



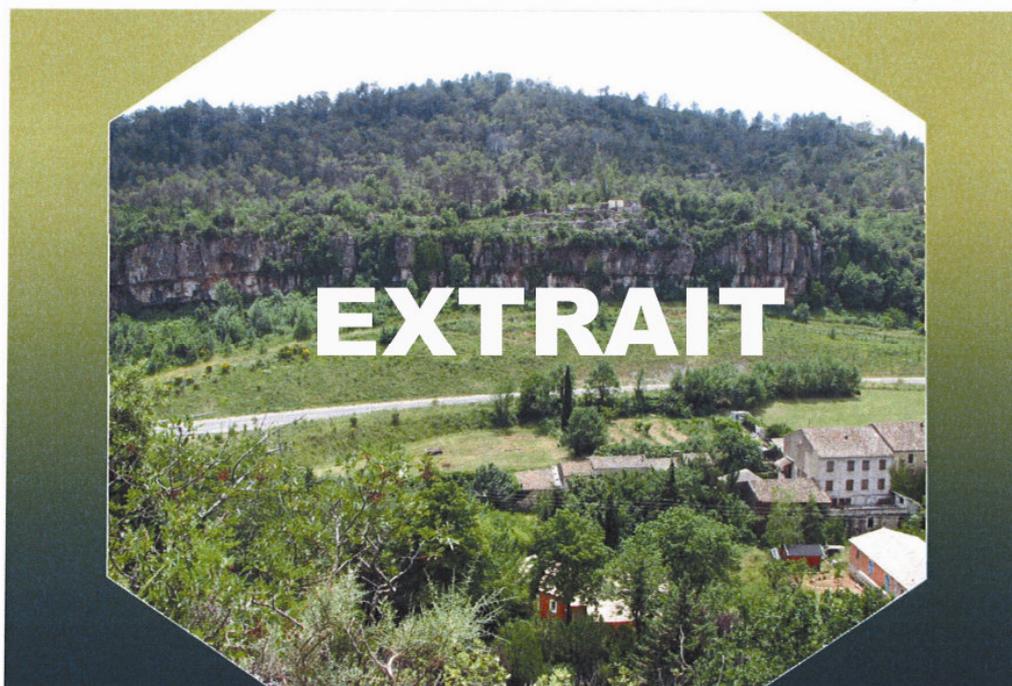
**MAIRIE DE BEDARIEUX**

**SERVICES TECHNIQUE**

**(Hérault)**

**ZONAGE DES ALEAS DE TASSEMENTS PAR  
RETRAIT, DE GLISSEMENTS ET  
D'ÉBOULEMENTS ROCHEUX**

**METHODE DE MISE EN SECURITE**



Juillet 2007  
n°07-170

**MICA Environnement**

**Ecoparc Phoros Route de Saint-Pons - 34600 BEDARIEUX**

**Tél : 04 67 23 33 66 - Fax : 04 67 23 33 60**

**Courriel : mica.environnement@wanadoo.fr**



# **CARTOGRAPHIE DES RISQUES NATURELS**

Pour faciliter la compréhension et les relations entre les différentes cartographies, une notice explicative rédigée sous forme de tableaux de synthèses est fournie à la suite des cartes.

## **5.1 - LA CARTE DES PHENOMENES NATURELS**

<b>Carte des phénomènes naturels au 1 : 5 000</b>	<b>Document n°07.170/ 1</b>	<b>En annexe</b>
<b>Carte des phénomènes naturels réduite au 1 : 10 000</b>	<b>Document n°07.170/ 2</b>	<b>Dans le texte</b>

Cette carte présente les phénomènes naturels présents sur la commune de Bédarieux dans les 3 zones définies en 2003 par la Mairie (zone A, B et C).

Elle constitue la synthèse des éléments recueillis dans les phases bibliographie et reconnaissances de terrains. A partir de cette carte, les phénomènes naturels sont estimés en termes de probabilité d'occurrence et d'intensité qui correspondent à la notion d'aléa.

## **5.2 - LA CARTE DES ALEAS**

<b>Carte des aléas « mouvements de terrains » au 1 : 5 000</b>	<b>Document n°07.170/ 3</b>	<b>En annexe</b>
<b>Réduction de la Carte des aléas « mouvements de terrains » au 1 : 10 000</b>	<b>Document n°07.170/ 4</b>	<b>Dans le texte</b>

La carte des aléas de la commune de Bédarieux dans les secteurs définis par la Mairie, est présentée sur un fond topographique à l'échelle du 1 : 5 000<sup>ème</sup> et en réduction à l'échelle du 1 : 10 000<sup>ème</sup>.

Les aléas affectant les secteurs d'étude sont de deux natures différentes :

- Instabilités de falaises (chutes de blocs, éboulements).
- Mouvements de retrait (tassements et gonflement des marnes).

Concernant l'aléa glissement de terrains qui a été analysé dans cette étude, aucun indice de surface n'a été détecté lors de la reconnaissance de terrain en 2003 dans les zones A, B et C.

La cartographie des aléas ne prend pas en compte la mise en place de protections de falaise ou les constructions pouvant jouer le rôle d'écran pare-blocs. Elle ne s'intéresse qu'aux phénomènes naturels en fonction de leurs caractéristiques physiques et de la topographie du terrain.

L'étude des instabilités de falaises ne tient pas compte de la végétation pouvant jouer un rôle de frein vis-à-vis des chutes de blocs et éboulements. Cette végétation peut être détruite par un incendie et ne plus jouer son rôle.

Compte tenu de la diversité des mouvements de terrains, il n'est pas possible de traduire leurs caractéristiques physiques uniquement en terme d'intensité.

Par conséquent, l'intensité des aléas est traduite en terme d'importance des phénomènes et d'importance des mesures de prévention.

La gravité de chaque aléa est divisée en trois niveaux :

<b>Gravité ou Intensité</b>	<b>Importance des phénomènes</b>	<b>Importance des parades</b> (d'après le guide PPR)
Forte	Zone très exposée où les phénomènes naturels sont redoutables et avérés. La probabilité d'occurrence est forte.	Zone géographique débordant largement le cadre parcellaire et/ou parades d'un coût très important et/ou techniquement difficile
Moyenne	Zone exposée où les phénomènes sont redoutables mais non avérés	Parades supportables financièrement par un groupe restreint de propriétaires (immeubles collectifs, petits lotissements)
Faible	Zone potentiellement exposée où les phénomènes sont peu redoutables et avérés ou peu probable et non avéré	Parades supportables financièrement par un propriétaire individuel

Les aléas sont ainsi classés selon leur nature d'une part (chutes de blocs, glissements, mouvements de retrait) et selon leur intensité d'autre part, appelée degré (fort, moyen ou faible).

Sur la carte des aléas, la nature de l'aléa dicte le ton de la couleur, et le degré d'aléa dicte la nuance de cette couleur.

Une étiquette sur chaque zone indique également son aléa et son degré :

- G pour glissement,
- CB pour chutes de blocs,
- TR pour tassements par retrait.

Et

- 1 pour faible,
- 2 pour moyen,
- 3 pour fort.

## 5.3 - LA CARTE DU ZONAGE DES DISPOSITIONS D'URBANISME

Carte du zonage des dispositions d'urbanisme au 1 : 5 000	Document n°07.170/ 5	En annexe
Carte du zonage des dispositions d'urbanisme réduite au 1 : 10 000	Document n°07.170/ 6	Dans le texte
Notice explicative des cartes d'aléas et de zonage des dispositions d'urbanisme	Document n°07.170/ 7	Dans le texte

### 5.3.1 - Définitions du zonage

La carte du zonage des dispositions d'urbanisme est présentée à l'échelle du 1 : 5 000 et en réduction à l'échelle du 1 : 10 000.

Le zonage retranscrit les informations techniques prises en compte dans la carte des aléas en termes d'interdiction et de prescriptions pour les constructions et aménagements.

A chaque aléa et chaque degré correspond un règlement d'urbanisme à intégrer dans le PLU. Concernant les aléas d'instabilités de falaises, la zone peut être classée constructible sous conditions si la zone est équipée de moyens de protections.

Type d'aléa	Gravité ou Intensité	Etiquette	Importances des parades (d'après le guide PPR)	Règlement
Instabilités de falaises	Forte	CB3	Zone géographique débordant largement le cadre parcellaire et/ou parades d'un coût très important et/ou techniquement difficile	Inconstructible ou Constructible sous conditions
Instabilités de falaises	Moyenne	CB2	Parades supportables financièrement par un groupe restreint de propriétaires (immeubles collectifs, petits lotissements)	Inconstructible ou Constructible sous conditions
Mouvement de retrait et gonflement des marnes	Faible	MT1	Parades supportables financièrement par un propriétaire individuel	Constructible sous conditions

Les zones ne présentant pas d'aléas sont constructibles sans condition.

### **5.3.2 - Dispositions d'urbanismes applicables au zonage**

Les dispositions d'urbanisme applicables au zonage de la carte sont les suivantes :

- **ZONE A et SECTEUR 2** (rue St Alexandre, place de la vierge)

Zones rouges CB3, CB3-a2, CB2-a, CB2-b2, CB2-c2 : **Inconstructible**

L'interdiction de construire peut être levée après révision du PLU si une étude géotechnique détaillée est réalisée à l'échelle de la parcelle.

Le but de cette étude serait soit :

- De prouver localement un aléa négligeable ou nul,
- Soit de réaliser un ouvrage de protection de la parcelle avec entretien et surveillance

Zone bleue CB3-a1 : **Constructible sous conditions**

➔ **Les ouvrages de protection de falaise mis en place par le CETE sont maintenus en bon état.**

➔ **Leur pérennité dans le temps est assurée.**

La commune de Bédarieux doit veiller à appliquer ces conditions. Elle doit mettre en place une procédure visant à garantir l'entretien, l'auscultation et la surveillance de l'ouvrage. Elle doit également identifier clairement un maître d'ouvrage et s'assurer d'un financement pérenne.

Si ces conditions ne sont pas appliquées la zone devient une zone rouge inconstructible.

Zone bleue CB2-b1 : **Constructible sous conditions**

➔ **Les bâtiments de la rue Guiraude faisant «écran» aux chutes de blocs sont maintenus en bon état.**

➔ **Leur pérennité dans le temps est assurée.**

La commune de Bédarieux doit veiller à appliquer ces conditions. Elle doit mettre en place une procédure visant à garantir l'entretien et la pérennité des bâtiments. Elle doit également identifier clairement un maître d'ouvrage et s'assurer d'un financement pérenne.

Si ces conditions ne sont pas appliquées la zone devient une zone rouge inconstructible.

Zone bleue CB2-c1 : **Constructible sous conditions**

- **L'ancien mur de soutènement est maintenu en bon état.**
- **Sa pérennité dans le temps est assurée.**

La commune de Bédarieux doit veiller à appliquer ces conditions. Elle doit mettre en place une procédure visant à garantir l'entretien, l'auscultation et la surveillance de l'ouvrage. Elle doit également identifier clairement un maître d'ouvrage et s'assurer d'un financement pérenne.

Si ces conditions ne sont pas appliquées la zone devient une zone rouge inconstructible.

Zones bleues MT1 : **Constructible sous conditions**

- **Réalisation d'une étude géotechnique de fondations dans les marnes.**
- **Mise en place de dispositions techniques pour se prémunir des tassements par retrait-gonflement.**
- **Mise en place de mesures de gestion des eaux de ruissellements.**

L'application des ces conditions reste sous la responsabilité du maître d'œuvre de la construction.

Zones blanches : **Constructible sans condition**

- **ZONE B et SECTEUR 3** (route de Pézènes et Joli Cantel)

**Zones rouges CB3 :            **Inconstructible****

L'interdiction de construire peut être levée après révision du PLU si une étude géotechnique détaillée est réalisée à l'échelle de la parcelle.

Le but de cette étude serait soit :

- De prouver localement un aléa négligeable ou nul,
- Soit de réaliser un ouvrage de protection de la parcelle avec entretien et surveillance

**Zones rouges CB2 :            **Inconstructible****

L'interdiction de construire peut être levée après révision du PLU si une étude géotechnique détaillée est réalisée à l'échelle de la parcelle.

Le but de cette étude serait soit :

- De prouver localement un aléa négligeable ou nul,
- Soit de réaliser un ouvrage de protection de la parcelle avec entretien et surveillance

**Zones bleues MT1 :            **Constructible sous conditions****

- ➔ **Réalisation d'une étude géotechnique de fondations dans les marnes.**
- ➔ **Mise en place de dispositions techniques pour se prémunir des tassements par retrait-gonflement.**
- ➔ **Mise en place de mesures de gestion des eaux de ruissellements.**

L'application des ces conditions reste sous la responsabilité du maître d'œuvre de la construction.

**Zones blanches :            **Constructible sans condition****

- **ZONE C et SECTEUR 1** (ancienne route de Clermont, Roc Rouge)

**Zones rouges CB3 :**            **Inconstructible**

L'interdiction de construire peut être levée après révision du PLU si une étude géotechnique détaillée est réalisée à l'échelle de la parcelle.

Le but de cette étude serait soit :

- De prouver localement un aléa négligeable ou nul,
- Soit de réaliser un ouvrage de protection de la parcelle avec entretien et surveillance.

**Zones rouges CB2 :**            **Inconstructible**

L'interdiction de construire peut être levée après révision du PLU si une étude géotechnique détaillée est réalisée à l'échelle de la parcelle.

Le but de cette étude serait soit :

- De prouver localement un aléa négligeable ou nul,
- Soit de réaliser un ouvrage de protection de la parcelle avec entretien et surveillance

**Zones bleues MT1 :**            **Constructible sous conditions**

➔ **Réalisation d'une étude géotechnique de fondations dans les marnes.**

➔ **Mise en place de dispositions techniques pour se prémunir des tassements par retrait-gonflement.**

➔ **Mise en place de mesures de gestion des eaux de ruissellements.**

L'application des ces conditions reste sous la responsabilité du maître d'œuvre de la construction.

**Zones blanches :**            **Constructible sans condition**



# FICHE DE SYNTHÈSE N°1

## INSTABILITÉS DE FALAISE

### FALAISE DE LA TOURBELLE À L'ARRIÈRE DE LA PLACE DE LA VIERGE

#### ZONE A ET SECTEUR 2

### SOMMAIRE

<b>1. PRÉSENTATION DU SITE</b> .....	<b>23</b>
1.1 - SITUATION .....	23
1.2 - GEOMORPHOLOGIE .....	23
1.3 - GEOLOGIE .....	23
1.4 - HYDROGÉOLOGIE.....	24
1.5 - HYDROLOGIE .....	24
1.6 - HISTORIQUE .....	24
<b>2. INSTABILITÉS DE LA FALAISE</b> .....	<b>25</b>
2.1 - FISSURATION ET FRACTURATION.....	25
2.2 - FACTEURS DÉCLENCHANTS .....	25
2.2.1 - <i>Prédisposition de la falaise</i> .....	25
2.2.2 - <i>Infiltration des eaux de ruissellements</i> .....	26
2.2.3 - <i>Alternance de gel/dégel</i> .....	26
2.2.4 - <i>Présence de végétation arborée</i> .....	26
2.3 - VOLUMES INSTABLES .....	26
2.4 - LA TRAJECTOIRE D'UN BLOC.....	27
2.4.1 - <i>Cas de la falaise à l'arrière de la place de la vierge</i> .....	27
2.4.1.1. Au Nord du tunnel de la Tourbelle .....	27
2.4.1.2. Au niveau du tunnel et au Sud.....	28
2.4.2 - <i>Evolution du phénomène en fonction du temps</i> .....	28
<b>3. CARTOGRAPHIE DES ALEAS</b> .....	<b>29</b>
3.1 - ALEA FORT DE CHUTES DE BLOCS (NOTE CB3) .....	29
3.1.1 - <i>Zone CB3-a1 et CB3-a2 : Au niveau de l'entrée Nord du tunnel de la Tourbelle</i> .....	29
3.1.2 - <i>Zone CB3 : Au sud de l'hôtel de ville</i> .....	30
3.1.3 - <i>Zone CB3 : Au-dessus de l'entrée sud du tunnel</i> .....	30
3.2 - ALEA MOYEN DE CHUTES DE BLOCS (CB2).....	31
3.2.1 - <i>Zone CB2-a : le sommet de falaise</i> .....	31
3.2.2 - <i>Zone CB2-b1 et CB2-b2 : Au Nord de la place de la Vierge</i> .....	31
3.2.3 - <i>Zone CB2-c1 et CB2-c2 : Au nord de l'ancien mur de soutènement</i> .....	32
<b>4. ZONAGE DES DISPOSITIONS D'URBANISME</b> .....	<b>33</b>
4.1 - ZONES ROUGES.....	33
4.2 - ZONES BLEUES.....	34
4.3 - ZONES BLANCHES.....	35
<b>5. MESURES DE PROTECTION</b> .....	<b>35</b>
5.1 - AU NORD DU TUNNEL DE LA TOURBELLE.....	35
5.2 - AU NIVEAU DE L'ENTRÉE NORD DU TUNNEL DE LA TOURBELLE.....	36
5.3 - AU-DESSUS DE L'ENTRÉE SUD DU TUNNEL DE LA TOURBELLE.....	37
5.4 - AU SUD DU TUNNEL DE LA TOURBELLE .....	37

# **1. PRESENTATION DU SITE**

La falaise s'inscrit dans la zone A du cahier des charges de 2003. Elle a fait l'objet de l'étude complémentaire détaillée de juin 2007 (secteur 2).

Dans ce secteur le risque naturel qui a été reconnu est l'instabilité de falaise de type chutes de blocs.

## **1.1 - SITUATION**

La zone se situe au centre ville, en bordure Est de l'hôtel de ville.

La falaise se décompose en 2 parties, amont et aval.

La falaise amont se situe au-dessus de l'ancienne voie S.N.C.F. de part et d'autre du tunnel long de 125 m dit de « la Tourbelle ». La falaise s'étend sur 500 m de longueur. Sa hauteur est comprise entre 20 et 50 m.

La falaise aval se situe au-dessous de l'ancienne voie S.N.C.F. Elle est visible au niveau de l'entrée Nord du tunnel de la Tourbelle sur 100 m de longueur et au sud de l'hôtel de ville sur 100 m de longueur. Le reste de cette falaise est masqué par des terrasses aménagées.

## **1.2 - GEOMORPHOLOGIE**

La falaise représente la terminaison Ouest de la série jurassique au niveau de la rive gauche de l'Orb. Elle marque nettement la bordure du lit majeur de ce fleuve qui a creusé son sillon depuis des millions d'années.

A son pied, les alluvions récentes présentent un modelé plat et à son sommet, un plateau dolomitique montre également une structure sub-horizontale.

## **1.3 - GEOLOGIE**

Cette falaise fait affleurer les calcaires et dolomies marneuses du Lias inférieur. Il s'agit de l'étage Sinémurien inférieur. Il se caractérise par des bancs bien parallèles et massifs.

Le pendage des couches est de N130° - 15°SW.

## **1.4 - HYDROGEOLOGIE**

Le massif est fissuré et fracturé. Cela lui confère une perméabilité en grand. Les eaux souterraines cheminent dans les réseaux karstiques, jusqu'à la nappe de l'Orb. Elle est située, dans cette zone, à la base du Sinémurien inférieur.

## **1.5 - HYDROLOGIE**

Les eaux de surface s'infiltrent directement dans les fissures du massif.

## **1.6 - HISTORIQUE**

Le CETE d'Aix en Provence est intervenu sur le site à plusieurs reprises :

- 1972 : Mise en place de filets métalliques tenus par du fer en H.
- 1976 : Pose de témoins et construction d'un piège à caillou.
- 1982 / 1983 : Construction d'une autre protection.
- 1986 : Visite du site.
- 1995 : Etude du site pour sa mise en sécurité.
- 2002 : Mise en place de béton projeté renforcé par du grillage / construction d'un petit muret / grillage.

Les désordres constatés sont récurrents et annoncés comme tel :

- Le filet métallique de protection est souvent altéré par la chute de blocs sur la voie ferrée (Cf. visite de juin 1995).
- Les témoins posés en 1976 sont actuellement fissurés (Cf. visite de Mai 2002).

## **2. INSTABILITES DE LA FALAISE**

Coupe géotechnique dans le secteur 2 Tourbelle
--

Document n°07.170/ 8
----------------------

Dans le texte
---------------

La falaise de la Tourbelle à l'arrière de la place de la Vierge est affectée par des instabilités de falaise de type chutes de blocs.

### **2.1 - FISSURATION ET FRACTURATION**

La falaise est orientée Nord-Est / Sud-Ouest (N 40°). Elle est affectée par le système de stratification de la roche calcaire et par 2 systèmes de discontinuités qui se développent en fissures et fractures :

- La stratification est sub-horizontale.
- Les fractures et fissures verticales orientées Nord – Sud.
- Les fractures et fissures verticales orientées Ouest – Est.

### **2.2 - FACTEURS DECLENCHANTS**

Les chutes de blocs et éboulement sont rapides et généralement imprévisibles à court terme. Les mécanismes sont de plusieurs types :

- Par glissement sur les plans de discontinuité,
- Par basculement,
- Par érosion de pied (surplombs).

Les instabilités de la falaise à l'arrière de la place de la Vierge se manifestent par glissement sur les plans de discontinuité et basculement.

#### **2.2.1 - Prédiposition de la falaise**

Le découpage du massif selon les 3 discontinuités engendre la création de dièdres rocheux ou parallélépipédiques dont la taille est fonction de l'espacement des discontinuités.

La falaise présente des niveaux de calcaires marneux.

Les niveaux de calcaires marneux (difficilement identifiables par simple analyse de terrain), lorsqu'ils sont fissurés, s'altèrent plus rapidement.

L'ouverture des fissures et fractures ajoutée à l'altération des bancs marneux entraîne la déstabilisation des blocs rocheux.

### **2.2.2 - Infiltration des eaux de ruissellements**

Le rocher est karstifié au sommet de la falaise. Ainsi les eaux de ruissellements des terrains situés au-dessus de la falaise s'infiltrant facilement dans le rocher par les systèmes de fractures et ressortent dans le front de la falaise. Ces eaux dissolvent le rocher calcaire, altère les bancs marneux ou lessive le remplissage argileux des fractures.

Par conséquent ces circulations d'eau agrandissent l'ouverture des fissures et fractures.

Lors d'un épisode pluvieux intense, l'eau s'infiltrant dans une fracture peut se mettre en charge. Les pressions hydrostatiques se développant sur les épontes des fractures peuvent augmenter l'ouverture des fractures menant à la chute d'un bloc.

### **2.2.3 - Alternance de gel/dégel**

Les circulations d'eau sont importantes dans le massif.

En hiver, les eaux infiltrées dans les fractures gèlent et augmentent de volume. Cette transformation crée des poussées sur les épontes des fractures tout en les maintenant temporairement jointives.

Au printemps, lors du dégel, le liant formé par la glace fond, les fractures restent alors ouvertes.

Par conséquent les alternances de gel/dégel agrandissent l'ouverture des fissures et fractures.

### **2.2.4 - Présence de végétation arborée**

La majeure partie de la falaise est colonisée par une végétation arborée. Les racines se développent dans les fractures. Leur poussée entraîne l'ouverture des fractures.

## **2.3 - VOLUMES INSTABLES**

L'espacement des discontinuités et de la stratification étant généralement décimétrique, la taille des blocs ne dépasse pas le m<sup>3</sup>.

Cependant l'espacement métrique des fractures dans certains secteurs (notamment dans la zone protégée par le CETE) découpe des blocs de plusieurs m<sup>3</sup>.

Le volume moyen des blocs est de l'ordre du m<sup>3</sup>.

Le volume maximal peut atteindre 100 m<sup>3</sup>.

## 2.4 - LA TRAJECTOIRE D'UN BLOC

Profil en long du secteur 2 Tourbelle à 1 : 500	Document n°07.170/ 9	Dans le texte
---	----------------------	---------------

La trajectoire d'un bloc dépend principalement de :

- sa hauteur de chute,
- sa forme,
- son poids,
- la pente du versant sur lequel il roule ou rebondit.

Bien que la végétation puisse freiner et retenir certains blocs, elle n'est pas prise en compte dans l'estimation de la trajectoire d'un bloc.

En cas d'incendie de la forêt, la végétation ne joue plus son rôle de frein. De plus, lors d'un incendie, tous les blocs qui étaient retenus par la végétation sont libérés.

On se place ainsi dans le cas le plus défavorable.

La trajectoire type correspond le plus souvent à la ligne de plus grande pente.

Cependant, la forme du bloc peut faire dévier cette trajectoire.

### 2.4.1 - Cas de la falaise à l'arrière de la place de la vierge

#### 2.4.1.1. Au Nord du tunnel de la Tourbelle

La falaise a une hauteur de 40 m environ et une pente moyenne de 40°. A son pied passe l'ancienne voie de chemin de fer qui a une largeur de 20 m environ. Puis en dessous, un talus penté à 35°, dans lequel des terrasses horizontales ont été aménagées, s'arrête aux pieds des habitations de la rue Guiraude et de la rue Saint Alexandre.

Un bloc se détachant de la falaise va rouler sur la pente de 40° en acquérant une vitesse importante puis il va rebondir sur l'ancienne voie de chemin de fer.

La largeur de la voie est insuffisante pour que le bloc s'arrête. Il continue sa trajectoire dans le talus qui mène jusqu'aux habitations.

En faisant abstraction des constructions en pied de talus, les blocs s'arrêteraient sur la zone de replat jusqu'à la rue Saint Alexandre.

La plupart des blocs de petites tailles s'arrêteront probablement sur les terrasses aménagées mais les gros blocs vont acquérir suffisamment de vitesse pour rouler jusqu'aux habitations et créer des dégâts importants.

#### 2.4.1.2. Au niveau du tunnel et au Sud

La falaise a également une hauteur de 40 m mais elle est verticale dans ce secteur. En pied de falaise, quelques terrasses aménagées séparent les habitations de la falaise.

Un bloc se détachant de la falaise va rebondir directement sur une terrasse et peut atteindre les habitations en créant des dégâts importants.

En faisant abstraction des constructions en pied de talus, les blocs s'arrêteraient sur la place de la Vierge ou sur la zone de replat jusqu'à la rue Tourbelle.

#### **2.4.2 - Evolution du phénomène en fonction du temps**

Les mécanismes de déstabilisation d'un bloc rocheux sont progressifs et s'accroissent dans le temps.

La phase préparatoire peut être longue. Elle conduit à l'équilibre limite. Elle se caractérise par :

- déplacements très faibles,
- altération des joints de stratifications,
- ouverture des fissures.

La phase d'accélération finale peut modifier la géométrie de l'édifice. Elle est brève et imprévisible. Elle apparaît essentiellement durant de fortes périodes pluvieuses, quand l'eau vient mettre en charge les fissures.

Le recul de la falaise est un phénomène très lent. Il ne s'appréhende pas à l'échelle humaine.

### **3. CARTOGRAPHIE DES ALEAS**

L'aléa instabilités de falaise a été reconnu dans la zone A et le secteur 2. Le degré de l'aléa est soit fort, soit moyen en fonction de la zone étudiée.

**La cartographie des aléas ne prend pas en compte la mise en place de protections de falaise ou les constructions pouvant jouer le rôle d'écran pare-blocs.** Elle ne s'intéresse qu'aux phénomènes naturels en fonction de ses caractéristiques physiques et de la topographie du terrain.

#### **3.1 - ALEA FORT DE CHUTES DE BLOCS (NOTE CB3)**

Trois zones sont concernées par l'aléa fort de chutes de blocs :

- Zone CB3-a1 et CB3-a2, au niveau de l'entrée Nord du tunnel de la Tourbelle,
- Zone CB3 au sud de l'hôtel de ville,
- Zone CB3 au-dessus de l'entrée sud du tunnel.

##### **3.1.1 - Zone CB3-a1 et CB3-a2 : Au niveau de l'entrée Nord du tunnel de la Tourbelle**

La zone CB3-a1 est située à l'aval de la zone CB3-a2 dans le secteur mis en sécurité par une étude du CETE.

Dans ces zones, le front rocheux est visible et dénudé de végétation.

La falaise est altérée et fracturée. Des blocs éboulés de plusieurs m<sup>3</sup> sont visibles en pied de falaise.

L'histoire a montré que ces zones étaient actives en terme de chutes de blocs.

La mise en sécurité d'une partie de ces zones par une étude du CETE d'Aix en Provence a consisté à placer un filet métallique pare-blocs de 4 m de hauteur pour arrêter les chutes de blocs de la falaise amont. Sur la falaise avale, des grillages plaqués et du béton projeté ont été mis en place pour éviter le départ de blocs.

Au sud de la zone protégée, la falaise devient moins massive et moins haute. Cependant elle n'est pas protégée et la fracturation est toujours présente.

**L'aléa est fort** dans toute la zone en considérant que les ouvrages de protections ne sont pas entretenus et ne peuvent donc pas arrêter les chutes de blocs. Il se caractérise par une probabilité forte et une intensité forte (blocs de plusieurs m<sup>3</sup>).

La limite d'arrêt des blocs se situe sur la place de la Vierge qui constitue un replat. En sommet de falaise, le recul à long terme du front rocheux est estimé égal à la hauteur de la falaise amont.

### **3.1.2 - Zone CB3 : Au sud de l'hôtel de ville**

Dans cette zone la falaise affleure sur une dizaine de mètres de hauteur. Elle a un stade d'érosion élevé.

La fracturation favorise la mise en mouvement de blocs de plusieurs m<sup>3</sup>.

Il n'y a pas de zone plate ou de dépression pour l'arrêt des blocs avant les habitations.

Pour ces raisons, **l'aléa est fort** dans cette zone, et s'étend à toutes les parcelles jusqu'à la rue Tourbelle.

L'aléa se caractérise par une probabilité forte et une intensité forte (blocs de plusieurs m<sup>3</sup>).

La limite d'arrêt des blocs se situe au niveau de la rue Tourbelle qui constitue un replat. En sommet de falaise, le recul à long terme du front rocheux est estimé égal à la hauteur de la falaise.

### **3.1.3 - Zone CB3 : Au-dessus de l'entrée sud du tunnel**

Dans cette zone, la falaise est fracturée et présente un risque de chutes de blocs inférieur au m<sup>3</sup>.

Cette partie est protégée par un grillage plaqué. De nombreux blocs sont retenus par ce grillage.

**L'aléa est fort** dans toute la zone en considérant que l'ouvrage de protection n'est pas entretenu et ne peut donc pas arrêter les chutes de blocs.

Il se caractérise par une probabilité forte et une intensité moyenne (blocs inférieurs au m<sup>3</sup>)

La limite d'arrêt des blocs se situe sur l'ancienne voie de chemin de fer qui constitue un replat. En sommet de falaise, le recul à long terme du front rocheux est estimé égal à la hauteur de la falaise.

### **3.2 - ALEA MOYEN DE CHUTES DE BLOCS (CB2)**

La zone concernée par l'aléa moyen de chute de blocs se situe au Nord du tunnel de la Tourbelle.

Dans cette zone, la falaise présente par continuité une configuration analogue à la zone d'aléa fort (CB3-a2) située au-dessus de l'entrée Nord du tunnel.

Bien que la falaise soit recouverte d'une végétation arborée qui masque le front rocheux et qu'une très faible quantité de pierre ait été observée en pied de falaise, la zone reste sensible aux chutes de blocs et est classée en aléa moyen.

La limite d'arrêt des blocs se situe au niveau de la rue St Alexandre qui constitue un replat. En sommet de falaise, le recul à long terme du front rocheux est estimé égal à la hauteur de la falaise.

Cette zone est divisée en 3 parties aux configurations différentes :

- Zone CB2-a, le sommet de falaise au Nord du tunnel de la Tourbelle,
- Zone CB2-b1 et CB2-b2, zones de falaise et d'habitations au Nord de la place de la Vierge jusqu'à l'ancien mur de soutènement,
- Zone CB2-c1 et CB2-c2, zones de falaise et d'habitations au Nord de l'ancien mur de soutènement jusqu'au campement des gens du voyage.

#### **3.2.1 - Zone CB2-a : le sommet de falaise**

Le plateau qui surmonte la falaise est confortablement assis sur les calcaires et les dolomies massives. La prévision du recul de la falaise à long terme nécessite de classer en **aléa moyen** une bande de 30 m en bordure de la falaise.

#### **3.2.2 - Zone CB2-b1 et CB2-b2 : Au Nord de la place de la Vierge**

La chute d'un bloc depuis le sommet de la falaise peut rebondir sur l'ancienne voie SNCF puis descendre le talus et les terrasses et s'arrêter sur le replat jusqu'à la rue Saint Alexandre.

La voie SNCF n'est pas assez large (20 m) dans cette zone pour retenir les blocs.

Dans cette zone, la première rangée de maison de la rue Guiraude joue le rôle « d'écran pare-blocs » pour les habitations situées à l'arrière. Et la probabilité qu'un bloc franchisse cet écran est très faible.

Cependant, **l'aléa dans cette zone est moyen** en considérant que les bâtiments jouant le rôle d'écran de protections ne sont pas entretenus et peuvent disparaître. Ils ne peuvent donc pas arrêter les chutes de blocs qui se propagent jusqu'à la rue Saint Alexandre.

L'aléa se caractérise par une probabilité moyenne et une intensité moyenne (blocs de plusieurs m<sup>3</sup>).

### **3.2.3 - Zone CB2-c1 et CB2-c2 : Au nord de l'ancien mur de soutènement**

Dans cette zone, un ancien mur de soutènement de la voie de chemin de fer a été construit entre la rue Saint Alexandre et la falaise. Ce mur crée, d'une part, une plate-forme assez large (40 m) pour arrêter les chutes de blocs, et d'autre part, un merlon de 1 m de hauteur dépassant du terrain naturel.

La probabilité qu'un bloc franchisse cette plate-forme est très faible.

Cependant, **l'aléa dans cette zone est moyen** en considérant que le mur créant la plate-forme d'arrêt n'est pas entretenu et peut s'écrouler. Il ne peut donc pas arrêter les chutes de blocs qui se propagent jusqu'à la rue Saint Alexandre.

L'aléa se caractérise par une probabilité moyenne et une intensité forte (blocs de plusieurs m<sup>3</sup>) sur la plate-forme.

## **4. ZONAGE DES DISPOSITIONS D'URBANISME**

En fonction de la nature et du degré de l'aléa affectant une zone, les dispositions d'urbanismes sont différentes.

Le zonage des dispositions d'urbanisme vis-à-vis des risques de mouvements de terrain est le suivant :

- Zone Rouge : Terrains inconstructibles,
- Zone Bleue : Terrains constructibles sous condition,
- Zone Blanche : Terrains constructibles.

La cartographie du zonage prend en compte la mise en place des ouvrages de protection de falaise et les constructions jouant le rôle de pare-blocs.

Elle définit ainsi des zones bleues constructibles sous condition d'entretien et de pérennité des ouvrages et constructions.

### **4.1 - ZONES ROUGES**

Dans cette zone **les terrains sont inconstructibles**. Elle correspond aux aléas chutes de blocs de degré fort ou moyen.

Les zones d'aléas définies dans la cartographie des aléas sont traduites en zone rouge.

Les zones rouges sont :

**→ CB3, CB3-a2, CB2-a, CB2-b2, CB2-c2**

Dans ces zones, en l'absence de mesures de protection, la projection directe ou après rebond d'un bloc sur une habitation causerait des dégâts très importants sur les biens et les individus (toiture détruite, mur endommagé, personne blessée etc...).

L'interdiction de construire peut être levée après révision du PLU si une étude géotechnique détaillée est réalisée à l'échelle de la parcelle.

Le but de cette étude serait soit :

- De prouver localement un aléa négligeable ou nul,
- Soit de réaliser un ouvrage de protection de la parcelle avec entretien et surveillance

## **4.2 - ZONES BLEUES**

Dans ces zones **les terrains sont constructibles sous conditions**. Elles correspondent aux aléas chutes de blocs de degré fort, moyen ou faible suivant les configurations.

### **Zone bleue CB3-a1 :**

L'aléa chutes de blocs est fort dans cette zone.

Dans cette zone les constructions sont admissibles si et seulement si les conditions suivantes sont respectées :

- Les ouvrages de protection de falaise mis en place par le CETE sont maintenus en bon état.**
- Leur pérennité dans le temps est assurée.**

La commune de Bédarieux doit veiller à appliquer ces conditions. Elle doit mettre en place une procédure visant à garantir l'entretien, l'auscultation et la surveillance de l'ouvrage. Elle doit également identifier clairement un maître d'ouvrage et s'assurer d'un financement pérenne.

Si ces conditions ne sont pas appliquées la zone devient une zone rouge inconstructible.

### **Zone bleue CB2-b1 :**

L'aléa chutes de blocs est moyen dans cette zone.

Dans cette zone les constructions sont admissibles si et seulement si les conditions suivantes sont respectées :

- Les bâtiments de la rue Guiraude faisant « écran » aux chutes de blocs sont maintenus en bon état.**
- Leur pérennité dans le temps est assurée.**

La commune de Bédarieux doit veiller à appliquer ces conditions. Elle doit mettre en place une procédure visant à garantir l'entretien et la pérennité des bâtiments. Elle doit également identifier clairement un maître d'ouvrage et s'assurer d'un financement pérenne.

Si ces conditions ne sont pas appliquées la zone devient une zone rouge inconstructible.

C'est le cas de la parcelle 50, qui n'est pas construite et qui laisse une ouverture dans « l'écran pare-blocs ». Les parcelles 78, 79, 80 et 84 sont alors exposées à l'aléa moyen.

### **Zone bleue CB2-c1 :**

L'aléa chutes de blocs est moyen dans cette zone.

Dans cette zone les constructions sont admissibles si et seulement si les conditions suivantes sont respectées :

- **L'ancien mur de soutènement est maintenu en bon état.**
- **Sa pérennité dans le temps est assurée.**

La commune de Bédarieux doit veiller à appliquer ces conditions. Elle doit mettre en place une procédure visant à garantir l'entretien, l'auscultation et la surveillance de l'ouvrage. Elle doit également identifier clairement un maître d'ouvrage et s'assurer d'un financement pérenne.

Si ces conditions ne sont pas appliquées la zone devient une zone rouge inconstructible.

### **4.3 - ZONES BLANCHES**

Ces zones ne sont pas soumises à des aléas mouvements de terrain.

Les terrains sont constructibles en regard des risques naturels de mouvements de terrain.

## **5. MESURES DE PROTECTION**

Falaise derrière la place de la vierge	Document n°07.170/ 10	Dans le texte
--	-----------------------	---------------

### **5.1 - AU NORD DU TUNNEL DE LA TOURBELLE**

Dans ce secteur l'aléa de chutes de blocs est moyen (zone CB2). La probabilité d'une chute de blocs est moyenne dans ce secteur et l'intensité peut être forte (blocs de plusieurs m<sup>3</sup>).

L'ancienne voie ferrée et les habitations de la rue Guiraude et Saint Alexandre sont exposées à des dégâts graves pouvant entraîner des blessures graves sur les personnes.

Les mesures de protection envisageables dans ce secteur sont :

- suivi annuel de la falaise par un spécialiste,
- mise en place d'un merlon pare-blocs sur l'ancienne voie ferrée,
- mise en place de panneaux de signalisation

Remarques :

Le merlon pare-blocs doit être dimensionner par une étude détaillée de la falaise.

Une étude détaillée de la falaise après déforestation pourrait entraîner la révision de la carte d'aléas.

Si ces mesures sont réalisées, et si les conclusions de l'étude détaillée le permettent, le secteur pourrait être classé en zone bleue constructible sous conditions.

## **5.2 - AU NIVEAU DE L'ENTREE NORD DU TUNNEL DE LA TOURBELLE**

Dans ce secteur (CB3-a1 et CB3-a2) l'aléa se caractérise par une probabilité forte et une intensité forte (blocs de plusieurs m<sup>3</sup>).

Le risque est très fort compte tenu des chutes de blocs déclarées de la proximité des habitations.

Le CETE d'Aix en Provence est intervenu sur le site à plusieurs reprises (Cf. partie historique). Des travaux de protection ont été réalisés avec un degré de fiabilité fort.

Cependant en l'absence d'entretien et d'auscultation, ces ouvrages ne garantissent pas la protection contre la projection directe ou après rebond d'un bloc sur une habitation. Les dégâts seraient très importants sur les biens et les individus (toiture détruite, mur endommagé, personne blessée etc...)

Les mesures de protection à mettre en place dans ce secteur sont :

- Etablir une procédure d'entretien, d'auscultation et de surveillance des ouvrages de protection réalisés.
- Identifier le Maître d'Ouvrage et s'assurer d'un financement pérenne.

**Ces mesures sont à réaliser impérativement pour que la zone CB3-a1 reste en zone bleue constructible sous conditions.**

### **5.3 - AU-DESSUS DE L'ENTREE SUD DU TUNNEL DE LA TOURBELLE**

Dans ce secteur l'aléa de chutes de blocs est fort. La probabilité d'une chute de blocs est forte et l'intensité est faible (blocs inférieurs au m<sup>3</sup>).

Au-dessus de l'entrée du tunnel, un front de taille 6 à 7 m présente des chutes de blocs. Un ouvrage de protection est déjà en place. Il s'agit d'un grillage plaqué pour protéger l'entrée du tunnel. Il est actuellement rempli de pierres.

Cet ouvrage est mal dimensionné car il ne couvre que 3-4 m sur les 10 m de large.

Les mesures de protection envisageable consistent à effectuer les opérations suivantes :

- couper les arbres qui sont en surplomb sur la falaise,
- effectuer une petite purge manuelle de ce front,
- installer un grillage neuf sur toute la largeur de la tête de tunnel. Il sera incliné du côté de la falaise pour éviter de charger le dispositif et de l'endommager,
- Mettre en place une procédure d'entretien, d'auscultation et de surveillance de l'ouvrage réalisé.

Si ces travaux sont réalisés, le secteur pourrait être classé en zone bleue constructible sous conditions et après la révision du PLU.

### **5.4 - AU SUD DU TUNNEL DE LA TOURBELLE**

Dans ce secteur l'aléa de chutes de blocs est fort. La probabilité d'une chute de blocs est forte et l'intensité est faible (blocs inférieurs au m<sup>3</sup>).

Les habitations de la rue Tourbelle sont proches de la falaise.

Une étude détaillée semblable à celle réalisée par le CETE dans le secteur de l'entrée Nord du tunnel permettrait de mettre en sécurité le front rocheux.

- Les mesures de protection envisageable sont dénoncées dans la fiche de synthèse « parades contre les instabilités de falaise »

Si les études et les travaux sont réalisés, le secteur pourrait être classé en zone bleue constructible sous conditions et après la révision du PLU.

# FICHE DE SYNTHÈSE N°2

## INSTABILITÉS DE FALAISE

### FALAISE DU ROC ROUGE

### ZONE C ET SECTEUR 1

#### SOMMAIRE

<b>1. PRESENTATION DU SITE</b> .....	<b>39</b>
1.1 - SITUATION.....	39
1.2 - GEOMORPHOLOGIE.....	39
1.3 - GEOLOGIE.....	39
1.4 - HYDROGEOLOGIE.....	40
1.5 - HYDROLOGIE.....	40
1.6 - HISTORIQUE.....	40
<b>2. INSTABILITÉS DE LA FALAISE</b> .....	<b>41</b>
2.1 - FISSURATION ET FRACTURATION.....	41
2.2 - FACTEURS DECLENCHANTS.....	41
2.2.1 - <i>Prédisposition de la falaise</i> .....	41
2.2.2 - <i>Altération du pied de falaise</i> .....	42
2.2.3 - <i>Infiltration des eaux de ruissellements</i> .....	42
2.2.4 - <i>Alternance de gel/dégel</i> .....	42
2.2.5 - <i>Présence de végétation arborée</i> .....	42
2.3 - VOLUMES INSTABLES.....	43
2.4 - LA TRAJECTOIRE D'UN BLOC.....	44
2.4.1 - <i>Généralités</i> .....	44
2.4.2 - <i>Cas de la falaise du Roc Rouge</i> .....	44
2.4.2.1. Falaise Nord.....	44
2.4.2.2. Falaise Sud.....	45
2.4.3 - <i>Evolution du phénomène en fonction du temps</i> .....	45
<b>3. CARTOGRAPHIE DES ALEAS</b> .....	<b>46</b>
3.1 - ALEA FORT DE CHUTES DE BLOCS (NOTE CB3).....	46
3.2 - ALEA MOYEN DE CHUTES DE BLOCS (CB2).....	47
3.2.1 - <i>Dans la zone C en général</i> .....	47
3.2.2 - <i>Dans le secteur 1 en particulier</i> .....	47
3.2.2.1. Zone d'aléa moyen engendré par la falaise Nord.....	47
3.2.2.2. Zone d'aléa moyen engendré par la falaise Sud.....	48
<b>4. ZONAGE DES DISPOSITIONS D'URBANISME</b> .....	<b>48</b>
4.1 - ZONES ROUGES.....	48
4.2 - ZONES BLANCHES.....	49
<b>5. MESURES DE PROTECTION</b> .....	<b>50</b>
5.1 - PARADES CONTRE LES CHUTES DE BLOCS.....	50
5.2 - SIGNALISATION DU DANGER.....	50

## **6. PRESENTATION DU SITE**

La falaise s'inscrit dans la zone C du cahier des charges de 2003. Elle a fait l'objet de l'étude complémentaire détaillée de juin 2007 (secteur 1).

Dans cette fiche de synthèse, le risque naturel étudié est l'instabilité de falaise (chutes de blocs et éboulement).

### **6.1 - SITUATION**

La falaise dite du « Roc Rouge » est située à 1.5 km, au Nord-Est du centre ville. L'aspect rougeâtre de ses fronts est dû à des zones d'altération.

### **6.2 - GEOMORPHOLOGIE**

Le site marque le paysage par son imposante falaise de 20 à 35 m de hauteur. Celle-ci forme un net escarpement au-dessus des terrains marneux, plus tendres, sur lesquels elle repose.

Dans le secteur 1, la falaise du Roc Rouge est décalée d'environ 40 m par une faille. Elle se divise en deux falaises :

- La falaise Nord d'une hauteur de 15 m qui diminue à 6 m en allant vers le Nord,
- La falaise Sud d'une hauteur de 10 m qui se trouve décalée de la falaise Nord par une faille.

### **6.3 - GEOLOGIE**

Cette falaise calcaire est d'âge jurassique. Le niveau considéré appartient à l'étage du Bajocien. Le secteur étudié présente un faciès ayant échappé à la dolomitisation.

Il s'agit de calcaire massif rose, affecté par une fracturation importante. Les bancs sont épais à patine grise. Certaines fissures sont remplies d'argile rouge de décalcification.

Le plateau dolomitique à l'Est de la falaise a connu un dépôt crétacé de Bauxite, dans les niveaux karstiques. Il est vraisemblable que certaines fractures de la falaise soient remplies de ces dépôts tardifs.

## **6.4 - HYDROGEOLOGIE**

Les calcaires du Bajocien sont surmontés des dolomies bathoniennes. L'ensemble du massif est karstique. La perméabilité de fissure ou perméabilité « en grand » est caractéristique de ces formations.

Les circulations d'eau sont limitées par le niveau des marnes toarciennes situé à la base des calcaires bajociens. Les écoulements ont lieu à cette interface qui est légèrement pentée vers l'Ouest.

Il en résulte des résurgences : sources du Mas de Riols et de l'Héron au Nord, sources des Douzes et de la Joncasse au Sud. Ces deux dernières sont exploitées pour l'alimentation en eau potable de la ville.

## **6.5 - HYDROLOGIE**

Les eaux de surface s'infiltrent directement dans les fissures du massif.

Ces infiltrations mettent en charge les fissures du massif karstique.

## **6.6 - HISTORIQUE**

La photographie aérienne de 1990 révèle la présence d'un écroulement de la falaise du Roc Rouge, récent, sur une surface de 3 500 m<sup>2</sup> environ.

Sur la photographie aérienne de 2001, la végétation a colonisé cette surface et aucun autre phénomène de ce type n'est visible.

## **7. INSTABILITES DE LA FALAISE**

Coupe géotechnique dans le secteur 1 Roc Rouge	Document n°07.170/ 11	Dans le texte
--	-----------------------	---------------

La falaise du Roc Rouge est affectée par des chutes de blocs localisés ou des éboulements de pan de falaise.

### **7.1 - FISSURATION ET FRACTURATION**

La falaise du Roc Rouge est affectée par le système de stratification de la roche calcaire et par 2 systèmes de discontinuités qui se développent en fissures et fractures :

- |   |                |
|---|----------------|
| - S <sub>0</sub> : direction N 170° à pendage sub-horizontale : | Stratification |
| - F <sub>1</sub> : direction N 170° à pendage vertical :        | Fracturation   |
| - F <sub>2</sub> : direction N 80° à pendage 80° vers le S      | Fracturation   |

### **7.2 - FACTEURS DECLENCHANTS**

Les chutes de blocs et éboulement sont rapides et généralement imprévisibles à court terme. Les mécanismes sont de plusieurs type :

- Par glissement sur les plans de discontinuité,
- Par basculement,
- Par érosion de pied (surplombs).

Les instabilités de la falaise du Roc Rouge se manifestent par la formation de surplombs ou par basculement d'un pan de falaise.

#### **7.2.1 - Prédiposition de la falaise**

Le découpage du massif selon les 3 discontinuités crée des dièdres rocheux ou des blocs parallélépipédiques. L'espacement des discontinuités et de la stratification étant métrique, la taille des blocs est supérieure à 1 m<sup>3</sup> et peut atteindre 100 m<sup>3</sup>.

Le front rocheux de la falaise du Roc Rouge est orienté vers le Sud. La fracturation est verticale ou pentée vers le Sud. Par conséquent, les blocs découpés sont instables.

La stratification étant sub-horizontale, les blocs découpés sont très instables dès lors qu'ils sont en surplomb.

L'ouverture des discontinuités est défavorable pour la stabilité de la falaise. Elle peut entraîner le basculement d'un pan de falaise.

### **7.2.2 - Altération du pied de falaise**

La base de la falaise est formée par un rocher plus tendre qui s'altère sous l'action des intempéries et les alternances de gel/dégel.

Cette altération en pied entraîne la formation de surplomb dans le rocher plus massif.

Les surplombs découpés par le système de discontinuités de la falaise sont très instables dès lors que ces discontinuités sont ouvertes.

### **7.2.3 - Infiltration des eaux de ruissellements**

Le rocher est karstifié au sommet de la falaise. Ainsi les eaux de ruissellements des terrains situés au-dessus de la falaise s'infiltrent facilement dans le rocher par les systèmes de fractures et ressortent dans le front de la falaise. Ces eaux dissolvent le rocher calcaire, altère ou lessive le remplissage argileux des fractures.

Par conséquent ces circulations d'eau agrandissent l'ouverture des fissures et fractures.

Lors d'un épisode pluvieux intense, l'eau s'infiltrant dans une fracture peut se mettre en charge. Les pressions hydrostatiques se développant sur les épontes des fractures peuvent augmenter l'ouverture des fractures menant à la chute d'un bloc ou l'éboulement d'un pan de falaise.

### **7.2.4 - Alternance de gel/dégel**

Les circulations d'eau sont importantes dans le massif du Roc Rouge.

En hiver, les eaux infiltrés dans les fractures gèlent et augmentent de volume. Cette transformation crée des poussées sur les épontes des fractures tout en les maintenant temporairement jointives. Au printemps, lors du dégel, le liant formé par la glace fond, les fractures restent alors ouvertes.

Par conséquent les alternances de gel/dégel agrandissent l'ouverture des fissures et fractures.

### **7.2.5 - Présence de végétation arborée**

Le sommet de la falaise du Roc Rouge est colonisé par une végétation arborée. Les racines se développent dans les fractures. Leur poussée entraîne l'ouverture des fractures.

### **7.3 - VOLUMES INSTABLES**

L'espacement des discontinuités et de la stratification étant métrique, la taille des blocs est supérieure à 1 m<sup>3</sup> et peut atteindre plusieurs m<sup>3</sup>.

Sur le terrain, de nombreux blocs de 2 à 10 m<sup>3</sup> ont été observés en pied de falaise et jusqu'à une distance de 100 m dans le secteur 1. Quelques gros blocs de 30 à 100 m<sup>3</sup> se sont arrêtés à 30 m du pied de falaise.

L'étude détaillée du secteur 1 a montré la présence d'une fracturation importante de la falaise.

Une fracture de type F1 a été observée sur toute la hauteur de la falaise (15 m) et à l'arrière du front rocheux. Cette falaise se trouve donc dans une configuration d'effondrement de pan de falaise. Le volume mise en jeux dépasse les 100 m<sup>3</sup>.

## 7.4 - LA TRAJECTOIRE D'UN BLOC

Profil en long dans le secteur 1 Roc Rouge à 1 : 500
--

Document n°07.170/ 12
-----------------------

Dans le texte
---------------

### 7.4.1 - Généralités

La trajectoire d'un bloc dépend principalement de :

- sa hauteur de chute,
- sa forme,
- son poids,
- la pente du versant. Sur lequel il roule ou rebondit,
- la nature du versant et son pouvoir d'absorption de l'énergie des blocs
  - les marnes amortissent les rebonds
  - les calcaires accélèrent les rebonds

Bien que la végétation puisse freiner et retenir certains blocs, elle n'est pas prise en compte dans l'estimation de la trajectoire d'un bloc.

En cas d'incendie de la forêt, la végétation ne joue plus son rôle de frein. De plus, lors d'un incendie, tous les blocs qui étaient retenus par la végétation sont libérés.

On se place ainsi dans le cas le plus défavorable.

La trajectoire type correspond le plus souvent à la ligne de plus grande pente. Cependant, la forme du bloc peut faire dévier cette trajectoire.

### 7.4.2 - Cas de la falaise du Roc Rouge

#### 7.4.2.1. Falaise Nord

Le pied de falaise est constitué d'éboulis reposant sur une pente de 20° puis la pente diminue dans les marnes entre 15 et 10°.

Un bloc chutant du haut de la falaise rebondira et roulera dans la pente. En faisant abstraction de la végétation, les blocs peuvent s'arrêter jusqu'à une distance de 100 m du pied de falaise. (limite d'arrêt des blocs relevée sur le terrain).

La plupart des blocs de petites tailles s'arrêteront probablement avant dans la pente mais les gros blocs vont acquérir suffisamment de vitesse pour rouler jusqu'aux habitations et créer des dégâts importants.

Par mesure de sécurité, et compte-tenu du caractère aléatoire du phénomène de chutes de blocs, la limite de l'extension maximale des chutes de blocs est éloignée de 10 m par rapport au contour des éboulis.

Dans le secteur 1, l'étude de la falaise a une plus grande échelle a montré une fracturation importante découpant un pan entier de falaise. Dans le cas de la chute de ce pan, les blocs vont acquérir une grande énergie de part leur taille importante et l'interaction qu'ils auront entre eux.

La limite d'extension maximale des chutes de blocs est alors portée à 120 m du pied de falaise Nord. A cette distance la pente s'adoucie et l'énergie des blocs s'atténue.

#### **7.4.2.2. Falaise Sud**

Au pied de la falaise les terrains ont été aménagés en terrasses. Ainsi la chute d'un bloc isolé ne pourra se propager très loin. Cependant la falaise est très fracturée et lors d'un éboulement en masse d'un pan de falaise, des interactions entre blocs (chocs) peuvent augmenter leur vitesse.

La limite de l'extension maximale des chutes de blocs est donc placée à 80 m du pied de falaise Sud.

Cette limite correspond à un replat avant la route ou de l'autre côté de la route.

#### **7.4.3 - Evolution du phénomène en fonction du temps**

Les mécanismes de déstabilisation d'un bloc rocheux sont progressifs et s'accélèrent dans le temps.

La phase préparatoire peut être longue. Elle conduit à l'équilibre limite. Elle se caractérise par :

- Déplacements très faibles,
- altération des joints de stratifications,
- ouverture des fissures,
- Mise en surplomb de la falaise par l'érosion des marnes sous-jacentes.

La phase d'accélération finale peut modifier la géométrie de l'édifice. Elle est brève et imprévisible. Elle se déroule essentiellement au printemps après le dégel de l'eau prisonnière des fractures ou lors de fortes périodes pluvieuses quand l'eau vient mettre en charge les fissures.

## **8. CARTOGRAPHIE DES ALEAS**

L'aléa instabilités de falaise a été reconnu dans la zone C et le secteur 1. Le degré de l'aléa est soit fort, soit moyen en fonction de la zone étudiée.

On rappelle que dans le secteur 1 la falaise du Roc Rouge est décalée d'environ 40 m par une faille. Elle se divise en deux falaises :

- La falaise Nord d'une hauteur de 15 m qui diminue à 6 m en allant vers le Nord,
- La falaise Sud d'une hauteur de 10 m qui se trouve décalée de la falaise Nord par une faille.

**La cartographie des aléas ne prend pas en compte la végétation ou les constructions pouvant jouer le rôle d'écran pare-blocs.** Elle ne s'intéresse qu'aux phénomènes naturels en fonction de ses caractéristiques physiques et de la topographie du terrain.

### **8.1 - ALEA FORT DE CHUTES DE BLOCS (NOTE CB3)**

Sur le terrain, de nombreux blocs de 2 à 10 m<sup>3</sup> ont été observés au pied des falaises Nord et Sud et jusqu'à une distance de 100 m de la falaise Nord dans le secteur 1.

Quelques gros blocs de 30 à 100 m<sup>3</sup> se sont arrêtés à 30 m du pied de la falaise Nord et d'autres à 40 m de la falaise Sud (au bord de la route).

L'étude détaillée du secteur 1 a montré la présence d'une fracturation importante des deux falaises.

Une fracture de type F1 a été observée sur toute la hauteur de la falaise Nord (15 m) et à l'arrière du front rocheux. Cette falaise se trouve donc dans une configuration d'effondrement de pan de falaise. Le volume mise en jeux dépasse les 100 m<sup>3</sup>.

Compte tenu de ces observations, **tout le long la falaise du Roc Rouge, l'aval direct de la falaise est classé en aléa fort jusqu'à la limite des éboulis relevée sur le terrain.**

Cet aléa est caractérisé par une probabilité forte et une intensité forte.

Le sommet de la falaise est également classé en aléa fort, du fait de son recul inéluctable à long terme. Une bande de 15 m de large en sommet de falaise représente ce recul.

Au-delà de cette bande, en sommet de falaise, par défaut, l'aléa est classé négligeable. Une étude complémentaire serait nécessaire pour apprécier le recul de la falaise.

## **8.2 - ALEA MOYEN DE CHUTES DE BLOCS (CB2)**

### **8.2.1 - Dans la zone C en général**

Par mesure de sécurité, et compte-tenu du caractère aléatoire du phénomène de chutes de blocs, la limite de l'extension maximale des chutes de blocs est éloignée de 10 m vers l'aval par rapport au contour des éboulis.

**La bande de 10 m supplémentaire constitue la zone d'aléa moyen.**

Cet aléa est caractérisé par une probabilité de chute moyenne car les chutes ne sont pas avérées et une intensité moyenne car les volumes instables sont importants mais perdent de l'énergie avec l'éloignement.

### **8.2.2 - Dans le secteur 1 en particulier**

#### *8.2.2.1. Zone d'aléa moyen engendré par la falaise Nord*

**La zone d'aléa moyen est déterminée par la limite de l'extension maximale des chutes de blocs.**

Cette limite est estimée à partir de l'intensité de l'aléa et de la topographie.

Dans cette zone, les indices d'instabilités conduisant à classer la zone en aléa moyen sont les suivants :

- La falaise est très fracturée dans ce secteur,
- Un pan entier de falaise d'une centaine de m<sup>3</sup> menace de s'ébouler,
- La partie supérieure de la falaise est formée par une roche karstifiée qui en s'ébouillant se fractionne en forme de boules,
- Les blocs de 100 m<sup>3</sup> de forme arrondie roulent sur le sol et acquièrent une grande énergie.
- Lors d'un éboulement en masse d'un pan de falaise, des interactions entre blocs (chocs) peuvent augmenter leur vitesse.

Cet aléa est caractérisé par une probabilité de chute moyenne car les chutes ne sont pas avérées et une intensité moyenne car les volumes instables sont importants mais perdent de l'énergie avec l'éloignement.

Cependant les blocs arriveront dans cette zone suffisamment vite pour créer des dégâts importants.

**La limite de l'extension maximale des chutes de blocs est placée à 120 m du pied de falaise.** Cette limite correspond à un adoucissement de la pente.

Au-delà de cette distance, la probabilité de chutes est très faible.

#### 8.2.2.2. Zone d'aléa moyen engendré par la falaise Sud

Au pied de la falaise les terrains ont été aménagés en terrasses. Ainsi la chute d'un bloc isolé ne pourra se propager très loin. Cependant lors d'un éboulement en masse d'un pan de falaise, des interactions entre blocs (chocs) peuvent augmenter leur vitesse.

**La limite de l'extension maximale des chutes de blocs est donc placée à 80 m du pied de falaise.**

Cette limite correspond à un replat avant la route ou de l'autre côté de la route.

Cet aléa est caractérisé par une probabilité de chute moyenne car les chutes ne sont pas avérées et une intensité moyenne car les volumes instables sont importants mais perdent de l'énergie avec l'éloignement.

## **9. ZONAGE DES DISPOSITIONS D'URBANISME**

En fonction de la nature et du degré de l'aléa affectant une zone, les dispositions d'urbanismes peuvent être différentes.

Le zonage des dispositions d'urbanisme vis-à-vis des risques de mouvements de terrain est le suivant :

- Zone Rouge : Terrains inconstructibles,
- Zone Bleue : Terrains constructibles sous condition,
- Zone Blanche : Terrains constructibles.

### **9.1 - ZONES ROUGES**

Dans cette zone **les terrains sont inconstructibles.**

Les zones rouges correspondent aux aléas chutes de blocs de degré fort ou moyen.

Les zones d'aléas définies dans la cartographie des aléas sont traduites en zone rouge.

Dans ces zones, en l'absence de mesures de protection, la projection directe ou après rebond d'un bloc sur une habitation causerait des dégâts très importants sur les biens et les individus (toiture détruite, mur endommagé, personne blessée etc...).

L'interdiction de construire peut être levée après révision du PLU si une étude géotechnique détaillée est réalisée à l'échelle de la parcelle.

Le but de cette étude serait soit :

- De prouver localement un aléa négligeable ou nul,
- Soit de réaliser un ouvrage de protection de la parcelle avec entretien et surveillance.

## **9.2 - ZONES BLANCHES**

Ces zones ne sont pas soumises à des aléas mouvements de terrain.

Les terrains sont constructibles en regard des risques naturels de mouvements de terrain.

## **10. MESURES DE PROTECTION**

### **10.1 - PARADES CONTRE LES CHUTES DE BLOCS**

Les mesures de protection sont à mettre en place soit pour empêcher la chute de blocs soit pour arrêter la course d'un bloc après sa chute.

Dans la zone C et le secteur 1, l'importance de la fracturation de la falaise nécessite la mise en place d'ouvrages de protections sur des grandes surfaces et des grandes longueur. Ces ouvrages sont très coûteux et doivent être pris en charge par les collectivités.

Les types d'ouvrages de protection envisageables dans ce secteur sont énoncés dans la fiche de synthèse « parades contre les instabilités de falaises ».

Si ces mesures de protection sont réalisées, le secteur pourrait être classé en zone bleue constructible sous conditions.

Les conditions à respecter seraient de mettre en place une procédure visant à garantir l'entretien, l'auscultation et la surveillance des ouvrages et à identifier clairement un maître d'ouvrage et s'assurer d'un financement pérenne.

### **10.2 - SIGNALISATION DU DANGER**

La falaise du Roc Rouge est un lieu attrayant de part son panorama et son site d'escalade. Elle est donc fréquentée par des promeneurs et des sportifs.

Concernant les promeneurs, il ne paraît pas indispensable de fermer le sentier qui donne l'accès depuis le site d'escalade au plateau dolomitique. Pour autant, il se situe dans l'enveloppe des éboulis. Il faut donc signaler le danger.



# FICHE DE SYNTHÈSE N°3

## INSTABILITÉS DE FALAISE

### FALAISE DE JOLI CANTEL AU NORD DE LA ROUTE DE PEZENES

#### ZONE B ET SECTEUR 3

#### SOMMAIRE

<b>1. PRESENTATION DU SITE</b> .....	<b>53</b>
1.1 - SITUATION.....	53
1.2 - GEOMORPHOLOGIE.....	53
1.3 - GEOLOGIE.....	53
1.4 - HYDROGEOLOGIE.....	54
1.5 - HYDROLOGIE.....	54
<b>2. INSTABILITÉS DE LA FALAISE</b> .....	<b>55</b>
2.1 - FISSURATION ET FRACTURATION.....	55
2.2 - FACTEURS DECLENCHANTS.....	55
2.2.1 - <i>Prédisposition de la falaise</i> .....	55
2.2.2 - <i>Altération du pied de falaise</i> .....	56
2.2.3 - <i>Infiltration des eaux de ruissellements</i> .....	56
2.2.4 - <i>Alternance de gel/dégel</i> .....	56
2.2.5 - <i>Présence de végétation arborée</i> .....	56
2.3 - VOLUMES INSTABLES.....	57
2.4 - LA TRAJECTOIRE D'UN BLOC.....	58
2.4.1 - <i>Généralités</i> .....	58
2.4.2 - <i>Cas de la falaise de Joli Cantel</i> .....	58
2.4.3 - <i>Evolution du phénomène en fonction du temps</i> .....	59
<b>3. CARTOGRAPHIE DES ALEAS</b> .....	<b>60</b>
3.1 - ALEA FORT DE CHUTES DE BLOCS (NOTE CB3).....	60
3.2 - ALEA MOYEN DE CHUTES DE BLOCS (CB2).....	60
3.2.1 - <i>Dans la zone B en général</i> .....	60
3.2.2 - <i>Dans le secteur 3 en particulier</i> .....	61
<b>4. ZONAGE DES DISPOSITIONS D'URBANISME</b> .....	<b>62</b>
4.1 - ZONES ROUGES.....	62
4.2 - ZONES BLANCHES.....	62
<b>5. MESURES DE PROTECTION</b> .....	<b>63</b>
5.1 - PARADES CONTRE LES CHUTES DE BLOCS.....	63

## **11. PRESENTATION DU SITE**

La falaise s'inscrit dans la zone B du cahier des charges de 2003. Elle a fait l'objet de l'étude complémentaire détaillée de juin 2007 (secteur 3).

Dans cette fiche de synthèse, le risque naturel étudié est l'instabilité de falaise (chutes de blocs et éboulement).

### **11.1 - SITUATION**

La falaise est située à 1.5 km, au Sud-Est du centre ville. L'aspect rougeâtre de ses fronts est du à des zones d'altération.

### **11.2 - GEOMORPHOLOGIE**

Le site marque le paysage par son imposante falaise de 20 à 35 m de hauteur. Celle-ci forme un net escarpement au-dessus des terrains marneux, plus tendres, sur lesquels elle repose.

Dans le secteur 3, la falaise a une hauteur de 10 à 35 m. Le front rocheux est plus altérés et plus fracturés au Sud du virage que prend la falaise.

### **11.3 - GEOLOGIE**

Cette falaise calcaire est d'âge jurassique. Le niveau considéré appartient à l'étage du Bajocien. Le secteur étudié présente un faciès ayant échappé à la dolomitisation.

Il s'agit de calcaire massif rose, affecté par une fracturation importante. Les bancs sont épais à patine grise. Certaines fissures sont remplies d'argile rouge de décalcification.

Le plateau dolomitique à l'Est de la falaise a connu un dépôt crétacé de Bauxite, dans les niveaux karstiques. Il est vraisemblable que certaines fractures de la falaise soient remplies de ces dépôts tardifs.

## **11.4 - HYDROGEOLOGIE**

Les calcaires du Bajocien sont surmontés des dolomies bathoniennes. L'ensemble du massif est karstique. La perméabilité de fissure ou perméabilité « en grand » est caractéristique de ces formations.

Les circulations d'eau sont limitées par le niveau des marnes toarciennes situé à la base des calcaires bajociens. Les écoulements ont lieu à cette interface.

## **11.5 - HYDROLOGIE**

Les eaux de surface s'infiltrent directement dans les fissures du massif.

Ces infiltrations mettent en charge les fissures du massif karstique.

## **12. INSTABILITES DE LA FALAISE**

Coupe géotechnique dans le secteur 3 Pézènes

Document n°07.170/ 13

Dans le texte

La falaise qu'on appellera « Joli Cantel » dans cette fiche est affectée par des chutes de blocs ou des éboulements de pan de falaise.

### **12.1 - FISSURATION ET FRACTURATION**

La falaise est affectée par le système de stratification de la roche calcaire et par 2 systèmes de discontinuités qui se développent en fissures et fractures :

- $S_0$  : direction N 140° à pendage sub-horizontale : Stratification
- $F_1$  : direction N 10° à pendage vertical : Fracturation
- $F_2$  : direction N 140° à pendage vertical : Fracturation

### **12.2 - FACTEURS DECLENCHANTS**

Les chutes de blocs et éboulement sont rapides et généralement imprévisibles à court terme. Les mécanismes sont de plusieurs type :

- Par glissement sur les plans de discontinuité,
- Par basculement,
- Par érosion de pied (surplombs).

Les instabilités de la falaise de Joli Cantel se manifestent par la formation de surplombs ou par basculement d'un pan de falaise.

#### **12.2.1 - Prédiposition de la falaise**

Le découpage du massif selon les 3 discontinuités crée des dièdres rocheux ou des blocs parallélépipédiques. L'espacement des discontinuités et de la stratification étant métrique, la taille moyenne des blocs est comprises entre 4 et 8 m<sup>3</sup> et peut atteindre jusqu'à 100 m<sup>3</sup>.

La stratification étant sub-horizontale et la fracturation verticale, les blocs découpés sont très instables dès lors qu'ils sont en surplomb.

L'ouverture des discontinuités est défavorable pour la stabilité de la falaise.

### **12.2.2 - Altération du pied de falaise**

La base de la falaise est formée par un rocher plus tendre qui s'altère sous l'action des intempéries et les alternances de gel/dégel.

Cette altération en pied entraîne la formation de surplomb dans le rocher plus massif.

Les surplombs découpés par le système de discontinuités de la falaise sont très instables dès lors que ces discontinuités sont ouvertes.

### **12.2.3 - Infiltration des eaux de ruissellements**

Le rocher est karstifié au sommet de la falaise. Ainsi les eaux de ruissellements des terrains situés au-dessus de la falaise s'infiltrent facilement dans le rocher par les systèmes de fractures et ressortent dans le front de la falaise. Ces eaux dissolvent le rocher calcaire, altère ou lessive le remplissage argileux des fractures.

Par conséquent ces circulations d'eau agrandissent l'ouverture des fissures et fractures.

Lors d'un épisode pluvieux intense, l'eau s'infiltrant dans une fracture peut se mettre en charge. Les pressions hydrostatiques se développant sur les épontes des fractures peuvent augmenter l'ouverture des fractures menant à la chute d'un bloc ou l'éboulement d'un pan de falaise.

### **12.2.4 - Alternance de gel/dégel**

Les circulations d'eau sont importantes dans le massif.

En hiver, les eaux infiltrés dans les fractures gèlent et augmentent de volume. Cette transformation crée des poussées sur les épontes des fractures tout en les maintenant temporairement jointives. Au printemps, lors du dégel, le liant formé par la glace fond, les fractures restent alors ouvertes.

Par conséquent les alternances de gel/dégel agrandissent l'ouverture des fissures et fractures.

### **12.2.5 - Présence de végétation arborée**

Le sommet de la falaise est colonisé par une végétation arborée. Les racines se développent dans les fractures. Leur poussée entraîne l'ouverture des fractures.

### **12.3 - VOLUMES INSTABLES**

L'espacement des discontinuités et de la stratification étant métrique, la taille des blocs est supérieure à 1 m<sup>3</sup> et peut atteindre plusieurs m<sup>3</sup>.

Sur le terrain, de nombreux blocs de 2 à 10 m<sup>3</sup> ont été observés en pied de falaise et jusqu'à une distance maximale de 180 m dans le secteur 3. Quelques gros blocs de 30 à 100 m<sup>3</sup> se sont arrêtés à 30 m du pied de falaise.

L'étude détaillée du secteur 3 a montré la présence d'une fracturation importante de la falaise créant des surplombs.

L'altération du rocher à la base de la falaise entraîne une mise en surplomb qui se développe vers le haut suivant la fracturation.

Les surplombs peuvent atteindre 100 m<sup>3</sup>.

## 12.4 - LA TRAJECTOIRE D'UN BLOC

Profil en long dans le secteur 3 à 1 : 1000

Document n°07.170/ 14

Dans le texte

### 12.4.1 - Généralités

La trajectoire d'un bloc dépend principalement de :

- sa hauteur de chute,
  - sa forme,
  - son poids,
  - la pente du versant. Sur lequel il roule ou rebondit,
  - la nature du versant et son pouvoir d'absorption de l'énergie des blocs
- les marnes amortissent les rebonds
  - les calcaires accélèrent les rebonds

Bien que la végétation puisse freiner et retenir certains blocs, elle n'est pas prise en compte dans l'estimation de la trajectoire d'un bloc.

En cas d'incendie de la forêt, la végétation ne joue plus son rôle de frein. De plus, lors d'un incendie, tous les blocs qui étaient retenus par la végétation sont libérés.

On se place ainsi dans le cas le plus défavorable.

La trajectoire type correspond le plus souvent à la ligne de plus grande pente. Cependant, la forme du bloc peut faire dévier cette trajectoire.

### 12.4.2 - Cas de la falaise de Joli Cantel

Le pied de falaise est constitué d'éboulis reposant sur une pente de 17° puis la pente diminue dans les marnes entre 15 et 10°.

Un bloc chutant du haut de la falaise rebondira et roulera dans la pente. En faisant abstraction de la végétation, les blocs peuvent s'arrêter jusqu'à une distance de 180 m du pied de falaise. (limite d'arrêt des blocs relevée sur le terrain).

La plupart des blocs de petites tailles s'arrêteront probablement avant dans la pente mais les gros blocs vont acquérir suffisamment de vitesse pour rouler jusqu'aux habitations et créer des dégâts importants.

Un bloc de 100 m<sup>3</sup> s'est arrêté à 180 du pied de falaise.

Par mesure de sécurité, et compte-tenu du caractère aléatoire du phénomène de chutes de blocs, la limite de l'extension maximale des chutes de blocs est éloignée de 10 m par rapport au contour des éboulis.

Dans le secteur 3, l'étude de la falaise a une plus grande échelle a montré une fracturation importante découpant la falaise en surplomb de plusieurs m<sup>3</sup>. Dans le cas de la chute d'un gros volume, les blocs vont acquérir une grande énergie de part leur taille importante et l'interaction qu'ils auront entre eux.

La limite d'extension maximale des chutes de blocs est alors portée à 270 m du pied de falaise. A cette distance la pente s'adoucie et l'énergie des blocs s'atténue.

### **12.4.3 - Evolution du phénomène en fonction du temps**

Les mécanismes de déstabilisation d'un bloc rocheux sont progressifs et s'accroissent dans le temps.

La phase préparatoire peut être longue. Elle conduit à l'équilibre limite. Elle se caractérise par :

- Déplacements très faibles,
- altération des joints de stratifications,
- ouverture des fissures,
- Mise en surplomb de la falaise par l'érosion des marnes sous-jacentes.

La phase d'accélération finale peut modifier la géométrie de l'édifice. Elle est brève et imprévisible. Elle se déroule essentiellement au printemps après le dégel de l'eau prisonnière des fractures ou lors de fortes périodes pluvieuses quand l'eau vient mettre en charge les fissures.

## **13. CARTOGRAPHIE DES ALEAS**

L'aléa instabilités de falaise a été reconnu dans la zone B et le secteur 3. Le degré de l'aléa est soit fort, soit moyen en fonction de la zone étudiée.

**La cartographie des aléas ne prend pas en compte la végétation ou les constructions pouvant jouer le rôle d'écran pare-blocs.** Elle ne s'intéresse qu'aux phénomènes naturels en fonction de ses caractéristiques physiques et de la topographie du terrain.

### **13.1 - ALEA FORT DE CHUTES DE BLOCS (NOTE CB3)**

Sur le terrain, de nombreux blocs de 2 à 10 m<sup>3</sup> ont été observés en pied de falaise et jusqu'à une distance maximale de 180 m dans le secteur 3. Quelques gros blocs de 30 à 100 m<sup>3</sup> se sont arrêtés à 30 m du pied de falaise.

L'étude détaillée du secteur 3 a montré la présence d'une fracturation importante de la falaise créant des surplombs.

L'altération du rocher à la base de la falaise entraîne une mise en surplomb qui se développe vers le haut suivant la fracturation.

Les surplombs peuvent atteindre 100 m<sup>3</sup>.

Compte tenu de ces observations, **tout le long la falaise de Joli Cantel, l'aval direct de la falaise est classé en aléa fort jusqu'à la limite des éboulis relevée sur le terrain.**

Cette limite s'étend jusqu'à 180 m du pied de falaise dans le secteur 3.

Cet aléa est caractérisé par une probabilité forte et une intensité forte.

Le sommet de la falaise est également classé en aléa fort, du fait de son recul inéluctable à long terme. Une bande de 15 m de large en sommet de falaise représente ce recul.

Au-delà de cette bande, en sommet de falaise, par défaut, l'aléa est classé négligeable. Une étude complémentaire serait nécessaire pour apprécier le recul de la falaise.

### **13.2 - ALEA MOYEN DE CHUTES DE BLOCS (CB2)**

#### **13.2.1 - Dans la zone B en général**

Par mesure de sécurité, et compte-tenu du caractère aléatoire du phénomène de chutes de blocs, la limite de l'extension maximale des chutes de blocs est éloignée de 10 m vers l'aval par rapport au contour des éboulis.

### **La bande de 10 m supplémentaire constitue la zone d'aléa moyen.**

Cet aléa est caractérisé par une probabilité de chute moyenne car les chutes ne sont pas avérées et une intensité moyenne car les volumes instables sont importants mais perdent de l'énergie avec l'éloignement.

Cependant les blocs arriveront dans cette zone suffisamment vite pour créer des dégâts importants.

### **13.2.2 - Dans le secteur 3 en particulier**

**La zone d'aléa moyen est déterminée par la limite de l'extension maximale des chutes de blocs.**

Cette limite est estimée à partir de l'intensité de l'aléa et de la topographie.

Dans cette zone, les indices d'instabilités conduisant à classer la zone en aléa moyen sont les suivants :

- La falaise est très fracturée dans ce secteur,
- Des surplombs d'un centaine de m<sup>3</sup> menace de s'ébouler,
- La partie supérieure de la falaise est formée par une roche karstifiée qui en s'ébouillant se fractionne en forme de boules,
- Les blocs de 100 m<sup>3</sup> de forme arrondie roulent sur le sol et acquièrent une grande énergie.
- Lors d'un éboulement en masse, des interactions entre blocs (chocs) peuvent augmenter leur vitesse.

Cet aléa est caractérisé par une probabilité de chute moyenne car les chutes ne sont pas avérées et une intensité moyenne car les volumes instables sont importants mais perdent de l'énergie avec l'éloignement.

Cependant les blocs arriveront dans cette zone suffisamment vite pour créer des dégâts importants.

**La limite de l'extension maximale des chutes de blocs est placée à 270 m du pied de falaise** car de nombreux blocs se sont arrêtés à 180 m dont un bloc de 100 m<sup>3</sup>. Cette limite correspond à un adoucissement de la pente.

Au-delà de cette distance, la probabilité de chutes est très faible.

## **14. ZONAGE DES DISPOSITIONS D'URBANISME**

En fonction de la nature et du degré de l'aléa affectant une zone, les dispositions d'urbanismes peuvent être différentes.

Le zonage des dispositions d'urbanisme vis-à-vis des risques de mouvements de terrain est le suivant :

- Zone Rouge : Terrains inconstructibles,
- Zone Bleue : Terrains constructibles sous condition,
- Zone Blanche : Terrains constructibles.

### **14.1 - ZONES ROUGES**

Dans cette zone **les terrains sont inconstructibles.**

Les zones rouges correspondent aux aléas chutes de blocs de degré fort ou moyen.

Les zones d'aléas définies dans la cartographie des aléas sont traduites en zone rouge.

Dans ces zones, en l'absence de mesures de protection, la projection directe ou après rebond d'un bloc sur une habitation causerait des dégâts très importants sur les biens et les individus (toiture détruite, mur endommagé, personne blessée etc...)

L'interdiction de construire peut être levée après révision du PLU si une étude géotechnique détaillée est réalisée à l'échelle de la parcelle.

Le but de cette étude serait soit :

- De prouver localement un aléa négligeable ou nul,
- Soit de réaliser un ouvrage de protection de la parcelle avec entretien et surveillance.

### **14.2 - ZONES BLANCHES**

Ces zones ne sont pas soumises à des aléas mouvements de terrain.

Les terrains sont constructibles en regard des risques naturels de mouvements de terrain.

## **15. MESURES DE PROTECTION**

### **15.1 - PARADES CONTRE LES CHUTES DE BLOCS**

Les mesures de protection sont à mettre en place soit pour empêcher la chute de blocs soit pour arrêter la course d'un bloc après sa chute.

Dans la zone B et le secteur 3, l'importance de la fracturation de la falaise nécessite la mise en place d'ouvrages de protections sur des grandes surfaces et des grandes longueurs. Ces ouvrages sont très coûteux et doivent être pris en charge par les collectivités.

Les types d'ouvrages de protection envisageables dans ce secteur sont énoncés dans la fiche de synthèse « parades contre les instabilités de falaises ».

Si ces mesures de protection sont réalisées, le secteur pourrait être classé en zone bleue constructible sous conditions après la révision du PLU.

Les conditions à respecter seraient de mettre en place une procédure visant à garantir l'entretien, l'auscultation et la surveillance des ouvrages et à identifier clairement un maître d'ouvrage et s'assurer d'un financement pérenne.

# FICHE DE SYNTHÈSE N°4

## MOUVEMENTS DE RETRAIT GONFLEMENT DANS LES MARNES TOARCIENNES

### ZONE B ET ZONE C

#### SOMMAIRE

<b>1. PRESENTATION DU SITE.....</b>	<b>65</b>
1.1 - SITUATION.....	65
1.2 - GEOMORPHOLOGIE.....	65
1.3 - GEOLOGIE.....	65
1.4 - HYDROGEOLOGIE.....	66
1.5 - HYDROLOGIE.....	66
1.6 - CULTURE / EXPLOITATION.....	66
1.7 - HISTORIQUE.....	66
<b>2. MOUVEMENTS DE TERRAIN LIES AUX MARNES.....</b>	<b>67</b>
2.1 - COMPORTEMENT DES ARGILES.....	67
2.1.1 - <i>Définition</i> .....	67
2.1.2 - <i>Caractéristiques mécaniques</i> .....	67
2.2 - PROBLEMES GEOTECHNIQUES.....	68
2.2.1 - <i>Le tassement</i> .....	69
2.2.2 - <i>Le gonflement</i> .....	69
2.2.3 - <i>Le retrait</i> .....	69
2.2.4 - <i>La gélivité</i> .....	70
2.2.5 - <i>Effets sur les constructions</i> .....	70
2.2.6 - <i>Glissement de terrain</i> .....	71
<b>3. RAVINEMENT ET GESTION DES EAUX.....</b>	<b>72</b>
3.1 - TERRAIN NATUREL.....	72
3.2 - TERRAINS REMANIES.....	72
<b>4. CARTOGRAPHIE DES ALEAS.....</b>	<b>73</b>
4.1 - ALEA FAIBLE DE MOUVEMENTS DE TERRAIN (MT1).....	73
<b>5. ZONAGE DES DISPOSITIONS D'URBANISME.....</b>	<b>74</b>
5.1 - ZONES BLEUES.....	74
5.2 - ZONES BLANCHES.....	74
<b>6. MESURES DE PROTECTION.....</b>	<b>75</b>
6.1 - GESTION DES EAUX.....	75
6.1.1 - <i>A l'échelle d'un terrain d'habitation</i> .....	75
6.1.2 - <i>A l'échelle d'un secteur</i> .....	76
6.2 - DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES.....	76
6.2.1 - <i>Etude de sol</i> .....	76
6.2.2 - <i>Géométrie de la construction</i> .....	77
6.2.3 - <i>Choix des matériaux</i> .....	77
6.2.4 - <i>Mise en place des canalisations</i> .....	78
6.2.5 - <i>Végétation</i> .....	78

## **16. PRESENTATION DU SITE**

### **16.1 - SITUATION**

La formation du Toarcien est très peu représentée dans la région. Sur la commune de Bédarioux, les marnes caractéristiques de cette formation affleurent sur 2 km<sup>2</sup> environ. Il s'agit d'une bande orientée Nord – Sud de 300 m à 1 km de large située 800 m à l'Est du centre ville.

Sur les zones B (Route de Pézènes) et C (Roc Rouge), elles sont partiellement recouvertes des alluvions du ruisseau des Vèbres et des Douzes. Dans le cahier des charge, elles représentent au total, dans les 2 zones étudiées, une surface de 0.4 km<sup>2</sup>.

### **16.2 - GEOMORPHOLOGIE**

Les marnes sont des roches tendres, facilement altérables. Ceci explique les pentes douces qu'elles forment dans le paysage. La teinte gris-bleuté des marnes et la végétation hydrophile (joncs, roseaux) qui parfois peuplent les versants en sont caractéristiques.

### **16.3 - GEOLOGIE**

Les marnes appartiennent au Lias moyen et supérieur (respectivement Pliensbachien et Toarcien). Dans le secteur d'étude, les deux étages sont indifférenciés. Leur puissance normale s'élève à 60-70 m.

Seul le tiers supérieur de l'Hétangien présente des épaisseurs normales.

Les marnes sont en général finement feuilletées.

Une frange de colluvions surmonte les marnes, en haut du versant. Leur emprise s'étend sur 350 m en moyenne. Les colluvions enveloppent des cailloutis et des blocs décimétriques en quantité parfois importante.

Le frange d'altération des marnes en produits essentiellement argileux peut atteindre 1,5 m à 2 m.

## **16.4 - HYDROGEOLOGIE**

Les marnes sont surmontées de formations karstiques qui représentent un important réservoir d'eau.

Les circulations d'eau sont limitées par le niveau de marnes toarciennes situé à la base des calcaires bajociens. Les écoulements ont lieu à cette interface.

Il en résulte des résurgences : sources du Mas de Riols et de l'Héron au Nord, sources des Douzes et de la Joncasse au Sud. Ces deux dernières sont exploitées pour l'alimentation en eau potable de la ville.

## **16.5 - HYDROLOGIE**

Les marnes ont une faible perméabilité. Localement, des fissures constituent un point d'infiltration ponctuel.

Ces marnes sont le siège de nombreux ruisseaux temporaires.

Dès que les terrains sont remaniés ou que leur pente naturelle est modifiée, un ravinement intense s'opère. Il est clairement visible dans le paysage.

## **16.6 - CULTURE / EXPLOITATION**

Plusieurs carrières de marnes ont été exploitées par la briqueterie (tuilerie). Les sites n'ont jamais été remis en état, ni mis en sécurité.

Les terrains ne font l'objet d'aucune culture. Il s'agit, la plupart du temps, de friches.

## **16.7 - HISTORIQUE**

L'emprise des carrières en 1990 a été tracée grâce aux photographies aériennes anciennes.

L'enquête auprès de la population a permis de connaître l'existence d'une requête auprès de Monsieur le maire pour effectuer une déclaration de catastrophe naturelle. Les adresses des signataires, déclarant être victimes de fissuration dans leur maison a été reporté sur le plan de l'historique (par rues).

Plus précisément, les habitations des personnes ayant répondues à la lettre circulaire de la mairie, suite à la pétition, ont été positionnées une à une sur ce même plan.

## **17. MOUVEMENTS DE TERRAIN LIES AUX MARNES**

Les marnes sont des roches constituées de calcaire et d'argile. Leur comportement mécanique est fonction :

- de l'épaisseur d'altération,
- du pourcentage de l'un par rapport à l'autre,
- de la nature des argiles,
- de la teneur en eau.

C'est la présence des argiles qui conditionne les déformations. La présence d'argile est liée à la frange d'altération qui peut atteindre 2 m de profondeur. Or, les fondations superficielles sont incluses dans cette frange, d'où les désordres constatés.

La compréhension des déformations nécessite donc l'étude du comportement des argiles.

### **17.1 - COMPORTEMENT DES ARGILES**

#### **17.1.1 - Définition**

Les argiles ont une structure cristallographique en feuillets. Leur association dans les 3 dimensions constitue un motif cristallin qui détermine leurs propriétés géotechniques.

Les argiles sont classées en 7 familles aux caractéristiques et propriétés diverses. Deux d'entre elles posent plus particulièrement des problèmes de comportement mécanique :

- les smectites,
- les interstratifiées à Montmorillonite.

Elles ont des propriétés absorbantes exceptionnelles. En géotechnique, elles sont couramment dénommées « argiles gonflantes ».

Le comportement d'une argile est défini par ses caractéristiques mécaniques.

#### **17.1.2 - Caractéristiques mécaniques**

Les caractéristiques mécaniques des argiles dépendent de :

- La taille des particules

La taille détermine les forces de liaison entre les feuillets, et la possibilité ou non de stockage de particules d'eau. Ce paramètre est connu grâce à la sédimentométrie.

- La consistance

La limite de consistance liquide, plastique et solides, fonction de la quantité d'eau dans la sol, est connue grâce aux essais d'Atterberg.

- L'activité

La cohésion des argiles augmente avec la profondeur. Lorsque les argiles sont sèches, elles présentent une résistance mécanique élevée, qui diminue à mesure que la teneur en eau augmente.

L'activité d'une argile renseigne sur son pouvoir de gonflement.

- La sensibilité

La sensibilité d'une argile correspond à sa capacité à diminuer de résistance après remaniement, pour une même teneur en eau.

## **17.2 - PROBLEMES GEOTECHNIQUES**

Dégâts causés par les marnes	Document n°07.170/ 15	Dans le texte
------------------------------	-----------------------	---------------

Les problèmes énoncés ci-après sont entièrement fonction de la nature des argiles, intimement liée à ses propriétés mécaniques.

Les aléas « tassement », « gonflement », « retrait » et « gélivité » ont des caractéristiques communes :

- Leur comportement est valable sur une frange de 2 m environ, correspondant à l'épaisseur d'altération.
- Les effets sur les habitations sont identiques.

L'aléa « glissement de terrain » est traité individuellement.

### **17.2.1 - Le tassement**

Le tassement dépend de la surcharge apportée au terrain. Il n'a qu'une composante verticale. Il est possible de le prévoir, avec une étude de sol.

Il se produit sur une longue durée. La faible perméabilité des terrains empêche l'évacuation rapide de l'eau. Il s'agit d'un comportement réversible, c'est à dire qu'en retirant la surcharge, le sol reprend son modelé initial.

### **17.2.2 - Le gonflement**

Les roches marneuses gonflent par adsorption d'eau. Il est même possible de constater une augmentation de volume lorsque l'air est très humide. Il en résulte une augmentation de contrainte dans les fondations des bâtiments et les canalisations.

Cette contrainte de compression peut atteindre la contrainte de rupture d'un matériau et entraîner sa déstructuration partielle ou totale. Ce phénomène est irréversible.

### **17.2.3 - Le retrait**

Lors de périodes de sécheresses prolongées, le sol se rétracte. Il est parsemé de fentes dites « de retrait » dont les dimensions peuvent atteindre plusieurs cm de large et quelques dizaines de cm de profondeur.

Le retrait est anisotrope : il s'organise différemment dans l'espace :

- La composante horizontale est prédominante et c'est la plus visible. Elle se manifeste par des craquelures.
- La composante verticale est plus délicate à percevoir. Elle correspond à un tassement naturel.

Il entraîne une chute de contrainte plus ou moins brutale dans les constructions. Lorsque cette contrainte de traction atteint la contrainte de rupture d'un matériau, il y a apparition de fissures. Celle-ci se manifeste parfois violemment par une détonation. Ce phénomène est irréversible.

#### **17.2.4 - La gélivité**

Le passage de l'état liquide à l'état solide de l'eau se fait avec une augmentation de volume de 10%. Il se forme des lentilles de glace qui peuvent atteindre plusieurs centimètres d'épaisseur.

La surface du sol se soulève et peut entraîner des dégâts sur les constructions.

Inversement, le passage de l'état solide à l'état liquide provoque une augmentation de teneur en eau. La résistance du sol diminue et les sols de fondation ont une portance qui diminue.

La teneur en éléments fins détermine la profondeur de pénétration du gel.

Le passage d'un état à un autre provoque une augmentation ou une diminution brutale de contrainte qui peut avoir les mêmes conséquences que le retrait et le gonflement.

#### **17.2.5 - Effets sur les constructions**

Les mouvements de sols évoqués ci-dessus provoquent des variations de contrainte dans le sol, plus ou moins rapidement.

Lorsque ces contraintes (traction ou compression) atteignent la contrainte de rupture, les fissurations se produisent irréversiblement. Par la suite, les fissures s'ouvrent et se referment au fil des saisons.

Il s'agit d'une évolution à long terme (quelques années à quelques dizaines d'années). Si aucune intervention n'est entreprise, les habitations peuvent dans certains devenir inhabitables.

### **17.2.6 - Glissement de terrain**

Un glissement concerne la mise en mouvement lente de terrains en pente. Il est caractérisé par une surface de discontinuité (cisaillement) entre les terrains en mouvement et la partie stable. La forme de cette discontinuité est souvent circulaire dans les marnes.

La profondeur dépend de l'épaisseur d'altération des marnes. Un glissement est souvent provoqué par la présence d'eau (source ...)

Les épaisseurs de terrain concerné peuvent être de :

- quelques mètres : glissement superficiel, avec de nombreux indices de surface,
- quelques centaines de mètres : glissement profond, avec peu d'indice de surface.

Les indices de surface sont :

- niche(s) d'arrachement au sommet,
- arbres basculés,
- bourrelets,
- zone de rétention d'eau.

Les effets sur les constructions sont néfastes. En fonction de la vitesse du mouvement, la destruction partielle ou totale d'un bâtiment s'effectuera à plus ou moins long terme.

Les dégâts sont progressifs et irrémédiables. Ils sont d'autant plus nuisibles que les composantes horizontale et verticale sont importantes.

## **18. RAVINEMENT ET GESTION DES EAUX**

Ravinement dans les marnes	Document n°07.170/ 16	Dans le texte
----------------------------	-----------------------	---------------

### **18.1 - TERRAIN NATUREL**

Les marnes ont la caractéristique d'être tendre. Au niveau du terrain naturel, les lits asséchés des ruisseaux ne laissent pas présager d'instabilité à venir. Le creusement du lit se fait naturellement, lentement et les particules sont entraînées dans les rivières qui les drainent.

### **18.2 - TERRAINS REMANIES**

Les anciennes carrières dans le secteur de Boubals et du Rond point de la nouvelle route de Clermont l'Hérault, sont le siège de ravinement important.

Ces terrains ont fait l'objet d'une extraction de matériaux. Il y a eu décapage de la couverture végétale et localement raidissement des pentes. Il en résulte une érosion des pentes par ravinement qui se caractérise par d'importantes griffes d'érosion.

Les particules sont entraînées par l'eau et se déposent sur des zones de faible pente. L'érosion est d'autant plus intense que le régime des pluies et méditerranéen (pluies de forte intensité).

Les griffes d'érosion sont constituées de talus abrupts qui s'écroulent progressivement. L'érosion est régressive. Une habitation construite en limite d'une importante figure d'érosion peut être endommagée.

Des terrassements du chemin d'accès au site d'escalade ont modifié le lit du ruisseau. Lors de périodes de fortes précipitations, celui-ci déborde et crée des dégâts dans les terrains avoisinants.

## **19. CARTOGRAPHIE DES ALEAS**

### **19.1 - ALEA FAIBLE DE MOUVEMENTS DE TERRAIN (MT1)**

L'aléa correspond aux problèmes géotechniques évoqués ci-dessus :

- tassement,
- retrait,
- gonflement,
- gélivité,
- ravinement.

Concernant les glissements de terrains, aucun indice de surface n'a été détecté lors de la reconnaissance de terrain :

- les pentes non aménagées sont régulières et aucune source n'a été observée,
- la végétation ne présente pas de figure d'instabilité,
- les zones aménagées étant complètement restructurées, les affleurements sont rares. Aucun glissement de talus n'a été observé.

**L'aléa « mouvement de terrain » lié aux marnes est faible.** La probabilité d'occurrence est forte, mais elle se fait sur un long terme et l'intensité des mouvements est faible (tassements et gonflements centimétriques).

Le périmètre des aléas a été tracé tel que son contour se superpose à la limite des marnes avec les dolomies ou les calcaires. Dans cette optique, l'approche de terrain a permis de préciser les contours de la carte géologique, à l'échelle du 1 : 5 000.

Les alluvions ont été incluses dans le même périmètre d'aléa qui caractérise les marnes. En effet, cette formation superficielle ancienne recouvre les marnes sur une épaisseur plus ou moins faible.

En fonction de la nature des alluvions (si elles sont très argileuses) et de leur épaisseur, les problèmes géotechniques peuvent être identiques à ceux rencontrés dans les marnes.

Il faut bien souligner qu'une partie de la limite géologique des marnes avec les calcaires / dolomies n'est pas visible sur le terrain. Elle correspond dans ce cas à une interprétation logique de la géologie du secteur. Seule une reconnaissance géotechnique (sondage à la pelle, à la tarière) peut lever le doute.

## **20. ZONAGE DES DISPOSITIONS D'URBANISME**

En fonction de la nature et du degré de l'aléa affectant une zone, les dispositions d'urbanismes peuvent être différentes.

Le zonage des dispositions d'urbanisme vis-à-vis des risques de mouvements de terrain est le suivant :

- Zone Rouge : Terrains inconstructibles,
- Zone Bleue : Terrains constructibles sous condition,
- Zone Blanche : Terrains constructibles.

### **20.1 - ZONES BLEUES**

Dans ces zones **les terrains sont constructibles sous conditions**. Elles correspondent aux aléas mouvements de terrain de degré faible.

Zones bleues MT1 :                    **Constructible sous conditions**

- **Réalisation d'une étude géotechnique de fondations dans les marnes,**
- **Mise en place de dispositions techniques pour se prémunir des tassements par retrait-gonflement,**
- **Mise en place de mesures de gestion des eaux de ruissellements.**

L'application des ces conditions reste sous la responsabilité du maître d'œuvre de la construction.

### **20.2 - ZONES BLANCHES**

Ces zones ne sont pas soumises à des aléas mouvements de terrain.

Les terrains sont constructibles en regard des risques naturels de mouvements de terrain.

## **21. MESURES DE PROTECTION**

Le facteur déclenchant de tous les problèmes rencontrés dans les marnes est l'eau et la sécheresse (cycle de sécheresse et période fortement pluvieuse).

Le phénomène s'étend sur une longue durée (saisons, années) et n'a pas des conséquences directes sur les individus.

Les problèmes concernent :

- les infrastructures
  - les bâtiments (dégâts / fondations superficielles),
  - les canalisations (eau, gaz, rejet des eaux),
  - la mise en place de poteaux (lignes aériennes).
  
- la gestion des eaux
  - les inondations locales liées à une modification de l'hydrographie,
  - les cônes de déjection (des matériaux issus des ravines).

Les mesures pour assurer la pérennité les ouvrages sont :

- des mesures concernant les dispositions constructives (mise en œuvre de fondations spéciales),
- des mesures de gestion des eaux.

Chaque construction ou aménagement de parcelle nécessite une étude géotechnique particulière, avec reconnaissance des sols. Le surcoût lié à cette étude doit être pris en compte par le propriétaire.

### **21.1 - GESTION DES EAUX**

#### **21.1.1 - A l'échelle d'un terrain d'habitation**

Il est fondamental de ne pas placer la construction projetée dans une dépression. Les eaux seraient récupérées dans cette cuvette et ne s'infiltreraient pas, vu la perméabilité des terrains.

Pour éviter les différences de teneur en eau en fonction de temps, l'objectif est de limiter l'apport en eau.

La gestion des eaux a pour but de les récolter en périphérie d'un bâtiment, par un système de tranchées drainantes. La profondeur de ces tranchées de doit pas excéder la base des fondations. Il sera intéressant de noter les venues lors de la fouille effectuée pour les fondations.

Les tranchées achemineront les eaux, par une faible pente (de quelques %) vers un exutoire qui sera :

- un bassin de rétention (prévoir un débordement),
- un réseau pluvial,
- un fossé,
- un ruisseau.

### **21.1.2 - A l'échelle d'un secteur**

Il faudra être attentif, lors de terrassements à :

- ne pas implanter une habitation à proximité d'un talus raide,
- ne pas créer de talus raide lors de terrassement,
- éviter de modifier le lit d'un ruisseau,
- réaliser des fossés de contournement des eaux.

## **21.2 - DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES**

Les dispositions constructives seront adaptées, au cas par cas, pour la création d'un lotissement ou d'une maison individuelle.

### **21.2.1 - Etude de sol**

La plupart des maisons individuelles ont des fondations superficielles. Elles reposent donc sur la frange de sol qui est sujette aux variations de volume en fonction de la présence ou l'absence d'eau.

Le but est de fonder la maison à une profondeur qui répond aux critères suivants :

- résistance suffisante des terrains,
- cohésion suffisante,
- argiles inactives,
- argiles insensibles,
- tassements admissibles.

La détermination de ces paramètres nécessite une étude de sol avec comme corollaire une campagne de sondage :

- forage,
- essai au pénétromètre ou au pressiomètre,
- teneur en eau,
- essai d'Atterberg (pour déterminer l'indice de plasticité),
- sédimentométrie (taille des particules inférieures à 2  $\mu\text{m}$ ).
- résistance à la compression simple.

Le dimensionnement des fondations indique :

- le type de fondation (semi-profondes, profondes),
- la profondeur d'ancrage (pour atteindre un niveau d'argile résistante et insensible),
- le mode de mise en place.

Un niveau d'assise profond peut également être atteint par la réalisation d'un sous-sol.

### **21.2.2 - Géométrie de la construction**

Les constructions à géométrie complexe (sur plusieurs niveau, étage reposant sur des piliers, etc...) et les maisons dites « lourdes » (plusieurs étages, superficie importante, etc...) sont plus sujettes aux mouvements de terrain prédéfinis.

Dans le cas d'agrandissement ou pour les géométries complexes, il est préférable de réaliser la construction en unités homogènes. Des joints de dilatation assureront le contact entre deux unités.

### **21.2.3 - Choix des matériaux**

Il est raisonnable d'aborder les problèmes de mouvement de terrain avec le constructeur. En effet, il semble prudent de choisir les matériaux de construction ayant une certaine souplesse et susceptibles de supporter de faibles déformations.

On citera par exemple :

- éviter le carrelage,
- préférer le bois (souple) aux matériaux cassants.

#### **21.2.4 - Mise en place des canalisations**

Les facteurs à prendre en compte concernant le terrain sont :

- sa nature,
- sa pente,
- le type d'énergie choisi,
- la distance des tuyaux à mettre en place,
- la mode d'assainissement (collectif – autonome).

L'enjeu des canalisations réside dans le fait que :

- ils sont sensibles aux mouvements du terrain,
- leur rupture met du temps à être détectée,
- la conséquence d'une fuite d'eau amplifierait les désordres (saturation des marnes en eau),
- les conséquences pourraient mettre en danger les individus (fuite de gaz).

Dans tous les cas, le nombre et la longueur des canalisations doivent être minimisés.

Les recommandations sont les suivantes :

- Les matériaux doivent être :
  - souples,
  - d'un seul tenant (limiter le nombre de raccord),
  - hyper résistants,
  - de petite section (10 cm de diamètre).
- Il est totalement déconseillé de les enterrer profondément. Seule apparaîtra leur surface. En cas de terrain plat, une pompe au déclenchement automatique sera nécessaire.

#### **21.2.5 - Végétation**

Il faut éviter de planter des arbres à proximité de l'habitation. En effet les racines ont un impact néfaste sur les fondations :

- elles peuvent les altérer en créant une augmentation de contrainte locale dans le sol,
- Elles créent un appel d'eau et d'humidité, déconseillé dans ces terrains.



# FICHE DE SYNTHÈSE N°5

## PARADES CONTRE LES INSTABILITÉS DE FALAISE

### SOMMAIRE

<b>1. NOTION DE RISQUE .....</b>	<b>81</b>
<b>2. LES PARADES ACTIVES .....</b>	<b>81</b>
2.1 - CLOUAGE EN PAROIS PAR ANCRAGE .....	81
2.2 - CABLAGE / FILETS MÉTALLIQUES .....	82
<b>3. LES PARADES PASSIVES .....</b>	<b>83</b>
3.1 - MERLON PARE BLOC .....	83
3.2 - FILET PARE-BLOC .....	83
<b>4. LES PARADES TEMPORAIRES .....</b>	<b>84</b>
<b>5. SIGNALISATION .....</b>	<b>84</b>
<b>6. CONCLUSION .....</b>	<b>84</b>

## **22. NOTION DE RISQUE**

Le processus de recul d'une falaise est continu dans le temps. Le risque est lié :

- Aux individus fréquentant les abords de la falaise :
  - promeneurs sur sentier
  - grimpeurs,
  - autres promeneurs, hors sentiers.
  
- Aux habitations :
  - habitations situées à proximité d'une falaise,
  - futures habitations.

Le risque est d'autant plus marqué que la rupture des blocs ou des pans de falaise est soudaine et imprévisible.

Leur occurrence peut provoquer des dégâts importants sur les constructions.

Trois types de parades sont possibles. Elles sont présentées dans les paragraphes suivants.

## **23. LES PARADES ACTIVES**

Les mesures actives consistent à empêcher l'aléa de se produire en intervenant directement sur la falaise.

### **23.1 - CLOUAGE EN PAROIS PAR ANCRAGE**

<b>Schéma de clouage en parois par ancrage</b>	<b>Document n°07.170/ 17</b>	<b>Dans le texte</b>
--	------------------------------	----------------------

Ce type de mesure nécessite une étude détaillée du massif rocheux. Elle vise à localiser les blocs potentiellement instables, chacun faisant l'objet d'un traitement, en fonction de sa géométrie et de sa situation dans le massif.

Le traitement consiste à :

- forer un trou dans le bloc,
- faire pénétrer dans ce trou un ancrage (armature d'acier).

Le but est de sceller l'ancrage dans le massif sain.

Dans les zones surplombantes, il faut associer les ancrages à des butées en béton sous les surplombs.

Le principe est le suivant : les épingles scellées introduisent une résistance supplémentaire au cisaillement ou à l'écartement. Il n'y a pas de mise en tension. Les propriétés mécaniques sont globalement meilleures. L'ancrage ne joue un rôle que s'il y a déplacement de la masse instable.

Il est conseillé de protéger les armatures de la corrosion. Le suivi de la tension des câbles dans le temps est nécessaire.

## **23.2 - CABLAGE / FILETS METALLIQUES**

Cette solution consiste à amarrer une masse instable avec les câbles métalliques et / ou une nappe de filet métallique. Le choix de leur position, de leur résistance et de leur assemblage dépend du poids des roches instables.

La zone d'ancrage ne doit pas présenter d'instabilité. Les grillages sont plaqués contre la paroi. Ils peuvent localement s'en désolidariser. L'ancrage au pied de falaise n'est pas souhaitable. L'objectif est de permettre l'évacuation des petits blocs et cailloutis.

## **24. LES PARADES PASSIVES**

Les mesures ne s'opposent pas au phénomène. Elles en empêchent les conséquences.

### **24.1 - MERLON PARE BLOC**

Le principe est d'intercepter les blocs éboulés de la falaise, avant qu'ils n'atteignent les zones exposées.

Son dimensionnement dépend de sa situation par rapport à la falaise. Il faut compter une hauteur de 5 m environ. Le flanc exposé à l'impact des blocs doit être le plus raide possible. Il s'agit d'un ouvrage pérenne.

Les matériaux utilisés sont emprunts au cône d'éboulis. Lors de la mise en place, il est souhaitable de créer un fossé amont destiné à piéger les blocs.

Les merlons peuvent parfaitement s'intégrer dans le paysage.

### **24.2 - FILET PARE-BLOC**

<b>Filets pare-blocs statiques</b>	<b>Document n°07.170/ 18</b>	<b>Dans le texte</b>
<b>Filets pare-blocs dynamiques</b>	<b>Document n°07.170/ 19</b>	<b>Dans le texte</b>

Ils ont la même fonction que les merlons : intercepter les blocs avant qu'ils n'atteignent les zones exposées.

Il existe deux types de filets :

- Les filets statiques protègent des chutes de pierres (de quelques décimètres). Un grillage métallique est rapporté sur des poteaux métalliques fichés en terre et haubanés en amont.
- Les filets dynamiques protègent contre les éboulements. Ils absorbent l'énergie des blocs en se déformant. Ils permettent l'arrêt de blocs de 15 tonnes chutant de 37 m de hauteur

Les systèmes de mise en place artisanale (rails, poutres en bois), sont moins efficaces que les écrans souples.

## **25. LES PARADES TEMPORAIRES**

Il est possible de recourir à cette méthode, lorsque la falaise fait l'objet d'un suivi régulier. Lorsqu'un bloc présente des symptômes d'instabilité (phase finale), une purge est effectuée. Plusieurs outils sont utilisables :

- La barre à mine,
- Les coins,
- L'éclateur hydraulique,
- La cablette,
- Le vérin plat,
- Le brise roche hydraulique.

Il n'est pas conseillé d'avoir recours à la purge par minage, car la déflagration risque d'accélérer le processus d'ouverture des fissures existantes.

## **26. SIGNALISATION**

Les falaises sont des lieux attrayants de part leur panorama et leur site d'escalade. De plus, depuis les dernières années, les habitations se sont rapprochées de ces sites. La fréquentation doit être prise en compte.

La signalisation du danger, quel que soit le moyen de défense utilisé est nécessaire. En effet, la rupture est imprévisible et rapide et peut avoir des conséquences dramatiques sur la vie des personnes.

## **27. CONCLUSION**

Les instabilités de falaise sont le plus souvent des phénomènes étendus. Pour cette raison, les études et la réalisation des parades actives, passives ou temporaires ne peuvent être prises en charge par un propriétaire individuel.

Ces ouvrages sont très coûteux et doivent être pris en charge par les collectivités.

Les parades contre les aléas ne doivent pas se borner à la réalisation des ouvrages mais doivent aussi assurer leur pérennité à long terme.

Ainsi les collectivités doivent mettre en place une procédure visant à garantir l'entretien, l'auscultation et la surveillance des ouvrages et à identifier clairement un maître d'ouvrage et s'assurer d'un financement pérenne.



