



PLAN DE PRÉVENTION  
DES RISQUES NATURELS PRÉVISIBLES  
COMMUNE DE SAINT ISMIER  
REVISION N°2  
**DOSSIER D'APPROBATION**

Octobre 2011

*A5 – Annexe 4*  
*Étude SAGE de 2009 pour le compte de l'État*

Service instructeur :	DIRECTION DÉPARTEMENTALE DES TERRITOIRES DE L'ISÈRE - Service Prévention des Risques - - 17, bd Joseph Vallier – BP45 - 38 040 Grenoble - - Tel : 04 56 59 43 72 - Fax : 04 56 59 42 59 - <a href="mailto:DDT-38@isere.gouv.fr">DDT-38@isere.gouv.fr</a>	
Élaboration du dossier :	SERVICE DÉPARTEMENTAL DE RESTAURATION DES TERRAINS EN MONTAGNE DE L'ISÈRE - 9, quai Créqui -38 000 Grenoble - - Tel : 04 76 23 41 61 - Fax : 04 76 22 31 50 - <a href="mailto:rtm.grenoble@onf.fr">rtm.grenoble@onf.fr</a>	

# DDE DE L'ISERE

---

## Commune de SAINT-ISMIER Sous Cote Borne

---

Etude des risques d'atteinte par les  
chutes de blocs

*Gières, Avril 2009 – RP. 4340*

**SAGE**  
SOCIETE ALPINE DE GEOTECHNIQUE  
2, rue de la Condamine – B.P. 17  
38610 GIERES  
☎ 04.76.44.75.72    📠 04.76.44.20.18

# SOMMAIRE

<b>1 – INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2 – OBSERVATIONS DETAILLEES.....</b>	<b>2</b>
2.1. Géomorphologie .....	2
2.2. Trajectoires des chutes de blocs au regard de la topographie .....	3
2.3. Evènements de chutes de blocs .....	4
<b>3 – CALCUL TRAJECTOGRAPHIQUE DE PROPAGATION .....</b>	<b>5</b>
3.2. Méthodologie des calculs de propagation .....	5
3.2. Description du profil trajectographique .....	5
3.3. Hypothèses de départ .....	5
3.4. Résultats des calculs – Zonage des risques d’atteinte par des chutes de blocs.....	6
3.4.1. Profil 1 .....	6
3.4.2. Profil 2 .....	7
3.4.3. Zonage des aléas.....	8

■ ■ ■

## **LISTE DES FIGURES**

- FIGURE 1 :** Plan de situation 1/25 000.
- FIGURE 2 :** Implantation des profils – Planche photographique-vue en relief
- FIGURE 3 :** Plan des observations géologiques et géomorphologiques du bas versant 1/5000.
- FIGURE 4 :** Profil trajectographique P1.
- FIGURE 5 :** Profil trajectographique P2.
- FIGURE 6 :** Carte de zonage de l'aléa 1/10 000.

## **LISTE DES ANNEXES**

- ANNEXE 1 :** Méthodologie des calculs trajectographiques.
- ANNEXE 2 :** Résultats des calculs – Profil 1.
- ANNEXE 3 :** Résultats des calculs – Profil 2.
- ANNEXE 4 :** Extrait du PPR.
- ANNEXE 5 :** Planches photographiques.

• • •

# 1 – INTRODUCTION

**Demandeur :** Direction Départementale de l'Équipement de l'Isère  
DDE/SPR/CAR  
17 boulevard Joseph Vallier  
BP45  
38040 GRENOBLE CEDEX

**Objet :**

Cette étude a été demandée afin de préciser le zonage des risques d'atteinte vis à vis des chutes de blocs depuis les falaises du Tithonique du secteur Sous Cote Borne.

Lors de l'établissement du PPR en 2003, la topographie particulière n'avait pu être prise en compte puisqu'une visite systématique n'avait pu être menée à l'échelle de l'étude précédente. L'extrapolation entre les profils trajectographiques a pu impliquer localement des conditions pessimistes.

Cette étude a pour objet d'analyser de façon particulière les risques d'atteinte par les chutes de blocs ou éboulements issus des falaises sommitales et locales en tenant compte de la configuration topographique locale très particulière.

Il s'agit d'une mission de type **G11** selon la classification de l'Union Syndicale Géotechnique.

**Reconnaisances réalisées :**

- Observations détaillées du versant – Cartographie détaillée.
- Calcul trajectographique de propagation sur les trajectoires les plus probables au droit des parcelles.

**Documents consultés :**

- RP 2183- SAGE- « Eléments de détermination de l'aléa de référence- Falaise du Tithonique- Tronçon Manival-Col de Vence » Octobre 2002.
- RP2293- PPR de St Ismier- Calculs trajectographiques en vue de l'aléa de chutes de blocs- Réactualisation des profils 11, 12 et 13 de l'étude ADRGT A/307 d'octobre 1985. Mars 2003.
- RP3276- Etude des risques d'atteinte par les chutes de blocs d'une maison existante. Sous Cote Borne- Monsieur ARRIGHI- Commune de St Ismier- Avril 2006.

## 2 – OBSERVATIONS DETAILLEES

### 2.1. Géomorphologie

Nous avons parcouru le versant de Cote Borne entre les cotes NGF 450 et 700 m, le 26 mars 2009 et avons levé deux profils topographiques au clisimètre et distancemètre.

La bande de terrain concernée par la réactualisation du zonage est située en rive gauche du torrent des ECORCHIERS au lieu-dit Cote Borne.

Ce lieu-dit « Cote Borne » correspond à un coteau de calcaires marneux du Rauracien, lesquels affleurent localement dans la forêt et dans les thalwegs entre les cotes 530 et 570 m et donnent lieu à des ressauts pentés entre 45 et 55 °.

Le ravin des Ecorchiers prend naissance vers la cote 1000 m environ. Le bassin versant de ce ravin a une forme allongée, orientée NW-SE qui s'incurve au niveau de Cote Borne vers le Sud de telle manière qu'il délimite une croupe topographique marquée entre Cote Borne et ce ravin.

Il existe vers la cote 720 dans le versant un point de basculement entre deux bassins versant différents, à l'ouest celui des Ecorchiers, au Nord celui du Manival. Cette zone est marquée par la présence de blocs témoins de chutes de blocs depuis les falaises sommitales du Tithonique, de volume compris entre 1 et 30 m<sup>3</sup>. Les blocs étant parvenus à cet endroit ont emprunté une trajectoire particulière.

### 2.2. Trajectoires des chutes de blocs au regard de la topographie

De ce point de basculement entre les deux bassins versant, nous avons levé deux profils trajectographiques différents :

- ➔ l'un direct passant au Nord de Cote Borne, au droit d'une croupe topographique marquée en zone basse, et passant au droit d'une ancienne zone d'éboulement.
- ➔ l'autre plus particulier et biais au Sud. Cette dernière trajectoire, particulière, doit être considérée comme possible, bien que très exceptionnelle, compte tenu de la présence de blocs anciens dans le versant.

La maison de Monsieur ARRIGHI, située à l'extrémité sud de Cote Borne, au débouché du torrent des Ecorchiers est considérée dans une zone d'atteinte par les chutes de blocs très faible. Il est peu probable que des événements de chutes de blocs depuis les falaises sommitales puissent atteindre cette zone compte tenu de la topographie et de la présence d'une zone d'ombre vis à vis des chutes de blocs depuis la falaises Tithonique.

A partir des observations de terrain, nous avons repéré sur la figure 3 la limite de cette « zone d'ombre » vis à vis d'évènements sommitaux.

### **2.3. Evènements de chutes de blocs**

L'existence d'un bloc de calcaire Tithonique de 20 m<sup>3</sup> environ vers la cote 460m, au niveau d'une bosse topographique, près de la piste carrossable, reste problématique. Celui-ci laissant penser à un résidu de lave torrentielle ou à une origine de chute de blocs depuis les falaises sommitales. Toutefois, ce dernier phénomène serait très exceptionnel car issu d'une trajectoire biaisée d'un bloc.

D'autres blocs de calcaires Tithoniques sont observables au bas ou au pied du versant. Ainsi, une marque d'éboulement ancien est visible au niveau de la partie Nord de Cote Borne avec des volumes compris entre 0,5 et 30 m<sup>3</sup> entre les cotes NGF 480 et 560 (*au niveau du profil 1*) ainsi qu'en pied de coteau avec des volumes de l'ordre de 1 m<sup>3</sup> vers la cote 490 m au niveau du profil 2.

## 3 – CALCUL TRAJECTOGRAPHIQUE DE PROPAGATION

### 3.1. Méthodologie des calculs de propagation

Les calculs de propagation ont été effectués selon la méthode A.D.R.G.T. (*version 2007*) dont une notice technique est fournie en annexe 1.

### 3.2. Description du profil trajectrographique

Nous proposons de retenir deux nouveaux profils trajectrographiques n° 1 et 2, lesquels sont localisés sur les figures 2 et 3.

Ceux-ci sont présentés aux figures 4 et 5.

Ils correspondent à un profil précis de la zone d'étude et passant au droit de Cote Borne. Ces deux profils ont été levés au distancemètre et clisimètre.

Le profil P1 emprunte une croupe topographique marquée, alors que le profil P2, plus au sud constitue la trajectoire la plus extrême de la trajectoire particulière visible à la figure 2.

### 3.3. Hypothèses de départ

Nous proposons de réaliser sur chaque profil une série d'environ 1 000 000 calculs afin de préciser le zonage par probabilité d'atteinte de la zone située sous Cote Borne.

La végétation est négligée afin de s'affranchir des risques d'incendie.

Les départs se feront depuis le sommet de la corniche Tithonique à la cote 1489 avec des volumes au départ de 20 à 100 m<sup>3</sup>.

- ⇒ Taille des blocs au départ : volume unitaire compris entre 20 et 100 m<sup>3</sup> (*aléa de référence*).
- ⇒ Poids volumique de la roche : 2,5 t/m<sup>3</sup>.
- ⇒ Forme des blocs au départ : semi-anguleux à anguleux.
- ⇒ Végétation : Néant.
- ⇒ Nature du sol : la nature des éboulis et du sol a été prise en considération sur chaque profil.

### 3.4 Résultats des calculs- Zonage des risques d'atteinte par des chutes de blocs.

Les résultats de calcul sont récapitulés dans les tableaux suivants (tableaux n° 1 et n° 2) et aux annexes 2 et 3.

#### 3.4.1 Profil 1

**Tableau n° 1 – Résultats des calculs trajectographiques de propagation Profil 1**

	N° Point	Abscisse (m)	Altitude (m)	Altitude de départ des blocs (m)	Poids de départ	Nombre de blocs au départ	Probabilité d'atteinte	Hauteur maximale de passage	Energie maximale de passage
<b>Point de basculement entre deux bassins versants</b>	10	930	750	1489	50 à 250 T	530707	15,7 %	26,2 m	188487 KJ
<b>chemin</b>	21	1384	520	1489	50 à 250 T	530707	4 %	16 m	101110 KJ
<b>route</b>	29	1551	465	1489	50 à 250 T	530707	1,3 %	5,6 m	37548 KJ

Le zonage du risque d'après la grille des aléas donnée en annexe 4 est donné par les abscisses suivantes :

	Probabilité d'atteinte $p > 10^{-2}$	$10^{-2} > p > 10^{-4}$	$10^{-4} > p > 10^{-6}$
	Indice P3		Indice P2
	Aléa fort		Aléa moyen-faible
X(m)	1570	1710	1725
Largeur de la zone	1570	140	15

Les résultats des calculs montrent que la probabilité d'atteinte est plus importante au niveau de la croupe topographique où passe le profil P1. On observe d'ailleurs un amas de blocs de volume divers (*maxi 30 m<sup>3</sup>*) au droit de cette croupe dans la forêt, lequel atteste de la fréquence des événements à cet endroit.

### 3.4.2. Profil 2

**Tableau n° 2 – Résultats des calculs trajectographiques de propagation  
Profil 2**

	N° Point	Abscisse (m)	Altitude (m)	Altitude de départ des blocs (m)	Poids de départ	Nombre de blocs au départ	Probabilité d'atteinte	Hauteur maximale de passage	Energie maximale de passage
<b>Point de basculement entre deux bassins versants</b>	10	920	760	1489	50 à 250 T	1511024	16,7 %	14,6 m	170 833 KJ
<b>chemin</b>	17	1410	500	1489	50 à 250 T	1511024	7,1%	12,9 m	95799 KJ
<b>Pré avec Bloc 20 m<sup>3</sup></b>	20	1530	479	1489	50 à 250 T	1511024	4,6x10 <sup>-3</sup>	3,5m	26005 KJ

Le zonage du risque d'après la grille des aléas donnée en annexe 4 est donné par les abscisses suivantes :

	Probabilité d'atteinte $p > 10^{-2}$	$10^{-2} > p > 10^{-4}$	$10^{-4} > p > 10^{-6}$
	Indice P3		Indice P2
	Aléa fort		Aléa moyen-faible
X(m)	1520	1615	1663
Largeur de la zone	1520	95	48

### 3.4.3. Zonage des aléas

Nous avons extrapolé les résultats du zonage obtenu au droit de la maison Arrighi avec ceux de la présente étude et ceux du profil n°13 de l'étude SAGE n°2293. La carte du zonage des aléas de chutes de blocs par probabilité d'atteinte est présentée à la figure 6.

On remarque que la limite de probabilité d'atteinte  $10^{-6}$  remonte dans le versant pour l'extrémité Sud. Il est en effet peu probable que des blocs issus de la falaise sommitale atteignent ce secteur (« zone d'ombre » voir figure 2 et 3).

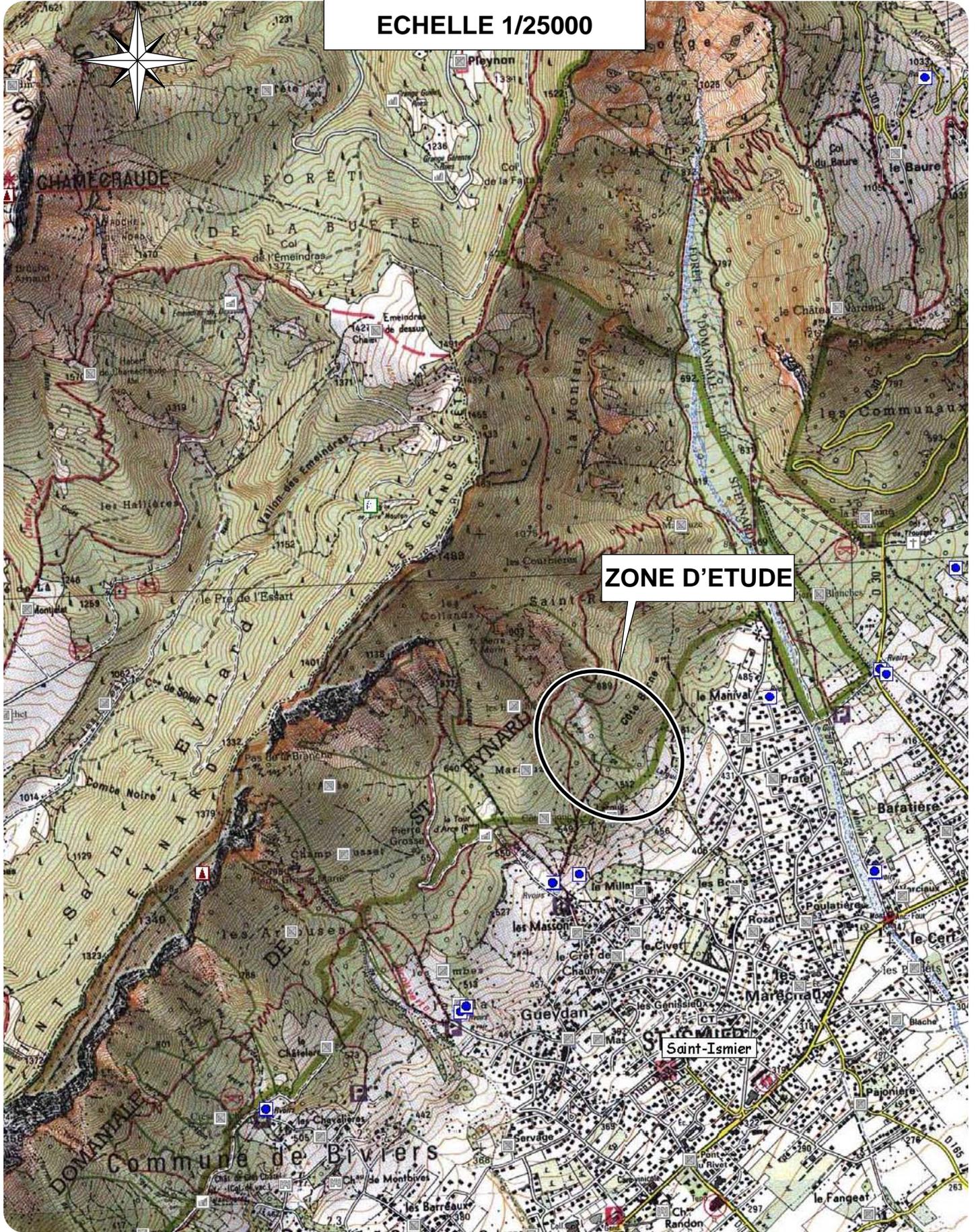
Nous n'avons pas tenu compte dans ce rapport des phénomènes de crues torrentielles au niveau du débouché du torrent des Ecorchiers.

La Société SAGE se tient à votre disposition pour tout renseignement complémentaire ou assistance technique relative à cette étude.

Rapport établi par :	vérifié par :	validé par :
<b>P. STUPNICKI</b>	<b>L. LORIER</b>	<b>Le co-gérant</b> <b>L. LORIER</b>

N

# PLAN DE SITUATION ECHELLE 1/25000



Rp 4340

Avril  
2009

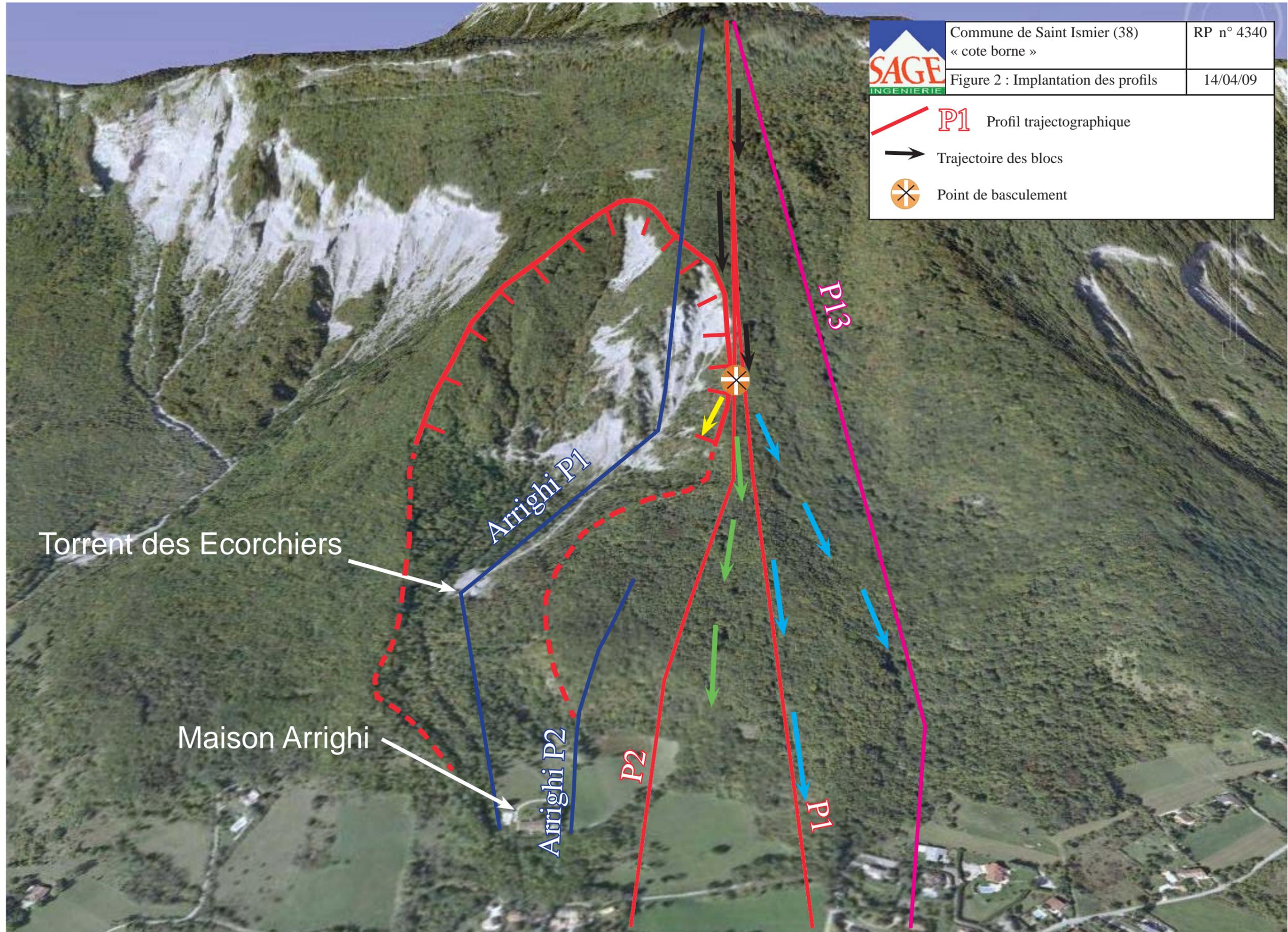
**Commune de SAINT-ISMIER - Sous Cote Borne (38)**  
**Direction Départementale de l'Équipement de l'Isère**  
**DDE/SPR/CAR**  
**Étude des risques d'atteinte par les chutes de blocs**

Figure 1

	Commune de Saint Ismier (38)	RP n° 4340
	« cote borne »	
Figure 2 : Implantation des profils		14/04/09

	<b>P1</b> Profil trajectographique
	Trajectoire des blocs
	Point de basculement



Torrent des Ecorchiers

Maison Arrighi

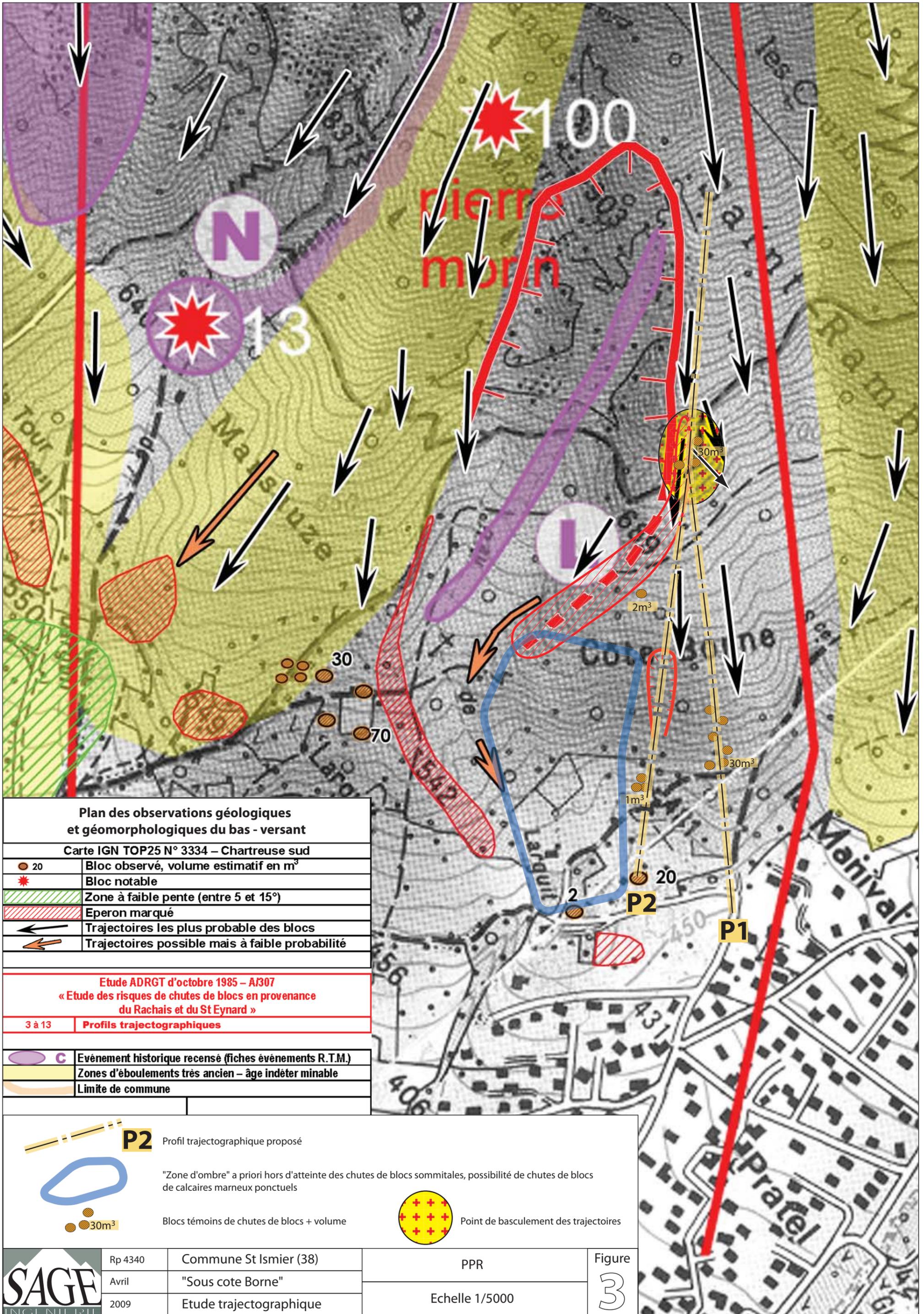
Arrighi P1

Arrighi P2

P2

P13

P1



Plan des observations géologiques et géomorphologiques du bas - versant	
Carte IGN TOP25 N° 3334 – Chartreuse sud	
	Bloc observé, volume estimatif en m <sup>3</sup>
	Bloc notable
	Zone à faible pente (entre 5 et 15°)
	Eperon marqué
	Trajectoires les plus probable des blocs
	Trajectoires possible mais à faible probabilité
<b>Etude ADRGT d'octobre 1985 – A/307</b> <b>« Etude des risques de chutes de blocs en provenance du Rachais et du St Eynard »</b>	
<b>3 à 13</b>	<b>Profils trajectographiques</b>
	Evènement historique recensé (fiches évènements R.T.M.)
	Zones d'éboulements très ancien – âge indéter minable
	Limite de commune

**P2** Profil trajectographique proposé

"Zone d'ombre" a priori hors d'atteinte des chutes de blocs sommitales, possibilité de chutes de blocs de calcaires marneux ponctuels

Blocs témoins de chutes de blocs + volume

Point de basculement des trajectoires

	Rp 4340	Commune St Ismier (38)	PPR	Figure 3
	Avril	"Sous cote Borne"		
	2009	Etude trajectographique	Echelle 1/5000	

# Saint Ismier

## profil No P1

ALEA DE REFERENCE:  
 Volume:  
 20 à 100 m<sup>3</sup>

Simulation de Chutes de Blocs  
 \*\*\* Calcul de Propagation \*\*\*  
 (Exemple pour 30 DEPARTS) Arrêts > X11m

ALEA PAR PROBABILITE  
 D'ATTEINTE

- $P > 10^{-2}$
- $10^{-2} > P > 10^{-4}$
- $10^{-4} > P > 10^{-6}$
- $P < 10^{-6}$

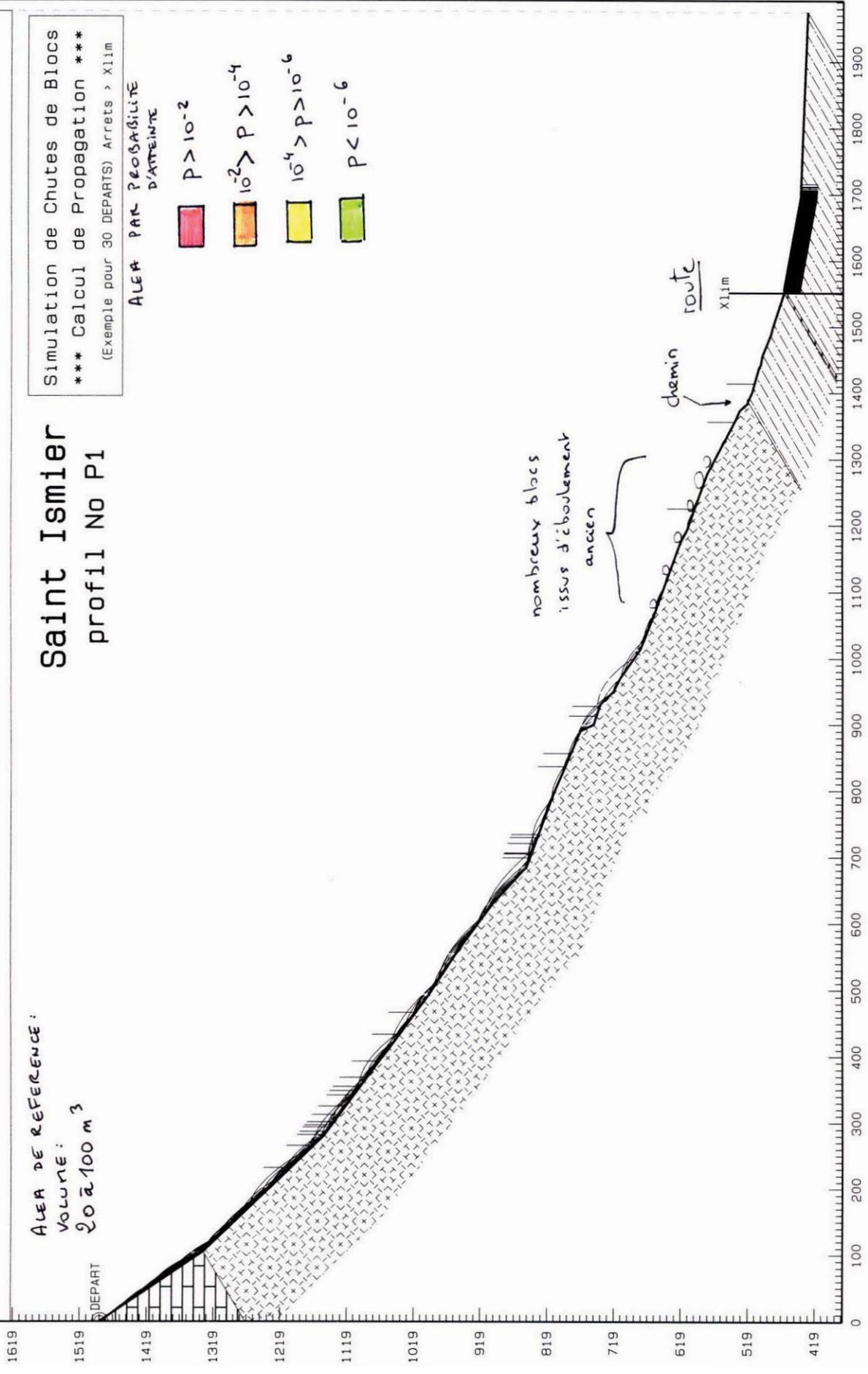


Figure 4

PPR

Commune St Ismier (38)

"Sous cote Borne"

Etude trajectographique

Rp 4340

Avril

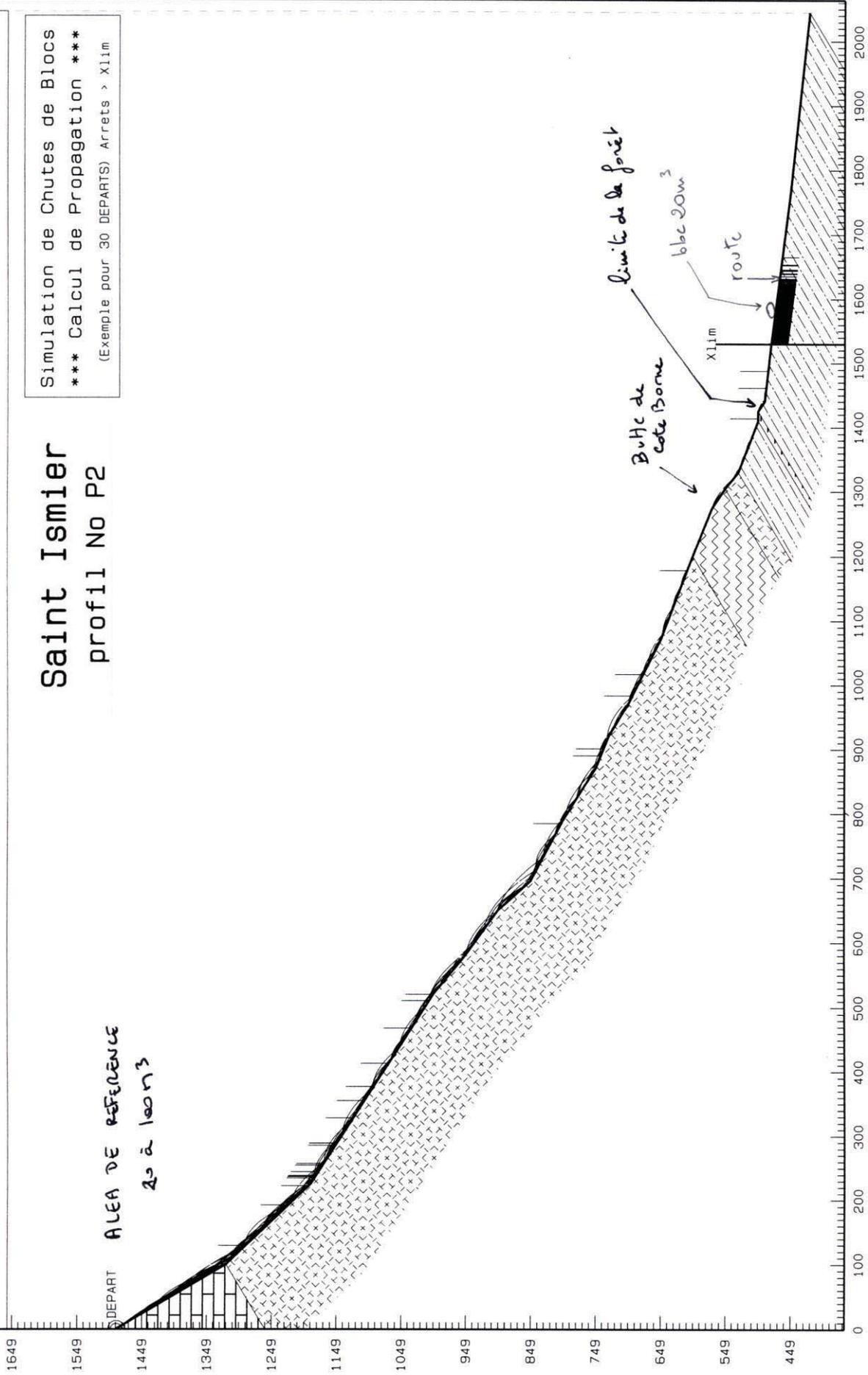
2009



# Saint Ismier profil No P2

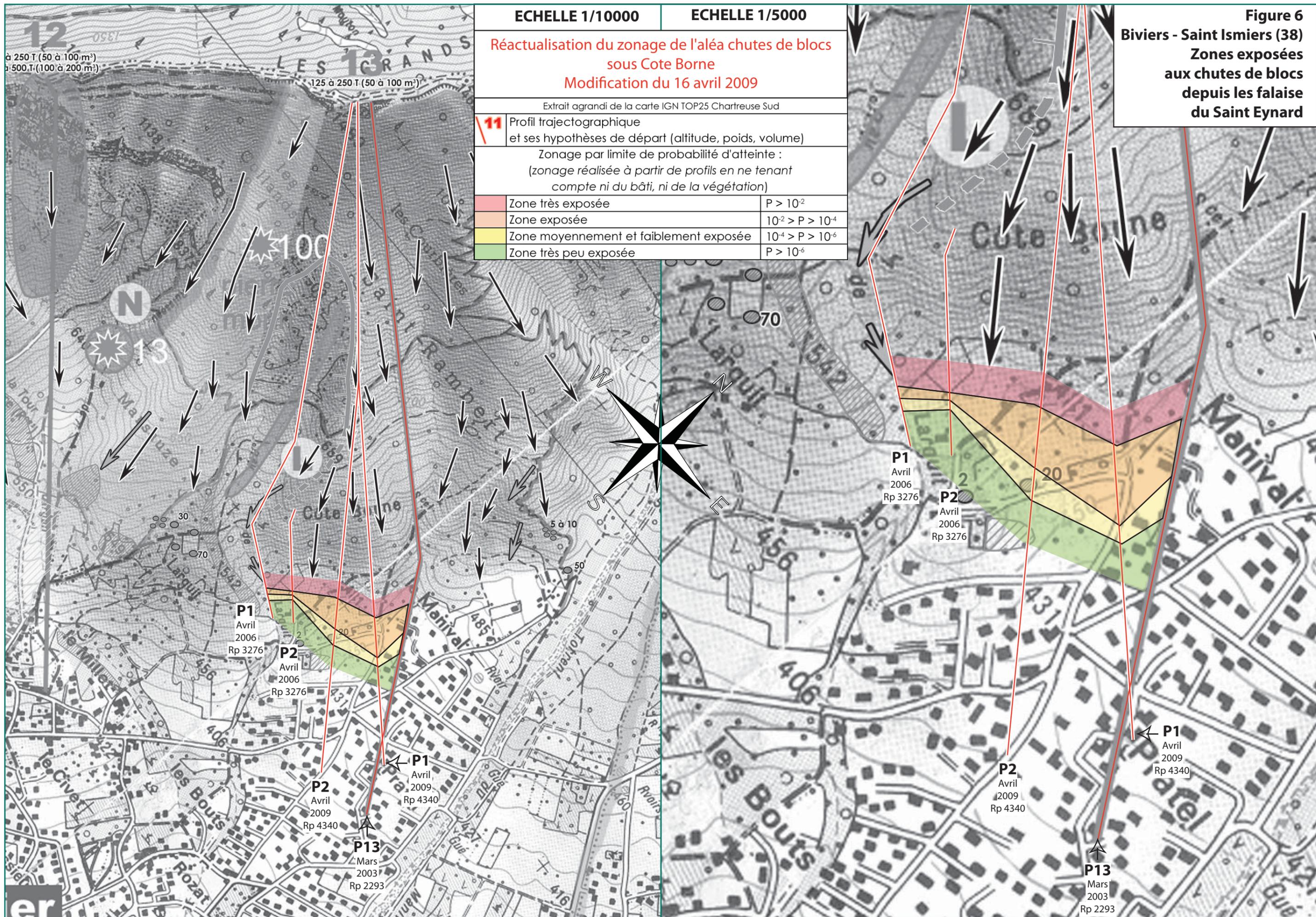
Simulation de Chutes de Blocs  
 \*\*\* Calcul de Propagation \*\*\*  
 (Exemple pour 30 DEPARTS) Arrêts > X11m

ALEA DE REFERENCE  
 20 à 100m<sup>3</sup>



10-2 104 10-6

Rp 4340	Commune St Ismier (38)	PPR	Figure <b>5</b>
Avril 2009	"Sous cote Borne" Etude trajectographique		



ECHELLE 1/10000		ECHELLE 1/5000	
<b>Réactualisation du zonage de l'aléa chutes de blocs sous Cote Borne</b>			
<b>Modification du 16 avril 2009</b>			
Extrait agrandi de la carte IGN TOP25 Chartreuse Sud			
<b>11</b> Profil trajectographique et ses hypothèses de départ (altitude, poids, volume) Zonage par limite de probabilité d'atteinte : (zonage réalisée à partir de profils en ne tenant compte ni du bâti, ni de la végétation)			
	Zone très exposée	P > 10 <sup>-2</sup>	
	Zone exposée	10 <sup>-2</sup> > P > 10 <sup>-4</sup>	
	Zone moyennement et faiblement exposée	10 <sup>-4</sup> > P > 10 <sup>-6</sup>	
	Zone très peu exposée	P > 10 <sup>-6</sup>	

**Figure 6**  
**Biviers - Saint Ismiers (38)**  
**Zones exposées aux chutes de blocs depuis les falaise du Saint Eynard**

à 250 T (50 à 100 m<sup>3</sup>)  
 à 500 T (100 à 200 m<sup>3</sup>)

125 à 250 T (50 à 100 m<sup>3</sup>)

**P1**  
 Avril 2006  
 Rp 3276

**P2**  
 Avril 2006  
 Rp 3276

**P1**  
 Avril 2009  
 Rp 4340

**P2**  
 Avril 2009  
 Rp 4340

**P13**  
 Mars 2003  
 Rp 2293

**P1**  
 Avril 2006  
 Rp 3276

**P2**  
 Avril 2006  
 Rp 3276

**P2**  
 Avril 2009  
 Rp 4340

**P1**  
 Avril 2009  
 Rp 4340

**P13**  
 Mars 2003  
 Rp 2293

# **ANNEXE 1**

---

## **Méthodologie des calculs trajectographiques**

# METHODOLOGIE DES CALCULS DE TRAJECTOGRAPHIE (Version 2004)

La méthode A.D.R.G.T. est à 2 dimensions, c'est à dire qu'on fixe à priori les profils de terrain dans lesquels les chutes de blocs sont considérées.

## 1 – TYPES DE CALCULS TRAJECTOGRAPHIQUES

### 1.1. Calculs de propagation

Sur chaque profil, on effectue une série de simulations de chutes ; pour chaque série de calcul, on représente :

- ↪ une figure avec la topographie du profil et quelques trajectoires calculées.
- ↪ un tableau «Données du profil» rappelant les hypothèses de départ et les principales caractéristiques du profil avec les coordonnées des points du profil, la nature des sols et de la végétation.
- ↪ Les éléments nécessaires pour l'établissement d'un zonage du risque :
  - pour chaque profil, on fixe une valeur limite d'abscisse (*Xlim*) au niveau de laquelle on fixe un nombre N (*maximum 6600*) de blocs qui devront l'atteindre ou la dépasser. Le nombre  $N_0$  de blocs au départ peut atteindre  $2 \times 10^9$ .
  - on étudie ensuite la répartition statistique des points d'arrêt des N blocs qui ont atteint ou dépassé *Xlim*.  
On en tire des valeurs de probabilités d'atteinte associées à des abscisses X lesquelles sont représentées dans un graphe probabilité d'atteinte /Xarrêt.  
On établit 4 classes de zones exposées aux chutes de blocs selon la probabilité d'atteinte  $p = \frac{N(XAR)}{N_0}$

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| • zones très exposées                     | $(p > 10^{-2})$         |
| • zones exposées                          | $10^{-4} < p < 10^{-2}$ |
| • zones moyennement à faiblement exposées | $10^{-6} < p < 10^{-4}$ |
| • zones très peu exposées                 | $p < 10^{-6}$           |

Ces probabilités p sont issues des histogrammes des valeurs Xar pour les N blocs dépassant *Xlim*, en tenant compte du nombre  $N_0$  de blocs au départ.

Le choix de *Xlim* est fortement lié aux particularités topographiques du versant et il est également conditionné par la répartition des points d'arrêt des blocs. En général *Xlim* est choisi pour correspondre au début d'une section suffisamment régulière pour permettre les extrapolations de probabilité, et suffisamment grand pour atteindre  $p \sim 10^{-6}$  (*plusieurs calculs sont souvent nécessaires*).

- ↪ une statistique sur les poids des blocs à l'arrivée (*pour  $X \geq X_{lim}$* ).
- ↪ un tableau des valeurs moyenne et maximale des hauteurs de passage, vitesses, énergies des blocs et le nombre de blocs en chaque point du profil (*résultats au passage des points par profil*).  
De plus, au point  $X = X_{lim}$ , on dispose d'une statistique complète sur les valeurs précédentes. L'ensemble permet une première approche de la position et du type de protection à prévoir éventuellement.

## **1.2. Calculs de protection**

On peut fixer 1, 2, 3 «points de protection» ou plus à l'emplacement d'ouvrages envisagés. Le nombre total de blocs pouvant atteindre la protection la plus à l'aval est au plus  $N_{max} = 8000/N_p$  où  $N_p$  est le nombre de protections. Le nombre de blocs possible au départ est  $2 \times 10^9$ .

Pour chaque point de protection, considéré comme indépendant des autres (*c'est à dire que ces protections n'ont aucune résistance énergétique*) on fournit la répartition et les valeurs moyenne et maximale pour les  $N_a$  premiers blocs l'ayant atteint ou dépassé ( $N_a \leq N_{max}$ ),  $N_a$  étant fixé à l'avance pour disposer d'une statistique représentative sur :

- la hauteur de passage du centre de gravité des blocs ( $H_{pas}$ ),
- l'énergie de passage des blocs ( $E_{pas}$ ),
- les poids de passage des blocs ( $P_{pas}$ ),
- les vitesses de passage des blocs ( $V_{pas}$ ).

Il est possible de donner à ces protections une inclinaison quelconque sur l'horizontale, les «hauteurs»  $H_{pas}$  étant alors comptées le long de l'écran fictif.

## **1.3. Calculs de vérification de protections**

Deux cas peuvent se présenter :

- ↪ s'il s'agit d'un merlon, on réalise un calcul de propagation en intégrant dans la topographie la forme exacte du merlon. En fixant un  $X_{lim}$  au pied aval du merlon on peut estimer la probabilité de dépassement et les points extrêmes atteints (*avec 1000000 blocs maximum au départ, et aucun bloc ne dépassant l'ouvrage on peut admettre que la probabilité de dépassement est inférieure à  $10^{-6}$* ).
- ↪ s'il s'agit d'un ensemble de deux nappes d'écrans de protection, le calcul de protection permet de suivre les blocs qui passent au-dessus de la 1<sup>ère</sup> protection et de vérifier s'ils sont arrêtés par la seconde.

## **1.4. Calculs d'optimisation (pour les ouvrages de type merlon)**

Ces calculs sont du type vérification de protection. Différentes séries de calculs sont réalisées en faisant varier les paramètres de hauteur de digue, de largeur de fosse à blocs, d'inclinaison du parement amont, de manière à définir un dimensionnement optimal de l'ouvrage.

## 2 – METHODOLOGIE EN VUE DU DIMENSIONNEMENT DE PROTECTIONS

### 2.1. Tableau méthodologie

Cas de protection isolée simple	Phase faisabilité	Phase avant projet	Phase projet	Type de calculs
Type filets	<p>1 Calcul de propagation [Risque non reconnu]</p> <p>2 Calcul de protection [si emplacement connu et risque connu]</p>	<p>Choix d'un emplacement</p> <p>Calcul de protection</p>	<p>Dimensionnement définitif</p> <p>Dimensionnement définitif</p>	<p>1 Propagation + Protection simple</p> <p>2 Protection simple</p> <p>→ Aléa sans protection</p>
Type merlon	<p>3 Calcul de propagation [Risque non reconnu]</p> <p>4 Calcul de propagation [Risque non reconnu]</p> <p>5 Calcul de protection [si emplacement connu et risque reconnu]</p>	<p>Faisabilité Prédimensionnement pessimiste</p> <p>Choix d'un emplacement</p> <p>Calcul de protection</p>	<p>Optimisation</p> <p>Calcul de vérification de protection du projet ± Optimisation (*)</p> <p>Calcul de vérification de protection du projet ± Optimisation (*)</p>	<p>3 Propagation Vérification de protection Optimisation (*)</p> <p>4 Propagation Protection Vérification du projet et optimisation (*)</p> <p>5 Protection Vérification du projet et optimisation (*)</p> <p>→ Aléa sans protection → Aléa résiduel</p> <p>→ Aléa sans protection → Aléa résiduel</p> <p>→ Aléa résiduel</p>

(\*) Si la vérification de protection montre que le merlon tel que dimensionné est suffisant pour arrêter les blocs, on peut s'affranchir des calculs d'optimisation, mais on a intérêt à le faire car on peut diminuer l'importance de l'ouvrage,

## **2.2. Rappel des résultats des différentes séries de calculs**

- ⇒ les calculs de propagation fournissent, pour chaque point du profil, les valeurs moyenne et maximale des hauteurs de passage, vitesses, énergies des blocs passant en ce point. Le nombre de ces blocs varie d'un point à l'autre. Mais on ne connaît pas les distributions des divers paramètres en chaque point.
- ⇒ les calculs de protection fournissent, pour un nombre limité de points déterminés, les distributions des hauteurs, vitesses et énergies de passage des blocs passant en ces points.
- ⇒ les calculs de vérification de protection sont des calculs de propagation appliqués à des profils incluant la topographie particulière du merlon supposé réalisé selon le projet (*dimensions, pentes, fosse...*).
- ⇒ l'optimisation consiste à modifier un peu les caractéristiques géométriques du merlon et vérifier au moyen des calculs de propagation qu'il a l'efficacité recherchée

## **2.3. Méthodologie de dimensionnement des protections, en fonction du stade de l'étude**

Nous avons distingué les ouvrages de type filets des ouvrages de type merlon.

Pour les ouvrages de type merlon, des calculs de vérification et d'optimisation sont en général nécessaires, compte tenu des modifications de la topographie après terrassements et de la création d'une fosse de réception de largeur variable.

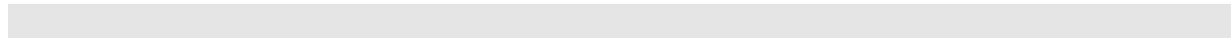
- ➔ Au stade d'une étude de faisabilité, lorsque les risques reconnus génèrent des hauteurs d'ouvrages peu importantes ( $< \text{à } 5 \text{ m}$ ), on peut pré-dimensionner l'ouvrage à partir des résultats des calculs de propagation, bien que ces derniers ne soient pas optimisés. En effet, un calcul de propagation peut permettre une première approche en définissant les sites d'implantation les plus favorables pour une protection et l'ordre de grandeur du dimensionnement d'un ouvrage avec une marge de sécurité relativement grande. Cela implique de rentrer plus de points de détail dans le profil (*démarches ① et ②*). Ce prédimensionnement est toutefois relativement pessimiste, car il est issu des valeurs extrêmes de hauteur de passage, énergie et de vitesse en un point du profil. Il ne permet pas l'analyse de solutions intermédiaires d'amélioration de la sécurité pour lesquelles un compromis protection/aléa résiduel peut être trouvé.

Le calcul de protection peut suffire si on connaît de façon certaine, l'implantation de ces ouvrages (*démarches ③ et ④ du tableau suivant*)

→ Au stade d'une étude d'avant-projet de protection

- un calcul de protection est le plus adapté. Il permet, à partir de la distribution des hauteurs de passage vitesses et énergies, de prendre des décisions quant aux choix d'une protection et de son efficacité. Les valeurs extrêmes peuvent parfois représenter des phénomènes relativement isolés et exceptionnels. Dans ce cas, il est important de pouvoir choisir des solutions d'amélioration de la sécurité vis à vis des phénomènes les plus fréquents, et admettre un certain risque résiduel.
- lorsqu'on souhaite déterminer l'aléa résiduel, ainsi qu'une estimation plus précise des travaux, on peut réaliser un calcul de vérification de protection en tenant compte d'un dimensionnement défini à l'issue d'un calcul de propagation (*démarche* ⑤ *du tableau suivant*), bien que celui-ci soit relativement pessimiste.

→ Au stade d'un projet, et dans le cas de dimensionnement d'un merlon de protection, il est généralement nécessaire de réaliser un calcul de vérification de la protection (*avec optimisation*) telle qu'elle sera construite, en intégrant précisément la topographie après travaux de terrassement. Ce calcul peut permettre de définir un zonage de l'aléa résiduel après travaux.



## CONDITIONS D'EXPLOITATION DU DOCUMENT D'ETUDE

Les conclusions et recommandations de ce document sont uniquement applicables par rapport aux données initiales et hypothèses de calcul définies dans cette étude (*en particulier point de départ et poids des blocs, implantation des protections dans le versant*).

Nous rappelons en outre que les calculs de trajectographie de chutes de blocs et de protection ne prennent pas en compte les événements de types exceptionnels (*sol gelé, séisme de grande ampleur, éboulement en masse, modification des conditions initiales due au déboisement...*). Nos calculs sont effectués pour des chutes de blocs isolés.

Les vulnérabilités de sites exposés aux risques de chutes de blocs sont données en terme de probabilité d'atteinte, de hauteur de passage ou d'énergie de passage des blocs.

Les hypothèses de départ résultent d'observations géologiques des falaises et de leurs bas-versants ainsi que des événements de chutes de blocs passés.

# **ANNEXE 2**

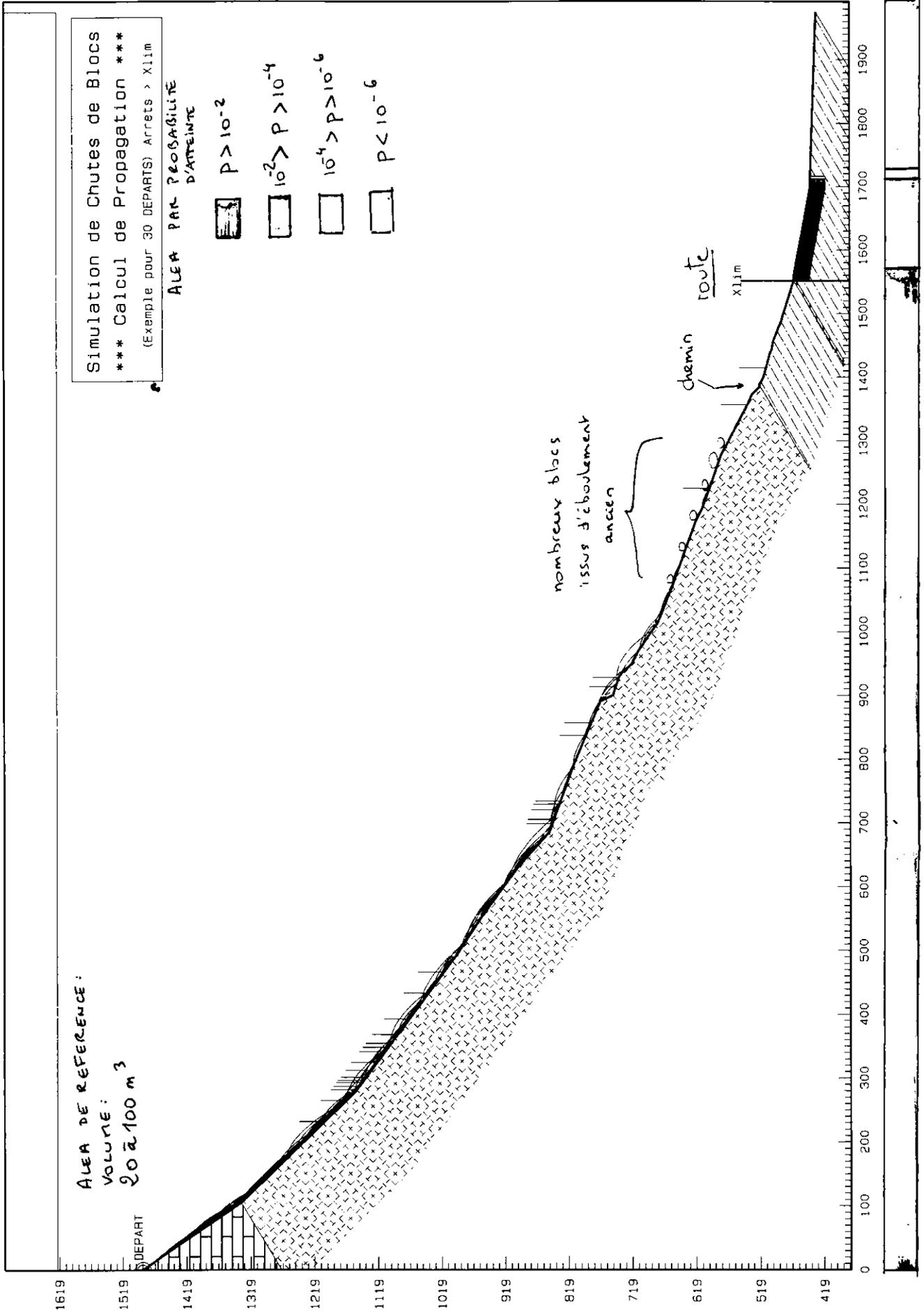
---

**Résultats des calculs – Profil 1**

# Saint Ismier

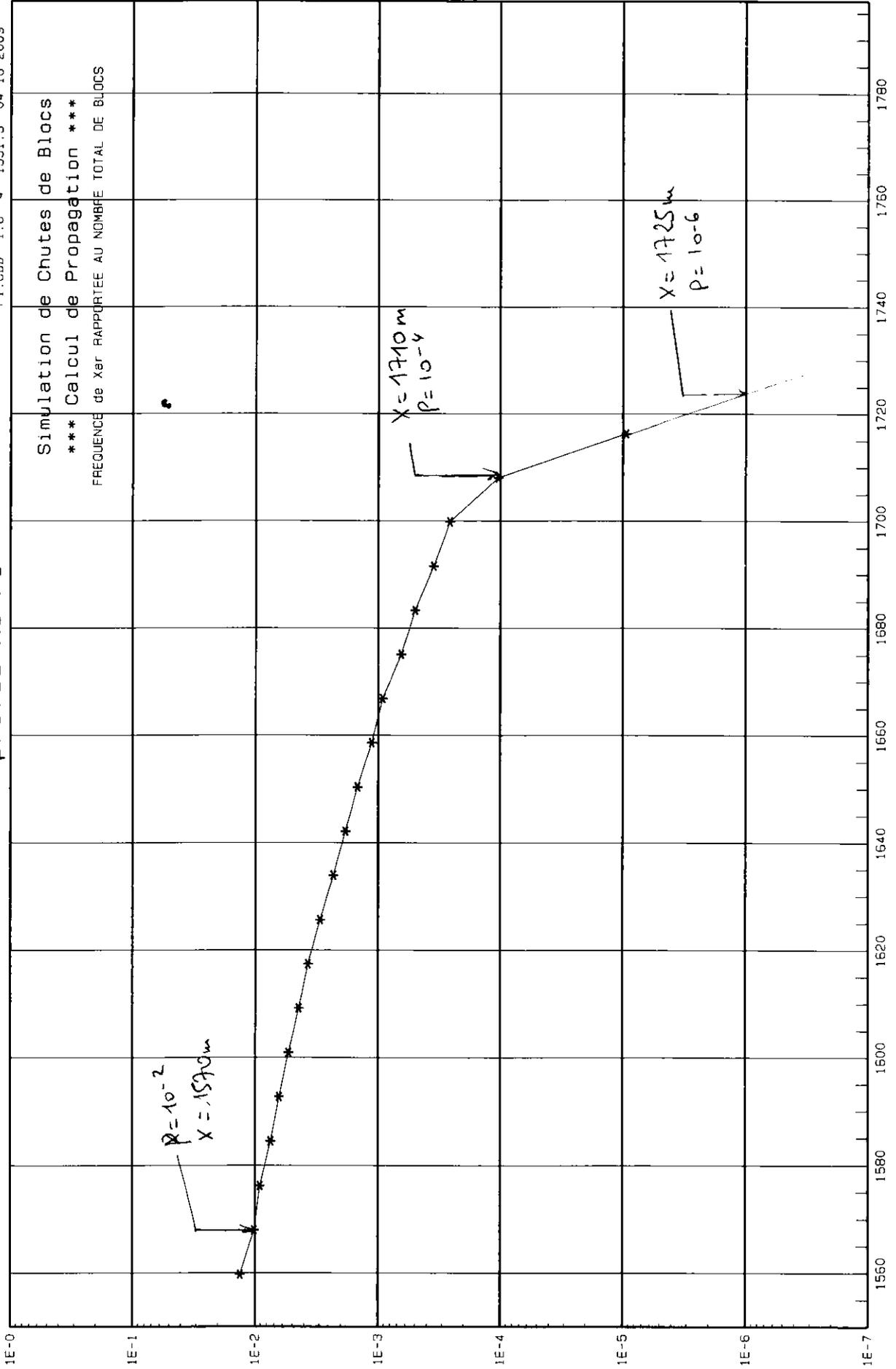
## profil No P1

P1.08D 1.6 4 1551.5 04-16-2009



# Saint Ismier profil No P1

P1.CBD 1.6 4 1551.5 04-16-2009



# Saint Ismier - Profil N°P1

## \*\*\* Données du profil \*\*\*

Fragilité des blocs:..... 7  
 coefficient de forme:..... 1.6  
 coefficient de dispersion..... 4  
 Poids Volumique:.....(t/m3) 2.5  
 Volume minimal:.....(m3) 20  
 Volume maximal:.....(m3) 100  
 Point de départ:..... 1  
 Altitude de départ:..... 1489  
 Xlim..... 1551.5  
 Nombre de blocs dépassant Xlim: 7000  
 Nombre total de simulations:... 530707

Section No	Xc début	Zc début	altitude début	pente section	Nat.sol section	Nat.Veg section
1	0.0	0.0	1489.0	55.9	RD	SV
2	105.0	155.0	1334.0	45.8	EB	SV
3	280.0	335.0	1154.0	36.7	EB	SV
4	495.0	495.0	994.0	33.7	EB	SV
5	555.0	535.0	954.0	36.3	EB	SV
6	630.0	590.0	899.0	42.3	EB	SV
7	685.0	640.0	849.0	20.0	EB	SV
8	795.0	680.0	809.0	22.8	EB	SV
9	890.0	720.0	769.0	63.4	EB	SV
10	900.0	740.0	749.0	18.4	EB	SV
11	930.0	750.0	739.0	45.0	EB	SV
12	950.0	770.0	719.0	26.6	EB	SV
13	970.0	780.0	709.0	34.3	EB	SV
14	1014.0	810.0	679.0	21.8	EB	SV
15	1064.0	830.0	659.0	20.0	EB	SV
16	1174.0	870.0	619.0	27.8	EB	SV
17	1193.0	880.0	609.0	19.4	EB	SV
18	1277.0	909.5	579.5	27.4	EB	SV
19	1359.0	952.0	537.0	23.2	EB	SV
20	1373.0	958.0	531.0	47.5	EB	SV
21	1384.0	970.0	519.0	1.9	EB	SV
22	1387.0	970.1	518.9	24.4	SP	SV
23	1400.0	976.0	513.0	15.4	SP	SV
24	1440.0	987.0	502.0	45.0	SP	SV
25	1442.0	989.0	500.0	10.1	SP	SV
26	1456.0	991.5	497.5	21.5	SP	SV
27	1489.0	1004.5	484.5	14.0	SP	SV
28	1499.0	1007.0	482.0	17.9	SP	SV
29	1551.5	1024.0	465.0	0.9	SC	SV
30	1558.0	1024.1	464.9	10.3	SP	SV

Section No	Xc début	Zc début	altitude début	penne section	Nat. sol section	Nat. Veg section
31	1695.0	1049.0	440.0	2.0	SP	SV
32	1975.0	1059.0	430.0	2.0	SP	SV

# Saint Ismier - Profil N°P1

\*\*\* Résultats au passage des points du profil \*\*\*

Xlim = 1551.5 m    Ntotal = 530707    Nb >= Xlim = 7000

Npt	Xpt	Nbloc	Hmax	Hmoy	Emax	Emoy	Pmax	Pmoy	Vmax	Vmoy
2	105.0	530686	25.2	8.8	247279	59540	250.0	115.9	45.4	30.8
3	280.0	490103	27.4	6.3	315380	42759	250.0	115.4	52.6	24.5
4	495.0	278030	21.4	5.2	282330	44758	250.0	118.3	52.3	24.3
5	555.0	242467	21.5	4.9	287752	44278	250.0	120.2	51.4	24.1
6	630.0	220954	23.1	5.4	302744	49774	250.0	121.1	54.0	25.4
7	685.0	218812	33.0	7.1	361329	62450	250.0	120.9	58.8	28.6
8	795.0	118039	13.5	3.8	176472	37322	250.0	135.1	42.7	22.1
9	890.0	83509	10.2	3.7	170251	36810	250.0	137.4	42.8	22.2
10	900.0	83509	26.2	17.4	188487	44995	250.0	137.4	44.7	25.1
11	930.0	76169	23.5	6.0	223158	40970	250.0	137.9	48.9	22.4
12	950.0	76129	31.9	10.7	275933	51346	250.0	137.9	52.9	26.0
13	970.0	75612	29.1	7.1	267531	37333	250.0	137.8	53.1	22.1
14	1014.0	74613	29.7	6.6	221595	43905	250.0	137.5	54.5	24.2
15	1064.0	65306	15.0	4.4	131425	31345	250.0	136.6	44.6	20.7
16	1174.0	41576	8.7	3.1	108214	25747	250.0	132.0	39.8	19.4
17	1193.0	40289	11.8	3.7	127726	28779	250.0	131.3	41.4	20.6
18	1277.0	26434	8.6	2.9	88676	18885	249.9	122.1	36.5	17.3
19	1359.0	22274	10.1	3.4	92801	20363	249.9	117.2	41.0	18.5
20	1373.0	21360	9.8	3.2	79130	18288	249.9	115.9	38.3	17.6
21	1384.0	21358	16.0	7.6	101110	25888	249.9	115.9	40.8	21.1
22	1387.0	21301	14.8	5.7	106028	22510	249.9	115.9	40.0	18.8
23	1400.0	20695	15.2	4.5	98584	18762	249.9	115.0	40.4	17.5
24	1440.0	14962	9.0	3.1	55090	14627	249.9	107.8	32.4	16.4
25	1442.0	14961	10.4	4.3	58854	15399	249.9	107.8	32.8	16.9
26	1456.0	13874	8.2	3.0	56461	12236	249.9	106.1	31.6	15.1
27	1489.0	12261	10.8	3.0	63571	13318	249.4	102.6	33.2	16.0
28	1499.0	11128	8.4	2.7	54561	11075	249.2	99.5	32.4	14.7
29	1551.5	6999	5.6	2.5	37548	10007	242.6	90.0	31.9	14.6
30	1558.0	5447	4.1	2.4	32643	7584	229.2	86.3	28.7	13.1
31	1695.0	121	2.1	1.8	9762	3062	82.7	59.0	17.5	9.6

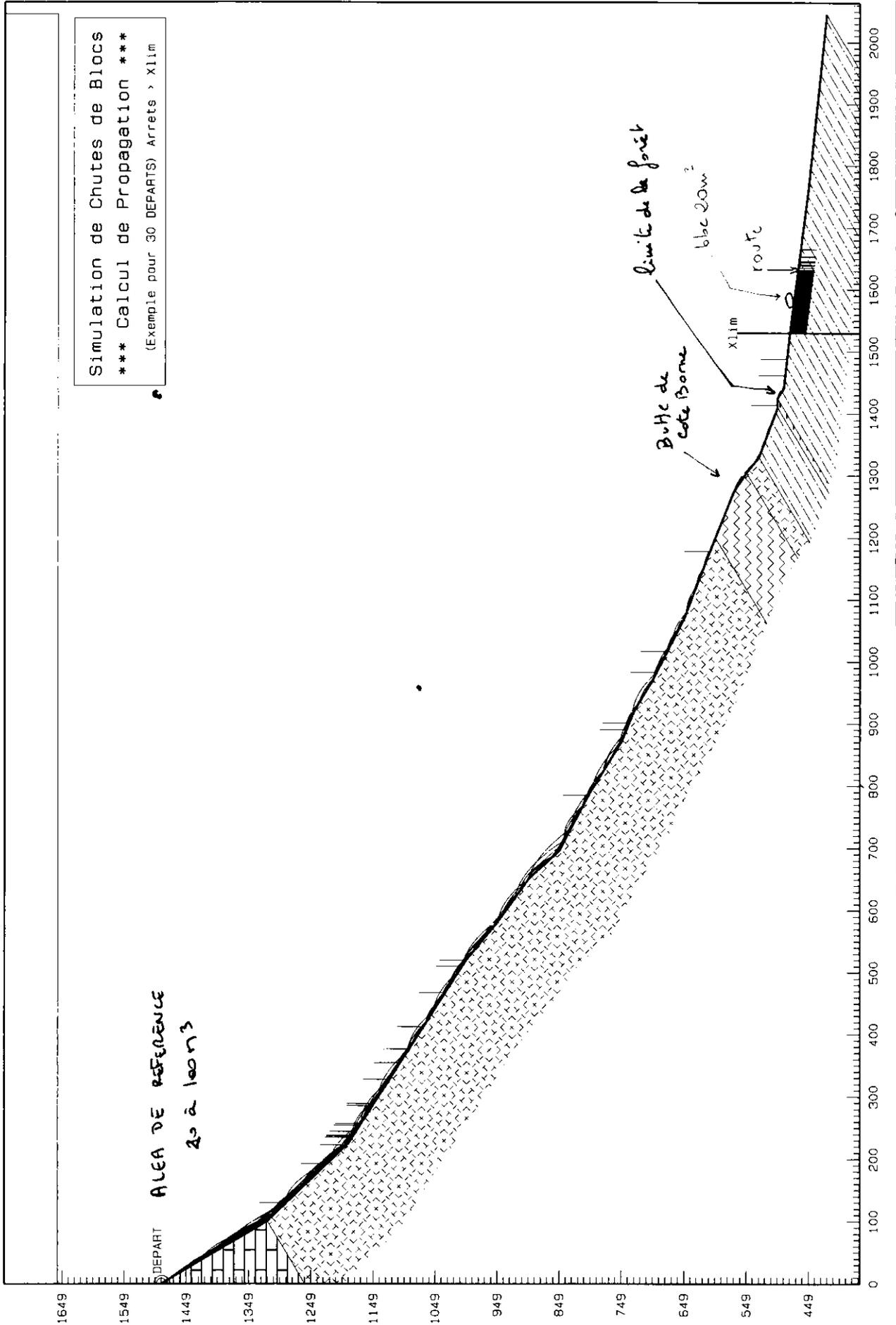
# **ANNEXE 3**

---

**Résultats des calculs – Profil 2**

# Saint Ismier profil No P2

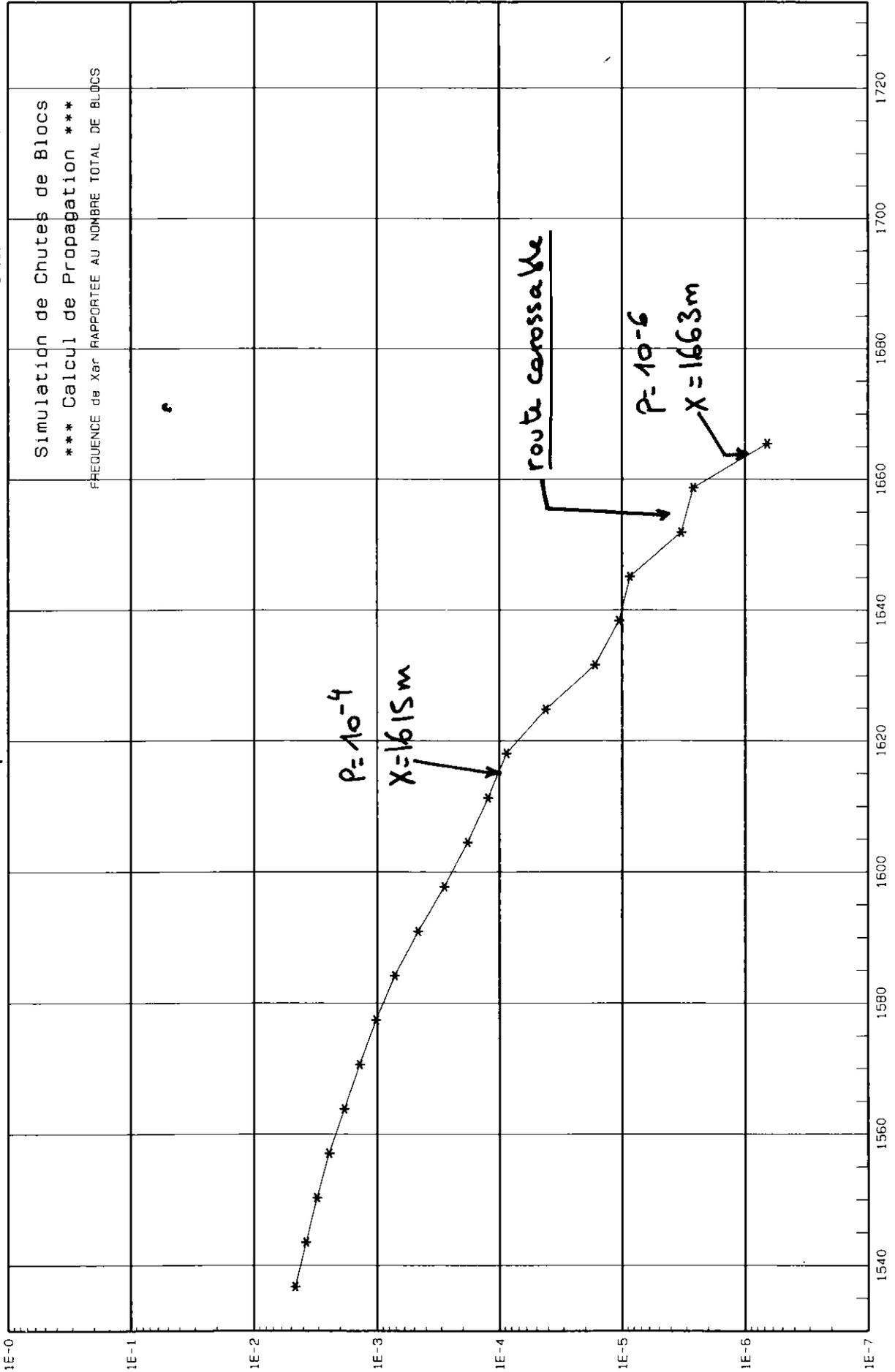
P2.CBD 1.6 4 1530 04-14-2009



# Saint Ismier

profil No P2

P2.CBD 1.6 4 1590 04-14-2009



# Saint Ismier - Profil N°P2

## \*\*\* Données du profil \*\*\*

Fragilité des blocs:..... 7  
 coefficient de forme:..... 1.6  
 coefficient de dispersion..... 4  
 Poids Volumique:.....(t/m3) 2.5  
 Volume minimal:.....(m3) 20  
 Volume maximal:.....(m3) 100  
 Point de départ:..... 1  
 Altitude de départ:..... 1489  
 Xlim..... 1530  
 Nombre de blocs dépassant Xlim: 7000  
 Nombre total de simulations:... 1511024

Section No	Xc début	Zc début	altitude début	pente section	Nat.sol section	Nat.Veg section
1	0.0	0.0	1489.0	59.5	RD	SV
2	100.0	170.0	1319.0	46.1	EB	SV
3	225.0	300.0	1189.0	32.8	EB	SV
4	520.0	490.0	999.0	39.8	EB	SV
5	580.0	540.0	949.0	35.5	EB	SV
6	650.0	590.0	899.0	48.0	EB	SV
7	695.0	640.0	849.0	27.8	EB	SV
8	790.0	690.0	799.0	32.0	EB	SV
9	870.0	740.0	749.0	21.8	EB	SV
10	920.0	760.0	729.0	31.0	EB	SV
11	970.0	790.0	699.0	26.6	EB	SV
12	1070.0	840.0	649.0	21.0	EB	SV
13	1200.0	890.0	599.0	21.8	RT	SV
14	1275.0	920.0	569.0	33.7	RT	SV
15	1305.0	940.0	549.0	38.7	EB	SV
16	1330.0	960.0	529.0	20.6	SP	SV
17	1410.0	990.0	499.0	0.0	SC	SV
18	1425.0	990.0	499.0	33.7	SP	SV
19	1440.0	1000.0	489.0	6.3	SP	SV
20	1530.0	1010.0	479.0	7.3	SP	SV
21	1765.0	1040.0	449.0	5.9	SP	SV
22	2045.0	1069.0	420.0	5.9	SP	SV

# Saint Ismier - Profil N°P2

\*\*\* Résultats au passage des points du profil \*\*\*

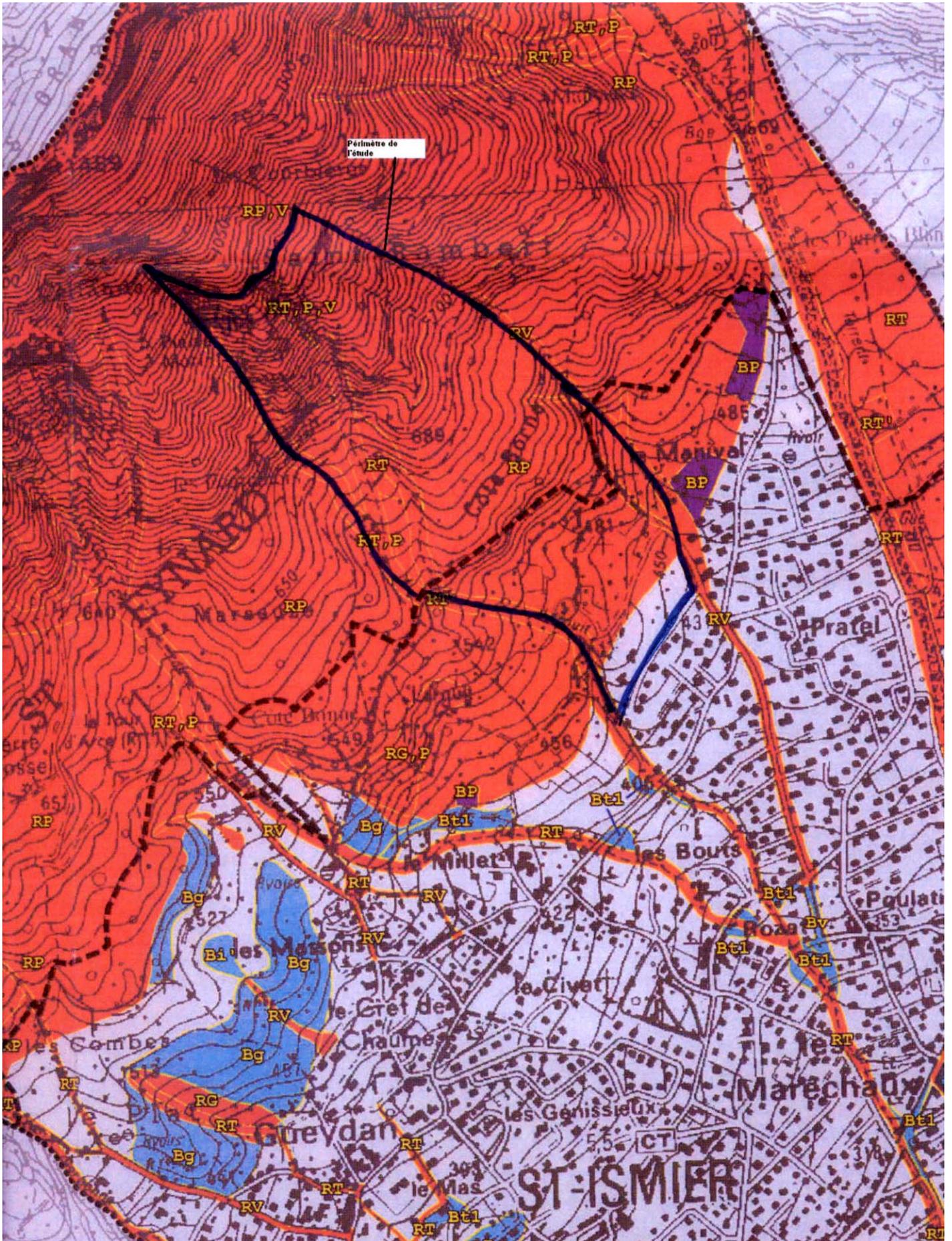
Xlim = 1530 m    Ntotal = 1511024    Nb >= Xlim = 7000

Npt	Xpt	Nbloc	Hmax	Hmoy	Emax	Emoy	Pmax	Pmoy	Vmax	Vmoy
2	100.0	1511018	33.1	11.0	293132	62306	250.0	103.5	49.1	33.0
3	225.0	1440173	26.2	5.8	287775	36300	250.0	103.4	50.2	23.6
4	520.0	468179	16.6	4.2	227931	36041	250.0	115.4	46.5	21.9
5	580.0	458739	27.3	5.4	282017	45696	250.0	115.2	53.2	24.8
6	650.0	441519	22.3	5.1	271200	42796	250.0	114.8	54.9	23.9
7	695.0	441350	40.2	9.1	352374	66120	250.0	114.8	58.0	30.2
8	790.0	366194	19.8	4.3	224635	36521	250.0	119.7	49.1	21.8
9	870.0	322516	17.6	4.6	260221	42308	250.0	122.8	51.7	23.4
10	920.0	251281	14.6	4.0	170833	36277	250.0	130.9	44.3	21.8
11	970.0	233525	21.7	4.5	217086	43472	250.0	131.8	48.9	23.9
12	1070.0	186339	15.4	4.1	189064	38962	250.0	134.7	44.8	22.9
13	1200.0	115589	9.4	3.3	123708	29315	250.0	132.6	41.0	20.6
14	1275.0	115478	4.9	2.7	116454	33677	250.0	132.6	40.6	22.4
15	1305.0	115478	12.9	3.9	163039	44054	250.0	132.6	43.4	25.6
16	1330.0	115452	18.4	4.9	186300	44933	250.0	132.6	47.0	25.9
17	1410.0	107018	12.9	3.2	95799	23516	250.0	131.0	37.7	18.8
18	1425.0	84208	7.2	3.0	48423	14203	250.0	127.9	33.1	15.0
19	1440.0	84167	17.7	6.6	59645	21151	250.0	127.9	36.0	18.2
20	1530.0	6999	3.5	2.1	26005	7523	198.7	77.4	24.8	13.6

# **ANNEXE 4**



**Extrait du PPR**



## GRILLE D’ALEAS A PRENDRE EN COMPTE POUR LA CARTOGRAPHIE

*Avec étude de simulation de propagation de chutes de blocs, selon une méthode probabiliste d’atteinte pour un ensemble de blocs dits de référence (dont les caractéristiques sont définies par une étude spécifique du site) ; ceci suppose que les calculs effectués soient suffisamment nombreux pour permettre des extrapolations de probabilité.*

Les **résultats pour un ensemble de calculs** trajectographiques **permettent d’aider** à définir le zonage ainsi que, le cas échéant, à partir des énergies développées et les hauteurs de rebond, les types de travaux de protection nécessaires.

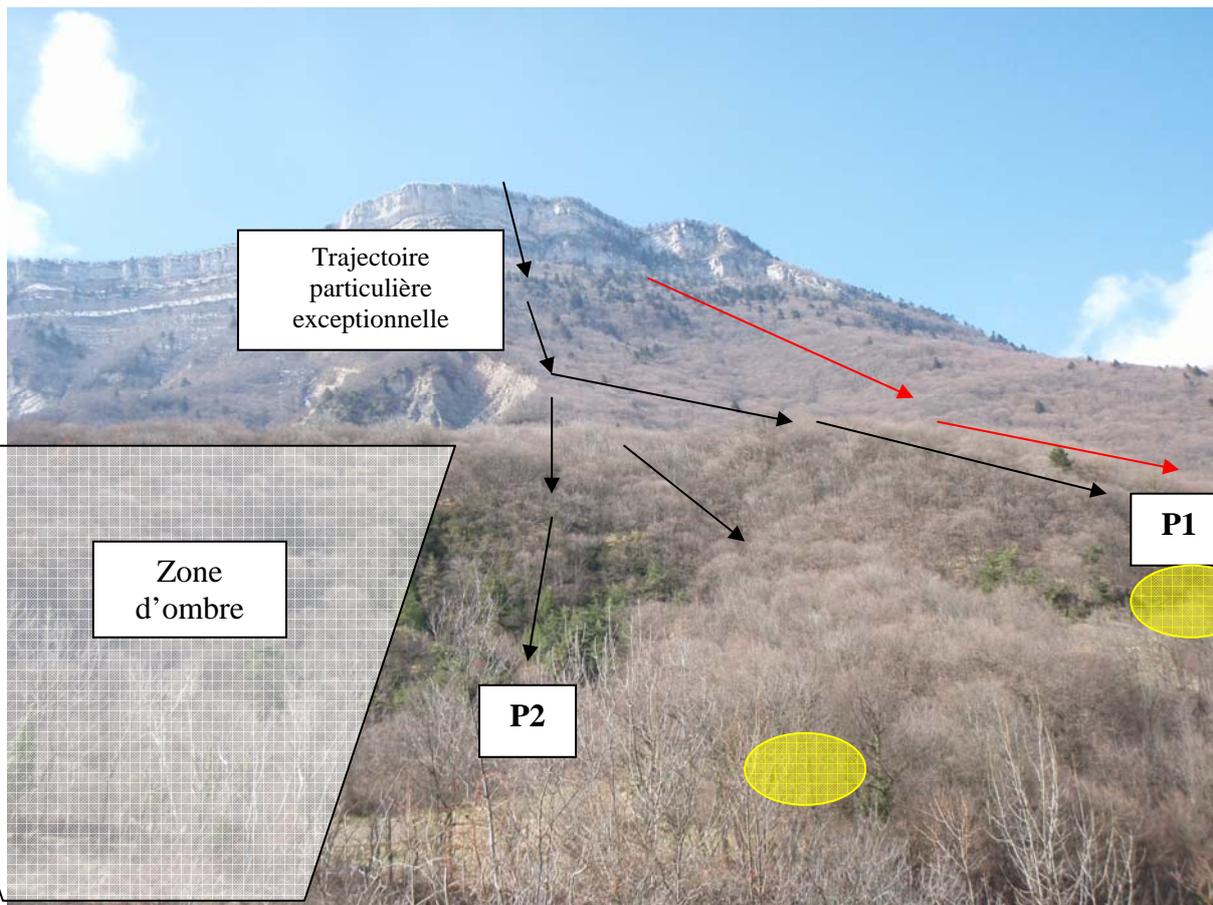
Aléa	Indices	Probabilité d’atteinte par un bloc de référence	Autres critères
Fort	P3	Supérieure à $10^{-4}$ (un bloc sur 10 000)	
Moyen	P2	Comprise entre $10^{-4}$ et $10^{-6}$ (un bloc sur 10 000 et un bloc sur 1 000 000)	Energie forte à moyenne. Protection existante ou possible mais dépassant le cadre de la parcelle (nécessité d’un dispositif de protection global).
Faible	P1	Comprise entre $10^{-4}$ et $10^{-6}$ (un bloc sur 10 000 et un bloc sur 1 000 000)	Energie faible. Protection existante ou possible au niveau de la parcelle (protection individuelle).

**Remarque** : la simulation explicitera les hypothèses prises pour le **scénario de référence**, précisera la prise en compte ou non de la protection active (forêt notamment) et passive. En particulier la **prédisposition** des différentes **zones de départ** à “ libérer ” des blocs et les **modalités de sa prise en compte** seront **précisées**.

# **ANNEXE 5**

---

**Planches photographiques**



« Zone d'ombre » vis à vis des évènements de chutes de blocs depuis le haut des falaises du Tithonique.  
Trajectoires possibles dans le versant



Cote NGF 530 m.

Bloc issu d'un éboulement en masse dans la partie Nord de Cote Borne.

Bloc de calcaire du Tithonique de volume estimé à  $30 \text{ m}^3$  ( $3 \times 2 \times 5 \text{ m}$ ).

Bloc Témoin dans le versant d'événement passé de risque naturel.  
Bloc anguleux de calcaire du Tithonique de volume estimé à 20 m<sup>3</sup>.  
Problématique de ce bloc : il a soit une origine torrentielle (forme de résidu de lave torrentielle au débouché du torrent des Ecorchiers), soit une origine de chute de bloc isolée depuis les corniches Tithonique vers la cote 1490 m.





- Classification des Missions Géotechniques Types
- Conditions générales des missions géotechniques





## CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (Version 2006)

### 1. Cadre de la mission

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier extrait de 2 pages du chapitre 4 joint à toute offre et à tout rapport), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'oeuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- les missions d'étude géotechnique préliminaire de site (G11), d'étude géotechnique d'avant projet (G12), d'étude géotechnique de projet (G2), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique ;
- l'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- toute mission d'ingénierie géotechnique n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- toute mission d'étude géotechnique préliminaire de site, d'étude géotechnique d'avant projet ou de diagnostic géotechnique exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques. De convention expresse, la responsabilité de notre société ne peut être engagée que dans l'hypothèse où la mission suivante d'étude géotechnique de projet lui est confiée ;
- une mission d'étude géotechnique de projet G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'oeuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission d'ingénierie géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

### 2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3) afin qu'elle en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

### 3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission d'ingénierie géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

## Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2006

### 4. Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme. L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre. Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.

**Tableau 1 – Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique**

Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant-projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
2	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
Cas particulier	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ce ou ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés

\* NOTE : A définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante

**Tableau 2 - Classification des missions types d'ingénierie géotechnique**

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques. Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.

### **ETAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PRELABLES (G1)**

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

#### **ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE DE SITE (G11)**

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique spécifique du site et l'existence d'avoisnants.
- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.

#### **ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)**

Elle est réalisée au stade d'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisnants).

Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).

### **ETAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)**

Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.

#### **Phase Projet**

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisnants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.
- Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.

#### **Phase Assistance aux Contrats de Travaux**

- Etablir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

### **ETAPE 3 : EXECUTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G3 et G4, distinctes et simultanées)**

#### **ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.

#### **Phase Etude**

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.

#### **Phase Suivi**

- Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

#### **SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.

#### **Phase Supervision de l'étude d'exécution**

- Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.

#### **Phase Supervision du suivi d'exécution**

- Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisnants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.

### **DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)**

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.

Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.

