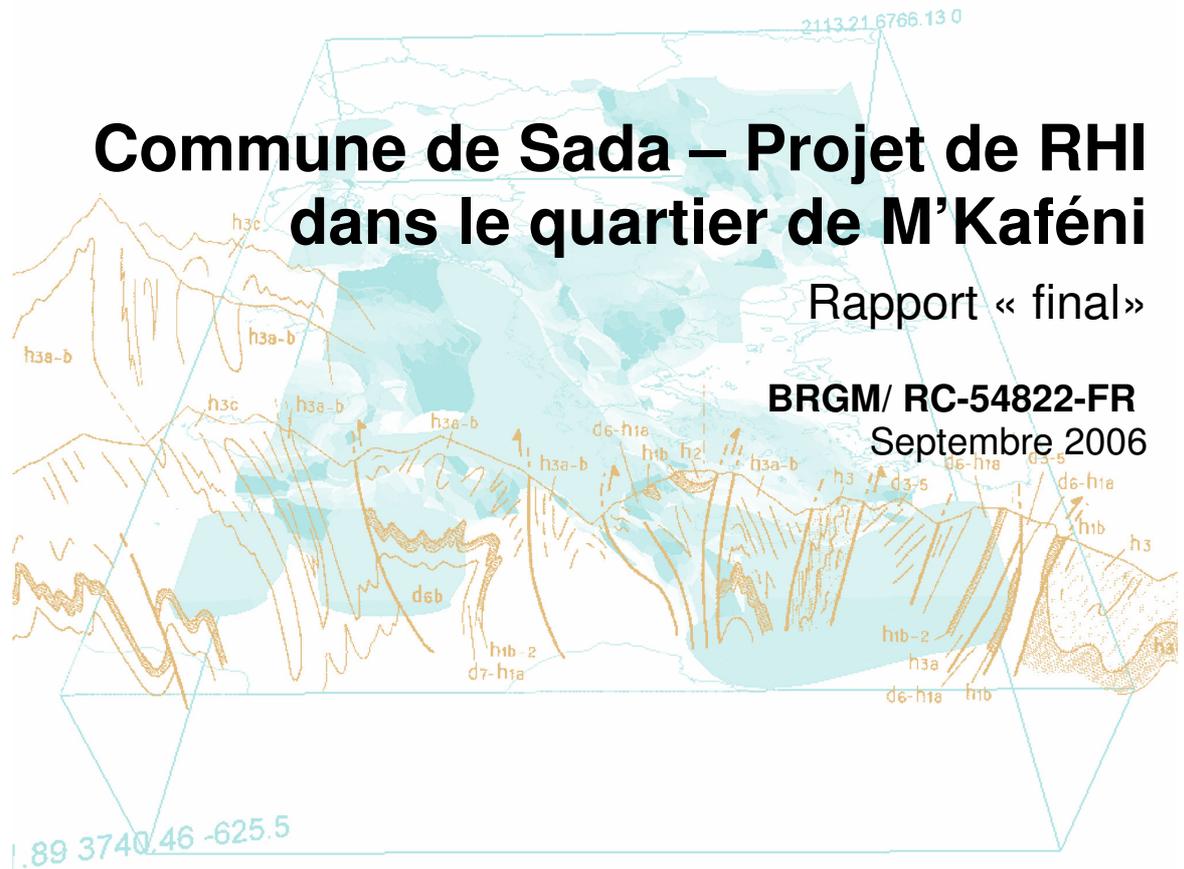




# Commune de Sada – Projet de RHI dans le quartier de M’Kaféni

Rapport « final »

BRGM/ RC-54822-FR  
Septembre 2006



# Commune de Sada – Projet de RHI dans le quartier de M’Kaféni

Définition des aléas naturels et des mesures de  
protection contre les mouvements de terrain

Rapport « final »

**BRGM/ RC-54822-FR**  
Septembre 2006

**C. Mathon**

Avec la collaboration de  
**M. Imbault et J.C. Audru**

**Vérificateur :**

Nom : P. Roubichou

Date :

Signature :

**Approbateur :**

Nom : J.L. Nedellec

Date : 13 juillet 2006

Signature :

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

**Mots clés** : aléa naturel, érosion, glissement de terrain, protection, stabilité, Sada, M'Kaféni, Mayotte, Comores.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : Commune de Sada - Définition des aléas naturels dans le cadre d'un projet de RHI dans le quartier de M'Kaféni . rapport BRGM/RC-54822-FR, 2006 – 74p., 15 Illustr., 5 Ann

## Synthèse

Dans le cadre d'une opération de résorption de l'habitat insalubre (R.H.I.) concernant le quartier de M'Kaféni à SADA, la Direction de l'Équipement de Mayotte –Service de l'Aménagement, de l'Urbanisme et de l'Habitat- a chargé le BRGM d'une étude de définition des aléas naturels pouvant menacer le secteur à réhabiliter, et le cas échéant des principes de mise en sécurité et de protection pouvant être adoptés.

Cette demande est justifiée par le classement du secteur en zone d'aléa naturel « fort »-glissements dominants accompagnés de chutes de blocs- sur l'Atlas des aléas naturels à Mayotte (Rapport Brgm/RP-52662-FR de mai 2004).

Les examens de terrain réalisés en mars 2006 -complétés par des essais en laboratoire sur des matériaux prélevés en surface- et les simulations réalisées à l'aide du logiciel « Talren 97 » montrent que la portion de versant concernée par le projet de RHI est peu susceptible de glisser, du moins en mobilisant une grande masse de terrains. Il conviendra cependant de conforter les grands talus de terrassement laissés à nu à l'aide de murs de soutènements réalisés dans les règles de l'art et d'inciter les constructeurs de d'habitations à faire participer ces ouvrages à la stabilisation des déblais qu'ils nécessitent.

Le projet de R.H.I., tel qu'il est envisagé actuellement n'est donc pas à remettre en cause pour des motifs de mouvements de terrains. Cela suppose cependant que le problème de la gestion des eaux pluviales soient réglés aussi bien sur le site même du projet qu'en amont, c'est à dire en intégrant les ruissellements en provenance de la rue et des habitations qui dominant le site. Dans ces conditions ce projet de RHI ne peut qu'améliorer la stabilité en grand du site.



## Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Nature des travaux d'investigation .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Résultats des investigations .....</b>	<b>11</b>
3.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE .....	11
3.2. RECONNAISSANCES PAR PROSPECTION GEOPHYSIQUE .....	20
3.2.1. Panneau électrique .....	20
Profil sismique.....	20
3.2.2.20	
3.2.3. Synthèse .....	20
3.3. ESSAIS EN LABORATOIRE .....	21
3.3.1. Essais d'identification .....	21
3.3.2. Essais de cisaillements directs CD.....	22
<b>4. Evaluation de la stabilité du versant.....</b>	<b>23</b>
4.1. « CALAGE » DES PARAMETRES MECANQUES .....	23
4.2. EVALUATION DE LA STABILITE PAR PROFILS .....	24
4.3. MESURES DE PROTECTION DES AMENAGEMENTS .....	24
4.3.1. Protection contre les eaux de ruissellement .....	24
4.3.2. Ouvrages de soutènement .....	24
<b>5. Conclusion .....</b>	<b>26</b>
<b>6. Bibliographie .....</b>	<b>29</b>

### Liste des illustrations

Illustration 2 - Situation géographique à 1/25000 (copyright IGN 2006).....	7
Illustration 3 – Contexte géologique.....	11
Illustration 5 – Colluvions pierreuses instables sur le flanc nord de la ravine (point n°10).....	13

Illustration 6 – Talus au nord du point n°29 - Colluvions à gros blocs (tirés) et altérites (trait continu).....	14
Illustration 7 – Colluvions à blocs sur altérites (point n°30).....	14
Illustration 8 – Illustration 9 – Altérites (point n°28).....	15
Illustration 9 – Colluvions à blocs épars sur altérites (point n°51).....	15
Illustration 10 – Altérites sous colluvions à blocs (point n°51).....	16
Illustration 11 – Caniveau béton de la ravine nord ruiné en partie supérieure (cf.ill.12) par l'érosion régressive de l'encaissant lors des débordements fréquents.....	17
Illustration 12 - Erosion en bordure du chemin cimenté (point n°39).....	17
Illustration 13 – Le caniveau a été démantelé et les eaux de ruissellement ont créé une vasque.....	18
Illustration 14 – Erosion des altérites / colluvions par le ruissellement (crête talus point n°36) – Escalier partiellement détruit.....	18
Illustration 15 – Glissement superficiel des colluvions à blocs (point n°37).....	19

## Liste des annexes

Annexe 1 Situation des investigations.....	31
Annexe 2 Tableau des points d'observations.....	35
Annexe 3 Profils géophysiques.....	43
Annexe 4 Situation des profils de stabilité sur fond topographique et projet d'aménagement.....	47
Annexe 5 Profils de stabilité.....	49

## 1. Introduction

Dans le cadre d'une opération de résorption de l'habitat insalubre (R.H.I.) concernant le quartier de M'Kaféni à SADA, la Direction de l'Équipement de Mayotte –Service de l'Aménagement, de l'Urbanisme et de l'Habitat- a chargé le BRGM d'une étude de définition des aléas naturels pouvant menacer le secteur à réhabiliter, et le cas échéant des principes de mise en sécurité et de protection pouvant être adoptés.

Cette demande est justifiée par le classement du secteur en zone d'aléa naturel « fort »-glissements dominants accompagnés de chutes de blocs- sur l'Atlas des aléas naturels à Mayotte (Rapport Brgm/RP-52662-FR de mai 2004).

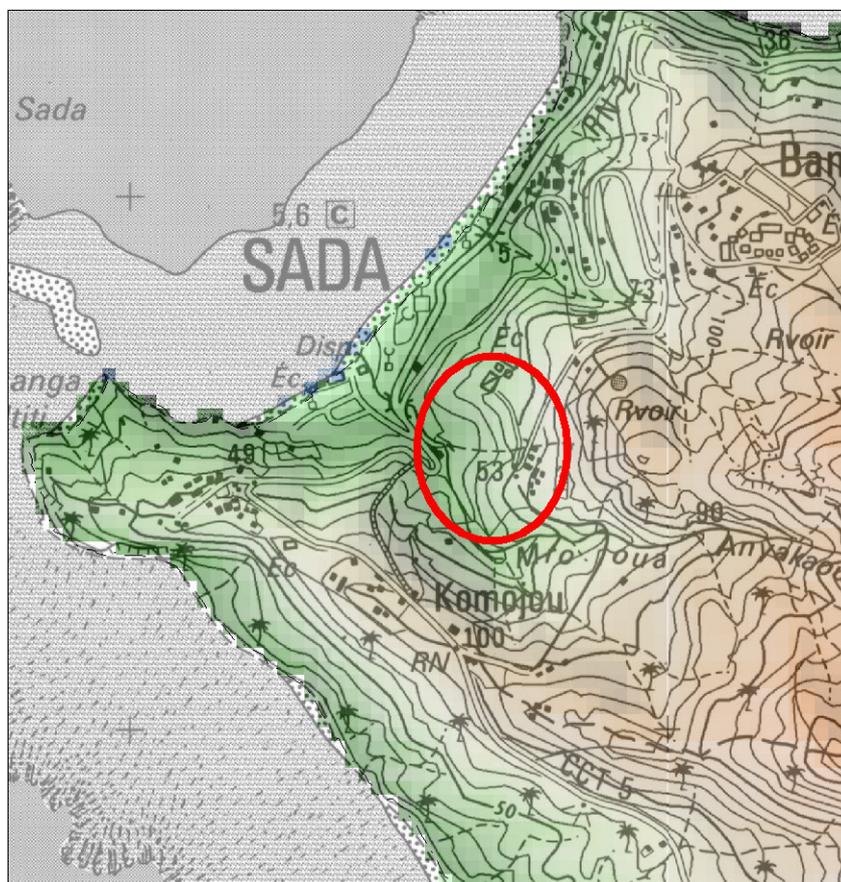


Illustration 1 - Situation géographique à 1/25000 (copyright IGN 2006)



## 2. Nature des travaux d'investigation

Ils ont consisté en la réalisation de :

- un (1) « panneau électrique » ;
- un (1) profil sismique (SASW) superposé au précédent ;
- six (6) essais d'identification des matériaux fins constituant la matrice des formations de surface (teneur en eau naturelle, analyse granulométrique, limites d'Atterberg, valeur de bleu) ;
- quatre (4) essais de cisaillement linéaires sur échantillons saturés, en condition « consolidé-drainé » (CD) ;
- un examen des photographies aériennes disponibles ;
- un examen du terrain par un géologue et un géotechnicien ;
- une enquête orale auprès des habitants rencontrés lors de l'examen du terrain.

Pour partie ces investigations sont positionnées sur la planche de l'annexe 1.



## 3. Résultats des investigations

### 3.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

Globalement (cf. illustration 2) le secteur considéré est, à l'exclusion du bord de mer où s'est développée une plage de sables provenant du démantèlement du récif corallien, concerné par des basaltes altérés d'âge miocène à pliocène altérés ( $\beta s$ ), localement surchargés dans son tiers nord par des projections de cendres et de blocs ( $\beta s$  surcha).

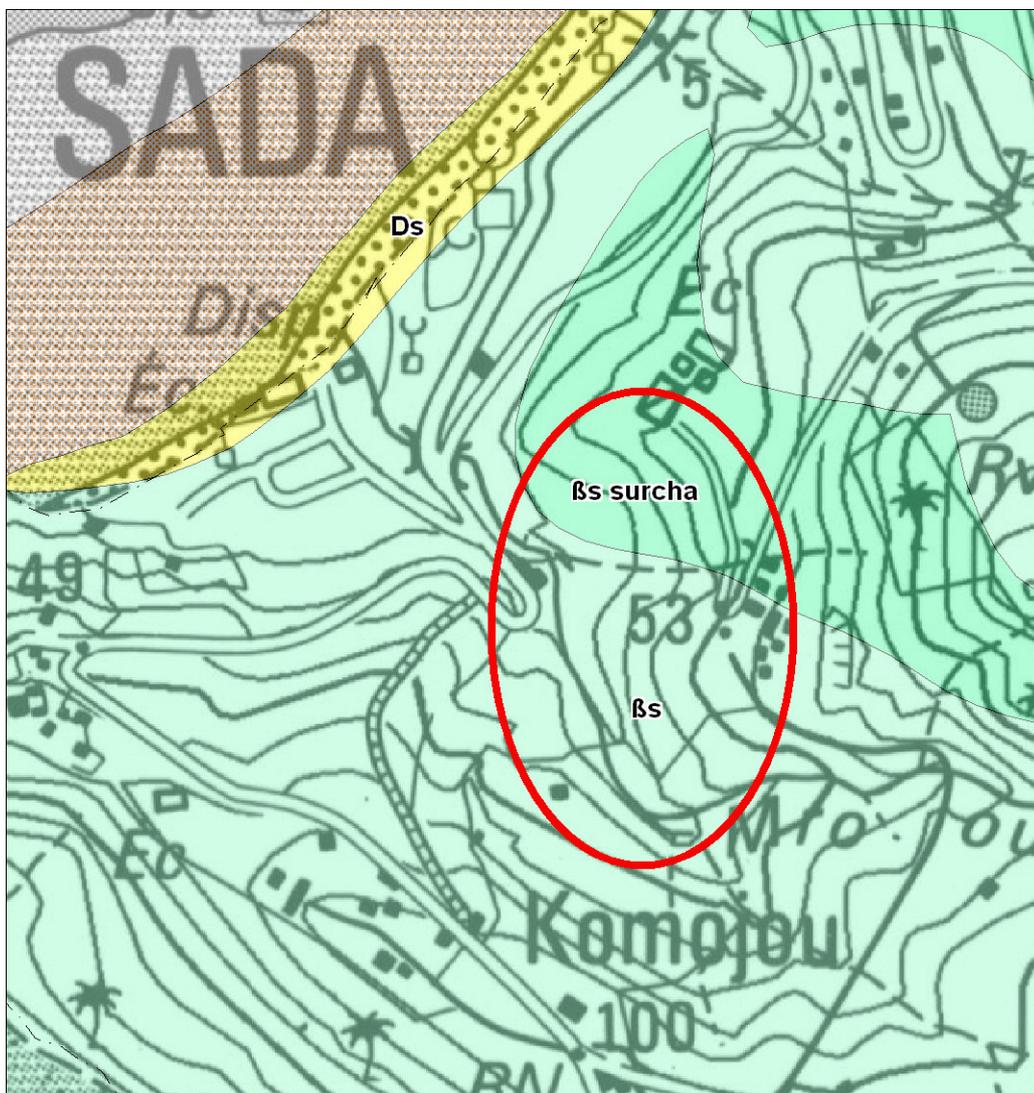


Illustration 2 – Contexte géologique

Dans le détail, bien que de nombreux affleurements soient observables, résultats d'un grand nombre de terrassements dans la pente et de l'absence locale de végétation due à l'érosion par les eaux de ruissellement, principalement, le site étudié ne permet pas de distinctions éventuelles entre différentes coulées de lave. En effet, à l'exclusion d'un bref affleurement de basalte rocheux dans le lit de la grande ravine sud (cf. ill 3), seul le terme le plus altéré du basalte –altérites- est présent ainsi que des colluvions plus ou moins chargées en blocs hétérométriques (jusqu'à 1 m<sup>3</sup>). Comme le montrent les illustrations 6 à 10, altérites et colluvions présentent le plus souvent des faciès semblables et ne peuvent guère être distingués que par la présence plus ou moins abondante de blocs anguleux ou émoussés. Leur couleur variant peu entre le brun-rouge et le rouge-orangé, elle n'est pas un critère de distinction dans la mesure où le rouge-orangé s'assombrit et se rapproche du brun-rouge lorsque les sols sont humides.



*Illustration 3 -- Basalte dans le lit de la ravine (point n°10)*



*Illustration 4 – Colluvions pierreuses instables sur le flanc nord de la ravine (point n°10)*



*Illustration 5 – Talus au nord du point n°29 - Colluvions à gros blocs (tiretés) et altérites (trait continu)*



*Illustration 6 – Colluvions à blocs sur altérites (point n°30)*



*Illustration 7 – Illustration 8 – Altérites (point n°28)*



*Illustration 9 – Colluvions à blocs épars sur altérites (point n°51)*



*Illustration 10 – Altérites sous colluvions à blocs (point n°51)*

Les altérites semblent renfermer peu de gros blocs, sauf quand il s'agit de matériels issus de projections comme cela peut être le cas au nord du site (cf. illustration 6), contrairement aux colluvions. Ces dernières apparaissent en général relativement consolidées ; localement elles sont cependant décomprimées mais sur une épaisseur qui ne semble pas excéder 1,5 m. Dans ces rares cas elles sont particulièrement érodables (cf. illustrations 11 à 14) –elles peuvent libérer des blocs par érosion régressive et le lit de la rivière en est un exemple typique- et instables sur les pentes (cf. illustrations 5, 6 et 11).

Colluvions et altérites sont donc omni présentes sur le site. Elle présentent des faciès à dominante argilo-limoneuse, sans aucun héritage de la structure primaire. Bien que sujettes au ravinement par les eaux de ruissellement elles sont pour l'essentiel relativement consistantes.



*Illustration 11 – Caniveau béton de la ravine nord ruiné en partie supérieure (cf.ill.12) par l'érosion régressive de l'encaissant lors des débordements fréquents*



*Illustration 12 - Erosion en bordure du chemin cimenté (point n°39)*



*Illustration 13 – Le caniveau a été démantelé et les eaux de ruissellement ont créé une vasque*



*Illustration 14 – Erosion des altérites / colluvions par le ruissellement (crête talus point n°36) – Escalier partiellement détruit*

D'un point de vue morphologique, le quartier de M'Kaféni est situé au pied d'un morne culminant aux environs la cote+ 130 m. En partie supérieure, la pente de ce relief est relativement forte –30 à 35°– mais en limite amont de M'Kaféni la pente s'adoucit légèrement et varie globalement entre 20 et 25°. Une rivière –Mro oua An Yakabou– longe le quartier par le sud et le sud-ouest ; un talweg s'initialisant dans la partie la plus raide du versant le traverse d'Est en ouest dans sa moitié nord. Sur les flancs de ces échancrures la pente peut atteindre localement 40 à 45°.

Dans l'emprise même de la RHI nous n'avons observé aucun indice tangible d'instabilités autre que superficielles ou associés à des problèmes de ravinement par les eaux pluviales comme explicité précédemment. Relativement aux instabilités superficielles, c'est en particulier le cas le long de la ravine et du talweg nord, mais également au niveau de terrassements en déblai non protégés (cf. illustration 15).



*Illustration 15 – Glissement superficiel des colluvions à blocs (point n°37)*

## **3.2. RECONNAISSANCES PAR PROSPECTION GEOPHYSIQUE**

Les difficultés d'accès dues à l'urbanisation du site n'ont permis de reconnaître qu'un seul profil, sinueux, d'environ 150 m de long.

### **3.2.1. Panneau électrique**

La moitié ouest de la coupe de résistivité (cf. annexe 4) est marquée par la présence d'une structure conductrice C1 (8 à 20 Ohm.m) entre les stations 60 et 135, similaire à celles rencontrées sur les profils de Hamjago.

La configuration des lieux n'a pas permis d'étendre le profil, de ce fait la profondeur d'investigation du dispositif électrique n'excède pas 30 m et ne permet pas d'atteindre le substratum résistant. La moitié est de la coupe de résistivité est caractérisée par des résistivités plus élevées (R1, 30 à 150 Ohm.m). Cette partie du profil présente une structuration plus hétérogène, avec la présence d'une structure conductrice C2 (5 à 20 Ohm.m) encadrée par deux contact géoélectriques F1 et F2. Cette hétérogénéité pourrait être liée au parcours sinueux du tracé du profil. Bien que les mesures de résistivité apparente aient été corrigées de la position en x, y et z des électrodes. Les discontinuités F1 et F2 pourraient être des artéfacts liés au cheminement du profil.

### **3.2.2. Profil sismique**

La coupe sismique révèle des structures plus régulières du point de vue de la vitesse de cisaillement.

On retrouve la succession d'interfaces apparue sur les profils de Hamjago (rapport Brgm/RC-54808-FR) :

- un substratum à vitesse élevée (> 650 m/s) dont le toit se situe entre 40 et 50 m de profondeur, non atteint par les mesures électriques ;
- un niveau à vitesse intermédiaire (300 à 650 m/s) qui englobe le conducteur C1 ;
- un niveau superficiel à faible vitesse (< 300 m/s), entre 0 et 12 m de profondeur, correspondant aux terrains les plus meubles, dans lequel est globalement circonscrit le résistant superficiel R2.

### **3.2.3. Synthèse**

En contexte volcanique l'expérience montre que l'apparente contradiction entre la répartition des résistivités et celle des vitesses de cisaillement —on observe en effet que les vitesses de cisaillement croissent avec la profondeur, alors qu'au-dessus du substratum résistant les résistivités ne varient pas de manière monotone— résulte de variations dans la nature minéralogique des altérites, et non de variations de leur compacité. Ainsi, au droit du profil, la profondeur du substratum semble s'établir vers

40 m de profondeur. Les termes les plus évolués des altérites ainsi que les colluvions se confondent au regard des vitesses de cisaillement mesurées, contrairement aux résistivités qui semblent différencier deux termes dans ces formations ; leur épaisseur globale n'excède cependant pas 12 m quelle que soit la méthode de prospection mise en oeuvre.

### 3.3. ESSAIS EN LABORATOIRE

Ils ont été réalisés par le laboratoire de l'Équipement de Mayotte (Service des Infrastructures).

#### 3.3.1. Essais d'identification

Prélèvement	Teneur en eau naturelle	Limites		Indices		Valeur de bleu	Passant à 80µm
	W%	WI	Wp	Ip	Ic	VBS	%
SPM1	40,6	57,2	31,6	25,6	0,65	1,50	98,4
SPM2	43,2	55,5	41,1	14,4	0,85	1,81	97,6
SPM3	37,8	54,2	39,0	15,2	1,08	1,25	94,8
SPM4	50,3	63,3	43,8	19,5	0,67	2,1	96,9
SPM5	40,2	52,8	36,1	16,7	0,75	1,71	94,7
SPM6	34,8	45,2	32,1	13,1	0,79	1,21	70,5

Selon le diagramme de Casagrande tous les échantillons prélevés entrent dans la catégorie des **limons très plastiques (L<sub>t</sub>)** bien qu'en limite de l'appellation « peu plastique » (L<sub>p</sub>), ce que confirment les valeurs de bleu presque exclusivement inférieure à 2,5 traduisant une faible activité de la fraction argileuse de ces échantillons (sols limoneux à limono-argileux). On retiendra qu'il s'agit de **sols moyennement argileux** à consistance ferme à très ferme.

Au moment des prélèvements, la teneur en eau naturelle de chacun d'eux était inférieure de 10 à 17 points (%) à sa limite de liquidité.

Il s'agit là d'une classification sommaire et préliminaire en l'absence en particulier de mesures pondérales et d'analyses sédimentométriques.

### 3.3.2. Essais de cisaillements directs CD

Prélèvement	Teneur en eau naturelle moyenne	Poids volumique sec moyen	Poids volumique humide moyen	Valeurs de « pic » (KPa)		Valeurs « résiduelles » (KPa)	
	W%	$\gamma_d$	$\gamma_h$	$c'$	$\varphi'$	$c'$	$\varphi'$
SPM1	49,1	11,2	16,7	1,22	15,5	0,45	14,0
SPM2	31,8	12,9	17,0	1,00	18,0	0,13	17,8
SPM3	39,8	12,3	17,2	1,46	14,6	1,24	14,3
SPM4	35,7	12,9	17,5	4,73	13,7	2,12	13,41

Ces essais ont été réalisés « à saturation », sur des échantillons reconstitués. Les caractéristiques mécaniques ainsi obtenues, en condition CD (caractéristiques dites « à long terme ») sont de ce fait particulièrement minimisées, notamment en ce qui concerne la cohésion.

## 4. Evaluation de la stabilité du versant

### 4.1. « CALAGE » DES PARAMETRES MECANIQUES

Les caractéristiques intrinsèques peu réalistes mesurées en laboratoire nous ont conduit à examiner la bibliographie. Nous disposons de quelques résultats d'essais réalisés en 1997, sur des colluvions et des altérites prélevées à Sada sur des talus routiers (Chassagneux, Cruchet et Fontaine, 1998 ). Leurs résultats étaient les suivants (les poids volumiques  $\gamma_h$  sont exprimés en  $\text{KN/m}^3$ , les cohésions  $C_{uu}$  et  $C_{cd}$  en  $\text{KPa}$ ) :

W%	Limites d'Atterberg				Cisaillement U-U		Cisaillement C-D	
	$\gamma_h$	$W_l$	$W_p$	$I_p$	$\phi_{uu}$	$C_{uu}$	$\phi_{cd}$	$C_{cd}$
31,3	17,8	57,4%	45,9%	11,5	47,7	122	43,3	79
37	16	61,1%	42,3%	18,8	53,9	82	38,6	82
30,1	15,1	48,4%	35,3%	13,1	54,5	94	41,3	50
44	15,7						32	23
47,8	15,7						35,4	46
36,1	15						32,7	23

On observe que ces caractéristiques mesurées sur des échantillons « intacts » -en jaune celles concernant « Sada Ville »- sont sans commune mesure avec celles mesurées dans le cadre de cette étude. Par ailleurs, en 2003, lors d'une étude aux mêmes objectifs réalisée à Moinatindri, (rapport BRGM/RC-52482-FR) la rétro-analyse d'un ancien glissement nous avait conduit à adopter les caractéristiques suivantes pour les formations meubles de surface :  $\phi_{uu} = 28^\circ$  et  $C_{uu} = 10 \text{ Kpa}$  avec un  $\gamma_h$  de  $17,5 \text{ kN/m}^3$ , sachant que dans ce cas le glissement avait été favorisé par la présence d'une nappe.

Dans le cas présent, nous adopterons en première approche les caractéristiques retenues dans le cadre du « projet Hamjago », en excluant les « altérites décomprimées de surface » qui ne semblent avoir été repérées que localement vers le pied du profil électrique, et ce sur une très faible épaisseur -1 à 2 m.

## 4.2. EVALUATION DE LA STABILITE PAR PROFILS

Après avoir reconstitué un MNT pour l'ensemble de la zone (équidistance 1 m dans l'emprise de la RHI à partir des données du géomètre) nous avons étudié la stabilité de quatre (4) profils (cf. annexe 3). Le profil 3 se superpose sensiblement à la moitié supérieure du profil de reconnaissances géophysiques. Sur chacun des profils étudiés nous avons extrapolé les épaisseurs des plages des vitesses de cisaillement mesurées *in situ* par la SASW. Dans les altérites et colluvions de surface (vitesses de cisaillement  $\leq 300$  m/s) nous avons retenu les mêmes caractéristiques que celles utilisées à Hamjago dans les « colluvions consolidées » ( $\gamma_h = 17,5$  kN/m<sup>3</sup>,  $\phi_{cd} = 28^\circ$  et  $C_{cd} = 10$  Kpa). Dans les altérites consolidées nous avons pris en compte des valeurs « en retrait » par rapport à la bibliographie, en particulier une cohésion 2 fois moindre.

Les profils de stabilité montrent qu'il n'y a pas de risque de glissement en grande masse **dès lors que les eaux de ruissellement – terrain naturel et toitures- sont récoltées dans un réseau EP et dirigées vers un exutoire situé en aval du projet de RHI.**

Le profil 3 est le plus défavorable bien que l'on n'observe pas de facteur de sécurité inférieur ou égal à 1 ( $F_s$  min = 1,14) pour des cercles de glissement profond (cf. fig 12 Annexe 5). Les caractéristiques mécaniques prises en compte sont pessimistes, et il suffit d'augmenter légèrement la cohésion des colluvions –dans des proportions réalistes par rapport à celles mesurées sur des échantillons intacts- pour que le facteur de sécurité devienne acceptable ( $F_s$  min = 1,33 sur fig.13). Il est à noter que nous n'avons pris en compte la présence d'une nappe qu'à la base des altérites et dans le substratum rocheux, et qu'elle n'a aucune influence sur la stabilité en grand.

## 4.3. MESURES DE PROTECTION DES AMENAGEMENTS

### 4.3.1. Protection contre les eaux de ruissellement

La sécurité vis à vis des glissements en grande masse ne peut être assurée que si **les eaux de ruissellement – terrain naturel et toitures- sont récoltées dans un réseau EP -correctement dimensionné et réalisé dans les règles de l'art- et dirigées vers un exutoire situé en aval du projet de RHI.** Celui ci semble prendre en compte cette nécessité qui concerne à la fois la ravine nord dont le caniveau est entièrement à refaire, la petite ravine la plus septentrionale, les chemins qui doivent être réalisés, **mais également la route qui domine le quartier.**

### 4.3.2. Ouvrages de soutènement

Dans le détail, les différents talus terrassés et laissés à nu présentent une stabilité précaire et il convient de les conforter à l'aide de mur de soutènement. On observe sur les fig.1 et 3 de l'annexe 6 que la mise en place d'un mur poids contre le talus situé en contre bas de la rue fait passer le facteur de sécurité au glissement de 1,11 à 1,48 (stable). Ces murs doivent cependant être dimensionnés pour être stables au renversement et au glissement sur leur base à l'aide des caractéristiques mécaniques

et pondérales adoptées dans nos calculs pour les colluvions à blocs et altérites décomprimées, et réalisés dans les règles de l'art (barbacanes). Une autre solution largement mise en œuvre sur le site est de faire participer les ouvrages d'habitation à la stabilisation des terrassements en déblais. En effet, nombre de constructions « en dur » sont adossées aux talus. Si leur structure est rigide elles se comportent comme des murs de soutènement.

## 5. Conclusion

Les examens de terrain réalisés en mars 2006 -complétés par des essais en laboratoire sur des matériaux prélevés en surface- et les simulations réalisées à l'aide du logiciel « Talren 97 » montrent que la portion de versant concernée par le projet de RHI est peu susceptible de glisser, du moins en mobilisant une grande masse de terrains. Il conviendra cependant de conforter les grands talus de terrassement laissés à nu à l'aide de murs de soutènements réalisés dans les règles de l'art et d'inciter les constructeurs de d'habitations à faire participer ces ouvrages à la stabilisation des déblais qu'ils nécessitent.

Le projet de R.H.I., tel qu'il est envisagé actuellement n'est donc pas à remettre en cause pour des motifs de mouvements de terrains. Cela suppose cependant que le problème de la gestion des eaux pluviales soient réglés aussi bien sur le site même du projet qu'en amont, c'est à dire en intégrant les ruissellements en provenance de la rue et des habitations qui dominent le site. Dans ces conditions ce projet de RHI ne peut qu'améliorer la stabilité en grand du site.





## 6. Bibliographie

Chassagneux D, Cruchet M et Fontaine F. (1998) – Cartographie de l'aléa mouvements de terrain sur la commune de Sada, Collectivité Territoriale de Mayotte. Rapport BRGM R39991, 61 p., 5 fig., 1 tabl et 2 ann.

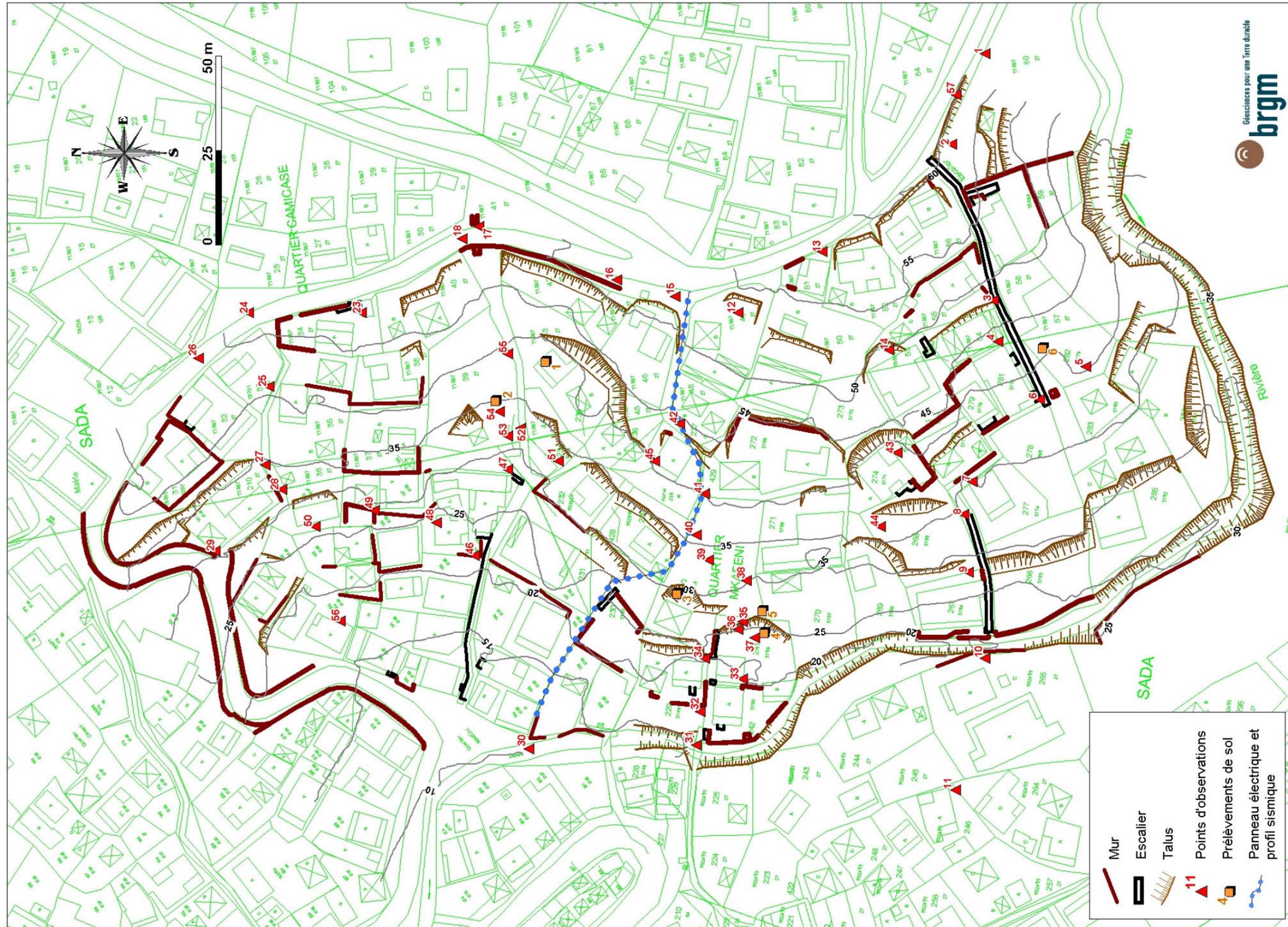
Mathon C., Zornette N. et J.C. Audru (2003) – Définition des aléas naturels et protection contre les mouvements de terrain, RHI de Moinatrindri, Commune de Bouéni, Mayotte. Rapport BRGM/RC-52482-FR, 2003 – Mayotte 08, 43 p., 3 Fig. et 3 Ann.



## **Annexe 1**

### **Situation des investigations**







## **Annexe 2**

### **Tableau des points d'observations**



N°	Commentaire
1	Pente aval du chemin, raide 40°, terrassée de plusieurs gradins (3u) de 3 à 5 m de haut. Les 2 m supérieurs –sous la rue- sont constitués de colluvions à blocs, le reste de la pente est dans les altérites. Un mur de soutènement B.A. de 2 m de haut est construit au bord du chemin.
2	3 m sous le départ de l'escalier : banga traditionnelle (côté sud) sur plateforme taillée dans altérites à blocs. Pente globalement raide 30 à 40°.
3	5 m sous rupture de pente de l'escalier (# milieu grosse maison). Altérites encaissant fondation aval maison protégées de l'érosion par sacs de terre.
4	Replat (5 à 10°) côté sud. Altérites à blocs.
5	5 à 6 m avant bordure aval du replat (n°4), au-dessus habitation collée au talus.
6	Changement de direction de l'escalier qui fait place à une allée bordée d'un caniveau.
7	Fin de l'allée, sommet du dernier tronçon d'escalier vers la ravine.
8	Rupture de pente.
9	Rupture de pente. Altérites à blocs côté sud.
10	Bas de l'escalier # 3 m au-dessus de la ravine.  Environ 30 m au nord, dans la ravine, le pied du talus amont est constitué de basalte surmonté de colluvions à blocs. Pente très raide 45° à 50°.
11	Flanc opposé / ravine.
12	Centre de la maison pas terminée en contre bas de la rue. Le mur amont est constitué par le mur de soutènement préexistant en aval de la rue. Altérites à blocs observables sur le terrain voisin (sud).
13	Départ sente.
14	Amont d'une série de maisons s'étageant dans la pente. Point pris en crête d'un mur de soutènement d'# 2 m de haut, lequel est en passe d'être intégré dans une maison en construction.
15	Extrémité amont profils géophysiques.
16	Extrémité muret (sud) bordure aval de la rue. Le crête du muret est au niveau de la chaussée. Le muret fait 40 cm de large et 60 cm de haut ; il est plaqué au talus

	amont d'un petit gradin débordant de 0,5 m à 1 m et dominant un talus de 3 m de haut au pied duquel une maison est construite sur un plateforme.
17	Avaloir amont de la buse sous chaussée. Quand il pleut ça déborde de partout.
18	Extrémité muret (nord)
20	Extrémité Est du mur de soutènement en BA (point n°1).
19	Amont limite de propriété. Extrémité mur de soutènement en pierres appareillées dans le prolongement du mur BA (entre points 18 et 20). Plateforme avec banga 6 m plus bas ; 1 gros bloc de basalte fiché dans la plateforme.
21	Banga traditionnelle sur plateforme 2 m en contrebas du chemin.
22	Passage du chemin sur la ravine (côté Est – lavandières). Berge ravine subverticale hauteur 5 m dans colluvions à blocs.
23	Bordure aval rue. Le soubassement de la maison intègre le mur de soutènement de la rue.
24	Départ chemin.
25	Angle maison adossée au talus. Talus hauteur 2,5 m.
26	Départ chemin. De part et d'autre les maisons sont adossées au talus et font office de soutènement.
27	Changement de direction chemin.
28	Chemin tourne à angle droit. Côté sud terrassement 2 m dans altérites.
29	Sortie chemin sur rue. Côté sud long mur de soutènement -pierres et ciment- le long de la rue, qui descend de la mairie. Côté nord, en retrait de la rue, présence terrassements dans colluvions à gros blocs. Stabilité précaire ; un arbre prêt à tomber.
30	Place entre rue et ravine. Talus hauteur 5 à 6 m, non protégé, pente 40° dans colluvions à blocs. Maison R + 1 côté nord, maison R + 0 côté sud ; toutes sont en castrées dans le talus et font office de soutènement.
31	Milieu passerelle nord sur ravine. Côté nord : berge ravine soutenue par mur (aval terrasse maison). Côté sud berge à nu dans colluvions à blocs.
32	Entre 2 maisons. Celle du bas est adossée au talus et le soutien, pas celle du dessus.
33	Sur le toit d'une maison encastrée dans le talus, en bordure de la ravine.

34	Pied de l'escalier cassé par glissement superficiel partie supérieure du talus. Côté nord : talus subvertical hauteur 5 m en arrière de la maison. Côté sud : talus hauteur 8 m en partie glissé. Talus taillé dans colluvions à peu de blocs (très gros blocs en partie supérieure talus sud).
35	Cassure escalier.
36	Chemin crête talus.
37	Chemin bifurque à angle droit (vers l'est).
38	Extrémité gradin non soutenu amont et aval.
39	Parcelle terrassée mais non bâtie. Talus amont subvertical hauteur 3 m dans colluvions à blocs épars. Plus au sud, les maisons sont construites contre les talus amont et les soutiennent.
40	Chemin cimenté (profils géophysiques). Le talus aval n'est pas soutenu (herbe + bananiers).
41	Extrémité amont chemin cimenté. Côté sud : maison avec terrasse sur pilotis ; derrière –amont- soutènement en pierres sèches hauteur 5 à 6 m épaisseur 1 m. Côté nord talus non soutenu.
42	Derrière maison soutenant partiellement le talus.
43	Angle maison en construction dans décaissement. Elle fait office de soutènement. Mais entre 41 et 43 talus non soutenu planté de bananiers.
44	Petite esplanade.
45	Angle maison. Talus aval très raide 40 à 45°.
46	Extrémité nord d'un grand mur de soutènement en pierres sèches, hauteur 4 à 5 m épaisseur $\geq 1$ m, protégeant une maison et sa plateforme. Côté nord talus moyennement pentu 30° aval maison non protégé hauteur 3,5 m.
47	« Patte d'oie » de la ravine. Côté sud mur de soutènement hauteur 4 à 5 m en pierres protégeant parcelle bâtie. Côté nord le RdC de la maison fait butée de pied du talus (pied du talus = chemin).
48	Bas d'un petit escalier. Côté nord grand mur de soutènement (hauteur 4 à 5 m, barbacanes) aval maison.
49	Mur de soutènement (point n°48).

50	Prolongement mur de soutènement.
51	Talus non soutenu derrière banga hauteur 3 à 4 m. Colluvions à blocs épars.
52	Angle ravine (caniveau béton) et toit maison adossée au talus (= soutènement). Au-dessus présence banga avec talus arrière nu et érodé (hauteur 3 m).
53	
54	Talus côté nord de la ravine. Beaucoup de pierres et petits blocs répandus sur le talus (pente 30 à 35°). Présence ancien emplacement banga. Terrain paraît peu stable.
55	Prolongement terrasse maison, à 2 m de la ravine (caniveau cassé – marmite d'érosion Ø 2 à 3 m prof 1,5 m une quinzaine de mètres en amont). Derrière la maison (bleu et jaune) talus nu en retrait de 2 à 3 m, hauteur 5 à 6 m.
56	Angle chemin. Maisons avec soutènements aval en pierres et ciment.
57	Bord du chemin. Pente aval vers ravine plantée de quelques bananiers.

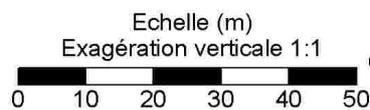
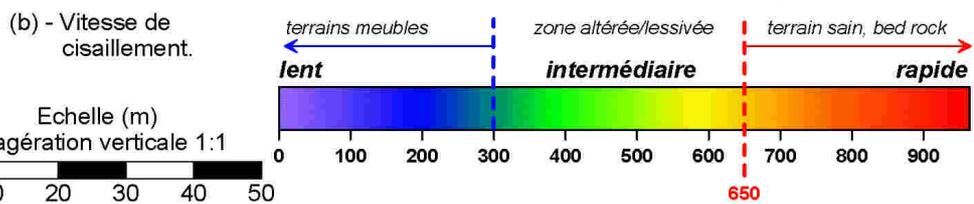
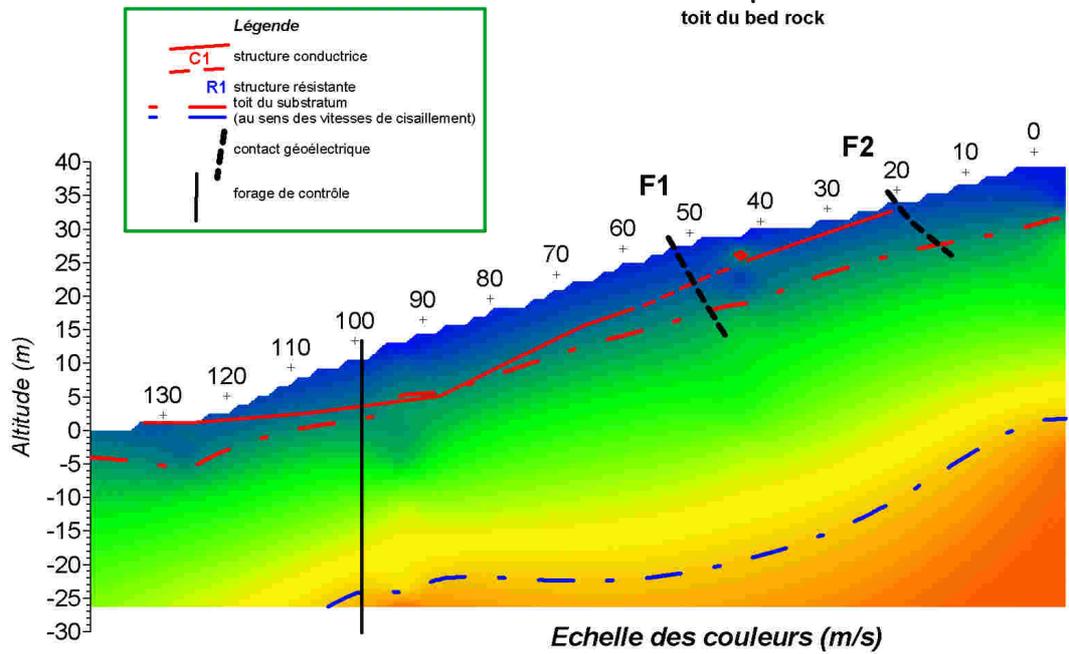
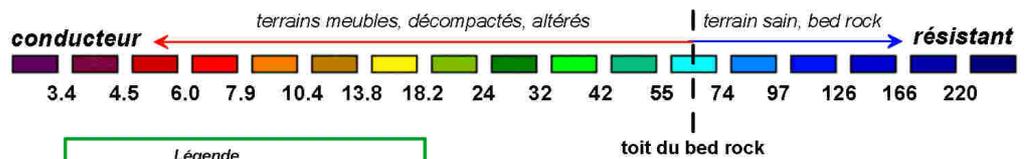
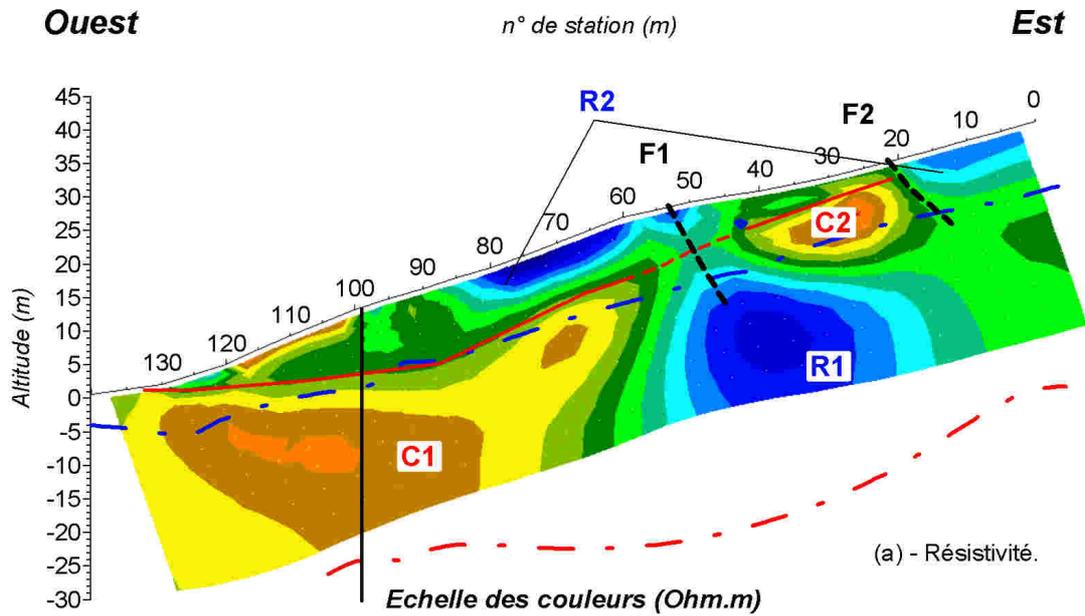




## **Annexe 3**

# **Profils géophysiques**



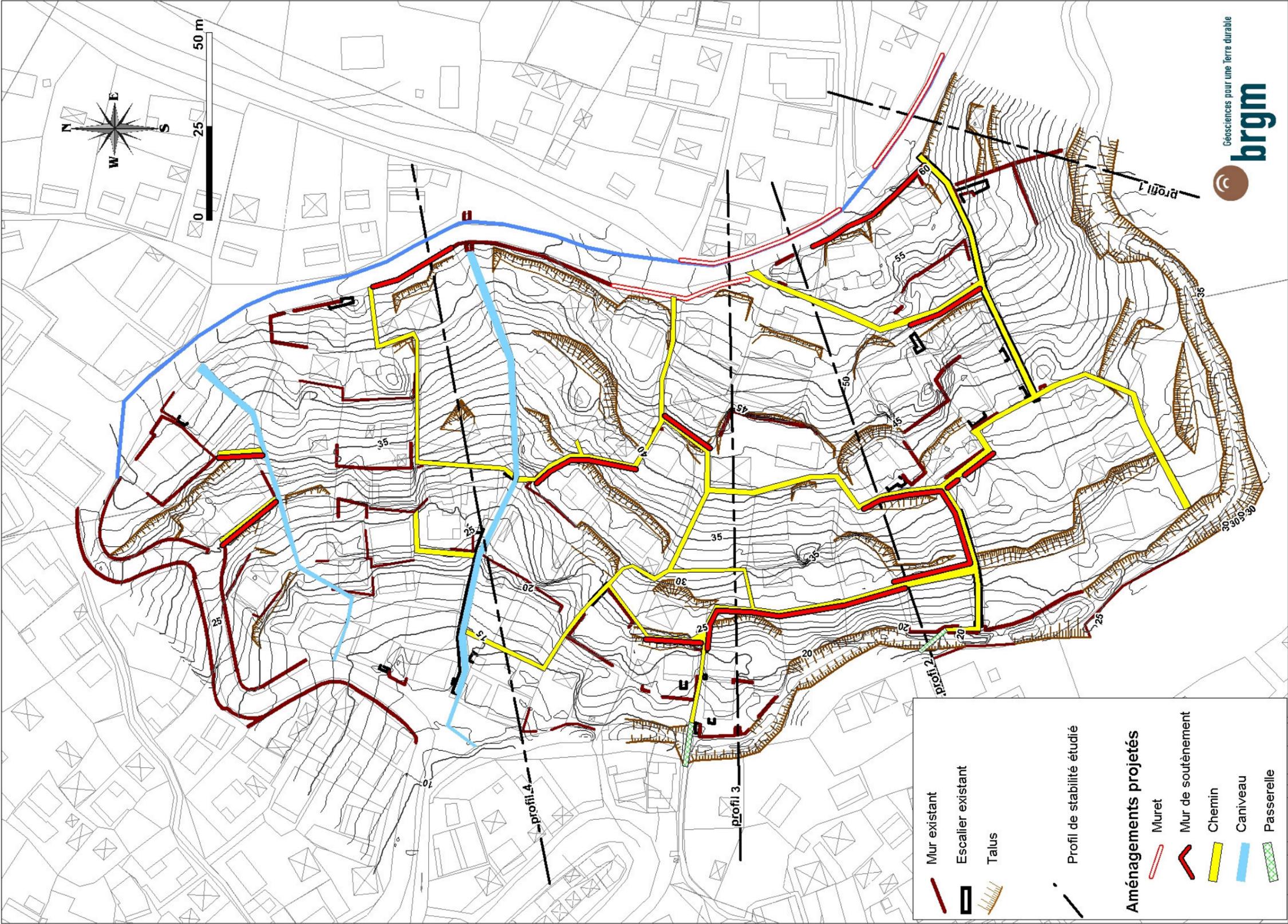




## **Annexe 4**

# **Situation des profils de stabilité sur fond topographique et projet d'aménagement**







## **Annexe 5**

### **Profils de stabilité**



## **Profil 1**

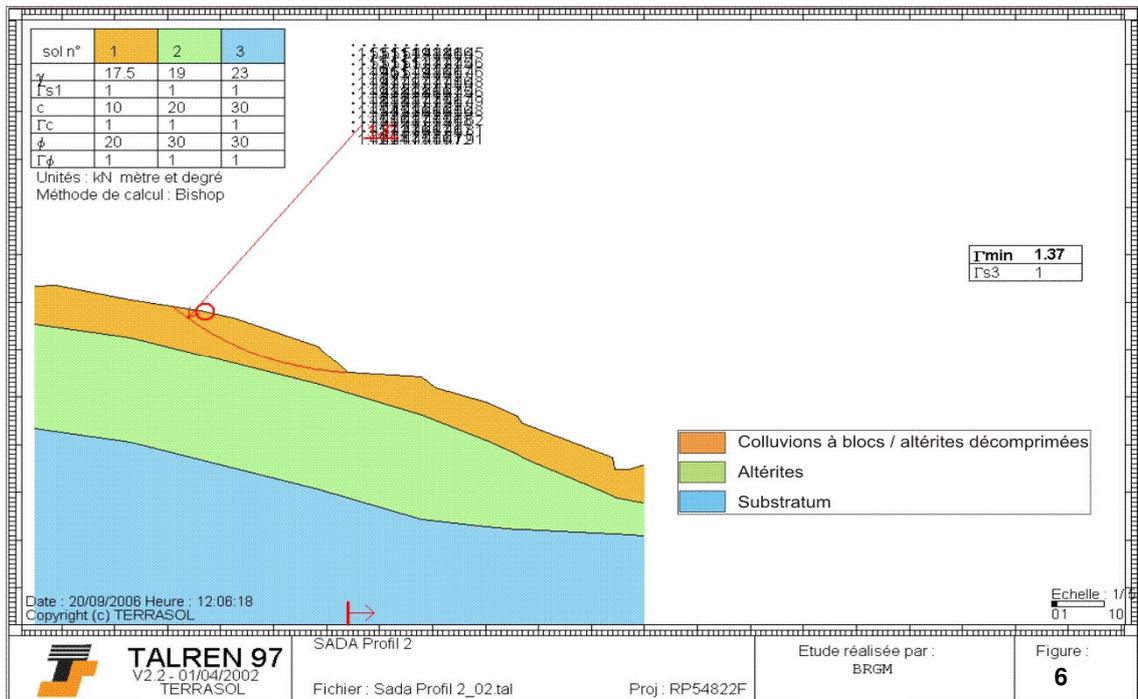
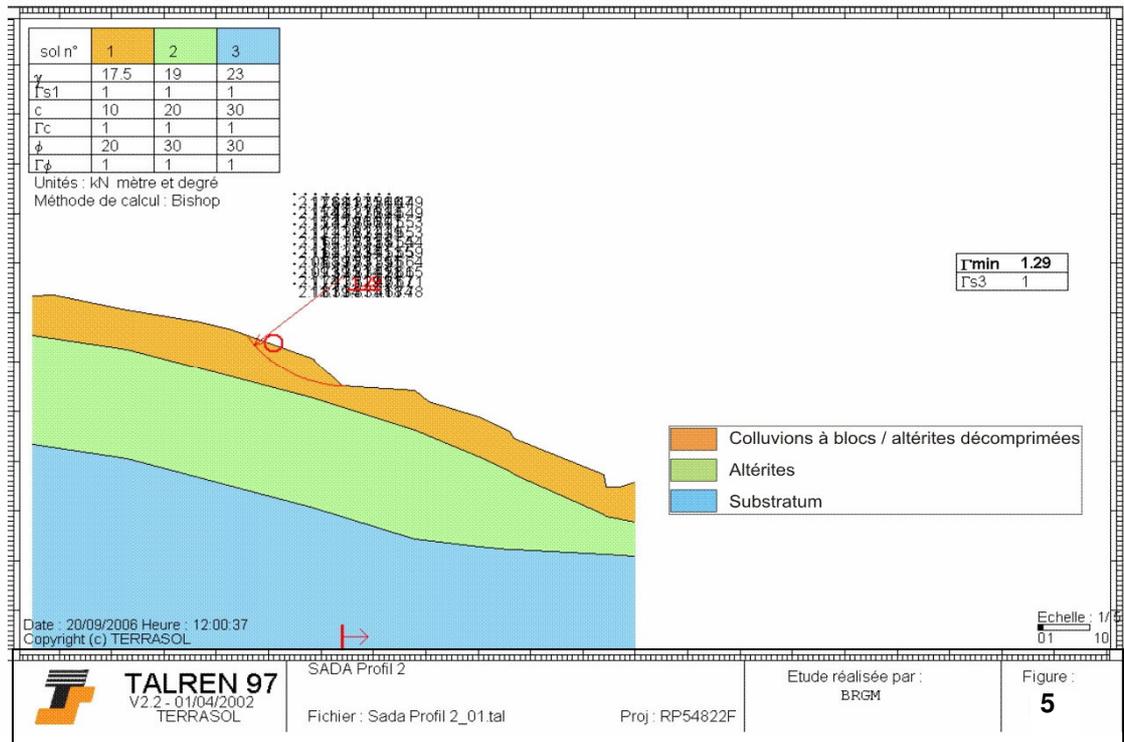


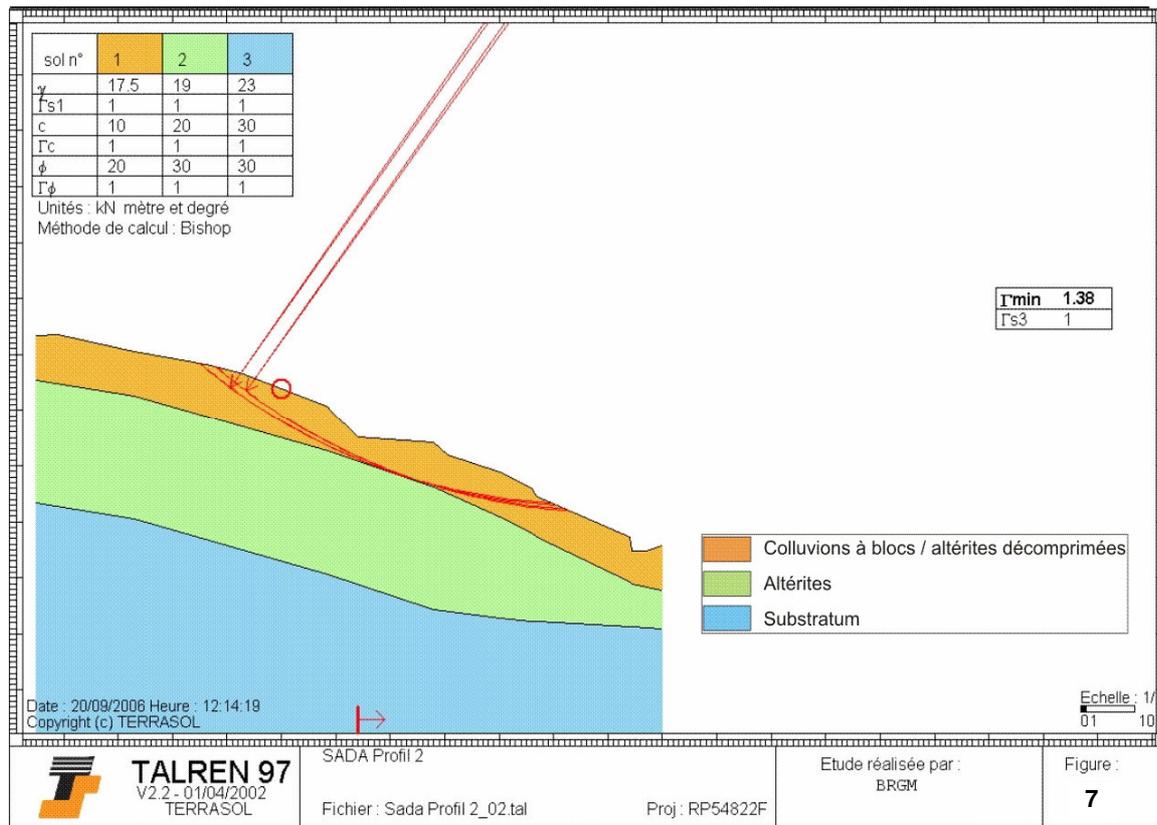


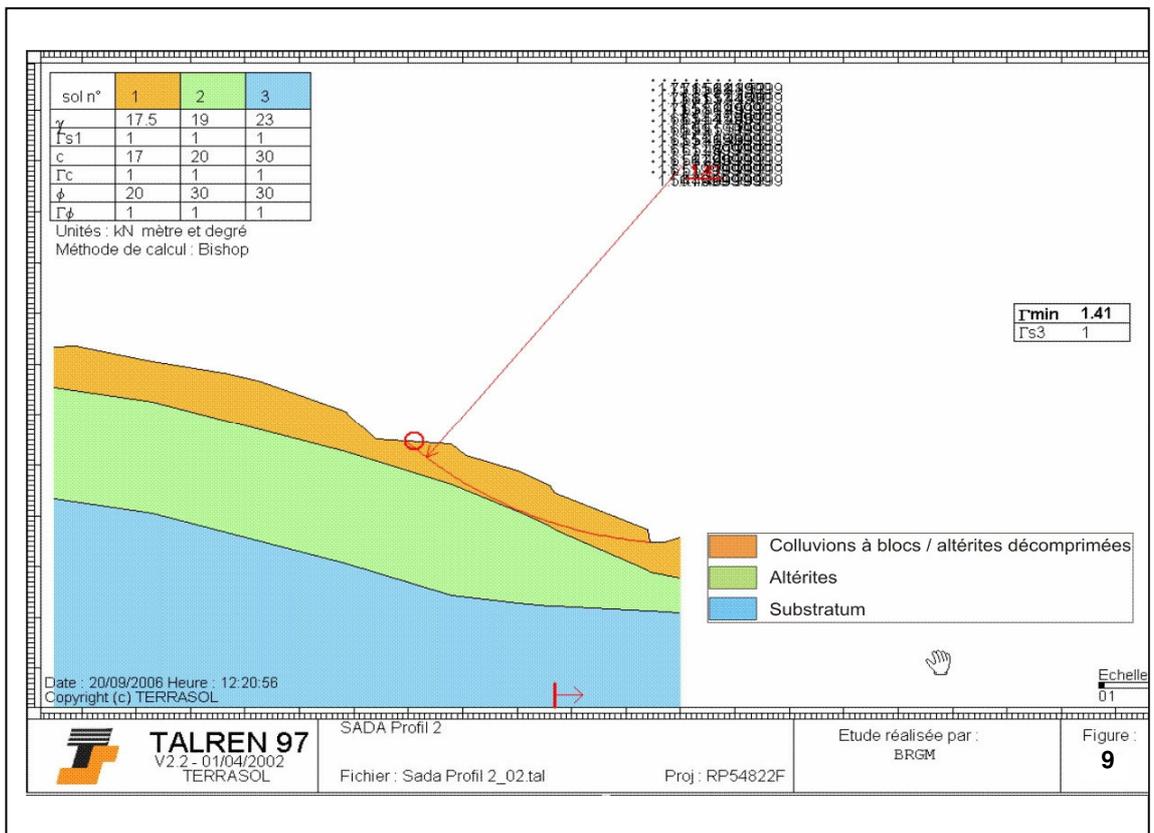
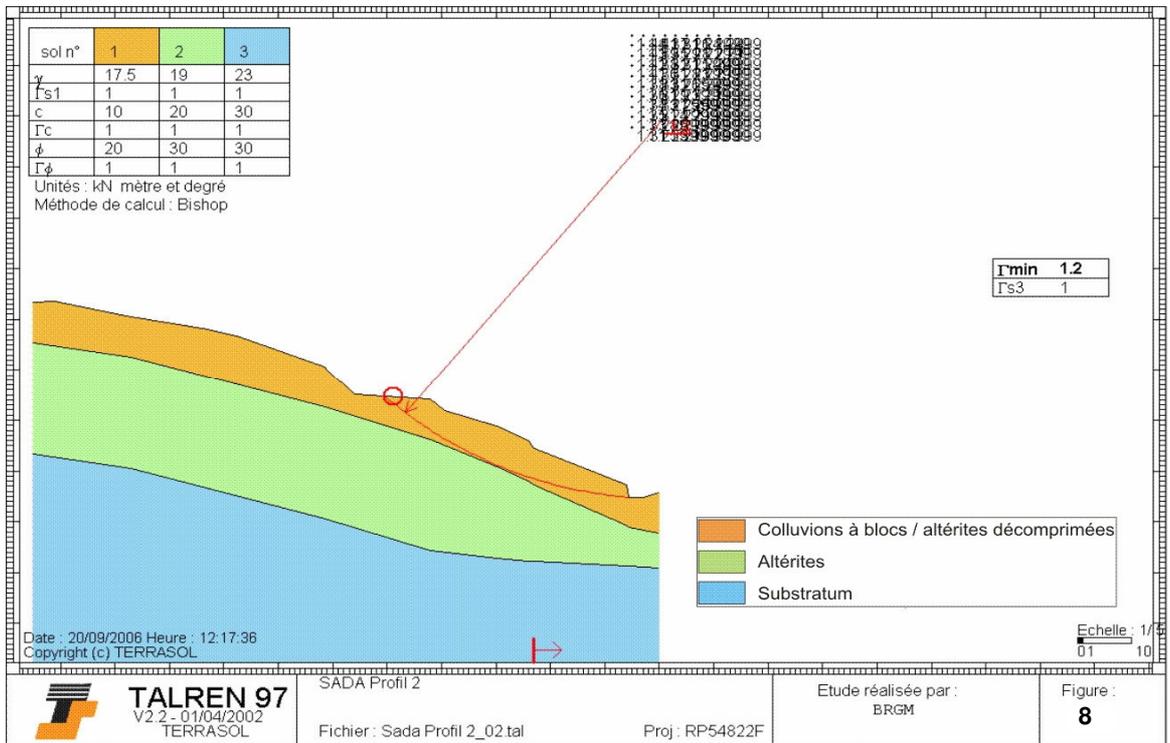


## **Profil 2**





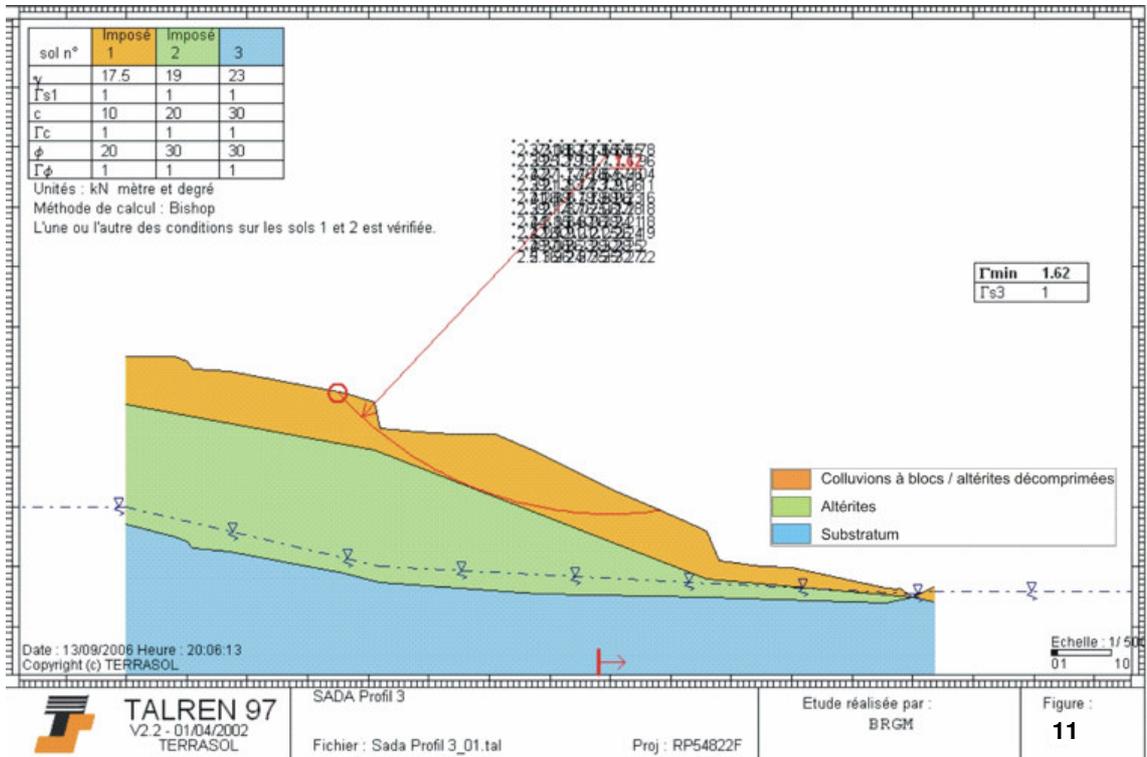
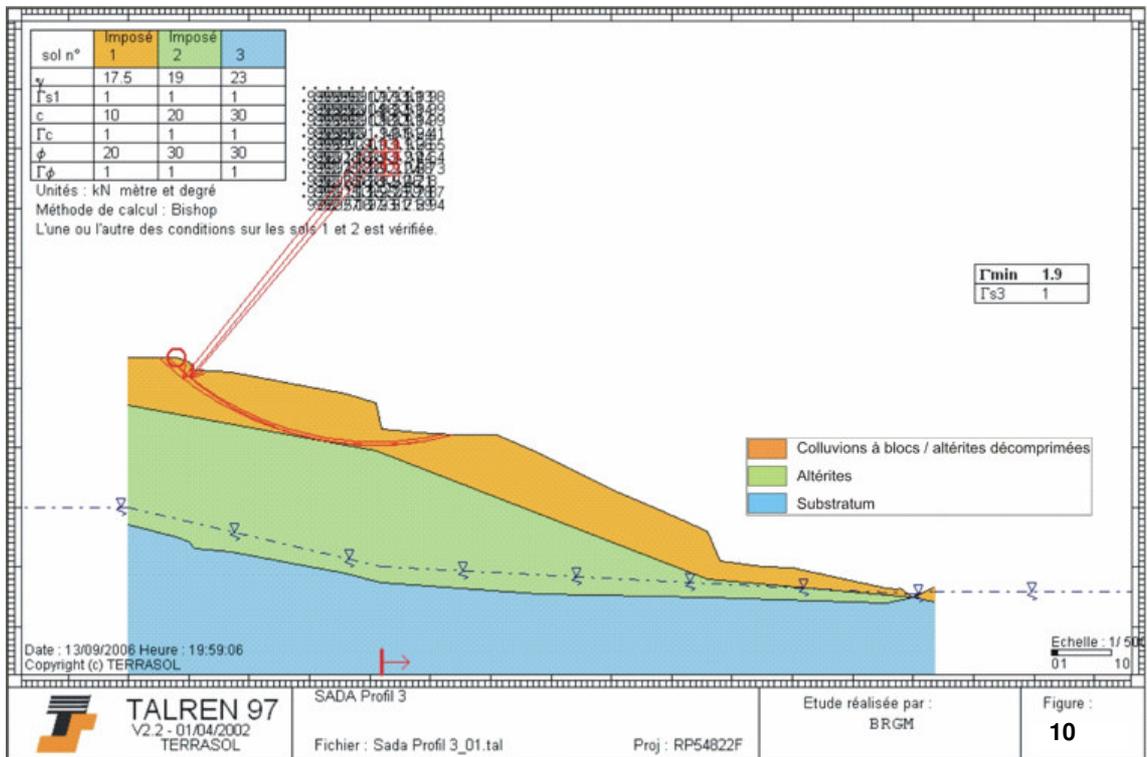




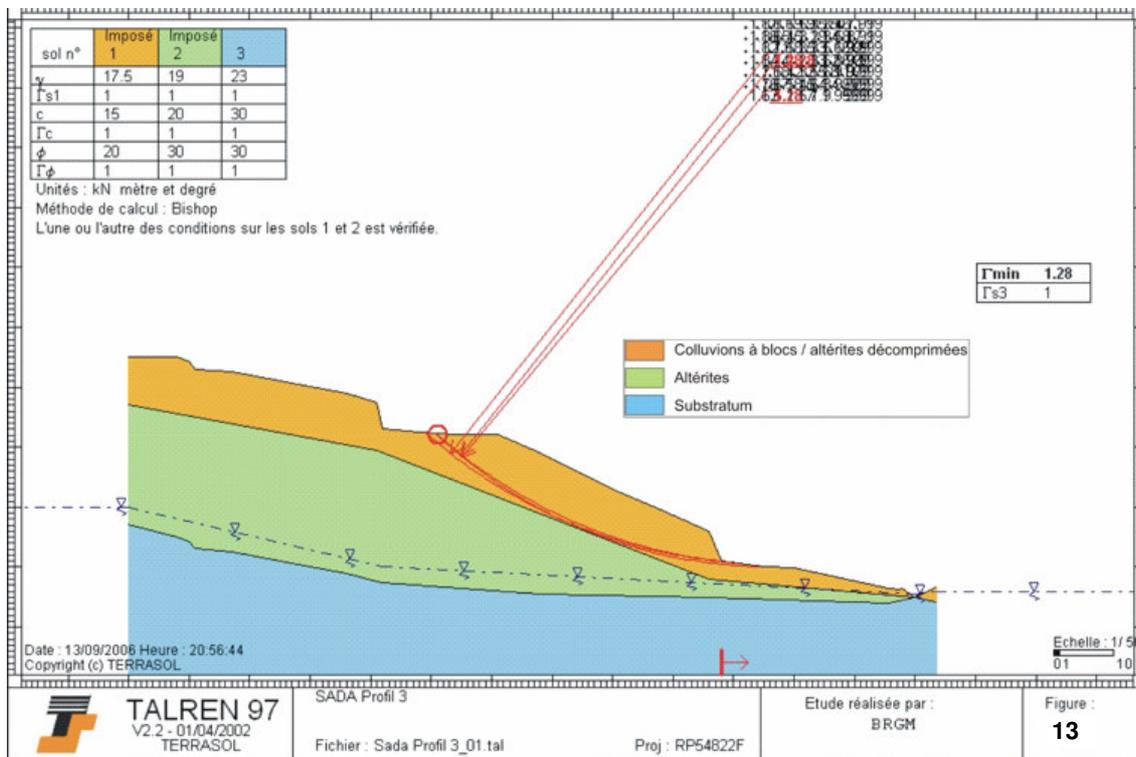
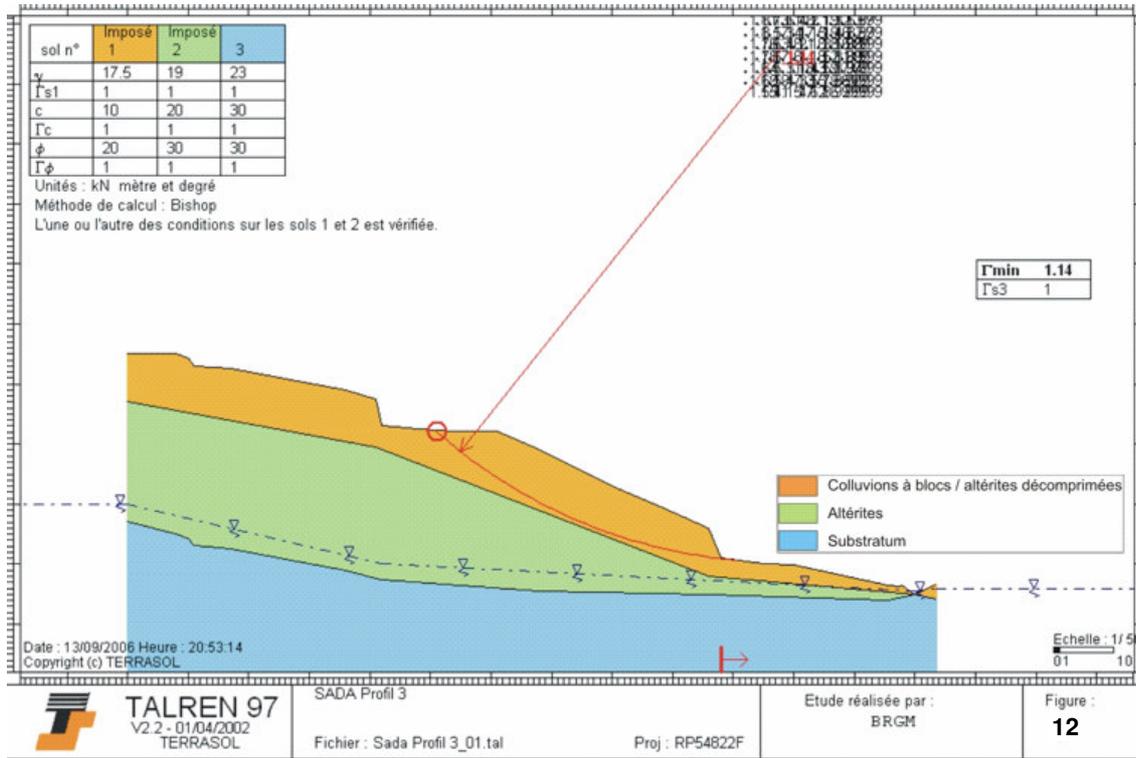


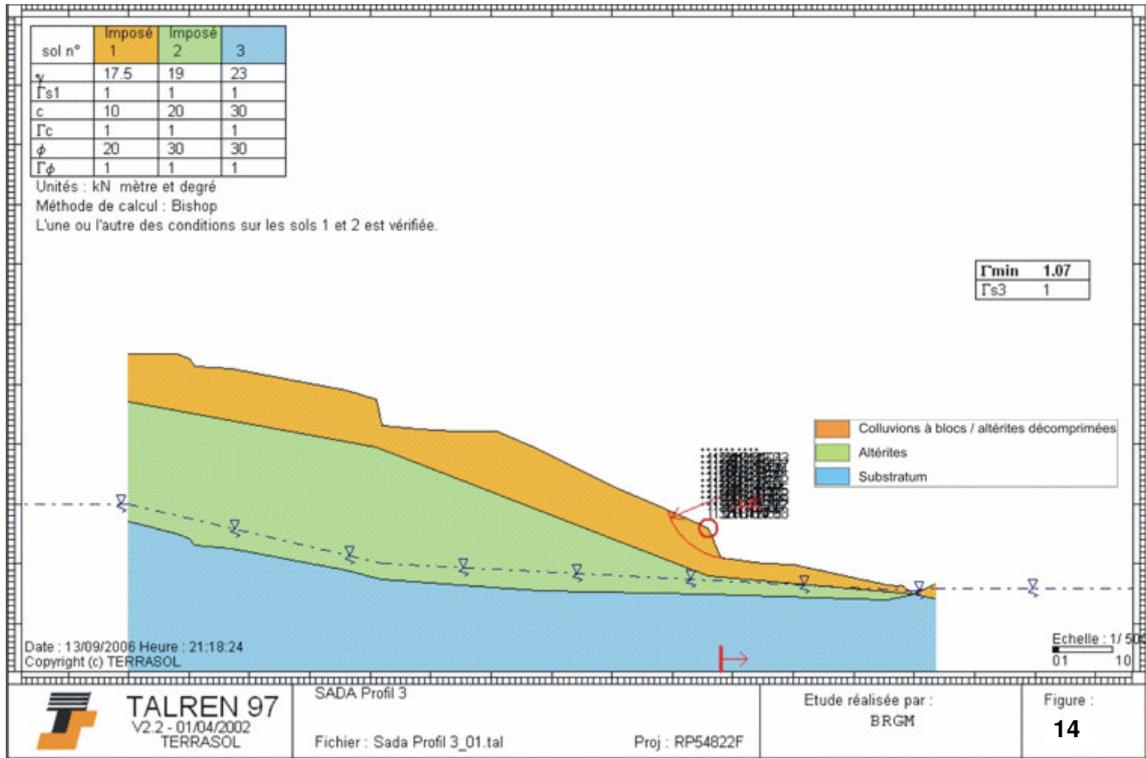
## **Profil 3**





Commune de Sada  
 Définition des aléas naturels dans le cadre d'un projet de RHI dans le quartier de M'Kaféni

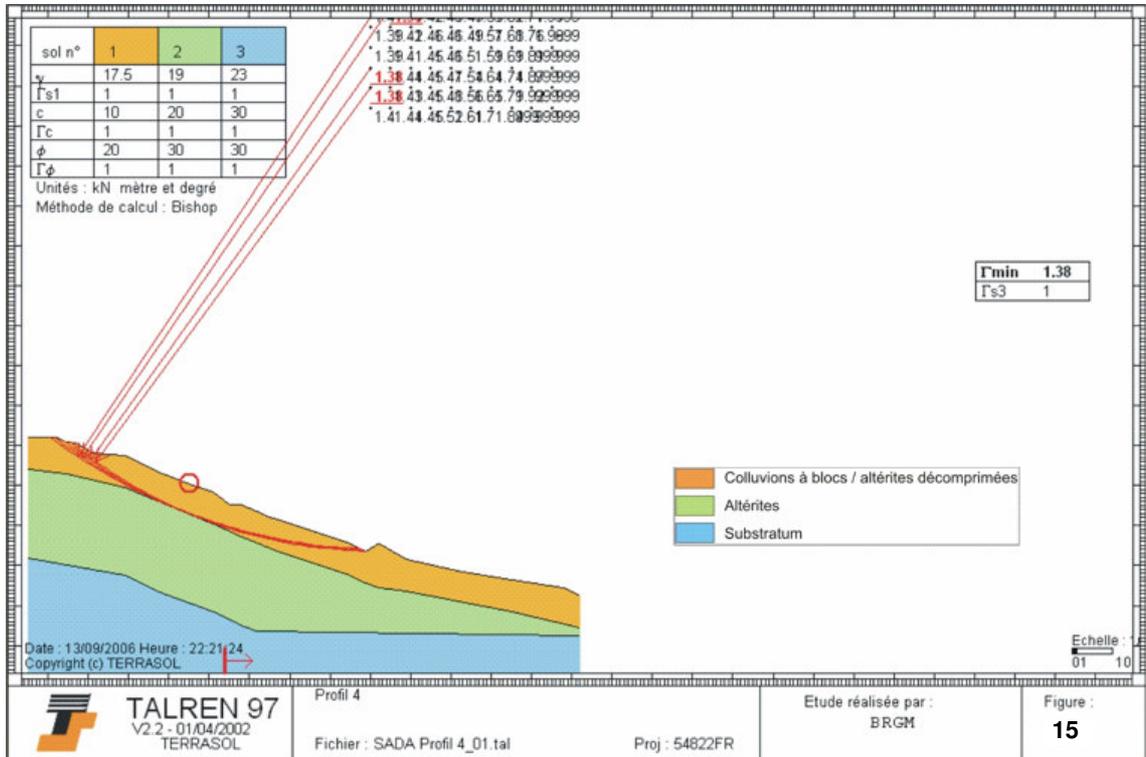






## **Profil 4**







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 “Océan Indien”**

Antenne de Mayotte – 9, centre Amazoula  
BP 1398

97600 – Mamoudzou- Mayotte  
Tél. : 02.69.61.28.13