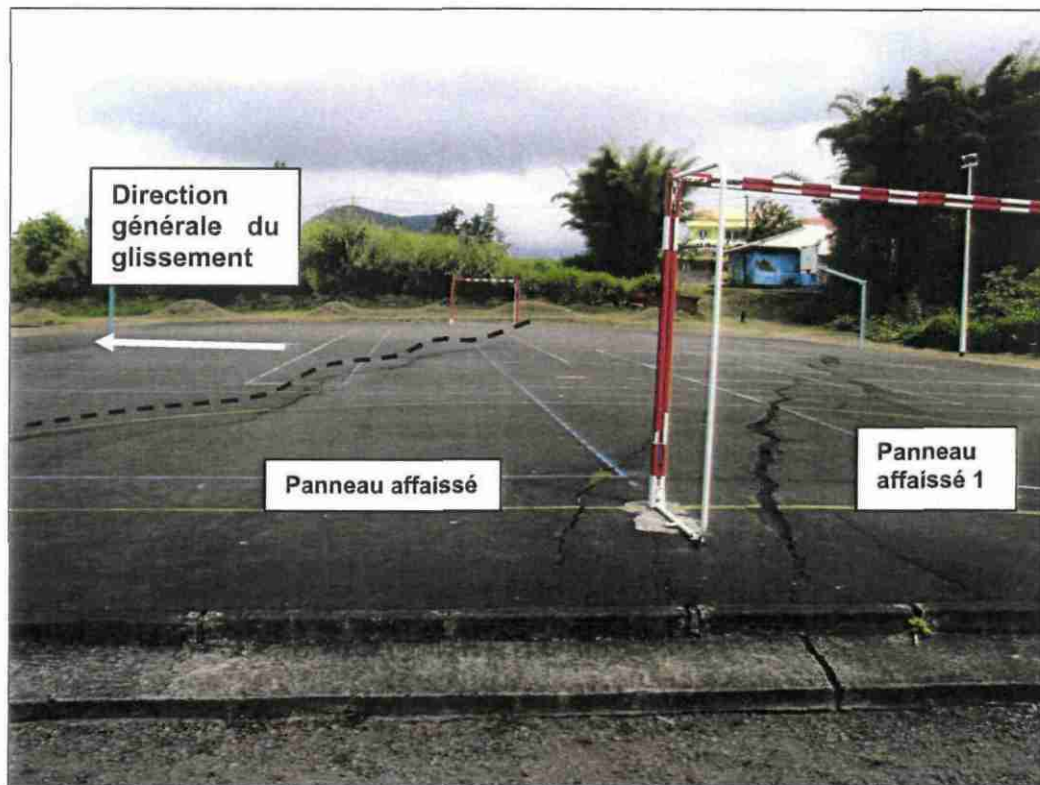


Figure 29 : Fissuration en bordure de la mare sèche de l'école de Grand Ilet

A noter que la fissure dans la partie gauche du cliché est apparue au cours des 6 derniers mois



Figure 30 : Mare sèche accueillant le cimetière de Grand Ilet



Figure 31 : Décroché en bordure nord du cimetière (rejet décimétrique)



Figure 32 : Désordres sur le mur d'enceinte du cimetière, dans sa partie sud-ouest

Le décroché du mur, d'une vingtaine de centimètres, s'est formé sur une dizaine d'années

4.4 Suivi des bornes géodésiques MVTerre

Le rapport BRGM/RP-56708, dont les principaux éléments ci-dessous sont extraits, détaille la méthodologie mise en œuvre pour le suivi géodésique du glissement et sur l'analyse des données d'acquisition.

Le plateau de Grand Ilet a fait l'objet en 2003, dans le cadre du programme MVTerre, de la mise en place d'un réseau géodésique constitué d'une trentaine de bornes (bornes en béton et repères en laiton - spit - scellés dans un bloc rocheux ou dans une structure en béton). Ce réseau a fait l'objet de trois sessions de mesures « globales » :

- 1^{ère} campagne d'août à décembre 2003 ;
- 2^{ème} campagne de mai à juin 2004 ;
- 3^{ème} campagne de septembre à octobre 2007.

Les bornes SA59, SA66, SA81, SA83 n'ont pu être relevées (bornes cassées ou déplacées suite à des aménagements routiers ou autres). Les figures n°34 à n°36 présentent la localisation des bornes, ainsi que les déplacements enregistrés au cours de la période 2003/2007 (le tableau des écarts mesurés est donné en annexe 1). On retiendra des données acquises les principaux éléments suivants :

- Les mesures soulignent l'existence d'un mouvement d'ensemble du plateau, en direction d'un axe orienté sensiblement N45°-55° ;
- Sur la période d'enregistrement, les vitesses de déplacement horizontales moyennes

sont comprises entre environ 30 cm/an et 55 cm/an (cf. figure n°43) dans la partie Nord-Est du plateau (environ 44 cm/an aux abords de la faille présente au bout du Chemin des Bringelliers, à l'extrémité septentrionale du plateau – cf. figures n°19 et n°20). En arrière de ce front très actif, la partie « centrale » de Grand Ilet (secteur de l'école, du cimetière, de l'abattoir, etc.) a évolué avec des vitesses planimétriques moyennes comprises entre 15 et 30 cm/an. Encore en arrière de ce « territoire » (secteur s'étendant depuis le CASE de Grand Ilet jusqu'au dernier lacet avant le plateau de Casabois), les vitesses moyennes mesurées s'établissent approximativement entre 3,5 cm/an et 12,5 cm/an. Cette diminution progressive des vitesses de déplacement vers le Sud-Ouest semble confirmer l'hypothèse selon laquelle les ressauts observables sur le plateau correspondraient à de grandes fissures scindant le plateau en compartiments d'activité décroissante au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la Ravine Roche à Jacquot ;

- Concernant le front du glissement (extrémité nord-est du plateau) : les deux bornes les plus à l'Ouest (SA050 et SA052) montrent des vecteurs de déplacement orientés N40° et N32°, contre N41° à N49° pour les 3 bornes situées plus à l'Est (SA051, SA054 et SA055), ce qui tend à souligner l'influence de la Ravine Roche à Jacquot, dans sa partie située en amont de la Cascade Micheline, dans le mécanisme de glissement ;
- Sur le plateau de Casabois (partie Ouest de Grand Ilet), les vitesses de déplacements planimétriques sont comprises entre 2 cm/an et 3 cm/an environ en moyenne. Ces valeurs relativement faibles doivent pour le moins être considérées avec circonspection, dans la mesure où les imprécisions liées aux techniques de nivellement sont de l'ordre de 1 à 2 cm/an. Cependant, tant l'orientation des vecteurs de déplacement observés (globalement conforme à l'axe général de mouvement du plateau) que l'homogénéité des valeurs de déplacement avec les mesures précédemment réalisées sur cette zone (notamment dans le cadre du suivi de la RD52 pour le département – cf. ci-après) plaident pour le fait que Casabois soit rattaché au mouvement d'ensemble, l'activité restant cependant à ce niveau très limitée. En ce qui concerne la zone accueillant les bâtiments d'exploitation en rive gauche de la Ravine Sèche (au pied de rempart – borne SA063), la valeur de déplacement observée n'est pas représentative de mouvements avérés (0,8 cm/an) ;
- 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. De façon analogue aux déplacements horizontaux, ces valeurs de tassement ont globalement tendance à être plus importantes dans la partie Nord-Est du plateau. Leur décroissance vers le Sud-Ouest est cependant moins marquée que pour les valeurs en planimétrie. On remarquera ainsi que les tassements au niveau de Casabois (-0,12 m à -0,18 m entre 2003 et 2007) sont du même ordre de grandeur, ou légèrement inférieures, que certaines valeurs enregistrées plus au Nord-Est (-0,20 m environ pour les stations situées près de l'école et de l'abattoir). On remarquera également qu'en ce qui concerne les bâtiments agricoles en rive gauche de la Ravine Sèche, le tassement relevé est de 0,12 m alors que le déplacement horizontal est quasi-nul (0,03 m).

De façon synthétique, le rapport entre déplacement planimétrique et déplacement altimétrique varie dans une fourchette comprise entre 2,5 et plus de 5 dans la partie Nord-Est du glissement (panneau « frontal » et panneau « central » identifiés sur la figure n°43). Au niveau du panneau « arrière », ce rapport varie entre 1 et 1,5.

- Les gisements enregistrés sur les bornes implantées en bordure Sud-Est de plateau (notamment IGN2103, SA058, SA060 et SA074) montrent une composante Est sensiblement plus élevée que la direction générale du mouvement, semblant ainsi témoigner d'un appel au vide de la bordure du plateau (phénomène également constaté pour le glissement de grande ampleur d'Hell-Bourg pour les bornes situées en bordure des plateaux de Mare à Poule d'eau et d'Hell-Bourg) ;
- Les bornes présentes sur Camp Pierrot - SA075 et SA077 - mettent en lumière un mouvement d'ampleur limité (ordre de grandeur de 3 cm/an en planimétrie, tassement global d'une dizaine de centimètres). Les vitesses et le gisement (ESE à SE) sont sensiblement homogènes entre la rive gauche et la rive droite de la Ravine Bélier. L'ensemble du « panneau » de Camp Pierrot apparaît ainsi affecté d'un glissement peu actif en direction de la ravine éponyme, glissement distinct du mouvement d'ensemble du plateau de Grand Ilet ;
- Au Bélier (extrémité sud-ouest de Grand Ilet) alors que la borne SA090 n'indique pas de déplacement significatif, les stations SA078 et SA079 témoignent d'un déplacement planimétrique moyen de 5 à 6,5 cm/an en direction de la Ravine Camp Pierrot. L'axe du mouvement est comparable à celui observé sur le « panneau » de Camp Pierrot.

Comparaison avec les données GPS antérieures au suivi MVTerre :

Il est possible de réaliser un comparatif des données de positionnement MVTerre (période 2003/2007) avec les données issues du suivi de la RD52. Celui-ci a été mené par le BRGM entre 1997 et 2002 à l'initiative du Service des Routes du Conseil Général de La Réunion.

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 Bélier 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 stations suivies est donnée ci-dessous.

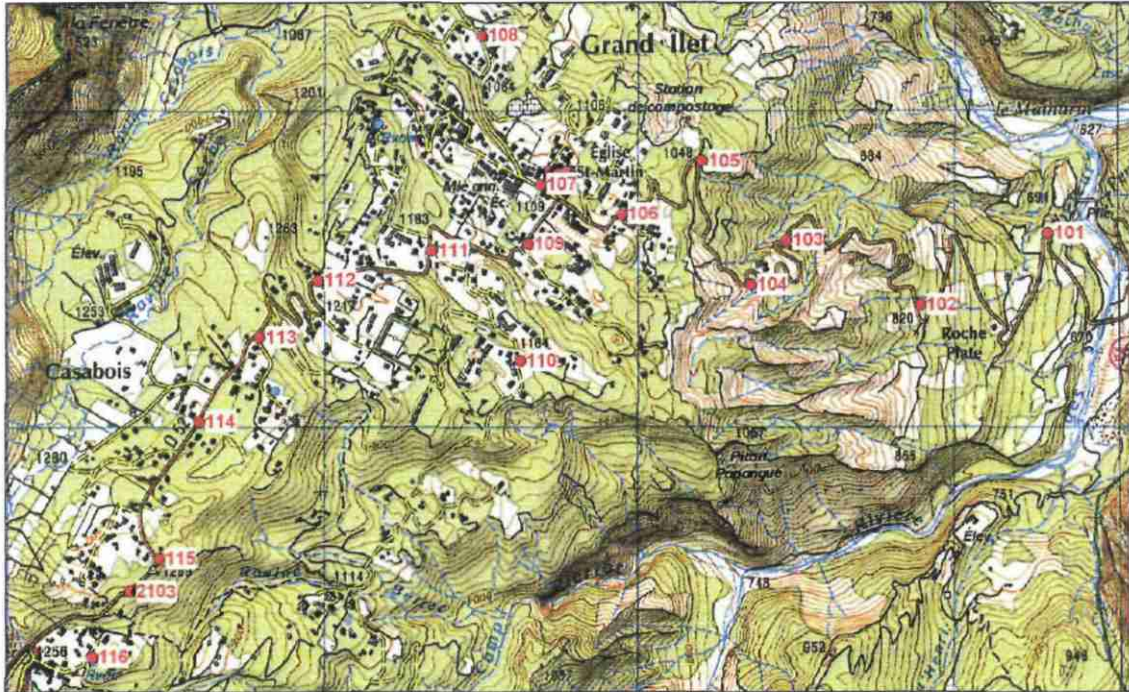


Figure 33 : Réseau observé dans le cadre du suivi des déformations de la RD52

Les résultats de ce suivi sont globalement cohérents avec ceux obtenus dans le cadre du programme MVTerre (cf. figure n°37). 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 ;

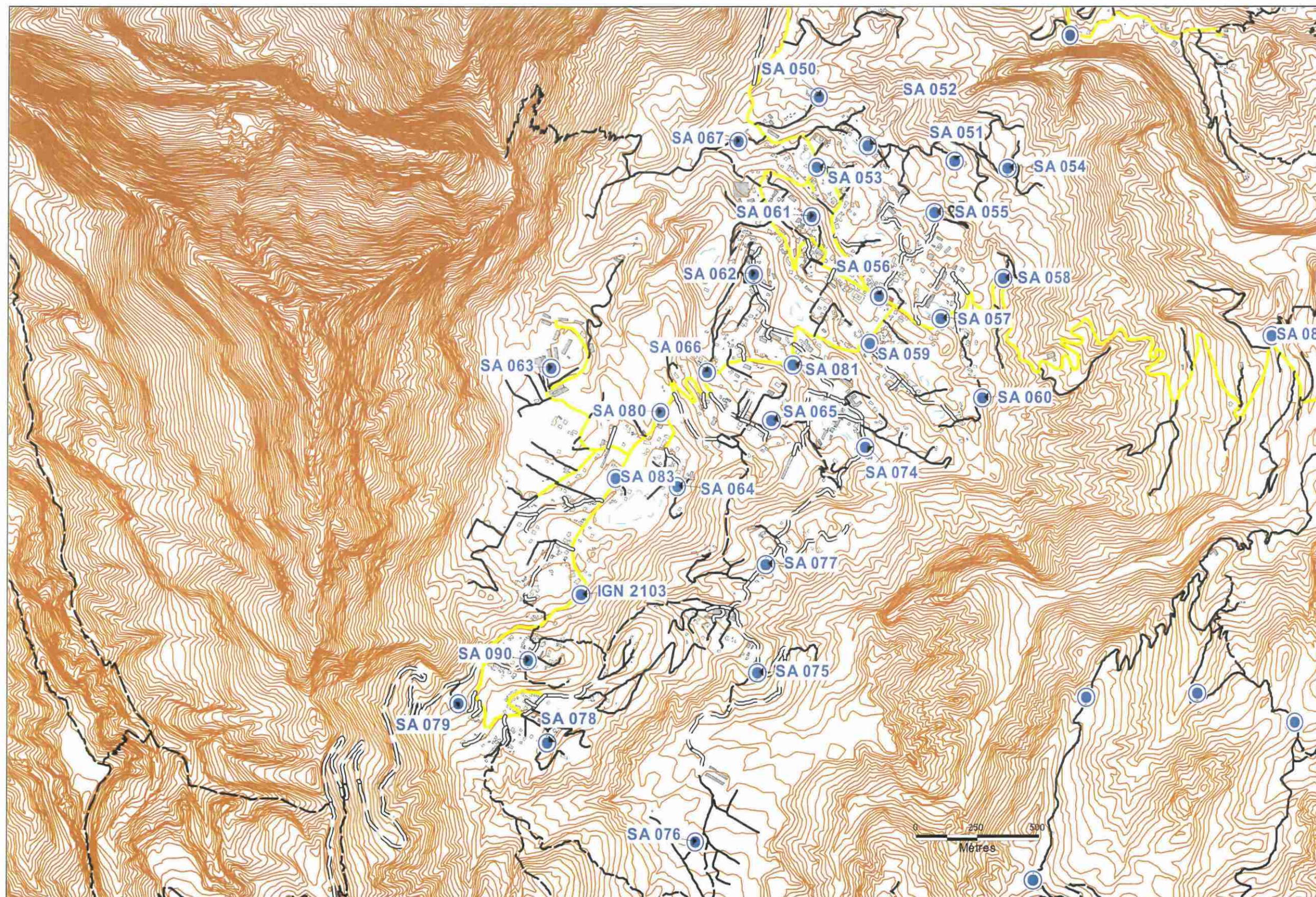


Figure 34 : Localisation des bornes du réseau géodésique MVTerre de Grand Ilet

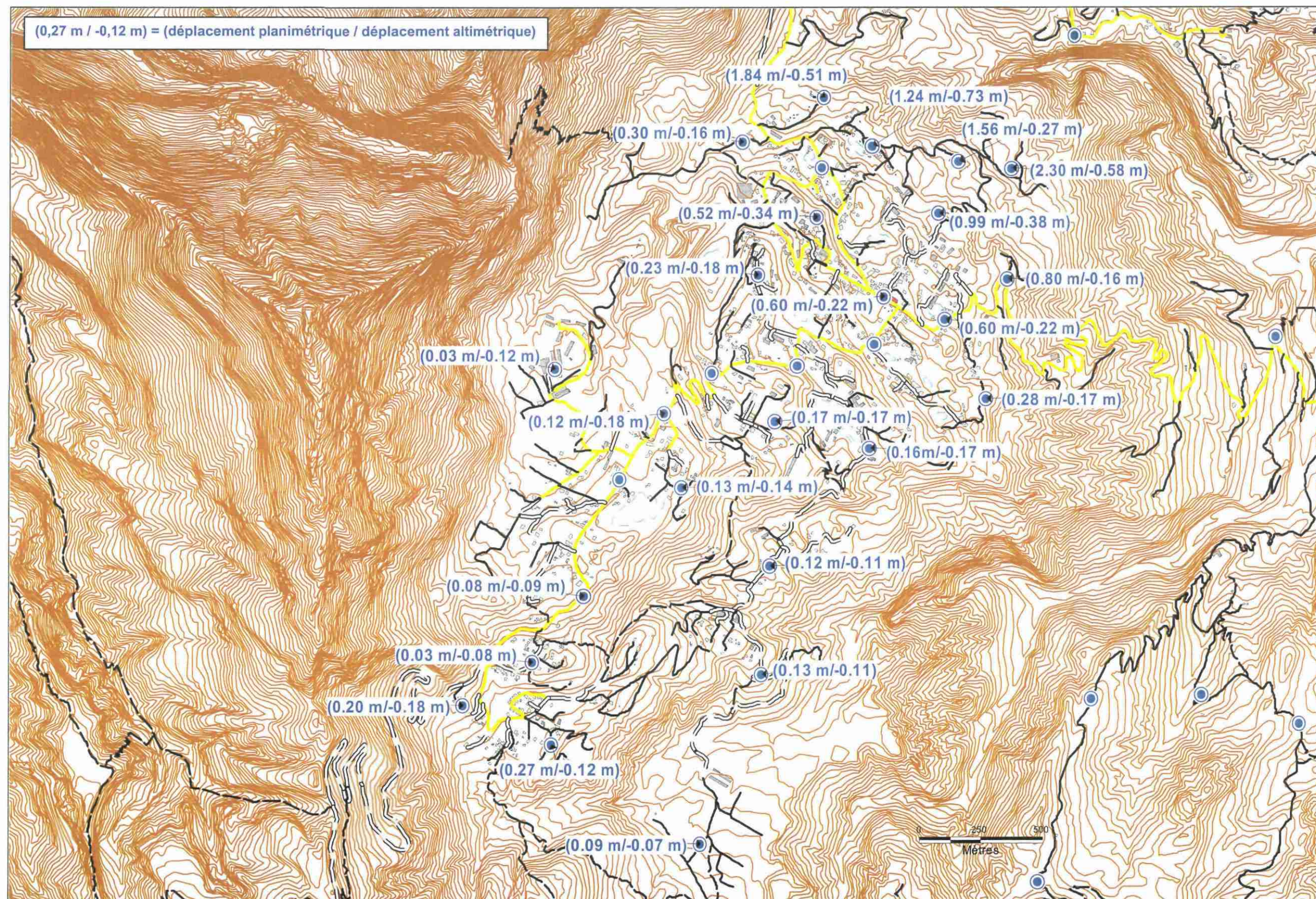


Figure 35 : Déplacements relevés sur la période 2003/2007

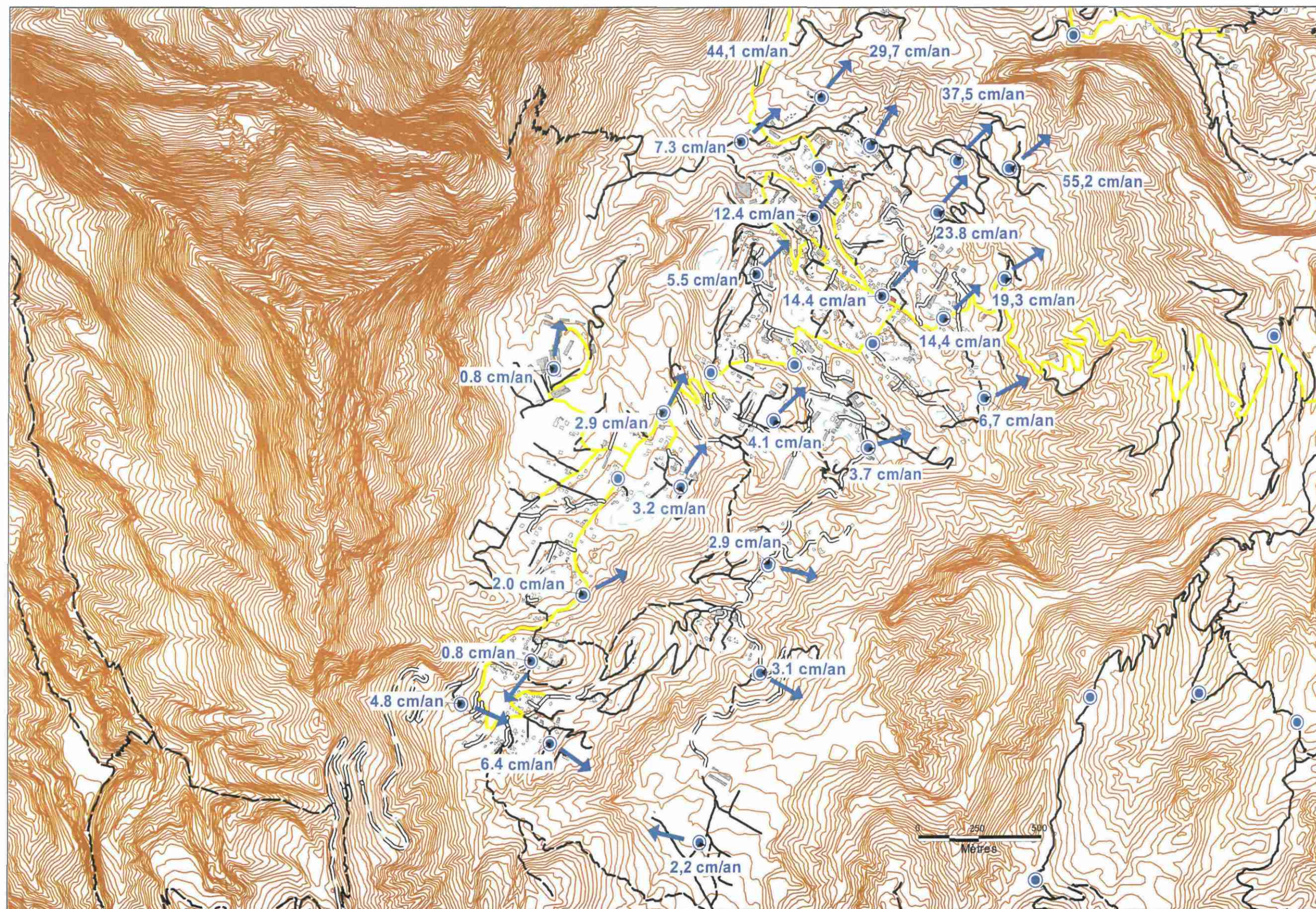


Figure 36 : Déplacements annuels moyens (planimétriques) relevés sur la période 2003/2007 et représentation de la direction du mouvement

- 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 ;
- Entre 1997 et 2001, les stations proches de l'abattoir (106) et de l'église (107) se sont déplacées avec une vitesse moyenne planimétrique voisine de 13 cm/an. Les bornes voisines SA106 et SA107 du réseau MVTerre se sont toutes deux déplacées à une vitesse moyenne similaire (14,4 cm/an) ;
- 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°, « contre » 3,2 cm/an et une direction N35° pour la station MVTerre SA064 (située au même niveau sur le plateau mais plus à l'Est). Ces valeurs vont dans le sens d'une activité de faible intensité affectant Casabois ;
- Les résultats du suivi de la RD52 soulignaient déjà (ce qui a été confirmé par le suivi MVTerre) 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).

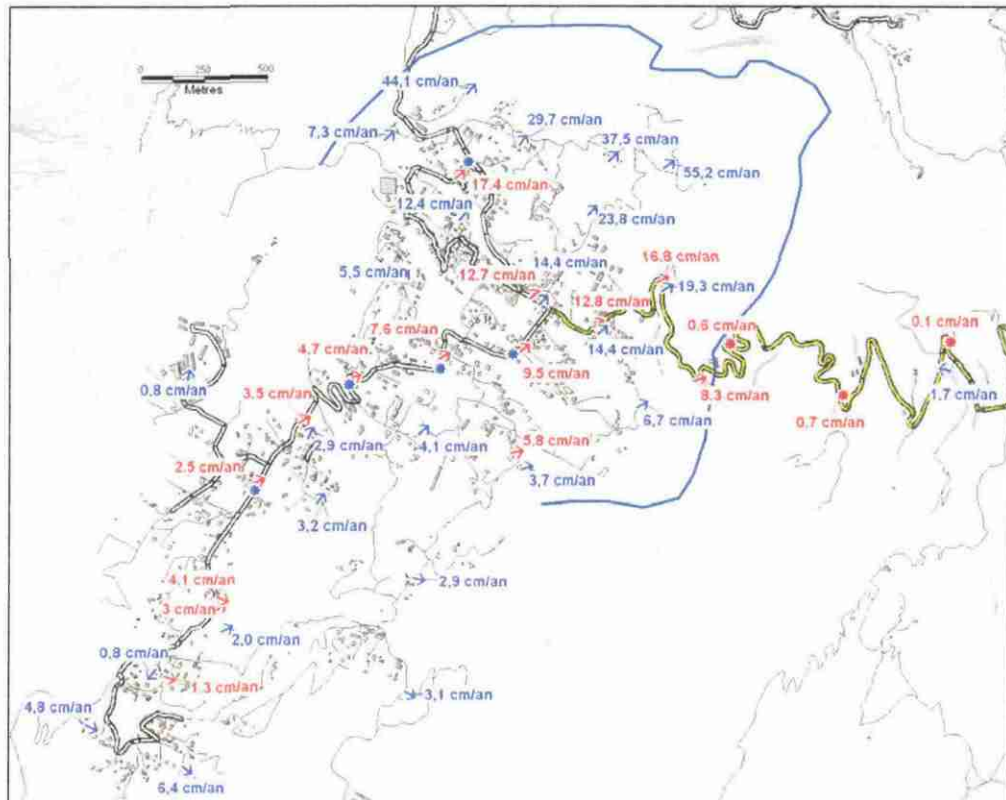


Figure 37 : Comparatif entre les résultats (vitesses moyennes et gisement) du suivi RD52 (en rouge - période 1997/2001) et ceux du suivi MVTerre (en bleu - période 2003/07)

4.5 Station GPS permanente

Les éléments ci-dessous sont extraits du rapport BRGM/RP-56708, qui présente par ailleurs le dispositif en place ainsi que la procédure de traitement des données d'acquisition.

Le glissement de Grand Ilet a par ailleurs été instrumenté fin 2003 par la mise en place d'une station GPS permanente, de façon notamment à pouvoir suivre l'évolution journalière des déplacements. Le dispositif a été implanté sur le bâtiment paroissial du village, dans la partie centrale du plateau. La station de référence est située à Mare à Vieille Place. Sont donnés ci-après les résultats « bruts » des déplacements enregistrés sur la période fin2003/mi-2008. L'exploitation combinée de ces résultats et des données pluviométriques enregistrées par le poste d'acquisition automatique mis en place fin 2003 sur Grand Ilet est présentée au paragraphe 5.3.

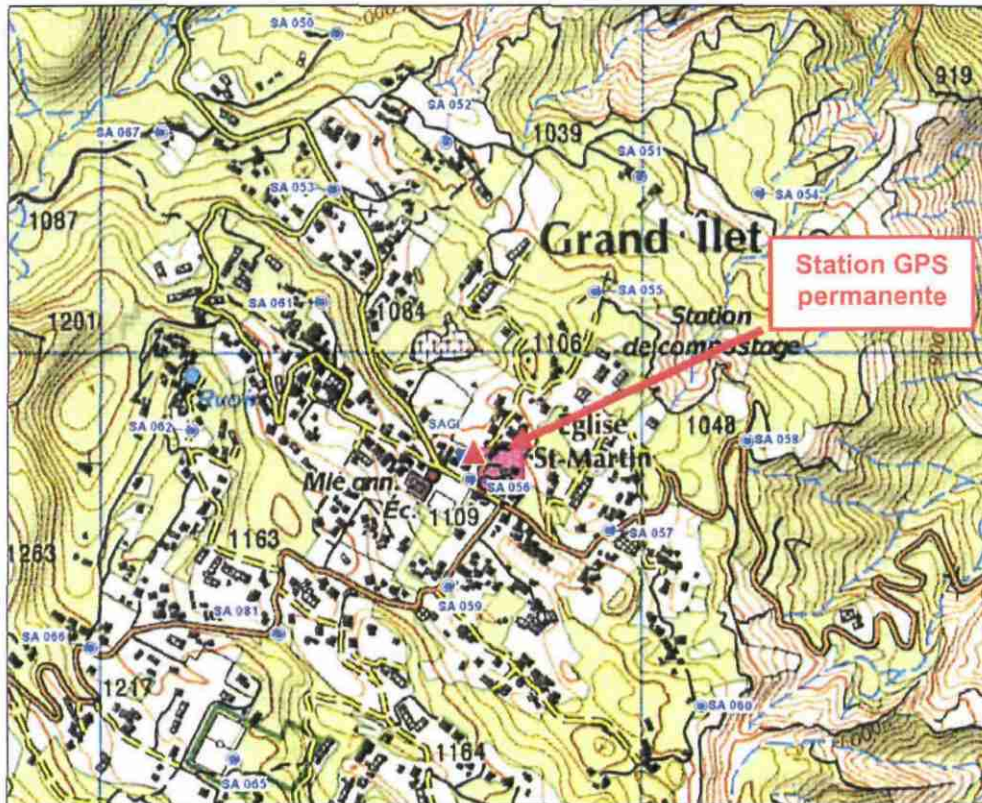


Figure 38 : Localisation station GPS permanente et bornes géodésiques MVTerre)

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. La vitesse moyenne de déplacement planimétrique mise en évidence par la station permanente est ainsi de 18,5 cm/an, contre 14,4 cm/an pour la borne SA056.

En ce qui concerne l'orientation du glissement, la figure n°41 confirme l'axe Nord-Est mis en évidence par les bornes MVTerre.

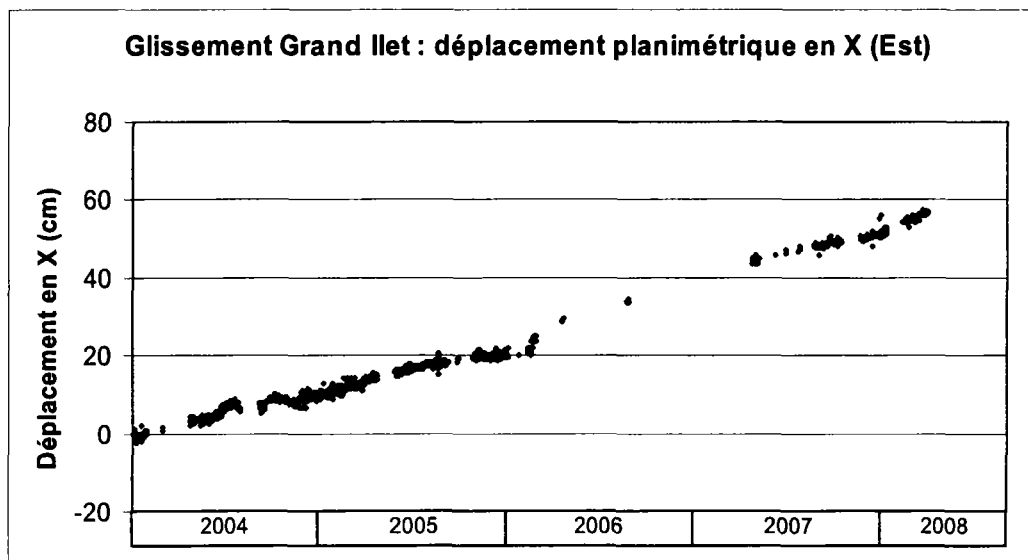


Figure 39 : Station GPS permanente de Grand Ilet – déplacements en X

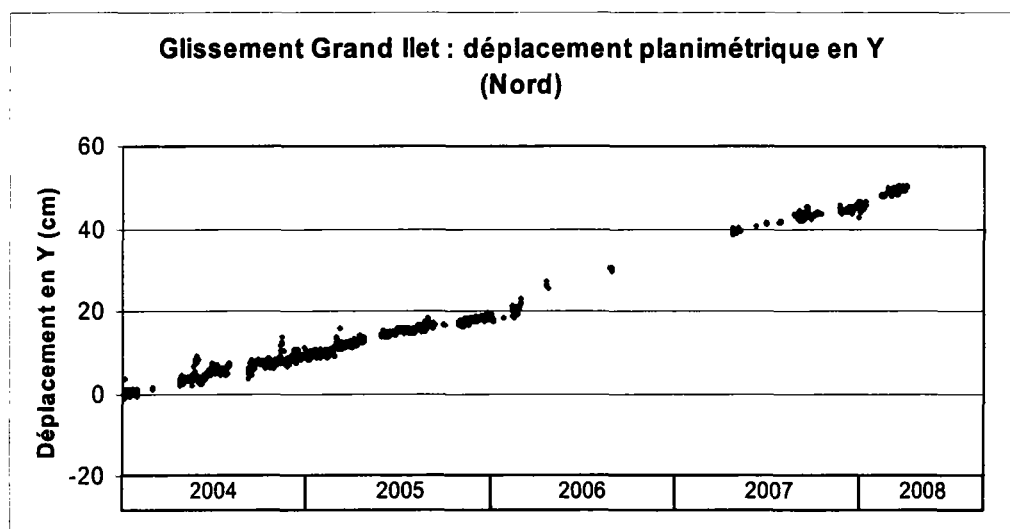


Figure 40 : Station GPS permanente de Grand Ilet – déplacements en Y

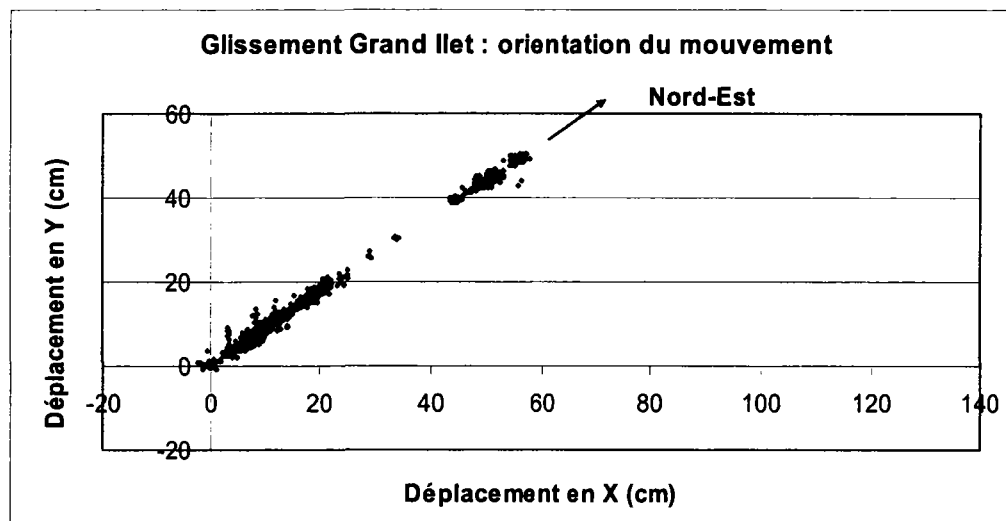


Figure 41 : Orientation du déplacement

Déplacements altimétriques :

La station met en évidence un tassement global sur la période d'enregistrement de 22 cm, ce qui est cohérent avec l'écart mesuré sur la borne MVTerre voisine (SA056 - tassement de 22 cm également mais sur une période « amputée » de la saison humide 2007/08).

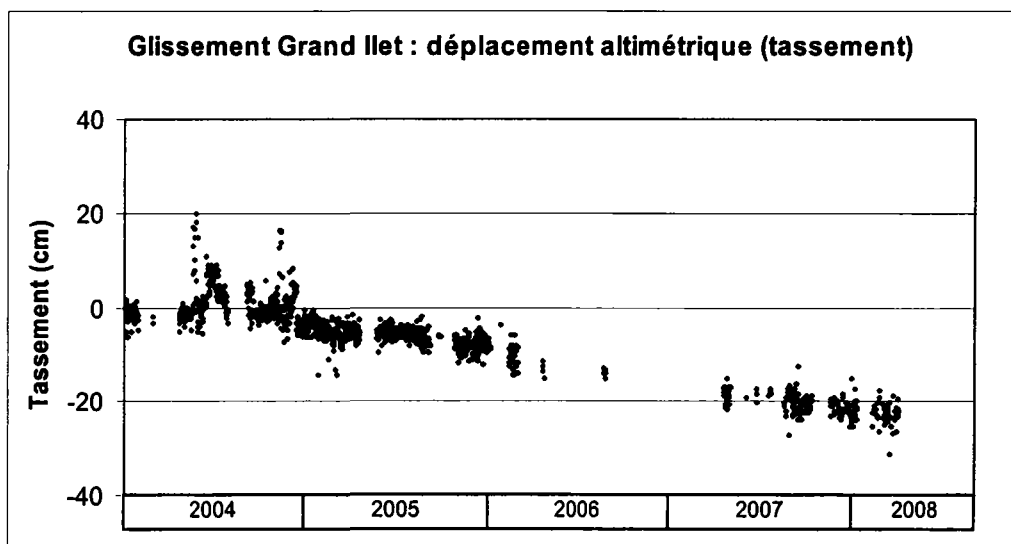


Figure 42 : Station GPS permanente de Grand Ilet – déplacements en Z

5 Mécanismes de mouvement – éléments de connaissance et insuffisance

5.1 Extension spatiale du phénomène

Les résultats du suivi géodésique (cf. paragraphes 4.4 et 4.5) mettent en lumière la coexistence de deux mouvements distincts :

- un mouvement concernant une large partie septentrionale du plateau de Grand Ilet, orienté vers le Nord-Est, avec une composante Est légèrement plus marquée sur le rebord oriental du plateau traduisant un glissement gravitaire (appel au vide) en direction de la Rivière Fleurs Jaunes. Le phénomène affecte en premier lieu la partie du plateau située en contrebas de la niche d'arrachement marquant l'arrivée sur le plateau de Casabois (celle-ci se prolongeant plus ou moins distinctement vers l'Est, jusqu'au niveau de la cicatrice du déboulé sud survenu lors de Hyacinthe, à l'Ouest de Piton Papangue). Ce secteur regroupe l'essentiel des indices d'activité observable sur le terrain.

Le suivi GPS a confirmé le fait que cette zone en mouvement est constituée de **trois panneaux évoluant différemment**, de dimensions hectométriques, séparés par des niches d'arrachement plus ou moins clairement identifiables dans la topographie.

Le panneau le plus actif au front du glissement (panneau « frontal »), a avancé à une vitesse moyenne planimétrique comprise entre 30 cm/an et 55 cm/an sur les 5 dernières années. La niche d'arrachement marquant sa limite amont est calée sensiblement à la même altitude que celle de la cicatrice du déboulé nord-est survenu à l'occasion du passage de Hyacinthe en 1980. Deux autres entailles sur le versant Nord du plateau (Ravine Clain et Ravine Nourry) empiètent largement sur ce panneau, sans toutefois remonter jusqu'à son sommet (la tête de ces ravines se situant 20 à 30 m plus bas que le sommet d'arrachement de 1980). Dans la partie Ouest du compartiment, les gisements ont une composante Nord un peu plus affirmée, ce qui tend à souligner l'influence de l'érosion du pied de versant de La Ravine Roche à Jacquot, favorisant ainsi le phénomène. L'abaissement du lit de la Ravine Roche à Jacquot constitue un facteur aggravant.

Les phénomènes d'évolution régressive affectant ces entailles, associés à la poursuite des mouvements du compartiment, laisse craindre à l'occasion préférentiellement de prochaines fortes pluies, la formation de nouveaux déboulés entraînant l'incision brutale de ces ravines vers l'intérieur du plateau, potentiellement sur plusieurs dizaines de mètres. Par ailleurs, il est prévisible que ce compartiment va connaître, à l'occasion de prochains épisodes pluvieux à caractère exceptionnel plus ou moins marqué, des phases d'accélération brutale avec potentiellement des déplacements pluri-décimétriques - voire métrique - au cours du même événement. L'occurrence d'un départ en masse du compartiment constitue également un scénario ne pouvant être exclu.

A l'arrière de ce compartiment situé « en première ligne », il est possible de distinguer, sur la base notamment des valeurs de déplacement mis en évidence par le suivi géodésique, deux autres panneaux :

- un panneau « central » au sein duquel se trouve notamment le centre du village de Grand Ilet (mairie annexe, école, église, etc...) et évoluant à des vitesses moyennes planimétriques comprises entre 15 et 30 cm/an ;
- un panneau « arrière » dont la niche d'arrachement sommitale marque l'arrivée sur le plateau de Casabois. Les vitesses moyennes de déplacement planimétrique s'y

établissent entre 12,5 cm/an dans la partie aval et 3,5 cm/an à l'amont. La connaissance sur les vitesses au sein de ce panneau est altérée par le fait que les bornes MVTerre SA059, SA066 et SA081 ne sont plus opérationnelles. On s'appuiera sur les bornes du suivi de la RD52 qui, sur la période 1997/2001, révélaient des vitesses « entrant » dans cette fourchette (5 à 9,5 cm/an).

En amont de ces trois panneaux, l'orientation du vecteur de déplacement et les valeurs de déplacement altimétrique (entre 10 cm et 20 cm de tassement environ sur la période 2003-07) incitent à rattacher le plateau de Casaboïs au phénomène général de Grand Ilet, mais l'activité y est jusqu'à présent sensiblement moins importante (déplacements planimétriques peu significatifs). Les prochaines campagnes de nivellement permettront de confirmer ce point ou, au contraire, de « sortir » Casaboïs de la zone en mouvement. Plusieurs remarques peuvent cependant d'ores et déjà être prises en considération :

- les déplacements enregistrés (essentiellement un phénomène de tassement) pourraient « seulement » ne traduire qu'un réajustement gravitaire de cette partie du plateau consécutif aux mouvements du panneau Nord-Est de Grand Ilet (affaissement suite à un défaut de butée) ;
- Humbert (1981) recensait sur le plateau de Casaboïs plusieurs fissures avec rejeux, affectant la route départementale (observations post-Hyacinthe) ;
- La Direction des Routes du Conseil Général signale ne pas avoir connaissance de désordre significatif affectant la RD52 sur le plateau de Casaboïs. Ces deux derniers points semblent souligner que seuls des événements climatiques exceptionnels (à l'image de Hyacinthe) sont susceptibles d'entraîner une « réponse » du plateau de Casaboïs ;
- On rappelle ici que le réseau de suivi de la RD52 mettait déjà en évidence, entre 1997 et 2001, des vitesses de déplacement planimétriques et un gisement (2,5 à 3,5 cm/an vers le Nord-Est) analogues aux résultats du réseau MVTerre.

En ne considérant que les zones où l'activité est avérée au regard du suivi géodésique (et donc en excluant le plateau de Casaboïs, ne retenant que les trois compartiments évoqués précédemment), **le glissement général de Grand Ilet concerne une superficie estimée en première approche à 3 km².**

Au regard des déplacements mis en évidence sur le versant oriental du plateau par le suivi géodésique (cf. figure n°33), et notamment des bornes 103 (pouvant être considérée comme fixe) et 104 (en mouvement), la surface de glissement semble intercepter le terrain naturel vers l'altitude 950 m environ. En faisant « ressortir » la surface de glissement en amont vers l'altitude 1260 m (altitude du rebord nord du plateau de Casaboïs), et dans la partie basse du glissement au niveau du sill de la Cascade Micheline, on retiendra de façon estimative une épaisseur glissée moyenne de 150 m. Selon ces hypothèses, **le glissement concernerait un volume de l'ordre de 450 millions de m³.**

- **un mouvement concernant les secteurs de Camp Pierrot et du Béliet**, orienté selon une direction approximativement N110° à N120° (vers l'Est-Sud/Est). Cette direction est conforme avec l'orientation du rebord oriental du plateau de Casabois, et tendrait à indiquer que tant Le Béliet que Camp Pierrot correspondent à d'anciens « panneaux-glissés », originellement rattachés à la partie Sud du plateau de Casabois.

L'activité actuelle reste relativement modérée (3 à 6,4 cm/an en moyenne en planimétrie). Il est vraisemblable que la Ravine Camp Pierrot s'écoulant au pied du compartiment, ainsi que plusieurs ravines affluentes qui incisent celui-ci, contribuent activement aux mouvements par le développement de phénomènes érosifs. Par ailleurs, le phénomène pourrait être facilité par le sill de la Rivière Fleurs Jaunes qui se prolonge en aval-pendage sur le versant de la Ravine Camp Pierrot (rôle de « glissoir »).

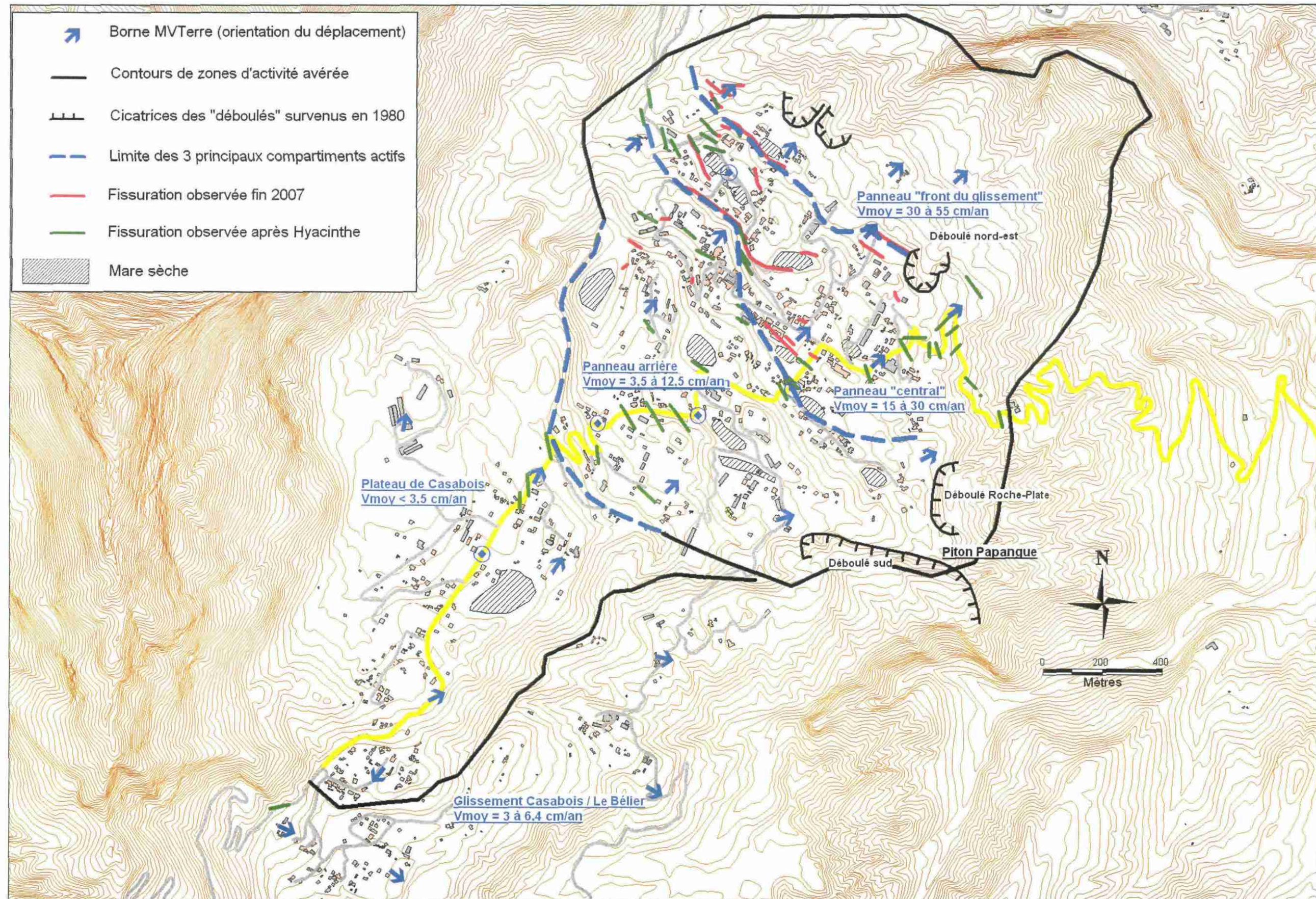


Figure 43 : Indices d'activité anciens et actuels sur le plateau de Grand Ilet - vitesse de déplacement sur la période 2003/2008

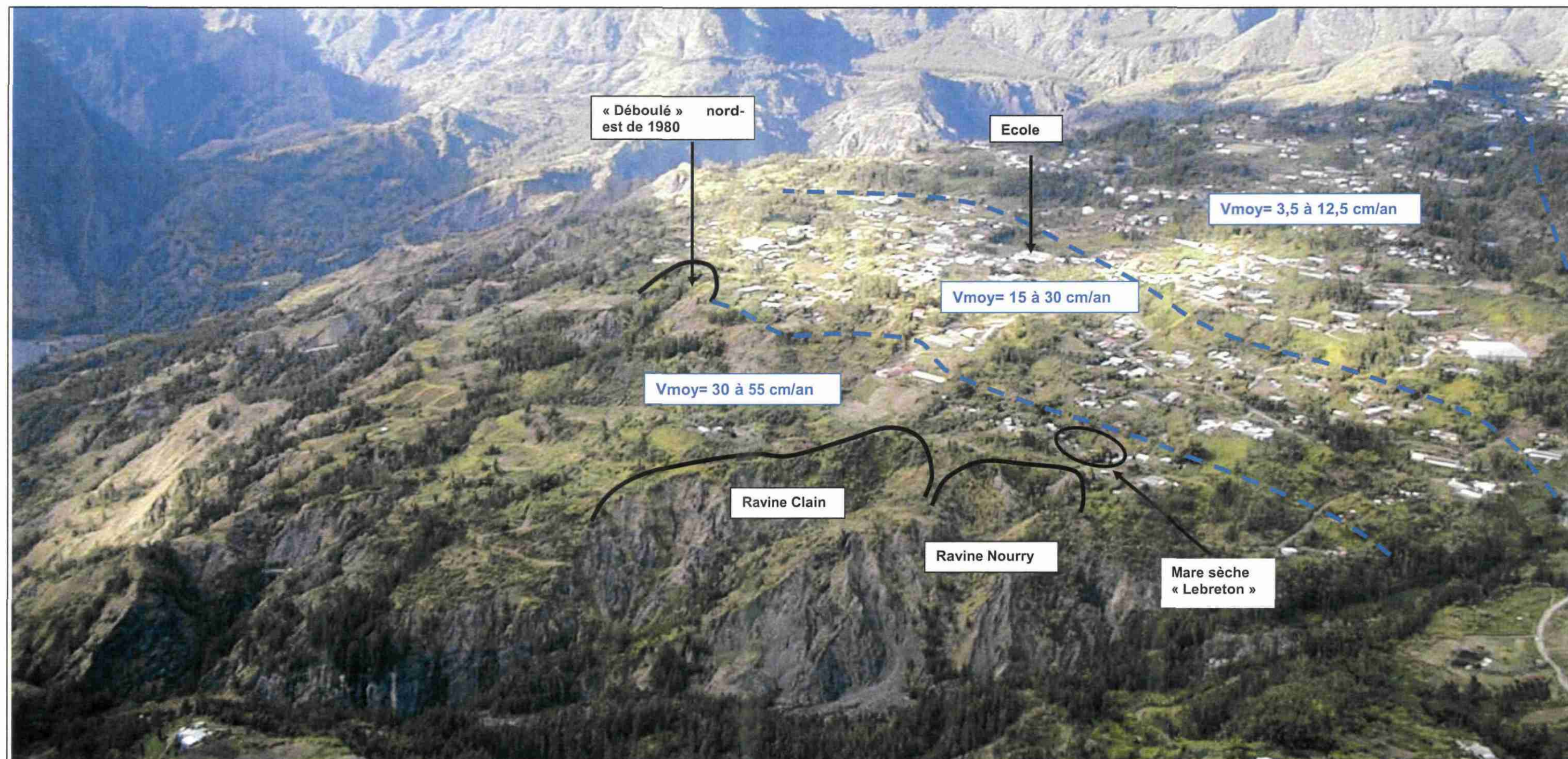


Figure 44 : Vitesses planimétriques moyennes sur la partie nord-est de Grand Ilet - période 2003/2007

5.2 Formation et rôle des mares sèches

Un trait morphologique remarquable du plateau de Grand Ilet est la présence d'une douzaine de dépressions fermées de forme vaguement circulaire ou elliptique, d'une profondeur comprise le plus souvent entre 10 m à 30 m et d'une ouverture pouvant atteindre la centaine de mètres (à l'image de celle au fond de laquelle se trouve le cimetière). Ces dépressions ne se remplissent qu'à l'occasion d'épisodes pluvieux à caractère exceptionnel. Au niveau du cimetière, la hauteur d'eau aurait par exemple approché une dizaine de mètres lors de Hyacinthe, la vidange se prolongeant sur près d'un mois après la fin des pluies selon plusieurs témoignages. Il semblerait que depuis 1980, aucun événement pluvieux n'ait été suffisamment important pour générer un tel remplissage, les hauteurs de submersion observées se limitant à 2-3 m environ tout au plus pour les cyclones les plus importants.

Plusieurs éléments - la forme de ces dépressions, leur profondeur relativement importante ainsi que leur localisation (toutes ne sont pas disposées au pied des grandes niches d'arrachement mais en position intérieure) plaident pour le fait que la formation de ces mares sèches ne soit pas liée à des phénomènes « classiques », dans les zones en glissement, de formation de contre-pentes liées au basculement des compartiments les uns par rapports aux autres. Ces mares sèches pourraient correspondre à des affaissements de terrain (« dolines ») liés à des phénomènes de suffosion au sein de l'unité intermédiaire et des terrains détritiques qui la surmontent. Cette hypothèse paraît confortée :

- par le constat selon lequel, lors de très fortes précipitations, des émergences temporaires sont observées sur les flancs du plateau, émergences dont les eaux apparaîtraient fortement chargées en particules fines ;
- en prenant l'exemple de la dépression du cimetière, par la mise en évidence au droit de ce secteur d'une zone de forte perméabilité sur une profondeur d'une cinquantaine de mètres (Hydroexpert, 2003) ;
- par la nature des terrains mis en évidence au droit des sondages réalisés au fond de la dépression du cimetière (cf. Antea, sondages PZE1 et PZE2) : brèches à blocs et limons de compacité faible à moyenne rencontrés sur la totalité de la profondeur du forage (une centaine de mètres), constitution hétérogène *a priori* favorable au développement de phénomènes de suffosion ;
- par les caractéristiques de la fissuration se développant notamment aux abords des mares du cimetière et de l'école (cf. figures n°26 à n°30). L'orientation des fissures et des rejets, « tournées » vers les cuvettes, semblent souligner la poursuite de phénomènes à composante essentiellement verticale. Selon Humbert (1981), cette activité d'affaissement est connue de longue date sur Grand Ilet (l'église aurait notamment été déplacée dans le passé du fait de l'apparition d'un « fontis » sous son emprise).

En l'absence sur le plateau de réel réseau hydrographique (ce qui tend à souligner la perméabilité en grand des terrains), les eaux de ruissellements rejoignent et se concentrent dans les dépressions, constituant ainsi des points privilégiés d'alimentation des écoulements souterrains. Selon Antea, les sondages réalisés au fond de la dépression du cimetière indiqueraient l'absence de niveaux saturés en relation avec les mares, et ce jusqu'à plus ou moins grande profondeur, écartant ainsi l'hypothèse selon laquelle le remplissage des dépressions résulterait d'une remontée du niveau piézométrique. Cette hypothèse avait pourtant été émise par le bureau SAGE, sur la base du constat que ces

mares restent assez longtemps en eau après l'arrêt des pluies intenses. Néanmoins, l'explication liée au fait que le fond de la mare pourrait progressivement se colmater par des fines une fois remplies se révèle plutôt satisfaisante. Après vidange lente, le relatif séchage du fond de la mare et la poursuite du développement de la fissuration peut permettre la réapparition d'une perméabilité relativement importante qui sera essentielle dès l'arrivée des prochaines pluies importantes.

Ces mares sèches, véritables entonnoirs remplis d'eau en période cyclonique, semblent donc participer de façon essentielle à la saturation de certains niveaux « ponctuels » de l'unité supérieure et au toit du substratum volcanique (ou de réseaux de fissures), contribuant ainsi activement aux mouvements d'ensemble. Il est en outre vraisemblable, dans le cas des dépressions situées en arrière des glissements-coulées de 1980, que la saturation de niveaux plus ou moins profonds de l'unité intermédiaire (et/ou la mise en pression de fissures profondes) puisse avoir eu un impact direct sur leur déclenchement.

Cette influence semble également illustrée par les phénomènes érosifs ayant affecté le versant nord du plateau lors du passage de Hyacinthe, avec notamment la formation de la ravine Nourry dont le sommet se situe à moins d'une centaine de mètres en aval de la mare sèche Lebreton (du nom du chemin permettant d'y accéder – cf. figures n°44 à n°46). Selon les éléments d'enquête recueillis, des résurgences importantes auraient été observées dans la partie inférieure du versant, avant la rupture au cours de laquelle de grandes quantités d'eau auraient été libérées.



Figure 45 : Mare sèche « Lebreton ».

Lors de Hyacinthe, le niveau d'eau aurait atteint le pied de la case située en arrière plan à gauche.
La vidange de la mare sèche aurait nécessité une quinzaine de jours.



Figure 46 : Mare sèche « Lebreton » en arrière de la tête de ravine Nourry

5.3 Approche sur la relation pluies / mouvements

Le rapport BRGM/RP-56708, dont les principaux éléments ci-dessous sont extraits, détaille la méthodologie suivie concernant la mise en relation des données GPS et pluviométriques.

5.3.1 Données brutes

Le graphique ci-dessous met en parallèle la courbe des déplacements planimétriques (selon X – direction Est) enregistrée sur la station GPS permanente de l'église entre début 2004 et mai 2008, avec la pluviométrie (station automatique de Grand Ilet). La courbe de déplacement a été lissée de façon à en « extraire » le bruit de fond (inhérent à toute technique de mesure de positionnement), et ainsi améliorer l'interprétation des résultats.

Le « trou » dans la courbe de déplacement (à cheval sur les années 2006 et 2007) résulte de périodes d'interruption dans l'acquisition des données incombant notamment à un taux de panne non négligeable de la station GPS. On déplorera notamment de ne pouvoir exploiter le passage du cyclone tropical intense « Gamède ».

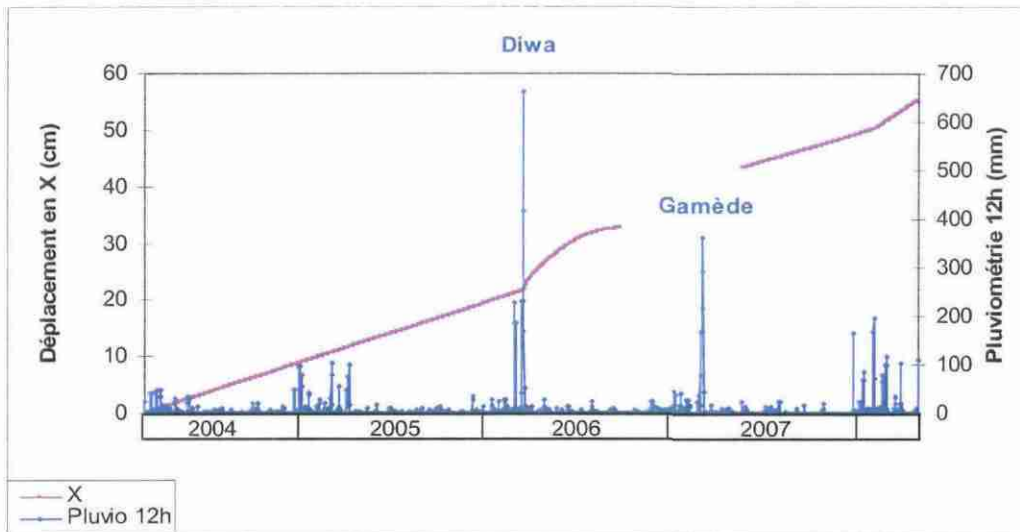


Figure 47 : Mise en parallèle « Déplacement, direction Est / Pluviométrie »

La figure n°48 présente la relation entre la vitesse de déplacement sur 12 heures et la pluviométrie quotidienne.

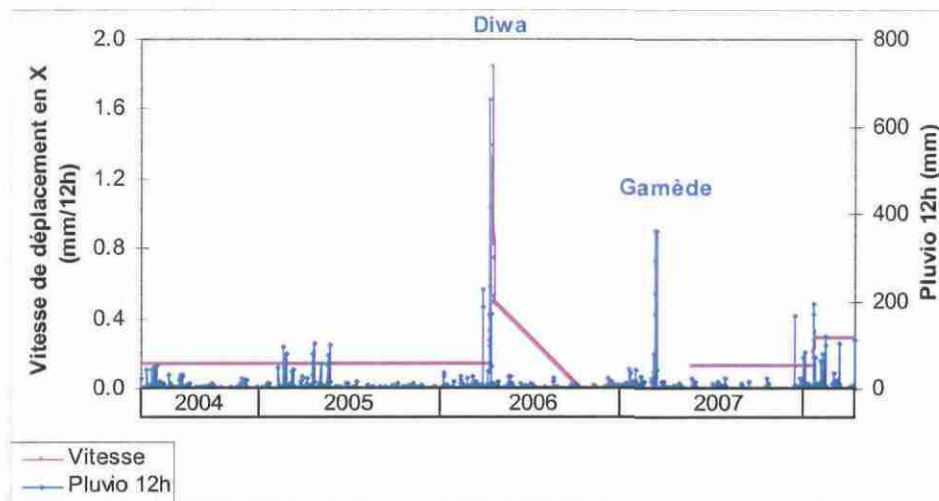


Figure 48 : Mise en parallèle « Vitesse de déplacement, direction Est / Pluviométrie »

Les premiers commentaires suivants peuvent être formulés :

- l'observation des figures n°47 et 48 indique, qu'en dehors des phases d'accélération et de ralentissement, les déplacements se sont produits à « vitesse constante », à une vitesse planimétrique de l'ordre d'une dizaine de centimètres par an (environ 0,3 mm/jour). Sur la courbe des données de déplacement brutes (non lissées – cf. figure n°39), la dispersion des données de positionnement enregistrées (liée notamment au bruit de fond et aux plages de données manquantes) ne permet en fait pas, généralement, de distinguer l'existence ou non d'une phase d'accélération significative des mouvements liée à la pluviométrie ;

Par exemple, la saison des pluies 2004/2005 a été marquée par un cumul de près de 2400 mm au cours des mois de décembre à avril, sans accélération perceptible des déplacements (tout du moins ne pouvant être mis en évidence dans les enregistrements de la station GPS). La saison a été marquée par un étalement assez homogène des précipitations, sans épisode isolé « d'envergure » (cumul maximum d'environ 500 mm sur 15 jours), ce qui ne semble pas avoir entraîné de « réponse » significative de la part du glissement (en tout cas du compartiment accueillant la station).

- l'accélération des déplacements observée en 2006 est dû au passage de la forte tempête tropicale Diwa, ayant généré un cumul pluviométrique sur le poste de Grand Ilet de 3143 mm du 03 au 08 mars (2156 mm les 05 et 06). Diwa a entraîné, avec un temps de réaction du glissement après le pic de pluie de quelques jours, une accélération des déplacements jusqu'à 3,5 à 4 mm/jour (soit 15 fois plus que la normale). Le pic de vitesse enregistré est intervenu avec un décalage de 6 jours par rapport au pic de précipitations. Le retour à « la normale » (amortissement jusqu'à retour à des vitesses de déplacement comparables à celles anté-Diwa) a nécessité environ 6 mois.

- Un second pic d'accélération a été enregistré au cours de la saison des pluies 2007/08 (fin janvier-début février). Celle-ci a été marquée par l'absence d'événement météorologique à caractère exceptionnel mais par la succession entre le 20 décembre 2007 et le 25 mars 2008 de plusieurs épisodes pluvieux de moyenne importance (331 mm le 20/12, 310 mm les 08 et 09/01, 740 mm les 29 et 30/01, 440 mm les 23 et 24/02, etc), générant au final un cumul important.

Entre le 19 décembre 2007 et la fin janvier 2008, période à laquelle les mouvements se sont accélérés, il a ainsi été enregistré sur le poste de Grand Ilet environ 2400 mm de précipitations. On rappellera que lors de la saison des pluies 2004/05, le même cumul mais réparti sur environ 4 mois n'avait pas entraîné d'accélération perceptible (ou perçue ?) des déplacements.

Suite à cette accélération, les mouvements se sont stabilisés à une vitesse constante supérieure à celle observée avant jusque-là.

- L'épisode cyclonique Gamède (février 2007) a vraisemblablement entraîné une accélération significative du mouvement, mais l'absence d'enregistrement continu sur cette période (dû aux pannes) ne nous permet pas de le vérifier et de confirmer l'existence d'une relation pluies/déplacements étroitement liée.

➡ Le graphique ci-après établit par ailleurs la relation entre les déplacements planimétriques (selon X) enregistrés sur la station GPS permanente et la pluviométrie cumulée, en ne retenant pour chaque année que la saison cyclonique comme période de référence (soit la période courant du 15 novembre au 30 avril). Les années 2004 et 2007 ne sont pas représentées du fait de l'absence de séries de données de positionnement complètes sur la période considérée.

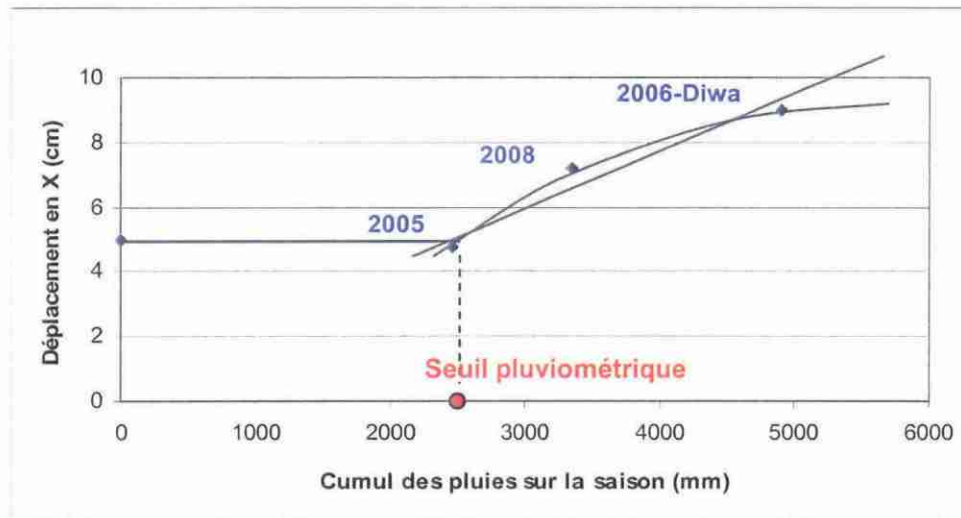


Figure 49 : Corrélation pluies/déplacements cumulés sur la période correspondant à la saison des pluies

On a vu précédemment que la vitesse « de croisière » du mouvement (hors accélération liée à la pluviométrie) était de l'ordre de 11 cm/an, soit 5 cm/saison cyclonique (celle-ci durant mois et demi).

Le graphique précédent montre ainsi qu'il est nécessaire de **dépasser un seuil de pluies pour que le glissement accélère significativement**, ce seuil se situant aux alentours de 2400 mm sur la saison pluvieuse. Cette valeur est cohérente avec les données de la saison humide 2004/05, au cours de laquelle il est tombé cette quantité d'eau sans qu'une accélération significative du glissement n'ait été perçue.

Au-delà de ce seuil, le nombre d'années d'observation est trop faible pour apprécier correctement le mécanisme du glissement de terrain de grande ampleur, et notamment pour trancher entre l'hypothèse d'une relation pluies/déplacements linéaire et l'hypothèse selon laquelle cette relation aurait tendance à s'amortir jusqu'à atteindre un palier à partir duquel un accroissement des précipitations n'aurait plus d'incidence sur l'ampleur des déplacements associés.

La poursuite des enregistrements, en augmentant la population d'événements « pluies/déplacements » exploitables, permettra d'argumenter en faveur de l'une ou l'autre de ces hypothèses.

5.3.2 Modèles prévisionnels

Le logiciel Tempo, qui a été développé par le BRGM pour le traitement et la modélisation de séries temporelles principalement dans les domaines de l'hydrogéologie et de l'hydrogéochimie, a été utilisé dans l'optique de déterminer une fonction de transfert entre la pluviométrie et les déplacements. La démarche suivie est détaillée dans le BRGM/RP-56708.

La fonction de transfert pluies/déplacements déterminée par Tempo a permis (figure n°50), en reprenant la série de pluie disponible entre 2004 et 2008, de reconstituer le déplacement dû au passage du cyclone Gamède sur La Réunion (survenu pendant la période de lacune des GPS - septembre 2006 à mai 2007).

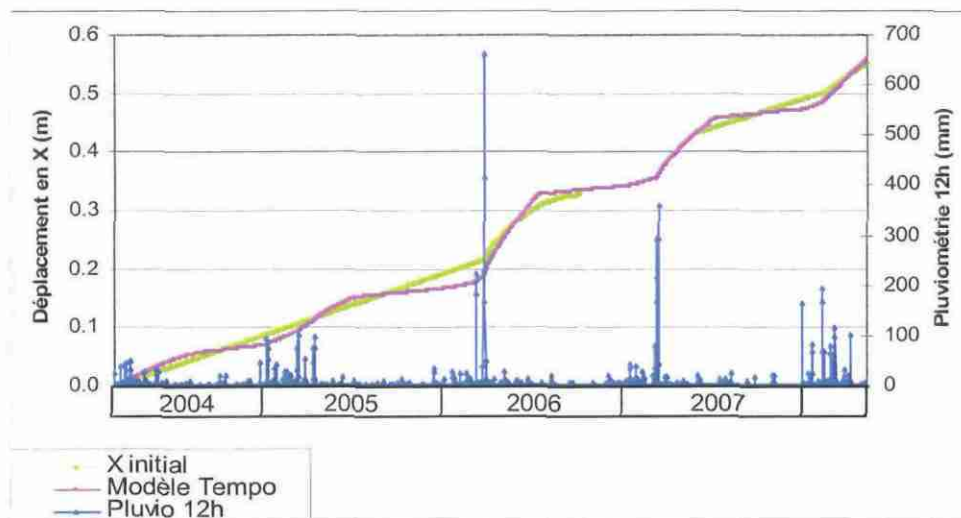


Figure 50 : Reconstitution des déplacements grâce à Tempo

Le graphique précédent met en évidence la qualité du modèle : l'ajustement n'est pas parfait mais l'allure générale de la courbe de déplacement est respectée. Pour chaque période pluvieuse, Tempo reproduit des accélérations du mouvement qui n'existent pas ou, dans une autre mesure, que la dispersion des points de positionnement ne permet pas de visualiser. De plus, le raccordement entre les 2 courbes après la période de lacune tend à montrer que le modèle a relativement bien réussi à reproduire l'accélération du mouvement due au passage du cyclone Gamède en 2007.

La fonction de transfert pluies/déplacements déterminée par Tempo a permis par ailleurs d'établir plusieurs scénarii d'évolution possibles du glissement de Grand Ilet en fonction des hypothèses de précipitations retenues (reconstitution « simulée » de courbes d'évolution de vitesses et de déplacements). De façon à avoir une plage d'observation plus large et intégrant notamment un nombre d'événements pluvieux à caractère exceptionnel plus significatif (« rajout » en l'occurrence du cyclone Dina de janvier 2002), la pluviométrie enregistrée sur le poste de Grand Ilet depuis fin 2003 a été complétée par les données pluviométriques issues du poste de Mare à Vieille Place à partir de 2001.

Scénario 1 : Répétition à l'identique de la séquence pluviométrique 2002/2008 sur la période 2009/2015.

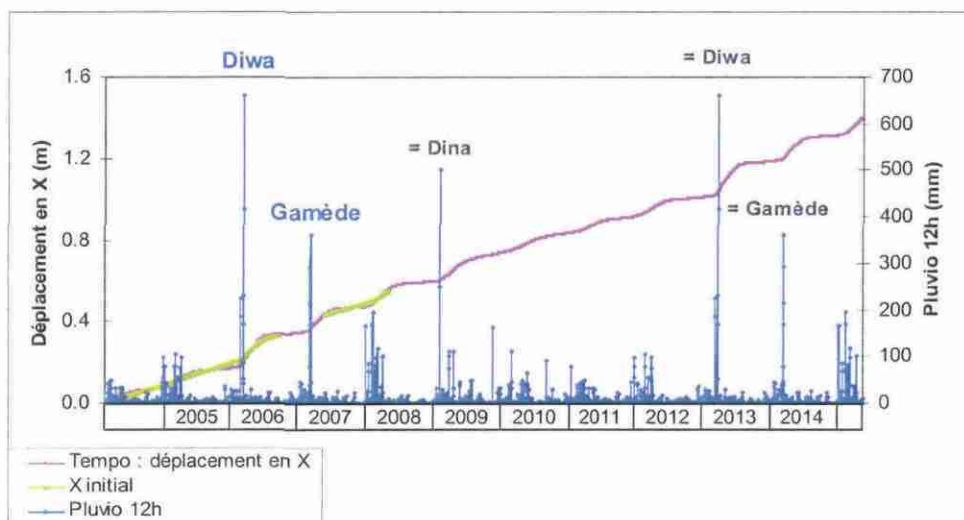


Figure 51 : Simulation Tempo – scénario 1

Scénario 2 : Répétition de la séquence pluviométrique 2002/2008 sur la période 2009/2015, avec majoration selon un coefficient 1,5 des événements cycloniques.

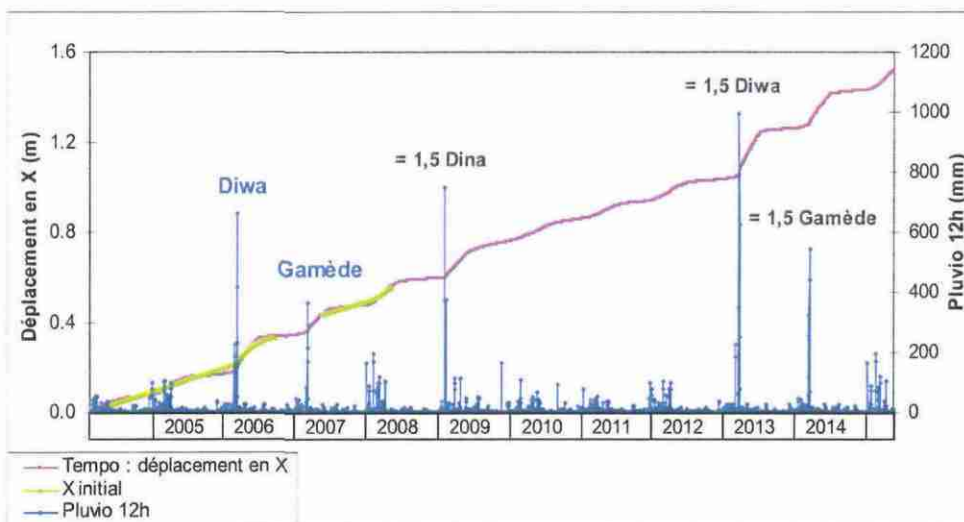


Figure 52 : Simulation Tempo – scénario 2

Scénario 3 : Génération d'un épisode cyclonique par saison des pluies (succession de la séquence Dina/Diwa/Gamède sans coefficient majorateur).

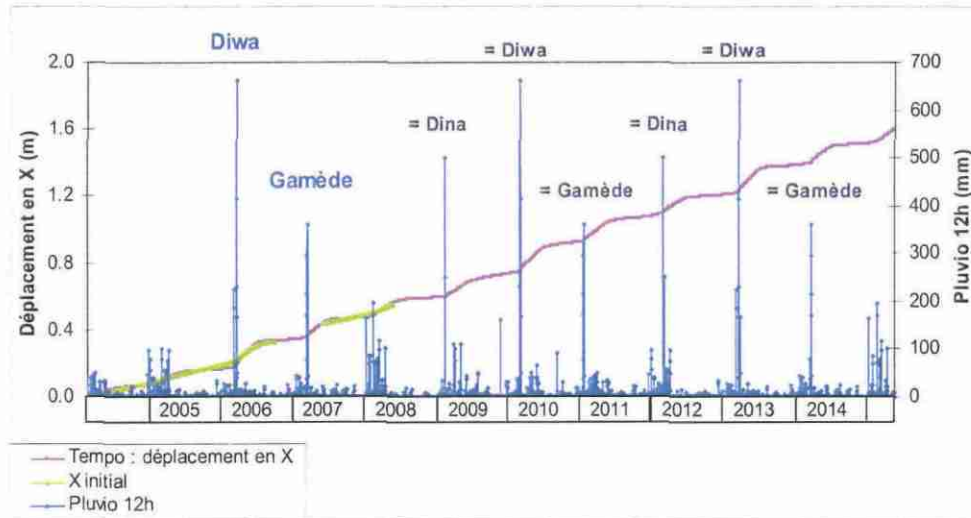


Figure 53 : Simulation Tempo – scénario 3

Les graphiques précédents tendent à privilégier l'hypothèse de l'existence **d'une relation linéaire entre la pluviométrie et les mouvements**. Quelque soit en effet le scénario considéré, l'occurrence d'un épisode pluvieux important se traduit par une accélération et des déplacements plus ou moins marqués, avant un amortissement qui semble intervenir de façon relativement analogue, tant en terme de délai après la fin de l'épisode pluvieux que de rapidité du retour à la normale.

On prendra ainsi pour exemple les scénarii 1 et 2, avec les épisodes simulés Diwa et Gamède (années 2013 et 2014) : les déplacements apparaissent proportionnels à l'intensité du cyclone (ici rapportée à l'importance des cumuls pluviométriques) puisqu'on retrouve également le coefficient 1,5 entre les valeurs de déplacement obtenus pour les deux scénarii. L'amortissement s'effectue sensiblement dans les mêmes conditions et on n'observe pas, dans le cas du scénario 2, d'amortissement en sortie d'épisode pluvieux à un palier de vitesses de déplacement qui soit significativement supérieur à celui du scénario 1.

Le scénario 3 souligne quant-à-lui que la succession à un rythme soutenu d'événements pluvieux exceptionnels (un épisode cyclonique par saison des pluies) ne semble pas entrainer de phénomène de « fragilisation » du plateau (tout du moins du compartiment sur lequel se trouve la station GPS permanente. On peut craindre *a contrario* que cela puisse être le cas pour le compartiment situé au front du phénomène). On n'observe pas en effet sur la figure n°50 d'accélération générale du glissement :

- pas d'amortissement en sortie de crise avec stabilisation à un palier de vitesse supérieure à celui existant avant l'événement ;
- maintien dans la durée (malgré la succession des épisodes pluvieux) d'une relation pluies/déplacements pseudo-linéaire. La courbe des déplacements, « lissée » sur la période 2008/2015, ne montre pas de franche incurvation traduisant un « emballement » du glissement en réponse à une « sollicitation cyclonique » importante.

Le scénario 2 a, en outre, été reproduit en multipliant successivement l'intensité des cyclones par 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75 et 2. Afin de visualiser le comportement du glissement en fonction de l'intensité de l'événement pluvieux, le cumul de pluie sur la saison cyclonique a été mis en relation avec le déplacement associé en ne retenant qu'un seul épisode (en l'occurrence simulation de Diwa au cours de l'année 2013) :

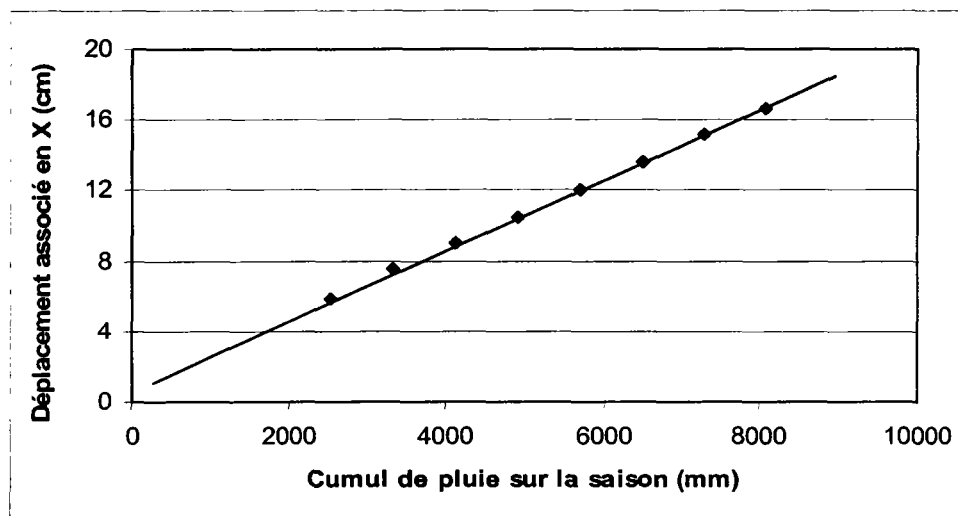


Figure 54 : variation de l'intensité des cyclones et relation pluie/déplacement

Cette simulation réalisée par Tempo (observation de la même saison des pluies mais variation de l'intensité de l'épisode cyclonique) tend à confirmer la relation linéaire existante entre le cumul de pluie et le déplacement planimétrique associé.

5.3.3 Remarques

On insistera ici sur le fait que les données issues du logiciel TEMPO ne doivent être considérées que comme des indications qu'il convient d'analyser avec précaution, leur fiabilité étant entachées notamment par la dispersion des valeurs de positionnement en planimétrie utilisées (cf. Paragraphes 4.5 et 5.3.1). En outre, la pertinence de la fonction de transfert définie est altérée par la discontinuité des données GPS acquises, qui ne permet pas notamment d'exploiter pleinement le passage de Gamède. Ainsi, le nombre d'événement pluvieux à caractère exceptionnel "disponibles" (pluviométrie + déplacements) se limite à Diwa (pas d'épisode cyclonique lors de la saison 2007/08).

En conséquence, les précédents enseignements notamment sur la linéarité de la relation pluies/déplacements devront être confrontés aux données issues d'une plage d'observation plus importante, ce qui sous-entend la poursuite du programme d'acquisition.

Par ailleurs, le travail réalisé a permis de souligner l'intérêt de disposer de stations GPS d'une part plus précises; et d'autre part implantées dans des zones où les mouvements sont suffisamment importants, de façon à limiter l'effet de bruit de fond dans l'exploitation et l'interprétation des données.

5.4 Réflexions sur le mécanisme de glissement

Les différentes investigations ont permis de mettre en évidence les points suivants:

- l'existence d'une relation étroite entre la limite des zones en mouvement et le contexte géologique.

Le toit du substratum ancien, surmonté d'un sill au sujet duquel on peut faire l'hypothèse (même si sa continuité n'est pas établie) qu'il se prolonge depuis la Cascade Micheline au Nord jusque sur le versant Est (secteur Roche Plate), constitue une surface privilégiée de décollement. De plus, la base de l'unité Intermédiaire, caractérisée par une forte altération et hydrothermalisation, pourrait constituer un niveau de faible résistance au glissement surmontant le sill.

Il est à noter que la surface supposée de glissement intercepte le terrain naturel largement au-dessus du fond des ravines des Fleurs Jaunes et de Roche à Jacquot pour son cours aval, ce qui tendrait à souligner que celles-ci ne jouent plus actuellement un rôle "moteur" principal dans le mécanisme de glissement (cf. ci-dessous) sur ces secteurs.

On notera également la présence observée à l'affleurement notamment sur le versant Est de Brèches Noires, matériaux généralement caractérisés par une argilisation importante et qui pourraient favoriser les mouvements.

Le mouvement en masse de Grand Ilet affecterait donc les formations bréchiques représentées en particulier par les brèches de Mare à Poule d'Eau, et les terrains de l'Unité Intermédiaire.

- Grand Ilet est affecté d'un glissement gravitaire dont l'orientation en matière de déplacement est liée à la présence de ravines: phénomène d'appel au vide par défaut d'épaulement, souligné notamment par la composante Est enregistrée de façon plus marquée par les bornes géodésiques situées sur le rebord oriental du plateau que sur celles situées en position plus intérieure ou au Nord de la masse glissée. On observe par ailleurs un amortissement progressif des déplacements au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la ravine principale (Ravine Roche à Jacquot).

Si le creusement des ravines par l'érosion naturelle est vraisemblablement l'initiateur du glissement en masse, il n'en est plus le moteur, le fond des ravines Ravine Roche à Jacquot (cours aval) et Rivière Fleurs Jaunes notamment étant sous la surface de glissement. On peut émettre l'hypothèse que l'axe principal de mouvement (nord-est) est lié au fait que ces ravines (en position Nord et Est par rapport au plateau) sont plus anciennes que le glissement actif actuel, associé au fait que les surfaces lithologiques et structurales sur lesquelles les déplacements ont lieu sont inclinées dans cette direction.

Même si elles n'en sont plus le moteur, les ravines conservent toutefois une influence significative sur les mouvements, ne serait ce qu'en raison des glissements superficiels qui affectent leurs flanc, contribuant ainsi à éliminer progressivement le front du mouvement de grande ampleur (zone plus résistante).

- Il existe une relation directe pluies/déplacements, qui s'explique probablement par un phénomène de mise en pression de la surface de glissement par les eaux infiltrées sur le plateau.

En l'état des connaissances, il est délicat de faire la part entre les infiltrations directes liées à une perméabilité jugée globalement relativement bonne (Hydroexpert) des terrains mobilisés par le glissement et une alimentation du massif par le biais d'un réseau de fissures profond qui pourrait être connecté aux grandes niches d'arrachement visibles sur le plateau (et qui pourraient au moins partiellement être hérité du mode de genèse des brèches). Dans les deux cas, les mares sèches qui se remplissent épisodiquement lors d'épisodes pluvieux majeurs constituent très vraisemblablement une source d'apport essentielle.

Ces infiltrations entraînent la création d'un écoulement saturé au toit de la couche argileuse de base de l'Unité Intermédiaire lorsque celle-ci existe, ou directement au toit du substratum ancien imperméable, se vidangeant latéralement par une série de sources émergeant à flancs de versants.

La réactivité rapide du système pluies/déplacements tend à démontrer que la part d'infiltration vers le plan de glissement est très importante. Elle pourrait ainsi s'expliquer par le fait que ces infiltrations se font dans un premier temps, assez rapidement, par le biais d'un réseau de fissures émergeant en surface (celui-ci étant voué à poursuivre son ouverture du fait de la poursuite des mouvements), et sont entretenues (dans un second temps) par les infiltrations directes à travers le matériel bréchique (avec des apports persistants dans le temps provenant des mares sèches ou de petits aquifères perchés faisant office de zones tampon). Ce schéma permettrait d'expliquer le faible temps de réaction du glissement après le pic pluvieux et le fait que les mouvements ne s'amortissent que lentement après la fin des pluies.

- La persistance d'un déplacement minimum de plusieurs millimètres par mois en période sèche, alors que les sources sont à l'étiage, montre que la masse instable a une capacité à glisser purement gravitairement. La résistance au cisaillement résiduelle des surfaces de glissement, acquise en grands déplacements, ne suffit plus à contenir la masse glissée.

- L'existence d'un seuil minimum pluviométrique de 2400 mm pour générer une accélération significative du mouvement, tend à indiquer que la superficie de la surface de cisaillement est importante, et que l'adjonction d'une quantité d'eau suffisante est nécessaire soit pour provoquer une mise en pression brutale très importante mais relativement localisée, soit pour induire une mise en pression plus modeste mais mieux répartie sur la surface de cisaillement.

- L'examen de la relation pluies/déplacements cumulés sur une saison cyclonique (y compris sur des simulations de saisons très arrosées), montrant une certaine linéarité, voire une tendance à l'infléchissement, est plutôt rassurant. Cela tendrait à démontrer que le glissement n'est actuellement pas en capacité à "s'emballer" (tout du moins pour ce qui concerne le panneau "central" (cf. figure n°43) sur lequel est disposée la station GPS fixe.

Ces résultats sont à confirmer par la poursuite du projet de recherche, les observations (pluviométrie et déplacements) n'ayant pas été menées sur une période suffisamment longue.

6 Conclusions

Le mouvement de terrain de grande ampleur de Grand Ilet a fait l'objet, dans le cadre du programme de recherche MVTerre, de nombreux travaux, associant observations de terrain (relevé d'indices d'activité, etc.) et instrumentation. Ces dernières ont porté notamment sur le suivi des déplacements et des précipitations, avec la mise en place et l'exploitation de dispositifs de mesures de mouvements d'une part (GPS, bornes géodésiques) et d'un pluviomètre d'autre part. L'objectif était d'affiner la connaissance sur la répartition spatiale des mouvements et d'analyser la relation pluies-déplacements (amorces de mouvements, vitesses, etc).

- Le réseau géodésique de Grand Ilet, constitué d'une trentaine de bornes, a fait l'objet de 3 campagnes de mesures principales, l'une en 2003 (« état zéro »), la seconde en 2004 et la troisième fin 2007. Ce suivi a permis de mettre en évidence **la coexistence sur le plateau de Grand Ilet de deux mouvements distincts** :

- **Le mouvement « principal »**, orienté vers le Nord-Est, qui concerne de façon plus ou moins marquée une large partie septentrionale du plateau : les déplacements soulignent distinctement une décroissance de l'activité vers le Sud-Ouest (vers le haut du plateau), avec l'existence de trois grands compartiments de dimensions hectométriques. Le panneau le plus actif, au front du glissement, a avancé à une vitesse moyenne planimétrique comprise entre 30 cm/an et 55 cm/an sur les 5 dernières années. Les deux autres panneaux se sont déplacés à des vitesses moyennes planimétriques comprises entre 15 et 30 cm/an, et entre 12,5 et 3,5 cm/an.

Les observations de terrain réalisées sur cette partie de la zone d'étude révèlent l'existence de nombreux indices d'activité : niches d'arrachement de rejet et d'ouverture pluridécimétrique à métrique dans la partie la plus active du glissement, fissuration plus ou moins généralisée affectant le bâti dans les zones de moindre activité, affaissement de mares sèches associé à un développement de fissures en périphérie, etc.

Le plateau de Casabois, situé en arrière de ces trois panneaux, est caractérisé par des vitesses moyennes planimétriques comprises entre 0,8 cm/an et 3 cm/an. Ce secteur apparaît rattaché au mouvement d'ensemble du Grand Ilet mais les déplacements mesurés soulignent que l'activité y est très modeste.

- **Les secteurs de Camp Pierrot et du Bélier**, en bordure Sud du plateau de Grand Ilet, sont affectés de mouvements orientés vers le Sud-Est (direction de la Ravine Camp Pierrot), avec des vitesses moyennes planimétriques comprises entre 3 et 6,5 cm/an.

- **Le mouvement principal du plateau de Grand Ilet se développe au sein des brèches**, appartenant notamment à la formation de Mare à Poule d'Eau, et à leur base au sein de l'Unité Intermédiaire (provenant de l'altération du substratum volcanique ancien). Le phénomène **apparaît étroitement lié au contexte géologique et structural**, la surface de glissement principale correspondant vraisemblablement au toit du substratum ancien, lui-même coiffé sur une partie importante du plateau d'intrusions constituant des surfaces de décollement privilégiées.

Alors que l'incision du plateau liée aux creusements notamment de la Ravine Roche à Jacquot et de la Rivière Fleurs Jaunes en est probablement à l'origine, le moteur actuel du mouvement en masse est essentiellement gravitaire (les déplacements - certes modestes - se poursuivant tout au long de l'année, indépendamment de toute sollicitation en particulier pluviométrique).

Les précipitations n'en constituent pas moins un facteur aggravant prépondérant. Il ressort en effet des investigations réalisées qu'il existe une relation directe pluies/déplacements, liée probablement à une mise en pression hydraulique de la surface de glissement par les eaux d'infiltration du plateau.

- Le dispositif associant station GPS permanent et pluviomètre est opérationnel depuis fin 2003. Les déplacements enregistrés par le GPS fixe sont conformes, en valeur comme en orientation des mouvements, aux données issues du réseau géodésique.

L'analyse combinée de la pluviométrie et des déplacements enregistrés sur la station GPS fixe, réalisée à partir du logiciel Tempo, tend à mettre en lumière le fait que la relation directe entre ces deux paramètres est linéaire. Les simulations réalisées pour des saisons cycloniques très arrosées ne montrent pas « d'emballement » du glissement, en tout cas en ce qui concerne la partie centrale du plateau (cela ne peut être exclu pour le fond de la masse glissée).

Enfin, il a été montré qu'il était nécessaire de dépasser un cumul pluviométrique d'environ 2400 mm sur la saison pour que les mouvements connaissent une accélération significative.

Ces enseignements doivent cependant être pris avec beaucoup de circonspection, dans la mesure notamment où la plage d'enregistrement pluies/déplacements est relativement limitée et le nombre d'épisodes pluvieux exceptionnels exploitables peut être jugé insuffisant. Ces avancées dans la connaissance sur la relation pluies/déplacements doivent de fait être confortées par la poursuite du travail d'acquisition et d'interprétation.

Annexes

Annexe 1 – Réseau géodésique de Grand Ilet Ecart enregistrés entre les campagnes 2003 et 2007

POINTS	TYPE DE POINT	ECART XY (m)	VITESSE DE DEPLACEMENT (cm/an)	ECART Z (m)	GISEMENT (°)
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 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 089	borne MVTerre	0,07	1,7	-0,07	283°3
SA 090	spit	0,03	0,8	-0,08	219°0
IGN2103	borne IGN	0,08	2,0	-0,09	63°4
SAGI	spit	point nouveau			



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