

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

Module 2 : Inventaire, détection et suivi des mouvements  
Sous-module 2.1 : Typologie. Etude des mouvements  
de terrain de grande ampleur





# Etude du glissement de terrain de grande ampleur de Mathurin, Cirque de Salazie

BRGM/RP-56707-FR  
Octobre 2008

E. Lucas

**Vérificateur :**

Nom : JL. NEDELLEC

Date : 01/10/08

Signature :

(ou original signé par :)

**Approbateur :**

Nom : JL. NEDELLEC

Date : 01/10/08

Signature :

(ou original signé par :)

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



LSMP - AVRIL 05



Mots clés : Mouvement de terrain, glissement, Cirque de Salazie, Mathurin, Ile de La Réunion.

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

E. Lucas (2008) – Etude du glissement de terrain de grande ampleur de Mathurin– Cirque de Salazie –. Rapport BRGM/RP-56707-FR., 55 p, 36 fig., 2 tab., 1 ann.

© 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 sous-module 3.1 du programme a pour objectif d'étudier le fonctionnement des mouvements lents de fond de cirque. Trois mouvements de terrain remarquables ont été sélectionnés dans le Cirque de Salazie afin de servir de sites pilotes: Hell-Bourg, Grand Ilet et Mathurin

Le glissement de Mathurin a été décrit pour la première fois en 1981 (Humbert et al.) au cours du recensement des instabilités causées par Hyacinthe. Par la suite aucune instabilité significative n'a été signalée sur ce secteur jusqu'en 2006. En effet, les fortes précipitations de la tempête tropicale Diwa ont causées de nombreux dégâts (habitation fissurée, chemin déformé, glissements en bordure de plateau) d'où la nécessité de mener une étude détaillée sur ce secteur.

Cette étude est basée sur une recherche bibliographique approfondie, sur une analyse de l'évolution morpho-structurale des reliefs par le biais des photographies aériennes (1978, 1997, 2003 et 2006) et surtout sur des reconnaissances de terrain qui ont permis de compléter nos connaissances sur le site par une délimitation plus précises des zones actives (recensement des non-exhaustif des indices d'instabilités).

Les principaux résultats ont permis de mettre en évidence trois secteurs en mouvement :

- le secteur 1, le plus à l'Est, est affecté par un glissement profond. D'une surface de 8 ha environ, il est délimité à l'Est par une rupture de pente dans le plateau, à l'Ouest par un des affluents de la Ravine Blanche qui forme la limite sud du mouvement, et enfin par une limite supérieure bien marquée dans le paysage par l'escarpement abrupt en contrebas du belvédère de la route de Mare à Martin.
- le secteur 2, en partie intermédiaire, est également affecté par un glissement profond qui est le plus marqué vers l'extrémité sud-ouest du plateau. D'une superficie de 13 ha environ, il est délimité latéralement par les deux affluents rive gauche de la Ravine Blanche et en partie supérieure par une fracture ouverte en arrière des maisons à proximité du chemin de Mathurin.
- le secteur 3, situé au droit de la Ravine Mathurin est affecté d'un glissement superficiel d'ampleur plus limitée (3 ha) délimitée en partie supérieure par le chemin communal, en partie aval par la bordure du flanc gauche de la Ravine Roche à Jacquot (escarpement de 160 m de hauteur) et latéralement par des petites ravines qui s'écoulent au toit du substratum.

Les mécanismes mis en jeu dans les secteurs 1 et 2 sont assez similaires, liés à la présence au toit du substratum d'argiles plastiques servant de « couche savon » pour les formations bréchiques sus-jacentes dont elles sont issues. Ce niveau très altéré et chloritisé de la base du faciès massif des brèches de Grand-Ilet forme une surface imperméable marquée en pied de versant par de nombreuses résurgences. Ces glissements sont guidés par des fractures ouvertes sensiblement

parallèles à la bordure des plateaux. Dans les secteurs 1 et 2, les écoulements superficiels et souterrains semblent être des facteurs aggravants même s'il n'a pas été possible de déterminer le régime d'écoulement dans le versant (observations hors période cyclonique). De même, l'érosion de la base des versants par les eaux en crue de la Ravine Blanche pourrait participer au déclenchement des instabilités, surtout dans le secteur 2 situé en zone concave (phénomène de sape de la butée de pied).

Contrairement aux deux premiers cas, le rôle prépondérant des conditions hydrologiques a été clairement mis en évidence dans le mécanisme de glissement du secteur 3. En effet, de nombreuses résurgences en amont de la zone instable engendrent des écoulements à l'interface substratum/couverture superficielle (colluvions/éboulis) entraînant un glissement de ces derniers vers la Ravine Roche à Jacquot et une rupture des terrains en bordure de paroi.

Suite à la mise en place du réseau de bornes géodésiques sur le Massif du Piton des Neiges deux campagnes de mesures ont été réalisées : la première en 2003, à l'état « zéro », et la seconde en 2007. Ces dernières ont permis de préciser l'évolution spatiale des mouvements et de quantifier leurs déplacements sauf dans le secteur occidental où la borne a été emportée par un glissement pendant Diwa (2006). Ainsi, entre 2003 et 2007 la vitesse de déplacement la plus significative a été enregistrée au niveau du plateau intermédiaire qui se déplace vers le Sud à une vitesse moyenne de 28 cm/an (déplacement planimétrique).

La majorité des événements recensés sur Mathurin ont eu lieu pendant des événements climatiques importants associés à des précipitations intenses. Hors période cyclonique, l'absence d'instabilités majeures témoigne d'une relative stabilité des terrains. Néanmoins les mesures des deux campagnes réalisées à ce jour ne sont pas suffisantes pour mettre en évidence une dynamique de versant continue avec des accélérations importantes en période cyclonique.

Même si cette étude a apporté des éléments de compréhension sur le fonctionnement des glissements profonds de Mathurin (mise en évidence de la présence de brèches argilisées servant de surface de glissement au toit du substratum), des investigations supplémentaires sont nécessaires afin de comprendre la dynamique des versants (détermination du régime d'écoulement et suivi de l'évolution de la zone d'étude couplé à des mesures de positionnement des bornes plus régulières avec des observations en période sèche et en période humide).

## Sommaire

<b>1. Introduction.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>11</b>
2.1. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE.....	11
2.2. CONTEXTE CLIMATIQUE.....	12
2.3. CONTEXTE MORPHOLOGIQUE .....	12
<b>3. Observations lithologiques et structurales.....</b>	<b>17</b>
3.1. DIFFERENTS FACIES RENCONTRES.....	17
3.1.1. Le substratum volcanique.....	17
3.1.2. Les formations de démantèlement .....	19
3.1.3. Les formations superficielles .....	22
3.2. ANALYSE STRUCTURALE .....	24
3.3. HYDROGEOLOGIE .....	27
<b>4. Repérage des indices d'instabilités dans le secteur de Mathurin.....</b>	<b>30</b>
4.1. EVENEMENTS HISTORIQUES.....	30
4.2. ANALYSE DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES .....	32
➤ 1978.....	32
➤ 1997 et 2003.....	32
➤ 2006.....	32

4.3. RELEVÉ DES INDICES D'INSTABILITÉS SUR LE TERRAIN .....	35
4.3.1. Partie Occidentale et Méridionale (Plateau 1 et 2) .....	35
4.3.2. Partie orientale (Plateau 3) .....	40
<b>5. Caractéristiques de ce mouvement de fond de cirque .....</b>	<b>43</b>
5.1. RESULTATS DES OBSERVATIONS .....	43
5.2. RESEAU DE POINTS DE MESURE GPS .....	44
5.2.1. Campagne de 2003 .....	45
➤ Principe des mesures de positionnement GPS .....	45
➤ Premiers résultats obtenus .....	45
5.2.2. Campagne de 2007 .....	46
➤ Résultats obtenus .....	47
➤ Vitesses moyennes de déplacement .....	47
5.2.3. Conclusion .....	48
5.3. DELIMITATION DES SECTEURS EN MOUVEMENT .....	49
<b>6. Problématiques.....</b>	<b>52</b>
6.1. LIMITES DE CETTE ETUDE .....	52
6.2. POURSUITE DE CETTE ETUDE .....	53
<b>7. Conclusion .....</b>	<b>54</b>
<b>8. Bibliographie.....</b>	<b>55</b>

## Liste des illustrations

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude .....	11
Figure 2 : Vue d'ensemble de la zone d'étude .....	13
Figure 3 : Vue aérienne de la partie nord-ouest du cirque de Salazie (cliché Sept. 2003).....	15
Figure 4 : Vue de Mathurin depuis Grand-Ilet .....	15
Figure 5 : Vue du lit de la Ravine Blanche à l'aval de l'Ilet Roche à Jacquot (Cliché Avril 2006)16	
Figure 6 : Extrait de la carte géologique du cirque de Salazie (à l'échelle du 1/10 000) .....	17
Figure 7 : Substratum volcanique vue depuis la RD52 (Route de Grand-Ilet) .....	18
Figure 8 : Substratum ancien « sain » constitué de basalte à olivine .....	18
Figure 9 :Faciès matricielle de l'unité de Grand Ilet .....	20
Figure 10 : Faciès mixte des formations bréchiques de Gand-Ilet.....	21
Figure 11 : Faciès des brèches vertes argileuse au toit du substratum.....	22
Figure 12 : Brèches clastiques massives de l'escarpement surplombant Mathurin .....	23
Figure 13 : Niche d'arrachement dans les colluvions.....	24
Figure 14 : Principales intrusions visibles dans le secteur de Mathurin.....	25
Figure 15 : Faille décrochante soulignée par un dyke d'orientation N30°60 <sup>E</sup> .....	26
Figure 16 : Principales discontinuités structurales affectant le substratum (Imagerie Google) ..	27
Figure 17 : Ecoulement superficiel au toit du substratum .....	28
Figure 18 : Ruissellement le long d'un dyke fracturé servant de drain (faille décrochante N30) 28	
Figure 19 : Résurgences au contact des brèches vertes hydrolysées et argilisées (niveau imperméable).....	29
Figure 21 : Photo aérienne de 1978 .....	33
Figure 22 : Photos aériennes de 1997 et 2003 .....	33
Figure 23 : Glissements en bordure de plateau suite à Diwa (Imagerie Google, octobre 2006) 34	
Figure 25 : Niche d'arrachement suite à Diwa vue depuis Grand Ilet.....	37
Figure 26 : Tassement des gabions en bordure de route .....	37
Figure 27 : Fissures ouvertes et depots en gradins dans les formations en contre-haut de la route .....	38
Figure 28 : Route déformée et fissuration de l'accotement ; couloir d'éboulis en amont des gabions .....	38
Figure 29 : Zone fissurée en bordure du plateau méridional.....	39
Figure 30 : Fissuration et basculement de la maison en bordure de plateau .....	39
Figure 31 : Indices d'instabilités relevés dans la partie orientale de Mathurin.....	40
Figure 32 : Fissure sommitale sur le chemin de Mathurin.....	41
Figure 33 : Fissuration dans la maison et aux abords.....	41
Figure 34 : Vue de la niche d'arrachement depuis la route de Grand Ilet.....	42

Figure 35 : Localisation du réseau de suivi MVTerre sur Mathurin.....	44
Figure 36 : Vitesses moyennes et directions de déplacements dans le Nord-ouest de Salazie.	48
Figure 37 : Borne Sa-069 emportée suite à Diwa (cliché Juillet 2003) .....	49
Figure 38 : Délimitation des zones en mouvement .....	50
Figure 39 : Vue de la zone A depuis le plateau intermédiaire.....	51

## Liste des tableaux

Tableau 1 :Ecart observés entre les résultats des deux campagnes de 2003.....	46
Tableau 2 : Ecart observés entre les résultats de la campagne de 2007 (en gras) et celle de 2003 .....	47

## Liste des annexes

Annexe 1 Fiche descriptive du mouvement de Mathurin .....	59
---	----

# 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 présent rapport, qui s'inscrit dans le cadre du rendu du sous-module 2.1 – inventaire, détection et suivi des mouvements de grande ampleur - synthétise les données acquises dans le cadre du programme MVTerre concernant le glissement de Mathurin dans le cirque de Salazie. Ce rapport a pour objectif d'apporter des éléments complémentaires à la compréhension des mouvements lents de fond de cirque. Ainsi, les données existantes ont été complétées par des recherches bibliographiques complémentaires, des observations de terrain et par les mesures des bornes géodésiques MvTerre présents sur le site.

## 2. Présentation de la zone d'étude

### 2.1. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

La zone d'étude se situe au Nord-Ouest du cirque de Salazie, qui est un des trois cirques avec Cilaos et Mafate à découper le centre du Massif du Piton des Neiges en trois vastes dépressions coalescentes. Ces cirques ou structures d'effondrement ont une origine morpho-tectonique récente (Chevallier, 1979), c'est-à-dire guidées par des discontinuités structurales liées à l'activité volcanique mais modelées au fil des années par l'érosion.

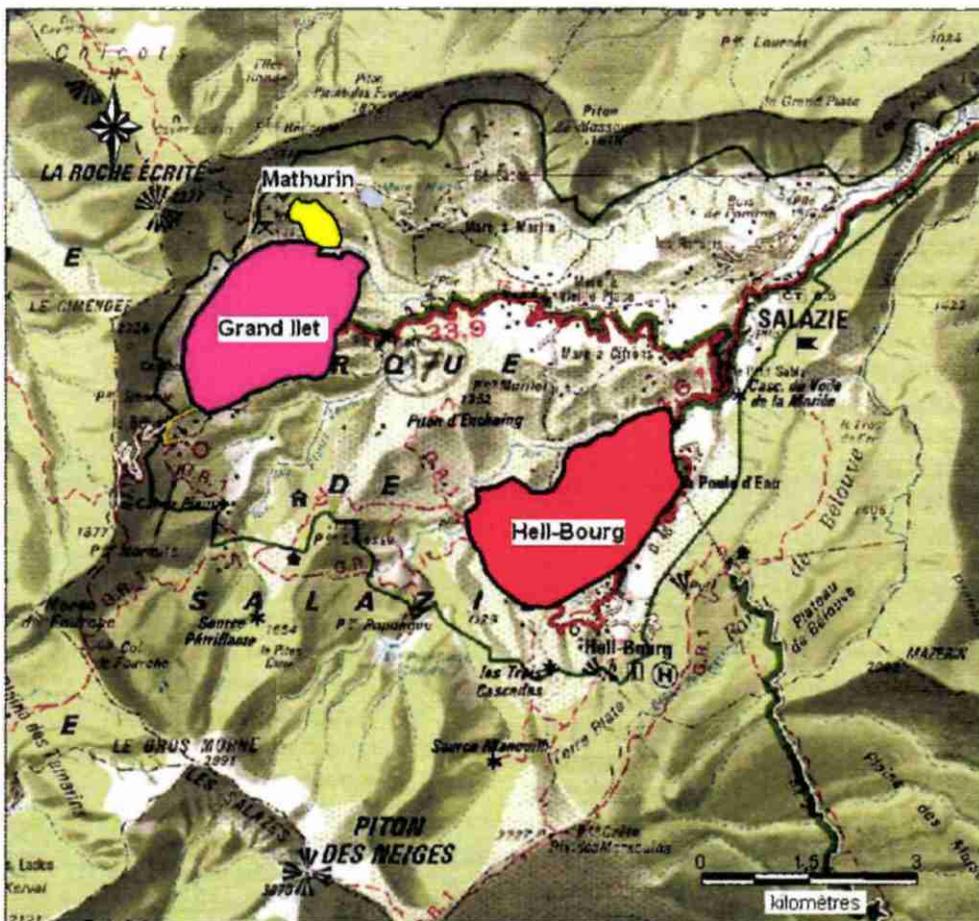


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Le territoire communal qui s'étale sur la totalité du cirque et sur le plateau de Bélouve, est subdivisé en plusieurs îlets. Ces derniers correspondent à des lambeaux de plateaux délimités par des ravines encaissées et sur lesquels s'est installée la population.

Le quartier de Mathurin se situe après l'Ilet de Roche à Jacquot en contrebas du lieu-dit « La Mare ». Un chemin bétonné relie Mathurin à Grand Ilet depuis la route de Mare à Martin (après le pont de la ravine Casabois).

Jusqu'en 1993, date de la construction de la route menant à la Mare à Martin, le seul accès possible se faisait par un sentier se situant au bout de la route actuelle de Mathurin. Cette dernière n'a d'ailleurs été bétonnée qu'en 1996. Cet écart de la commune compte aujourd'hui une dizaine de familles dont moins de 30 habitants permanents.

D'un point de vue économique, les élevages (porcins et volailles) ont peu à peu laissé place à la culture maraichère à cause de leur éloignement des routes principales et de la coupure régulière du chemin de Mathurin en période cyclonique ou de fortes précipitations (éboulements, affaissements).

## **2.2. CONTEXTE CLIMATIQUE**

Au point de vue climatique, le cirque de Salazie est le cirque le plus humide. En effet, il est situé sur la partie « au vent » de l'île ce qui explique les précipitations moyennes annuelles comprises entre 3 000 mm à l'Ouest et 3 800 mm à l'Est (Raunet, 1991). De même, au cours des périodes cycloniques les pluies intenses peuvent atteindre des valeurs exceptionnelles : plus de 5 mètres d'eau en 13 jours suite au passage du cyclone Hyacinthe en 1980. Ce phénomène climatique majeur a été à l'origine de nombreux bouleversements dans le cirque, l'eau étant le principal facteur déclencheur des mouvements de terrain.

La partie occidentale du Cirque (Grand-Ilet, Mathurin, Camp Pierrot, Casabois) subit une période peu pluvieuse de 4 à 5 mois, alors que celle-ci ne dure que 2 à 3 mois dans la moitié est et au Sud (Mare à vielle place, Mare à Poule d'eau, Hell-bourg). Malgré une période peu pluvieuse comparée aux autres secteurs du cirque, la zone d'étude n'est pas à l'abri des pluies diluviennes de la période cyclonique qui engendrent de nombreux mouvements de terrain.

## **2.3. CONTEXTE MORPHOLOGIQUE**

D'un point de vue morphologique, cette zone offre une succession de replats plus ou moins étendus, séparés entre eux par des talus ravinés. Elle est délimitée :

- au Sud-Ouest par la Ravine Blanche qui est une ravine pérenne alimentée essentiellement par une ligne d'émergences diffuses située dans le rempart de la Ravine Blanche (à l'Est de la Roche Ecrite). Sur son court aval, le lit de la ravine est obstrué par une quantité importante d'éboulis.
- au Sud par la Ravine Roche à Jacquot qui présente un cassé de 90 m de hauteur au droit de sa jonction avec la Ravine Blanche (cote 870m). Dans ce secteur les eaux s'écoulent sur le substratum qui forme un seuil à l'érosion.

- au Nord par un escarpement sub-vertical de direction NW-SE et d'une hauteur qui varie entre 140 et 180m. La partie sommitale du versant présente localement des concavités de grandes dimensions (300 m de large) correspondant à d'anciennes niches d'arrachements.

Ce versant est entaillé vers l'Est par la Ravine Mathurin qui draine une partie de l'extrémité occidentale du plateau de la Mare à Martin et un peu plus à l'Ouest par une ravine (sans nom) qui serait alimentée par une source pérenne dans le versant. Ces deux cours d'eau présentent un débit relativement faible (observation octobre 2007) mais ils peuvent se transformer en véritables torrents en période cyclonique.

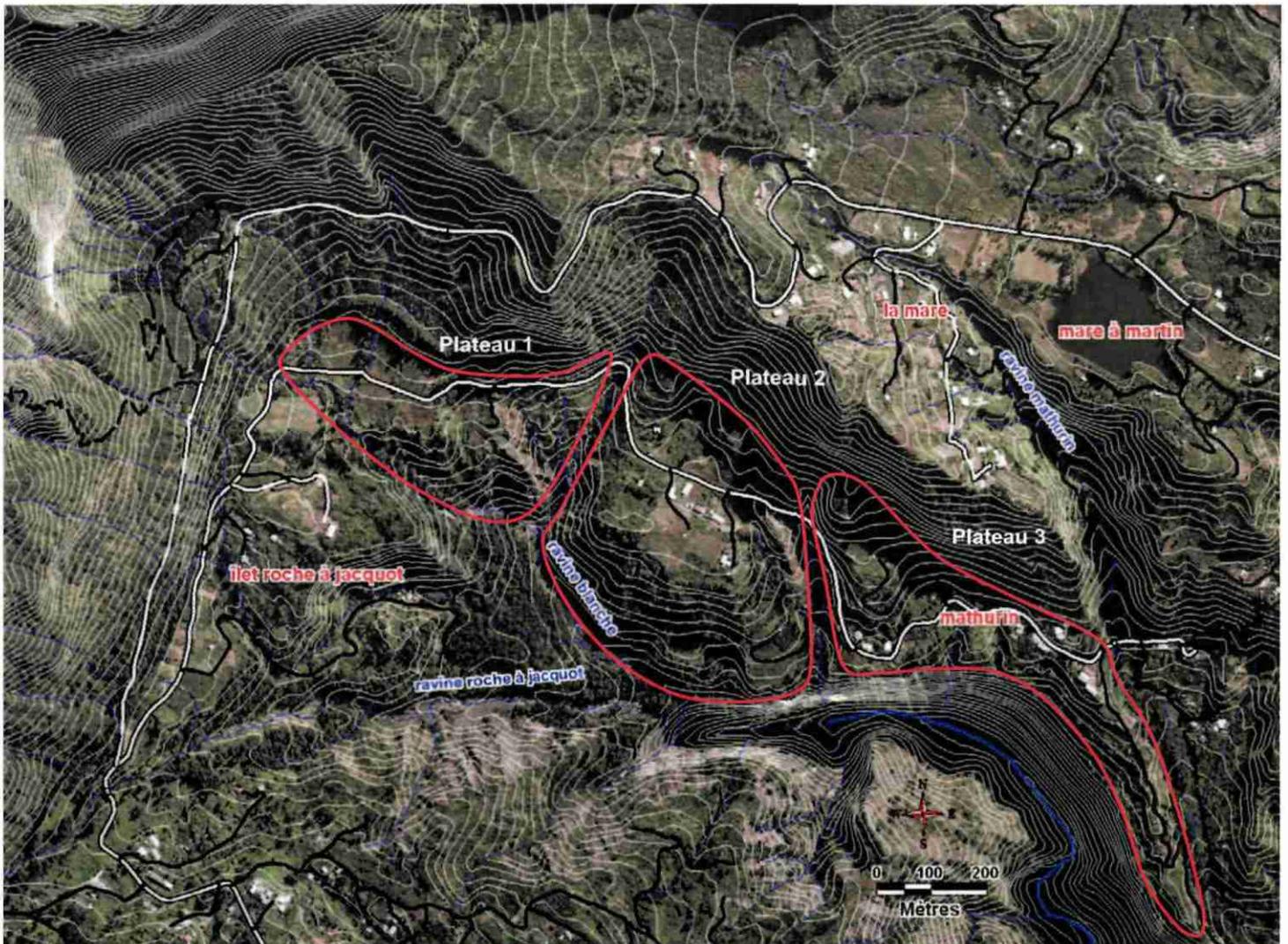


Figure 2 : Vue d'ensemble de la zone d'étude

Après le passage de la Ravine Blanche, le chemin traverse des terrains cultivés recouverts de colluvions et faiblement pentés vers le Sud. Un peu plus vers l'Est elle passe au pied d'un escarpement abrupt dont la base est occupée par de nombreux blocs éboulés (en contrebas du belvédère de la route de Mare à Martin). A droite de la route, les terrains sont inclinés vers la

Ravine Blanche (30° vers le Sud) et présentent une surface irrégulière en « marche d'escalier ». Ils sont délimités vers l'Ouest par un talus d'une dizaine de mètres de direction N-S. Le plateau est ici moins large et fortement raviné (présence de rigoles).

Après le passage d'un radier où s'écoule une des deux ravines pérennes citées précédemment on accède au deuxième replat. Il est caractérisé par un plateau de grande dimension (300 m de longueur pour 200 m de large) sur lequel s'est installé quelques habitations. La partie médiane du plateau forme une cuvette ouverte vers le Sud-Est. Cette dernière est drainée par deux ravines parallèles d'axe N-S. En contrebas de son extrémité sud-est, on note la présence de deux petits plateaux qui dominent le lit de la Ravine Roche à Jacquot de 130 m environ. Les deux plateaux sont séparés par une ancienne niche d'arrachement de 80 m de large et dont l'extrémité Est semble se prolonger dans le versant.

Le troisième replat, plus bas en altitude, est constitué par une couverture superficielle peu épaisse (entre 20 et 40 m) qui repose sur le toit du substratum ancien. Ce dernier forme une gorge profonde de plus de 100 m de hauteur dans laquelle s'écoule la Ravine à Jacquot. La bordure du plateau est évasée (pente 45°) et découpée par de nombreuses loupes d'arrachements. L'extrémité du plateau forme un monticule étroit de 20 m de large, séparé par la Ravine Mathurin à l'Est (qui s'écoule au toit du substratum) et l'encaissement de la Ravine Jacquot à l'Ouest.

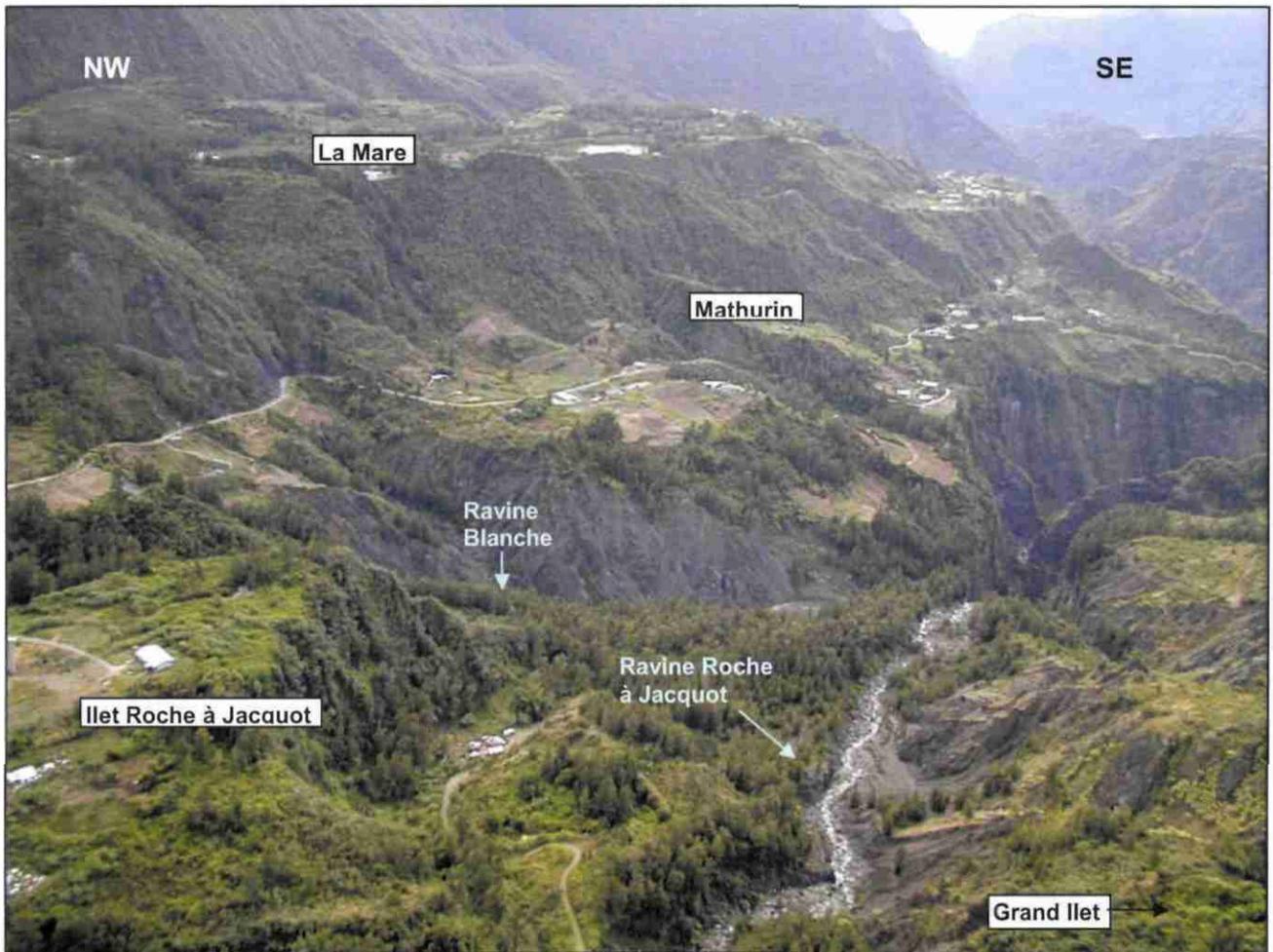


Figure 3 : Vue aérienne de la partie nord-ouest du cirque de Salazie (cliché Sept. 2003)



Figure 4 : Vue de Mathurin depuis Grand-Ilet



Figure 5 : Vue du lit de la Ravine Blanche à l'aval de l'Ilet Roche à Jacquot (Cliché Avril 2006)

### 3. Observations lithologiques et structurales

#### 3.1. DIFFERENTS FACIES RENCONTRES

On observe trois grands types de formations sur le secteur de Mathurin :

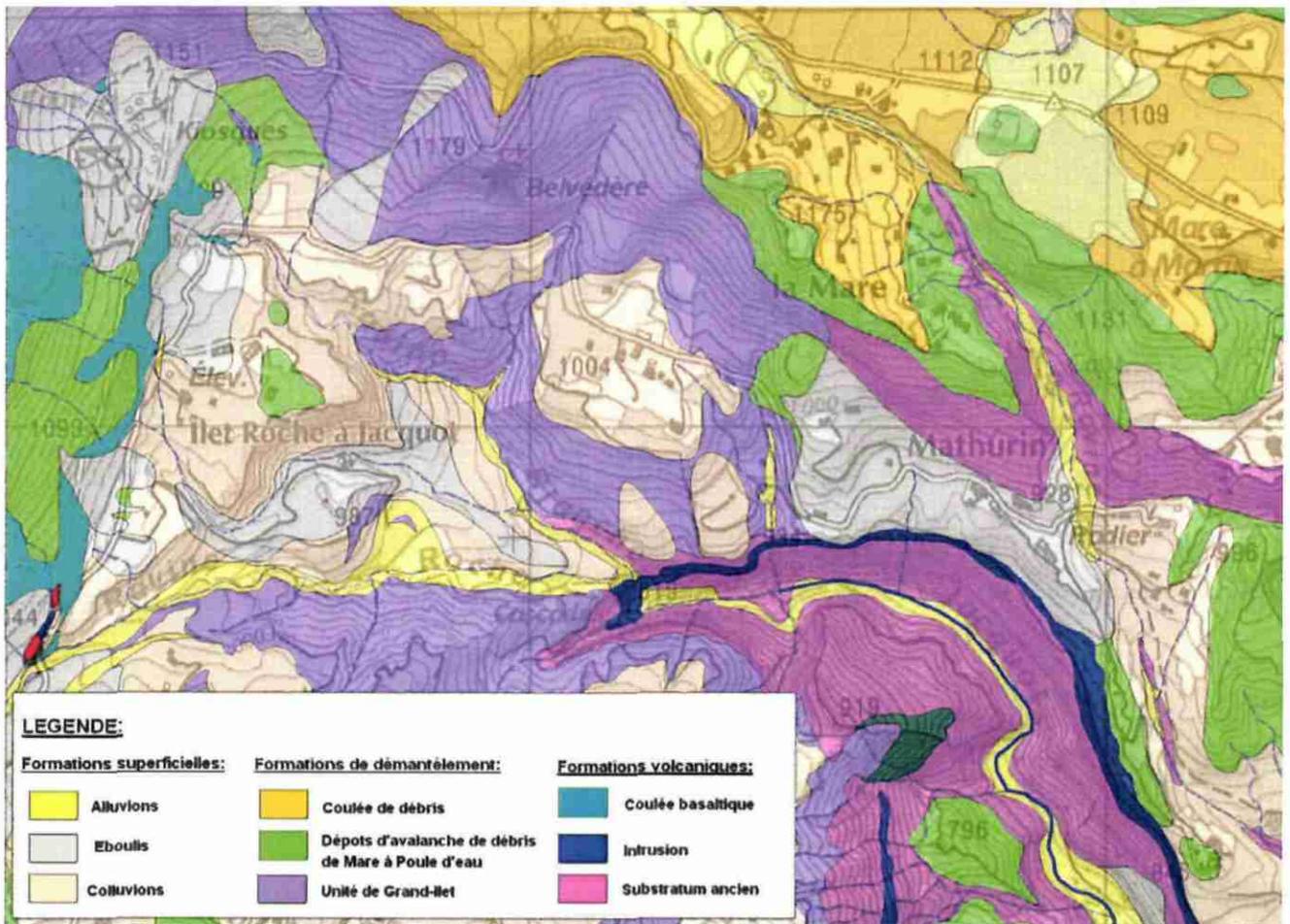


Figure 6 : Extrait de la carte géologique du cirque de Salazie – projet MVTERRE (à l'échelle du 1/10 000)

#### 3.1.1. Le substratum volcanique

Le substratum est constitué de laves et brèches anciennes indurées, correspondant aux phases I et II de Billard, par opposition aux formations bréchiques sus-jacentes.

Cette formation dure et compacte forme le soubassement des plateaux de Mathurin et de celui de Grand Ilet (formations bréchiques). Il affleure au niveau de la Ravine Roche à Jacquot sous forme d'une paroi verticale de 160 m environ (secteur Est de Mathurin). Un sill a été identifié en partie sommitale mais aucune donnée structurale n'est disponible à ce jour (direction, pendage, extension). Le substratum affleure également dans ce secteur au niveau de l'escarpement qui surplombe la route communale sur 140 m de hauteur.

Plus localement, il affleure dans le versant sud-est du premier plateau (Cf. Fig.8). A cet endroit le substratum est constitué essentiellement de basalte à phénocristaux d'olivine, très fracturé, peu zéolitisé, et traversé par quelques sills décimétriques.

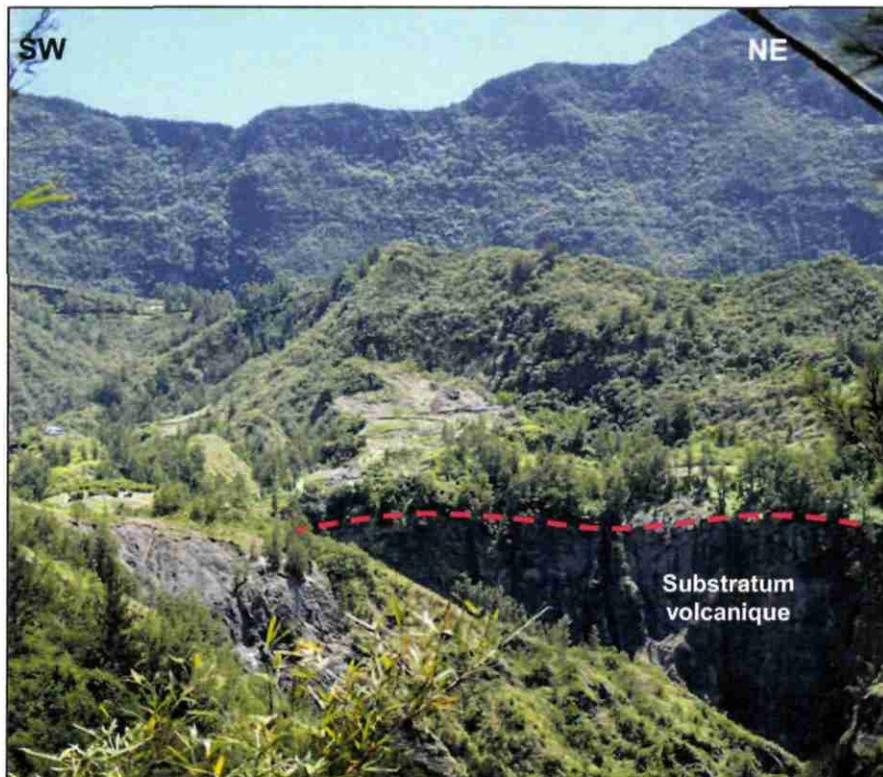


Figure 7 : Substratum volcanique vue depuis la RD52 (Route de Grand-Ilet)



Figure 8 : Substratum ancien « sain » constitué de basalte à olivine

Les formations issues du substratum remanié sont incluses dans les formations bréchiques.

### **3.1.2. Les formations de démantèlement**

Les brèches remplissant le cirque ont été classées en unités bréchiques majeures correspondant aux trois grands épisodes de creusement du cirque. On peut distinguer :

- l'unité inférieure formée de brèches issues du substratum ancien zéolitisé et remanié au cours de la phase de creusement du proto-cirque par des glissements ou des écroulements en masse (brèches noires et brèches de Grand-Ilet) ;
- l'unité supérieure mise en place par des mouvements gravitaires d'ampleur exceptionnel de type avalanche de débris contribuant à l'élargissement du cirque et mobilisant des pans entiers de remparts. Cette unité repose sur les brèches noires de l'unité inférieure qui ont servi de « couche savon » dans la propagation des mouvements (Brèche de Mare à Poule d'eau), ce qui explique leur grande extension.
- l'unité de recouvrement des deux unités précédentes mise en place suite à la remobilisation de ces dernières par des phénomènes de coulées de débris ou de coulées hyperconcentrées, ou suite à l'érosion « récente » des reliefs (alluvionnement, écroulements de rempart).

#### **a) Unité de Grand -Ilet**

Les formations de démantèlement présentes sur le secteur d'étude sont issues de l'événement de « Grand-Ilet », à l'origine des brèches du même nom (correspondant à l'Unité Intermédiaire de Pinchinot). Ce dernier reste néanmoins d'ampleur limitée (ouest du cirque) comparé à l'événement de Mare à Poule d'eau dont les brèches recouvrent l'ensemble du cirque. Cette formation est constituée de deux faciès principaux :

##### **➤ Faciès matriciel**

Ces brèches indurées forment l'ossature de l'escarpement surplombant Mathurin (excepté dans sa partie orientale).

Elles se présentent sous forme de brèches polygéniques matricielles à structure massive. Les clastes de taille centimétrique à décimétrique sont sub-arrondis et formés de basalte aphyrique et de basalte à olivine zéolitisé. Le support matriciel fermé est de nature silteuse et de couleur brune. De nombreuses figures d'étirements et de cisaillement sont visibles témoignant d'une déformation intense.

L'ensemble est traversé par de nombreux dykes décimétriques de basalte aphyrique souvent décalés par des failles en échelon.

A l'échelle de l'affleurement aucune structure d'empilement n'est perceptible. Néanmoins, des sills observables en partie sommitale de l'escarpement indiquent un léger pendage vers le Nord-ouest.



Figure 9 :Faciès matricielle de l'unité de Grand Ilet

#### ➤ **Faciès à blocs**

Ce faciès comporte des mégablocs laviques intensément fracturés (failles, cisaillement) issus du substratum remanié. A l'échelle de l'affleurement tout est bréchifié mais de loin une stratigraphie fantomatique laisse entrevoir des empilements basculés globalement vers le Sud et traversé par quelques dykes discontinus décimétriques relativement bien conservés mais cisailés.

Cette formation est fortement hydrolysée (faciès altérés, "pourris", qui peuvent découler d'altérations supergènes anciennes). Les clastes ont une structure massive et sont constituées d'océanites anciennes zéolitisées. La matrice est ouverte, sablo-graveleuse et peu indurée de couleur grise.

Ce sont les éléments constitutifs des plateaux de Mathurin qui sont recouverts en surface par des colluvions. Elles sont aisément reconnaissables sur le terrain par leur paysage en « bad-lands » avec des versants fortement attaqués par le ravinement au cours des fortes précipitations.



Figure 10 : Faciès mixte des formations bréchiques de Gand-Ilet

### ***b) Unité des « brèches vertes »***

Au toit du substratum s'est développé un front de chloritisation et d'argilisation intense affectant la base des formations bréchiques à dominante mixte de l'unité de Grand-Ilet et pouvant atteindre une puissance de 3 m localement. Il est caractérisé par la formation au contact du substratum d'une brèche argilisée compacte de couleur verte présentant des clastes centimétriques à décimétriques sub-anguleux ; ces derniers ne présentent pas de déformation importante.

Cette argile verte plastique sert de « couche savon » lorsqu'elle est hydratée, servant de surface de décollement aux glissements des terrains sus-jacents.

Cette formation affleurent abondamment dans le lit de la Ravine Blanche et en partie aval de ses affluents rive gauche.



Figure 11 : Faciès des brèches vertes argileuse au toit du substratum

### 3.1.3. Les formations superficielles

#### ➤ Les éboulis

On note sur le secteur la présence d'éboulis anciens sous forme de placage métrique recouvrant localement les brèches matricielles du versant de Mathurin. Ils se présentent sous forme de brèches polygéniques grossières à éléments anguleux englobées dans une matrice silto-sableuse relativement indurée. Ce placage n'est pas régulier et peut être incisé par le ravinement du versant. Les blocs déchaussés suite à l'abrasion de la matrice sableuse s'accumulent en pied de versant avant d'être remobilisés dans la pente et donner lieu à des éboulis actifs.

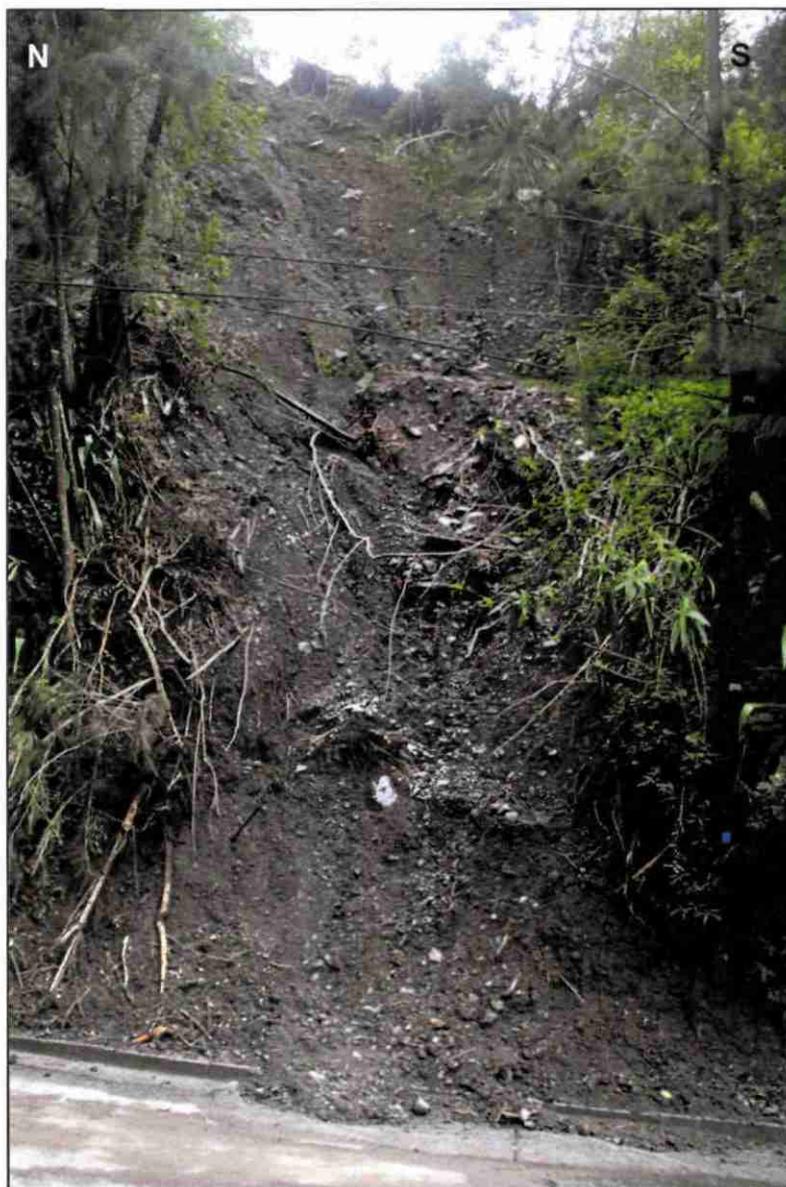


*Figure 12 : Brèches clastiques massives de l'escarpement surplombant Mathurin*

### ➤ Les colluvions

Les colluvions recouvrent la majorité des plateaux de Mathurin sur une épaisseur variant de 3 à 10 mètres. Ces dépôts se présentent sous forme de brèches matricielles de couleur marron, ouvertes (matrice terreuse peu cohérente), homogranulaires avec des éléments anguleux à sub-anguleux centimétriques.

Cette formation est la plus représentée au niveau du plateau oriental de Mathurin où elle forme un talus d'une dizaine de mètres en contre haut du chemin. Ce dernier donne souvent lieu à des arrachements de quelques dizaines de m<sup>3</sup> suite à des fortes précipitations (sols gorgés d'eau).



*Figure 13 : Niche d'arrachement dans les colluvions*

### **3.2. ANALYSE STRUCTURALE**

Les formations présentes sur le site de Mathurin sont de natures bréchiques, issues du remaniement du substratum ancien zéolitisé. Les principales discontinuités structurales qui affectent ces formations sont soulignées par des dykes décimétriques qui ont une orientation aléatoire. Ces dykes sont visibles dans l'escarpement ouest de Mathurin.



Figure 14 : Principales intrusions visibles dans le secteur de Mathurin

On observe également dans le même secteur une faille décrochante dextre soulignée par un dyke métrique d'orientation N30°60E. Cette dernière recoupe un plan de faille discontinu d'orientation N90° qui lui est donc antérieur et qui a été mis à nu par l'érosion. Néanmoins aucun indice ne prouve que cet accident tectonique soit continu et affecte l'ensemble du versant.

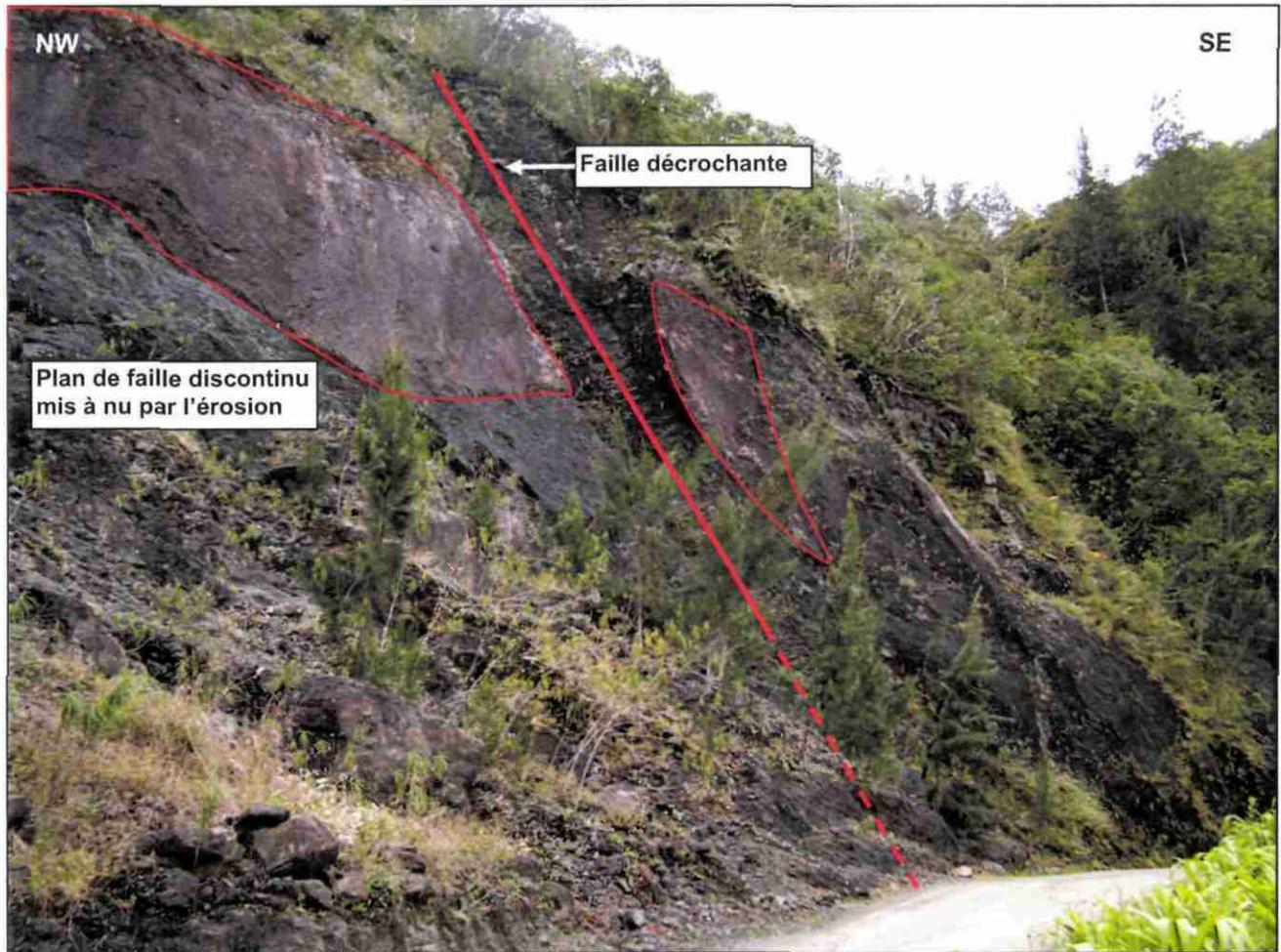


Figure 15 : Faille décrochante soulignée par un dyke d'orientation  $N30^{\circ}60^{\text{E}}$

Des observations par photographies aériennes font apparaître quatre principales familles de discontinuités affectant le substratum rocheux formant les flancs de la Ravine Roche à Jacquot dans le secteur Est de Mathurin. Les berges de la ravine suivent les directions  $N30$ ,  $N120$  et  $N160$  et les gorges ont pour directions principales  $N70$  et  $N160$ .

Plus localement, le substratum affleurant dans le versant du plateau ouest de Mathurin montre une famille de failles décrochantes sub-verticales d'orientation  $N100^{\circ}$  perpendiculaire au plan de stratification des coulées qui forment des gradins. On note également un découpage du substratum par un plan de faille de direction  $N60^{\circ}40^{\circ}\text{SE}$  et qui semble se prolonger sous les formations bréchiées massives de l'Unité de Grand-Ilet.

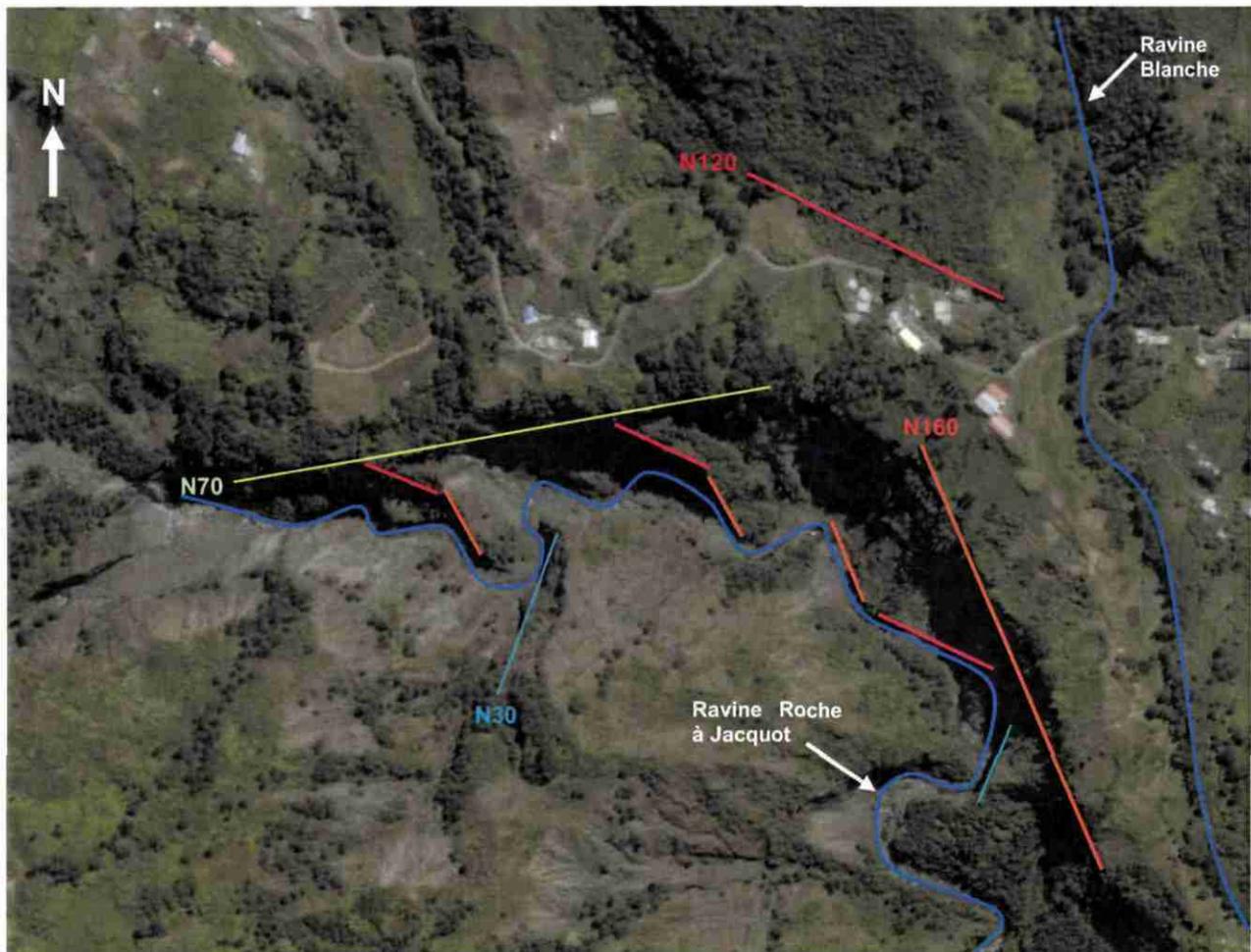


Figure 16 : Principales discontinuités structurales affectant le substratum (Imagerie Google)

### 3.3. HYDROGEOLOGIE

D'un point de vue hydrogéologique, les coulées et brèches indurées du substratum ancien sont réputées imperméables du fait du nombre important de résurgences observées dans le cirque au toit de celui-ci (Cf. Fig.17).

La perméabilité des formations bréchiques dépendent du degré d'altération, de la nature de la matrice et de la présence ou non d'intrusions. En effet, le faciès matriciel de l'unité de Grand-Ilet présente une matrice fermée indurée imperméable. Néanmoins cette formation est traversée par un grand nombre de dykes fracturés qui servent de drain et permettent la circulation des eaux de surfaces et souterraines. Lors de la visite de terrain (au mois de Juin) du ruissellement était visible le long de ces dykes (Cf. Fig.18).

Cette eau va ensuite s'infiltrer dans les formations bréchiques massives (faciès à blocs de l'Unité de Grand-Ilet) qui sont intensément fracturées et qui présentent une matrice ouverte perméable « en grand ». Aucun écoulement de surface n'était visible dans ces formations.

Compte-tenu du contraste de perméabilité entre les formations bréchiques massives et les brèches vertes fortement altérées et argilisées, ce contact est souvent souligné par la présence de résurgences (Cf. Fig.19).



Figure 17 : Ecoulement superficiel au toit du substratum



Figure 18 : Ruissellement le long d'un dyke fracturé servant de drain (faille décrochante N30)



*Figure 19 : Résurgences au contact des brèches vertes hydrolysées et argilisées (niveau imperméable)*

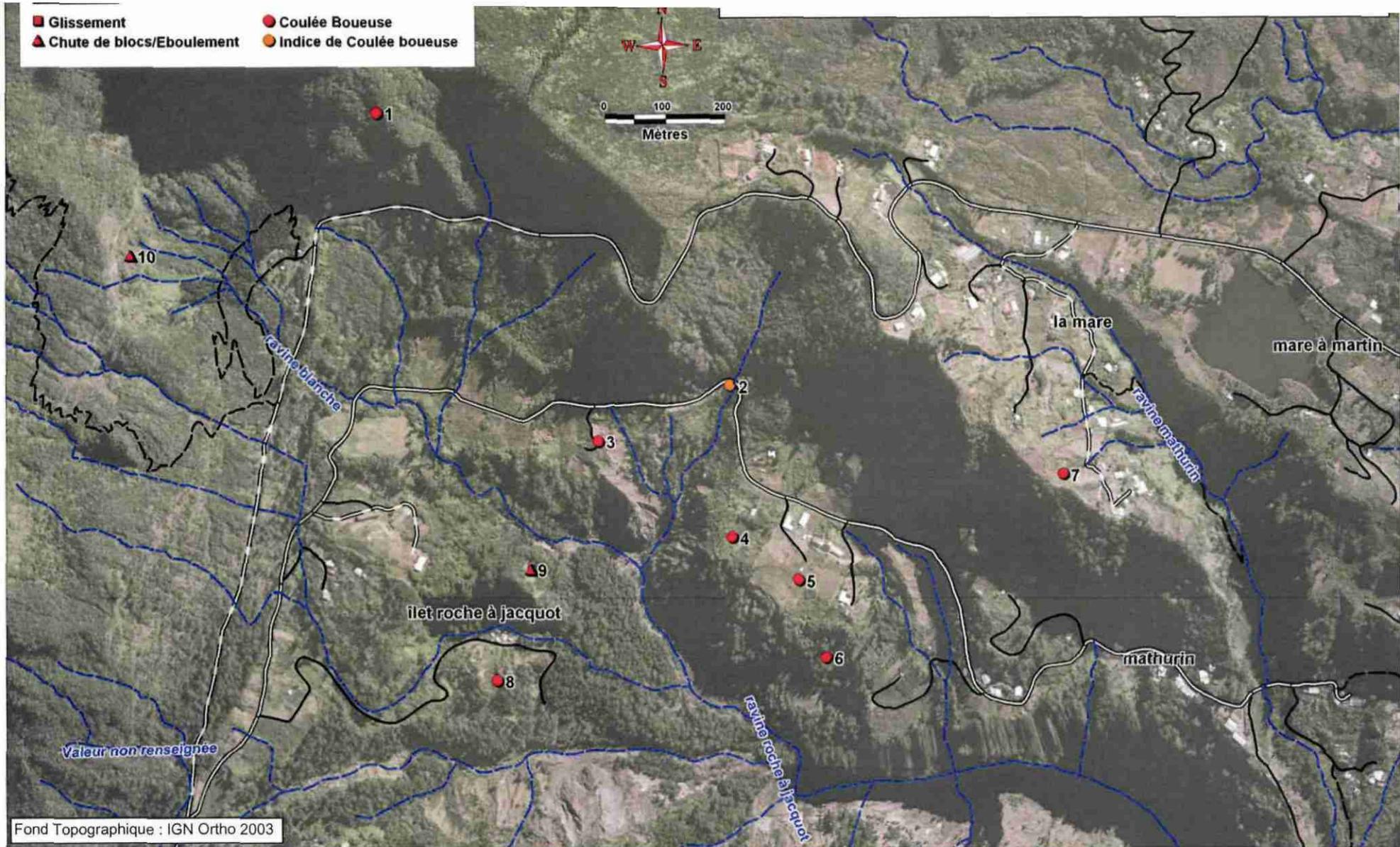
## **4. Repérage des indices d'instabilités dans le secteur de Mathurin**

### **4.1. EVENEMENTS HISTORIQUES**

La base nationale des mouvements de terrain (BDMVT) gérée par le BRGM recense une grande partie des mouvements de terrains historiques connus et des indices d'instabilités. L'extrait de cette base de données sur Mathurin montre que les mouvements de terrain recensés, au nombre de quatre, sont essentiellement des coulées boueuses. Ces dernières ont affecté la bordure des îlets durant le cyclone Hyacinthe (1980).

En effet, à l'occasion des précipitations exceptionnelles de janvier 1980, une érosion de type catastrophique affecta de nombreuses régions de l'île et notamment les cirques de Mafate, Salazie et Cilaos. Ces deux derniers relativement peuplés, furent particulièrement touchés par les glissements, coulées de boues et laves torrentielles.

Suite à cet événement climatique exceptionnel une étude sur la cartographie des risques géologiques dans les cirques de Salazie et Cilaos a été menée par le BRGM (Rapport 81SGN 543 REU, Humbert et al. ,1981). Ces auteurs ont été les premiers, après une reconnaissance de terrain et un examen de photographies aériennes, à indiquer que le versant sur la rive gauche de la Ravine Blanche est affecté de glissements superficiels, de ravinement mais aussi de tassements profonds. Il fait état de dégâts occasionnés à la route de Mare à Martin et au chemin de Mathurin suite au passage du cyclone Hyacinthe. Ces derniers n'ont malheureusement pas été décrits, ni enregistrés dans la base de données.



Num	Lieu_Dit	Type_phénomène	Nature_événements	Date_début_e	Ampleur_mouvement	Remarques	Qualité_info
1	RAVINE BLANCHE	phénomène historique	Coulée boueuse	01/01/1845	décamétrique		4
2	ROUTE DE MATHURIN	traces d'instabilités	Coulée boueuse				4
3	LA RAVINE BLANCHE	phénomène historique	Coulée boueuse	01/01/1980	hectométrique	PETITE LIGNE D'ARRACHEMENT - CYCLONE HYACINTHE	3
4	LA RAVINE BLANCHE	phénomène historique	Coulée boueuse	01/01/1980	hectométrique	PETITE LIGNE D'ARRACHEMENT - CYCLONE HYACINTHE	3
5	LA RAVINE BLANCHE	phénomène historique	Coulée boueuse	01/01/1980	hectométrique	PETITE LIGNE D'ARRACHEMENT - CYCLONE HYACINTHE	2
6	RAVINE ROCHE A JACQUOT	phénomène historique	Coulée boueuse	01/01/1980	hectométrique	PETITE LIGNE D'ARRACHEMENT - CYCLONE HYACINTHE	3
7	LA RAVINE BLANCHE	phénomène historique	Coulée boueuse	01/01/1980	hectométrique	PETITE NICHE-ARRACHEMENT ET RAVINEMENT. CYCLONE HYACINTHE	3
8	ILET ROCHE A JACQUOT	phénomène historique	Coulée boueuse	01/01/1980	hectométrique	PETITE NICHE-ARRACHEMENT. CYCLONE HYACINTHE	3
9	RAVINE BLANCHE	traces d'instabilités	Chute de blocs/Eboulement	01/01/1980	hectométrique	ZONE D'ACCUMULATION. CYCLONE HYACINTHE	3
10	RAVINE BLANCHE	phénomène historique	Chute de blocs/Eboulement	13/02/2000		Rupture du niveau scoriacée. Phénomène d'écaillage, le plus important dans le cirque depuis 1980	1

## 4.2. ANALYSE DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES

L'évolution géomorphologique de la zone d'étude peut être analysée par vision stéréoscopique des photos aériennes de l'IGN de 1978. Les observations effectuées pour les années 1997 et 2003 ont été réalisées à partir des orthophotographies de l'IGN en version numérique. De même, l'imagerie Google (octobre 2006) a permis de mettre en évidence des évolutions plus récentes de la zone d'étude.

Néanmoins, la variation de certains paramètres propres aux différentes campagnes de prise de vue (résolution, altitude et position du soleil) ne permet pas une analyse précise de l'évolution des reliefs, de plus les effets d'ombrages peuvent cacher certains versants.

### ➤ 1978

En 1978, le quartier de Mathurin ne comptait que cinq habitations localisées essentiellement à proximité de la Ravine Mathurin. Une piste dessert l'Illet Roche à Jacquot jusqu'à la Ravine Blanche.

On observe dans le paysage une évolution active de la bordure des plateaux. Elle est caractérisée par un ravinement des versants, des niches d'arrachements récentes et par des lignes d'arrachements en retrait (jusqu'à 50m au niveau du plateau intermédiaire). En sapant la base des versants la Ravine Blanche et ses ravines afférentes engendrent des glissements superficiels qui contribuent au recul de la bordure de plateaux (suppression de la butée de pied).

Dans le secteur de la Ravine Mathurin, des anciennes niches d'arrachement apparaissent en bordure de plateau et indiquent des départs de matériaux en direction de la Ravine Roche à Jacquot.

### ➤ 1997 et 2003

La construction d'une route bétonnée en 1993 a permis de désenclaver le quartier de Mathurin et une urbanisation du plateau intermédiaire.

Les instabilités sont concentrées essentiellement au niveau de la ravine qui sépare les deux premiers plateaux : des glissements de faible ampleur affectent leurs versants. Les autres versants sont bien végétalisés et ne montrent pas de traces d'instabilités significatives.

### ➤ 2006

Suite au passage de la tempête tropical Diwa en Mars 2006, deux glissements majeurs ont affecté la zone d'étude. Ils ont entraîné un recul de la bordure des plateaux allant de 50 m (secteur 1) à 20 m (secteur 2). Cette quantité importante de matériaux a obstrué le lit de la Ravine Blanche, ce qui a eu pour conséquence une incurvation de son tracé vers le Sud-Ouest.

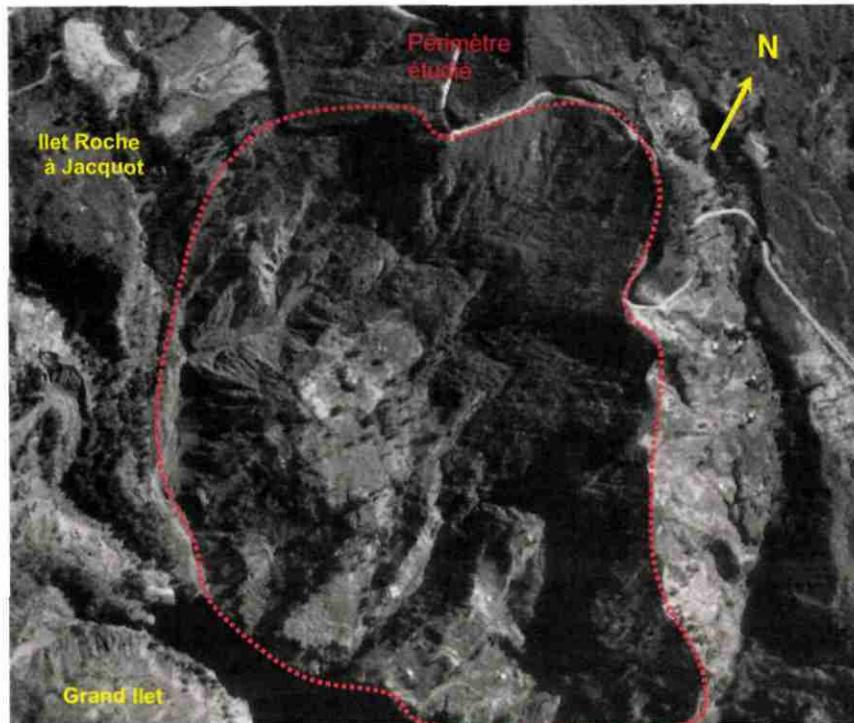


Figure 21 : Photo aérienne de 1978

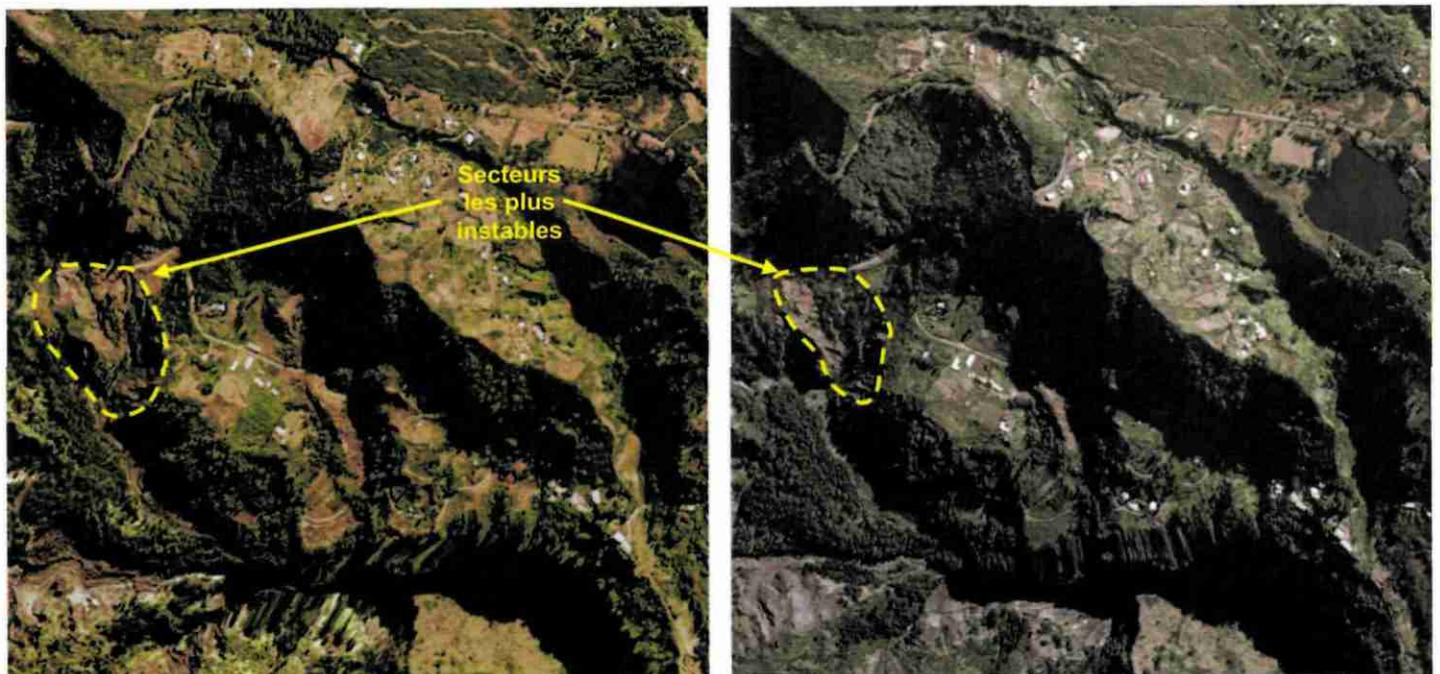


Figure 22 : Photos aériennes de 1997 et 2003



Figure 23 : Glissements en bordure de plateau suite à Diwa (Imagerie Google, octobre 2006)

L'étude des photographies aériennes à différentes époques a permis de mettre en évidence des évolutions morphologiques majeures permettant de cibler les secteurs les plus instables. Ces derniers sont localisés essentiellement dans la partie occidentale et méridionale de Mathurin.

Néanmoins, seuls les événements de moyenne à grande ampleur ont un impact visuel important à petite échelle et peuvent être identifiés sur les photographies aériennes (au 1/25 000 et 1/50 000). Ainsi, il est indispensable d'effectuer des relevés sur le terrain afin d'établir un recensement précis de toutes les désordres non perceptibles sur les photographies aériennes (fissuration du bâti ou des infrastructures routières).

### **4.3. RELEVÉ DES INDICES D'INSTABILITÉS SUR LE TERRAIN**

#### **4.3.1. Partie Occidentale et Méridionale (Plateau 1 et 2)**

Le passage de la tempête tropical Diwa en mars 2006 a entraîné un bouleversement de la morphologie des versants dans ce secteur par la réactivation et l'accélération de mouvements d'ampleur, déjà connus dans le passé.

A la demande de la Mairie de Salazie, le BRGM a effectué une visite sur le site de Mathurin fin avril 2006. Cette dernière a abouti au relevé des principaux désordres observés (liste non-exhaustive). Ces informations ont été reprises et complétées suite à des reconnaissances plus précises sur le terrain.

Ainsi la majorité des désordres observés se situent dans l'extrémité Est du plateau occidental (en contrebas du belvédère) :

- un glissement de la partie Sud du plateau vers la Ravine Blanche sur une longueur de 50m et une largeur de 70m (Cf. figure 25);
- une fissuration et déformation de la route à plusieurs endroits ainsi qu'un tassement des gabions situés coté versant (Cf. figure 26);
- des chutes de blocs et éboulements en provenance du versant et qui ont obstrué la route.

Le tassement des gabions semble résulter d'un phénomène de suffosion lié à une circulation d'eau souterraine. En effet la zone qui présente un tassement important se situe dans un axe d'écoulement et au pied d'une niche d'arrachement productrice d'éboulis. Le poids de ces derniers pourrait jouer un rôle secondaire dans la déformation des gabions.

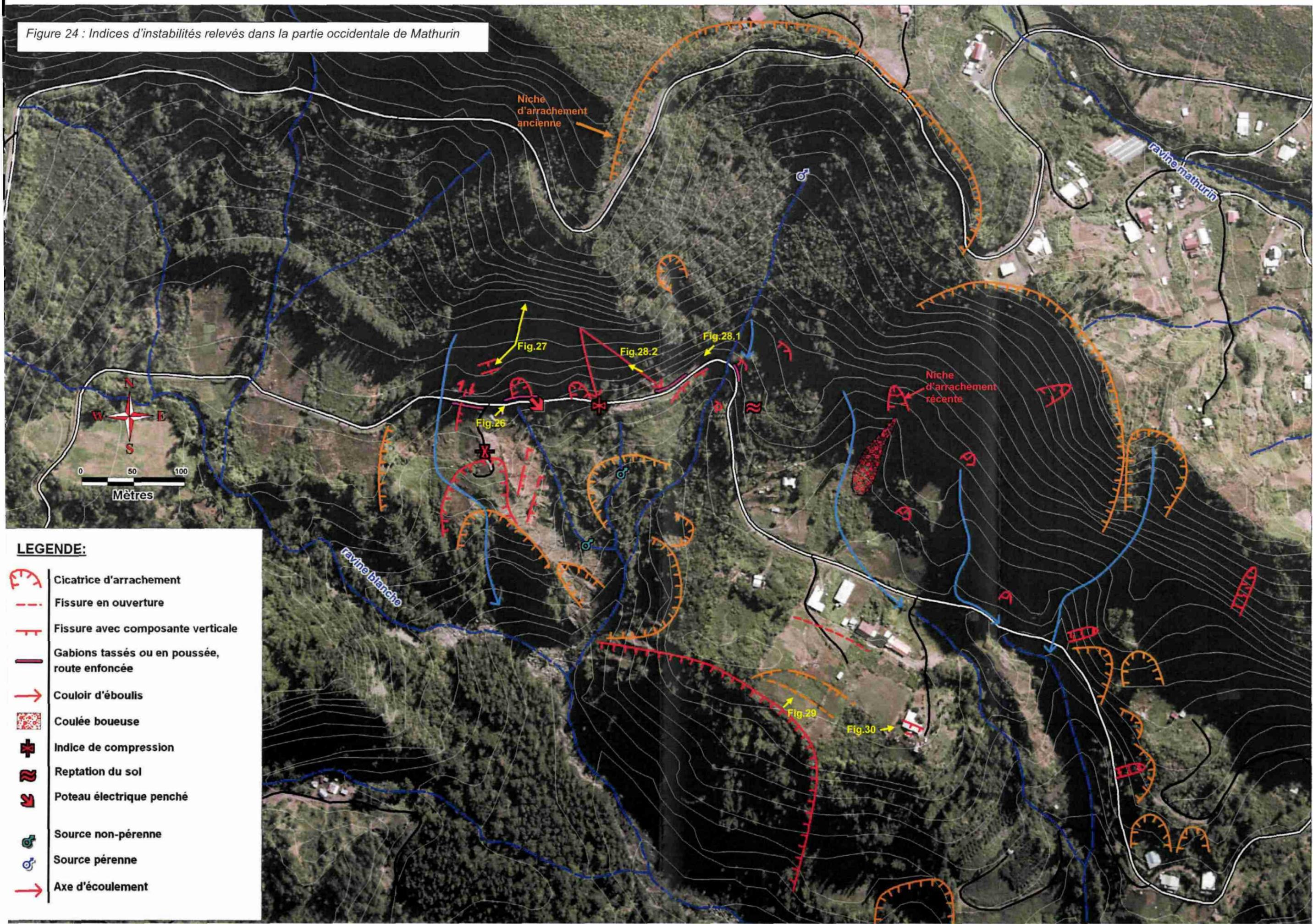
De même, la présence de fissures ouvertes avec rejet et de dépôts en gradin dans les formations de pieds de versant (Cf. figure 27), indiquent que ces derniers glissent sensiblement vers le Sud.

Un peu plus vers l'Est le panneau de signalisation du radier submersible initialement à hauteur de la route a été déplacé quelques mètres en contrebas. La route est enfoncée dans ce secteur et présente un accotement fissuré avec une légère composante verticale. Ces indices témoignent d'un glissement des terrains en direction du talweg par le biais de failles normales.

Un second glissement, de plus grande ampleur, a affecté la bordure sud-ouest du plateau intermédiaire entraînant une décompression du versant et la réactivation d'une large zone fissurée en retrait de la bordure du plateau. Vers l'extrémité Est du plateau une maison a également été affectée : elle est parcourue par de nombreuses fissures ouvertes parallèles à la bordure du versant. Ces fissures initiées dans le passé ont rejoué en faille normale suite au tassement de la bordure du versant entraînant un basculement de la maison.

L'escarpement qui domine la zone d'étude présente de nombreuses cicatrices sous forme de grandes trainées marron laissées par des arrachements qui ont affecté la couverture superficielle de sols (quelques mètres d'épaisseur). Certains d'entre eux sont situés à proximité d'axe d'écoulement ou de sources et ont donné lieu à des coulées boueuses.

Figure 24 : Indices d'instabilités relevés dans la partie occidentale de Mathurin



**LEGENDE:**

-  Cicatrice d'arrachement
-  Fissure en ouverture
-  Fissure avec composante verticale
-  Gabions tassés ou en poussée, route enfoncée
-  Couloir d'éboulis
-  Coulée boueuse
-  Indice de compression
-  Reptation du sol
-  Poteau électrique penché
-  Source non-pérenne
-  Source pérenne
-  Axe d'écoulement



Figure 25 : Niche d'arrachement suite à Diwa vue depuis Grand Ilet



Figure 26 : Tassement des gabions en bordure de route



Figure 27 : Fissures ouvertes et depots en gradins dans les formations en contre-haut de la route



Figure 28 : Route déformée et fissuration de l'accotement ; couloir d'éboulis en amont des gabions



Figure 29 : Zone fissurée en bordure du plateau méridional



Figure 30 : Fissuration et basculement de la maison en bordure de plateau

### 4.3.2. Partie orientale (Plateau 3)

Des instabilités récentes ont été enregistrées dans ce secteur début 2008. En effet, suite aux fortes précipitations qui se sont déversées sur Salazie fin février (liées au passage du système dépressionnaire Ex-Hondo) de nombreux dégâts ont été répertoriés :

- formation d'une niche d'arrachement en bordure de plateau dans les terrains surmontant le substratum volcanique;
- apparition de nombreuses fissures dans deux habitations et dans les terrains environnants notamment sur le chemin de Mathurin.

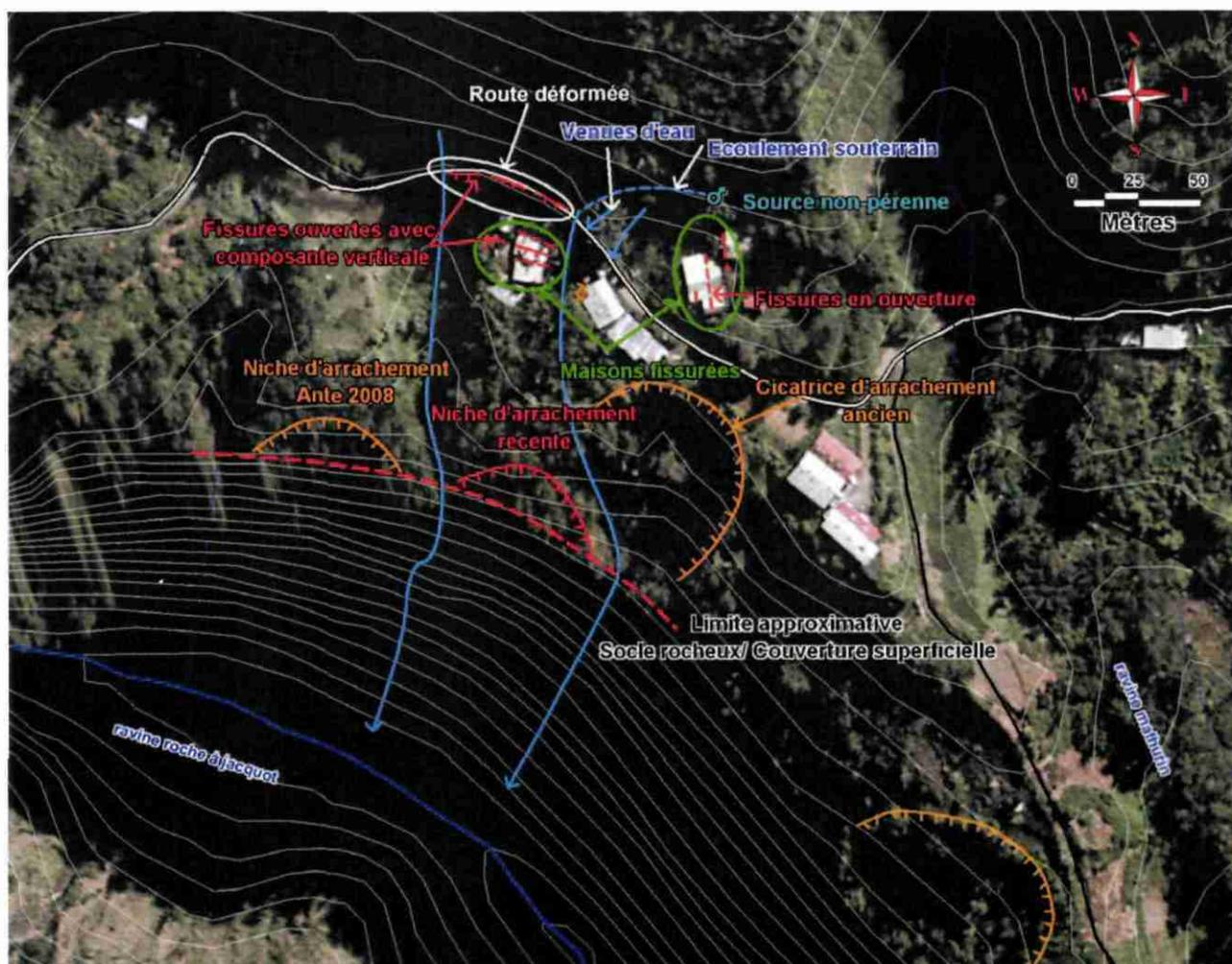


Figure 31 : Indices d'instabilités relevés dans la partie orientale de Mathurin

La zone la plus touchée est celle se trouvant en amont immédiat de la niche d'arrachement : les fissures ont une grande extension et certaines d'entre elles présentent localement un rejet de quelques centimètres à une dizaine de centimètres avec une ouverture centimétrique à pluricentimétrique.



Figure 32 : Fissure sommitale sur le chemin de Mathurin



Figure 33 : Fissuration dans la maison et aux abords

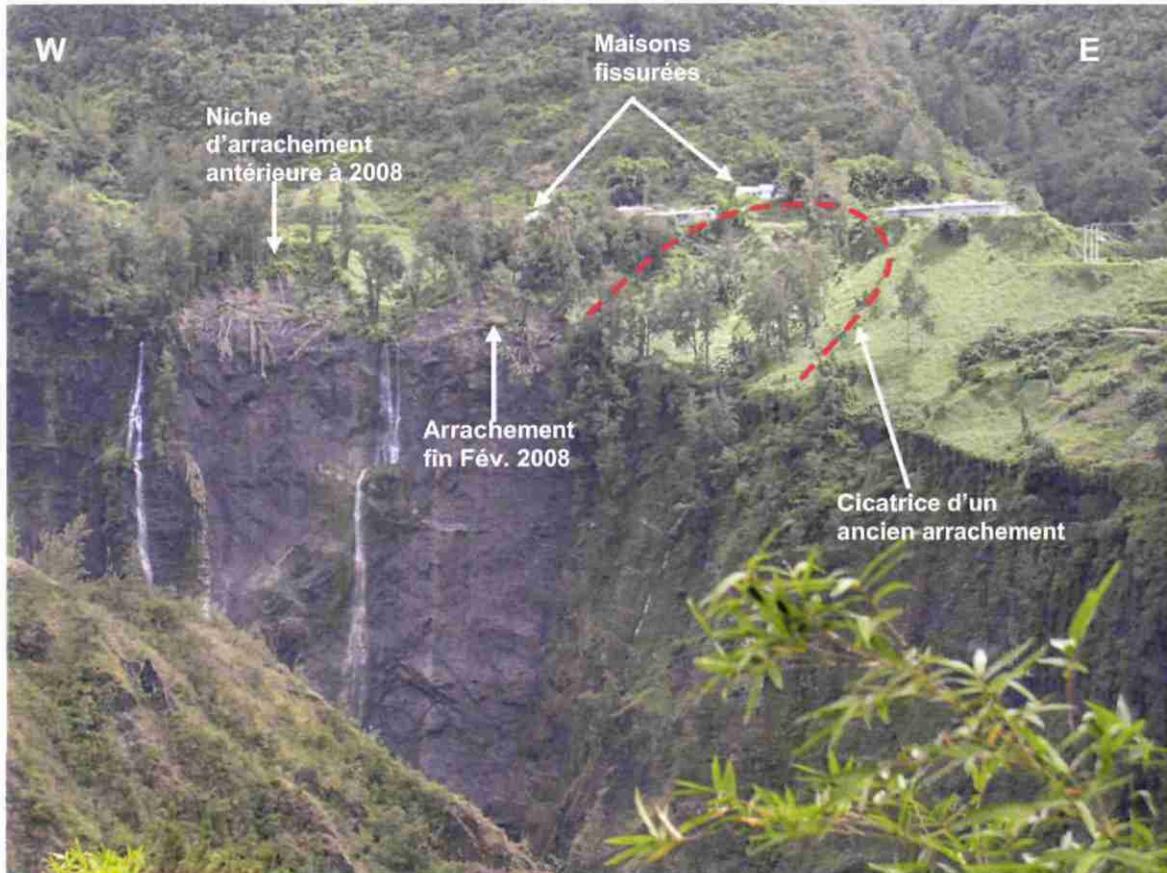


Figure 34 : Vue de la niche d'arrachement depuis la route de Grand Ilet

Hormis les fissures en cours d'ouverture de la maison surplombant le chemin de Mathurin, d'orientation NNW/SSE, les terrains se sont fissurés suivant une direction Est-ouest.

Suite à cet événement une expertise a été réalisée sur le terrain en présence des deux propriétaires concernés et d'une personne des services techniques de Salazie (Cf. note technique du BRGM N°2008-24). D'après leur témoignage le secteur n'avait jamais subi d'instabilités similaires avant cette date. Néanmoins une fissuration « très discrète » (millimétrique) du chemin et de la maison située en contrebas était apparue quelques années auparavant (1 à 2 ans).

## 5. Caractéristiques de ce mouvement de fond de cirque

### 5.1. RESULTATS DES OBSERVATIONS

Le repérage des indices d'instabilités ainsi que les relevés structuraux et lithologiques ont permis de déceler trois principaux mouvements de terrain affectant les formations détritiques superficielles s'initiant au toit du substratum ancien:

Le mouvement 1 affecte la partie occidentale de Mathurin. Dans ce secteur, le versant serait affecté d'un glissement profond à l'interface entre le substratum ancien et les formations bréchiques sus-jacentes. Une altération poussée de ces dernières ont donné lieu à la formation d'une brèche argilisée qui sert de surface de décollement au toit du substratum ancien qui forme un plan incliné vers le SE dans ce secteur. Un ruissellement important au niveau des dykes traversant les formations bréchiques imperméables de l'escarpement de Mathurin montre que ces derniers drainent une partie des eaux de surface du Plateau de Mare à Martin à l'origine d'écoulements souterrains à la surface des formations bréchiques argilisées imperméables. Ces écoulements souterrains, associés en période de fortes précipitations au ravinement superficiel, saturent en eau les formations bréchiques peu indurées du plateau. Ces derniers atteignent alors leur condition limite d'équilibre (perte de cohésion) donnant lieu à un glissement brutal des sols en bordure (marquée par niche d'arrachement en « coup de cuillère ») qui se transforme généralement en coulée boueuse au cours de sa propagation (sols saturés en eau).

Le mouvement 2 affecte la partie intermédiaire de Mathurin. Ce secteur est également soumis à un glissement profond avec un mécanisme similaire au mouvement précédent (affleurement d'argiles en pied de versant). Ce dernier affecte essentiellement la bordure Sud-ouest du plateau qui présente un grand nombre de fractures ouvertes qui délimitent des compartiments tassés en direction de la Ravine Blanche. L'absence de traces de ravinement montre que les écoulements superficiels n'ont pas un impact direct dans la déstabilisation des terrains (contrairement au mouvement 1). En effet, en période de fortes précipitations, le ravinement des eaux en provenance de l'escarpement de Mathurin empreinte la dépression ouverte vers l'Est. Cependant l'infiltration des eaux par le biais de fissures traversant les formations bréchiques pourrait contribuer à la formation d'écoulement souterrain au toit des brèches argileuses et créer une surcharge hydraulique. Lors de la visite de terrain (mois de Juin) des résurgences ont été observées en pied de versant alors qu'aucun écoulement superficiel n'était visible sur le plateau. Ces écoulements souterrains (hors période cyclonique) pourraient être issus du même mécanisme décrit dans le secteur 1. D'autre part, la partie sud-ouest du plateau se situant dans l'extrado de la Ravine Blanche, les eaux en crue doivent saper la base du versant. Ce phénomène d'érosion de la butée de pied semble jouer un rôle important dans le déclenchement des instabilités dans le versant. Ceci expliquerait la relative stabilité du versant sud-est. En effet, malgré la continuité des fractures vers l'est le pied du versant est protégé par un petit plateau.

Le mouvement 3 affecte la partie orientale de Mathurin. Suite à de fortes précipitations une quantité importante d'eau a saturé les sols et a engendré un écoulement à l'interface substratum rocheux couverture superficielle entraînant un glissement de ces derniers vers la ravine et une

rupture des terrains en bordure de paroi. Le grand nombre d'arrivées d'eau (résurgences et écoulements souterrains) en partie canalisées par les deux ravines qui ceignent la zone déstabilisée, montre que les conditions hydrogéologiques ont joué un rôle prépondérant dans le mécanisme de réactivation du glissement initié quelques années auparavant.

## 5.2. RESEAU DE POINTS DE MESURE GPS

Dans le cadre du sous-module 2.2 du programme de recherche, un réseau de bornes géodésique a été implanté dans les trois cirques en 2003 afin de détecter d'éventuels mouvements de terrains, qu'ils soient planimétrique et altimétrique. Trois bornes ont été installées en 2003 sur le secteur de Mathurin, réparties sur les différents plateaux. Ce réseau sera compléter en 2007 par l'implantation de quatre nouvelles bornes.

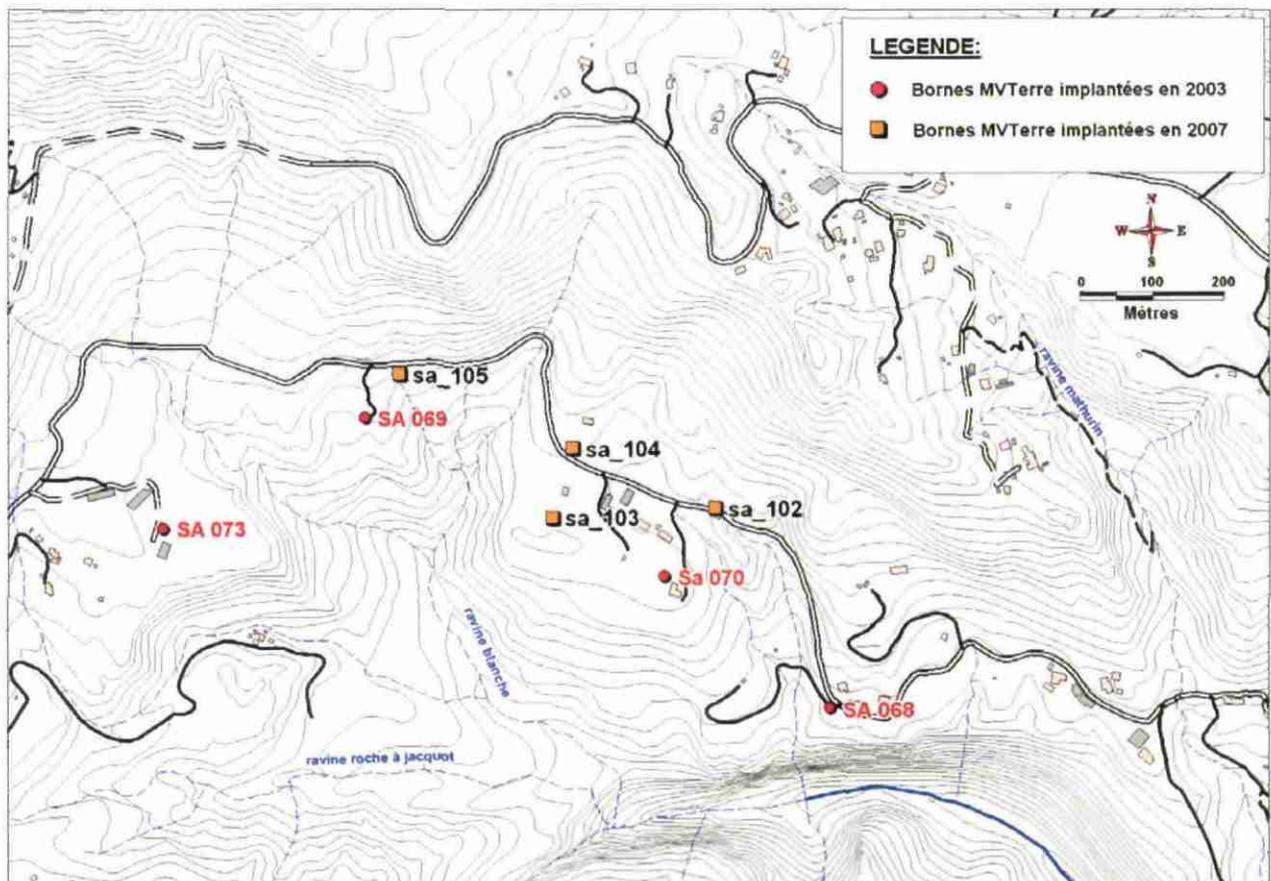


Figure 35 : Localisation du réseau de suivi MVTerre sur Mathurin

### 5.2.1. Campagne de 2003

#### ➤ Principe des mesures de positionnement GPS

Les mesures de positionnement ont été réalisées par la méthode GPS dite « statique-rapide », avec au minimum deux observations menées à des moments différents (ceci afin d'obtenir une géométrie des satellites nouvelle à chaque mesure pour un même point), en assurant un facteur de précision (GDOP) inférieur ou égale à 4. Les coordonnées de ces points sont alors calculés en WGS 84 à l'aide du logiciel SKI PRO de Leica. Les écarts pour une même valeur sont analysés. Les résultats sont moyennés.

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

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

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

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

#### ➤ Premiers résultats obtenus

Deux campagnes de mesures ont été réalisées par le Cabinet Talibert, respectivement du 20 août au 17 septembre 2003 et du 12 novembre au 19 novembre 2003. La comparaison des positions des points à des périodes différentes permet de déduire leur déplacement.

La borne IGN située à l'Observatoire Volcanologique de la Plaine des Cafres a servi de point de repère pour le calcul des coordonnées du pivot à partir duquel chaque vecteur est déterminé. Dans le cirque de Salazie le pivot est situé sur l'ancien réservoir d'eau de Mare à Vieille Place considéré comme fixe.

Les déplacements observés sont caractérisés par :

- une distance horizontale (distance ellipsoïdique) dans le plan x, y ;
- une distance verticale (distance altimétrique) selon z ;
- un azimuth géodésique.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau 1.

N° de Points	Distance ellipsoïdique (cm)	Différence altimétrique ellipsoïdique (cm)	Azimut géodésique
68	1,7	1,1	47° 29'
69	2,9	- 4,1	135° 58'
70	1,9	- 2,8	153° 39'

Tableau 1 :Ecart observés entre les résultats des deux campagnes de 2003

Les valeurs de déplacements horizontaux les plus élevées ont été obtenues sur l'extrémité sud-est du premier plateau de Mathurin (borne Sa-069). Le déplacement horizontal est presque aussi important que le déplacement vertical ce qui montre que les terrains ont tendance à glisser. Les autres mesures montrent que l'extrémité sud-est du plateau intermédiaire est plutôt en tassement (borne Sa-070) et que la bordure sud-ouest du plateau oriental est relativement stable (borne Sa-068).

### 5.2.2. Campagne de 2007

#### ➤ Amélioration des techniques de mesures de positionnement GPS

Les instruments de mesure étant en perpétuelle évolution, le Cabinet Talibart a investi dans la nouvelle génération de GPS à savoir le système LEICA 1200, accompagné, pour les calculs de post-traitement, du logiciel " LGO" (*nouvelle version de SKI PRO*). De plus, un réseau d'antennes GPS permanentes étant aujourd'hui disponible sur l'île, la totalité des points du réseau BRGM a été défini, non plus depuis un pivot local, mais depuis les stations permanentes. En fonction de la longueur des vecteurs, ont été retenues :

- ✓ L'antenne de Bras-Panon
- ✓ L'antenne du Tampon
- ✓ L'antenne de Saint-Leu
- ✓ L'antenne de la Plaine des Palmistes
- ✓ L'antenne de Saint-Joseph

Le taux d'enregistrement est de 1 seconde. La durée d'observation oscille entre 10 et 15 mn et chaque vecteur a fait l'objet de 2 enregistrements de données. Ainsi, il peut arriver que chaque point soit le résultat d'une moyenne de 4 x 2 observations. Une sélection manuelle a été réalisée ensuite, en fonction des écarts trouvés sur chaque valeur.

### ➤ Résultats obtenus

Les points ont été observés pendant la période du 17 septembre au 27 septembre 2007.

Le déplacement des bornes a été déduit en comparant leur position en 2003 et en 2007, excepté pour celles qui ont disparues ou ne sont plus accessibles. Sur Mathurin la borne située à l'extrémité sud-est du premier plateau (borne Sa-069) a été emportée par un glissement de terrain pendant Diwa (Cf.fig 22). Pour les autres points les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

POINTS	Azimut Géodésique (en °)	ECART XY (cm)		ECART Z (cm)		Rapport Exy/Ez	
		2003	<b>2007</b>	2003	<b>2007</b>	2003	<b>2007</b>
68	291	1.7	<b>0,86</b>	1.1	<b>-0,71</b>	1.54	<b>1.22</b>
70	176	1.9	<b>11,59</b>	- 2,8	<b>-6,82</b>	0.67	<b>1.69</b>

Tableau 2 : Ecart observés entre les résultats de la campagne de 2007 (en gras) et celle de 2003

Les déplacements planimétriques et altimétriques les plus importants concernent la borne Sa-070 (bordure du plateau intermédiaire). Le rapport entre l'écart planimétrique et l'écart altimétrique est supérieur à 1 ce qui montre que la bordure du plateau a tendance à glisser.

Concernant la borne Sa068, le rapport Exy/Ez proche de 1 montre un faible glissement avec des déplacements planimétriques et altimétriques de l'ordre du centimètre.

### ➤ Vitesses moyennes de déplacement

La comparaison des résultats des deux campagnes de mesures de positionnement des bornes a permis de tracer des vecteurs de déplacement nous renseignant sur la direction et la vitesse des déplacements planimétriques des différents compartiments en mouvement.

A partir de cette carte il est possible de distinguer un déplacement en direction de la Ravine Jacquot (vers le Sud) du plateau intermédiaire à une vitesse moyenne de 27.8 cm/an (entre 2003 et 2007). Cette vitesse de déplacement a été mesurée à partir de la borne Sa-070 qui se situe en bordure de plateau. Elle est comparable aux valeurs enregistrées par les bornes situées en bordure Nord-est du plateau de Grand-Ilet qui sont comprises entre 10 et 50 cm/an (Cf. figure 38).

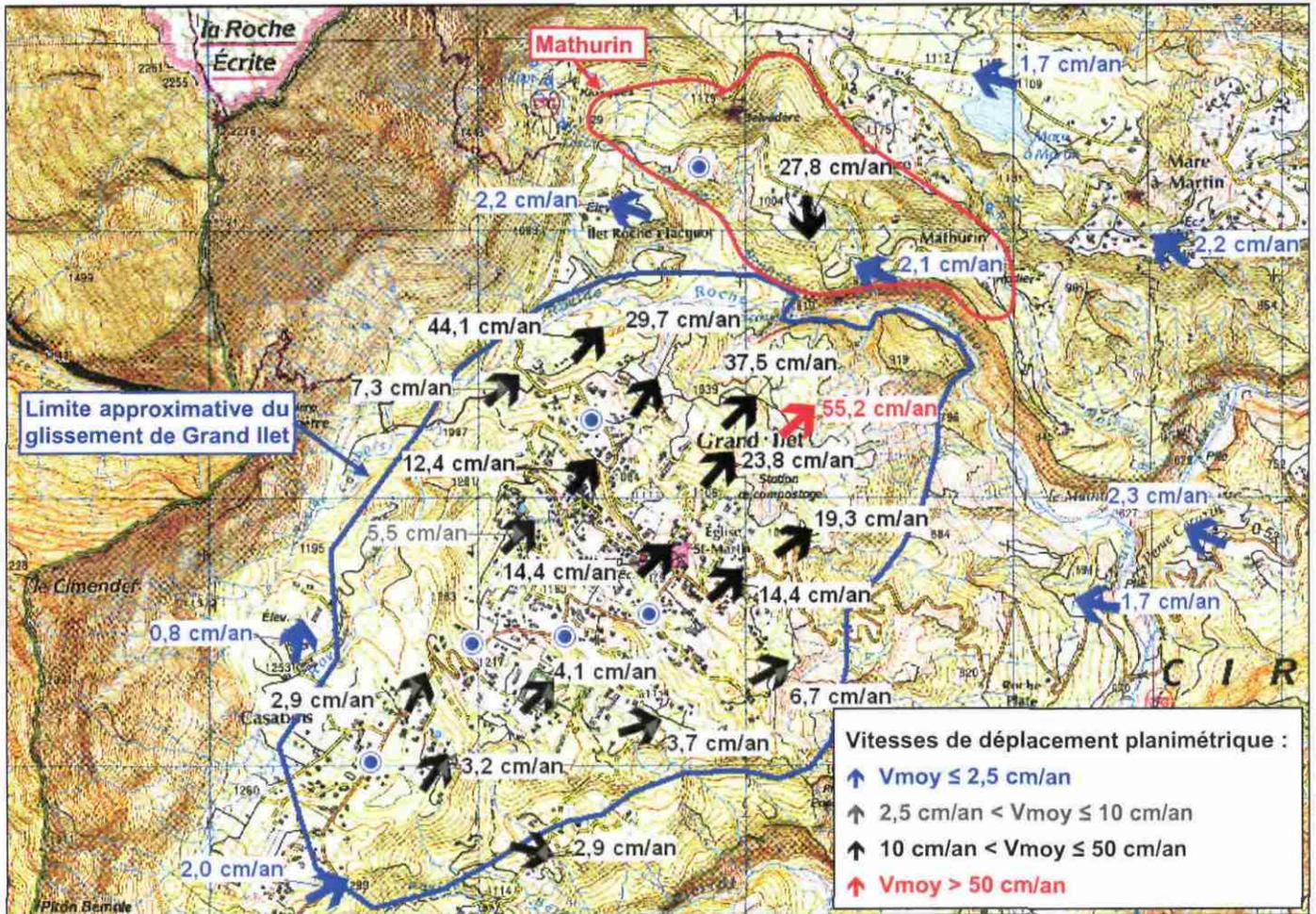


Figure 36 : Vitesses moyennes et directions de déplacements dans le Nord-ouest de Salazie

### 5.2.3. Conclusion

Les résultats obtenus ont permis de confirmer l'existence de mouvements de terrains dans le secteur de Mathurin avec des déplacements non-homogènes en fonction des secteurs. Les déplacements des bornes, situées en bordure de plateau, montrent des phénomènes de tassement et de glissement.

La comparaison des données entre les deux campagnes ont permis de suivre l'évolution spatiale des zones instables et de mieux comprendre la dynamique des mouvements. L'évolution la plus significative, est celle de la bordure sud-est du plateau intermédiaire (borne Sa-070) qui en 2003 semblait être affectée par un phénomène de tassement et qui en 2007 a plutôt tendance à glisser. De même, on note dans ce secteur des déplacements plus importants en 2007 aussi bien altimétriques que planimétriques. Dans ce secteur les déplacements mesurés sont tout à fait cohérents avec les observations effectuées sur le terrain (fissuration de la maison à proximité de la borne) ce qui permet de mettre en évidence une relation directe entre l'accélération du mouvement et le passage de Diwa (événement climatique majeur entre 2003 et 2007).

L'interprétation de ces résultats apporte des éléments indispensables dans la compréhension du fonctionnement des mouvements de terrain. Néanmoins, d'autres campagnes de mesures sont nécessaires afin de confirmer les tendances observées lors de ces deux premières campagnes et d'appréhender au mieux le comportement des compartiments en mouvement, notamment avec la densification du réseau de bornes en 2007.



Figure 37 : Borne Sa-069 emportée suite à Diwa (cliché Juillet 2003)

### 5.3. DELIMITATION DES SECTEURS EN MOUVEMENT

L'hétérogénéité des déplacements des bornes ont permis de mettre en évidence des secteurs plus actifs que d'autres. Ainsi les instabilités rencontrées dans le secteur de Mathurin résultent non pas d'un mouvement d'ensemble du versant mais de plusieurs mouvements de moindre ampleur qui évoluent indépendamment les uns des autres.

Le relevé des indices d'instabilités sur le terrain (présence de fissures) et des discontinuités structurales, a permis une première délimitation de trois principales zones en mouvement (Zones A, B et C). Leurs limites Sud correspondent soit à la Ravine Blanche pour les plateaux occidental et intermédiaire (Zones A et B), soit à la Ravine Roche à Jacquot pour le plateau oriental (Zone C).

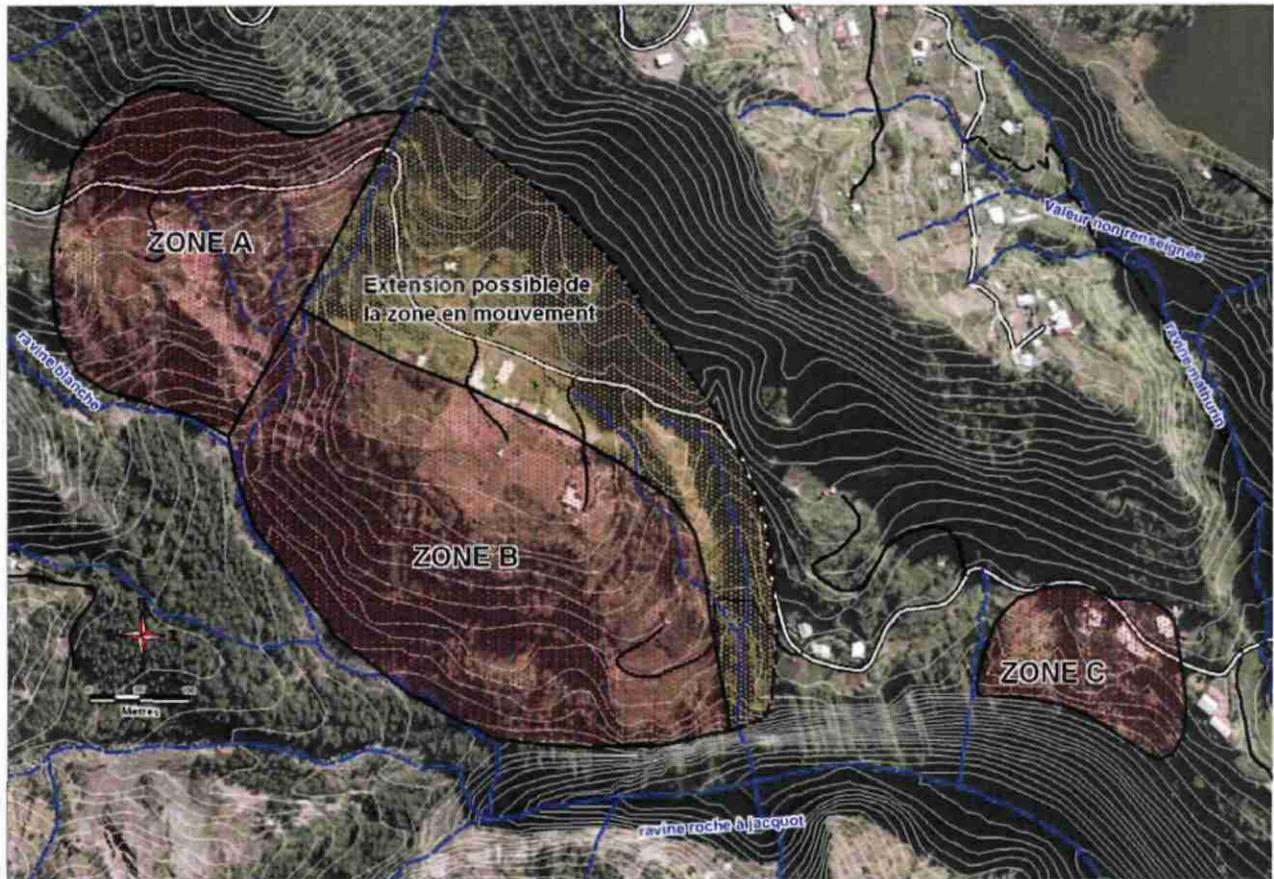


Figure 38 : Délimitation des zones en mouvement

La zone A, qui est la plus active, est délimitée :

- à l'Ouest par la rupture de pente dans le plateau en contrebas de la route et une zone faillée avec une composante verticale qui abaisse la route de plusieurs dizaines de cm à chaque cyclone important. Un axe d'écoulement se prolongeant dans le versant en contre haut du chemin empreinte cette limite.
- au Nord par un escarpement principal bien marqué dans le paysage (en contrebas du belvédère) et qui pourrait correspondre à la cicatrice originelle du glissement du versant ;
- à l'Est par l'axe d'une des principales ravines afférentes de la Ravine Blanche. Cette dernière correspond à la limite Ouest de la Zone B qui est accolée à la Zone A.

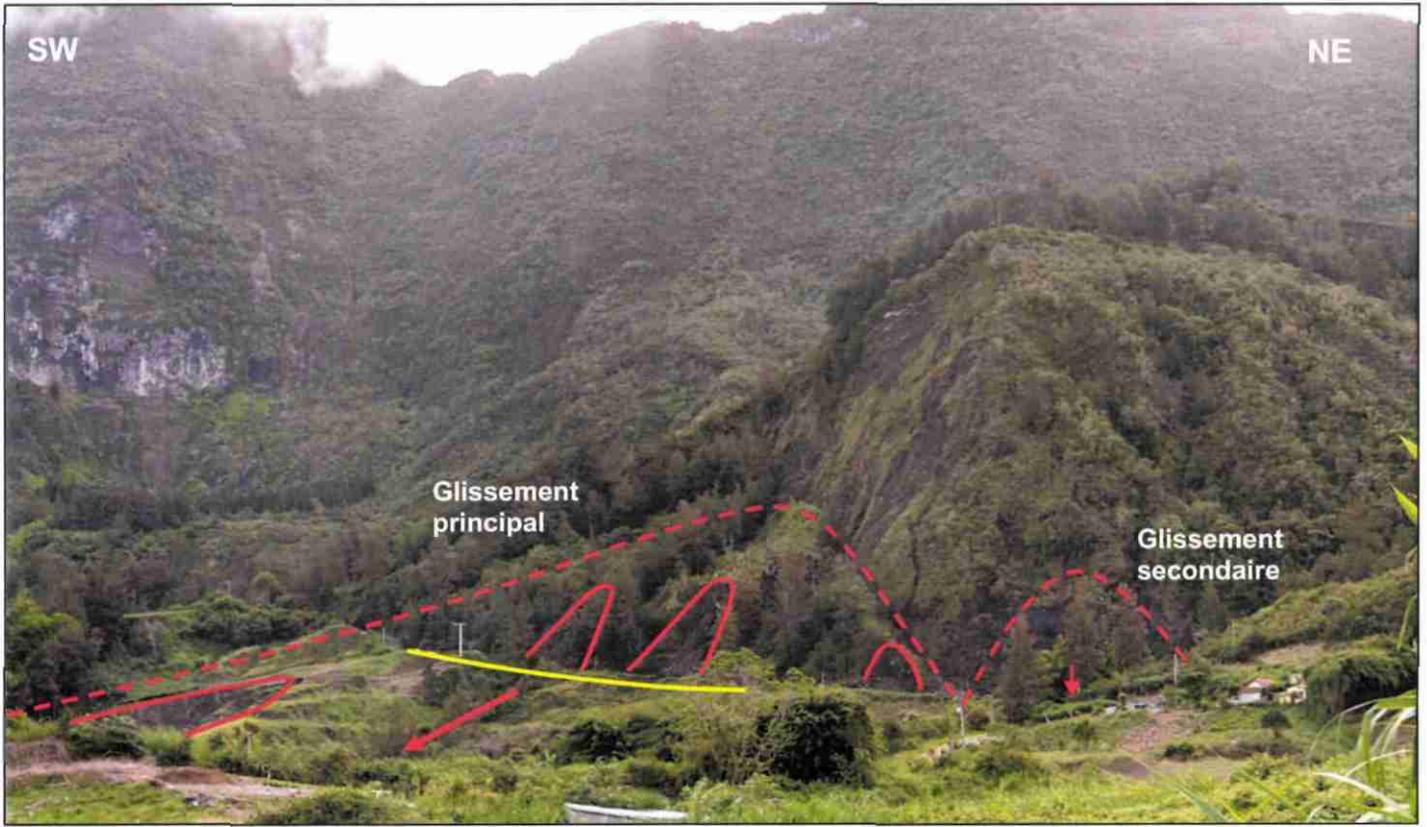


Figure 39 : Vue de la zone A depuis le plateau intermédiaire

La zone B est délimitée :

- à l'est par les deux dernières confluences de la Ravine Blanche qui draine la cuvette du plateau intermédiaire ;
- au Nord par une fracture ouverte qui passe à l'arrière des maisons situées en bordure du chemin de Mathurin. Cette limite pourrait certainement évoluer suite à la pose de nouvelles bornes en 2008 pour détecter un mouvement éventuel des terrains situés plus en arrière.

La zone C, de plus petite extension que les deux zones précédentes, est délimitée à l'Est par la Ravine Mathurin, à l'Ouest par une ravine d'axe Nord-sud, au Nord par le chemin communal et au Sud par l'encaissement de la Ravine Roche à Jacquot.

## 6. Problématiques

### 6.1. LIMITES DE CETTE ETUDE

Les photographies aériennes de 1984 n'étant pas à notre disposition il n'a pas été possible de déterminer avec précision l'impact de Hyacinthe, qui reste le phénomène climatique de référence. En effet d'après les témoignages des habitants, le secteur de Mathurin a commencé à faire l'objet de nombreuses instabilités après Hyacinthe.

Les limites latérales et aval des zones les plus actives sont bien marquées dans le paysage, néanmoins les limites supérieures restent assez flou et pourraient être plus étendues. Dans le secteur surplombant la zone la plus active de Mathurin (secteur du Belvédère), la réfection récente de la Route de Mare à Martin n'a pas permis d'identifier des traces de fissuration éventuelle. De même, l'absence de signes significatifs d'instabilités dans la partie supérieure du plateau intermédiaire témoigne d'une relative stabilité mais cette zone pourrait être soumise à un phénomène de tassement lent non perceptible sur le terrain.

Les observations effectuées n'ayant pas été réalisées pendant la période cyclonique (période pendant laquelle les précipitations sont abondantes), il n'a pas été possible de définir avec précision le régime d'écoulement dans le versant de Mathurin. Etant donné que l'eau est un facteur essentiel dans le déclenchement des mouvements de terrain, il est important de recenser l'ensemble des émergences temporaires et pérennes, les zones humides, les axes de ravinement et les zones d'infiltrations. Ces investigations supplémentaires aideraient à déterminer le rôle des écoulements superficiels et souterrains dans le déclenchement de ces mouvements de terrain.

Les instabilités majeures recensées sur la zone d'étude ont eu lieu après des événements climatiques importants accompagnés de fortes précipitations. Néanmoins l'absence de mesures régulières des bornes GPS ne permet pas de savoir si les compartiments instables sont soumis à une déformation continue entre ces épisodes climatiques majeurs et qui pourrait être liée à des écoulements souterrains qui hydratent constamment les brèches argilisées qui servent de surface de décollement. Ou alors est ce qu'en l'absence de pluviométrie régulière et abondante on pourrait assister à une diminution de la vitesse des déplacements ? De même, existe-t-il un seuil critique (hauteur d'eau/ temps donné) au-delà duquel on assiste à une accélération brutale des mouvements de terrain ?

Et enfin la faible densité des bornes (une par compartiment instable) ne permet pas de savoir s'il s'agit d'un mouvement en masse de chaque compartiment ou est ce qu'au sein d'un même compartiment il existe un ensemble de glissements emboîtés avec des vitesses de déplacement qui diminuent en arrière du glissement.

## 6.2. POURSUITE DE CETTE ETUDE

De nouvelles bornes MvTerre ont été implantées fin 2007 : une en remplacement de la borne qui a été emportée en 2006 et trois autres sur le plateau intermédiaire. La densification du réseau de bornes permettra de mieux délimiter les différents compartiments instables et de mieux caractériser leur mouvement. Néanmoins des campagnes de mesures doivent être réalisées de manière régulière, de préférence avant et après la période cyclonique. Les données GPS ainsi obtenues pourront être corrélées aux données de pluviométrie (station de Grand-Ilet) afin de mettre en évidence une éventuelle relation entre accélération des mouvements et intensité (ou durée) des précipitations.

Afin de mieux cerner les mécanismes mis en jeu dans ces mouvements il faudrait définir les caractéristiques mécaniques des matériaux bréchiques très altérés des plateaux et de l'argile présente au toit du substratum (cohésion, angle de frottement, résistance, limite de saturation).

Et enfin il est important de continuer à effectuer des visites régulières sur le terrain afin de suivre l'évolution des mouvements recensés et de déceler de nouvelles traces d'instabilités pouvant mettre en danger les habitants de Mathurin. Les observations réalisées pourront ainsi confirmer les hypothèses émises au cours de cette étude ce qui permettra d'émettre des tendances d'évolution à venir.

## 7. Conclusion

Les parties occidentale et méridionale de Mathurin (Zones A et B) sont affectées de glissements profonds affectant des formations bréchiques peu indurées et intensément fracturées (Unité de Grand Ilet). Ces glissements s'initient au toit du substratum ancien induré par la présence de brèches argilisées et chloritisées issues de l'altération des formations bréchiques sus-jacentes. Les mesures de positionnement des bornes GPS ont permis d'estimer une vitesse de déplacement de 28 cm/an de la bordure Sud-est du plateau méridional de Mathurin en direction du Sud. Cette vitesse de déplacement est assez proche aux vitesses de déplacement enregistrées sur la zone la plus active du plateau de Grand-Ilet.

La partie orientale de Mathurin (Zone C) est affectée par un glissement de moindre ampleur que les deux précédents. Il est lié à la circulation d'eau à l'interface entre le substratum et les terrains de couverture peu épais (colluvions, éboulis). En effet, des apports souterrains abondants liés à la présence de nombreuses sources et de ravines dans le secteur, saturent les terrains qui ne bénéficient pas de butée. Ainsi les terrains glissent en direction de la Ravine Jacquot provoquant la formation d'arrachement dans les terrains situés en bordure et l'apparition (ou la réactivation) de fissures dans les terrains situés en arrière.

Les observations de terrain n'ayant pas été effectuées en période cyclonique il n'a pas été possible de déterminer avec précision le régime d'écoulement dans le versant de Mathurin. Il semblerait néanmoins que le réseau de dykes traversant les formations bréchiques imperméables de l'escarpement de Mathurin draine une partie des eaux de surface du plateau de Mare à Martin. Ainsi, des investigations complémentaires sont nécessaires afin de confirmer le rôle des écoulements superficiels et souterrains dans le déclenchement des glissements de terrains (comparaison des débits en période sèche et en période humide, recensement des sources pérennes et temporaires..).

Cependant le recensement des instabilités sur le secteur montre que les mouvements de terrain se déclenchent après les fortes précipitations liées au passage de cyclones, ce qui indique un rôle prépondérant des conditions hydrogéologiques dans le mécanisme de glissement. De même, il semblerait que l'action érosive de la Ravine Blanche ait un impact non-négligeable sur la stabilité des plateaux occidental et méridional en sapant la butée de pied.

Les secteurs les plus instables identifiés sur le terrain ne représentent pas de danger imminent vis-à-vis des habitations permanentes sauf dans la partie orientale de Mathurin (zone C). En effet, il apparaît inévitable, à plus ou moins longue échéance, qu'une nouvelle réactivation du glissement puisse avoir lieu suite à de fortes précipitations. Ainsi il n'est pas à exclure, en fonction notamment des caractéristiques de l'épisode pluvieux (durée et intensité), que cette réactivation entraîne une accélération brutale du mouvement et le départ en masse du compartiment en jeu (Cf. note technique du BRGM N°2008-24). Concernant les deux premiers plateaux (zones A et B), on peut s'attendre à court ou à moyen terme à des évolutions secondaires (recul des bordures de plateaux par éboulements ou glissements, ouverture de fissures, tassement) de moindre ampleur que les deux glissements de 2006 qui sont les seuls événements exceptionnels recensés sur le secteur de Mathurin à nos jours.

## 8. Bibliographie

**ALVARADO GE. , MORA R. , PERALDO G** (2003) – The june 2000 Arancibia debris avalanche bloc-slide, Costa Rica – In *Landslide News # 14/15*, pp. 29-32

**ANDERSON SA. , SITAR N.** (1995) – Analysis of rainfall-induced debris flows – *J. geotech. Eng - 121 (7)*; ASCE, p. 544-552

**ANDERSON SA. , THALLAPALLY L** (1996) – Hydrologic response of a steep tropical slope to heavy rainfall - 7<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 3, 1489-1495, Trondheim

**ANDERSON SA. , ZHU JH.** (1996) – Assessing the stability of the tropical residual soil slope - 7<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 2, 1073-1077, Trondheim

**Arnaud N.** (2005) – Le processus de démantèlement des volcans, le cas d'un volcan bouclier en milieu océanique : Piton des Neiges (Ile de La Réunion). Thèse Université de La Réunion, Laboratoire des Sciences de la Terre. 422 p., 6 ann.

**Arnaud N., Bachélery P.** : Dismantling process of basaltic shield volcanoes: origin of the Piton des Neiges Breccias- Reunion Island. Example of the Salazie cirque. Laboratoire des Sciences de la Terre de la faculté des Sciences et Technologies (LSTUR) de l'Université de La Réunion.

**Bellanger A. , Aunay B.** (2008) - Suivi des glissements de Hell-Bourg et de Grand Ilet par les stations GPS permanentes – Rapport RP-56708-FR – 62 p. , 58 illustrations

**BHANDARI RK , VIRAJH DIAS AA.** (1996) – Rain triggered slope movements as indicators of landslides dynamics - 7<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 3, 1515-1520, Trondheim

**BONNARD Ch. , et al.** (1995) – Large landslides and possibilities of sudden reactivation – 44<sup>th</sup> geomech. Colloquy, Salzburg

**BRAND EW. , (1984)** – Landslides in southeast Asia, a state of art – Proc. 4<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 1, pp 17-59, Toronto

**BRGM - Cartographie des risques géologiques** (1996). Cartographie de l'aléa « mouvements de terrain ». Commune de Salazie. Rapport BRGM 96REU47, 27p.

**BRGM - Dossier synthétique sur les risques mouvement de terrain** (1997). Commune de Salazie. Rapport BRGM 97REU39, 3 annexes, 21p.

**Chevalier P.** (2003) – Cartographie géologique au 1/10 000 du Cirque de Salazie – rapport d'avancement. Rapport BRGM/RP-56281-FR, 52 p., 38 fig., 1 tab., 1 ann.

**CHIGIRA M. , INOKUCHI T.** (2003) – Landslides triggered by august 1998 heavy Rainfall, Northern Japan – In *Landslide News # 14/15*, pp. 11-14

- Cruchet M.** (2001). Suivi des mouvements de terrain de grande ampleur dans les cirques de Salazie et Cilaos. Bilan des travaux engagés de 1995 à 2000. Rapport BRGM/RP-51105-FR-2001 SGR/REU20, 5 fig., 1 tab., 1 annexe, 21p.
- Cruchet M. , Moiriat D.** (2008) – "Étude du glissement de terrain de grande ampleur de Cap Sylvestre, Cirque de Cilaos " – rapport BRGM RP-56705-FR – 53 p. – 24 illustrations.
- Cruchet M.** (1993) – Les risques naturels majeurs dans les secteurs de Mare à Poule d'eau, Hell-Bourg et Ilet à Vidot, bilan des connaissances, réflexions sur les actions à engager. Rapport BRGM n°93REU48.
- Cruchet M.** (2000) – Suivi des déformations au cours de l'année 1999, route d'Hell-Bourg (RD48), Cirque de Salazie, Ile de La Réunion. Rapport BRGM/RP-50112-FR, 2000 SGR/REU07, 7 fig., 5 tab, 22 p, 2 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.
- Cruchet M.** (2001) – Suivi des déformations au cours de l'année 2000, route d'Hell-Bourg (RD48), Cirque de Salazie, Ile de La Réunion. Rapport BRGM/RP-51108-FR, 2000 SGR/REU16, 8 fig., 5 tab, 22 p, 2 Ann.
- Cruchet M.** (2002) – Affaissement du plateau de Mare à Poule d'Eau au droit du lotissement des Bambous – Avis géologique et recommandations. 13 p., 13fig., 1 ann.
- Devernaud L., Stieltjes L.** (1989) – Evaluation et zonage des risques naturels sur la commune de Salazie : application à la rédaction du POS et à ses annexes sanitaires. Rapport BRGM 89REU12.
- E. Lucas** (2008) – Etude du glissement de terrain de grande ampleur de Mathurin– Cirque de Salazie –. Rapport BRGM/RP-56707-FR., 55 p, 36 fig., 2 tabs., 1ann.
- Garnier C.** (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
- Garnier C.** (2008) – Synthèse des résultats du suivi géodésique réalisé dans les cirques du Massif du Piton des Neiges – Rapport BRGM/RP-56699-FR , 50 p. , 26 illustrations , 7 tableaux , 4 annexes
- Garnier C.** (2008). Avis suite à un glissement de terrain sur le secteur de Mathurin. Compte-rendu d'intervention du 26 février 2008. Note technique BRGM / SGR / REU – 2008-24
- Garnier C, Lucas E.** (2008) – Etude du glissement de terrain de grande ampleur d'Hell-Bourg, Cirque de Salazie – Ile de La Réunion - Rapport BRGM/RP-56725-FR - 76 p, 61 fig. , 3 tab. , 1 ann.
- GOSTELOW TP.** (1991) – Rainfall and landslides – CEC Report EUR 12918 EN, Prevention and control of landslides and other mass movements, pp 139-161, Brussels

**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. - Rapport BRGM 81SGN543REU

**HUTCHINSON, J.N.** (1998) – General report : morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology – 5<sup>th</sup> Int. Symp. Landslides, Vol. 1, 3-35, Lausanne

**JIBSON RW.** (1989) – Debris flows in southern Puerto Rico – Geol. Soc. AM. Pub. 236

**Lerebour P., Stieltjes L.** (1984) – Aménagement de la Mare à Poule d'Eau en base de loisirs – Analyse des risques naturels concernant le site de la Mare à Poule d'Eau. Rapport BRGM 84REU14.

**MACFARLANE DF. , SILVESTER PK. BENCK JM. WHITFORD ND.** (1996) – Monitoring strategy and performance of instrumentation in the Clyde Power Project Landslides, New Zealand - 7<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 3, 1557-1554, Trondheim

**MAHARAJ R.** (1996) – Landslide processes and characteristics from south-eastern Jamaica, West Indies - 7<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 2, 1097-1122, Trondheim

**MASSON DG. , WATTS AB.** (1995) – Slope failures and debris avalanches on the flanks of the volcanic islands – the Canary Islands - - In Landslide News # 9, pp. 21-24

**Moiriat D.** (2006). Avis et recommandations sur six secteurs du cirque de Salazie suite au passage de la tempête tropicale DIWA. Compte rendu de visite du BRGM du 28 avril 2006.

**Moulin M., Lebon D., Frissant N.** (2002) : Synthèse hydrogéologique du cirque de Salazie (Ile de La Réunion). Rapport BRGM/RP-51450-FR, 2002 SGR/REU 01, 91p., 35figs., 11 tabs., 4 ann.

**NOSETTO A. , POLLONI G. , ALEOTTI P. , BALDELLI P.** (1996) – Heavy rain triggered landslides in the Alba area during November 1994 flooding event in the Piemonte Region (Italy) - 7<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 3, 1955-1960, Trondheim

**POLEMIO M. , SDAO F.** (1997) – Landslide hazard and critical rainfall in Southern Italy – 7<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 2, 847-852, Trondheim

**POUGET P.** (1993) – Relations pluviométrie-piezométrie-déplacements d'un versant naturel instable – Revue Française de Géotechnique 64, pp. 57-61

**RAHARDJO H. , CHANG MF. , LIM TT.** (1996) – Stability of residual soil slopes as affected by rainfalls - 7<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 2, 1100-1114, Trondheim

**Raunet M.** (1991). Le milieu physique et les sols de l'Ile de la Réunion. Conséquences pour la mise en valeur agricole- Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, 438p.

**SUAREZ J.** (1996) – Erosion induces landslides in tropical environments - 7<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 2, 1115-1119, Trondheim

**TAN BK.** (1996) – Geologic factors contributory to landslides – Some case studies in Malaysia - 7<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 2, 1121-1124, Trondheim

**WATTS CR. , MACFARLANE DF.** (1996) – Engineering geology of the Cairnmuir Landslide; New Zealand – 7<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 2, 931-936, Trondheim

**ZIKA P. , KOSTAK B** (1996) – The stability investigations of the rock massif Certova Stena – Devil's Wall – 7<sup>th</sup> Int. Symp. on landslides, vol. 2, 941-945, Trondheim

**ZISCHINSKY, U.** (1996) – On deformation of high slopes – Congr. Int. Soc. Rock Mech., vol 2, 179-185, Lisboa

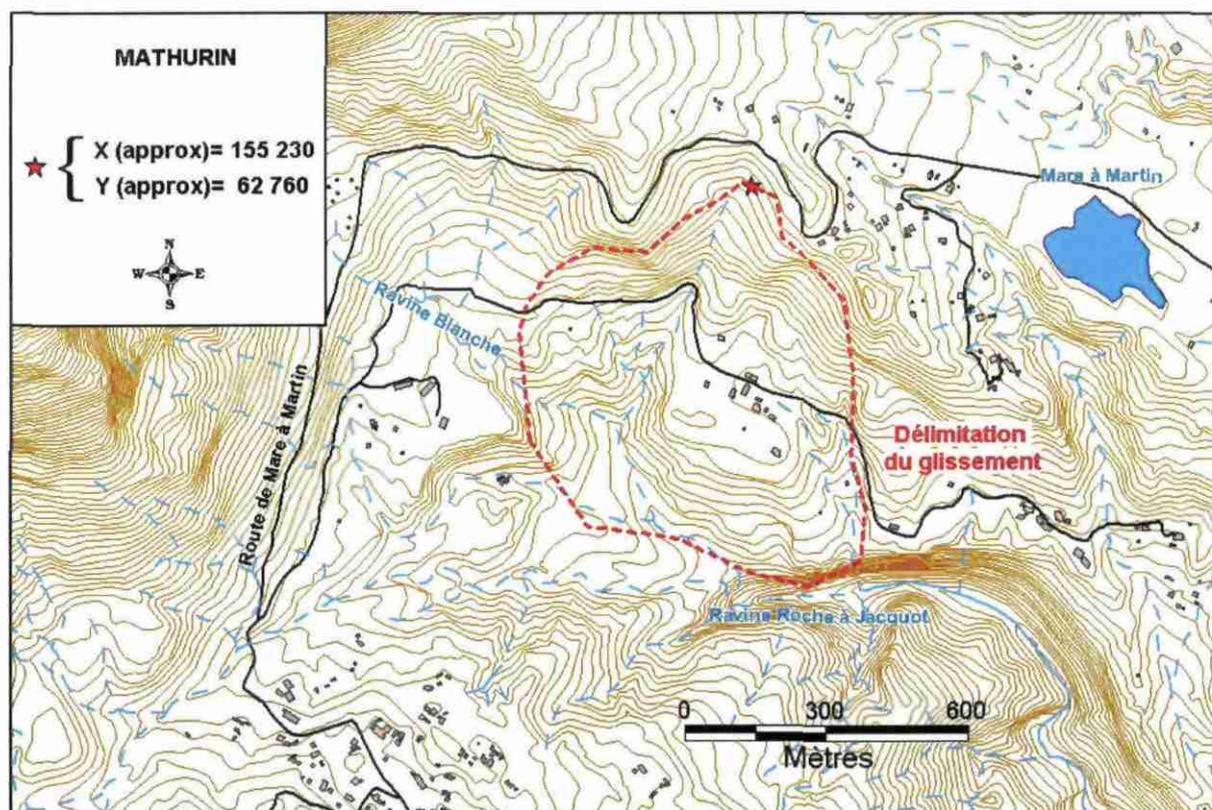
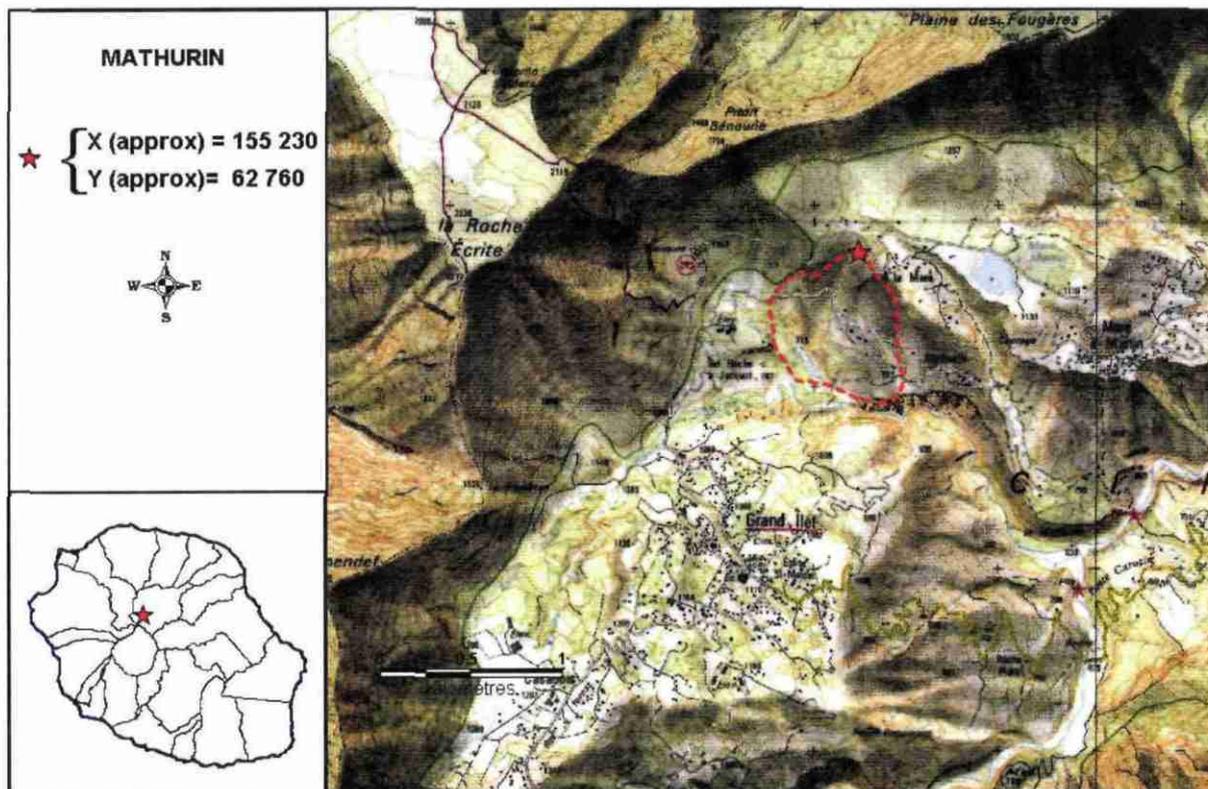
# **Annexe 1**

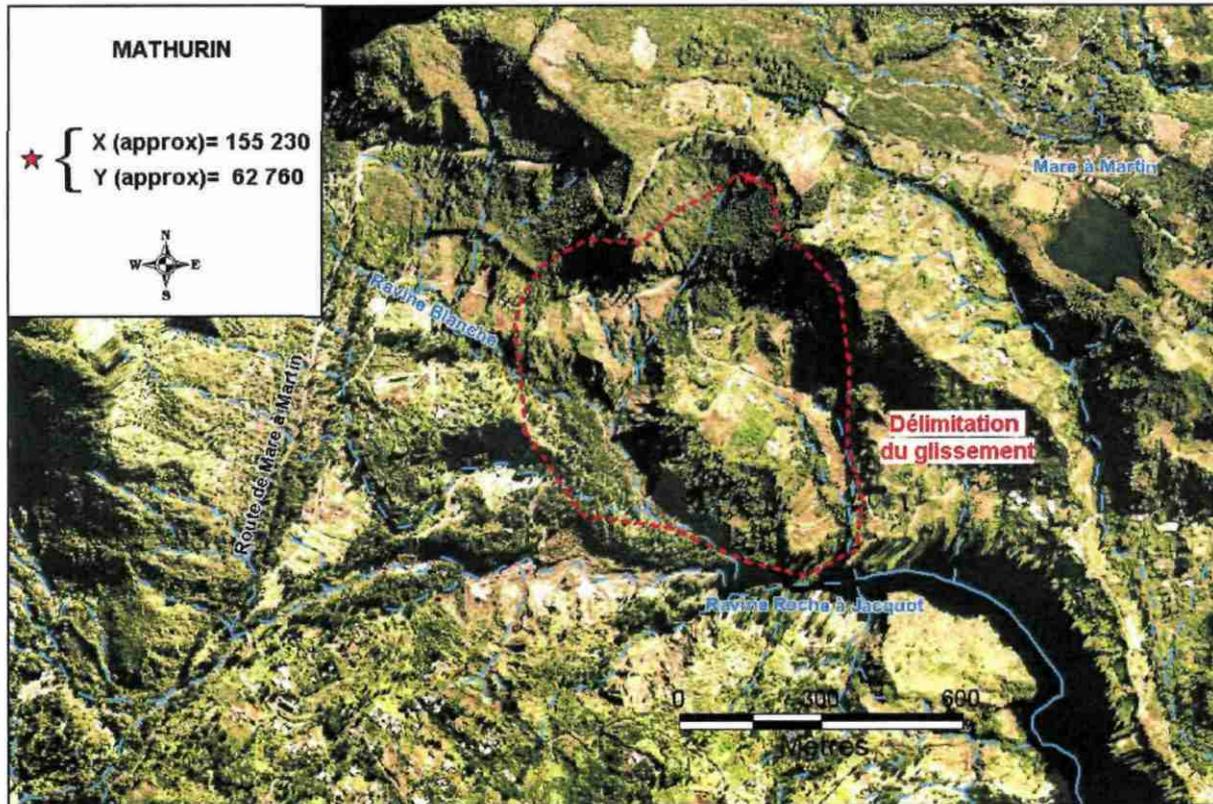
## **Fiche descriptive du mouvement de Mathurin**

# **Annexe 1**

## **Fiche descriptive du mouvement de Mathurin**

<b>29. MATHURIN</b>	
Localisation :	Cirque de Salazie en aval de la route de la Mare à Martin
Glissement actif	
Date de l'évènement :	?
Volume :	?
Principaux dégâts :	





### Description

A l'amont de la ravine Blanche (îlet Roche à Jacquot), les versants sont affectés de mouvements actifs sous forme de ravinements, de glissements superficiels mais aussi de tassements profonds. Toute cette zone correspond en effet à deux anciens glissements, l'un dans la partie amont de ravine Blanche, l'autre un peu plus à l'Est (cf. fiche Mathurin), en dessous de la route de Mare à Martin : c'est donc un secteur très sensible, comme on peut le constater par les dégâts occasionnés à la route de Mare à Martin et au chemin de la ravine Mathurin.

### Bibliographie

[1] Humbert M., Pasquet R., Stieltjes L., 1981 - Les risques géologiques dans les cirques de Salazie et de Cilaos (Ile de La Réunion) - Fonds d'Investissement des Départements d'Outre-Mer (FIDOM), Département de La Réunion - Rapport BRGM 81 SGN 543 REU.



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 6009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional Réunion**  
5, rue Sainte Anne  
97400 – Saint-Denis - France  
Tél. : 02 62 21 22 14