

Géologie -Sols



centre d'études techniques de l'équipement

Réf :

le :

# ÉTUDE DE L'ALÉA MOUVEMENTS DE TERRAIN NATURELS

DANS LE CADRE D'UN P.P.R.

COMMUNE D'ÈZE

-=oOo=-

## Etude géologique et géotechnique

réalisée par A. Calvino et J.P. Meneroud

**Demandeur :** DDE des AM : SAUH

**Destinataire :** DDE des AM : SAUH (3 ex.)

**Dossier :** 96447 /74

**Novembre 1996**

laboratoire de nice

génie civil, infrastructure, habitat,  
ouvrages d'art, aménagement, urbanisme,  
environnement, transports, circulation, métrologie,  
hydraulique, énergie, laboratoire, informatique, génie urbain.



centre d'études techniques de l'équipement  
56, boulevard stalingrad - 06300 nice  
téléphone: 92.00.81.81 - fax: 92.00.81.99  
ministère de l'équipement, des transports et du tourisme

A la demande de la Direction Départementale de l'Équipement des A.M., le Laboratoire a réalisé une étude géologique et géotechnique de la commune d'Eze dans la perspective de l'établissement d'un Plan de Prévention des risques.

Cette étude a pour but d'établir une carte de qualification de l'aléa mouvements de terrain naturels. Elle actualise les données géologiques antérieures établies en 1975 dans le cadre du P.O.S.

Ce travail est basé exclusivement sur un levé géologique de terrain, sur l'étude de photos aériennes et de documents d'archives, sans recourir à des moyens d'investigations onéreux, mécaniques ou géophysiques.

Outre ce rapport, les résultats sont exprimés sous forme d'une carte d'aléa lié aux mouvements de terrains naturels qui établit une hiérarchie entre différents secteurs de la commune suivant l'existence (ou non) de risques naturels.

Un tel zonage au 1/5.000 établi à partir d'un niveau d'information encore sommaire, ne peut rendre compte des hétérogénéités de détail qui pourraient être définies à l'échelle de la parcelle grâce à des investigations nouvelles (géophysiques, sondages de reconnaissance, essais in situ...). La précision du zonage est étroitement dépendante de la précision du fond de plan fourni.

Ce dossier d'étude comporte :

- une carte d'aléa des mouvements de terrain naturels, (les aléas inondation et sismique ne font pas l'objet de cette étude), en statique et en dynamique,
- une notice commentant la qualification de l'aléa et attirant l'attention sur les points de la zone étudiée particulièrement sensibles ou sur lesquels des incertitudes subsistent.

En annexe à la notice est joint l'extrait de la notice de la carte CRAM (Cartes de Risques des Alpes Maritimes au 1 / 25 000) comportant la définition de la légende et la typologie des mouvements de terrain.

## 1. QUALIFICATION DE L'ALÉA

Elle est essentiellement fondée sur deux critères :

- la dimension des phénomènes avec comme corollaires la possibilité ou non de les étudier et de les traiter à l'échelle de la parcelle moyenne;
- l'état actuel des techniques et des connaissances, qui fait que des parades sont réalisables ou non, le coût de leur réalisation étant un sous-critère lié en premier lieu à l'ampleur du phénomène.

Afin de renseigner le lecteur sur le type et le niveau de risque, à la notation alphabétique de la carte d'aléa (qui ne comporte aucune hiérarchie) a été adjointe, en indice, la notation alphanumérique de la légende des cartes CRAM (Cartes de Risques des Alpes Maritimes au 1 / 25 000) et la définition des zonages qui figurent en annexe de la carte.

## 2. COMMENTAIRES SUR LES SECTEURS ÉTUDIÉS

L'aléa éboulement est l'aléa dominant et certainement le plus préoccupant ; il règne en effet sur plusieurs secteurs de la commune, qui, pour une bonne part, sont bâtis, parfois avec une densité assez forte. Plusieurs événements se sont produits dans le passé. La plus grande fréquence d'événements connus se situe au droit des falaises du Cap Estel, de Culassa et de Savaric. Des ouvrages ont été plus ou moins fortement endommagés : galerie pare-blocs du Cap Estel, voie ferrée, maisons (impasse des grenadiers, "Le Perchoir" dans le lotissement du Cap Estel, la dépendance à l'Est de l'hôtel du Cap Estel, l'hôtel " les terrasses d'Éze " sous la R.D. 45, etc...)

Depuis la réalisation de la carte d'aptitude à la construction, en 1975, le réseau des LPC a mis au point un logiciel de simulation de propagation des chutes de blocs qui a été utilisé pour évaluer les zones de réception des chutes de blocs. Les résultats de cette simulation, qui reste théorique, ont été adaptés en tenant compte notamment des cas réels connus.

On a classé ces zones en aléa de type GA, car ce risque est difficilement maîtrisable et gérable au niveau de parcelles de taille petite ou moyenne. Les zones de réception aval où subsiste une incertitude ont été classées en aléa limité L.

Des phénomènes de glissement, plus rares, ont été recensés en au moins deux points de la commune : en rive droite du vallon de Randouillet sous la moyenne corniche et au lieu-dit "l'Avalanca" où il s'agit d'un glissement ancien (qui se serait produit au siècle dernier) au droit de la R.D. 45, à l'Est de Serre de la Croux.

### 3 .CARTE D'ALÉA MOUVEMENTS DE TERRAIN EN DYNAMIQUE

#### 3.1. Probabilité d'occurrence des mouvements

A partir de la carte d'aléa en condition statique, la prise en compte de la sismicité se traduit par :

- un ajout de phénomènes spécifiques, tels que les glissements sub-horizontaux le long des berges,
- une aggravation de l'aléa, pour une zone et un phénomène donné,
- une extension des zones d'épandage pour les éboulements rocheux.

Les deux paragraphes suivants décrivent la méthode appliquée pour les cas des glissements classiques (sans surpression interstitielle) et d'éboulements et chutes de blocs.

##### 3.1.1. Les glissements en terrain meuble

On emploie la méthodologie suivante qui repose sur une première cartographie classique (en condition statique) puis sur l'application d'une méthode pseudo-statique simplifiée qui détermine la majoration de l'aléa. Cette procédure ne s'applique pas aux terrains où une surpression interstitielle notable se produirait. A noter que pour le calcul pseudo-statique, le coefficient sismique sera la suivant <sup>1</sup> :

K = 0,08 en zone de sismicité Ib

K = 0,12 en zone de sismicité II

K = 0,18 en zone de sismicité III.

a/ Cartographie (en 3, 4 ou 5 niveaux d'aléa suivant le cas) effectuée de façon classique, sans prendre en compte l'effet dynamique. On admet que l'appréciation de l'aléa est principalement fondée sur trois éléments : nature des terrains, topographie, conditions hydrogéologiques. Cette appréciation résulte d'une connaissance et d'une expérience régionale approfondies.

b/ On admet que le zonage précédent reflète l'attribution approximative d'un "coefficient de sécurité statique",  $F_s$ , fonction des propriétés mécaniques du sol ( $C, \phi$ ), de la géométrie du

---

<sup>1</sup> Ces valeurs de K sont en concordance avec les nouvelles règles PS :  $K = 0,5 \frac{a_N}{g}$

versant (pente  $\beta$ ) et des pressions interstitielles ( $u$ ). Le degré d'aléa peut être assimilé à la valeur de  $F_s$ , plus ou moins proche de 1.  $F_s$  est, en effet, intuitivement estimé dans des conditions moyennes actuelles, mais les paramètres sont susceptibles d'évoluer de façon imprévue donc quasi-aléatoire : variation des propriétés mécaniques avec le temps (fluage,...) ; changement dans la géométrie du versant (terrassements, ...) ; modifications du régime hydraulique (fluctuations météorologiques, ...). Par exemple, on peut distinguer quatre degrés d'aléa, avec des coefficients de sécurité  $F_s$  estimés comme suit :

zones 1			$F_s$	>	1,8
zone 2	1,5	<	$F_s$	<	1,8
zone 3	1,25	<	$F_s$	<	1,5
zone 4	1	<	$F_s$	<	1,25

Dans un secteur donné, où la nature du sol et les conditions hydrauliques sont homogènes, le seul facteur régissant la stabilité est alors la géométrie du versant schématisée par la pente  $\beta$  : on détermine, d'après l'étude et la carte réalisée en a/, les valeurs seuil de  $\beta$  limitant les différentes zones : soit  $\beta_s$  une des valeurs seuil ainsi définies, correspondant à une valeur de  $F_s$ .

c/ l'action sismique est représentée par une force constante et parallèle à la pente ; on suppose invariables durant le séisme la résistance ( $C, \phi$ ) des sols et les pressions interstitielles ( $u$ ). L'introduction de cette action sismique revient alors à abaisser l'angle-limite à la valeur  $\beta_d$  (en pseudo-statique, tout se passe comme si la pesanteur n'était plus verticale, mais légèrement inclinée). Toutefois, la sécurité exigée sous séisme n'étant pas aussi sévère qu'en statique, la valeur  $\beta_d$  sera calculée comme devant correspondre à un "coefficient de sécurité dynamique"  $F_d$  plus faible que  $F_s$ . On pourra prendre  $F_s/F_d = 1,15$ .

d/ La détermination de  $\beta_d$  en fonction de  $\beta_s$ , pour un rapport  $F_s/F_d \approx 1,15$  fixé, s'effectue vis-à-vis du glissement plan parallèle à la pente ; elle est simplifiée dans les deux cas suivants :

- sols purement frottants (sables secs ....)
- sols purement cohérents (argiles sous sollicitation rapide, ...)

Les formules donnant le coefficient de sécurité sont les suivantes (accélération parallèle à la pente égale à  $K \times g$ ) :

SOLS PUREMENT COHERENTS	SOLS PUREMENTS FROTTANTS
$F = \frac{c}{\gamma h} \frac{1}{(k + \sin \beta) \cos \beta}$	$F = \text{tg } \phi \frac{\cos \beta}{k + \sin \beta}$

Des abaques permettent la détermination de  $\beta_d$  en fonction de  $\beta_s$ , pour différentes valeurs de H, et dans les deux cas des sols purements frottants et purement cohérents.

e/ On détermine ainsi, par secteur homogène, un déplacement des limites entre les différents degrés d'aléa, c'est-à-dire une extension des zones d'aléa élevé par rapport à la carte initiale.

### 3.1.2. Eboulements rocheux et chutes de blocs

Dans le cas d'une paroi rocheuse de grandes dimensions, source de chutes de blocs et d'éboulements intermittents, le diagnostic "statique" ne se porte évidemment pas sur chaque masse instable, mais sur l'ensemble de la face rocheuse en fonction de son état de fracturation, de la pente, etc ... La majoration de l'aléa par suite de la sismicité résulte de l'effet de purge que peut produire la secousse sismique. On appréciera au cas par cas, en fonction de "l'activité" de la corniche rocheuse, si cette majoration peut être négligée ou doit se traduire cartographiquement. On tiendra compte également d'une éventuelle amplification de la vibration sismique au sommet d'une paroi rocheuse (rebord de plateau).

L'observation des nombreux éboulements survenus au Frioul en 1976 a révélé un allongement sensible des trajectoires de blocs libérés lors du séisme ; on sera donc très prudent dans la localisation des limites d'extension des éboulements.

### 3.2. Modification de la qualification de l'aléa

Dans le cas des glissements en terrain meuble, la modification de la qualification de l'aléa intervient uniquement dans le cas d'un changement de nature géographique du phénomène.

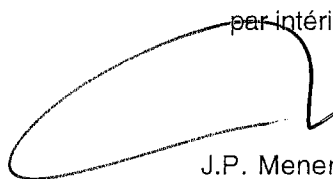
Pour les éboulements la simultanéité des chutes et la prolongation des trajectoires changent la qualification de l'aléa, qui de limité peut devenir de grande ampleur. Ce changement se produit

sur une partie du territoire communal et peut modifier dans le PPR la définition des zones. 11

Les éditions des cartes en statique et en dynamique permettent de choisir le niveau de qualification à retenir en fonction de la période de retour des aléas que l'on veut couvrir. Ces périodes sont en effet très différentes pour les séismes et pour les glissements ou éboulements et chutes de blocs uniquement gravitaires, elle varie dans un rapport de 1 à 10.

Le Directeur du Laboratoire

par intérim

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, fluid loop that ends in a small hook pointing downwards and to the right.

J.P. Meneroud

## RISQUES LIES AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN NATURELS

Afin d'apporter un complément d'information, nous avons estimé nécessaire d'insérer dans la carte d'aptitude à la construction la notation employée pour les cartes de risques dans les Alpes Maritimes à l'échelle du 1/25.000. Nous donnons, ci-dessous, les définitions du risque, de son niveau et des différents types de mouvements.

### DEFINITION DU RISQUE

Le risque est défini par la possibilité d'apparition du phénomène (éboulement, effondrement, glissement, coulée) sur un territoire donné, sans préjuger de la date de son déclenchement, ni des dommages qu'il peut causer, de ce fait, il n'existe pas de hiérarchisation entre les risques induits par les différents types d'instabilité.

Afin de pouvoir évaluer la probabilité<sup>1</sup> d'apparition du phénomène, il faut déterminer les **paramètres fondamentaux** responsables de son déclenchement. C'est l'analyse des mécanismes de chaque mouvement qui permet de dégager "**les facteurs déterminants**" qui découlent pour chaque type de manifestation étudié des différents "facteurs" pris en compte : lithologie, structure, pente, morphologie, hydrogéologie, etc... Ainsi, par exemple, pour les glissements dans le flysch, les facteurs déterminants seront : alternance de marne et de grès (lithologie) pente supérieure à 30°, éventuel pendage défavorable (structure) , indice de glissement (morphologie), eau en charge (hydrologie). A noter que la structure (éventuel pendage défavorable) n'intervient que lorsque le flysch est très gréseux (lithologie).

En tenant compte de l'indication par un indice de niveau de risque, on aura donc, pour les phénomènes potentiels, une information alphanumérique.

ex : glissement potentiel avec une forte probabilité d'apparition G5.

### TYPLOGIE DES MOUVEMENTS

Les phénomènes différenciés sur la carte génèrent des dommages plus ou moins importants,

---

<sup>1</sup> - La probabilité envisagée ici n'est pas prise dans son acception mathématique, mais comme la qualité d'un événement qui a beaucoup de chance de se produire. On pourra également parler de possibilité.



selon leur intensité. Afin de guider l'utilisateur, on a classé les différents mouvements de terrains en deux groupes d'après leur nature :

- mouvement à intensité moyenne à forte
- mouvement à faible intensité.

## **MOUVEMENTS A INTENSITE MOYENNE A FORTE**

**Glissement** : phénomène affectant, en général, des roches incompetentes et qui provoque le déplacement d'une masse de terrain avec rupture au sein de la matière (arrachement en tête et latéralement). Lorsque l'ampleur du mouvement devient importante, on peut observer, à l'aval, une langue ou bourrelet de pied correspondant à l'excès de matière déplacée. La rupture se fait, soit au sein d'un même matériau (rupture subcirculaire) soit selon un contact structural.

La vitesse d'un glissement est variable mais très généralement *lente*. Ce type de phénomène peut, également, affecter des roches anisotropes constituées d'alternance de couches compétentes et incompetentes (ex : le flysch) la rupture pouvant, soit se produire indépendamment de la structure, soit être calée sur un joint de stratification. On parlera, dans ce dernier cas, de glissement banc sur banc (à ne pas confondre avec les éboulements banc sur banc). La cinématique de ces derniers types de désordres peut être plus rapide.

On différenciera également les glissement de versant lorsque le phénomène prend une ampleur exceptionnelle ( $1 \text{ km}^2$ ).

**Effondrement** : ce phénomène est provoqué par l'apparition, dans le sous-sol, de cavités provenant, soit de la dissolution chimique des matériaux (gypse, calcaire, sel gemme, etc...), soit de galeries artificielles par effondrement de la voûte devenue trop mince. La vitesse du phénomène est rapide à très rapide.

**Eboulement** : phénomène qui affecte des roches compétentes impliquant qu'une portion de roche (de volume quelconque) parvienne à se détacher de la masse rocheuse. La cinématique est *très rapide*.

On différenciera les éboulements d'après une classification volumétrique :

- éboulement en masse lorsque la masse totale sera supérieure à  $1\ 000 \text{ l}$ .
- chute de blocs si les volumes élémentaires sont compris entre  $1$  et  $1\ 000 \text{ l}$ .
- chute de pierres lorsque les volumes élémentaires sont inférieurs ou égaux au litre,

- éboulement banc sur banc, phénomène qui n'est qu'un cas particulier des précédents (notamment l'éboulement en masse) caractérisé par le fait que la direction du mouvement est confondue avec la ligne de plus grande pente d'une discontinuité majeure (souvent la stratification) , elle même orientée parallèlement au versant. La cinématique est très rapide. Bien que ce type d'éboulement soit de même nature que les précédents, il y a intérêt, dans un but informatif, à le distinguer lorsque cela est possible.

**Ravinement** : phénomène d'érosion régressive provoquant des entailles vives sur un versant plus ou moins abrupt. Engendré par un écoulement hydraulique artificiel, il est lié à la lithologie, la pente et l'écoulement.

**Coulée** : déplacement de matière à l'état visqueux souvent engendré par un glissement (se déplace dans ce corps du glissement). La longueur est supérieure à la largeur.

## MOUVEMENT A FAIBLE INTENSITE

**Affaissement** : ce mouvement apparaît lorsque, entre la cavité formée dans le sous-sol et la surface, existe une épaisseur suffisante pour que l'effondrement de son toit ne puisse se répercuter directement en surface et se traduit, alors, par une déformation qui correspond à un amortissement de la dynamique du mouvement sous-jacent. Son ampleur est d'autant plus important que la couverture au-dessus de la cavité est plus meuble. Ce phénomène est **lent à très lent**.

**Fluage** : phénomène de déformation sous sollicitation constante de longue durée. C'est le mouvement **sans rupture** de la matière à vitesse **très lente**. Si les contraintes sont faibles, le fluage peut-être amorti. Par contre, si elles sont fortes, ce phénomène se prolonge par une rupture de la matière et peut évoluer en glissement (fluage non amorti). A noter que ce mouvement est souvent provoqué, dans ces roches plastiques, par une masse rocheuse indurée qui leur est superposée et, qu'en retour, il induit une dislocation de cette masse rocheuse qui peut générer des éboulements.

**Reptation** : Ce sont des mouvements lents du manteau d'altération et de la terre végétale, souvent provoqués par les cycles gel-dégel. Ils intéressent de faibles épaisseurs (< 1m) mais peuvent affecter de grandes surfaces. Ces mouvements se caractérisent souvent par des moutonnements du manteau végétal.

**Ravinement léger** : phénomène d'érosion régressive provoquant des entailles peu

profondes dans le versant. Engendré par un écoulement hydraulique superficiel, il est lié à la lithologie, l'écoulement et la pente, généralement plus faible que dans les phénomènes de ravinement intense.

Lorsque le phénomène actif est de taille réduite, on le représente par un seul symbole centré sur lui. Par contre sa taille est importante, on délimitera son aire graphiquement et l'ensemble, ainsi individualisé, sera couvert de symboles.

D'autre part, on représentera sur la carte les types morphologiques suivants :

**Couloirs chutes de blocs** : représentés par une flèche sur laquelle est surimposée le symbole "blocs" .

**Zone de réception** : Sur la carte sont donc indiqués la nature du risque et son degré. Des zones peuvent être exposées à une action secondaire de certains phénomènes. Les glissements, par exemple, induisent des dommages sur la zone en mouvement mais, également, sur la zone de réception de l'éventuelle avancée de terre. Ceci est encore plus vrai pour les éboulements et les coulées.

La zone de risque devra donc tenir compte de ces éventuelles aires de réception que l'on pourra, éventuellement, individualiser par une lettre supplémentaire.

On pourra, également faire figurer une zone de réception normale ou très probable et une zone de réception exceptionnelle en jouant sur le degré de risque. Ainsi, une zone où un glissement potentiel ayant une forte probabilité de se produire (risque élevé) se verrait attribuer la notation G5. La zone de réception envahie, à coup sûr, (dans le cas où le phénomène se transformerait en coulée boueuse, par exemple) pourrait se voir affecter de cette notation : Gr3.

## QUALIFICATION DE L'ALEA

**NE** : Zone non exposée. Aléa nul ou négligeable sans contrainte particulière.(=Niveau de risque 1)

**I** : Zone d'aléa mal déterminée où existe une présomption d'occurrence de phénomène mais où le diagnostic ne pourra être définitivement porté qu'après une étude complète qui dépasse en général très largement le cadre parcellaire ou de bâtiments courants

**L** : Zone exposée à un aléa limité où la construction et l'occupation du sol nécessitent la mise en place de confortations pour supprimer ou diminuer très fortement l'aléa. L'ampleur géographique du ou des phénomènes permet en général d'effectuer l'étude et la mise en place des parades sur une aire géographique réduite dont les dimensions sont proches du niveau parcellaire moyen ou de bâtiments courants. Les confortements devront tenir compte des risques anthropiques générés par l'occupation des sols.

**GA** : Zone exposée à un aléa de grande ampleur où la stabilisation ne peut être obtenue que par la mise en œuvre de confortations intéressant une aire géographique importante dépassant très largement le cadre parcellaire ou celui de bâtiments courants (ensemble d'un versant par exemple) et dont les coûts seront en conséquence élevés.

**M** : Zone exposée à un aléa majeur où aucune parade n'est techniquement possible en l'état actuel des connaissances.

Dans cette étude, ne sont pas pris en compte *l'aléa sismique et l'aléa inondation* (dans les vallons, liés aux phénomènes hydrauliques dûs à des intempéries exceptionnelles).

*La précision du zonage est étroitement dépendante de celle du fond de plan fourni.*

## LEGENDE DU NIVEAU DE RISQUE

2	Risque mal connu - Incertitude Présence de plusieurs facteurs déterminants, sur les autres subsistent des incertitudes (non accessible).
3	Risque moyen Tous les facteurs déterminants sont accessibles, n-1 facteurs sont répertoriés, le facteur manquant pouvant apparaître au cours du temps.
4	Risque important Tous les facteurs déterminants sont reconnus sur le site mais l'intensité d'un ou plusieurs facteurs est faible
5	Risque élevé ou très élevé Tous les facteurs déterminants sont reconnus sur le site avec des intensités moyennes à fortes. Le ou les phénomènes ont une forte probabilité d'apparition.