







# Projet GE.RI.A. Prise en Compte des Risques Naturels Gestione Rischi Ambientali

# Phase 3 Réalisation d'un scénario de risque sismique dans la zone GE.RI.A. France

Synthèse

Projet Interreg II à Mesure 2-1 Initiative communautaire pour la coopération transfrontalière France-Italie (1994-1999)

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 00-URB-108

décembre 2001

BRGM/RP-51301-FR



# Projet GE.RI.A Prise en Compte des Risques Naturels Gestione Rischi Ambientali

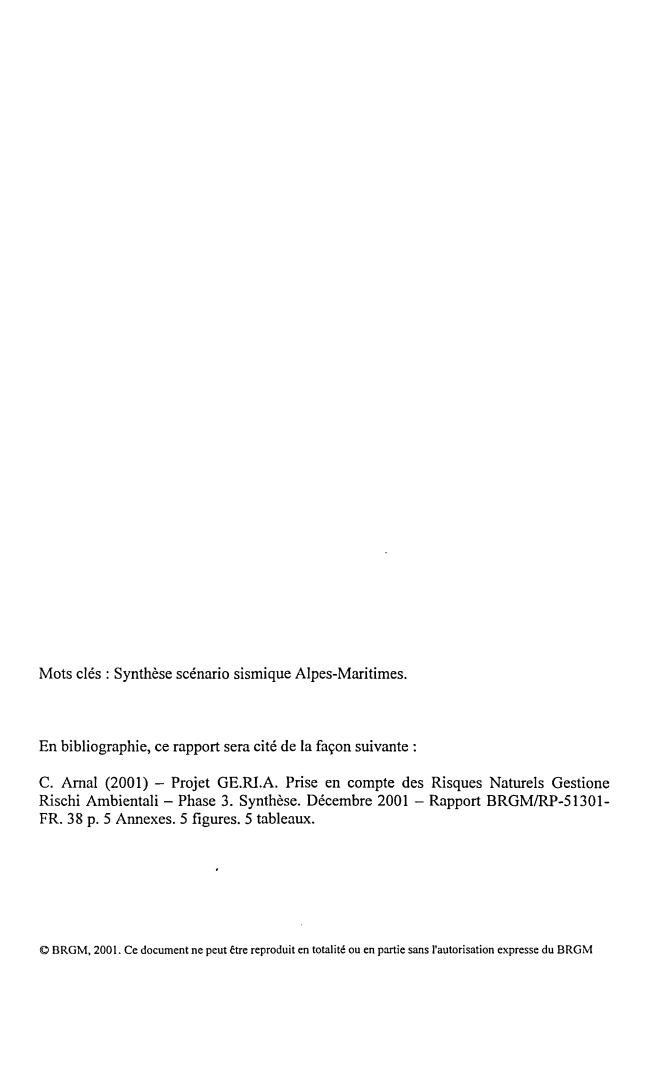
# Phase 3 Réalisation d'un scénario de risque sismique dans la zone GE.RI.A. France

# Synthèse

C. Arnal

Décembre 2001 BRGM/RP-51301-FR







# Gestione Rischi Ambientale Gestion des risques naturels Interreg 1999-2001

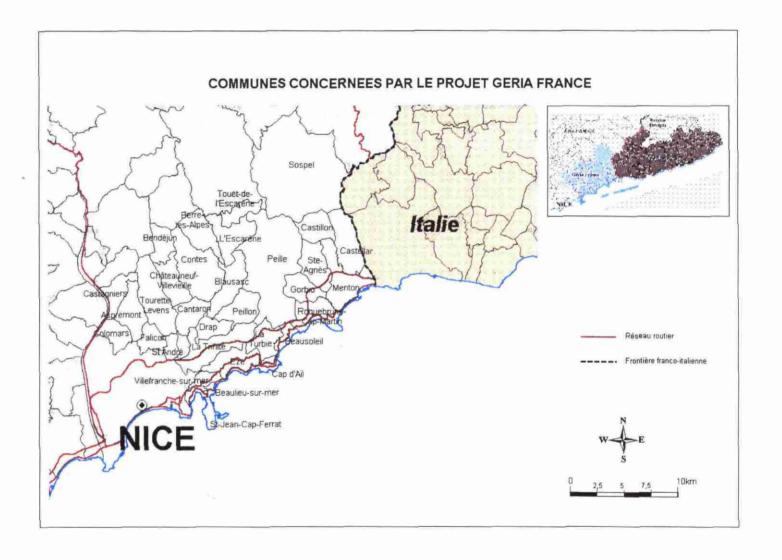
#### Présentation

GE.RI.A, projet Interreg IIA, a pour objectif la réalisation d'un système commun franco-italien d'analyse et d'évaluation des risques naturels qui tienne compte des expériences italiennes et françaises.

Celui-ci doit permettre aux responsables de la protection civile et de l'aménagement du territoire de prendre en compte les risques naturels en intégrant les particularités de la situation transfrontalière.

Ce projet est exécuté dans le cadre du Programme INTERREG IIA Mesure 2-1 France-Italie, initiative communautaire pour la coopération transfrontalière. Il est financé pour la partie française, par l'Europe, le Conseil Régional PACA, le Conseil Général des Alpes Maritimes et le BRGM, et pour la partie Italienne par l'Europe et la Région Ligure.

La zone d'étude concernée par le projet correspond à une bande côtière de 100 km de long et de 15 km de profondeur, s'étendant de Villefranche-sur-mer (France) à Cervo (Italie) et comprenant, plus particulièrement, les communes de Menton, Roquebrune-Cap-Martin, Beaulieu-sur-mer et Villefranche-sur-mer en France, et les communes de Imperia, Ventimiglia, San Remo, Taggia, Cervo en Italie.



Communes GE.RI.A. France

Le territoire frontalier français étudié dans GE.RI.A, historiquement excentré et partiellement enclavé entre la principauté de Monaco et l'Italie, est située à la lisière d'un axe stratégique, la vallée de la Roya, qui assure la liaison entre la plaine du Pô au niveau du Piémont et la Méditerranée.

Attrayante, pourvue d'un climat et d'un paysage recherchés par les touristes, la zone étudiée est exposée au risque sismique et périodiquement affectée par des catastrophes naturelles telles que mouvements de terrain, inondations ou incendies de forêts favorisés par le relief, le climat, la végétation et l'urbanisation. Ces quatre aléas représentent des menaces fortes sur une zone d'accès difficile et d'urbanisation intense sur la frange littorale.

Le programme GE.RI.A Interreg a pour but de permettre aux responsables de la protection civile et de l'aménagement du territoire de prendre en compte les risques naturels en intégrant les particularités de la situation transfrontalière. Il se déroule en quatre phases :

- 1 Inventaire des données concernant les aléas, les enjeux, les acteurs et la réglementation dans chaque pays.
- 2 -Synthèse franco-italienne des données recueillies, recherche d'une structuration commune des données.
- 3 Identification d'une zone prioritaire d'action transfrontalière, réalisation de scénarios de risque.
- 4 Etablissement d'un programme commun de prévention et de protection.

A titre d'exemple, le présent document expose succinctement<sup>1</sup> les résultats des travaux de la phase 3 qui ont porté sur la réalisation d'un scénario sismique:

- méthodologie utilisée,
- hypothèses retenues,
- résultats obtenus.

On a ainsi évalué les dommages au bâti et les préjudices humains qui seraient provoqués par une secousse sismique similaire au séisme Ligure de 1887.

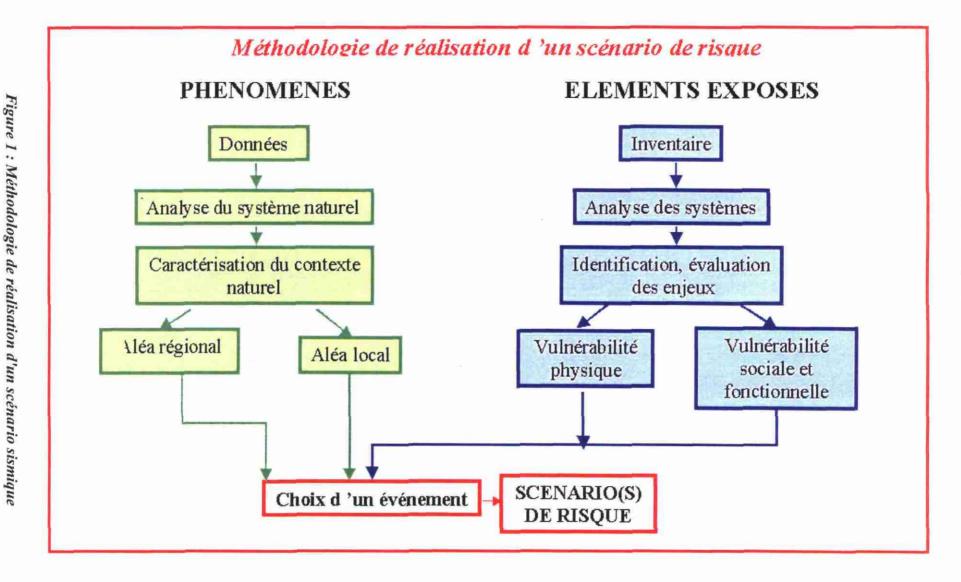
Dans cette hypothèse, les dommages affectant la zone transfrontalière Menton-Vintimille seraient importants et la gestion de la crise pourrait être fortement compliquée par des mouvements de terrain qui couperaient les routes.

Face à cette éventualité, il est intéressant d'étudier l'utilité d' une gestion de crise transfrontalière. C'est pourquoi ce scénario illustratif a été retenu comme référence pour le séminaire GE.RI.A de Menton des 20 et 21 Septembre 2001.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Des rapports techniques plus détaillés (cf. p. 12 "phénomènes et aléa", p. 19 "éléments exposés", p. 27 "résultats des scénarios sismiques").

## **Sommaire**

PR	RESENTATION	3
1.	MÉTHODOLOGIE	9
2.	LE PHÉNOMÈNE ET L'ALÉA	11
	2.1. L'ALÉA RÉGIONAL	12
	2.2. L'ALEA LOCAL	
•	2.2.1. Les zones susceptibles d'effets de site	
	2.2.2. Les phénomènes de liquéfaction et de mouvements de terrain	
:	2.3. CHOIX D'UN ÉVÉNEMENT DE RÉFÉRENCE	
	2.3.1. Description du séisme de 1887	
	2.3.2. Evénements retenus	
	2.3.3. Calcul des paramètres du mouvement sismique	18
3.	LES ÉLÉMENTS EXPOSÉS	19
	3.1.1. Inventaire des éléments exposés	20
	3.1.2. Evaluation des éléments exposés, identification des enjeux	
	3.1.3. Analyse de la vulnérabilité physique des éléments exposés	
	3.1.4. Vulnérabilité socio- fonctionnelle	
4.	RÉSULTATS DES SCÉNARIOS SISMIQUES	27
	4.1. DOMMAGES AU BÂTI	27
	4.2. VARIANTES ÉTUDIÉES	
	4.3. Prejudices humains	
	4.3.1. Données de base utilisées	32
	4.3.2. Résultats obtenus	33
Lis	ste des Figures	
Fig	gure 1 : Méthhodologie de réalisation d'un scénario sismique	8
Fig	gure 2: Données nécessaires pour la définition d'un événement sismique (ci	-contre) 11
	gure 3 : Zonage sismique de la France	
	gure 4 : Travaux à réaliser à partir des éléments exposés	
	gure 5 : Typologies de bâti ci-contre	
Lis	ste des Tableaux	
Ta	ıbleau 1 : Caractéristiques des séismes de référence	17
Ta	bleau 2: nombre de bâtiments endommagés par niveau d'endommagement	27
	ıbleau 3: Niveau d'endommagement par type de bâti	
	bleau 4: Etude de sensibilité: nombre de bâtiments endommagés	
Ta	ıbleau 5: Etude de sensibilité : Préjudices humains	32



### 1. Méthodologie

La méthode de réalisation d'un scénario est illustrée dans la figure ci-contre et se déroule selon trois principales étapes :

- Etude du phénomène et de l'aléa,
- Analyse des éléments exposés, mise en évidence des enjeux,
- Evaluation de la vulnérabilité
- Réalisation d'un ou de plusieurs scénario(s) sismique(s).

#### L'étude du phénomène et de l'aléa repose sur

- la connaissance de l'aléa sismique régional et local,
- le calcul des paramètres du mouvement sismique.

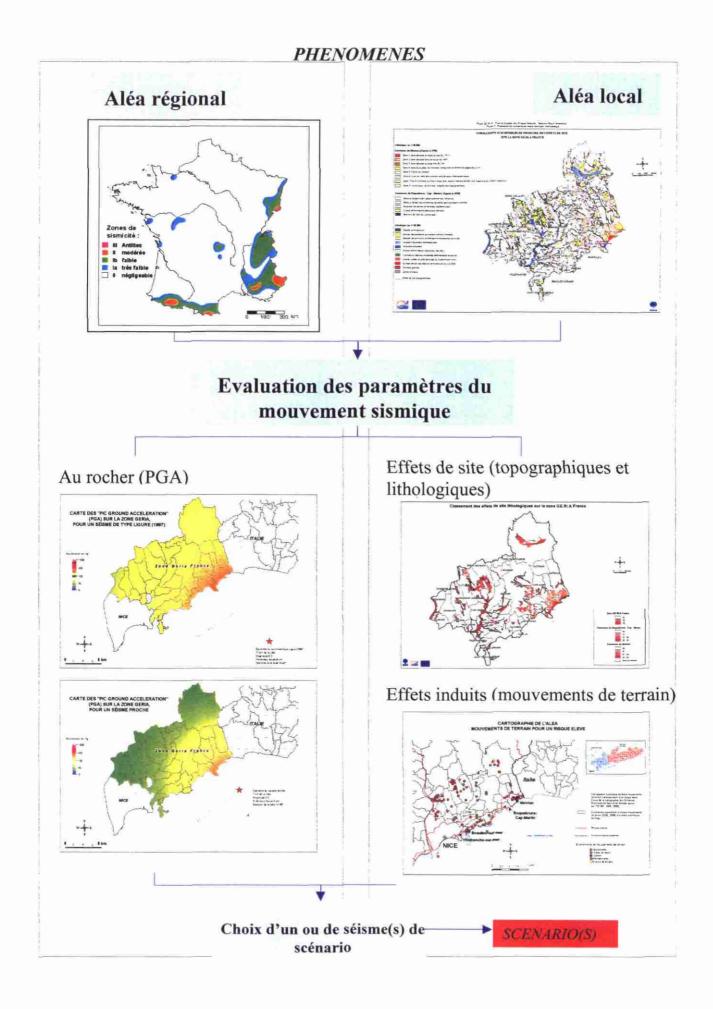
#### L'analyse des éléments exposés et la mise en évidence des enjeux porte sur

- leur identification,
- l'évaluation de leur vulnérabilité physique,
- l'estimation de leur valeur et de leur vulnérabilité socio-fonctionnelle.

#### Le scénario sismique

- le choix d'un ou de plusieurs événements représentatifs,
- le calcul de l'endommagement des éléments exposés
- l'évaluation des conséquences directes et indirectes.

L'étude a porté sur l'ensemble de la zone transfrontalière. Les résultats présentés ci-après se réfèrent à la seule partie française.



## 2. Le phénomène et l'aléa

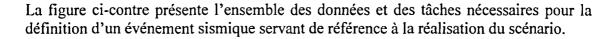


Figure 2: Données nécessaires pour la définition d'un événement sismique (ci-contre)

#### 2.1. L'ALEA REGIONAL

La carte ci-dessous montre que la zone GE.RI.A fait partie des zones de plus forte intensité sismique en France continentale.

Elle est située en zone II dans le « zonage sismique de la France », c'est à dire en zone de sismicité moyenne.

Celle-ci est définie comme une zone où la période de retour d'un séisme d'intensité supérieure à VIII<sup>2</sup> est de 250 ans, et de 75 ans pour une intensité de VII.

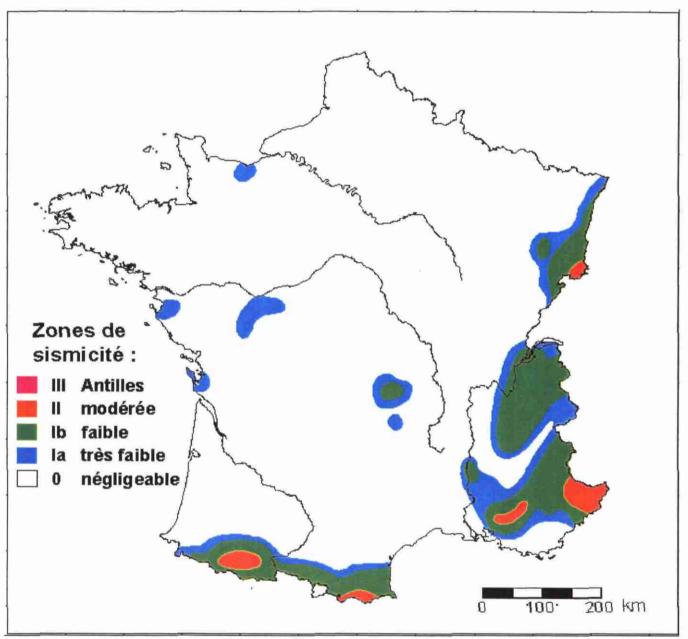


Figure 3 : Zonage sismique de la France

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Les effets d'un séisme d'intensité VII dans l'échelle MSK sont des dommages aux constructions limités, d'une intensité VIII, la destruction possible de bâtiments et pour l'intensité IX des dommages généralisés aux constructions.

#### 2.2. L'ALEA LOCAL

L'étude de l'aléa local concerne l'analyse des zones où sont susceptibles de se produire des effets de site, de la liquéfaction et des mouvements de terrain.

#### 2.2.1. Les zones susceptibles d'effets de site

Elles ont pour caractéristiques d'amplifier les secousses sismiques, dans des proportions importantes, puisqu'ils peuvent entraîner une augmentation de l'intensité de 0,5 à 1 degré sur l'échelle EMS 98 Cette amplification est liée soit à la topographie des sites, soit à la rhéologie des sols.

Leur prise en compte dans l'étude s'est appuyée

- sur les pratiques récentes des propositions faites dans le cadre des nouveaux règlements parasismiques, déjà applicables comme l'UBC97 (Etats-Unis) ou applicables prochainement comme l'Eurocode 8 qui remplacera à terme les règles françaises PS 92
- sur les données physiques disponibles.

La zone de Menton et de Roquebrune Cap Martin a fait l'objet d'une étude relativement détaillée à 1/25 000. Le reste de la zone GE.RI.A a été étudiée à 1/50 000.

#### Les données utilisées ont été :

- Le PPR sismique et mouvements de terrain de Menton,
- Les résultats d'une visite de terrain sur la zone de Roquebrune Cap Martin,
- Le modèle numérique de terrain,
- Les cartes géologiques à 1/50 000.

#### Méthode mise en œuvre

#### 1) Effets de site lithologiques

- Identification et caractérisation des différentes formations lithologiques par rapport à l'aléa effet de site lithologique,
- Affectation d'un coefficient d'amplification par rapport à l'accélération au rocher de chacune des formations lithologiques (coefficients de 1 à 1,6),
- Cartographie de ces zones homogènes,

#### 2) Effets de site topographiques

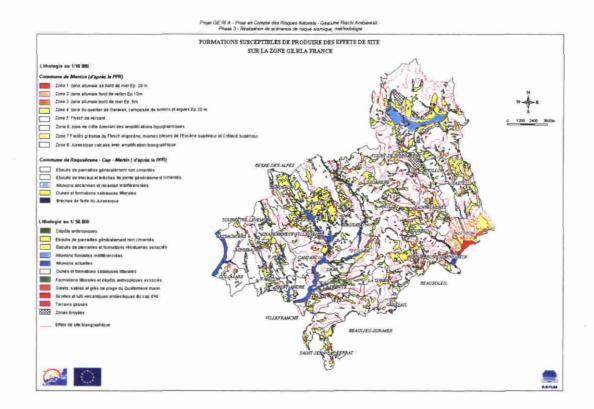
- Identification des critères à retenir pour la cartographie des zones à effet de site topographique, par rapport aux données disponibles : MNT pour toute la zone GE.RI.A, 1/25 000 pour la zone Roquebrune Cap Martin,
- Cartographie des effets de site topographiques

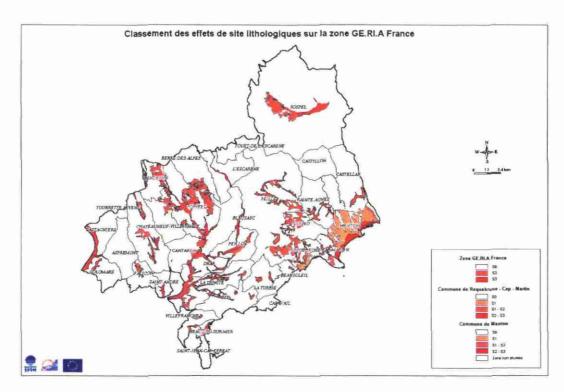
#### 3) Synthèse

- Cartographie de synthèse de l'ensemble des zones susceptibles d'effets de site. Voir la carte ci-contre.

#### 2.2.2. Les phénomènes de liquéfaction et de mouvements de terrain

Les mouvements de terrain ont fait l'objet d'un recensement et leur connaissance permet de les prendre en compte au niveau du scénario. Ils sont cartographiés dans le PPR de Menton et à 1/25 000 dans les DCS.



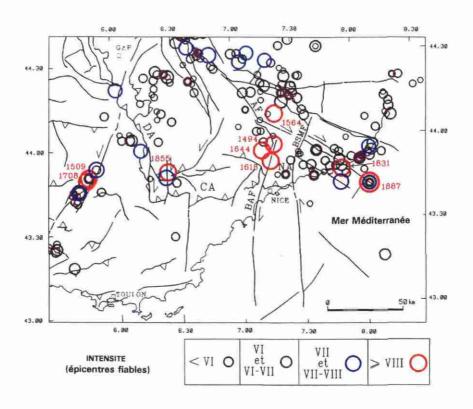


Carte 1: Alea local

#### 2.3. CHOIX D'UN EVENEMENT DE REFERENCE

La carte ci-dessous montre l'ensemble des événements sismiques recensés dans l'ensemble des Alpes Maritimes et dans la région Ligure depuis le 16<sup>ème</sup> siècle. Parmi ceux-ci, le séisme Ligure de 1887 nous a paru particulièrement intéressant pour l'étude GE.RI.A.

Son intérêt réside dans le fait qu'il est encore présent dans les mémoires, qu'il a affecté la zone transfrontalière et qu'il est envisageable de le voir se reproduire, non pas à l'identique mais de manière similaire.



Carte 2 : Evénements sismiques recensés dans l'ensemble de la région ligure et dans les Alpes maritimes

#### 2.3.1. Description du séisme de 1887<sup>3</sup>

Celui-ci a eu lieu le 23 février 1887, le mercredi des Cendres, au lendemain du Carnaval.

Quatre secousses majeures ont été enregistrées : la première à 6h 20 du matin, la seconde à 6h 30, la troisième à 6h 40 et la quatrième à 8h 50. L'intensité sur la côte, à Diano Marina, a été estimée à X. Le foyer était situé en mer, au large entre Diano Marina et Imperia.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> D'après A. Laurenti, Les tremblements de terre des Alpes Maritimes, Les Editions du Cabri ; 1998

Etant situé au large de la côte italienne, le séisme a provoqué la mort de 640 personnes sur la Riviera italienne et a fait au total 640 blessés alors qu' il y a eu 10 morts et une cinquantaine de blessés côté français.

Les dommages les plus importants ont été observés en Italie. La ville de Diano Marina a été la plus endommagée : un tiers de la ville a été totalement détruit ainsi que l'église, les maisons restantes étaient inhabitables. Dix pour cent de la population qui était de 2 200 personnes à l'époque, a péri.

A Baiardo, ou les dommages au bâti ont été moindres, l'effondrement de la coupole de l'église a tué 220 personnes qui assistaient à la messe du mercredi des Cendres.

En France, les villes de la Riviera française, Nice et Menton, bien que moins durement touchées, n'ont cependant pas été épargnées (voir photos). Le village de Castillon a été presque entièrement détruit (sur 67 maisons dans le village, 46 étaient totalement inhabitables)



Villa L'ippinni en bortiner du Carri à Memon, (confection Duffer Missillier







Des mouvements de terrain coupant les routes ou endommageant des maisons, se sont produits dans la région de l'Escarène, à Séranon, à Villefranche, vers Sospel et à Menton.

La secousse principale a provoqué des mouvements de la mer (tsunamis) qui ont été observés à Villefranche, Menton Nice et Antibes, dont l'amplitude n'a pas dépassé le mètre.

#### 2.3.2. Evénements retenus

Deux séismes de scénario ont été étudiés dans le cadre du projet GE.RI.A. Leurs caractéristiques sont décrites dans le tableau ci-dessous et comparées avec celles du séisme Ligure de 1887.

Tableau 1 : Caractéristiques des séismes de référence

	Séisme de référence	Séismes d	e scénario
	Séisme Ligure (1887)	Séisme lointain type Ligure 1887	Séisme proche type Vintimille 1995
Intensité maximale ressentie à terre	X	IX-X	IX
Magnitude	6.3	6.3	5.5
Distance à l'épicentre	30 km	17 km	7 km
Profondeur focale	8 km	8 km	5 km
Azimut de la direction de la faille	N 140° au large d'Imperia (Ligurie)	N 140° au large de la frontière franco-italienne	N 140° au large de la frontière franco-italienne

#### • Séisme lointain, type Ligure 1887

Les caractéristiques de ce séisme en termes d'accélération, d'intensité et de rayonnement géographique sont très voisines du séisme ligure. Sa probabilité d'occurrence est du même ordre.

Il a par contre été situé à proximité de la frontière afin de le rendre le plus transfrontalier possible.

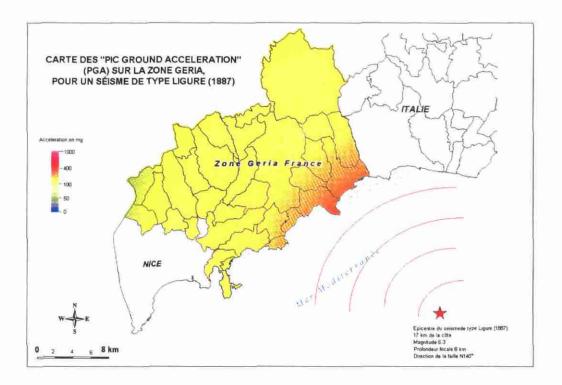
#### Séisme proche, type Vintimille 1995

Le contexte géologique de ce séisme correspond à celui d'un séisme perçu récemment à Vintimille. C'est parce que ce dernier est encore présent dans les mémoires qu'il a été retenu dans l'étude. Par rapport au séisme type ligure, son intensité est semblable mais son aire d'influence est plus réduite.

#### 2.3.3. Calcul des paramètres du mouvement sismique

Deux calculs sont réalisés à partir des caractéristiques des événements sismiques retenus :

- L'évaluation des accélérations au rocher (voir les deux cartes ci-contre), et des accélérations prenant en compte les effets de site,
- L'identification des effets induits. Dans le cadre de l'étude GE.RI.A, seuls les mouvements de terrain ont été considérés, en se basant sur des références historiques.



Carte 3: Cartes d'accélération

### 3. Les éléments exposés

La figure ci-dessous présente l'ensemble des tâches à réaliser sur les éléments exposés pour pouvoir réaliser un scénario sismique.

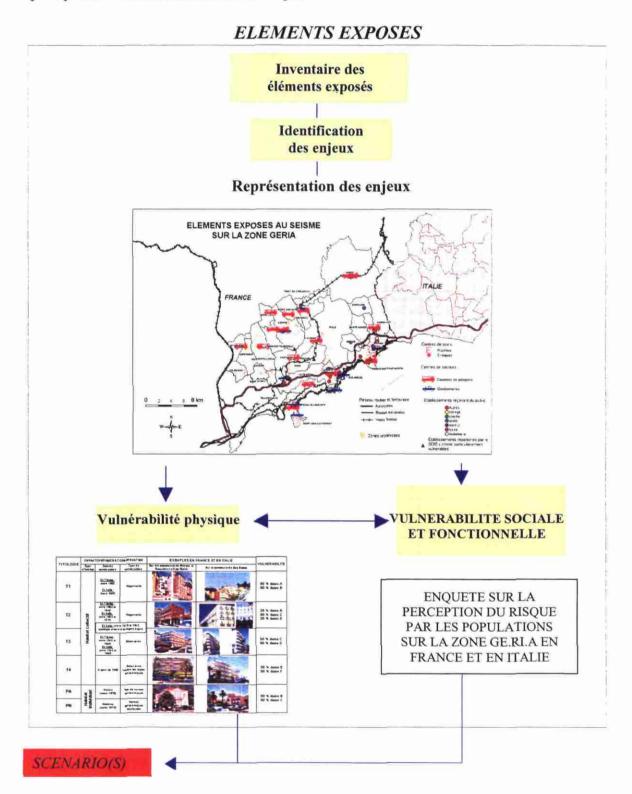


Figure 4 : Travaux à réaliser à partir des éléments exposés

#### 3.1.1. Inventaire des éléments exposés

Cet inventaire a été réalisé pour sa majeure partie lors de la phase 1 de l'étude GE.RI.A. L'ensemble des informations collectées et géoréférencées a été organisé sous forme d'une Base de données.

Les données collectées ont concerné:

- la population,
- le milieu construit :
  - les infrastructures : réseau routier et autoroutier, réseau ferroviaire,
  - les réseaux : électricité, eau, gaz, télécommunications,
  - l'habitat,
  - les entreprises,
  - les éléments stratégiques pour la gestion de crise : casernes de pompier, de gendarmerie, hôpitaux,
  - les bâtiments recevant du public,
- les activités économiques et sociales
- les relations fonctionnelles dans la zone GE.RI.A telles que transports, alimentation en eau potable, télécommunications etc....

#### 3.1.2. Evaluation des éléments exposés, identification des enjeux

Les enjeux sont des éléments de forte valeur financière, économique, sociale ou fonctionnelle.

Deux types d'enjeux doivent être distingués: les enjeux socio-économiques caractéristiques de la zone étudiée, indépendamment de toute notion de risque, et les enjeux stratégiques pour la gestion de crise.

#### Les enjeux socio-économiques de la zone étudiée

- Transports routiers:

Quelle que soit leur zone de desserte, ils sont caractérisés par une forte saturation et de très faibles possibilités de remplacement.

Sur le plan local : la zone GE.RI.A est caractérisée par une topographie montagneuse, les accès aux villes et villages sont difficiles et peu nombreux. Les réseaux de desserte sont donc particulièrement importants.

Sur le plan régional : Monaco génère d'importants flux migratoires. L'ensemble de la zone, sur le littoral est très urbanisé et les flux de transports sont denses.

Sur le plan international : Les flux de transit sud européens sont très importants. Ils sont essentiellement situés sur l'autoroute.

La voie ferrée, également transfrontalière, est importante, d'autant qu'elle représente une alternative au transport routier (particulièrement en cas d'interruption de celui-ci). Sa capacité est toutefois limitée.

#### - Activité économique

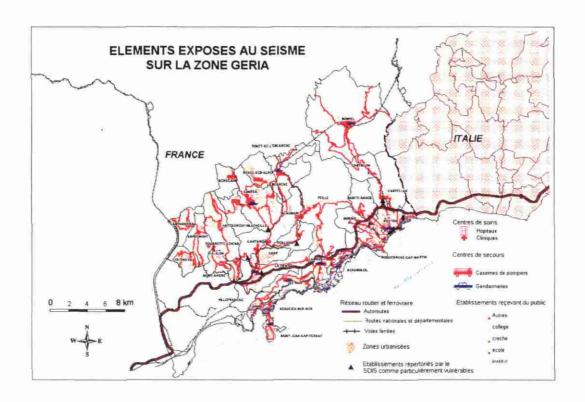
Elle est essentiellement basée sur la « fonction d'accueil » : tourisme et retraités. Ce qui implique un fort développement des activités commerciales et de services aux particuliers.

#### Alimentation en eau

L' alimentation en eau de la zone GE.RI.A est réalisée à partir de **deux canaux.** Le canal de la Vésubie qui passe par Nice, l'alimente et alimente l'ensemble de la zone GE.RI.A. Le canal de la Roya, qui dessert l'Est de la zone GE.RI.A. Il n'y a pas d'autre système d'alimentation, ni d'autre ressource. En été, du fait de la chaleur et du tourisme, la consommation est importante.

#### Les enjeux de la gestion de crise

Ce sont essentiellement les enjeux humains et les éléments qui participent aux secours. Ils sont présentés sur la carte ci-contre.



	CARAC	TERISTIQUES DE	CONSTRUCTION	EXEMPLES EN	FRANCE ET EN ITALIE		
TYPOLOGIE	Type d'habitat	Date de construction	Type die construction	Sur les communes de Menton et Roquebrune-Cap-Martin	Sur la commune de San Remo	VULNERABILITE	
Т1		En France : avant 1862 En kalie : Avant 1850	Maçon neri e			50 % dasse A 50 % dasse B	
Т2	Habitat collectif		Magannerie e 1919 et 1945.			25 % dasse B 50 % dasse C 25 % dasse D	
Т3	Habitat	En France : entre 1940 et 1969 En kalie : entre 1945 et 1969	à la région Ligure Bélon armé			50 % dasse C 50 % dasse D	
T4		A partir de 1969	Béton armé suivant les règles parasismiques			50 % dasse E 50 % dasse F	
PA	itat duel	Ancien (avant 1970)	Pas de normes parasismiques	The state of the s		50 % dasse B	
PN	Habitat individuel	Moderne (après 1970)	Normes parasismiques appliquées	- 17		50 % dasse C	

#### 3.1.3. Analyse de la vulnérabilité physique des éléments exposés

Deux types d'analyses de vulnérabilité physique ont été menées :

- Pour les bâtiments d'habitation, avec une analyse globale, par type de bâti, utilisant des courbes de vulnérabilité issues des EMS 98.
- Pour les bâtiments hospitaliers avec une analyse simplifiée réalisée par bâtiment. L'analyse, basée sur un certain nombre de critères, sur un plan masse et une visite rapide, aboutit à l'évaluation d'un indice de vulnérabilité.

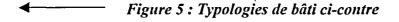
Les autres éléments du milieu construit n'ont pas fait l'objet d'analyses de vulnérabilité physique.

L'analyse de la vulnérabilité des habitations a été réalisée selon la méthodologie mise en place pour l'étude Gemitis Nice<sup>4</sup>:

- Réalisation d'une typologie du bâti,
- Evaluation de la vulnérabilité de chaque type de bâti,
- Zonage de la ville en quartiers homogènes par rapport à la répartition du bâti.

#### Typologie du bâti

Dans le cadre de GE.RI.A, l'analyse de la typologie du bâti a été réalisée pour l'ensemble de la zone, française et italienne. La figure ci-contre présente les résultats de ces travaux.



.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Rapport BRGM R 40612 Evaluation des dommages directs d'un séisme sur la ville de Nice

#### Evaluation de la vulnérabilité

Le principe consiste à affecter par type de bâti des courbes de vulnérabilité correspondant aux normes EMS 98.

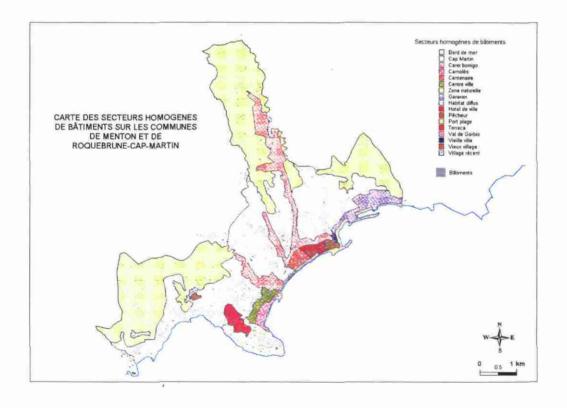
A un type de bâti correspondent deux ou trois courbes de vulnérabilité car on admet en effet que le bâti n'est pas homogène : transparences dans les quartiers commerçants, entretien inégal, modifications dans les centres villes etc..

A chaque type de bâti est donc affectée une répartition de constructions correspondant à différentes courbes de vulnérabilité (voir tableau précédent).

#### Zonage de l'urbanisation en unités homogènes

Les communes de Roquebrune et Menton ont fait l'objet d'un zonage en unités homogènes dont la cartographie est présentée ci-contre.

Ce zonage a été effectué à partir d'une visite de site et validé par un cabinet d'architecture<sup>5</sup>.



Carte 4 : Zonage de Menton et Roquebrune en quartiers homogènes

<sup>5</sup> C. Tartar

Les autres zones urbaines du périmètre GE.RI.A ont fait l'objet d'une estimation à partir des dates de construction du bâti fournies par l'INSEE, sur les bases suivantes :

T1: avant 1915

T2: avant 1915, 1915 – 1948

T3: 1949 – 1968 T4: après 1969

#### 3.1.4. Vulnérabilité socio- fonctionnelle

Il s'agit de l'analyse des dysfonctionnements possibles sur la zone. Les points de vulnérabilité les plus importants sont

- les transports et plus particulièrement le frêt international sur l'autoroute. En effet, toute interruption du trafic entraîne d'importantes perturbations sur le réseau routier français, puisque il n'y a actuellement que trois accès routiers français pour l'Italie (le tunnel du Mont Blanc étant fermé). La géographie montagneuse rend également très vulnérables les villes et villages aux coupures de routes.
- L'alimentation en eau est vulnérable car seule la nappe du Var peut constituer une ressource de substitution, insuffisante en cas de dysfonctionnement des canaux.
- La population de la zone littorale. En raison de sa forte fréquentation touristique, et de la présence de personnes âgées, la vulnérabilité de la population est sans doute élevée. Elle reste à étudier précisément. A l'inverse, la vulnérabilité de la population de la montagne semble assez faible.

### 4. Résultats des scénarios sismiques

Les calculs ont été réalisés pour le cas de base du séisme lointain type Ligure 1887 (cf. Tableau 1 : Caractéristiques des séismes de référence). Autour de ce cas, des variantes ont été étudiées, qui sont présentées en tant qu'études de sensibilité. Le séisme proche, qui affecte principalement Menton, fait partie de ces études de variantes.

Nous présentons les résultats sous forme de fourchettes, incluant les variantes.

#### 4.1. DOMMAGES AU BATI

Le tableau ci-dessous présente le nombre de bâtiments endommagés par niveau d'endommagement.

Niveau d'endommagement	Nb de bâtiments
Effondrement total (D5)	160 - 350
Effondrement partiel (D4)	600 - 2000
Dommages importants (D3)	. 2100 - 5500
Dommages modérés (D2)	5700 - 8000
Dommages faibles (D1)	6000 - 8300
Dommages nuls (D0)	4000 - 8600
Bâtiments exposés	25488
Sources INSEE	

Tableau 2: nombre de bâtiments endommagés par niveau d'endommagement

Les niveaux d'endommagement sont définis selon les normes EMS 98<sup>6</sup>. Nous présentons ci-dessous des photos correspondant à ces niveaux.

Rapport BRGM/RP-51301-FR

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> European Macroseismic Scale 1998 « Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de séismologie » Vol 15 Conseil de l'Europe

# EXEMPLES ILLUSTRES DE CLASSIFICATIONS DES DOMMAGES PAR TYPES DE BATI

(d'après les EMS 98)

#### CONSTRUCTIONS EN BETON ARME

<u>Typologie de construction :</u> Béton armé

Séisme: Mexico City 1985

Degré de dommage:

D1	D2	D3	D4	D5
		•		

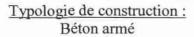
Typologie de construction : Béton armé

<u>Séisme</u>: Irpinia-Basilicata, Italie 1987 / Sant' Angelo dei Lombardi

Degré de dommage:

<b>D</b> 1	D2	<b>D3</b>	D4	<b>D</b> 5
18			•	

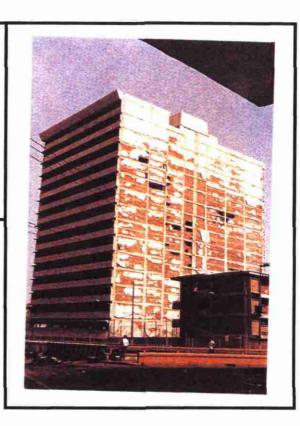


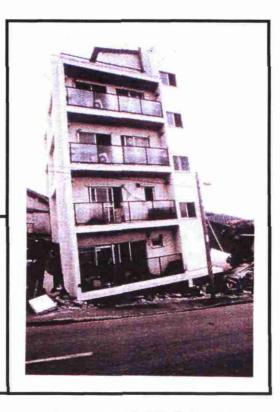


Séisme : Great Hanshin, Japan 1995 / Kobe

Degré de dommage :

<b>D1</b>	D2	D3	D4	D5
				•





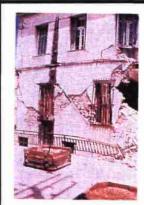


# <u>Typologie de construction :</u> maçonnerie non renforcée

Séisme: Friuli, Italie 1976 / Gemona (Udine)

#### Degré de dommage:

D1	D2	D3	D4	D5
		•		



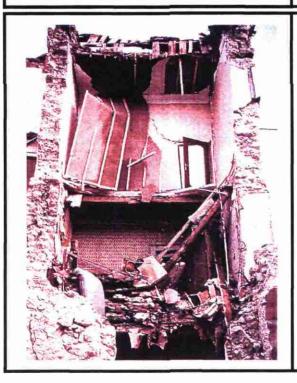


# <u>Typologie de construction :</u> maçonnerie

<u>Séisme</u>: North Peloponissos, Greece 1995 / Aegion

#### Degré de dommage :

D1	D2	D3	D4	D5
			•	



# Typologie de construction : maçonnerie

<u>Séisme</u>: Campania-Basilicata, Italie 1980 / Balvano

#### Degré de dommage :

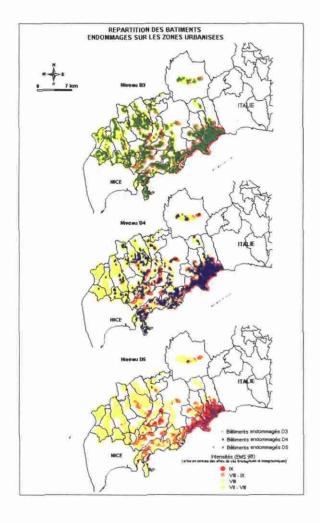
D1	D2	D3	D4	<b>D</b> 5
				•

	D0	D1	D2	D3	D4	D5
PAPN	5600-1500	7100-4600	6700-4440	4500-1140	1260-100	100-40
T1	160-60	390-200	550-480	650-330	530-310	240-75
T2	620-280	760-570	580-450	400-240	100-40	10-0
Т3	420-350	300-140	200-100	100-50	10-0	
T4	1800-1640	220-70	25-5			

Tableau 3: Niveau d'endommagement par type de bâti

L'examen du tableau montre que ce sont essentiellement les bâtiments de type T1 et les pavillons qui sont endommagés.

Leur répartition géographique est représentée sur les trois cartes ci-contre :



Il apparaît que la zone la plus touchée, où les D5 sont les plus nombreux est la zone de Menton, la plus proche de la source sismique.

Les D4 sont plus généralement répartis et l'endommagement de niveau D3 affecte l'ensemble de la zone.

#### 4.2. VARIANTES ETUDIEES

Le cas présenté ci-dessus représente un cas de base, à partir duquel des études de sensibilité des résultats ont été réalisées.

En effet, les résultats obtenus résultent d'hypothèses par définition discutables, dont le poids doit être évalué.

Les hypothèses pour lesquelles des études de sensibilité ont été réalisées sont les suivantes :

#### • Test de sensibilité sur les incertitudes d'evaluation

L'aléa: le surclassement des zones considérées sans effets de site lithologique (S0) parce que n'ayant pas une épaisseur suffisante, en zones susceptibles d'être affectées par de tels effets (S2);

La vulnérabilité: l'analyse de sensibilité a porté sur la vulnérabilité des pavillons, relativement mal connue, et représentant une forte part du bâti de la zone: l'ensemble des pavillons considérés en terme de vulnérabilité comme appartenant à la classe B dans le cas de base on été surclassés en classe C (moins vulnérables).

La population: le nombre de personnes sans abris a été évalué sur la base de 100% des populations habitant des bâtiments endommagés de niveau D4 et D5 et 50% des populations habitant des D3. Un calcul a été effectué sur le nombre de personnes sans abris dans le cas où 70% des habitants des D3 ne pourraient habiter chez eux.

#### Tests de sensibilité sur différentes hypothèses de scénario

*L'aléa*: l'évaluation des conséquences d'un séisme proche de type Vintimille (1995)

La population: les dommages aux populations diffèrent selon que l'événement sismique se produit de jour ou de nuit, en haute saison, en basse saison. Les deux cas extrêmes ont été évalués :

- séisme se produisant le jour en basse saison touristique : peu de personnes se trouvent alors dans les bâtiments ;
- séisme se produisant la nuit en haute saison touristique : un maximum de personnes se trouvent dans les bâtiments.

Les résultats des études de sensibilité sont les suivants :

Niveau d'endommagement des bâtiments						ts
Nombre de bâtiments endommagés	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Cas de base	4108	6076	7812	5511	1732	249
Séisme proche	7160	7411	6642	3298	855	122
Intensification de l'aléa local	3981	6072	7913	5338	1850	334
Vulnérabilité réduite des pavillons	8615	8283	5683	2131	615	161

Tableau 4: Etude de sensibilité: nombre de bâtiments endommagés par niveau de dommage

	Nombre de personnes exposées	Préjudices aux personnes				
		S0	\$1	S2	S3	S4
Cas de base, haute saison nuit été	144224	142195	1402	248	32	347
Séisme proche	144224	143180	758	138	68	80
Intensification de l'aléa local	144224	141609	1681	. 230	100	604
Vulnérabilité réduite des pavillons	144224	142597	944	113	242	328
Basse saison jour automne	51785	51067	493	89	12	124

Tableau 5: Etude de sensibilité : Préjudices humains

Les niveaux d'endommagement correspondent aux codes suivants :

S0, indemnes,

S1, blessés légers ne nécessitant pas d'hospitalisation,

S2, blessés légers nécessitant une hospitalisation

S3, blessés graves

S4, morts

Il faut noter que les résultats présentés sont des résultats bruts et que la précision qu'ils affichent n'a pas de signification.

#### 4.3. PREJUDICES HUMAINS

#### 4.3.1. Données de base utilisées

Il est très difficile de calculer les préjudices humains liés à un séisme de moyenne intensité car les données statistiques disponibles portent sur des séismes forts.

Pour calculer les préjudices humains, deux sources ont été utilisées : Coburn<sup>7</sup> et Hazus<sup>8</sup>.

Factors determining human casualty levels in earthquakes: mortality prediction in building collapse;
 A.W. Coburn, R.J.S Spence, A. Pomonis; Earthquake engineering; Tenth world Conf. 1992 Balkema
 Earthquake loss estimation Methodology; National Institute of Building Sciences Wash DC

Coburn fournit des statistiques pour les morts et blessés graves pris dans des effondrements de bâtiments et Hazus fournit des statistiques pour tous les niveaux de préjudices humains, à tous les niveaux d'endommagement du bâti.

Les ratios retenus dans l'étude GE.RI.A, sont les valeurs de Coburn pour les morts et les blessés graves pris dans les bâtiments effondrés.

Pour les blessés légers, et les préjudices humains dus à des dommages dans des bâtiments de niveau 1 à 4, ce sont les valeurs de Hazus qui ont été retenues.

Les valeurs retenues sont les suivantes :

% de préjudices humains	D1	D2	D3	D4	<u>D5</u>
Morts	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%	24,000%
Blessés graves	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%	6,000%
Blessés légers hospitalisés	0,005%	0,040%	0,200%	2,000%	6,000%
Blessés légers non hospitalisés	0,050%	0,400%	2,000%	10,000%	28,000%
Indemnes	99,945%	99,560%	97,800%	88,000%	36,000%

#### 4.3.2. Résultats obtenus

Selon que l'on considère que le séisme a lieu de jour ou de nuit, les préjudices humains diffèrent puisque le nombre de personnes présentes dans les bâtiments et dans la rue varie.

Préjudices humains	De nuit	De jour	
Morts et blessés graves	400-700	100-160	
Blessés légers hospitalisés et non hospitalisés	1600-2000	500-600	
Sans abris	19000-21000	19000-21000	
Population exposée dans les habitations	144000	51740	
Blessés graves dans la rue		40-60	

La population estimée est celle de l'été en haute saison.

La carte ci-contre présente, par zone d'intervention, les préjudices humains.

Les zones concernées par les centres d'intervention sont fixées par le SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours). Elles correspondent plus à des interventions « de routine » qu'à celles qui seraient nécessaires en cas de séisme de type Ligure ou très probablement les secours viendraient de l'extérieur de la zone.

#### Morts et blessés

La zone la plus touchée serait la zone de Menton Roquebrune, avec un nombre de morts et de blessés graves de 400 à 700, de blessés légers, hospitalisés ou non, de 1 000 à 1 200 (chiffres correspondant à un séisme nocturne), soit plus de 50% de la population affectée dans la zone étudiée.

Il est important d'observer que la plupart des routes d'accès aux zones urbanisées sont affectées fréquemment par des mouvements de terrain et le seront probablement en cas de séisme. Cela compliquera grandement l'arrivée des secours.

#### Sans abris

L'évaluation du nombre de personnes sans abri est réalisée sur l'hypothèse que toutes les personnes habitant des bâtiments D4 et D5 sont sans abris et que 50% des personnes habitant des bâtiments D3 le sont également.

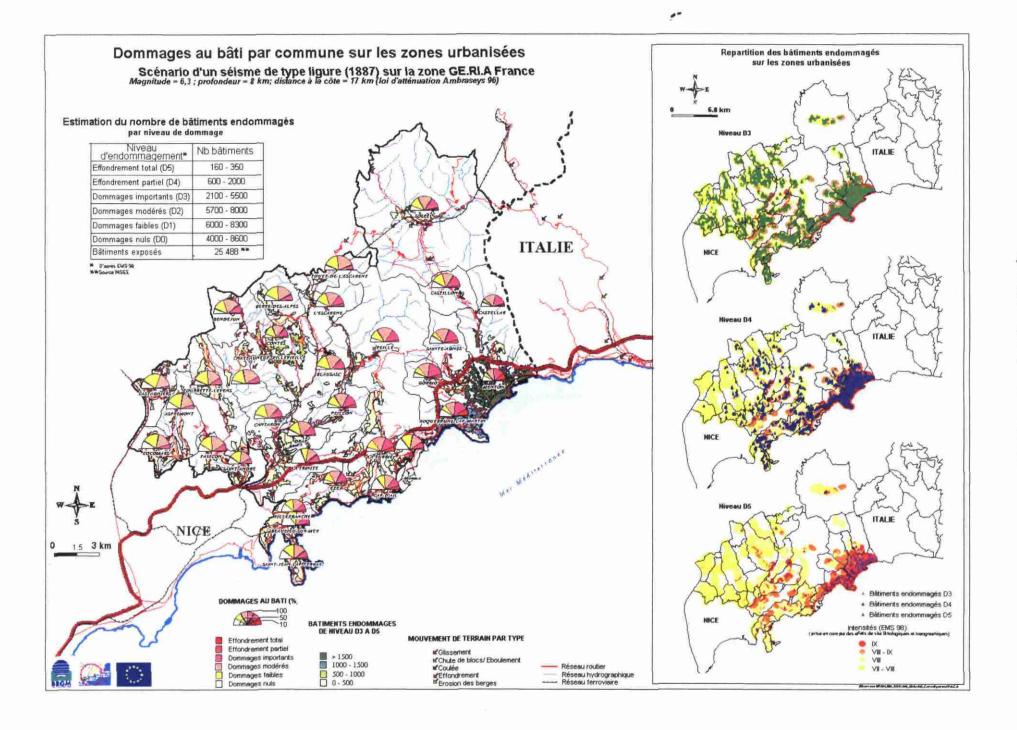
Sur ces bases, le nombre de personnes sans abris est 20 000 à 21 000, dont plus de 11 000 sur la zone Menton Roquebrune. Dans la carte ci-après, ont été représentés les établissements susceptibles d'héberger les sinistrés lors de la crise. L'évaluation du nombre de places disponibles dans ces bâtiments n'a pas été réalisée.

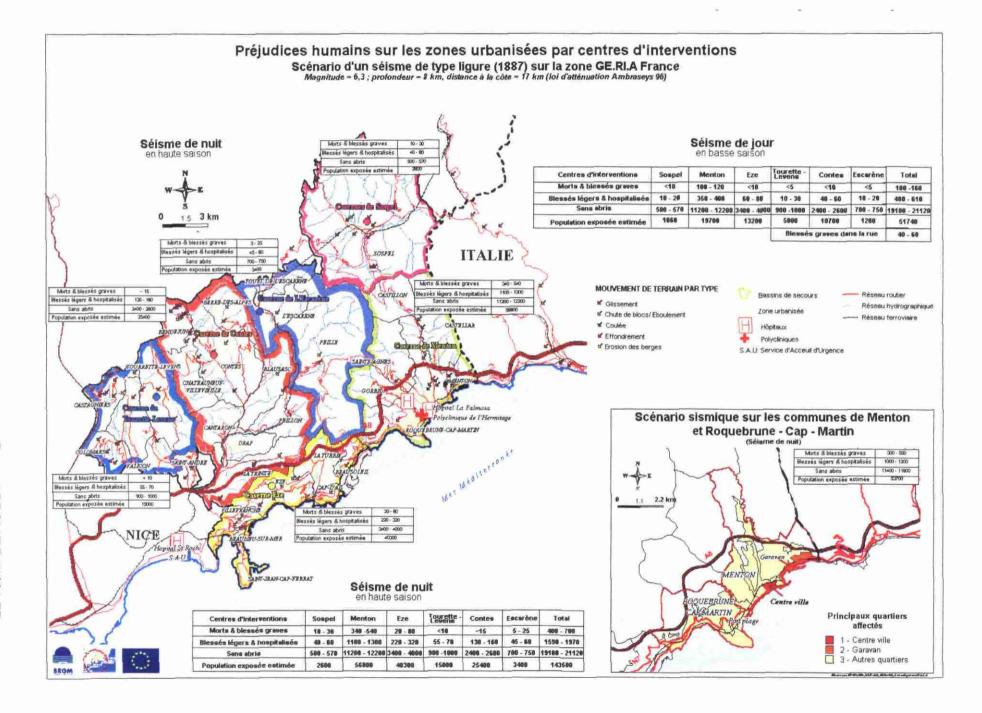
Il faut remarquer, au moins pour les D4 et les D5, soit une population d'environ 8 000 personnes, que la reconstruction sera relativement longue puisque 2 000 bâtiments sont concernés (dont la moitié de maisons individuelles). Durant la reconstruction cette population sera à loger de façon durable.

#### Remarques

Les résultats présentés dans cette étude ont essentiellement pour objectif de permettre des discussions sur l'organisation des secours et de la gestion du risque dans le cadre d'un scénario sismique transfrontalier.

Ils constituent un outil de travail dans le cadre du séminaire GE.RI.A.





Etablissements reçevant du public sur les zones urbanisées





Service géologique régional Provence-Alpes-Côte d'Azur BP168 - 13276 MARSEILLE Cedex 09 - France - Tél : 04.91.17.74.77. Fax : 04.91.17.20.40.









# Projet GE.RI.A. Prise en Compte des Risques Naturels Gestione Rischi Ambientali

## Phase 3

# "Eléments exposés, traitement des données"

Projet Interreg II à Mesure 2-1 Initiative communautaire pour la coopération transfrontalière France-Italie (1994-1999)

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 00-URB-108

décembre 2001



# Projet GE.RI.A Prise en Compte des Risques Naturels Gestione Rischi Ambientali

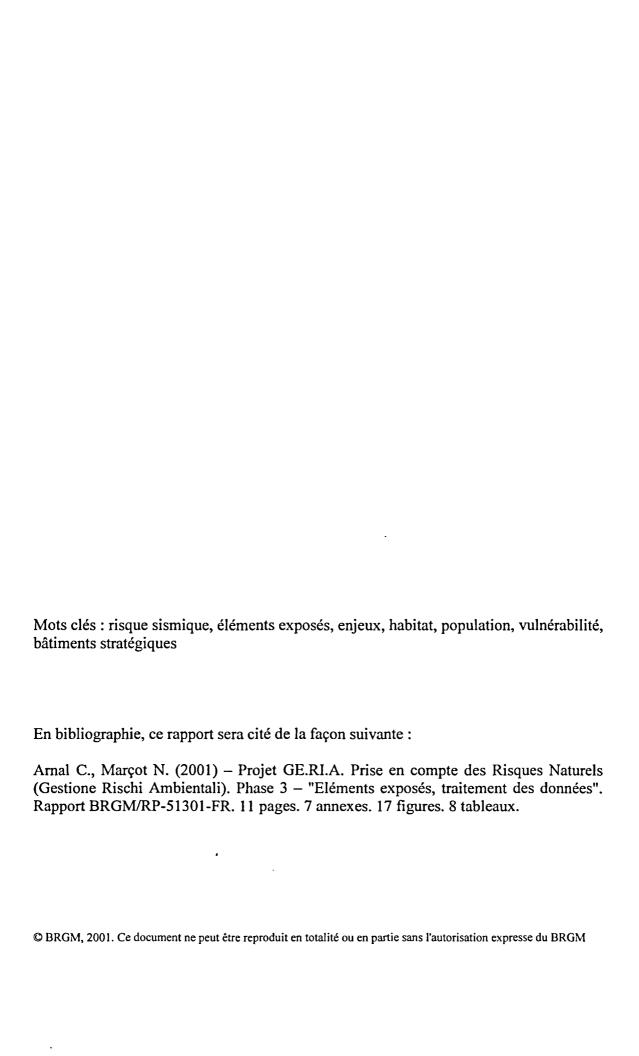
# Phase 3

# "Eléments exposés, traitement des données"

C. Arnal, N. Marçot

Décembre 2001 BRGM/RP-51301-FR





# **Synthèse**

Le projet GE.RI.A est exécuté dans le cadre de l'INTERREG IIa à vocation transfrontalière.

Son objectif est la réalisation d'un système commun franco-italien d'analyse et d'évaluation des risques naturels à l'échelle communale. Sa finalité est de tendre vers une gestion commune transfrontalière des risques naturels tant au niveau de la prévention que de la gestion de crise.

Dans le cadre de ce projet, il est prévu la réalisation d'un scénario d'événements sismique. Pour cela, il est nécessaire de connaître l'aléa, les éléments exposés et leur vulnérabilité et de choisir un événement.

Ce rapport, qui s'inscrit dans la réalisation du scénario, correspond à l'identification des enjeux et à l'évaluation de leur vulnérabilité. Il porte sur les habitations, la population, les infrastructures et les réseaux, l'activité touristique, les transports et les éléments de gestion de crise.

L'évaluation des dommages dus à un événement sismique nécessite de connaître :

- la vulnérabilité des bâtiments et leur répartition géographique. Pour cela une typologie du bâti a été définie et corrélée avec les données disponibles, qui fournissaient la date de construction du bâti,
- la répartition géographique et par type de bâti de la population. Les données disponibles (INSEE) ont été croisées avec les données calculées pour la vulnérabilité du bâti,
- la vulnérabilité des réseaux. Une analyse des possibles défaillance des réseaux a été menée par un groupe de travail constitué des gestionnaires des réseaux et des responsables de la gestion du risque,
- la vulnérabilité des transports et de l'activité touristique. Celle-ci a été menée succinctement à partir de l'analyse en retour des mouvements de terrain de l'année 2000 pour les transports, du séisme de Colfiorito (Assise, 1997) pour l'activité touristique,
- la vulnérabilité des éléments stratégiques. Celle-ci a été ciblée sur deux bâtiments (hôpital de Sospel et usine d'eau du Mont Vinaigrier) et sur l'analyse de la répartition des centres de secours en fonction des blessés, par zone d'intervention (ce travail est présenté dans la synthèse du scénario).

Il apparaît que les infrastructures et les réseaux sont fortement vulnérables: L'alimentation en eau car les moyens de substitution sont très faibles, les télécommunications car les risques de saturation sont très élevés, l'alimentation en gaz parce que les équipes d'intervention auront des difficultés à atteindre les zones endommagées.

Le grand point faible de la région est représenté par les transports à la fois très vulnérables aux mouvements de terrain, très utilisés et pour lesquels très peu d'itinéraires de contournement sont possibles.

La préparation et l'organisation des secours dans ces zones qui seront très probablement enclavées, impliquent très certainement la mise en place d'actions coordonnées transfrontalières.

# **Sommaire**

Syn	thèse	3
1.	Introduction	7
2.	L'habitat	9
2.1.	Méthode utilisée	9
	2.1.1. Typologie du bâti et relations avec la vulnbérabilité	9
	2.1.2. Répartition géographique des bâtiments en fonction de leur typologie.	10
2.2.	Travaux réalisés	11
	2.2.1. Zone GE.RI.A	11
	2.2.2. Zone Menton Roquebrune-Cap-Martin	16
3.	La population	24
3.1.	Méthodologie	24
	3.1.1. Estimation de la population résidente par bâtiment : relation by vulnérabilité)	
	3.1.2. Estimation de la population par type	26
3.2.	Travaux réalisés	28
	3.2.1. Estimation de la population résidente par bâtiment	28
	3.2.2. Estimation de la population par type	29
4.	Les réseaux	31
4.1.	Méthode	31
4.2.	Realisation	31
	4.2.1. Données collectées	31
	4.2.2. Conclusions du groupe de travail, analyse de la vulnérabilité	31
5.	Les enjeux fonctionnels et économiques, vulnérabilité	37
6.	Les bâtiments stratégiques, étude de la vulnérabilité	41
Con	alusion	.15

Eléments exposés – Traitement des données Projet GE.RI.A. – Phase 3

#### 1. Introduction

Le présent rapport fait partie de la phase 3 du projet GE.RI.A, qui est la phase de réalisation du scénario de risque sismique. Il a pour objet l'identification et l'analyse des éléments exposés à un événement sismique, tels que la population, les bâtiments, les infrastructures, les activités économiques etc....

En effet, la réalisation d'un scénario de risque sismique, telle qu'elle est présentée dans le tableau ci-dessous, nécessite de disposer d'un certain nombre de données sur les éléments exposés telles que :

- L'inventaire des éléments,
- L'analyse des systèmes auxquels ils participent,
- Leur évaluation,
- Leur situation géographique,
- Leurs caractéristiques physiques
- Leur vulnérabilité physique,
- Leur vulnérabilité socio-fonctionnelle.

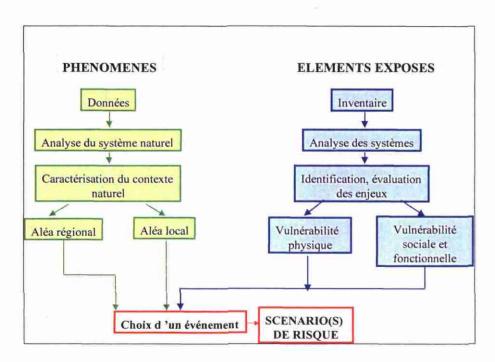


Figure 1: Méthodologie de réalisation d'un scénario de risque

L' inventaire des données disponibles concernant les enjeux a été réalisé lors de la phase 1<sup>1</sup>.

Il permet l'identification et la hiérarchisation des éléments exposés ainsi que leur situation géographique sommaire.

Il ressort de l'analyse des données, que les principaux éléments exposés de la zone sont les suivants :

- les habitations,
- la population,
- les infrastructures et les réseaux,
- les activités économiques,
- les éléments stratégiques

A partir des données disponibles, les tâches ci dessous ont été réalisées :

- évaluation des éléments exposés,
- identification de leur vulnérabilité physique,
- répartition géographique des éléments en fonction de leur vulnérabilité,
- identification de leur vulnérabilité socio-fonctionnelle.

Ce rapport présente les données collectées et les traitements réalisés à partir de celles-ci pour évaluer les éléments exposés, les situer géographiquement et identifier leur vulnérabilité. Ces données ont été organisées et structurées sous la forme d'un SIG<sup>1</sup>.

Les résultats des travaux sont présentés par type d'élément exposé. Pour chacun, sont présentés les traitements effectués pour réaliser la répartition géographique et l'évaluation de la valeur et de la vulnérabilité.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Rapport BRGM RP 50185 : Projet GE.RI.A – Inventaire des phénomènes naturels, des aléas et des éléments exposés.

## 2. L'habitat

#### 2.1. METHODE UTILISEE

La répartition géographique de l'habitat est disponible à différentes échelles : à 1/25 000 (zones de POS (aujourd'hui remplacé par le PLU) fournies par la DDE) et à 1/5 000 (BD Topo IGN).

Pour calculer les dommages au bâti dus à un séisme, cette information doit être complétée, par des données sur la vulnérabilité du bâti.

Pour cela il a été nécessaire :

- de réaliser une typologie du bâti,
- de répartir géographiquement les bâtiments en fonction de leur typologie.

#### 2.1.1. Typologie du bâti et relations avec la vulnbérabilité

La typologie de l'habitat dans la zone GE.RI.A a été réalisée à partir de critères tels que la période de construction, et les caractéristiques architecturales. Le détail de cette méthode et ses résultats sont présentés dans le rapport BRGM/RP 50690 FR². Les principales caractéristiques du bâti, sont rappelées ci-dessous.

Typologie	Type d'habitat	Date de construction	Type de construction
T1		Avant 1862	Maçonnerie
T2		Entre 1862 et 1940	Maçonnerie
T3	Habitat	Entre 1940 et 1969	Béton armé
T4	collectif	A partir de 1969	Béton armé suivant les règles parasismiques, appliquées seulement partiellement à partir de 1976
E1		-	Maçonnerie
E3	Entrepôts	•	Béton armé
E4		-	Métallique
PA	Habitat	Ancien (avant 1970)	Pas de normes parasismiques
PN	individuel	Moderne (après 1970)	Normes parasismiques appliquées partiellement

Tableau 1 : Typologie du bâti existant sur la zone GE.RI.A

<sup>2</sup> Rapport BRGM RP 50690 FR: Projet GE.RI.A -Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit - Proposition d'une méthodologie et exemple d'application



Figure 2 : Illustration de la typologie du bâti existant sur la zone GE.RI.A

#### Répartition géographique des bâtiments en fonction de leur typologie.

La répartition géographique des bâtiments par type, s'est faite selon deux méthodes différentes, selon l'échelle de travail.

A 1/25 000, le travail s'est effectué à partir des critères descriptifs des bâtiments ou des zones bâties disponibles dans les bases de données utilisées, en les corrélant à la typologie du bâti présentée ci-dessus.

Par exemple, les centres anciens des zones de POS (aujourd'hui PLU) ont été considérés comme constitués de bâtiments de type T1 ainsi que les logements antérieurs à 1915.

A 1/5 000, le travail a été réalisé en distinguant des quartiers homogènes dans la répartition des types de bâti et en calculant pour chacun le nombre de bâtiments de chaque type.

Il a ensuite été nécessaire d'attribuer à chaque bâtiment géographiquement référencé, un type. Ceci a été fait en respectant les données statistiques obtenues dans les calculs.

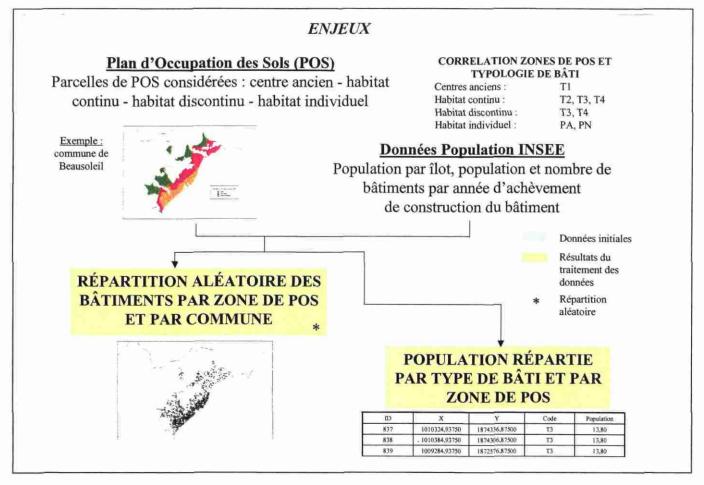


Figure 3: Recensement et traitement des données pour l'évaluation et la répartition des bâtiments

Les travaux réalisés à chaque échelle sont présentés ci-dessous.

#### 2.2. TRAVAUX REALISES

#### 2.2.1. Zone GE.RI.A

En fonction des données disponibles, les critères suivants ont été retenus :

#### 2.2.1.1. Evaluation des types et du nombre de bâtiments par zone

#### ♦ Plans d'Occupation des Sols

Ils sont digitalisés et disponibles sur 30 communes de la zone GE.RI.A et indiquent le type d'urbanisation de chacune des parcelles (voir Figure 4).

Six types d'urbanisation permettant le positionnement géographique des bâtiments par type ont été retenus :

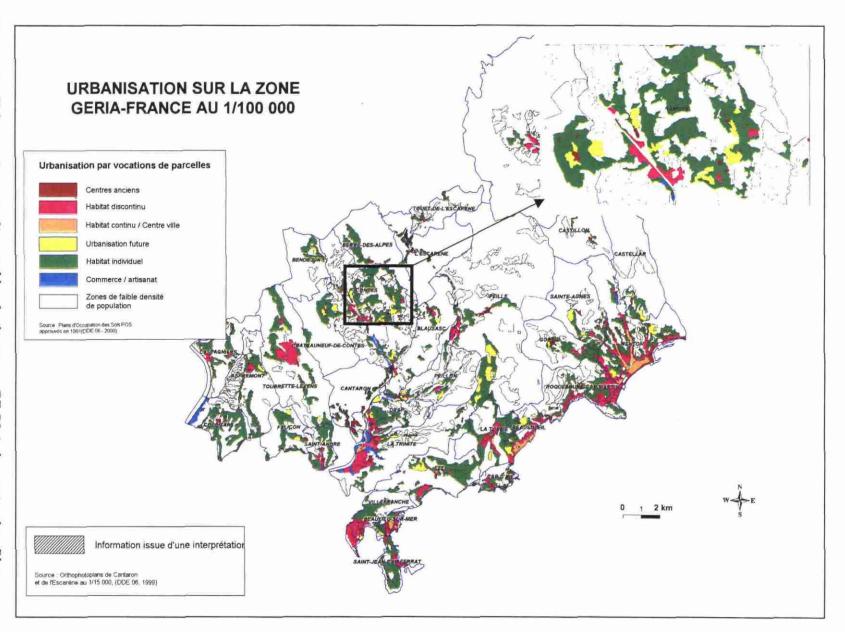


Figure d'Occupation des Sol (Plans d'Occupation des Sols POS approuvés en 1991(DDE 06 - 2000) et repris aujourd'hui en PLU) et Orthophotoplans de Cantaron et de l'Escarène au 1/15 000, (DDE 06, 1999) 4: Urbanisation sur l'ensemble de la zone GE.RI.A à partir des Plans

1- Centre ancien

2- Habitat discontinu

3- Habitat continu / Centre ville

4- Urbanisation future

5- Habitat individuel

6- Zones de faible densité de population

La corrélation entre les zones du PLU (ex POS) et la typologie du bâti retenue est la suivante :

Centres anciens:

T1

Habitat individuel:

PA, PN

Habitat continu:

T2, T3, T4

Commerces, Artisanat:

E1, E3, E4

Habitat discontinu:

T3, T4

### • Données INSEE

Les données INSEE fournissent le nombre de bâtiments par âge de construction et permettent donc à partir d'une relation âge du bâti/type, d'affecter par zone du PLU, le nombre de bâtiments par type.

La relation retenue entre la typologie du bâti et la période de construction telle qu'elle est présentée dans les données INSEE, est la suivante :

T1: avant 1915

T2: avant 1915, entre 1915 et 1948

T3: entre 1949 et 1968

T4: après 1969

La base de données « Communes ... Profils », disponible pour toutes les communes de la zone GE.RI.A, a été utilisée pour l'habitat collectif, les catégories de logement et la population. Les données disponibles sont les suivantes :

#### Habitat collectif

- nombre total de bâtiments sur la commune,
- nombre total de bâtiments par époque d'achèvement de la construction (avant 1915, de 1915 à 1948, de 1949 à 1967, de 1968 à 1974, de 1975 à 1981, de 1982 à 1989, 1990 et après)
- nombre de bâtiments en fonction du nombre d'étages (au moins 4 étages, 5 à 8 étages, plus de 9 étages)

#### Catégories de logements

- Nombre total de logements dans la commune
- Nombre de logements par époque d'achèvement de la construction
- Nombre total de personnes dans la commune
- Nombre de logements par catégorie de logement (résidences principales, logements occasionnels, résidences secondaires, logements vacants)

- Nombre de personnes par catégorie de logements

#### • Caractéristiques des résidences principales

- Nombre de maisons individuelles dans la commune
- Nombre de maisons individuelles par époque d'achèvement de la construction
- Nombre de logements de la commune dans un immeuble collectif
- Nombre de logements de la commune dans un immeuble collectif par époque d'achèvement de construction
- Nombre moyen de personnes par logement

#### Les données utilisées par commune sont :

- code INSEE de la commune
- nom de la commune
- total d'habitations collectives
- total d'habitations collectives de 4 étages ou moins
- total d'habitations collectives de 5 à 8 étages
- total d'habitations collectives de 9 étages ou plus
- nombre de bâtiments (habitat collectif) par époque d'achèvement de la construction,
- nombre de résidences principales par époque d'achèvement de la construction,
- nombre de personnes dans bâti par époque d'achèvement de la construction.

La présentation des détails des calculs permettant d'attribuer le nombre de bâtiments par type et par zone est faite à l'Annexe 2.

#### ♦ Orthophotos

Les orthophotos ont été utilisées

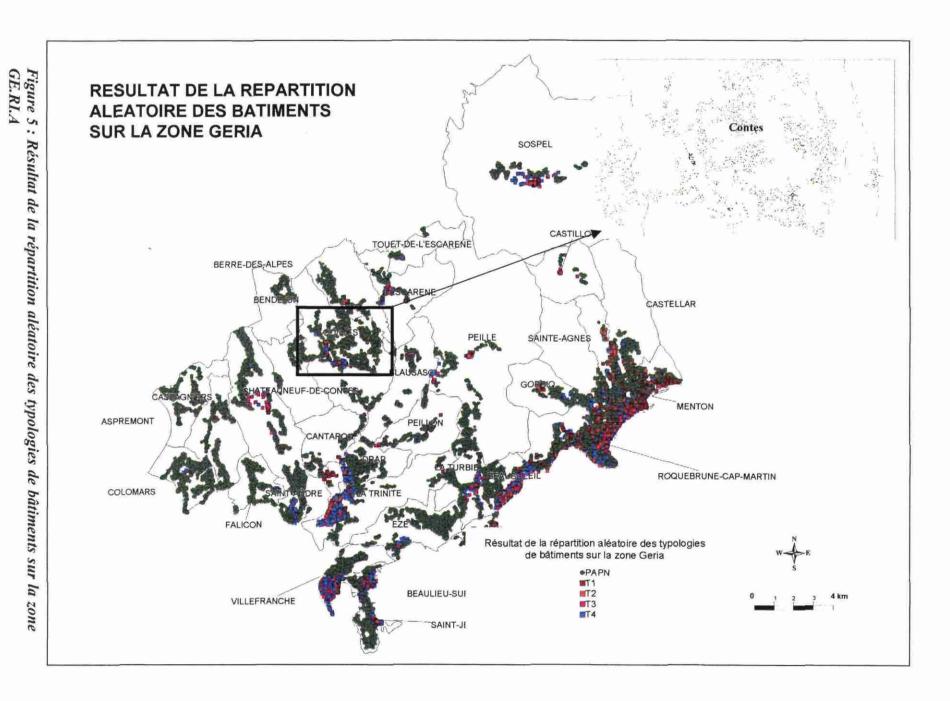
- pour confirmer la répartition homogène des typologies de bâti par parcelle du PLU.
- pour compléter les données sur les communes de Cantaron et de l'Escarène pour lesquelles le PLU digitalisé n'était pas disponible. La définition des zones correspond à celle utilisée dans les PLU : centre ancien, centre ville, zones pavillonnaires.

Les données obtenues correspondent à un nombre de bâtiments par type et par zone de POS.

#### 2.2.1.2. Répartition statistique des bâtiments

Les données géoréférencées concernant chaque bâtiment n'étant pas disponibles, afin de pouvoir réaliser un scénario, une cartographie statistiquement représentative a été établie : Pour chaque zone de PLU, des points correspondant à des bâtiments ont été générés, et une typologie a été attribuée.

La carte résultante est présentée ci-après (Figure 5).



#### 2.2.2. Zone Menton Roquebrune-Cap-Martin

Sur les communes de Menton et Roquebrune-Cap-Martin le travail à l'échelle du 1/5 000 a été réalisé à partir de la base de données "BD Topo" (IGN) (Figure 6) et d'un travail de terrain.

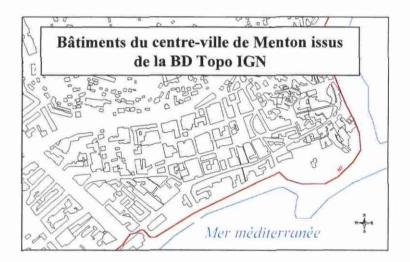


Figure 6 : Extrait de la base de données BD TOPO sur la commune de Menton

La répartition géographique des bâtiments par type, a été effectuée en suivant la méthodologie mise en place pour l'étude Gemitis Nice<sup>3</sup>, et complétée par une répartition statistique des bâtiments :

- Affinage de la typologie du bâti
- Définition des quartiers homogènes
- Définition d'itinéraires
- Validation par un architecte expert<sup>4</sup>
- Recensement des bâtiments
- Calcul du nombre de logements par type de bâtiments et par quartier
- Répartition statistique de la typologie des bâtiments par bâtiment

#### 2.2.2.1. Classification du bâti en grandes classes de bâtiments

La typologie de bâti retenue est identique à la typologie définie pour la zone GE.RI.A, elle correspond à la typologie présentée en Tableau 1et Figure 2.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Rapport BRGM R40612: Projet GEMITIS Nice – Evaluation des dommages directs d'un séisme sur la ville de Nice,, scénarios de risque

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Claude Tartar, architecte DPLG

#### 2.2.2.2. Délimitation de secteurs présentant un tissu urbain homogène

Le centre urbain des communes de Menton et de Roquebrune-Cap-Martin sur lequel les études ont porté, est présenté (Figure 7). Il est limité par les reliefs escarpés de part et d'autre des vallées nord-sud et l'autoroute A8 au nord

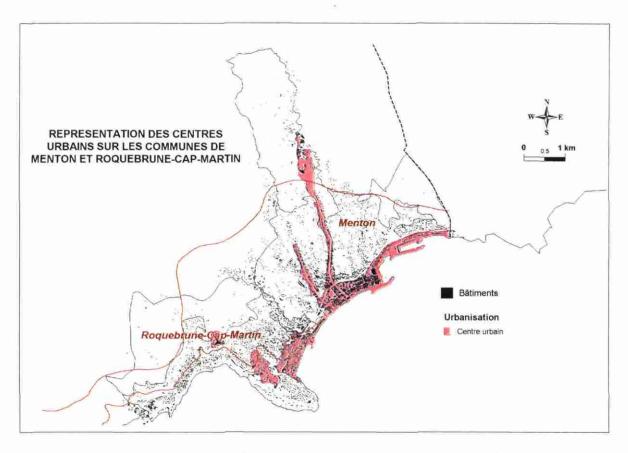


Figure 7 : Représentation des centres urbains sur les communes de Menton et Roquebrune-Cap-Martin

Il couvre une superficie correspondant au dixième de la superficie totale de la commune (Menton et Roquebrune-Cap-Martin réunis) comme le montre le Tableau 2 : Superficie du centre urbain dans la commune).

Superficies (km²)	Menton	Roquebrune- Cap-Martin	Total
Commune	14,26	9,491	23,751
Centre urbain	2,1	0,5	2,6

Tableau 2 : Superficie du centre urbain dans la commune

Neuf secteurs homogènes ont été distingués sur la commune de Menton.

Sur la commune de Roquebrune-Cap-Martin, les quartiers sont moins homogènes, l'urbanisation est plus diffuse et dispersée. Sept secteurs homogènes ont été distingués.

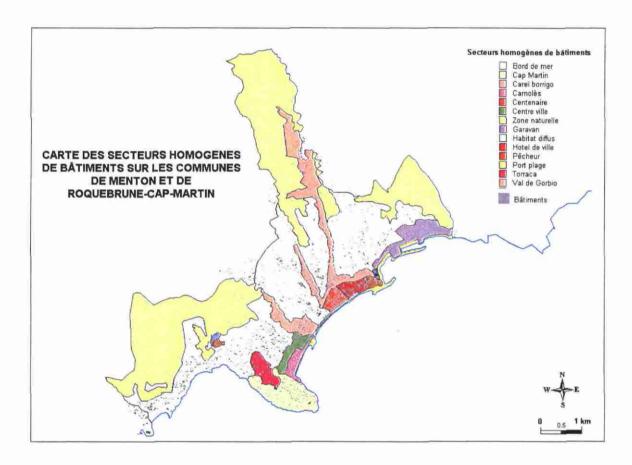


Figure 8: Secteurs homogènes sur Menton et Roquebrune-Cap-Martin

#### Menton

- 1- Vieille ville
- 2- St Michel / Pêcheurs
- 3- Hôtel de ville
- 4- Centenaire
- 5- Vallées Borrigo et Sospel
- 6- Garavan

18

- 7- Bord de mer
- 8- Val de Gorbio
- 9- Habitat diffus

#### Roquebrune-Cap-Martin

- 1- Vieux village
- 2- Village récent
- 3- Centre-ville / Banastron
- 4- Carnolès / Bord de mer
- 5- Cap Martin
- 6- Torraca
- 7- Habitat diffus (Cabbé / St Roman)

# 2.2.2.3. Définition d'itinéraires, caractérisation statistique du tissu urbain des différents secteurs

La réalisation d'un itinéraire permet de décrire le bâti, en nombre et par type. Pour cela, un comptage statistique est effectué et la typologie est affinée.

Les itinéraires ont été choisis en fonction du tissu urbain, et des secteurs homogènes. Deux types d'itinéraires sont possibles : Soit un itinéraire linéaire si le quartier est relativement homogène, soit, si le quartier est plus hétérogène, un itinéraire fermé autour d'un îlot, permettant ainsi d'avoir des données plus précises sur une surface donnée de bâtiments. Les itinéraires ont suivi principalement deux directions : nord-sud et est-ouest, compte tenu du tissu urbain (en particulier pour Menton)

9 itinéraires ont été réalisés :

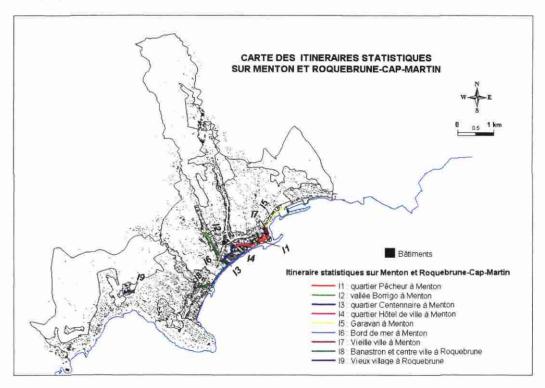


Figure 9: Itinéraires statistiques pour la caractérisation du tissu urbain

- I1: Ouartier Vieux-Pêcheurs à Menton
- 12 : Vallée Borrigo à Menton
- I3: Quartier Centennaire à Menton
- I4 : Quartier Hotel de ville à Menton
- 15 : Garavan à Menton
- I6: Bord de mer à Menton
- 17: Vieille ville à Menton
- I8 : Quartier Banastron centre ville à RCM
- 19: Vieux village à RCM

La longueur des itinéraires sur Menton et Roquebrune-Cap-Martin est de 8,7 km.

#### 2.2.2.4. Recensement des bâtiments

Pour chaque itinéraire un comptage statistique du type de bâti a été réalisé. Celui-ci permet un recensement des bâtiments et une meilleure définition de leur typologie. Les critères suivants sont appliqués :

- Longueur de la façade;
- Epaisseur du bâtiment;
- Superficie du bâtiment;
- Destination (hôtel, bureau, logement ...);
- Classe de bâtiment (PS92 : A, B, C, D);
- Typologie du bâtiment;
- Nombre de niveaux au dessus du sol (R+);
- Bâtiment isolé, contigu (1 ou 2 murs);
- Même typologie ou typologie différentes d'un bâtiment à l'autre ;
- Pourcentage du à la différence;
- Présence de commerces au rez-de-chaussée.

Le nombre total de bâtiments recensés est de 405 bâtiments sur 5 577 bâtiments existant sur Menton et Roquebrune-Cap-Martin.

		tude statistique		Existant
Nombre de bâtiments	Menton	Roquebrune- Cap-Martin	Total	Total
	312	93	405	5 577

Tableau 3 : Nombre de bâtiments étudiés dans l'étude statistique

Les résultats obtenus par quartier sont présentés dans le tableau ci-après.

Commune de Menton	Commune de Roquebrune-Cap-Martin
Secteur "Bord de mer"	Secteur "Cap Martin"
Bâti > 6 étages : 69 % T4 et 31 % T3 Bâti < 6 étages : 87 % T2 et 13 % T1	Bâti <= 2 étages : 100 % PAPN Bâti > 2 étages : 67 % T4 et 33 % T2
Secteur "Careï Borrigo"  Bâti <= 1 étage : 100 % PAPN  1 < Bâti < 3 étages : 29 % T1 et 71 % T2  3 < Bâti < 5 étages : 100 % T3  Bâti > 5 étages : 100 % T4	Secteur "Carnolès"  Bâti > 3 étages : 69 % T4 et 31 % T3  Bâti < 3 étages : 87 % T2 et 13 % T1
Secteur "Centennaire"  Bâti <= 1 étage : 100 % PAPN 1 < Bâti < 3 étages : 100 % T2 Bâti > 3 étages : 66 % T3 et 34 % T4	Secteur "Torraca"  Bâti > 3 étages : 80 % T4 et 20 % T3  Bâti < 3 étages : 100 % PAPN

Secteur "Centre ville"	Secteur "Vieux village"				
Bâti > 3 étages : 6 % T4 et 94 % T3 Bâti < 3 étages : 80 % T2, 14 % PAPN et 6 % T1	Bâti > 3 étages : 100 % T2 Bâti < 3 étages : 100 % T1				
Secteur "Garavan"					
Bâti <= 1 étage : 100 % PAPN 1 < Bâti < 4 étages : 100 % T1 4 < Bâti < 5 étages : 96 % T2 et 4 % T3 Bâti > 5 étages : 100 % T4	Secteur "Village récent"  100 % T4				
Secteur "Hotel de ville"					
Bâti < 4 étage : 62 % T2 et 38 % T1 4 < Bâti < 5 étages : 100 % T3 Bâti > 5 étages : 100 % T4					
Secteur "Pêcheurs"					
Bâti > 4 étages : 100 % T3 Bâti < 4 étages : 98 % T1 et 2 % T2					
Secteur "Val de Gorbio"					
Bâti <= 1 étage : 100 % PAPN 1 < Bâti < 3 étages : 29 % T1 et 71 % T2 3 < Bâti < 5 étages : 100 % T3 Bâti > 5 étages : 100 % T4					
Secteur "Vieille ville"					
Bâti < 1 et > 3 étages : 100 % T1 1 < Bâti < 3 étages : 71 % T3 et 29 % T2					
Secteur "Habitat	diffus"				
Bâti <= 1 étage : 100 % PAPN 1 < Bâti < 3 étages : 29 % T4, 29 % T2 et 42 % T1 Bâti > 3 étages : 100 % T4					

Tableau 4 : Résultat de la répartition statistique des typologies de bâtiments sur les communes de Menton et Roquebrune-Cap-Martin

#### 2.2.2.5. Répartition statistique de la typologie par bâtiment

Il est nécessaire, pour réaliser le scénario, d'attribuer une typologie à chaque bâtiment. Pour cela, des tranches de hauteur, correspondant à un nombre d'étages ont été définies. Celles-ci ont été appliquées aux bâtiments, à partir des hauteurs indiquées dans BD Topo. Elles ont permis de définir des populations de bâtiments par étage et par quartier. Dans chaque population, un type a été attribué à chaque bâtiment, en respectant les proportions évaluées dans le Tableau 4.

Les résultats sont présentés dans la Figure ci-après :

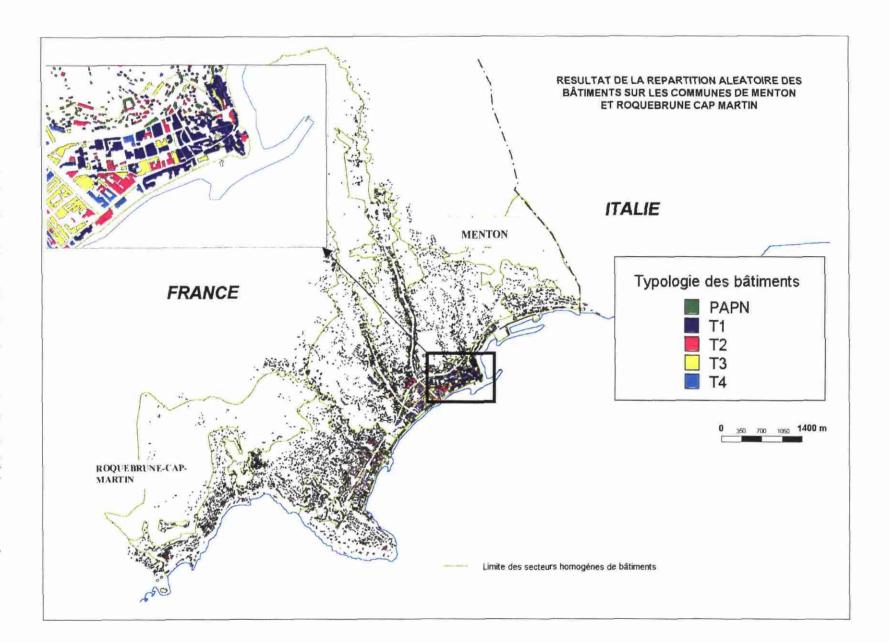


Figure 10 : Résultat de la répartition aléatoire des typologies de bâtiments sur les communes de

# 3. La population

#### 3.1. METHODOLOGIE

L'objectif est d'évaluer pour les besoins du scénario la population susceptible d'être affectée, en fonction de la typologie du bâti.

Pour cela il est nécessaire de connaître par type de bâti et zone géographique le nombre de personnes, ainsi que leur catégorie : résidents, actifs, scolaires et touristes.

Le travail est réalisé en deux phases : d'une part l'estimation de la population résidente par bâtiment, d'autre part l'estimation de la population par type, résidents, touristes, actifs, de jour ou de nuit, en haute ou basse saison.

# 3.1.1. Estimation de la population résidente par bâtiment : relation bâti / vulnérabilité)

Les données utilisées sont d'une part la répartition géographique des bâtiments par type, dont l'estimation a été présentée au chapitre précédent et d'autre part les données INSEE sur la population, qui, pour quatre communes (Menton, Roquebrune-Cap-Martin, Beausoleil, La Trinité), sont détaillées par îlots<sup>5</sup> et qui sont agrégées pour les autres communes.

La carte ci-dessous réalisée à partir des données INSEE du recensement de 1999, présente la répartition de la population sur la zone GE.RI.A.

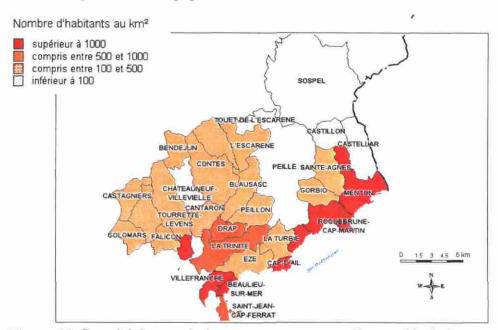


Figure 11: Densité de population par commune sur l'ensemble de la zone GE.RI.A (données population INSEE recensement 99)

<sup>5</sup> Les données « ilotées » sont des données agrégées par groupe de bâtiments. Il n'existe pas de données disponibles plus précises, leur divulgation est interdite pour des raisons de confidentialité.

Les quatre communes îlotées représentent 50 % de la population totale sur la zone GE.RI.A (63 325 habitants).

Selon l'échelle de travail, 1/25 000 ou 1/5 000, les méthodes d'évaluation retenues sont différentes. Elles sont exposées ci-dessous.

#### 3.1.1.1. Pour la zone GE.RI.A

L'objectif est d'obtenir pour chacune des zones urbanisées du POS une population associée à un nombre de bâtiments par type.

Le graphique ci-dessous présente les grandes étapes de la répartition de la population dans les 32 communes de la zone GE.RI.A, avec les données initiales et le traitement réalisé sur ces données.

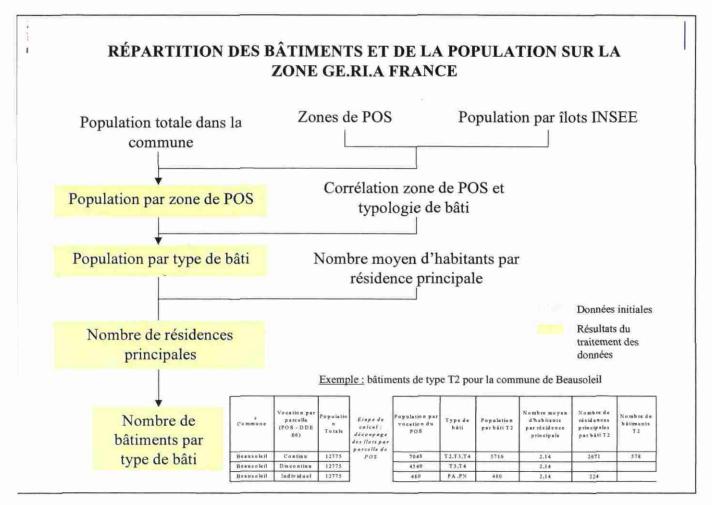


Figure 12 : Différentes étapes pour l'évaluation et la répartition du bâti et de la population dans la zone GE.RI.A

#### 3.1.1.2. Pour les communes de Roquebrune-Cap-Martin et Menton

Le travail a été réalisé en utilisant les travaux de l'IGN qui a évalué la population par bâtiment, en croisant les données INSEE par îlot, et les données de la BD Topo.

#### 3.1.2. Estimation de la population par type

Les « types » de population considérés sont les suivants :

- résidents, habitant dans la commune
- actifs, travaillant dans la commune
- scolaire (de 3 à 25 ans)
- touristes

Les données utilisées sont celles de l'INSEE et des offices du tourisme. Ce sont :

- La population sans double compte (INSEE, recensément 1999);
- La population active totale (INSEE, recensement 1999);
- La population scolarisée (de 3 à 25 ans), (INSEE, recensement 1999);
- Les capacités en chambres ou emplacements des logements touristiques (Inventaire communal 1998, INSEE);
- Les taux d'occupation touristiques selon les périodes de l'année (Observatoire du tourisme des Alpes Maritimes).

Ces données ont été traitées par communes, puis réparties selon les règles présentées cidessous.

		Séisme e	de nuit			Séisme d	e jour	
Critères de répartition de la	Zone G	E.RI.A	Menton et Roquebrune-Cap-Martin		Zone GE.RI.A		Menton et Roquebrune-Cap-Martin	
population	Valeur - Pourcentage	Répartition	Valeur - Pourcentage	Répartition	Valeur - Pourcentage	Répartition	Valeur - Pourcentage	Répartition
Résidents	100 % chez eux	Bâtiments collectifs et individuel d'habitation	100 % chez eux	Bâtiments collectifs et individuel d'habitation	50 % des résidents sont chez eux	Bâtiments collectifs et individuel d'habitation	50 % des résidents sont chez eux	Bâtiments collectifs d'habitation
Scolaires	0	/	0	1	Population scolarisée (3 à 25 ans) source INSEE 1999	Zones d'habitat du centre urbain	Population scolarisée (3 à 25 ans) source INSEE 1999	Zones d'habitat du centre urbain
Actifs	0	1	0	,	Population active travaillant dans la commune source INSEE 1999	Zones d'habitat du centre urbain	Population active travaillant dans la commune source INSEE 1999	Zones d'habitat du centre urbain
Touristes	100 % dans les hôtels	Habitat continu des communes du littoral	100 % dans les hôtels	Quartiers touristiques de Menton et de Roquebrune- Cap-Martin	1/10 des touristes sont dans les hôtels	Habitat continu des communes du littoral		Quartiers touristiques de Menton et Roquebrune- Cap-Martin

Tableau 5 : Règles de répartition des catégories de population

Trois périodes dans l'année ont été distinguées, en fonction des données recensées auprès de l'Observatoire du tourisme des Alpes Maritimes :

- Une période correspondant à la haute saison (de mai à septembre). Le taux d'occupation des hôtels retenu est de 80 % (moyenne sur 5 mois);
- Une période correspondant à la moyenne saison (décembre à avril). Le taux d'occupation des hôtels retenu est de 40 % (moyenne sur 5 mois);
- Une période correspondant à la basse saison (principalement marquée en octobre et en novembre). Le taux d'occupation des hôtels retenu est de 10 % (moyenne sur 2 mois).

#### 3.2. TRAVAUX REALISES

#### 3.2.1. Estimation de la population résidente par bâtiment

#### 3.2.1.1. Pour la zone GE.RI.A

Les communes GE.RI.A sont divisées en 3 groupes :

- 1- Communes îlotées : 4 communes soit 50 % de la population totale,
- 2- Communes sans habitat continu : 22 communes constituées uniquement d'un habitat discontinu et d'un centre ancien. Le cumul de leur population avec celui des communes ilotées représente 87 % de la population totale de la zone GE.RI.A,
- 3- Communes ayant un habitat continu: 6

Ces groupes de communes sont traités différemment. Les annexes 1, 2 et 3 présentent les traitements réalisés, une application sur la commune de Beausoleil est décrite en annexe 4.

Les résultats globaux sont les suivants :

La répartition de la population par type de bâti d'après les estimations sont exposées dans le tableau ci-dessous :

Type de bâti	Population estimée (nuit – été)
T1	13 897
T2	22 480
T3	23 480
T4	38 818
PAPN	45 548
total	144 223

Tableau 6 : Répartition de la population par type de bâti

#### 3.2.1.2. Pour Menton et Roquebrune Cap Martin

Un travail de réaffectation de la population par bâtiment à partir des données îlot a été réalisé.

Dans le cas où les bâtiments de la BD Topo ont une dimension supérieure à celle de l'îlot, le bâtiment est découpé (Figure 13). La population de l'îlot est alors affectée en fonction de la surface et de la hauteur de chaque bâtiment qui le compose.

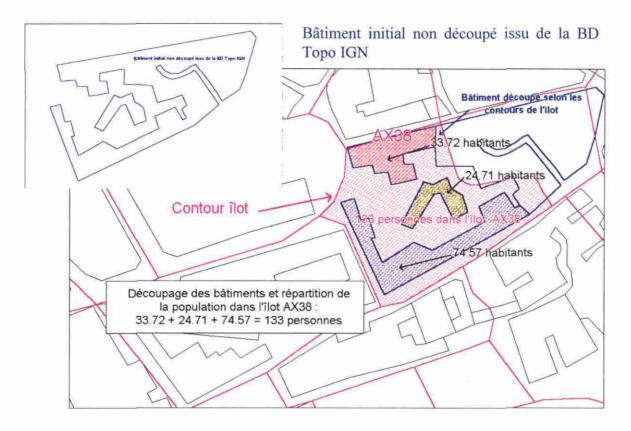


Figure 13: Découpage des bâtiments par l'IGN selon les contours îlots de l'INSEE

#### 3.2.2. Estimation de la population par type

Les tableaux ci-dessous présentent l'évolution des population se trouvant dans les bâtiments pour les trois périodes de l'année sur l'ensemble de la zone GE.RI.A et sur les communes de Menton et de Roquebrune-Cap-Martin.

Zone GE.RI.A (32 communes)	0.0000000000	saison ptembre)		ie saison re à avril)		
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
Population se trouvant dans les bâtiments à cette période	45 976 personnes	144 700 personnes	52 506 personnes	130 985 personnes	51 949 personnes	125 078 personnes

Tableau 7 : Résultat de la répartition de la population se trouvant dans les bâtiments selon les périodes de l'année et le moment de la journée sur l'ensemble de la zone GE.RI.A.

Menton et Roquebrune-			e saison Moyenne eptembre) (décembre		Basse saison (octobre – novembre)	
Cap-Martin	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
Population se trouvant dans les bâtiments à cette période	16 877 personnes	53 902 personnes	18 944 personnes	45 839 personnes	18 515 personnes	41 365 personnes

Tableau 8 : Résultat de la répartition de la population se trouvant dans les bâtiments selon les périodes de l'année et le moment de la journée sur les communes de Menton et Roquebrune-Cap-Martin

L'annexe présente les résultats sous forme cartographique.

### 4. Les réseaux

#### 4.1. METHODE

Le travail sur les réseaux a porté sur la collecte des données disponibles et sur l'analyse des dysfonctionnements susceptibles de se produire en cas d'événement sismique.

Cette analyse a été effectuée dans le cadre d'un groupe de travail qui réunissait les responsables de la gestion du risque et les gestionnaires des principaux réseaux de la zone GE.RI.A France afin d'identifier les principaux facteurs de vulnérabilité.

Lors des réunions, un exposé du mode de fonctionnement des réseaux a été fait par chaque gestionnaire.

Une analyse rapide des vulnérabilités induites pour les utilisateurs a été réalisée, ainsi que l'examen de quelques cas.

Quelques difficultés majeures ont ainsi été mises en évidence et des remarques concrètes ont également été faites. Ces éléments sont présentés ci-dessous.

Il s'agit d'une analyse préalable et il serait bien sûr nécessaire d'aller plus loin dans l'analyse et surtout dans la recherche de solutions.

Ce travail met cependant en évidence que bien au-delà des préjudices humains, l'opérationnalité des grandes fonctions –transports, alimentation en eau, en énergie, télécommunications...- est essentielle et qu'elle doit faire l'objet d'analyses pratiques mais aussi méthodologiques.

#### 4.2. REALISATION

#### 4.2.1. Données collectées

Les réseaux pour lesquels des données géoréférencées ont été collectées sont le réseau routier et le réseau ferroviaire. Elles proviennent du conseil général (D.A.T.D.E.). Les données concernant les autres réseaux n'ont pas été collectées.

#### 4.2.2. Conclusions du groupe de travail, analyse de la vulnérabilité

Quelques points propres à la région ou à la gestion de crise ont été soulignés :

- Un événement mineur peut bloquer une ville complètement (exemple du super marché Casino à Nice dont les conséquences de l'effondrement ont paralysé la circulation, les secours et les télécommunications),
- L'information est importante, il est nécessaire d'en disposer en temps réel (exemple illustré par la ville de Menton lors de la gestion de crise des mouvements de terrain de l'hiver 2000-2001),

- Les télécommunications, pour tous les acteurs, sont essentielles (et sont d'autant plus fragiles qu'elles sont instantanément saturées. Exemple du séisme de San Remo pendant l'été 2000 ou de l'effondrement du Supermarché Casino à Nice),
- La connaissance du terrain est nécessaire aux secours venant de l'extérieur de la zone,
- La région n'est pas autonome, les voies de communication sont essentielles pour son approvisionnement.

Par ailleurs les participants aux groupes de travail ont souligné certains points qui les concernent plus particulièrement.

#### **Communes**

Les représentants des communes, ont fait les remarques suivantes, classées en fonction des phases de la gestion du risque :

#### Prévention

- Une réflexion est nécessaire sur l'optimisation de l'implantation des réseaux par rapport à la qualité mécanique des sols ou à l'exposition à un aléa.
- Il serait également nécessaire de disposer d'une méthode permettant de hiérarchiser les réseaux ou les parties de réseaux, afin de mettre en place une politique de prévention: mise en sécurité, confortement, analyse de l'exposition à l'aléa.

#### Gestion de crise

Il faut mettre en place

- une coordinations des services et en particulier des procédures harmonisées,
- le repérage géographique des événements et la mise à jour des informations pour tous les intervenants,
- disposer d'informations au sein des services de la mairie, afin d'en permettre la diffusion à la population,

## Il faut pouvoir disposer

- de zones de stockage de matériaux,
- de matériel adapté, par exemple d'engins de terrassement légers en zone de montagne.
- de télécommunications opérationnelles.

### Reconstruction, réparation

Les procédures de lancement et de financement des travaux ne sont pas adaptées aux situations d'urgence, surtout lorsqu'il y a massivement d'importantes réparations à entreprendre.

Une méthodologie d'analyse du risque juridico-technique dans la prise de décision de réouverture d'une voie pourrait être un outil intéressant.

## Gestionnaires de réseaux

Ils ont présenté leur mode de fonctionnement. Les éléments les plus significatifs en termes de vulnérabilité ou de gestion de crise sont présentés ci-dessous.

### **SNCF**

Les consignes en cas de séisme d'intensité supérieure ou égale à 8 sont les suivantes :

- Interdiction de circulation sur les tronçons concernés,
- Visite de ce tronçon , contrôle des ouvrages et des ponts,
- Après contrôle, transmission d'un avis au chef d'établissement.

Le trafic sera arrêté jusqu'à vérification complète, ce qui signifie que si les télécommunications sont interrompues, les informations ne pourront circuler et le trafic ne pourra reprendre.

### Alimentation en eau

## <u>Organisation</u>

L'alimentation en eau de la zone GE.RI.A s'effectue par deux canaux, 1 'un à 1 'Ouest (canal de la Vésubie), l 'autre à 1 'Est (Roya).

Le canal de la Vésubie est très vulnérable aux mouvements de terrain. S'il venait à être endommagé, l'usine du Var pourrait fournir, si EdF est opérationnel,

- en été, l'équivalent de 75% des besoins de la ville de Nice, moitié peu d'eau pour la zone littorale qui sera pour partie alimentée par la Roya (Menton, RCM),
- en hiver, l'équivalent de 100% des besoins de Nice, et une partie des besoins de la zone littorale.

## Gestion de crise

Il n'y a pas de plan risque car les zones les plus à risque ne sont pas identifiées. Par ailleurs, le dessalement d'eau de mer ne peut être envisagé comme solution de secours car il ne représente pas une solution opérationnelle pour une alimentation en eau sur une large zone.

## Alimentation en gaz

Le grand principe de la gestion des réseaux de gaz est de retarder au maximum la fermeture du réseau. Cette politique s'explique essentiellement par les difficultés liées à la réouverture, particulièrement dans le réseau basse pression.

## Réglementation

Aucun décret ne contraint à prendre des dispositions constructives en cas de risque sismique.

S'il s'avère nécessaire de couper le réseau, il faut alors déplacer des agents GdF. En effet, il n'y a pas de télécommande pour couper le gaz, ni de délégation à des tiers (hormis le SDIS pour le réseau basse pression).

## Gestion de crise

Le plan « OREGAZ » s'applique en cas de fuite.

En cas de fuite, un périmètre de sécurité est établi. Il entraîne généralement un blocage de la circulation qui a souvent pour conséquence de gêner l'arrivée des équipes d'intervention.

Les difficultés liées à la gestion des fuites de gaz en cas d'événement sismique, dans des agglomérations dont les accès pourraient être coupés par des mouvements de terrain, ce qui interdirait l'intervention de spécialistes de GdF n'ont pas été totalement résolues.

## Alimentation électrique

Elle constitue le point clef des télécommunications et du réseau d'eau. Les fonctionnements sont le plus souvent télécommandés, ce qui induit une vulnérabilité physique au séisme non négligeable.

Les crises sont gérées par une cellule d'intervention nationale.

#### **Télécommunications**

#### Vulnérabilité

La vulnérabilité physique est

- forte aux secousses sismiques et,
- à une mise en charge brutale du réseau,
- faible aux coupures EdF (4j d'autonomie) et peut être réduite par délestage/filtrage du réseau.

La vulnérabilité fonctionnelle est également forte car peu de mairies disposent de lignes protégées et il est très difficile en cas de coupure des télécommunications de rappeler les responsables de la gestion de crise lorsqu'ils sont chez eux (puisqu'ils sont en dehors des réseaux protégés).

Les délais de reconstruction peuvent être de plusieurs jours.

## Réduction des dommages

Un mode de prévention des dommages dus à l'interruption des télécommunications est certainement la mise en place d'une ou de plusieurs conventions avec des radios pour la diffusion des informations.

#### Santé

## **Objectifs**

En période de crise, les objectifs des services de santé sont les suivants :

- Ecoute médicale permanente,
- Détachement de services médicaux,
- Vérification des disponibilités d'hospitalisation.

## Analyse des problèmes liés à l'occurrence d'un séisme

De gros problèmes de transport seront à prévoir en cas de mouvements de terrain (par exemple en cas d'enclavement de l'hôpital ou de la caserne de Menton).

Une réflexion communale devrait être menée car le SDIS ne pourra secourir toute la zone.

Dans le cadre transfrontalier il sera nécessaire d'identifier des zones de repli et d'hébergement.

# 5. Les enjeux fonctionnels et économiques, vulnérabilité

Ce sont les enjeux principaux de la zone qui sont abordés ici car l'objectif du travail est de permettre d'identifier les dysfonctionnements ou les endommagements majeurs que pourrait subir la zone GE.RI.A en cas de séisme.

La vulnérabilité des réseaux et les dysfonctionnements que leur endommagement pourrait entraîner sont présentés au chapitre précédent.

Dans ce chapitre, seuls sont abordés les enjeux fonctionnels liés au transport et les enjeux liés à l'activité touristique qui est le principal support de l'activité économique de la zone.

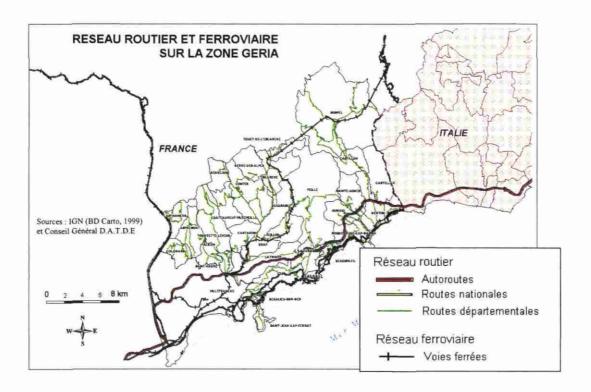


Figure 14:Principaux axes routiers et ferroviaires sur la zone GE.RI.A

#### Les transports

Ce sont les fonctionnalités supportées par les infrastructures qui sont présentées, ainsi que leur vulnérabilité.

L'analyse, succincte, repose sur l'examen des dysfonctionnements observés les années précédentes. Celles-ci ont en effet connu des épisodes pluvieux importants,

particulièrement l'année 2000, dont l'étude est instructive. L'étude du scénario propose de reprendre ces événements pour identifier les dommages.

Trois niveaux de fonctionnalité peuvent être distingués selon que l'on distingue une desserte locale, régionale et internationale.

Quelle que soit la zone desservie, les transports sont caractérisés par une forte saturation et de très faibles possibilités de remplacement.

Sur le plan local: la zone GE.RI.A est caractérisée par une topographie montagneuse, les accès aux villes et villages sont difficiles et peu nombreux. Ceci implique que toute coupure du réseau est susceptible d'entraîner l'isolement des communautés.

Ce dommage a été observé fréquemment lors de mouvements de terrain. L'automne et l'hiver 2000 ont présenté de nombreux cas de ce type. On a ainsi pu observer un isolement de villages de plusieurs jours dans la vallée de la Roya, et la mise en place de déviations importantes entraînant des temps de transport supérieurs de plusieurs heures aux temps de trajet habituels.

Sur le plan régional: Les transports sont fortement marqués par les flux migratoires vers Monaco qui sont très importants, quelle que soit la saison. En haute saison, la forte urbanisation de la zone littorale et l'afflux touristique entraînent un trafic important qui rend la zone très vulnérable à toute perturbation. D'autant qu'il n'existe pas de solution alternative.

Toute coupure prolongée de la Nationale ou de l'Autoroute entraîne de fortes perturbations de la circulation. Un tel dysfonctionnement est bien illustré par la coupure de l'Autoroute au niveau de Menton en Décembre 2000, dysfonctionnement rappelé au paragraphe ci-dessous.

Sur le plan international : Les flux de transit sud européens sont très importants. Ils sont essentiellement situés sur l'autoroute. Cette dernière constitue l'un des quelques passages entre la France et l'Italie et toute interruption du trafic entraîne une surcharge sur les autres points, perturbant fortement le trafic international et entraînant des désordres sensibles sur la circulation locale.

Un exemple de ces dysfonctionnements en a été donné lors de la fermeture de l'autoroute en Décembre 2000 pour un risque de chute d'un unique rocher. L'interruption de la circulation a entraîné des « bouchons » de plusieurs dizaines d'heures, en France et en Italie, une déviation de la circulation dans la ville de Menton, entraînant de fortes perturbations et le passage des camions par Modane, seul tunnel encore accessible. La figure ci-dessous présente quelques coupures de presse relatant cet événement qui a duré une semaine environ.



Figure 15: Coupures de presse concernant les coupures de routes lors des événements de l'automne et de l'hiver 2000

La voie ferrée, également transfrontalière, représente une alternative au transport routier (particulièrement en cas d'interruption de celui-ci). Sa capacité est toutefois limitée et sa vulnérabilité est forte aux mouvements de terrain et chutes de blocs.

### Activité économique

Elle est essentiellement basée sur la « fonction d'accueil » : tourisme et retraités. Ce qui implique un fort développement des activités commerciales et de services aux particuliers.

La vulnérabilité physique des bâtiments abritant les activités commerciales et de service fait partie de l'étude de vulnérabilité du bâti. On admet, dans l'étude, que les commerces et services ont une typologie analogue à celle des habitations et que l'endommagement de ces bâtiments correspond à l'endommagement des bâtiments des quartiers auxquels ils appartiennent.

Les dommages qu'ils sont susceptibles de subir au plan économique sont liés à la perte de clientèle correspondant aux touristes qui ne viendraient pas à la suite d'un événement sismique. Celle-ci est difficile à évaluer, mais dépend fortement de la communication qui sera faite autour de l'évènement et de la gestion de la crise.

Seule une analyse succincte a été menée car il s'agit seulement au niveau du scénario, d'évoquer la nature des problèmes, afin de permettre aux responsables de la gestion du risque de mettre en place quelques procédures propres à des activités touristiques. On

peut ainsi noter, à partir des retours d'expérience de Colfiorito et du séisme de 1887, qu'il est particulièrement important de traiter de :

- l'organisation des secours aux touristes. Ceux-ci présentent une vulnérabilité et des besoins particuliers car ils ne connaissent pas les lieux et souhaitent partir au plus tôt de la zone sinistrée. Ceci implique des campagnes d'information auprès des responsables d'activités d'accueil comme les hôtels et les résidences. Cela suppose également la mise en place de procédures de secours visant à évacuer tous les touristes indemnes etc... Il faut aussi souligner que la forte densité de touristes italiens dans la zone GE.RI.A implique que les secours soient bilingues.
- une communication adaptée à la population locale, aux touristes sur place, mais aussi aux zones non touchées par le séisme, dans lesquelles se trouvent les touristes susceptibles de se rendre, ou de ne pas se rendre dans la zone GE.RI.A, en fonction de l'information qu'ils recevront. Celle-ci n'est pas facile à maîtriser. Ainsi, après le séisme de Colfiorito en 1997 qui avait touché la région d'Assise en Italie, deux messages sont passés, indépendamment de la volonté que pouvaient en avoir les responsables : d'une part des bâtiments et des biens de grande valeur artistique et historique avaient été endommagés par un séisme, et d'autre part il était dangereux de visiter ceux qui étaient indemnes car toute la région était susceptible d'être affectée par un séisme. Pour une région vivant sur le tourisme culturel l'image était particulièrement fâcheuse. Après la crise, la région a prévu de financer pour 1,8 millions d'é une campagne de « réhabilitation » de la région auprès de la clientèle touristique.

De même, lors du séisme de 1887 une campagne d'information a été mise en place pour ne pas amplifier l'événement auprès des éventuels visiteurs.

D'autres points devraient être abordés en utilisant le retour d'expérience de Colfiorito. En particulier la gestion des agriculteurs sinistrés. L'activité agricole et plus particulièrement l'élevage pose en effet un problème pour tout relogement loin de la ferme. La part des éleveurs dans la population de la zone GE.RI.A est relativement faible, c'est pourquoi ce problème, qui de plus n'apparaît pas comme caractéristique d'un problème transfrontalier n'a pas été traité.

Pour ce qui concerne les activités industrielles dangereuses, il n'y a pas sur la zone d'usine Seveso, et la seule usine ayant des substances dangereuses (Brenntag) les stocke dans des entrepôts à structure légère ne justifiant pas une étude détaillée de leur vulnérabilité physique. Pour ces raisons, dans cette étude, cette usine n'a pas fait l'objet d'une analyse spécifique de vulnérabilité.

## 6. Les bâtiments stratégiques, étude de la vulnérabilité

Les données sur les bâtiments stratégiques ont été fournies par le Service d'Incendie et de Secours des Alpes Maritimes (06).

#### Elles concernent:

- Les bâtiments stratégiques participant à la gestion de crise (casernes de pompiers, hôpitaux...);
- Les bâtiments stratégiques ne participant pas à la gestion de crise (établissement recevant du public, établissements répertoriés comme particulièrement vulnérables par le SDIS 06).

### **METHODOLOGIE**

La zone d'étude de GE.RI.A ne comporte pas de bâtiment dit de classe D, c'est à dire de bâtiment considéré comme nécessaire à la gestion d'une crise.

Ainsi, il n'est pas prévu d'utiliser les hôpitaux situés dans la zone comme des hôpitaux susceptibles d'accueillir des urgences, ce qui ne les classe pas en catégorie D. Il en va de même pour les casernes de pompier.

En l'absence de bâtiment de classe D, deux bâtiments importants fonctionnellement pour la gestion de crise ont été l'objet d'analyses de vulnérabilité physique de premier niveau (sommaire).

Ces analyses ont été réalisées à partir d'observations visuelles et d'examens rapides de documents. Elles ont porté sur l'hôpital de Sospel<sup>6</sup> et sur l'usine de traitement d'eau du Mont Vinaigrier.

Les résultats de ces analyses sont présentés en annexe.

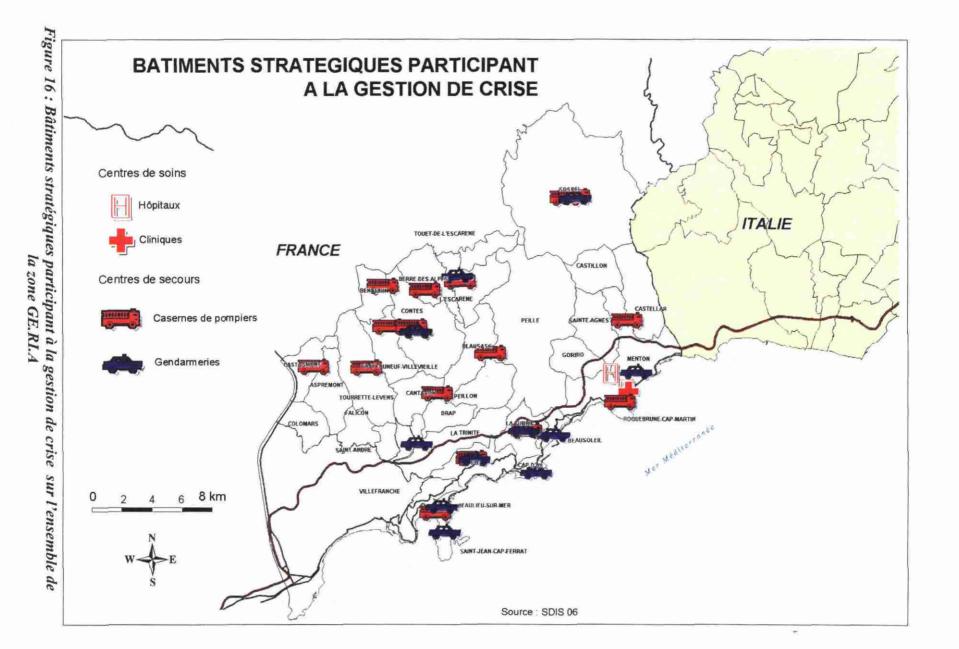
Il a par ailleurs été estimé que la vulnérabilité des services de secours pourrait être analysée en comparant le personnel disponible par zone d'intervention avec le nombre de sinistrés dans la même zone.

Les résultats de cette comparaison sont présentés dans le scénario.

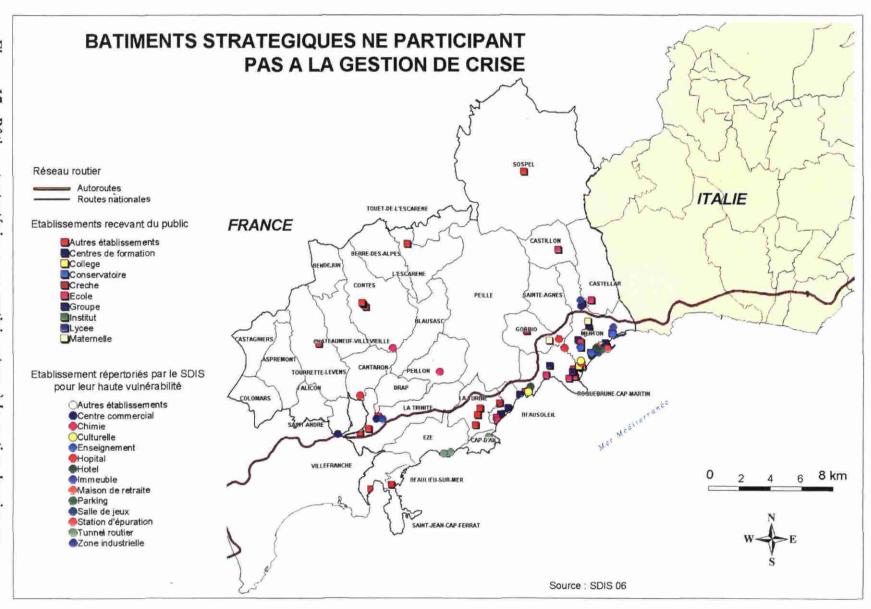
BRGM/RP-51301-FR 41

-

<sup>6</sup> Pout des raisons de calendrier il n'a pas été possible de réaliser cette analyse sur l'hôpital de Menton.



17: Bâtiments stratégiques l'ensemble de la zone GE.RI.A ne participant pas à la gestion de crise



## Conclusion

Le travail réalisé a pour but de fournir des éléments pour la construction d'un scénario d'événement sismique.

Dans cet objectif, les principaux éléments exposés et leur vulnérabilité ont été étudiés. Il est apparu, particulièrement sur les réseaux, que l'analyse de retours d'expérience constituait un bon outil.

L'identification des principaux éléments exposés dans la zone GE.RI.A met en évidence une fragilité particulière des populations, due au grand nombre de touristes ou de résidents étrangers.

Elle montre également qu'une partie importante, un quart de la population (environ 36 000 personnes) vit dans des bâtiments anciens, antérieurs à 1945 dont la vulnérabilité au risque sismique est forte. Ces bâtiments sont généralement situés en centre ville et des difficultés d'accès des secours seront à prévoir.

Une part également importante de la population (environ 45 500 personnes) vit dans des maisons individuelles dont la vulnérabilité physique est mal connue.

Les infrastructures et les réseaux semblent fortement vulnérables : L'alimentation en eau car les moyens de substitution sont très faibles, les télécommunications car les risques de saturation sont très élevés, l'alimentation en gaz parce que les équipes d'intervention auront des difficultés à atteindre les zones endommagées.

Le grand point faible de la région est représenté par les transports à la fois très vulnérables aux mouvements de terrain, très fortement utilisés et pour lesquels très peu d'itinéraires de contournement sont possibles. L'expérience de l'année passée (2000), fortement pluvieuse, et ayant entraîné de très nombreux mouvements de terrain donne une idée de ce que pourrait être l'enclavement des zones habitées en cas d'événement sismique.

La lutte contre cet enclavement implique très certainement la mise en place d'actions coordonnées transfrontalières.

## **Bibliographie**

- Arnal C., Marçot N. (2000) Projet GE.RI.A Prise en compte des risques naturels, Gestione Rischi Ambiantali Inventaire des phénomènes naturels, des aléas et des éléments exposés. Rapport BRGM RP 50185 FR. 182p., 20 fig., 26 tab. et 3 annexes.
- Arnal C., Martin R. (1999) Projet GEMITIS Nice Evaluation des dommages directs d'un séisme sur la ville de Nice, scénarios de risque. Extension des résultats au département des Alpes Maritimes. Rapport BRGM R40612, 173p., 43 fig., 41 tab., 9 annexes et 3 pl.h.t.
- European Macroseismic Scale (1998) Cahier du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15. Editor G. GRÜNTHAL.
- Federal Emergency Management Agency (1997) Earthquake Loss Estimation Methodology, HAZUS 97 Technical Manual Volume I.
- INSEE (Provence-Alpes-Côte d'Azur) dossier (1998) Portrait des zones d'emploi. N° 4 Décembre 1998
- INSEE (Provence-Alpes-Côte d'Azur) et DRIRE, dossier (1998) L'atlas Industriel
- Marçot N. (2000) Projet GE.RI.A Prise en compte des risques naturels, Gestione Rischi Ambiantali Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit" Proposition d'une méthodologie et exemple d'application. Rapport BRGM RP 50690 FR.
- Projet Interregional II à Mesure 2-1. Initiative communautaire pour la coopération transfrontalière France-Italie (1994-1999)
- Stieltjes L., Monge O. avec la coll. de Martin C. et Mouroux P. (1997) Projet GEMITIS Nice Evaluation de l'aléa sismique local sur la ville de Nice. Rapport BRGM R39082, 80p., 22 fig., 9 tab. et 8 pl.h.t.
- Tartar C., architecte DPLG: Evaluation statistique de la typologie des constructions dans le cadre des projets Gemitis Nice et GE.RI.A.

## Liste des annexes

Annexe 1: Methodologie pour les communes Hotees
Annexe 2 : Méthodologie pour les 22 communes non îlotées et sans habitat continu 57
Annexe 3: Méthodologie pour les 6 communes restantes possédant
un habitat continu
Annexe 4 : Application de la méthode à la commune de Beausoleil : commune de 12
775 habitants (INSEE – 1999)
Annexe 5 : Hypothèses et choix arbitraires pour l'évaluation des éléments exposés 71
Annexe 6: Incertitudes relevées dans les données INSEE
Annexe 7: Etude sommaire de vulnérabilité de quelques bâtiments
Amiexe 7. Etude sommane de vameraonne de queiques batiments
Liste des illustrations
FIGURES
Figure 1: Méthodologie de réalisation d'un scénario de risque
Figure 2 : Illustration de la typologie du bâti existant sur la zone GE.RI.A
Figure 3: Recensement et traitement des données pour l'évaluation et la répartition des
bâtiments
Figure 4 : Urbanisation sur l'ensemble de la zone GE.RI.A à partir des Plans
d'Occupation des Sol (Plans d'Occupation des Sols POS approuvés en 1991(DDE
06 – 2000 )et repris aujourd'hui en PLU) et Orthophotoplans de Cantaron et de
l'Escarène au 1/15 000, (DDE 06, 1999)
Figure 5 : Résultat de la répartition aléatoire des typologies de bâtiments sur la zone
GE.RI.A
Figure 6 : Extrait de la base de données BD TOPO sur la commune de Menton 16
Figure 7 : Représentation des centres urbains sur les communes de Menton et
Roquebrune-Cap-Martin
Figure 8: Secteurs homogènes sur Menton et Roquebrune-Cap-Martin 18
Figure 9: Itinéraires statistiques pour la caractérisation du tissu urbain
Figure 10 : Résultat de la répartition aléatoire des typologies de bâtiments sur les
communes de Menton et de Roquebrune-Cap-Martin
Figure 11: Densité de population par commune sur l'ensemble de la zone GE.RI.A
(données population INSEE recensement 99)
Figure 12 : Différentes étapes pour l'évaluation et la répartition du bâti et de la
population dans la zone GE.RI.A
Figure 13: Découpage des bâtiments par l'IGN selon les contours îlots de l'INSEE 29
Figure 14:Principaux axes routiers et ferroviaires sur la zone GE.RI.A
Figure 15: Coupures de presse concernant les coupures de routes lors des événements de
l'automne et de l'hiver 2000
Figure 16 : Bâtiments stratégiques participant à la gestion de crise sur l'ensemble de la
zone GE.RI.A
Figure 17: Bâtiments stratégiques ne participant pas à la gestion de crise sur
l'ensemble de la zone GE.RI.A
1 chaemore de la zone OLIGA

## **TABLEAUX**

Tableau 1 : Typologie du bâti existant sur la zone GE.RI.A	9
Tableau 2 : Superficie du centre urbain dans la commune	. 17
Tableau 3 : Nombre de bâtiments étudiés dans l'étude statistique	
Tableau 4 : Résultat de la répartition statistique des typologies de bâtiments sur les	
communes de Menton et Roquebrune-Cap-Martin	. 21
Tableau 5 : Règles de répartition des catégories de population	. 27
Tableau 6 : Répartition de la population par type de bâti	. 28
Tableau 7 : Résultat de la répartition de la population se trouvant dans les bâtiments	
selon les périodes de l'année et le moment de la journée sur l'ensemble de la zon	ne
GE.RI.A.	. 29
Tableau 8 : Résultat de la répartition de la population se trouvant dans les bâtiments	
selon les périodes de l'année et le moment de la journée sur les communes de	
Menton et Roquebrune-Cap-Martin	. 30

## **Annexes**

.52 BRGM/RP-51301-FR

# Annexe 1 : Méthodologie pour les communes îlotées

Cette méthodologie va s'appliquer pour les communes de Menton, Roquebrune-Cap-Martin, Beausoleil et La Trinité (soit 50% de la population de la zone GE.RI.A)

## Centre ancien

On admet que les centres anciens sont constitués de bâtiments dont la date d'achèvement de la construction se situe avant 1915

Tous les T1<sup>7</sup> sont donc affectés dans les centres anciens

Les îlots INSEE vont nous permettre d'avoir une population pour chacun des centres anciens, ainsi qu'une densité pour l'ensemble des parcelles du centre ancien d'une même commune.

La base de données INSEE « profils » va nous donner :

- Un nombre de bâtiments (habitat collectif) d'avant 1915 par nombre d'étages
- Un nombre de logements contenus dans ces bâtiments (c.a.d d'avant 1915)
- Un nombre de résidences principales parmi ces logements
- Un nombre moyen de personnes par logements

Une comparaison entre les résultats des calculs par îlots et la population calculée à partir des données de la base « Profils » va nous donner le solde de population appartenant à l'époque 1862 – 1915, à rapporter aux bâtiments T2.

Résultats obtenus et disponibles sur la zone GE.RI.A :
nombre de bâţiments de type T1
pourcentage de bâţiments par nombre d'étages
population vivant dans les T1

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Voir typologie présentée dans le chapitre sur l'habitat

## Habitat continu (collectif)

On admet que l'habitat continu est composé de T2, T3 et T4.

De la même façon que pour les centres anciens, les îlots vont nous permettre de calculer les population des secteurs d'habitat continu, et des densités de population.

Population habitat continu = Population T2 (solde T2 (<1915) + pop 1915-1948) + Population T3/T4

Population T3/T4 = Population habitat continu – Population T2

Les bâtiments T3 et T4 s'identifient de la façon suivante :

T3: 1949 – 1968 T4: > 1969

Ils se répartissent de la façon suivante, sur toute la zone GE.RI.A :

14 927 personnes vivant dans les T3 36 730 personnes vivant dans les T4

soit selon un rapport de 1/2,5.

On admet que cette répartition est valable aussi bien à l'échelle de la zone GE.RI.A qu'à l'échelle d'une parcelle d'habitat continu.

Population T3 = 1/2.5 de population T3/T4

Population T4 = 1,5/2,5 de population T3/T4

Le nombre de bâtiments et le nombre d'étages de ces bâtiments est donné par la base « Profils » selon les critères :

T2: solde T2 (< 1915) + 1915 - 1948

T3: 1949 – 1968

T4: > 1969

Résultats obtenus et disponibles sur la zone GE.RI.A :
nombre de bâtiments de type T2, T3 et T4
pourcentage de bâtiments par nombre d'étages
population vivant dans les T2, T3 et T4

## Habitat discontinu (collectif)

On admet que l'habitat discontinu est composé de T3 et T4.

De la même façon que pour les centres anciens, les îlots vont nous permettre de calculer les population des secteurs d'habitat discontinu, et des densités de population.

Population habitat discontinu = Population T3/T4

Les bâtiments T3 et T4 se corrèlent de la façon suivante :

T3: 1949 – 1968

T4: > 1969

Ils se répartissent de la façon suivante, sur toute la zone GE.RI.A :

14 927 personnes vivant dans les T3

36 730 personnes vivant dans les T4

soit selon un rapport de 1/2,5.

On admet que cette répartition est valable aussi bien à l'échelle de la zone GE.RI.A qu'à l'échelle d'une parcelle d'habitat discontinu.

Population T3 = 1/2,5 de population T3/T4

Population T4 = 1,5/2,5 de population T3/T4

Le nombre de bâtiments et le nombre d'étages de ces bâtiments est donné par la base « Profils » selon les critères :

T3: 1949 – 1968 T4: > 1969

Résultats obtenus et disponibles sur la zone GE.RI.A :
nombre de bâtiments de type T3 et T4
pourcentage de bâtiments par nombre d'étages
population vivant dans les T3 et T4

# Annexe 2 : Méthodologie pour les 22 communes non îlotées et sans habitat continu

Cette méthodologie va s'appliquer pour les communes de :

Villefranche-sur-mer, Contes, Cap d'Ail, Drap, Sospel, Castellar, Castillon, St Agnès, Gorbio, St Jean Cap Ferrat, Peillon, Peille, Touët de l'Escarène, Berre les Alpes, Blausasc, Bendéjun, Chateauneuf Villevieille, Cantaron, Falicon, Aspremont, Colomars, Castagniers.

Ces communes n'ont dans leurs POS qu'un centre ancien, et des zones d'habitat discontinu. Elles représentant avec les précédentes 87 % de la population totale.

La méthodologie à appliquer va consister à affecter toutes les populations de T1 et T2 au centre ancien et les populations de T3 et T4 à l'habitat discontinu.

En l'absence de données plus précises, on admet que la totalité des bâtiments construits avant 1915 appartient à la catégorie T1. Cette approche conduit à augmenter la vulnérabilité du bâti. Elle paraît fondée dans la mesure où l'on a admis dans les autres communes que tous les centres anciens sont constitués de T1. Après vérification, le nombre d'habitants dans des bâtiments construits entre 1915 et 1948 est effectivement faible, ce qui confirme l'absence significative de T2 dans les centres anciens.

Les calculs vont se faire de la même façon que pour la méthodologie précédente.

# Annexe 3 : Méthodologie pour les 6 communes restantes possédant un habitat continu

Cette méthodologie va s'appliquer pour les communes de la Turbie, Eze, St André, Tourette-Levens, Beaulieu et l'Escarène, soit 13 % de la population de la zone GE.RI.A.

Comme précédemment, la méthodologie à appliquer va consister à affecter toutes les populations de T1 au centre ancien.

Par contre, en ce qui concerne les T2, T3 et T4 pour ces six communes, nous allons utiliser des densités calculées sur la base d'une moyenne, par secteur d'urbanisation homogène.

Ces densités de bâti seront arbitrairement affectées pour chacun des secteurs homogène d'urbanisation : habitat continu, discontinu et individuel.

# Répartition du bâti en fonction du nombre d'étages

Les données de la base INSEE « Profils » nous donne une répartition des bâtiments par commune, par date d'achèvement de la construction et par nombre d'étages.

On peut ainsi en déduire par exemple un pourcentage de bâti de 4 étages ou moins pour une date d'achèvement de construction d'avant 1915.

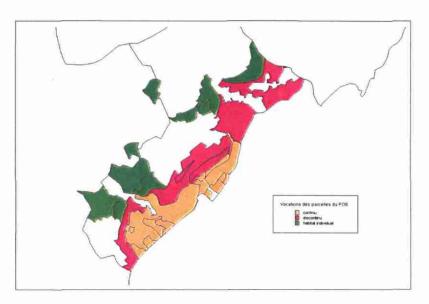
## Annexe 4 : Application de la méthode à la commune de Beausoleil : commune de 12 775 habitants (INSEE - 1999)

Le PLU (ex POS) de la commune nous donne différentes vocations pour chaque parcelle.

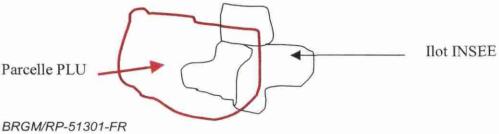
Pour l'étude, nous avons retenu 4 vocations principales représentant les zones habitées de la commune : centre ancien, habitat continu, habitat discontinu, habitat individuel. La commune de Beausoleil ne possédant pas de centre ancien, l'analyse se fera sur 3 types de parcelles.

Commune	INSEE	Vocation	Population_Totale
Beausoleil	06012	Continu	12775
Beausoleil	06012	Discontinu	12775
Beausoleil	06012	Individuel	12775

La carte ci-dessous représente des parcelles du PLU appartenant aux différents secteurs homogènes de bâti sur la commune de Beausoleil.



L'association des données du PLU avec les données par îlots de l'INSEE permet d'affecter une population par parcelle de PLU: Pour cela, on travaille par densités de population.



61

(ex : centre ancien)

Ilot INSEE : population et superficie 

densité de population par îlot

Cas des zones urbanisées de type centre ancien, habitat continu et discontinu :

Pour chaque îlot intersecté par le polygone de la parcelle, on calcule la densité de population dans cet îlot afin d'affecter une population pour chaque partie de l'îlot.

## Cas des zones urbanisées en habitations individuelles :

Pour les zones d'habitat individuel et donc d'habitat plus dispersé, on utilise comme support les orthophotos plan. En effet, on admet que lorsque la parcelle du PLU coupe un îlot qui après observation de l'orthophoto présente une zone habitée et une zone inhabitée, la totalité de la population de l'îlot sera affectée au polygone de la parcelle du PLU, et non répartie par rapports de densités.

On obtient alors un ensemble de populations inclue dans la parcelle du PLU et par conséquent une population totale par parcelle.

Commune	INSEE	Vocation	Population_ Totale	Population_ Vocation	Superficie _km2	Densité
Beausoleil	06012	Continu	12775	7048	0,31783	22174
Beausoleil	06012	Discontinu	12775	4340	0,51740	7693
Beausoleil	06012	Individuel	12775	480	0,37421	647

En additionnant l'ensemble des populations par parcelle du PLU, on obtient un total de 11868 personnes.

On admet donc qu'il existe 907 personnes réparties de façon non homogène dans les autres parcelles du PLU, non retenues dans ce calcul (autoroute, équipements sportifs, naturelle, tourisme).

On a admis dans la méthodologie globale une corrélation des zones du PLU avec les typologies de bâti retenues dans le projet GE.RI.A.

Centres anciens: T1

Habitat continu: T2, T3, T4
Habitat discontinu: T3, T4
Habitat individuel: PA, PN

De même, les données INSEE issues de la base de données « Profils » nous donnent des informations sur le nombre de bâtiments par année d'achèvement de la construction, ainsi qu'un nombre de résidences principales, un nombre moyen de personnes par résidence principale..., le tout par commune :

Données INSEE (« Profils »)

		Tous types de bâti				
Code_INSEE	Code_INSEE Nom de la commune		Total habitations collectives de 4 étages ou moins	Total habitations collectives 5 à 8 étages	Total habitations collectives 9 étages ou plus	
06012	Beausoleil	862	728	111	23	

A partir de cette corrélation, chaque secteur de PLU va être étudié à part, afin de calculer le nombre de bâtiments de chaque typologie de bâti.

## 1- CENTRE ANCIEN

La commune de Beausoleil ne possède pas de centre ancien. Les bâtiments dont la date d'achèvement de la construction se situe avant 1915 sont en fait des bâtiments de type T2 (1862 – 1915).

## 2- HABITAT CONTINU (COLLECTIF)

On admet que l'habitat continu est composé de T2, T3 et T4.

Données INSEE (« Profils »)

		Typologie T1 ou T2 (avant 1915)				
Nombre de bâtiments (habitat collectif) d'avant 1915	Rés princ ds immeubles collectifs constr avt 1915	Nombre moyen de personnes par logement	Nombre de personnes dans bâti collectif d'avant 1915	%	cumul	
216	1019	2,14	2180,66	16%	53%	
		Typologie T2 (1915- 1948)				
Nombre de bâtiments (habitat collectif) de 1915 à 1948	Rés princ dans immeubles collectifs constr 1915-48	Nombre moyen de personnes par logement	Nombre de personnes dans bâti collectif de 1915 à 1948	%	Cumul	
362	1652	2,14	3535,28	40%	40%	

### a- bâtiments T2

Population des T2 (1862 – 1915) = Population (avant 1915) + Population (1915 – 1948) = 2181 + 3535

soit 5716 personnes vivant dans du T2

Pour le bâti : Nb bâti (avant 1915) + Nb bâti (1915 - 1948) = 216 + 362

Soit 578 bâtiments de type T2

Pour les résidences principales : Nb Res ples (avant 1915) + Nb Res ples (1915 – 1948)

Soit 2671 Résidences principales dans les T2

Résultats:

T2 578 bâtiments 5716 personnes

### b- bâtiments T3 et T4

Les calculs par îlots donnent une population totale de l'habitat continu de 7048 personnes.

```
Population T3/T4 = Population continu – population T2
= 7048 – 5716
= 1332 personnes vivant dans les T3 et T4
```

Un ratio de population T3/T4 a été calculé sur l'ensemble de la zone GE.RI.A. Il donne un rapport de 1/2,5. On admet que cette répartition est valable aussi bien à l'échelle de la zone GE.RI.A qu'à l'échelle d'une parcelle d'habitat continu.

```
Ainsi, Population T3 = Population (T3/T4) / 2.5 soit 533 personnes
Population T4 = Population (T3/T4) - Population T3 soit 799 personnes
```

On sait que le nombre moyen de personnes par résidence principale est de 2,14. On en déduit alors le nombre de résidences principales :

```
T3 Nb résidences principales = Population T3 / 2,14 soit 249 résidences principales T4 Nb résidences principales = Population T4 / 2,14 soit 373 résidences principales
```

Or, les données « Profils » donnent des rapports à la Trinité de :

123 bâti T3 pour 791 résidences principales et 161 bâti T4 pour 1814 résidences principales.

Données INSEE (« Profils »)

		Typologie T3 (1949 - 1968)					
Nombre de bâtiments (habitat collectif) de 1949 à 1968	Rés princ dans immeubles collectifs constr 1949-67	Nombre moyen de personnes par logement	Nombre de personnes dans bâti collectif de 1949 à 1968	%	cumul		
123	791	2,14	1692,74	11%	60%		
		Typologie T4 (après 1968)					
Nombre de bâtiments (habitat collectif) d'après 1968	Rés princ dans immeubles collectifs constr après 1968	Nombre moyen de personnes par logement	Nombre de personnes dans bâti collectif d'après 1968	%	cumul		
161	1814	2,14	3881,96	11%	72%		

En appliquant les mêmes rapports, on obtient :

Pour les T3 : (123\*249)/791 = 39 bâtiments T3 Pour les T4 : (161\*373)/1814 = 33 bâtiments T4

Résultats:

<b>T3</b>	39 bâtiments
	533 personnes

T4	33 bâtiments
	799 personnes

## 3- HABITAT DISCONTINU (COLLECTIF)

On admet que l'habitat collectif discontinu est composé de T3 et de T4.

Les calculs par îlots donnent une population totale pour l'habitat discontinu de 4340 personnes

On calcule alors les soldes de populations de T3 et T4 par rapport aux données de l'habitat continu (cf. données « Profils »):

Ainsi, population totale T3 = Population T3 continu + Population T3 discontinu = 1693 personnes

Donc Population T3 discontinu = 1693 – 533 soit 1160 personnes

Et Population T4 discontinu = Population totale discontinu — Population T3 discontinu Donc Population T4 discontinu = 4340 - 1160 soit 3180 personnes

Sachant qu'il y a à Beausoleil 2,14 personnes par résidence principale, on calcule le nombre de résidences principales de la façon suivante :

Nb Res ples T3 = Population T3 / 2,14 = 1160/2,14 soit 542 résidences principales

Nb Res ples T4 = Population T4 / 2,14 = 3180/2,14 soit 1486 résidences principales

Les données « Profils » donnent un total de bâtiments T3 et T4 de : 123 T3 et 161 T4

Or, les calculs pour l'habitat continu ont donné 39 T3 et 33 T4

Donc pour l'habitat discontinu, on aura :

$$123 - 39 = 84 \text{ T3}$$
 et  $161 - 33 = 128 \text{ T4}$ 

Résu	Itats	•
IXC3u	itats	

Т3	84 bâtiments
	1160 personnes

T4 128 bâtiments 3180 personnes

## 4- HABITAT INDIVIDUEL ET COMMERCE/ARTISANAT

La méthodologie précédente est valable pour le bâti collectif de type T1, T2, T3 et T4 selon la typologie établie pour le projet.

Elle peut s'appliquer plus simplement pour l'habitat individuel. Sachant que chaque bâtiment individuel correspond à une résidence principale, il y aurait à la Trinité 480/2,14 soit 224 maisons individuelles dans lesquelles vivraient 480 personnes.

## Tableaux récapitulatifs :

66

Commune	Vocation	Population_ Vocation	Superficie_km2	Densité	Type_Bâti	Population_ Bâti_T2	Population_ Bâti_T3	Population_ Bâti_T4	Population_ Bâti
Beausoleil	Continu	7048	0,31783	22175	T2,T3,T4	5716	533	799	7048
Beausoleil	Discontinu	4340	0,51740	8388	T3,T4		1160	3180	4340
Beausoleil	Individuel	480	0,37421	1283	PA,PN	480 personnes en maisons individuelles			

Commune	Vocation	Population_ Vocation	INombre Mou	Res Ples	Nombre_ Res_Ples _T3	Nombre_ Res_Ples _T4	Nb_Bâti_T2	Nb_Bâti_T3	Nb_Bâti_T4
Beausoleil	Continu	7048	2,14	2671	249	373	578	39	33
Beausoleil	Discontinu	4340	2,14		542	1486		84	128
Beausoleil	Individuel	480	2,14	224 résidences principales		224 maisons individuelles			

## 5- REPARTITION DU NOMBRE DE BATIMENTS PAR PARCELLE DE POS, DANS UN SECTEUR D'HABITAT HOMOGENE

Cette étape de calcul va permettre d'obtenir pour chacune des parcelles d'un secteur homogène de bâti (centre ancien, habitat continu...), un nombre de bâtiments de type T1, T2, T3, T4.

Pour ce calcul, il faut travailler par densité de bâtiments, afin d'affecter dans chacune des parcelles le nombre exact de bâtiments :

Commune	Vocation	Population_ Vocation	Nb_Bâti_T2	Nb_Bâti_T3	Nb_Bâti_T4	Densité_Bâti_ T2	Densité_Bâti_ T3	Densité_Bâti _T4
Beausoleil	Continu	7048	578	39	33	1819	123	104
Beausoleil	Discontinu	4340		84	128		162	247
Beausoleil	Individuel	480	224 maisons individuelles			599 maisons individuelles par km²		

On obtient ainsi un tableau général par commune indiquant le nombre de bâtiments par parcelles :

Zone	Code_ Zone	T1	T2	T3	T4	PAPN
continu	2	0	104	7	6	0
continu	2	0	20_	1	1	0
continu	2	0	10	1	1	0
continu	2	0	5	0	0	0
continu	2	0	29	2	2	0
continu	2	0	13	1	1	0
continu	2	0	9	1	0	0
continu	2	0	18	1	1	0
continu	2	0	0	0	0	0
continu	2 2 2	0	4	0	0	0
continu		0	24	2	1	0
continu	2	0	8	1	0	0
continu	2	0	320	22	18	0
continu	2	0	13	_ 1	1	0
discontinu '	3	0	0	2	2	0
discontinu	3	0	0	23	36	0
discontinu	3	0	0	19	29	0
discontinu	3	0	0	5	8	0
discontinu	3	0	0	24	37	0
discontinu	3	0	0	11	17	0
habitat individuel	4	0	0	0	0	14
habitat individuel	4	0	0	0	0	33

#### 6- AFFECTATION D'UNE POPULATION PAR BATIMENT

Un programme informatique nous a permis de répartir de façon aléatoire les bâtiments de différents types au sein des parcelles du PLU. Chaque bâtiment est alors représenté par un point.

La dernière étape consiste à affecter un nombre d'habitants par bâtiment et donc par points :

En reprenant les données de la base « Profils », la commune de Beausoleil compte :

#### Pour l'habitat continu:

578 bâtiments T2 abritant 5716 personnes	soit 9,89 personnes par T2
39 bâtiments T3 abritant 533 personnes	soit 13,67 personnes par T3
33 bâtiments T4 abritant 799 personnes	soit 24,21 personnes par T4

#### Pour l'habitat discontinu :

84 bâtiments T3 abritant 1160 personnes	soit 13,8 personnes par T3
128 bâtiments T4 abritant 3180 personnes	soit 24,84 personnes par T4

#### Pour l'habitat individuel:

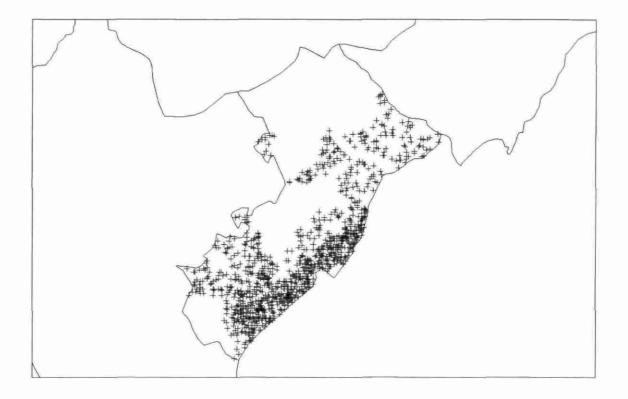
224 bâtiments PAPN abritant 480 person	nes soit 2,14 personnes par PAPN
--	----------------------------------

Cette population est donc répartie sur chaque bâtiment.

#### Tableau récapitulatif:

ID	X	Y	Code	Population
837	1010324,93750	1874336,87500	Т3	13,80
838	1010384,93750	1874306,87500	Т3	13,80
839	1009284,93750	1872576,87500	Т3	13,80
840	1010344,93750	1874076,87500	Т3	13,80
841	1009994,93750	1873616,87500	Т3	13,80
842	1010274,93750	1873696,87500	Т3	13,80
843	1009784,93750	1873426,87500	T3	13,80
844	1009894,93750	1873566,87500	Т3	13,80
845	1010464,93750	1874156,87500	Т3	13,80
846	1010754,93750	1874476,87500	T4	24,84
847	1009204,93750	1872976,87500	T4	24,84
848	1010164,93750	1873906,87500	T4	24,84
849	1010204,93750	1874406,87500	T4	24,84
850	1010154,93750	1874126,87500	T4	24,84
851	1010084,93750	1873726,87500	T4	24,84
852	1010274,93750	1873766,87500	T4	24,84

Extrait de la table de répartition de la population par type de bâti sur la commune de Beausoleil



Répartition du bâti dans la commune de Beausoleil

Eléments exposés – Traitement des données Projet GE.RI.A. – Phase 3

# Annexe 5 : Hypothèses et choix arbitraires pour l'évaluation des éléments exposés

	Hypothèses et choix arbitraires		Evaluation de l'incertitude			
			Géographie	Vulnérabilité		
1	Les secteurs homogènes de bâti ont été individualisés sur le terrain selon la méthode utilisée dans le projet Gemitis Nice.		x	x		
2	Les typologies de bâtiments ont été réparties de façon statistique à partir d'un pourcentage établi par secteur homogène sur le terrain, et à partir d'une corrélation entre le nombre d'étages du bâtiment et la typologie.			x		
3	La répartition de la population par bâtiment a été réalisée par l'IGN en fonction de différentes caractéristiques telles que le nombre d'étage, la superficie du bâtiment, la longueur des façades	x				

	Hypothèses et choix arbitraires		Evaluation de l'incertitude			
	Hypoineses et choix arburaires	Population	Géographie	Vulnérabilité		
1	Les populations de résidents ont été réparties de la façon suivante :  - le jour, 50 % des résidents sont dehors, dont 20 % dans les zones de chalandise et 80 % dans la rue, et 50 % sont chez eux ;  - la nuit, 100 % des résidents sont chez eux	x				
2	Les populations de touristes ont été réparties de la façon suivante :  - le jour, 1/10 sont dans les hôtels et 9/10 dans les zones de chalandise et dans la rue - la nuit, 100 % des touristes sont dans les hôtels  Sur l'ensemble de la zone GE.RI.A, les touristes ont été répartis sur les communes du littoral.  Pour l'étude des communes de Menton et Roquebrune-Cap-Martin, ils ont été répartis sur les quartiers touristiques du bord de mer.	x	x			

	Hypothèses et choix arbitraires		tion de l'incer	titude
	Hypomeses et choix arbitraires	Population	Géographie	Vulnérabilité
1	Les populations considérées correspondent aux populations vivant dans les résidences principales. La méthodologie ne prend pas en compte les logements secondaires, vacants et occasionnels	х		
2	Les données INSEE de la base "Profils" montrent une incertitude dans les résultats des calculs de population par résidences principales <sup>8</sup>	х		
3	4 vocations principales ont été retenues parmi les vocations proposées dans le POS: centre ancien, habitat continu, habitat discontinu et habitat individuel. Les autres vocations (naturelle, carrière, agricole, loisirs) ne présentant pas de densité de population significative.		x	
4	La typologie du bâti telle qu'elle a été définie dans le projet GE.RI.A a été calée par rapport aux données INSEE de la façon suivante : bâtiment T1 date d'achèvement de la construction avant 1915 bâtiment T2 une partie avant 1915 (1862 - 1915) et l'autre partie entre 1915 et 1948 bâtiment T3 date d'achèvement de la construction entre 1949 et 1968 bâtiment T4 date d'achèvement de la construction après 1968			х
5	La corrélation entre les zones du POS et les typologies de bâti retenues pour le projet GE.RI.A a été établie de façon arbitraire de la façon suivante : centre ancien T1 habitat continu T2, T3, T4 habitat discontinu T3, T4 habitat individuel PA, PN		x	
6	Les communes de Cantaron et de l'Escarène ne possédant pas de POS, les parcelles ont été définies à l'aide des orthophotos plans au 1/15 000		х	
7	En ce qui concerne les population par îlots utilisées pour répartir une population par parcelle, les calculs ont été faits sur des prorata de densités de population dans les zones de centre ancien, d'habitat continu et discontinu. Pour les zones d'habitat individuel, la totalité de la population de l'îlot a été affecté à la parcelle si la zone restante était inhabitée.	х		
8	La proportion de bâtiments T3 par rapport aux bâtiments T4 a été admise comme étant de 1 / 2,5 pour les zones d'habitat continu, aussi bien sur l'ensemble de la zone GE.RI.A qu'à l'échelle d'une parcelle du POS.		x	
9	Pour l'ensemble des communes sans habitat continu (22 communes), on a admis que la totalité des bâtiments construits avant 1915 appartenait à la typologie T1. Les bâtiments T2 ont donc été déclassés et assimilés à des T1.			х
10	Pour les 6 communes non îlotées et possédant un centre ancien, un habitat continu, un habitat discontinu et un habitat individuel, les calculs de répartition de bâti ont été définis sur la base d'une densité moyenne de bâti par typologie de bâti.		х	

<sup>8</sup> Une incertitude a été relevée dans les données de l'INSEE. L'explication est donnée en annexe

# Annexe 6 : Incertitudes relevées dans les données INSEE

Les données INSEE contenues dans la base de donnée « Profils » montrent des incertitudes basées sur la population.

Prenons l'exemple de la commune de Villefranche-sur-mer :

Code_ INSEE	Nom de la commune	Population sdc 1999	racidances	Population des	Nombre moyen de personnes par logement	Calul nb personnes dans résidences principales (3194*2,06)
06159	Villefranche-sur- Mer	6833	3194	6564	2,06	6579,64

Rés princ type maison individuelle ou ferme	Calcul nb personnes dans résidences principales dans bâti individuel (938*2,06)	Rés princ dans un immeuble collectif	Calcul nb personnes dans résidences principales dans bâti collectif (2143*2,06)	Calcul nb total personnes dans résidences principales dans bâti collectif et individuel (1932,28+4414,58)
938	1932,28	2143	4414,58	6346,86

6833 ≠ 6564 : Population de la commune différente de la population dans les résidences principales car on ne considère par les logements secondaires, vacants et occasionnels

6564 ≠ 6579,64 : la population des résidences principales est différente de celle calculée à partir du nombre moyen de personnes par résidence principale

6564 ≠ 6346,86 : la population des résidences principales est différente de celle calculée à partir du nombre moyen de personnes par résidence principale (bâti collectif + bâti individuel)

Eléments exposés – Traitement des données Projet GE.RI.A. – Phase 3

# Annexe 7 : Etude sommaire de vulnérabilité de quelques bâtiments : hôpital de Sospel et usine de Villefranche-sur-mer

### 1- Hôpital de Sospel

L'hôpital est constitué de trois corps de bâtiments de 3 niveaux sur RDC, constituant globalement une forme de U, dont chaque élément est séparé de l'autre par un joint de construction dont la largeur varie selon l'époque de sa construction. Le bâtiment est installé sur un terrain rendu plat, à l'aide d'un mur de soutènement à l'arrière du bâtiment.

Le premier bâtiment a été construit en 1958. La structure est composée d'un système poteau/poutre avec remplissage en maçonnerie. Les planchers sont constitués de poutrelles et de hourdis.

La première extension, réalisée en 1982, est constituée d'un système de voiles en béton dans les deux directions et de dalles en béton. Le joint séparant l'extension du bâtiment de 1958 a une épaisseur de 2 cm.

La seconde extension, réalisée en 1992 est constituée également d'un système porteur en voiles en béton armé dans les deux directions et de dalles en béton. Les fondations sont constituées d'un radier et de semelles filantes. Le joint séparant cette extension du bâtiment de 1958 est de 4 cm et est vide de tout matériau.

La hauteur sous dalle est de 348 cm. Les cloisons sont réalisées en maçonnerie et en carreaux de plâtre de 7cm dans le bâtiment de 1958 et en carreaux de plâtre de 10 cm dans les bâtiments de 1982 et 1992.

Les faux plafonds ne sont pas fixés sur les murs afin de limiter les pertes d'appuis. Le mobilier et les équipements ne sont pas fixés aux murs de façon à éviter leur chute.

En conclusion, une analyse rapide permet de dire que la partie de 1958 est la plus vulnérable à cause de sa forme générale, de sa structure relativement souple et de sa hauteur d'étage importante. Sous l'action sismique, la présence du joint de 2 cm avec l'extension de 1982 est insuffisant pour la préserver des chocs et peut générer des dommages.

Les deux extensions ont une structure très rigide et une forme régulière qui les rendent moins vulnérables.

#### PARAMETRES D'EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES BATIMENTS AUX SEISMES

#### ANALYSE DU BATIMENT : HOPITAL DE SOSPEL

Le bâtiment est composé d'un bâtiment principal R+3 sur un sous-sol réalisé en 1958

composé de :

Sous-sol partiel: buanderie, chaufferie

Rez-de-chaussée: administration + pharmacie

Etages: chambres sur R+2 et R+3

Une première extension R+3 a été réalisée en 1982 et composée de :

Sous sol partiel: vestiaire

Rez-de-chaussée: médico-technique (ophtalmo -dentiste)

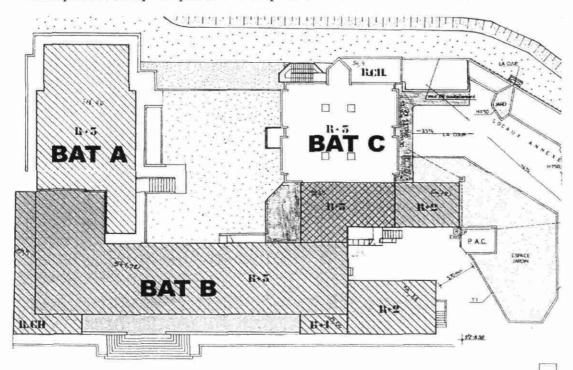
Etages: chambres

Une seconde extension R+3 a été réalisée en 1992

Rez-de-chaussée: cuisine

Etages: chambres

Cet hôpital ne comporte pas de blocs opératoires mais seulement des salles de soins.





# Données générales

<b>&gt; &gt; &gt;</b>	Evaluation faite par : Claude TARTAR architecte DPLG En présence de : M. CALVI Destination, nom : Hôpital Saint Eloi Adresse : Place saint François - SOSPEL Propriétaire : Etat
<b>&gt;</b>	Ouvrage à risque :
	- spécial
<b>&gt;</b>	Construction soumise à règles PS:ouinonne sait pas
<b>&gt;</b>	Année ou époque de construction : B (1958), A (1982), C(1992)
<b>&gt;</b>	Année de réhabilitation : 1982
<b>&gt;</b>	Bureau d'études :oui
<b>&gt;</b>	Contrôle technique :oui
<b>&gt;</b>	Rapport de sol: ouinonne sait pas
<b>&gt;</b>	Documents consultés : DCE du bâtiment de 1982, DCE du bâtiment de 1992
<b>&gt;</b>	Documents joints:
<b>&gt;</b>	Nombre de logements : 0
<b>&gt;</b>	Nombre de commerces : 0
<b>&gt;</b>	Nombre d'occupants permanents : 130 lits +50 à 60 pers.
<b>&gt;</b>	Occupation maximum: environ 190 pers.
<b>&gt;</b>	Surface au sol: 1500 m2
<b>&gt;</b>	Longueur du bâtiment : $A = 20 \text{ m}$
<b>&gt;</b>	Profondeur du bâtiment : $A = 14 \text{ m}$
<b>&gt;</b>	Hauteur du bâtiment : $A = 17 \text{ m}$ $B = 16 \text{ m}$ $C = 17 \text{ m}$
<b>&gt;</b>	Nombre de niveaux · A · R+3

<b></b>	Elancement H/l:		A	B	C			
	faible: H/l < 1		<u> </u>					
	moyen: $H/l 1 \stackrel{.}{a} 2$ important: $H/l > 2$			⊔ □				
	-			-i\ .				
	Type de construction	, •		паux): В			С	
	- fondations (type) filantes	_	A es filantes	_		Radier+	_	lles
		A : voiles bétor	า	B : voiles béto	n	(	C: voi	les
	béton - rez-de-chaussée : béton	A : voiles bétor	n B	: portiques bé	ton	(	C: voi	les
	- étages :	A: voiles bétor	n B	: portiques bé	ton	C	: voi	les
	béton - toitures, comble	es:						
	A: toiture terra		B:toituret	errasse BA	<b>C</b> :	toiture	terra	sse
BA	- escaliers :	A : Béton	B:	Béton		C : mé	tallio	ues
	extérieurs						•	
	- édicules : A : oui	(ascenseur)	B:0	ui (ascenseur)			C:	
	- autres :				Tou	elle cu	isine	+
	VMC							
<b>&gt;</b>	Exigences de comp	oortement :						
	•	occupants seule	ment					
	- intégrité	•						
	- fonctionnalité							
	Importance du bâtin portant pour délivre coupée.	_			route	vers Me	nton	est
	coupec.							
LE	SITE							
<b>&gt;</b>	Type:	•						
	- plaine							
	<ul><li>vallon</li><li>versant</li></ul>	☐ pied de vers	ant					
	- plateau	pica de veis	ant					
	- crête							
	- sommet	L						

<b>&gt;</b>	- autre, préciser : Pente générale :			
	- nulle - modérée - forte	car terrain décaissé au no	rd	
		nrface : gypse – φ=25° cohésionaires de forte épaisseur		
In	ıplantation sur l	e site		
<b>&gt;</b>	Proximité d'une bri	isure de pente	<u>oui</u> non	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Proximité de falais	e :		
	<ul> <li>non</li> <li>falaise dominante</li> <li>falaise dominée</li> <li>distance :</li> <li>hauteur :</li> </ul>		·	
<b>&gt;</b>	Présence de soutèn	ement en amont	<u>oui</u> non	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Proximité:			
	<ul><li>bord de mer</li><li>retenue d'eau</li><li>cours d'eau</li><li>distance :</li></ul>			
<b>&gt;</b>	Autre situation prés	sentant des risques :		
Pr	ésence de constr	ructions mitoyennes		
<b>&gt;</b>		uction:		8, C:1992
		aration "sans épaisseur" n rempli de polystyrène	□	C : 4cm
<b>&gt;</b>	Construction mitoy	/enne :	•	
	<ul><li>plus haute</li><li>plus basse</li></ul>			

<b>&gt;</b>	- de même hauteur Niveaux des planc correspondant à ce	hers des c		•	_	on	ne sait pas
	Distance des bâtim - d ≤ H - d > H Autres cas:	nents procl	hes:				
Ca	aractéristiques g	géométri	ques				
<u>Fo</u>	rme en plan						
<b>&gt;</b>	Rectangulaire : - élancement L/l > - élancement L/l ≤	_		A		🗆	
<b>&gt;</b>	Symétrie : - selon un seul axe - selon deux axes	;		A		🗆	
<b>&gt;</b>	Irrégulière : - compacte - à ailes - autre, préciser :			A			,
<b>&gt;</b>	Parties saillantes	1 > L/4 1 ≤ L/4					
<b>&gt;</b>	Parties en retrait	l > L/4 l ≤ L/4					
▶.	Autres cas : joint en	baïonnett	e entre	les bâtiments A	A et B		
<u>Fo</u>	rme en élévation						
<b>&gt;</b>	Régulièresi "non", préciser :		•••••••		<u>oui</u> n	on	
<b>&gt;</b>	Retrait(s) non prog - sur une façade - sur deux façades - sur deux façades	contiguës		ur le bâtiment l		on	

	<ul><li>sur trois façades</li><li>sur quatre façades</li><li>autre cas :</li></ul>							
<b>&gt;</b>	Retrait progressif	•••••	••••••	•••••	oui	<u>non</u>		
<b>&gt;</b>	Saillie non progressive .  - sur une façade  - sur deux façades contig  - sur deux façades oppos  - sur trois façades  - sur quatre façades  - sur toutes les façades	guës ées			oui	<u>non</u>		
<b>&gt;</b>	Saillie progressive	•••••	•••••	••••••	oui	<u>non</u>		
<b>&gt;</b>	Présence de niveaux "ou	verts" :						
	<ul><li>non</li><li>oui, avec refends</li><li>oui, sans refends</li></ul>							
<b>&gt;</b>	Niveaux de hauteur diffé	rente d	e l'étage co	ourant				
	- non - de 0-20 % - de 20-40 % - > 40 %							
<b>&gt;</b>	Présence d'édicules en to	iture :						
	<ul><li>non</li><li>1 niveau</li><li>plus d'un niveau</li></ul>	□ Bâ □	timents A	et B				
	autres:							
<u>au</u> 1	res caractéristiques géom	etriqu <u>e</u>	<u>s</u>					
<b>&gt;</b>	Porte-à-faux, 1 > 2 m	<b>*****</b>	•••••	••••••	oui	<u>non</u>		
<b>&gt;</b>	Angles affaiblis	•••••	•••••	•••••	oui	<u>non</u>	ne	sait pas
<b>&gt;</b>	Ouvertures dans les murs	s:						
	- largeur totale < 25 % d - de 25 à 50 % - > 50 %	u mur						

	Autres : aractéristiques massiques			
<b>&gt;</b>	Présence d'un plancher plus lou	rd que le p	olancher co	ourant
		***********	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	.ouine sait pas
<b>&gt;</b>	Différence de masse entre deux	c niveaux :	non	
	- < 25 % - 25-50 % - > 50 %	_ _ _		
<b>&gt;</b>	Présence d'une salle à forte cap personnes			.ouine sait pas
<b>&gt;</b>				. <u>oui</u> nonne sait pas n 10 m3 à proximité de la gaine
	Présence d'une toiture lourde Autres : Toiture terrasse avec é			ouine sait pas ée.
St	ructure			
sys	tème porteur vertical			
	Etat de conservation : - médiocre - normal - bon	<u> </u>	B	. 🗆
<b>&gt;</b>	Structure isostatique	.A:non	B : oui	C ; non
<b>&gt;</b>	Système "flexible" sur couche	de glissem	ent : non	
<b>&gt;</b>	Vide sanitaire existant :	.A	. B	С
	- avec murs - sans murs	<u> </u>		
<b>&gt;</b>	Joints de construction (de mont	tage) exist	ants	ouine sait pas
<b>&gt;</b>	Joints de dilatation ou de tasser - si "oui", largeur : entre A e			. <u>oui</u> nonne sait pas . entre B et C : 4cm

<b>&gt;</b>	Report de charge existant
<b>&gt;</b>	Discontinuités de résistance
<b>&gt;</b>	Discontinuités de rigidité
<b>&gt;</b>	Escaliers en consoleouioui
<b>&gt;</b>	Charpente exerçant des poussées aux appuisouiouine sait pas
<b>&gt;</b>	Autres:
<u>Co</u>	ontreventement .
Di	aphragmes
<b>&gt;</b>	Type de planchers : A
<b>&gt;</b>	Plancher formant diaphragmenonne sait pas
<b>&gt;</b>	Toiture contreventée, formant diaphragmenonne sait pas
<b>&gt;</b>	Planchers comportant des trémies de grandes dimensions
	- si "oui" : ≤ 25 % de L
<b>&gt;</b>	Grande trémie attenante à une palée de stabilitéouinonne sait pas - si "oui", préciser :
<b>&gt;</b>	Autres:
Co	ontreventement: AB
Lo	ngitudinal : <u>oui</u> <u>oui</u>

Pa	Transversal : lées de stabilité	<u>ot</u>	<u>ıioui o</u>	<u>ui</u>
<b>&gt;</b>	Nature des palées :	AE Voile béton maço	3C nnerievoile be	éton
<b>&gt;</b>	Palées de nature différent	te sur un même niveau	oui <b>non</b>	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Absence de palée dans ur non autostable	ne direction	oui <b>non</b>	ne sait pas
	<ul><li>palées non superposées</li></ul>			
	La stabilité horizontale no sait pas -si "oui", préciser :	e dépend que d'un seul éle	émentoui	<u>non</u>
<b>&gt;</b>	Largeur des palées :			rsal
Ela	ancement des palées :			
<b>&gt;</b>	Largeur totale des palées	dans une file	A B	С
	- < 30 % - 30 - 50 % - > 50 %			
<b>&gt;</b>	Encadrement des baies			C <u>s</u> <u>oui</u>
<b>&gt;</b>	Eléments précontraints da	ans les palées	oui <u>non</u>	ne sait pas
<b>&gt;</b>	-	s une même file plus de 30 %	oui <u>non</u>	ne sait pas
	- si "oui", préciser :	1		
	Centre de rigidité distant - peu	Bât A & C		
	- assez	Bât B		
	- beaucoup - ne sait pas □			
<b>&gt;</b>	Centres de rigidités des n	iveaux sur une même ver	ticale	

	oui non ne sait pas
<b>&gt;</b>	Centres de gravités des niveaux sur une même verticale
<b>&gt;</b>	Rigidité variant de plus de 30 % entre 2 niveauxouinonne sait pas - si "oui", préciser :
<b>&gt;</b>	Fissures dans les paléesnon - si "oui", préciser : fissures superficielles dans les façades du bâtiment C
<b>&gt;</b>	Autres:
Fo	nctionnement
<b>&gt;</b>	Continuité du transfert des charges horizontales
<b>&gt;</b>	Planchers plus rigides que les palées de stabilitéoui
<u>Lia</u>	<u>iisons</u>
<b>&gt;</b>	Chaînages horizontaux :  - non □  - en béton armé ⊠  - tirants acier □  - autres :
<b>&gt;</b>	Chaînages verticauxnonne sait pas
<b>•</b>	<ul> <li>Ancrage des planchers dans les chaînagesouinonne sait pas</li> <li>si "oui", préciser : Bâtiments A et C : les dalles sont liées aux chaînages des voiles</li> <li>Bâtiment B : ne sait pas</li> </ul>
<b>&gt;</b>	Ancrage des éléments de toiture au gros oeuvreouinon - dans les deux cas, préciser :
<b></b>	Etat de conservation des liaisons :

	<ul><li>mauvais</li><li>normal</li><li>excellent</li></ul>			
<b>&gt;</b>	Liaison murs de remp	lissage/ossature béton :		
	<ul><li>mortier</li><li>liaison mécanique</li></ul>	□ - ne sait pas ⊠		
<u>Ou</u>	vrages en maçonnerie			
<b>&gt;</b>	Murs courbes	oui <u>non</u> ne sait pas		
<b>&gt;</b>	Fissures:			
	<ul><li>aucune</li><li>microfissures</li><li>importantes</li><li>si "importantes", pré</li></ul>	□ ⊠ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □		
<b>&gt;</b>	Murs lourds superpos	ésnonne sait pas		
	- si "non", préciser :	, ·		
<b>&gt;</b>	Voûtes en maçonnerie			
<b>&gt;</b>	Coupoles	ouine sait pas		
<b>&gt;</b>	Escaliers en maçonne	riene sait pas		
<b></b>	Piliers de maçonnerie	ouine sait pas		
	- si "oui", préciser :			
<b>&gt;</b>	Joints de maçonnerie	résistant au grattage <u>oui</u> nonne sait pas		
<b>&gt;</b>	Percements important des panneaux	s près des diagonales nonne sait pas		
<b>&gt;</b>	Murs porteurs d'épais	seur brute :		
	< 15 cm 15 à 19 cm ≥ 20 cm			
<b>&gt;</b>	Hauteur libre des mur	s:		
	≤ 280 cm > 280 cm			

	Elancement des	murs:				
	- H/e ≤ 14 - H/e > 14					
<b>&gt;</b>	Murs doubles	•••••	•••••	oui	<u>non</u>	
		és 1 reliés sait pas				
<b>&gt;</b>	Murs de pareme	ent	•••••	oui	<u>non</u>	
		c attaches s attaches sait pas	_ _ _			
<b>&gt;</b>	Cloisons de long sans raidisseurs	-		<u>oui</u>	non	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Consoles verticales (acrotères, parapets, etc.) sans chaînage					
<b>&gt;</b>	Autres:					
<u>ou</u>	vrages en béton o	u béton armé				
<b>&gt;</b>	Voiles superpos	és		oui	non	ne sait nas
	- si "non", précis			<u> </u>		pus
<b>&gt;</b>	Voiles couplés p	oar linteaux		oui	<u>non</u>	
		aux fragiles aux ductiles it pas	_ _ _			
<b>&gt;</b>	Fissures dans él	éments porteurs	3	<u>oui</u>	non	
	- si "oui" : micro fissu: - préciser : fissu	res importantes				
<b>&gt;</b>	Percements imp	ortants près des	s diagonales de	S		
	panneaux		•	<u>oui</u>		ne sait pas
	- si "oui" nréa	ciser : fenêtres (	en tacade des h	ätiments 🛆 🗞 (	7 *	

<b>&gt;</b>	Percements, réservations - si "oui", préciser :	dans les poteaux.	oui	<u>non</u>	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Percements, réservations - si "oui", préciser :	dans les poutres	oui	<u>non</u>	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Poteaux plus forts que les - si "non", préciser :	s poutres	<u>oui</u>	non	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Poteaux courts		oui	<u>non</u>	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Poteaux faiblement fretté	s	oui	non	<u>ne sait pas</u>
<b>&gt;</b>	Poteaux frettés avec des s	spires	oui	non	<u>ne sait pas</u>
<b>&gt;</b>	Barres de poutres relevée les efforts de cisaillemen		oui	non	<u>ne sait pas</u>
<b>&gt;</b>	Axes poteaux/poutres no	n concourants :	oui	<u>non</u>	ne sait pas
	- décrire et préciser :				
<b>&gt;</b>	Autres:				
<u>ou</u>	vrages en acier				
<b>&gt;</b>	Ossature:				
	<ul><li>boulonnée</li><li>soudée</li><li>mixte</li><li>ne sait pas</li></ul>	_ _ _ _			
<b>&gt;</b>	Présence de contreventer	nent en K	oui	non	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Poutres assemblées sur l'apoteaux	_	oui	non	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Corrosion:				
	<ul><li>non</li><li>faible</li><li>inquiétante</li></ul>	_ _ _			

	- ne sait pas		
<b>&gt;</b>	Panneaux de remplissage	e solidaires de ouinon	ne sait pas
	<ul><li>si "oui", préciser : vo</li><li>ne sait pas pour le bâ</li></ul>	oiles en béton pour les bâtiments A et C atiment B	
<b>&gt;</b>	Absence de raidisseurs de noeuds rigides	l'âme dans des ouinon	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Présence de soudures dis si "oui", où:	scontinuesouinon	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Autres:		
El	éments non structurau	x	
<b>&gt;</b>	Façades légères sur ossa	ture "flexible":	
	<ul><li>non</li><li>solidaires</li><li>désolidarisées</li><li>ne sait pas</li></ul>		
<b>&gt;</b>	Façades lourdes sur ossa	ture "flexible":	
	<ul><li>non</li><li>solidaires</li><li>désolidarisées</li><li>ne sait pas</li></ul>		
<b>&gt;</b>	Balustrades en pierre si "oui", préciser :	oui <u>non</u>	
<b>&gt;</b>	Claustras lourds	oui <u>non</u>	
<b>&gt;</b>		oui (C)non (A & B)  drements préfabriqués autour des fenêtres.	<b>)</b> ne sait pas
<b>&gt;</b>	Jardinières en béton - si "oui", préciser :	oui <u>non</u>	
<b>&gt;</b>	Conduits de fumée ou de	e ventilation :	

	- non - $h/b \le 2$ - $h/b > 2$				
<b>&gt;</b>	Cloisons en carreaux de p - si "oui", préciser : épai cm d'épaisseur dans les b	sseur 7 cm sur un			-
<b>&gt;</b>	Plafonds	k plafond en fibre	e minérale sur oss	ature non contre	<del>-</del>
<b>&gt;</b>	Planchers techniques		oui	<u>non</u>	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Couverture : - tuiles - plaques ondulées - autres : toiture terrasse				
<b>&gt;</b>	Autres éléments :				
Ε¢	quipement et réseaux				
<b>&gt;</b>	Appareils suspendus si "oui", préciser : télév soins, appareillage de rad	riseurs dans les ch			-
<b>&gt;</b>	Armoires hautes non atta	chées	oui	<u>non</u> 1	ne sait pas
	- si "oui", préciser :			·	
<b>&gt;</b>	Tuyauterie de gaz scellée	au passage des m	ursoui	<u>non</u>	ne sait pas
	- si "oui", préciser :				
<b>&gt;</b>	Lyres sur tuyauterie si "oui", préciser :		oui	<u>non</u>	ne sait pas
<b>&gt;</b>	Raccordement d'appareils - si "oui", préciser :	s sans lyres souple	esoui	<u>non</u>	ne sait pas

<b></b>	Luminaires fixés sur pla	fond légerne sait pas
	<ul> <li>si "oui", préciser</li> <li>l'ossature du faux pla</li> </ul>	: luminaires encastrés 60 x 60 cm posés directement sur afond.
<b>&gt;</b>	Suspensions:	
	<ul><li>non</li><li>légères</li><li>lourdes</li><li>ne sait pas</li></ul>	☐ ☑ (télévisions = 30 Kg) ☑ (radio = 300 kg, éclairage = 100 Kg)) ☐
<b>&gt;</b>	Equipements essentiels:	groupe électrogène, oxygène
	- vulnérables	<b></b>
	préciser : - non vulnérables	$\mathbf{x}$
	- ne sait pas	
<b>&gt;</b>	Autres:	
Po	ssibilité d'évacuation	n et de secours
<b>&gt;</b>	Escaliers ou coursives po de débris (briques, verre, ornements, luminaires) . - si "oui", préciser :	
	Nombre d'issues :	
	- 1	- 2 ≥ pour chaque bâtiment > 2
<b>&gt;</b>	Autonomie énergétique	nonne sait pas
	- si "oui", préciser : grou	pe électrogène
<b>&gt;</b>	Moyens de communicati	on autonomesne sait pas
	- si "oui", préciser : lig	ne directe en secours

#### **CONCLUSION**

L'hôpital est constitué de 3 corps de bâtiments qui ont été réalisés à 3 époques différentes (1958, 1982, 1992).

Les comportements sous charges sismiques de ces corps de bâtiment vont être différents car leur rigidité est très différente aussi bien à cause de leur structure que de leur forme. Malgré des joints existants (2 cm entre les bâtiments A et B, 4 cm entre les bâtiments B et C) ceux ci seront peu efficaces car entre les bâtiments A et B ces joints sont en forme de baïonnette et favoriseront les chocs.

Le bâtiment C est le moins vulnérable des trois.

La flexibilité de la structure du bâtiment B (structure en portique) et les hauteurs entre les planchers (348 cm) est un facteur de vulnérabilité pour les cloisons de distribution constituées de carreaux de plâtre de 7 cm d'épaisseur.

Les porteurs des faux plafonds ne sont pas fixés latéralement et il n'y a pas de dispositif permettant de limiter les pertes d'appui.

D'autre part, les armoires contenant les produits pharmaceutiques dans les salles de soins ne sont pas fixées et les postes de télévision dans les chambres reposent sur des supports muraux sans fixation complémentaire.

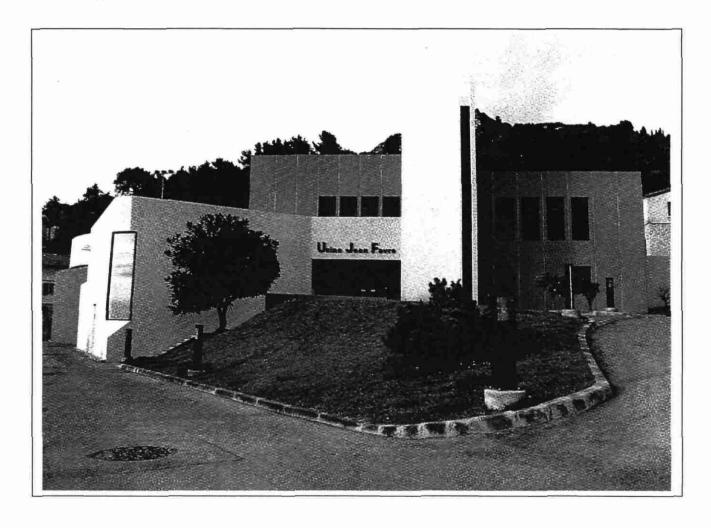
Aux dommages structuraux on peut s'attendre à des dommages au niveau du cloisonnement et des équipements.

## 2- Usine des eaux de Villefranche

#### PARAMETRES D'EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES BATIMENTS AUX SEISMES

#### ANALYSE DU BATIMENT : USINE DES EAUX DU COL DE VILLEFRANCHE

Le bâtiment, implanté sur un terrain en pente, est composé d'un bâtiment principal de forme irrégulière avec 2 niveaux décalés et adossé aux bassins de traitement de l'eau.



## Données générales

<b>* * *</b>	Evaluation faite par : Claude TARTAR architecte DPLG En présence de : M. CECCATO (04 93 76 52 88) Destination, nom : Usine de traitement du col de Villefranche Adresse : Chemin du Vinaigrier NICE Propriétaire : Syndicat intercommunal des eaux des corniches et du littoral			
<b>&gt;</b>	Ouvrage à risque :			
	- spécial - normal		Classe : D	
<b>&gt;</b>	Construction soumi	ise à règles PS	:nonne sait pas	
<b>&gt;</b>	Année ou époque d	e construction	: 1988	
<b>&gt;</b>	Année de réhabilita	ition:		
<b>&gt;</b>	Bureau d'études :		oui	
<b>&gt;</b>	Contrôle technique	:	oui	
<b>&gt;</b>	Rapport de sol:		ne sait pas	
<b>&gt;</b>	Documents consultés : Plans béton			
<b>&gt;</b>	Documents joints:			
<b>&gt;</b>	Nombre de logements : 0			
<b>&gt;</b>	Nombre de commerces : 0			
<b>&gt;</b>	Nombre d'occupants permanents : 4 pers.			
<b>&gt;</b>	Occupation maximum: 8 pers.			
<b>&gt;</b>	Surface au sol: 180 m2			
<b>&gt;</b>	Longueur du bâtiment : 16,5 m			
<b>&gt;</b>	Profondeur du bâtiment : 9 m			
<b>&gt;</b>	Hauteur du bâtimer	nt:6 m		

► N	Nombre de niveaux : 2 niveaux décalés	
► E	Elancement H/I:	
m	faible: $H/l < 1$ moyen: $H/l 1 \stackrel{?}{a} 2$ important: $H/l > 2$	
	Type de construction (système porteur et matériaux	<b>:</b> ):
-	- fondations (type): semelles isolées	
- ;	- sous-sol : voiles en béton	
-	- rez-de-chaussée : voiles en béton	
-	- étages : voiles en béton	
-	- toitures, combles : dalle en béton armé	
-	- escaliers : béton armé	
-	- édicules : escalier d'accès à la terrasse	
- ;	- autres :	
► E	Exigences de comportement :	
-	- sauvegarde des occupants seulement	
-	- intégrité □ - fonctionnalité □	
Alir	Importance du bâtiment dans la gestion de la crise : Alimentation en eaux potable de Nice est, Beaulieu, Beausoleil, Cao d'A	

Turbie, Villefranche sur Mer.

<u>LF</u>	ESITE	
	Type: - plaine - vallon - versant - plateau - crête - sommet - autre, préciser:	
<b>&gt;</b>	Pente générale : - nulle - modérée - forte	
<b>&gt;</b>		e site
<b>&gt;</b>	Proximité d'une bri	sure de penteouine sait pas
•	Proximité de falais  - non  - falaise dominante  - falaise dominée  - distance :  - hauteur :	
<b>&gt;</b>	Présence de soutèn	ement en amontnonne sait pas
	Proximité: - bord de mer - retenue d'eau - cours d'eau - distance: mitoye	
	Autre situation pré	sentant des risques :

# Présence de constructions mitoyennes

<b>&gt;</b>	Mitoyeninstallations techniques) - époque de construction					(bassins	et
	<ul> <li>sans joint de séparation</li> <li>avec joint de séparation</li> <li>avec joint de 2 cm rem</li> <li>autre cas, préciser :</li> </ul>	n "sans épa				<b>C</b> : 40	m
<b>&gt;</b>	Construction mitoyenne	:					
	<ul><li>plus haute</li><li>plus basse</li><li>de même hauteur</li></ul>						
	(bassins) correspondant à ceux de		_		des construction	•	
<b>&gt;</b>	Distance des bâtiments j	proches:					
<b>&gt;</b>	- d ≤ H □ - d > H ## Autres cas:			•			
Ca	aractéristiques géom	étriques					
<u>Fo</u>	rme en plan						
<b>&gt;</b>	Rectangulaire: - élancement L/l > 3 - élancement L/l ≤ 3		<u> </u>				
<b>&gt;</b>	Symétrie :						
	- selon un seul axe - selon deux axes						
<b>&gt;</b>	Irrégulière :						
	<ul><li>compacte</li><li>à ailes</li><li>autre, préciser :</li></ul>						
<b>&gt;</b>	Parties saillantes $1 > I$ $1 \le I$						

<b>&gt;</b>	Parties en retrait $l > L/4$ $1 \le L/4$	
▶/	Autres cas :	
Fo	rme en élévation	•
<b>&gt;</b>	Régulièresi "non", préciser : les niveaux	ouinon x se superposent que partiellement
<b></b>	Retrait(s) non progressif(s)	<u>oui</u> non
	<ul> <li>sur une façade</li> <li>sur deux façades contiguës</li> <li>sur deux façades opposées</li> <li>sur trois façades</li> <li>sur quatre façades</li> <li>autre cas : 2 volumes irrégul</li> </ul>	□ □ □ □ □ □ iers imbriqués
<b>&gt;</b>	Retrait progressif	oui <u>non</u>
<b>&gt;</b>	Saillie non progressive	oui <u>non</u>
	<ul> <li>sur une façade</li> <li>sur deux façades contiguës</li> <li>sur deux façades opposées</li> <li>sur trois façades</li> <li>sur quatre façades</li> <li>sur toutes les façades</li> </ul>	
<b>&gt;</b>	Saillie progressive	oui <u>non</u>
<b>&gt;</b>	Présence de niveaux "ouverts'	<b>":</b>
	- non - oui, avec refends - oui, sans refends □	
<b>&gt;</b>	Niveaux de hauteur différente	de l'étage courant
	- non - de 0-20 % □ - de 20-40 % □ - > 40 % □	
<b>&gt;</b>	Présence d'édicules en toiture	:
	- non □ - 1 niveau □	

	- plus d'un niveau □
	autres : arrivée de l'escalier couvert en toiture
aut	tres caractéristiques géometriques
<b>&gt;</b>	Porte-à-faux, 1 > 2 mouinon
<b>•</b>	Angles affaiblis
<b>&gt;</b>	Ouvertures dans les murs :
	- largeur totale < 25 % du mur □ - de 25 à 50 % □ - > 50 % □
<b>&gt;</b>	Autres:
Ca	aractéristiques massiques
<b>&gt;</b>	Présence d'un plancher plus lourd que le plancher courantouine sait pas
<b>&gt;</b>	Différence de masse entre deux niveaux :
	- < 25 %
	- 25-50 %
<b>&gt;</b>	Présence d'une salle à forte capacité de personnes
<b>&gt;</b>	Présence de masses isolées ne sait pas
	- si "oui", lesquelles : équipement : cuves à soude, pompes
<b>&gt;</b>	Présence d'une toiture lourdeouine sait pas
<b>&gt;</b>	Autres: Toiture terrasse avec étanchéité autoprotégée.
St	ructure
sys	stème porteur vertical
<b></b>	Etat de conservation :

	<ul><li>médiocre</li><li>normal</li><li>bon</li></ul>	
<b>&gt;</b>	Structure isostatique : <u>non</u>	
<b>&gt;</b>	Système "flexible" sur sol meu	ible: <u>non</u>
<b>&gt;</b>	Vide sanitaire existant : <u>non</u>	
	- avec murs - sans murs	
<b>&gt;</b>	Joints de construction (de mon	tage) existants ouinon ne sait pas
<b>&gt;</b>	Joints de dilatation ou de tasser - si "oui", largeur : 4cm	mentne sait pas
<b>&gt;</b>	Report de charge existant si "oui", préciser :	ouine sait pas
<b>&gt;</b>	Discontinuités de résistance	oui <u>non</u> ne sait pas - si "oui", préciser :
<b>&gt;</b>	Discontinuités de rigidité si "oui", préciser :	ouine sait pas
<b>&gt;</b>	Escaliers en console	oui <u>non</u>
<b>&gt;</b>	Charpente exerçant des poussé	es aux appuisouine sait pas
<b>&gt;</b>	Autres : voiles béton de l'escal	ier ouvert dans l'angle sur toute la hauteur.
<u>Co</u>	ntreventement	
Di	aphragmes	
<b>&gt;</b>	Type de planchers :	dalle béton (e=22cm) plancher haut du RDC
<b>&gt;</b>	Plancher formant diaphragme	nonne sait pas

	Toiture contreventée, formant diaphragmenonne sait pas
<b>&gt;</b>	Planchers comportant des trémies de grandes dimensions
	- si "oui" : ≤ 25 % de L
•	Grande trémie attenante à une palée de stabilitéouinonne sait pas - si "oui", préciser : 2 trémies de 267 x 250 cm (pour une dalle de 838 x 880 cm)
	Autres:
Co	ntreventement: par voiles en béton
Lo	ngitudinal: <u>oui</u> Transversal: <u>oui</u>
Ра	lées de stabilité
<b>&gt;</b>	Nature des palées : Voile en béton armé (e=15 cm)
<b>&gt;</b>	Palées de nature différente sur un même niveauouinonne sait pas
<b>&gt;</b>	Absence de palée dans une direction non autostable
	- palées superposées - palées non superposées
<b>&gt;</b>	La stabilité horizontale ne dépend que d'un seul élémentoui
<b>&gt;</b>	Largeur des palées : sens longitudinal sens transversal
Ela	ancement des palées : H/l≤2 H/l≤2
<b>&gt;</b>	Largeur totale des palées dans une file
	- < 30 % - 30 - 50 % - > 50 %
<b>&gt;</b>	Encadrement des baies oui

<b>&gt;</b>	Eléments précontraints dans les paléesouine sait pas
<b>&gt;</b>	Palées de même type dans une même file et de longueur variant de plus de 30 %
<b>&gt;</b>	Centre de rigidité distant du centre de gravité :  - peu  - assez  - beaucoup  - ne sait pas
<b>&gt;</b>	Centres de rigidités des niveaux sur une même verticale oui  non ne sait pas
<b>&gt;</b>	Centres de gravités des niveaux sur une même verticale
<b>&gt;</b>	Rigidité variant de plus de 30 % entre 2 niveauxouinonne sait pas - si "oui", préciser : 3 voiles supplémentaires au RDC
<b>&gt;</b>	Fissures dans les paléesouinon - si "oui", préciser :
<b>&gt;</b>	Autres:
Fo	nctionnement
<b>&gt;</b>	Continuité du transfert des charges horizontales
<b>&gt;</b>	Planchers plus rigides que les palées de stabilitéoui
<u>Lia</u>	<u>iisons</u>
<b>&gt;</b>	Chaînages horizontaux : - non □ - en béton armé ⊠

	- tirants acier - autres :	
<b>&gt;</b>	Chaînages verticaux .	nonne sait pas
<b>&gt;</b>	Ancrage des plancher - si "oui", préciser :	s dans les chaînages <u>oui</u> nonne sait pas HA 8x75 e=25
<b>&gt;</b>	•	de toiture au gros oeuvre <u>oui</u> non éciser : HA 8x75 e=25
<b>&gt;</b>	Etat de conservation d	les liaisons:
	<ul><li>mauvais</li><li>normal</li><li>excellent</li></ul>	
<b>&gt;</b>	Liaison murs de remp	lissage/ossature béton :
	- mortier - liaison mécanique	□ - ne sait pas ⊠
<u>O</u> u	vrages en maçonnerie	
<b>&gt;</b>	Murs courbes	ouine sait pas
<b>&gt;</b>	Fissures:	
	<ul><li>aucune</li><li>microfissures</li><li>importantes</li><li>si "importantes", pré</li></ul>	□ ⊠ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □
<b>&gt;</b>	Murs lourds superpos	ésnonne sait pas
	- si "non", préciser :	<del></del>
<b>&gt;</b>	Voûtes en maçonnerie	oui <u>non</u> ne sait pas
<b>&gt;</b>	Coupoles	oui <u>non</u> ne sait pas
<b>&gt;</b>	Escaliers en maçonne	rienouinon_ ne sait pas
<b>&gt;</b>	Piliers de maçonnerie - si "oui", préciser :	ouine sait pas

<b>&gt;</b>	Joints de m	açonnerie r	ésistant	au grattage	••••••	. <u>oui</u>	non	ne sait j	pas
<b>&gt;</b>	Percements des panneau	-	•	•		. oui	<u>non</u>	ne sait ¡	pas
<b>&gt;</b>	Murs porter < 15 cm 15 à 19 cm ≥ 20 cm	-	eur brut	e:					
<b>&gt;</b>	Hauteur lib	re des murs	_						
	≤ 280 cm > 280 cm		∐ ⊠						
<b>&gt;</b>	Elancement	t des murs :							
	- H/e ≤ 14 - H/e > 14		☒						
<b>&gt;</b>	Murs doubl	es	•••••	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	***************************************	. oui	<u>non</u>		
	- si "oui" :	reliés non reliés ne sait pas							
<b>&gt;</b>	Murs de par	rement	•••••	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	•••••	. oui	<u>non</u>		
	- si "oui" :	avec attack sans attack ne sait pas	nes						
<b>&gt;</b>	Cloisons de sans raidiss	_	_	re à 5 m	••••••	. oui	<u>non</u>	ne sait p	oas
<b>&gt;</b>	Consoles ve sans chaîna			-		. oui	non	<u>ne sait p</u>	<u>as</u>
<b>&gt;</b>	Autres:								
<u>Ou</u>	vrages en bé	ton ou béto	n armé						
<b>&gt;</b>	Voiles supe	erposés	•••••	•••••••	•••••	. <u>oui</u>	non	ne sait p	oas
	- si "non", p	oréciser :							
<b></b>	Voiles coup	olés par lint	eaux	•••••	•••••	. oui	<u>non</u>		

	- si "oui" : linteaux fragiles linteaux ductiles ne sait pas	_ _ _			
<b>&gt;</b>	Fissures dans éléments porteurs	••••	. <u>oui</u>	non	
	<ul> <li>si "oui" : microfissures</li> <li>fissures importantes</li> <li>préciser : microfissures superficie</li> </ul>	⊠ □ elles			
<b>&gt;</b>	Percements importants près des diago		. <u>oui</u>	nonn	e sait pas
	- si "oui", préciser : baies du R+1		_		•
<b>&gt;</b>	Percements, réservations dans les pot - si "oui", préciser :	eaux	. oui	<u>non</u> no	e sait pas
<b>&gt;</b>	Percements, réservations dans les pou - si "oui", préciser :	itres	. oui	<b>non</b> no	e sait pas
<b>&gt;</b>	Poteaux plus forts que les poutres si "non", préciser : structure en voile		`		e sait pas
<b>&gt;</b>	Poteaux courts		. oui	<b>non</b> no	e sait pas
<b>&gt;</b>	Poteaux faiblement frettés	•••••••••••	.oui	<u>non</u> no	e sait pas
<b>&gt;</b>	Poteaux frettés avec des spires	•••••	. oui	<u>non</u> no	e sait pas
<b>&gt;</b>	Barres de poutres relevées pour équil les efforts de cisaillement		. oui	<b>non</b> no	e sait pas
<b>&gt;</b>	Axes poteaux/poutres non concouran	ts:	. oui	<b>non</b> n	e sait pas
	- décrire et préciser :				
<b>&gt;</b>	Autres:				

### ouvrages en acier ➤ Ossature: - boulonnée - soudée П - mixte - ne sait pas ▶ Présence de contreventement en K ......oui ......non..........ne sait pas ► Poutres assemblées sur l'axe faible des poteaux ......oui .....non.....ne sait pas - si "oui", où: Corrosion: - non - faible - inquiétante - ne sait pas ► Panneaux de remplissage solidaires de l'ossature......non.....ne sait pas si "oui", préciser : voiles en béton pour les bâtiments A et C ne sait pas pour le bâtiment B ► Absence de raidisseurs d'âme dans des noeuds rigides ...... oui ......non ...... ne sait pas ▶ Présence de soudures discontinues ......oui......non.....ne sait pas si "oui", où: ► Autres: Eléments non structuraux ► Façades légères sur ossature "flexible" : $\boxtimes$ - non - solidaires désolidarisées

106 BRGM/RP-51301-FR

► Façades lourdes sur ossature "flexible" :

- ne sait pas

	<ul><li>non</li><li>solidaires</li><li>désolidarisées</li><li>ne sait pas</li></ul>	
<b>&gt;</b>	Balustrades en pierre si "oui", préciser :	oui <u>non</u>
<b>&gt;</b>	Claustras lourds	oui <u>non</u>
<b>&gt;</b>	Revêtements lourds si "oui", préciser :	nonne sait pas
<b>&gt;</b>	Jardinières en béton - si "oui", préciser :	oui <u>non</u>
<b>&gt;</b>	Conduits de fumée ou de	ventilation:
	- non - h/b ≤ 2 - h/b > 2	
<b>&gt;</b>	Cloisons en carreaux de	plâtre ne sait pas - si "oui", préciser :
<b>&gt;</b>	Plafonds	ne sait pas
<b>&gt;</b>	<del>-</del>	plafond en fibre minérale sur ossature non contreventée
<b>&gt;</b>	Couverture:	
	<ul><li>tuiles</li><li>plaques ondulées</li><li>autres : toiture terrasse</li></ul>	
<b>&gt;</b>	Autres éléments :	

### Equipement et reseaux

<ul><li>Appareils suspendus</li><li>si "oui", préciser :</li></ul>		oui	<u>non</u>	ne sait pas
► Armoires hautes non atta	chées	oui	<u>non</u>	ne sait pas
- si "oui", préciser :				
Tuyauteries scellées au p	assage des murs	<u>oui</u>	non	ne sait pas
· •	e nombreuses tuyauteries au passage des murs en b		le transfert (	des différents
<ul><li>Lyres sur tuyauterie</li><li>si "oui", préciser :</li></ul>		oui	<u>non</u>	ne sait pas
<ul> <li>Raccordement d'appareils</li> <li>si "oui", préciser : pomp</li> </ul>	•	<u>oui</u>	non	ne sait pas
Luminaires fixés sur plaf	ond léger	oui	<u>non</u>	ne sait pas
- si "oui", préciser :				
► Suspensions:				
<ul><li>non</li><li>légères</li><li>lourdes</li><li>ne sait pas</li></ul>	□ □ tuyauteries diverses □			
Equipements essentiels : commande	: groupe électrogène, ar	moire info	ormatique d	e la salle de
Les coffrets informatique - non vulnérables	⊠ ctrogène se trouve à prox es sont fixés au mur dans □ , □			

► Autres : la cuve de soude (h=3,50 m) est posée sur une ossature métallique dans un réceptacle en béton et n'est pas fixée en partie haute.

Nota: en cas de non-fonctionnement du pupitre de commande certaines vannes ne sont plus opérationnelles manuellement.

La puissance du groupe électrogène (300 KVA) est insuffisante pour nettoyer les filtres.

L'installation nécessite environ 800 KVA pour fonctionner. Le nettoyage des filtres est nécessaire tous les 24 heures et plus si la qualité de l'eau brute baisse.

Le passage de l'eau entre les bassins de pré conditionnement et le cyclofloc se fait au moyen d'une canalisation en acier de diamètre 800 mm scellée dans le béton. Cette canalisation est particulièrement vulnérable du fait de l'absence de lyre et de la différence de forme des deux bassins qui se déplaceront, en cas de séisme, à des fréquences différentes

### Possibilité d'évacuation et de secours

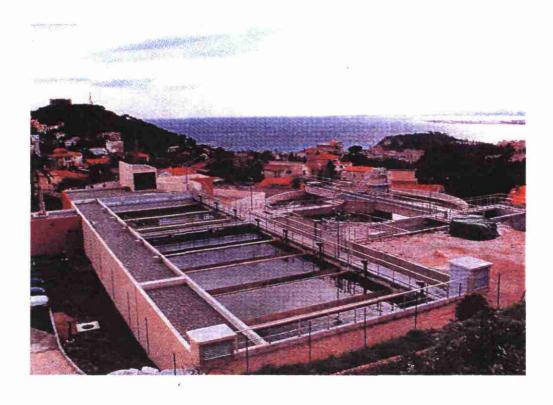
•	de débris (briques, verre, faux plafonds, ornements, luminaires)
	Nombre d'issues : - 1 □ - 2 □
<b>&gt;</b>	Autonomie énergétique
<b>&gt;</b>	Moyens de communication autonomes

### CONCLUSION

L'usine des eaux du col de Villefranche est constituée d'un bâtiment de forme irrégulière constituée d'une structure en voiles de béton armé adossé aux bassins de traitement de l'eau. Malgré son irrégularité de forme le bâtiment est peu vulnérable grâce à sa structure très rigide et à son découplage des bassins situés à l'arrière du bâtiment.

En revanche, les équipements sont plus vulnérables car :

- le système informatique est placé dans un angle du bâtiment, zone où les déplacements et les dommages sont les plus importants
- le groupe électrogène est placé sous le cyclofoc qui est un élément vulnérable du fait de masse importante (contenance environ 750 m3) et de sa forme en cône inversé.
- les tuyauteries ne sont pas découplées de la structure du bâtiment par des lyres et autres systèmes leur permettant d'absorber les déplacements.
- la cuve à soude (environ 10 m3) repose simplement sur son piétement est n'est pas fixé en partie supérieure.



Service géologique régional Provence-Alpes-Côte d'Azur BP168 - 13276 MARSEILLE Cedex 09 - France - Tél : 04.91.17.74.77. Fax : 04.91.17.20.40.









# Projet GE.RI.A Prise en Compte des Risques Naturels Gestione Rischi Ambientali

# Phase 3 « Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit"

## Proposition d'une méthodologie et exemple d'application

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 00-URB-108

décembre 2001



# Projet GE.RI.A Prise en Compte des Risques Naturels Gestione Rischi Ambientali

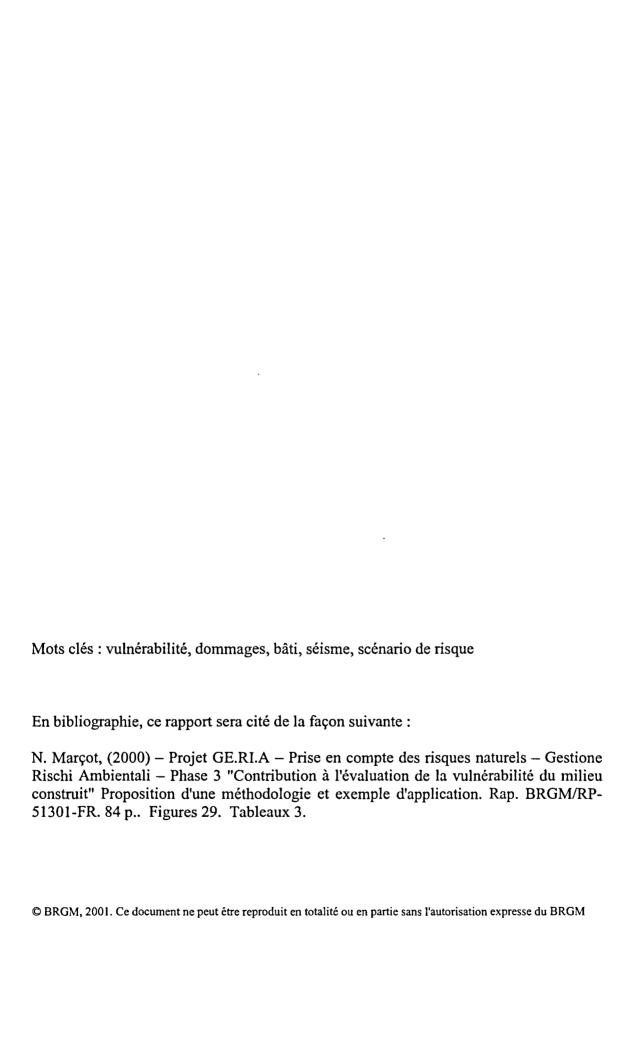
# Phase 3 « Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit"

## Proposition d'une méthodologie et exemple d'application

N. Maraot

décembre 2001 BRGM/RP-51301 FR





### **Synthèse**

Le projet Geria est exécuté dans le cadre de l'INTERREG IIa à vocation transfrontalière.

Son objectif est la réalisation d'un système commun franco-italien d'analyse et d'évaluation des risques naturels à l'échelle communale qui tient compte à la fois des expériences italiennes et françaises.

Sa finalité est de tendre vers une gestion commune transfrontalière des risques naturels tant au niveau de la prévention que de la gestion de crise.

Il concerne une partie de la bande côtière des Alpes-Maritimes et de la région Ligure. Celle-ci s'étend sur environ 100 km de long et 15 km de profondeur, de Villefranche sur Mer en France à Cervo en Italie.

Le projet se déroule en quatre phases : un inventaire des données concernant le risque, l'organisation de celles-ci en base de données à structure commune franco-italienne, en vue de la réalisation d'un scénario de risque, pour proposer un programme commun franco-italien de protection et de prévention.

Le présent rapport est intégré dans la phase 3 du projet, c'est à dire dans la phase de réalisation du scénario de risque sismique, et plus particulièrement dans la collecte des éléments nécessaires à la réalisation du scénario.

Ce rapport est une étude bibliographique sur l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit. Il propose une méthodologie et un exemple d'application sur trois quartiers de la ville de Nice, dont la typologie des bâtiment étudiée dans le cadre du projet Gémitis Nice<sup>1</sup> a servi de référence pour le projet Geria.

La méthodologie retenue est celle issue de l'« European Macrosismic Scale 1992 ». Elle propose une analyse de la vulnérabilité du bâti d'habitation et du bâti commercial à partir d'une description du bâtiment sur des critères simples. Cette analyse de la vulnérabilité permet de construire des courbes d'endommagement et d'évaluer une probabilité de dommage en fonction d'une intensité donnée, ou d'une accélération.

Cette méthodologie appliquée, sur trois quartiers de la ville de Nice, donne des résultats homogènes avec la répartition du bâti existant. Les dommages étant exprimés en probabilité de dommages.

Projet Gemitis Nice: analyse de la vulnérabilité (bâti courant et bâtiments stratégiques communaux). Mise en place des éléments pour les scénarios de risque. Rapport BRGM R40229.

"Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit. Proposition d'une méthodologie et exemple d'application". Projet GE.RI.A. – Phase 3

### **Sommaire**

SYNTHÈSE	3
INTRODUCTION	7
1. EVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DU MILIEU CONSTRUI D'APRÈS L'ÉCHELLE EMS-92	
1.1. MÉTHODE D'AFFECTATION D'UNE CLASSE DE VULNÉRABILITÉ	9
1.1.1. Evaluation de la vulnérabilité du milieu construit à partir des EMS	<i>1-92 9</i>
1.1.1.1 Notion de classe de vulnérabilité	9
1.1.1.2 Définition des courbes d'endommagement	10
1.1.2. Relations entre les classes de vulnérabilité et la description des do	mmages
de bâtiments	
1.1.2.1 Critères de vulnérabilité associés aux types de constructions	
1.1.2.2 Définition des niveaux de dommages	
1.2. APPLICATION DE LA MÉTHODE À LA VILLE DE NICE ET AU PROJET GERIA	
1.2.1. Description du bâtiment et affectation d'une classe de vulnérabilité	
1.2.2. Fonctions d'endommagement	∠0 20
1.2.3. « Fuseaux » de vuineraoutile appliques du buit	
1.2.5. Cas des bâtiments commerciaux	29
1.3. VULNÉRABILITÉ DES BÂTIMENTS DE CLASSE C	
1.3.1. Critères de base (V1)	
1.3.2. Facteurs de vulnérabilité (V2)	
1.3.3. Transposition des valeurs de vulnérabilité en courbes EMS 92	
2. MISE EN PLACE DE SCÉNARIOS SUR TROIS QUARTIERS DE N PARTIR DE LA MÉTHODE EMS-92	
2.1. MÉTHODOLOGIE	30
2.1.1. Données utilisées	
2.1.2. Mise en place du scénario	
2.2. Présentation des résultats	
3. EVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DU MILIEU CONSTRU	IT:
COMPARAISON DE DIFFÉRENTES MÉTHODES D'APPROCHE	43
3.1. La méthodologie HAZUS (1997)	43
3.1.1. Méthodologie	43
3.1.1.1 Courbes de capacité	
3.1.1.2 Courbes de fragilité	
3.1.2. Application de la méthode	46

### "Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit. Proposition d'une méthodologie et exemple d'application". Projet GE.RI.A. – Phase 3

	dans Gémitis Nice et Geria	
	3.1.2.2 Construction des courbes de fragilité Hazus selon la typologie utilisée	
	dans Gémitis Nice et Geria	
3.2.	LA MÉTHODOLOGIE DE COCHRANE ET SCHAAD (1992)	59
3.3.	LA MÉTHODOLOGIE DE SPENCE ET AL. (1992)	61
3.4.	LA MÉTHODOLOGIE DE BENEDETTI (1988)	64
CONC	CLUSION	6 <b>7</b>
BIBLI	IOGRAPHIE	59
LISTI	E DES FIGURES	71
LISTI	E DES TABLEAUX	73
LISTI	E DES ANNEXES	73
ANNF	CXES	75

### Introduction

Le projet GERIA (Gestion des Risques Naturels) à vocation transfrontalière a pour objectif la réalisation d'un système commun franco-italien d'analyse et d'évaluation des risques naturels à l'échelle communale, qui tienne compte à la fois des expériences italiennes et françaises.

Celui-ci doit permettre aux responsables de la protection civile et de l'aménagement du territoire de prendre en compte les risques naturels en intégrant les particularités de la situation transfrontalière.

Ce projet est exécuté dans le cadre du Programme INTERREG IIA Mesure 2-1 France-Italie, initiative communautaire pour la coopération transfrontalière.

#### Il est financé:

- en France, par l'Union Européenne, le Conseil Régional Provence Alpes Côte d'Azur, le Conseil Général des Alpes Maritimes et le BRGM dans le cadre de ses opérations de service public,
- en Italie, par l'Union Européenne et la Région Ligure.

Les collectivités locales partenaires du projet sont :

- pour la partie française : Menton, Roquebrune-Cap-Martin, Beaulieu, Villefranche,
- pour la partie italienne : la Province d'Imperia, Vintimiglia, San Remo, Taggia et Cervo

### Les opérateurs du projet sont :

- pour la partie française le BRGM,
- pour la partie Italienne : l'Université de Gêne : CIMA, DISEG, DISTER

L'ensemble des services de l'Etat et les communes concernées par le projet ont été informés de sa mise en œuvre.

Le présent rapport est intégré dans la phase 3 du projet, c'est à dire dans la phase de réalisation du scénario de risque sismique, et plus particulièrement dans la collecte des éléments nécessaires à la réalisation du scénario.

Il poursuit l'étude de vulnérabilité effectuée dans le cadre du projet Gémitis Nice, en affinant la méthodologie pour l'affectation des courbes de vulnérabilité, mettant ainsi en évidence les incertitudes dans l'évaluation des dommages.

La figure 1 ci-après définit dans le cadre du projet GE.RI.A les différentes étapes de réalisation d'un scénario de risque sismique. L'analyse de la vulnérabilité physique étant de définir des fonctions d'endommagement.

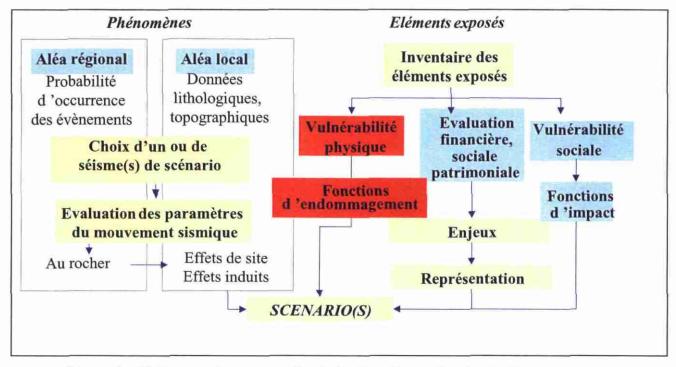


Figure 1 : Différentes étapes pour la réalisation d'un scénario de séisme

La méthodologie proposée reprend les résultats de l'"European Macrosismic Scale 1992" ou EMS-92 en ce qui concerne les types de structures du bâtiment et les classes de vulnérabilité utilisées.

Elle se compose de deux étapes :

<u>1ère</u> étape : description des bâtiments sur des critères simples, à la fois structuraux et correspondant plus ou moins à des critères architecturaux propres aux secteurs géographiques (approche architecturale) ;

<u>2<sup>ème</sup> étape</u>: définition de critères de vulnérabilité propres, en les associant aux critères choisis pour décrire le bâti lors de la première étape, et affectation de classes de vulnérabilité.

L'intérêt de ces deux étapes est de pouvoir détailler et affiner chacune d'entre elle sans intervenir sur la méthode.

## 1. Evaluation de la vulnérabilité du milieu construit d'après l'échelle EMS-92

#### 1.1. METHODE D'AFFECTATION D'UNE CLASSE DE VULNERABILITE

### 1.1.1. Evaluation de la vulnérabilité du milieu construit à partir des EMS-92

### 1.1.1.1 Notion de classe de vulnérabilité

La description du bâtiment et principalement celle des éléments structuraux intervient dans le choix d'une classe de vulnérabilité pour une typologie donnée.

Une des premières échelles utilisées a été l'échelle MSK, en 1964. Cette échelle définit des classes de bâtiments par type de construction pour tenter d'exprimer la vulnérabilité de la construction.

Sur la base de l'échelle d'intensité MSK-64, les trois classes de bâtiments correspondent à des vulnérabilités différentes :

Type A: maison en argile, pisé, briques crues; maisons rurales; constructions en pierres tout venant.

Type B: constructions en briques ordinaires ou en blocs de béton; constructions mixtes maçonnerie - bois; constructions en pierres taillées.

Type C: constructions armées; constructions de qualité en bois.

Une nouvelle échelle est proposée en 1992 : l'échelle EMS-92 (European Macrosismic Scale). Celle-ci a tenté de rapprocher les classes à une représentation directe de la vulnérabilité. Six classes de vulnérabilité décroissante (A-F) ont donc été proposées dans les EMS-92 :

- les trois premières A, B et C sont représentatives du comportement des constructions en maçonnerie, de type adobe, briques, pierres simples et les constructions en béton armé. Elles sont compatibles avec les trois premières classes A, B et C de l'échelle MSK-64;
- les classes D et E représentent approximativement une vulnérabilité qui décroît de façon linéaire en raison de l'augmentation du niveau de résistance au séisme (ERD: Earthquake Resistant Design) et sont représentatives du comportement des constructions de meilleure qualité de type maçonnerie renforcée, structures en acier..., résistant davantage aux séismes;
- la classe F représente une vulnérabilité pour des structures à haute résistance aux séismes comprenant des principes de construction à haut niveau de dispositions parasismiques.

L'échelle Macrosismique Européenne des intensités **EMS-92** dérive de l'échelle MSK-64. Elle utilise 6 classes différentes de bâtiments (au lieu de 3 pour MSK-64) correspondant donc à 6 <u>classes de vulnérabilité</u>:

Classe A: maçonnerie en pierraille tout-venant, maçonnerie en briques de terre (adobe).

Classe B: maçonnerie en pierres simples, maçonnerie en briques non armée, maçonnerie en blocs de béton.

Classe C: maçonnerie en pierres massives, maçonnerie en briques avec des planchers en béton armé, constructions en béton armé non calculée au séisme.

Classe D: maçonnerie en briques armée, constructions en béton armé avec un minimum de conception antisismique, constructions en bois.

Classe E: constructions en béton armé avec une conception antisismique modérée.

Classe F: constructions en béton armé avec une grande conception antisismique.

L'échelle EMS-92 dérive de l'échelle MSK-64, mais diffère par la définition des classes de bâtiments : la notion de capacité de résistance au séisme (classe de vulnérabilité) est donc introduite pour faire une différence, dans une même classe de bâtiments, entre les différentes structures calculées au séisme et celles qui ne l'ont pas été. Elles portent aussi sur la définition des quantités des habitations endommagées (peu, beaucoup, la plupart), où une incertitude est introduite sur l'intervalle de pourcentage de ces dernières.

### 1.1.1.2 Définition des courbes d'endommagement

Farsi<sup>2</sup> a étudié dans sa thèse l'identification des structures de Génie Civil à partir de leurs réponses vibratoires, appliquée à la vulnérabilité du bâti existant. Il propose plusieurs types de courbes (ou fonctions) empiriques de vulnérabilité aux séismes des bâtiments.

Les méthodes directes lient directement le taux de dommage du bâtiment à une donnée sismique qui est généralement l'intensité. Cependant nous verrons que pour ce qui concerne directement les dommages aux bâtiments, il est préférable de corréler le taux de dommage à l'accélération.

Chaque classe de vulnérabilité (par exemple la classe A) permet de construire trois courbes d'endommagement : une courbe minimum (A+), une courbe moyenne (A) et une courbe maximale (A-) en fonction du pourcentage de bâtiments endommagés (voir tableau 2) et à partir de la formule suivante :

Mohammed Naboussi FARSI (1992) Identification des structures de Génie Civil à partir de leurs réponses vibratoires. Vulnérabilité du bâti existant. Thèse, université Joseph Fourier – Grenoble 1.

V = taux de dommages

Ni = pourcentage de bâtiments endommagés au degré (DR)i (Tabl.1)

$$V = \frac{\sum_{i=0}^{5} \text{Ni (DR)i}}{100}$$

(Karnik *et al.*, 1984)

Niveau de dommage DC	1 (dommages	2 (dommages assez importants)	•	•	5 (effondrement total)
Pertes relatives DR (%) *	2	10	30	80	100

Tableau 1: Relation % dommages (DR) / Niveau de dommage (DC) (EMS-92, modifié). \* Valeurs relatives moyennes: 1-0 à 5 % de pertes; 2-5 à 20 % de pertes; 3-20 à 55 % de pertes; 4-55 à 90 % de pertes et 6-plus de 90 % de pertes.

L'échelle EMS-92 donne donc pour une intensité sismique et pour chaque classe de construction (A à F) donnée, le nombre de bâtiments endommagés pour tous les niveaux de dommages DC (1 à 5).

Par exemple, pour l'intensité VIII et pour la classe B (voir données encadrées cidessous), elle donne de 0 à 20 % de bâtiments endommagés au degré 4 et entre 20 et 60 % de bâtiments endommagés au degré 3.

Le tableau 2 ci-dessous a été complété en distribuant le reste des bâtiments (en supposant que la totalité des bâtiments se répartit sur l'ensemble des niveaux de dommages 0 à 5) à raison de 70 %, 20 % et 10 % sur les niveaux inférieurs quand l'échelle ne donne rien pour au moins 3 de ces mêmes niveaux inférieurs, 80 % et 20 % pour 2 niveaux inférieurs et, 100 % pour un seul niveau inférieur.

Les valeurs de taux de dommages issues des données EMS-92 sont donc calculées à partir de la formule de Karnik *et al.* (1984) et de la matrice de vulnérabilité ci-dessous.

Pour chaque intensité (de I à XII), et pour chaque classe de vulnérabilité (de A à F), trois valeurs de taux de dommage (V) sont calculées sous la forme d'un pourcentage :

- Une valeur moyenne "moy"
- Une valeur minimale "min"
- Une valeur maximale "max"

Min et Max correspondent à une fourchette de valeur (par exemple pour la classe A : Amin = A+ et Amax = A-)

"Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit. Proposition d'une méthodologie et exemple d'application". Projet GE.RI.A. – Phase 3

Classes de vulnérabilité												
Intensité	<b>A</b> N (%)	DC	B N (%)	nc	C N (%)	DC	D N (%)	DC	E N. (9/)	DC	N (9/)	
	100-a	0	100	0	100	0	100	0	N (%) 100	0	N (%) 100	<u>DC</u>
V	a	1	100	Ü	100	Ü	100	U	100	U	100	U
	0,2w	0	1w	0	100-a	0	100	0	100	0	100	0
VI	0,8w	1	р	1	а	1						
VI	b	2	а	2								
	a	3										
	0,1w	0	0,2w	0	1w	0	100-a	0	100	0	100	0
1/11	0,2w	1	0,8w	1	b	1	а	1				
VII	0,7w	2	b	2	а	2						
	b	3	а	3								
	a	4		_								
	0	1200	0,1w	0	0,2w	0	1w	0	100-a	0	100	0
	0,1w	1	0,2w	1	0,8w	1	b	1	а	1		
VIII	0,2w	2	0,7w	2	b	2	а	2				
VIII	0,7w	3	b	3	а	3						
	b	- 17	а	4								
	a	5				520		200		_	U-100-00	
	0	7000	0		0,1w	0	0,2w	0	1w	0	100-a	0
	0	1	0,1w	1	0,2w	1	0,8w	1	b	1	а	1
IX	0,1(100-b)	2	0,2w	2	0,7w	2	b	2	а	2	1	
	0,2(100-b)		0,7w	3	b	3	а	3				
	0,7(100-b)	4	b	4	а	4						
	b		a	5								
	0	0	0		0	0	0,1w	0	0,2w	0	1w	0
	0	1	0		0,1w	1	0,2w	1	0,8w	1	b	1
X	0,1(100-c)		0,1(100-b)	2	0,2w	2	0,7w	2	b	2	а	2
	0,2(100-c)		0,2(100-b)	3	0,7w	3	b	3	а	3	1	
	0,7(100-c)	4	0,7(100-b)	4	b	4	а	4				
	0	5	<u>b</u>		0 0	5	0	0	0.4	^	0.0	
	0	0	0	1		0	0 0,1w		0,1w		0,2w	0
	0 1(100 a)	2	0 1(100 c)						0,2w	1	0,8w	2
XI	0,1(100-c)		0,1(100-c)		0,1(100-b)	2	0,2w	2	0,7w	2	b	2
	0,2(100-c)		0,2(100-c)		0,2(100-b)	4	0,7w		b	4	а	3
	0,7(100-c)	4 5	0,7(100-c)	4 5	0,7(100-b) b		b	4 5	а	4		
VII	C		C				a		400	-	400	
XII	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5

Tableau 2 : Pourcentage de bâtiments endommagés (N) au niveau des dommages (DC) correspondant à chaque degré d'intensité de l'échelle EMS-92 (modifié)

a = 0-20 % (peu); b = 20-60 % (beaucoup); c = 60-100 % (la plupart); w = 100-(a+b); z = 100-(b+c)

La figure suivante présente les six courbes de vulnérabilité issues des six classes de vulnérabilité des EMS-92 (Figure 2).

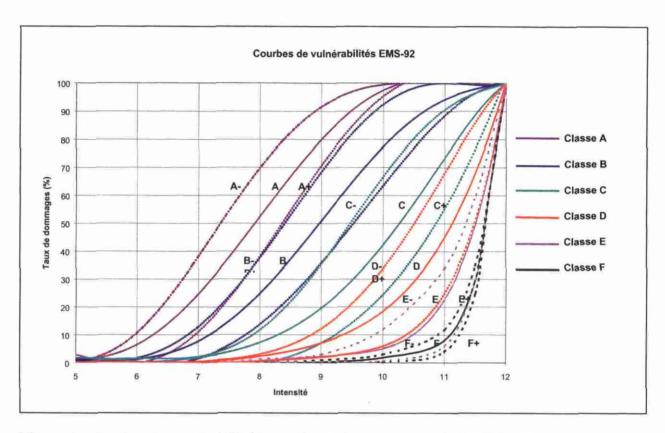


Figure 2 : Courbes de vulnérabilité issues des 6 classes de vulnérabilité des EMS-92

Les fonctions de vulnérabilité relatives à l'échelle EMS-92 lient le taux de dommages des constructions à l'intensité. Cette intensité sismique peut être estimée à partir de l'accélération horizontale par des formules empiriques : Murphy et O'Brien<sup>3</sup> proposent quelques relations :

$$Log (Ah) = 0.24I + 0.57$$
 valable pour le sud de l'Europe Ah en cm/s<sup>2</sup>  
Pour une accélération 0.15g, on aura une intensité  $I = 6.67$  soit  $I = VII$ 

Log (Ah) = 
$$0.25I + 0.25$$
 valable pour toute région Ah en cm/s<sup>2</sup>  
Pour une accélération  $0.15$  g, on aura une intensité  $I = 7.7$  soit  $I = VIII$ 

Les figures suivantes (figures 3 et 4) présentent les fonctions de vulnérabilité pour chaque classe de vulnérabilité (A à F) en fonction de l'accélération horizontale calculée à partir des formules ci-dessus.

La loi intensité – accélération utilisée dans l'étude Gémitis Nice permet de construire les fonctions de vulnérabilité en fonction de l'accélération au rocher (Figure 5) :

Murphy J.R., O'Brien L.J., the correlation of peak ground acceleration amplitude with seismic intensity and other physical parameters, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 67(3), pp. 877-915, June 1977.

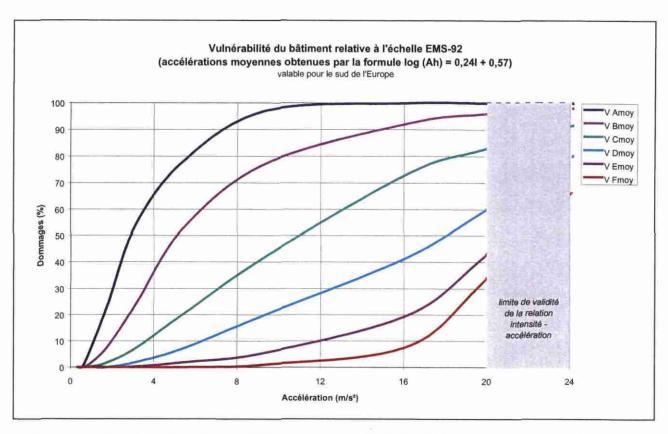


Figure 3: Courbes de vulnérabilité relatives à l'échelle EMS-92 en fonction de l'accélération horizontale (avec la loi log(Ah) = 0.24I + 0.57).

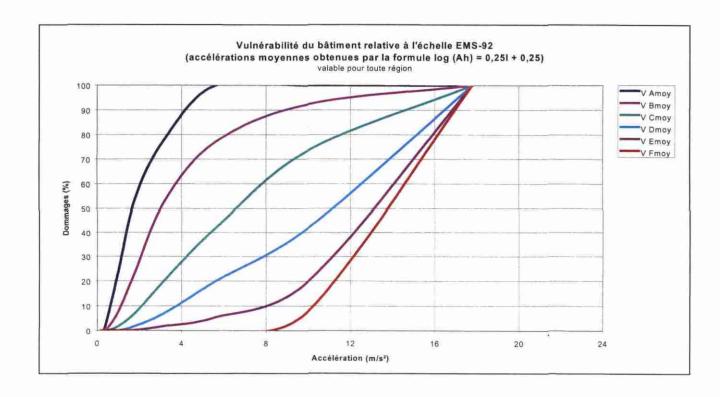


Figure 4: Courbes de vulnérabilité relatives à l'échelle EMS-92 en fonction de l'accélération horizontale (avec la loi log(Ah) = 0.25I + 0.25).

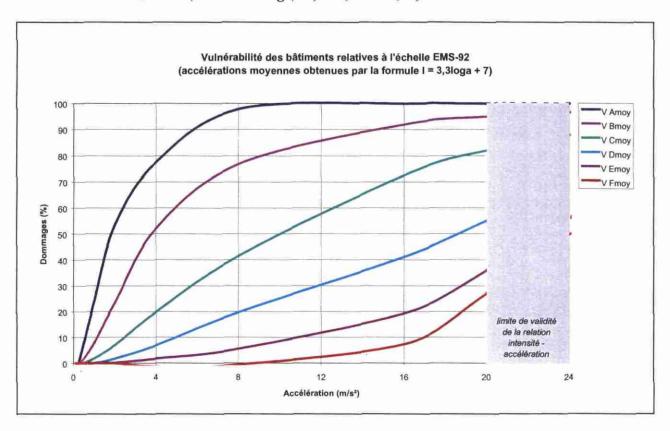


Figure 5 : Courbes de vulnérabilité relatives à l'échelle EMS-92 en fonction de l'accélération au rocher (avec la loi I = 3,3loga + 7).

## 1.1.2. Relations entre les classes de vulnérabilité et la description des dommages de bâtiments

### 1.1.2.1 Critères de vulnérabilité associés aux types de constructions

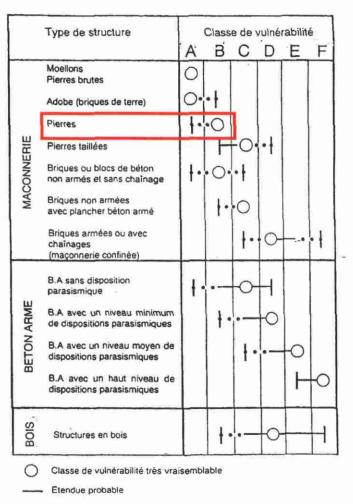
La classification des bâtiments fait intervenir 4 grands types de constructions : maçonnerie, béton armé, acier et bois.

A partir de cette distinction, les EMS-92 font évoluer chacune des classes de vulnérabilité depuis une classe de vulnérabilité très vraisemblable jusqu'à une étendue probable voir exceptionnelle, donnant alors une marge dans l'affectation d'une classe de vulnérabilité (Figure 6).

Pour un bâtiment construit avec une maçonnerie en pierre par exemple (voir encadré dans la figure ci-dessous), la classe de vulnérabilité la plus vraisemblable sera la classe B, avec une évolution très peu probable voir exceptionnelle vers la classe de vulnérabilité A.

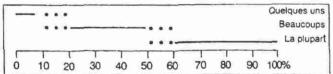
Un correspondance entre la typologie des bâtiments et les 6 classes de vulnérabilité des EMS-92 permet donc d'affecter plusieurs classes de vulnérabilité à une typologie donnée, à partir de la description des éléments structuraux.

Figure 6: Différenciation des structures (bâtiments) dans les classes de vulnérabilité (EMS-92)



Etendue la moins probable - cas exceptionnels

### Définition des quantités

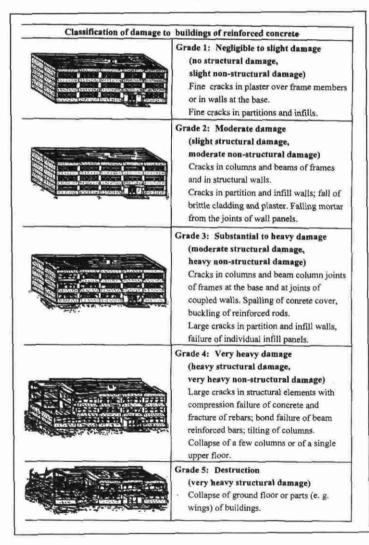


### 1.1.2.2 Définition des niveaux de dommages

Dans les EMS-92, l'évaluation des dommages se fait à partir de cinq niveaux de dommages 1 à 5.

Ces niveaux de dommage sont donc décrits en fonction du type de bâtiment. Pour les bâtiments en béton armé et en maçonnerie, l'échelle EMS-92 décrit les niveaux de dommage de la façon suivante (Figure 7) :

### Dommages sur constructions en béton armé (concerne les typologies T3 et T4)



### Dommages sur constructions en magonnerie (concerne les typologies T1 et T2)

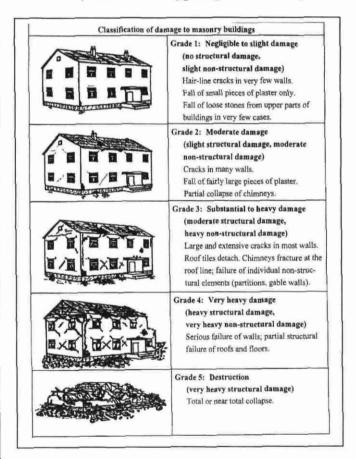


Figure 7: Définition des niveaux de dommages 1 à 5 (EMS-92)

Certains dommages sont caractéristiques d'un type de construction (béton armé, maçonnerie...), ou d'une structure particulière (mitoyenneté, rez-de-chaussée...).

La figure suivante (figure 8) présente des dommages caractéristiques de bâtiments au séisme (pour les constructions en maçonnerie) :

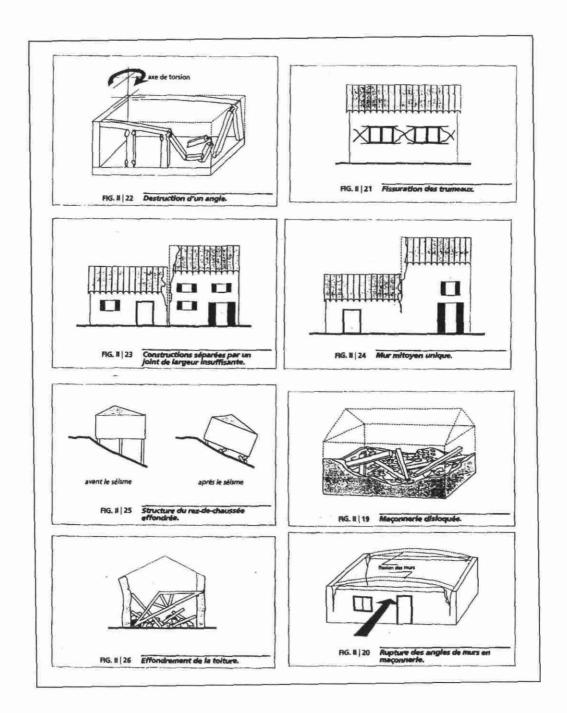


Figure 8 : Dommages caractéristiques des bâtiments au séisme, pour les constructions en maçonnerie (réunion AFPS, 1997)

### 1.2. APPLICATION DE LA METHODE A LA VILLE DE NICE ET AU PROJET GERIA

## 1.2.1. Description du bâtiment et affectation d'une classe de vulnérabilité

Le tableau page suivante (tableau 3) ainsi que l'annexe 3, présentent la relation entre la typologie du bâtiment, les éléments structuraux descriptifs du bâti sur la ville de Nice et sur la zone GE.RI.A, et l'affectation d'une classe de vulnérabilité.

Ainsi, selon la description T1, T2, T3, T4 et en reprenant la figure 6 : Différenciation des structures (bâtiments) dans les classes de vulnérabilité (EMS-92) :

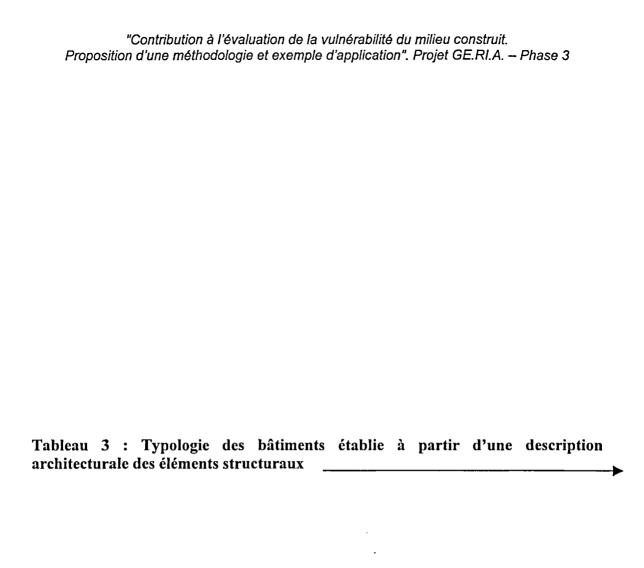
- Le type T1 comprend des constructions en moellons et en pierres brutes de classe de vulnérabilité A, et des constructions en pierres voir exceptionnellement en adobe : briques de terre de classe de vulnérabilité B.

Les constructions en adobe (briques de terre) étant inexistantes dans les villes des Alpes Maritimes telles que Menton, on répartit également le bâtiment de type T1 selon deux critères, soit :

- 50 % de classe de vulnérabilité A (bâtiments en moellons et pierres brutes);
- 50 % de classe de vulnérabilité B (bâtiments en pierres).
- Le type T2 comprend des constructions en briques ou blocs de béton non armés et sans chaînage de classe de vulnérabilité B, des constructions en pierres taillées et en briques non armées avec plancher béton armé de classe de vulnérabilité C, des constructions en briques armées ou avec chaînage de classe de vulnérabilité D voir exceptionnellement des constructions en pierres de classe de vulnérabilité A, et des constructions en briques armées ou avec chaînage de classe de vulnérabilité F.

De la même façon que pour les bâtiments de type T1, dans l'absence de données complémentaires, on répartit également le bâtiment de type T2 selon quatre critères, soit :

- 25 % de classe de vulnérabilité B (bâtiments en briques ou blocs de béton non armés et sans chaînage);
- 50 % de classe de vulnérabilité C (dont 25 % de bâtiments en pierres taillées et 25 % de bâtiments en briques non armées avec des planchers en béton armé);
- 25 % de classe de vulnérabilité D (bâtiments en briques armées ou avec chaînages : maçonnerie confinée).



	(DOL 00)5	EL ENEUTO DE DECODIDADA	ODITEDEO DECODIDATEO		ODITEDES DE MILLAIEDA DIL ITE (FAMO 00)	CL	ASSES DE VULNERABILI	
	(POLOGIE GE.RI.A.)			CRITERES DE VULNERABILITE (EMS-92) PROPRES A LA DESCRIPTION DU BATIMENT	Répartition par type de structures	Classe de vulnérabilité		
	Murs en maçonnerie Bâtiments trè		Bâtiments très anciens en maçonnerie qui ont été	м	1- Moellons, pierres brutes	A défaut de	de plus d'informations, la répa statistique et homo	
O G E M	T1	T1 traditionnelle, hourdée à chaux	bâtis avant 1862 et présentent des caractéristiques particulières que l'on rencontre dans le vieux Nice	A C O N	2- Adobe (briques de terre) non utilisé dans les communes concernées 3- Pierres	1- 50 % 2- / 3- 50 %	1- Classe A 2- Classe A 3- Classe B	
E N T S	Т2	Murs en galets hourdés «à chaux et à sable» Planchers en bois (poutres de mélèzes)	Bâtiments anciens réalisés en maçonnerie qui correspondent au bâtiment type niçois construit entre 1862 et 1940	N E R I E	1- Pierres taillées 2- Briques ou blocs de béton non armés et sans chaînage 3- Briques non armées avec plancher béton armé 4- Briques armées ou avec chaînage (maçonnerie confinée)	1- 25 % 2- 25 % 3- 25 % 4- 25 %	1- Classe C 2- Classe B 3- Classe C 4- Classe D	
O L E C	Т3	Ossature en béton armé et remplissage en maçonnerie industrielle Constructions en béton banché	Bâtiments en béton armés réalisés après la guerre jusqu'en 1969 (date estimée)	B E T O N	1- Béton armé sans disposition parasismique 2- Béton armé avec un mínimum de dispositions parasismiques	1- 50 % 2- 50 %	1- Classe C 2- Classe D	
F S	Т4	Béton armé et chaînages horizontaux et verticaux systématiques	Bâtiments réalisés depuis 1969 (date estimée) et suivant les règles de construction parasismiques	A R M E	Béton armé avec un niveau moyen de dispositions parasismiques     Béton armé avec un haut niveau de dispositions parasismiques	1- 50 % 2- 50 %	1- Classe E 2- Classe F	
					1- Moellons, pierres brutes 2- Adobe (briques de terre)	Les EMS-92 ne d	onnent pas de proportions , de type PA et P	
L N O D G I E V	PA	Maçonnerie	Logements individuels anciens réalisés en maçonnerie		3- Pierres 4- Pierres taillées 5- Briques ou blocs de béton non armés et sans chaînage 6- Briques non armées avec plancher béton armé 7- Briques armées ou avec chaînage (maçonnerie confinée)		-	
M I D D D D D D D D D D D D D D D D D D	PN	Construction dite « traditionnelle » Fondations en béton armé Planchers en poutrelles préfabriquées + hourdis creux, en brique et béton + chape de béton armé	Logements individuels récents associant la maçonnerie et le béton armé		1- Pierres taillées 2- Briques ou blocs de béton non armés et sans chaînage 3- Briques non armées avec plancher béton armé 4- Briques armées ou avec chaînage (maçonnerie confinée) 5- Béton armé sans disposition parasismique 6- Béton armé avec un minimum de dispositions parasismiques	· -	-	
		Ossature en bois, métal ou béton				Méconnaissand	ce des fonctions d'endomm de type E1, E3 et	
E C N O	E1	avec remplissage en maçonnerie	Entrepôts, ateliers et locaux industriels en maçonnerie	-			-	
T M R M E E P R O C	E3	Ossature en béton armé de type poteaux poutre ou portique Remplissages en briques ou parpaings	Entrepôts, ateliers et locaux industriels en béton armé maçonnerie		-	-	-	
SS	E4	Structure en acier incluant charpente de toiture Remplissage par une peau en bardage métallique	Entrepôts, ateliers et locaux industriels métalliques maçonnerie		_	- -	-	

Le type T3 comprend des constructions en béton armé sans dispositions parasismiques de classe de vulnérabilité C, et des constructions en béton armé avec un minimum de dispositions parasismiques de classe de vulnérabilité D. Il comprend probablement des constructions en béton armé sans dispositions parasismiques de classe de vulnérabilité D, voir exceptionnellement les classes A et B.

Pour le bâtiment de type T3, la répartition se fait donc selon deux critères, soit :

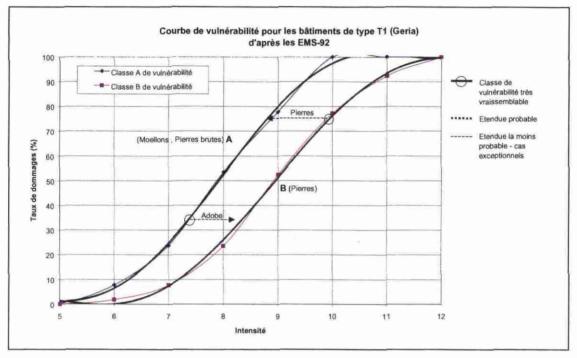
- 50 % de classe de vulnérabilité C (bâtiments en béton armé sans dispositions parasismiques);
- 50 % de classe de vulnérabilité D (bâtiments en béton armé avec un niveau minimum de dispositions parasismiques).
- Le type T4 comprend des constructions en béton armé avec un niveau moyen de dispositions parasismiques de classe de vulnérabilité E et des constructions en béton armé avec un haut niveau de dispositions parasismiques de classe de vulnérabilité F, voir exceptionnellement la classe C.

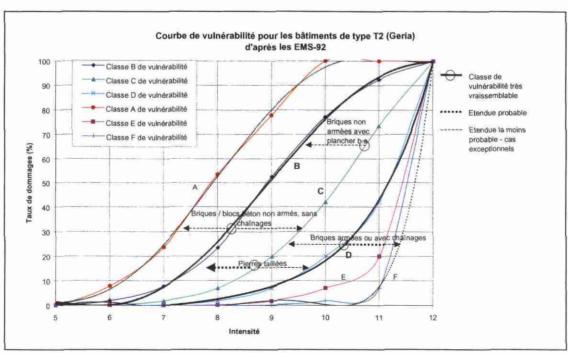
Pour le bâtiment de type T4, la répartition se fait donc selon deux critères, soit :

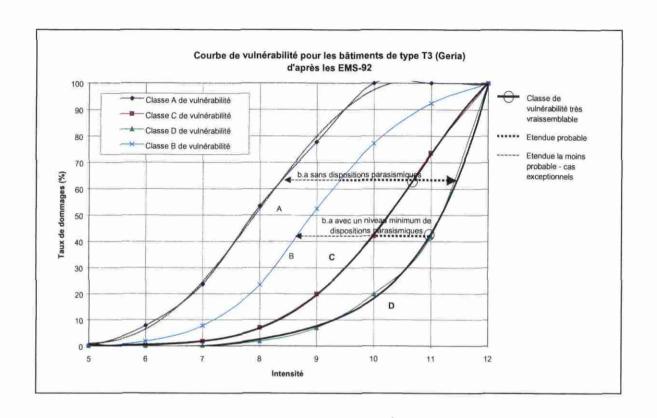
- 50 % de classe de vulnérabilité E (bâtiments en béton armé avec un niveau moyen de dispositions parasismiques);
- 50 % de classe de vulnérabilité F (bâtiments en béton armé avec un haut niveau de dispositions parasismiques).

### 1.2.2. Fonctions d'endommagement

Une typologie de bâtiment (de type T1, T2, T3 et T4) est associée à une ou plusieurs classes de vulnérabilités, on obtient alors un fuseau de courbes de vulnérabilité pour chaque typologie de bâtiment, avec une augmentation ou une diminution de la vulnérabilité possible en fonction du type de structure (Figure 9). Le fuseau étant compris entre deux courbes de vulnérabilité correspondant aux classes de vulnérabilité les plus vraisemblables pour une typologie donnée.







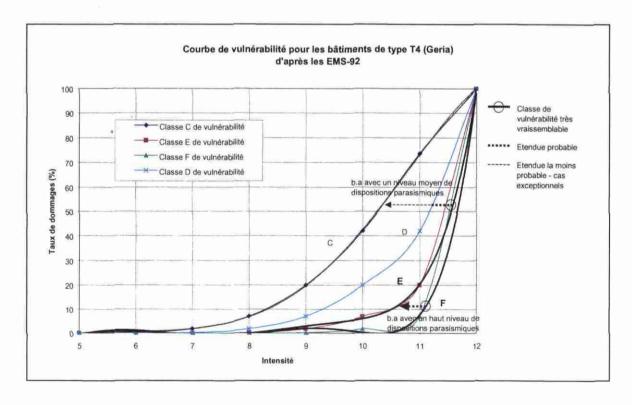


Figure 9: Courbes de vulnérabilités construites à partir d'une ou plusieurs classes de vulnérabilité pour une typologie de bâti donnée

#### 1.2.3. « Fuseaux » de vulnérabilité appliqués au bâti

En reprenant l'ensemble des courbes de vulnérabilité de chacune des typologies de bâti, et en les réunissant sur un même graphique, on obtient donc pour les 4 typologies de bâtiments, 4 fuseaux limités par des courbes de vulnérabilités issues des classes de vulnérabilité les plus vraisemblables (Figure 10).

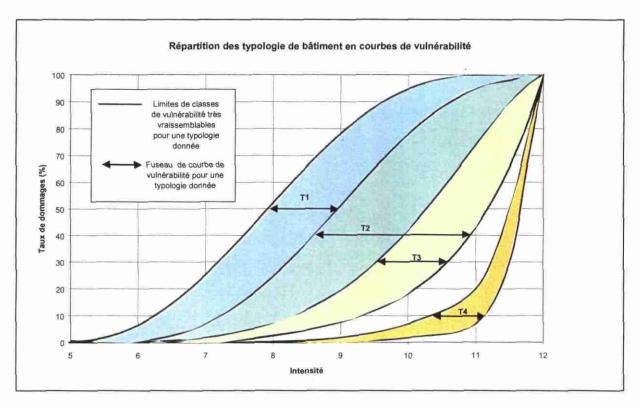


Figure 10 : Fuseaux de courbes de vulnérabilité pour les typologies de bâtiment T1, T2, T3 et T4

#### Remarques:

- Les limites les plus vraisemblables du fuseau des bâtiments de type T2 englobent celui des bâtiments de type T3;
- Cette répartition des typologies de bâtiments en courbes de vulnérabilité montre une très nette distinction entre les trois typologies T1, T3 et T4;
- Le fuseau de vulnérabilité du T2 apparaît très large par rapport aux autres fuseaux de vulnérabilité. Ceci révèle un manque d'informations et de détail dans la description des éléments structuraux et dans les critères de vulnérabilité de cette catégorie;
- Par conséquent, si on décide d'inclure la typologie T3 dans le fuseau de vulnérabilité du T2, on risque de perdre de l'information dans le type de structure d'un bâtiment de type T3;

#### 1.2.4. Construction des courbes d'endommagement

A partir des données (tableau 2) issues des EMS-92, les courbes d'endommagement donnent pour une accélération donnée et une classe de vulnérabilité donnée un pourcentage de dommages par niveau de dommages, allant de 1 à 5.

Pour chaque classe de vulnérabilité définie dans les EMS-92, les données sur les dommages permettent de construire des courbes de dommages, par degré de dommages (1 à 5)

Afin de corréler les probabilités de dommage avec l'accélération à partir des intensités, nous avons utilisé la loi intensité – accélération suivante, proposée pour l'étude Gémitis Nice :

$$I = 3,3 \log a + 7$$

I : intensité de Mercalli modifiée a : accélération au rocher en m/s²

La figure 11 présente les 5 courbes d'endommagement pour les cinq niveaux de dommages 1 à 5 pour la classe de vulnérabilité A.

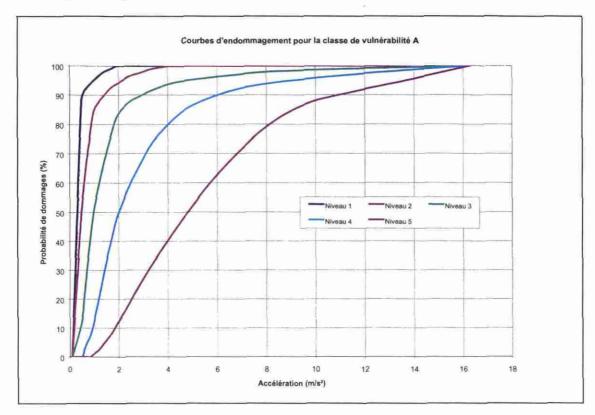


Figure 11 : Courbes d'endommagement pour la classe de vulnérabilité A

Les données correspondant à ces courbes d'endommagement sont tabulées par accélération et présentées en annexe 1.

En reprenant la même démarche que pour le tracé de fuseaux de courbes de vulnérabilité, on peut évaluer un fuseau de dommages pour une typologie donnée.

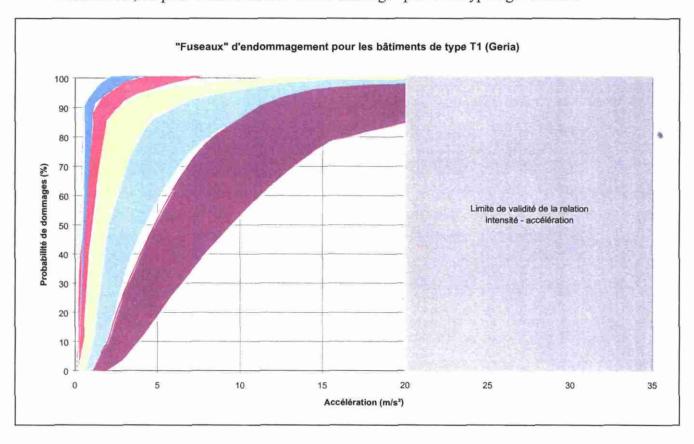


Figure 12: Fuseaux de dommages pour les bâtiments de type T1

Si on veut raisonner en intensité, deux types de représentations sont retenues pour tenir compte de la définition de l'intensité qui intègre déjà des notions de vulnérabilité. En effet, une interpolation linéaire entre deux intensités (notamment par quart d'intensité) serait très difficile et le résultat inexact :

- 1- La première représentation est sous la forme de courbes montrant la relation directe entre un degré de dommages et une probabilité de dommages pour une intensité donnée (Figure 13);
- 2- Une deuxième représentation sous la formes d'histogrammes montre directement pour une intensité donnée le pourcentage de dommages par niveau de dommages (Figure 14).

Figure

Courbes

de

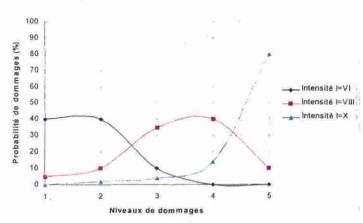
probabilité

dommages

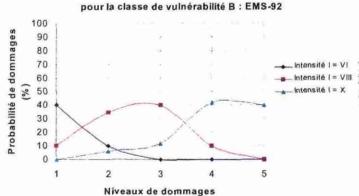
fonction

dommages, pour une intensité donnée (équivalentes aux courbes de fragilité – Hazus)

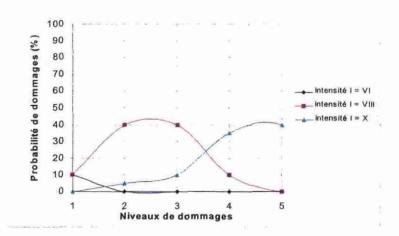
Relation entre la répartition des niveaux de dommages pour différents degrés d'intensité pour la classe de vulnérabilité A : EMS-92



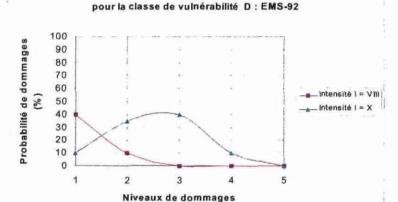
Relation entre la répartition des niveaux de dommages pour différents degrés d'intensité

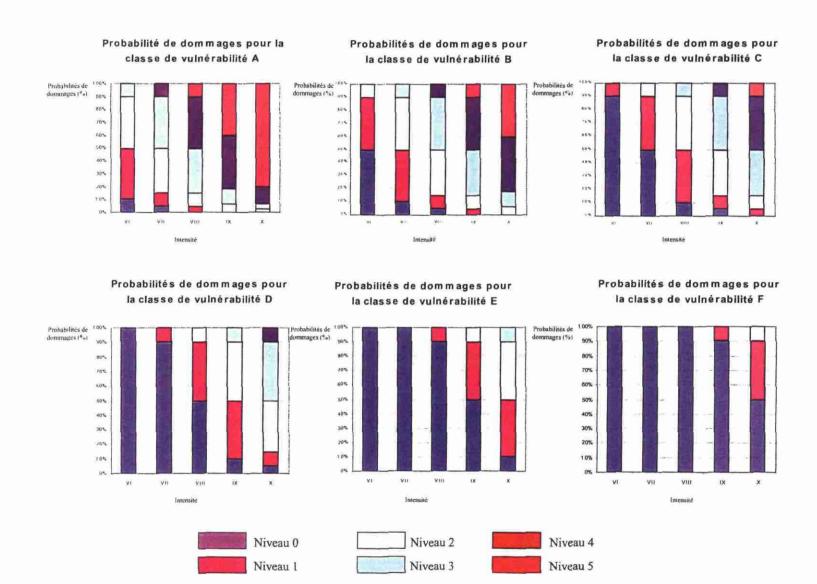


Relation entre la répartition des niveaux de dommages pour différents degrés d'intensité pour la classe de vulnérabilité C: EMS-92



Relation entre la répartition des niveaux de dommages pour différents degrés d'intensité





dommages, pour une intensité donnée Figure 14: Histogrammes de probabilité de dommages en fonction du niveau

#### 1.2.5. Cas des bâtiments commerciaux

Pour ce qui concerne les bâtiments commerciaux, c'est à dire les bâtiments caractérisés par la présence quasi-systématique de transparences au rez-de-chaussée (vitrines, espaces évidés) (Figure 15), l'étude du GEP (Thibault)<sup>4</sup> propose d'affecter une majoration de 20% à la vulnérabilité par rapport au bâti d'habitation, seulement en ce qui concerne le bâti ancien. En principe, le bâti en béton armé devrait subir une majoration moins importante, estimée à environ 10 % pour les structures en poteaux-poutre, voir nulle pour les autres types de structures.

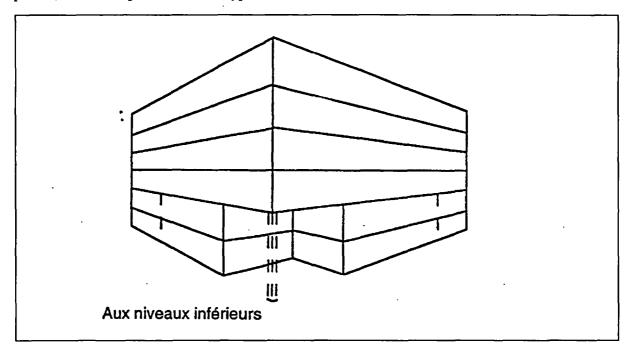


Figure 15 : Exemple de transparence sur un rez-de-chaussée : absence de contreventement sur un angle entraînant un affaiblissement.

La figure 16 présente une comparaison des vulnérabilités entre les bâtiments d'habitation et les bâtiments commerciaux, pour les six classes de vulnérabilité A, B, C, D, E et F.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Risque Sismique sur Nice – Phase 1, par le CETE méditerranée : J.P. Méneroud

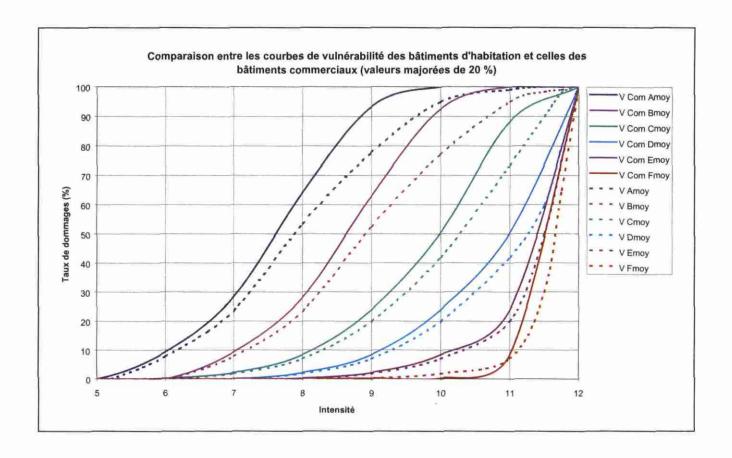


Figure 16 : Comparaison des vulnérabilités entre les bâtiments d'habitation et les bâtiments commerciaux

<u>V moy :</u> taux de dommage moyen pour les bâtiments d'habitation ; <u>Com moy :</u> taux de dommage moyen pour les bâtiments commerciaux

#### 1.3. VULNERABILITE DES BATIMENTS DE CLASSE C

Une méthode d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments de classe C a été proposée par Thibault dans l'étude du GEP<sup>5</sup>.

Cette méthodologie d'approche est empirique, avec un résultat modeste mais suffisant à ce stade de l'étude. L'examen de chaque bâtiment est en effet effectué sur site sans toutefois pénétrer dans les immeubles.

L'analyse aboutit à l'évaluation d'un indice de vulnérabilité variable de 0, pour la présomption d'un endommagement nul, à 1 pour la ruine de l'édifice. L'évaluation est censée correspondre à une agression sismique de zone II.

L'indice de vulnérabilité V est la somme de l'indice V1, correspondant aux critères de base, et de l'indice V2, correspondant aux éléments critiques.

#### 1.3.1. Critères de base (V1)

L'indice V1 cumule l'influence des caractéristiques d'ensemble de la construction sur le niveau de vulnérabilité. Trois caractéristiques sont considérées : âge, matériau structural et état d'entretien.

$$V1 = VA + VM + VE$$
 (V1 variable de 0 à 0,50)

#### Avec:

VA = âge de construction	
après 1977	VA = 0.05
entre 1949 et 1977	VA = 0.15
entre 1880 et 1949	VA = 0.10
avant 1880	VA = 0,20
VM = matériau structural	
béton armé	VM = 0.05
charpente métallique	VM = 0.05
maçonnerie	VM = 0,15
VE = état d'entretien	
Etat 1 bon	VE = 0
Etat 2 assez bon	VE = 0.05
Etat 3 assez mauvais	VE = 0,10
Etat 4 mauvais	VE = 0,153

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Risque Sismique sur Nice – Phase 1, par le CETE méditerranée : J.P. Méneroud

#### 1.3.2. Facteurs de vulnérabilité (V2)

Les données recueillies ne correspondent qu'à des observations extérieures aux constructions.

Thibault propose alors des fiches d'évaluation de la vulnérabilité du bâti courant (Figure 17), établie par le groupe de travail du bâti existant de l'AFPS, une liste de 22 facteurs de vulnérabilité susceptibles d'être renseignés sans pénétrer dans les locaux.

Les 22 facteurs appellent une réponse binaire 1/0 pour oui/non. Un poids est attribué à chacun d'eux en fonction du degré de dommages qu'il peut induire et la somme pondérée (500) des 22 valeurs est normée à 0,50.

Le résultat obtenu, noté V2, caractérise l'incidence des points critiques observables de l'extérieur.

Critères	Définition du critère (réponse défavorable = oui)	oui	non	poids	V2
a	Pente générale du terrain (p > 30 %)			25	
b	Proximité de changement de pente (d < 2 h)			50	
С	Soutènement ou talus (d < 2 h)	<u> </u>		40_	
d	Bâtiment proche (d < h)	<u> </u>		25	
e	Bâtiment accolé avec joint insuffisant ou obstrué (e < 4 cm)	į		15	
_f	Dissymétrie en plan			25	
g	Elancement en plan $(L/l > 4)$			10	
h	Parties saillantes ou rentrantes	l"		15	
i	Etages de hauteur différente			10	
i	Retraits en façades			15	
k	Transparence complète	<u> </u>		90	
1	Demi - transparence	<u> </u>		60	
m	Angle affaibli	<u> </u>		20	
n	Non continuité verticale des éléments porteurs			25	
0	Présence de poteaux courts	<u> </u>		25	
p	Présence de poteaux élancés	<u> </u>		10	
q	Présence de percements ou inserts dans la structure porteuse			10	
r_	Porte à faux > 2 m			5	
s	Présence de souches de cheminées vulnérables et dangereuses			5	
t	Modénatures de façades vulnérables et dangereuses			5	
u	Antenne hertzienne en toiture			5	
v	Revêtement lourd agrafé ou collé (pierre, béton, verre)			10_	
				500	

Figure 17 : Fiche d'acquisition et de traitement des facteurs de vulnérabilité

#### 1.3.3. Transposition des valeurs de vulnérabilité en courbes EMS 92

Les valeurs de vulnérabilité V (correspondant à la somme des indices V1 et V2) de construction de classe C n'ont pas de signification tant qu'elles ne sont pas associées à un séisme de niveau donné. Pour y remédier, il sera nécessaire de les caler sur une intensité de l'échelle EMS92. Cet ajustement doit autant que possible tenir compte du calibrage déjà retenu pour le bâti de classe B.

Dans le cas de l'étude GEP de Thibault sur la ville de Nice, les valeurs de vulnérabilité obtenues pour la classe C s'étalent de 0,58 pour les Galeries Lafayette (bâtiment ancien du XIXème comportant des transparences très importantes sur les niveaux inférieurs) à 0,12 pour les locaux de l'entreprise Trivério.

Le type de structure des Galeries Lafayette correspond au type T1 (construction entre 1860 et 1940).

Le bâtiment abrite une activité commerciale.

En conservant les mêmes références que pour le bâti B, on trouverait que la vulnérabilité des Galeries Lafayette, pour un séisme d'intensité IX, vaudrait : V= 0,27\*1,20 = 0,32, ou encore 0,59 pour I=X. Si on effectue le calage des valeurs obtenues pour le bâti C sur une intensité I=X, on obtient la courbe C- pour les Galeries Lafayette (V=0,58).

En conservant le calage sur l'intensité I=X, la valeur de vulnérabilité minimale (V=0,12) correspondrait à la courbe E-, c'est-à-dire aux constructions en béton armé bénéficiant d'un niveau moyen de dispositions parasismiques.

Finalement, on aboutit au calibrage suivant pour l'ensemble des bâtiments étudiés dans l'étude du GEP :

```
V=0,10; courbe E-,
V=0,18; - D+,
V=0,24; - D,
V=0,27; - D-,
V=0,44; - C+,
V=0,53; - C,
V=0,59; - C-.
```

En généralisant les courbes à l'ensemble des installations niçoises de classe C, il est possible d'établir une première ébauche de carte de vulnérabilité.

"Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit. Proposition d'une méthodologie et exemple d'application". Projet GE.RI.A. – Phase 3

## 2. Mise en place de scénarios sur trois quartiers de Nice à partir de la méthode EMS-92

#### 2.1. METHODOLOGIE

Un scénario de séisme sur quatre quartiers de la ville de Nice est établi à l'aide des fonctions de vulnérabilité définies par cette méthode.

Dans ce chapitre, la typologie des bâtiments correspond à celle utilisée dans le projet Gemitis Nice<sup>6</sup>:

- T1: bâtiments anciens réalisés en maçonnerie qui correspondent au bâtiment type niçois construit entre 1880 et 1940
- T2: bâtiments très anciens en maçonnerie qui ont été bâtis avant 1880 et présentent des caractéristiques particulières que l'on rencontre dans le vieux Nice
- T3: bâtiments en béton armés réalisés après la guerre jusqu'en 1969 (date estimée).
- T4: bâtiments réalisés depuis 1969 (date estimée) et suivant les règles de construction parasismiques.

#### 2.1.1. Données utilisées

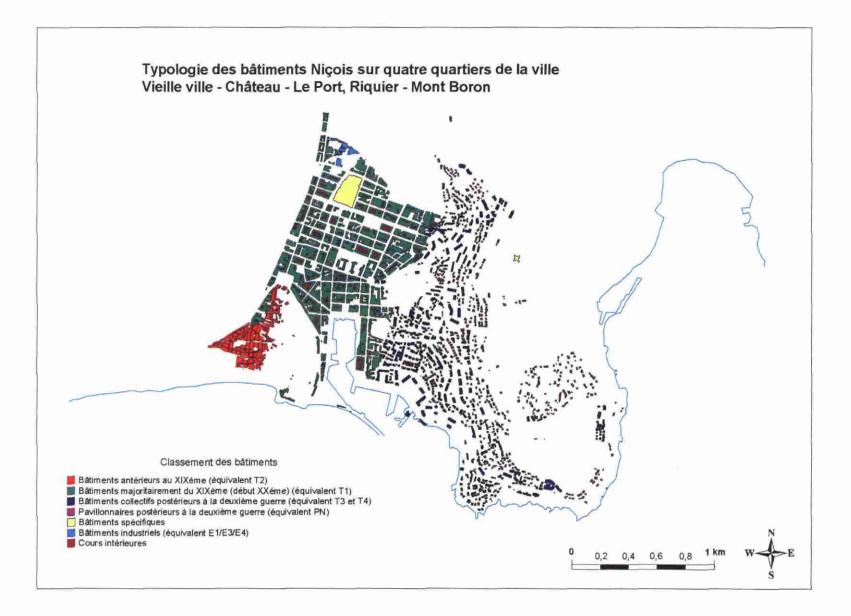
Les données utilisées pour ce scénario sur Nice sont issues du projet Gémitis Nice et correspondent aux :

- Bâtiments par époque de construction rapportés à la typologie de type T1, T2, T3 et T4 (les bâtiments spécifiques, les pavillons récents PN et les entrepôts n'ont pas été pris en compte dans cet essai de scénario) (voir figure 18);
- Intensités (fichier : ALEASINT) correspondant à l'intensité avec effet de site du séisme de type « Ligure » retenu ;
- Taux de dommages interprétés en terme de probabilité de dommages, calculés par intensité et demi-intensité (voir Annexe 1) et corrélés avec les typologies de bâti et l'aléa intensité.

L'exemple proposé est pris pour un niveau de dommages de niveau 5, c'est à dire un effondrement total du bâtiment.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Nous ne présentons ici que les résultats concernant les dommages de niveau 5, mais la méthodologie est la même pour les 5 niveaux de dommages.

Figure 18 : Typologie des bâtiments Niçois sur quatre quartiers de la ville de Nice



"Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit. Proposition d'une méthodologie et exemple d'application". Projet GE.RI.A. – Phase 3

#### 2.1.2. Mise en place du scénario

Pour chacune des typologies, nous avons pris les deux valeurs limites de probabilité de dommages appartenant aux deux classes de vulnérabilité les plus vraisemblables selon la méthodologie décrite dans le paragraphe 1.2.2: Fonctions d'endommagement, que nous avons interprétées comme étant les deux cas extrêmes dans l'évaluation des dommages (meilleur des cas et pire des cas).

- Ainsi, pour les bâtiments de type T1, les valeurs de probabilité de dommages sont celles des classes de vulnérabilité B et D;
- Pour les bâtiments de type T2, les valeurs de probabilité de dommages correspondent aux classes de vulnérabilité A et B;
- Pour les bâtiments de type T3, il s'agit des classes C et D;
- Pour les bâtiments de type T4, il s'agit des classes E et F.

Chaque bâtiment est alors affecté d'une probabilité de dommages de niveau 5 pour chacun des cas extrêmes.

Afin de traduire l'incertitude dans les résultats liée au « fuseau » mis en évidence entre deux classes de vulnérabilité les plus vraisemblables, nous avons réunis les deux cas extrêmes pour donner des « fourchettes » de probabilités de dommages.

Chaque bâtiment est donc affecté par une « fourchette » de probabilité de dommages de niveau 5 (effondrement total du bâtiment) liée aux deux cas extrêmes pris en compte.

#### 2.2. PRESENTATION DES RESULTATS

Les résultats du scénario sont présentés en figure 19.

La cartographie montre donc une répartition des dommages cohérente avec la répartition des typologies de bâtiments.

Les probabilités d'obtenir des dommages de niveau 5 (effondrement total du bâtiment) varient entre une probabilité nulle et une probabilité de 0,25.

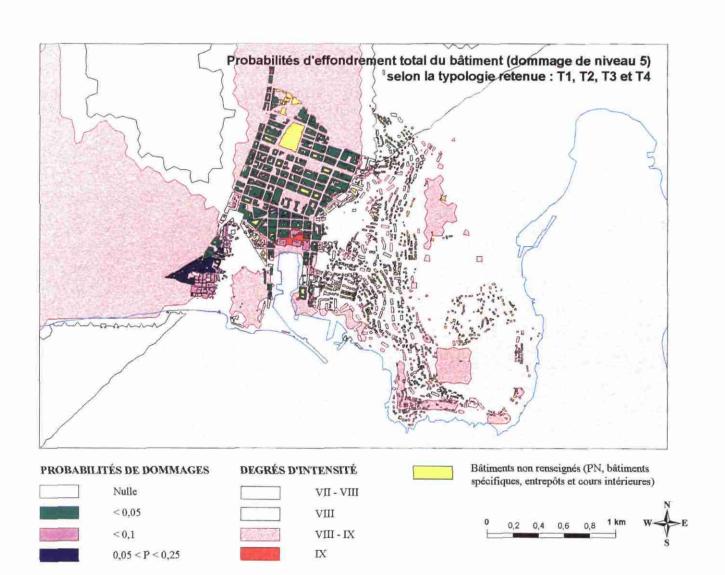
Ainsi, parmi l'ensemble des bâtiments colorés en vert, moins de cinq bâtiments sur cent vont être endommagés au niveau 5;

Parmi l'ensemble des bâtiments colorés en mauve, moins de dix bâtiments sur cent vont être endommagés à un niveau 5;

Parmi l'ensemble des bâtiments colorés en violet, les résultats donnent une fourchette comprise entre 5 et 25 bâtiments sur 100 endommagés au niveau 5.

Les zones colorées en jaune n'ont pas été renseignés pour cet essai. Il s'agit des pavillons récents (PN), bâtiments spécifiques, entrepôts et les cours intérieures.

Rapport BRGM/RP-51301-FR



# 3. Evaluation de la vulnérabilité du milieu construit : comparaison de différentes méthodes d'approche

Ce chapitre a pour objectif de montrer l'existence d'autres méthodologies sur la prise en compte de la vulnérabilité du bâti existant. Une comparaison avec la méthodologie des EMS-92 décrite précédemment permet de cerner les limites de ces méthodes :

- la méthodologie Hazus (1997);
- la méthodologie de Cochrane et Schaad (1992);
- la méthodologie de Spence et al. (1992);
- la méthodologie de Benedetti (1988).

#### 3.1. LA METHODOLOGIE HAZUS (1997)

#### 3.1.1. Méthodologie

La méthodologie d'approche Hazus<sup>7</sup> est basée sur une classification des bâtiments selon des critères structuraux (structure interne du bâtiment, hauteur...) et non structuraux (FEMA – 178, FEMA, 1992).

Elle distingue systématiquement pour chaque type de bâtiment le niveau relatif au nombre d'étages et à la hauteur du bâtiment.

En ce qui concerne les bâtiments d'habitations, 36 classes de bâtiments sont définies en fonction du type de structure et du nombre d'étages (Figure 20 et 21).

De la même façon, d'autres classifications ont été définies pour les bâtiments stratégiques, commerciaux...

<sup>7 «</sup> Earthquake Loss Estimation Methodology HAZard US 97 (HAZUS 97) » - Federal Emergency Management Agency (1997)

W ½	Bois, structure légère	L/M/H décrit la hauteur du bâtiment
	Bois, commerces et industries	L: low-rise
S1 <sup>L/M</sup>	Portiques en acier	M : Mid-rise
S2 L/M/H	Portiques armés en acier	H: High-Rise
S3	Portiques en acier léger	
S4 <sup>L/M/H</sup>	Portiques en acier avec murs de cisai	llement en béton précontraint
S5 L/M/H	Portiques en acier avec murs en maço	<del>-</del>
C1 L/M/H	Portiques en béton	
C2 L/M/H	Murs de cisaillement en béton	
C3 L/M/H	Portiques en béton avec murs en maç	connerie non renforcée
PC1	Murs en béton précontraint	
PC2 L/M/H	Portiques en béton précontraint avec	murs de cisaillement en béton
RM1 <sup>L/M</sup>	Murs en maçonnerie armée avec diap	ohragme en bois ou en métal
RM2 L/M/H	Murs en maçonnerie armée avec diap	
URM L/M	Murs en maçonnerie non renforcée	

Figure 20: Eléments structuraux caractérisant les bâtiments classés selon la typologie Hazus

			Height			
No. Label	Description	Range		Typical		
	Laber	Description	Name	Stories	Stories	Feet
1	W1	Wood, Light Frame (< 5,000 sq. ft.)		1 - 2	1	14
2	W2	Wood, Commercial and Industrial (> 5,000 sq. ft.)		All	2	24
3	SIL		Low-rise	1 - 3	2	24
4	S1M	Steel Moment Frame	Mid-rise	4 - 7	5	60
5	SIH		High-rise	_ 8+	13	156
6	S2L		Low-rise	1-3	2	24
7	S2M	Steel Braced Frame	Mid-rise	4 - 7	5	60
8	S2H		High-rise	8+	13	156
9	S3	Steel Light Frame		All	1	15
10	S4L	Ct. 1.F	Low-rise	1 - 3	2	24
11	S4M	Steel Frame with Cast-in-Place	Mid-rise	4 - 7	5	60
12	S4H	Concrete Shear Walls	High-rise	_ 8+	13	156
13	S5L	0. 15 '411 '6 1	Low-rise	1 - 3	2	24
14	S5M	Steel Frame with Unreinforced	Mid-rise	4 - 7	5	60
15	S5H	Masonry Infill Walls	High-rise	8+	13	156
16	C1L		Low-rise	1 - 3	2	20
17	CIM	Concrete Moment Frame	Mid-rise	4 - 7	5	50
_18	C1H	li	High-rise	_ 8+	12	120
19	C2L		Low-rise	1-3	2	20
20	C2M	Concrete Shear Walls	Mid-rise	4 - 7	5	50
21	C2H_		High-rise	_8+	12	120
22	C3L	Control Francisco de la Contro	Low-rise	1 - 3	2	20
23	СЗМ	Concrete Frame with Unreinforced	Mid-rise	4 - 7	5	50
24	C3H	Masonry Infill Walls	High-rise	8+	12	120
25	PC1	Precast Concrete Tilt-UP Walls		_A11	11	15
26	PC2L		Low-rise	1 - 3	2	20
27	PC2M	Precast Concrete Frames with	Mid-rise	4 - 7	5	50
28	РС2Н	Concrete Shear Walls	High-rise	_8+	12	120
29	RM1L	Reinforced Masonry Bearing Walls	Low-rise	1 - 3	2	20
_30		with Wood or Metal Deck Diaphragms		4+	5	50
31	RM2L	Dainforced Mason Deserve W-11-	Low-rise	1 - 3	2	20
32	RM2M	Reinforced Masonry Bearing Walls	Mid-rise	4 - 7	5	50
33	RM2H	with Precast Concrete Diaphragms	High-rise	8+	12	120
34	URML	I Immainformed Massers Despite Wells	Low-rise	1 - 2	1	15
35	URMM	Unreinforced Masonry Bearing Walls	Mid-rise_	3+	3	35
36	MH	Mobile Homes		All	1	10

Figure 21 : Structures des différents types de bâtiments (Hazus, 1997)

A partir de ces types de structures, quatre niveaux de dommages structuraux sont définis dans la classification Hazus :

- slight structural damage
- moderate structural damage
- extensive structural damage
- complete structural damage

Ainsi que trois codes de construction en fonction de l'âge du bâtiment :

- High code: pour les constructions postérieures à 1973
- Moderate code: pour les constructions postérieures à 1940
- *Pre Code*: pour les constructions d'avant 1940, c'est à dire avant les codes de construction parasismiques.

Les dommages (probabilités et taux de dommages) sont systématiquement donnés en fonction du déplacement du bâtiment.

Les fonctions de dommages du bâtiment issues de la méthodologie Hazus incluent les courbes de fragilité (probabilité de dommage en fonction du déplacement) et les courbes de capacité (accélération en fonction du déplacement).

#### 3.1.1.1 Courbes de capacité

Les courbes de capacité correspondent à des courbes de résistance qui montrent les dommages au bâtiment en fonction de son déplacement. Ces courbes ne concernent que les dommages structuraux.

Elles sont construites à partir de trois points de contrôle délimitant les domaines élastiques et post-élastiques :

- Design capacity
- Yield capacity
- Ultimate capacity

#### 3.1.1.2 Courbes de fragilité

Les courbes de fragilités peuvent concerner aussi bien les dommages structuraux et non structuraux.

Elles décrivent la probabilité d'atteindre ou de dépasser différents degrés de dommages (dommages faibles, modérés, forts ou complets).

#### 3.1.2. Application de la méthode

L'application de la méthode Hazus sur les projets type Gemitis Nice et Geria nécessite qu'une correspondance soit établie entre les types de bâtiments utilisés dans Hazus et la typologie utilisée dans les projets Gemitis-Nice et Geria. Cette relation est basée uniquement sur les éléments structuraux du bâtiment.

Ainsi, plusieurs types de bâtiments Hazus peuvent être regroupés et représenter une typologie de type T1, T2, T3... donnée (Figure 22) :

Deux types de structures sont alors prédominantes pour l'application de la méthode :

- Les structures en maçonnerie
- Les structures en béton armé

Typologie utilisée dans Gemitis Nice	Typologie utilisée dans Geria	Typologie Hazus	
Type T1, pavillons anciens	Type T2, pavillons anciens	URM: Unreinforced Masonry bearing walls RM1M: Reinforced Masonry Bearing Walls with Wood or Metal Deck Diaphragms RM2M: Reinforced Masonry Bearing Walls with Precast Concrete Diaphragms (S5: Steel Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls)	Maçonno prédomi
Type T2	Type T1	URM: Unreinforced Masonry bearing walls	
Type T3, pavillons récents	Type T3, pavillons récents	C1: Reinforced Concrete Moment frame S4: Steel Frame with Cast-in-place Concrete Shear Walls C3: Concret Moment Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Béton prédomi
Type T4	Type T4	PC1: Precast Concrete Tilt-Up Walls PC2: Precast Concrete Frames with concrete shear walls	

nerie inante

armé inant

Figure 22 : Correspondance entre les différentes typologies

Les éléments structuraux ont permis de distinguer les différentes classes de bâtiments présentées ci-dessus.

Ils correspondent à la structure interne du bâtiment : construction en maçonnerie, poteaux-poutre, plancher en béton armé ...

Par exemple, pour les trois types de bâtiments Hazus suivant, correspondant chacun à une typologie utilisée en France, les éléments structuraux intervenant dans la description du bâti sont les suivants :

URM: Unreinforced Masonry bearing walls	→ Structure en bois
	Plancher en béton coulé sur place
(type T1 / T2)	Murs en maçonnerie non renforcée
	Eléments de structure en acier
C1: Reinforced Concrete Moment frame (Type T3)	Structure en béton armé
PC2: Precast Concrete Frames with concrete	shear walls
-	→ Béton precontraint
(Type T4)	Poteaux poutres
	Armatures en acier entre éléments de béton precontraint

## 3.1.2.1 Construction des courbes de capacité Hazus selon la typologie utilisée dans Gémitis Nice et Geria

Nous utiliserons dans ce paragraphe la typologie choisie pour le projet Geria.

La formule utilisée pour le calcul des périodes est la suivante :

$$Sdi = \frac{Ti^2}{4\pi^2} \quad Sai$$

Six périodes ont été choisies comme périodes de référence

T1 = 0,1 s

T2 = 0.5 s

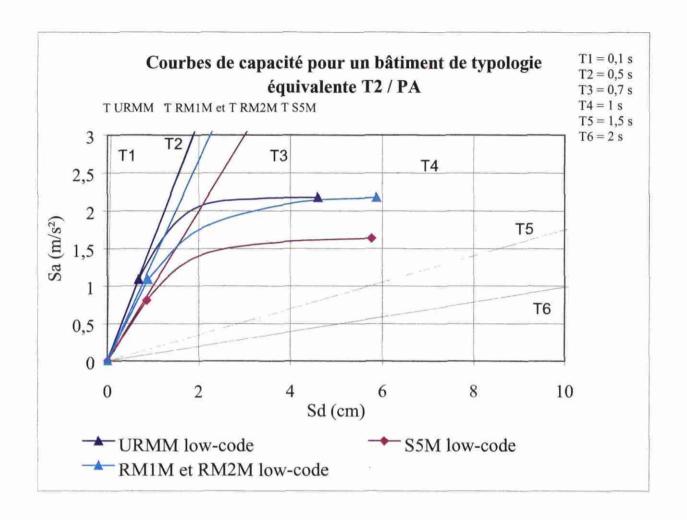
T3 = 0.7 s

T4 = 1 s

T5 = 1,5 s

T6 = 2 s

Ti en s Sdi en m Sai en m/s<sup>2</sup>

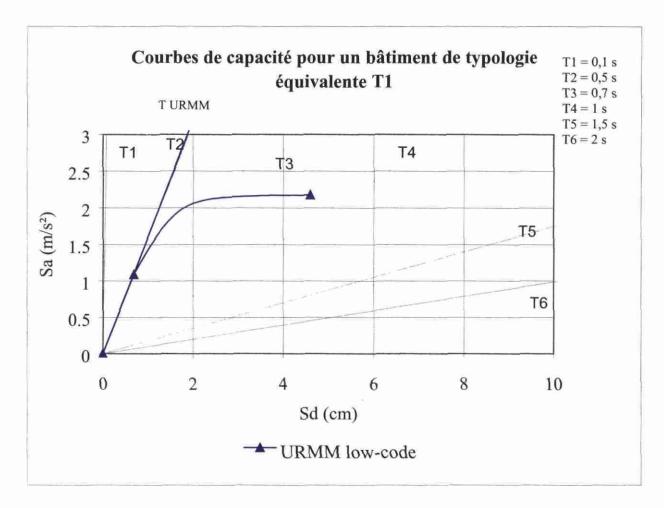


		Yield Capacity	Ultimate Capacity
URMM	Sd (cm)	0,69	4,60
low-code	Sa (m/s²)	1,09	2,18
S5M	Sd (cm)	0,86	5,77
low-code	Sa (m/s²)	0,81	1,64
RM1M	Sd (cm)	0,89	5,87
low-code	Sa (m/s²)	1,09	2,18
RM2M	Sd (cm)	0,89	5,87
low code	Sa (m/s²)	1,09	2,18

Low-code: pour les constructions d'avant 1940

#### Calcul des périodes propres à chaque bâtiment :

Periodes T (s)	
T URMM low code	0,50
T S5M low code	0,65
T RM1M low code	0,57
T RM2M low code	0,57

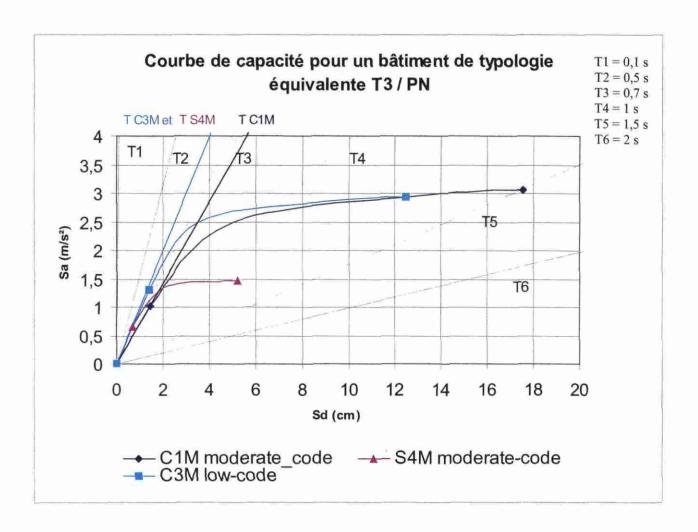


5		Yield Capacity	Ultimate Capacity
URMM	Sd (cm)	0,69	4,60
low-code	Sa (m/s²)	1,09	2,18

Low-code: pour les constructions d'avant 1940

#### Calcul des périodes :

Periodes T (s)	
T URMM low code	0,50



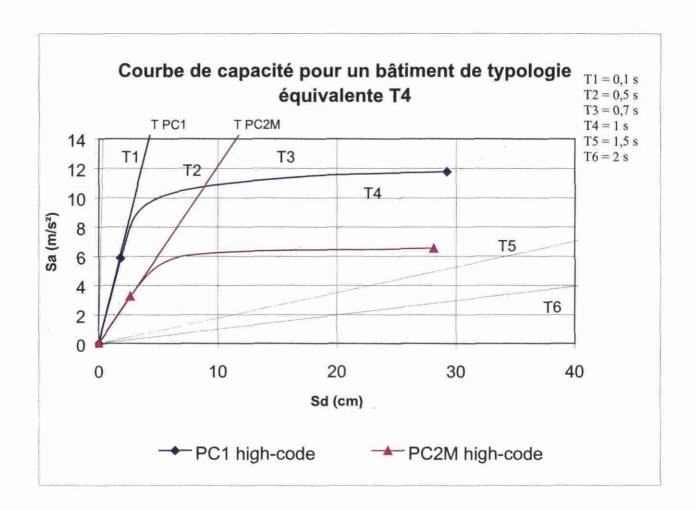
		Yield Capacity	Ultimate Capacity
C1M	Sd (cm)	1,47	17,55
moderate-code	Sa (m/s²)	1,02	3,06
S4M	Sd (cm)	0,69	5,21
moderate-code	Sa (m/s²)	0,66	1,47
C3M	Sd (cm)	1,40	12,47
low-code	Sa (m/s²)	1,30	2,94

Low-code: pour les constructions d'avant 1940

Moderate-code: pour les constructions postérieures à 1940

#### Calcul des périodes :

Periodes T (s)	
T C1M moderate code	0,75
T S4M moderate code	0,64
T C3M low code	0,65



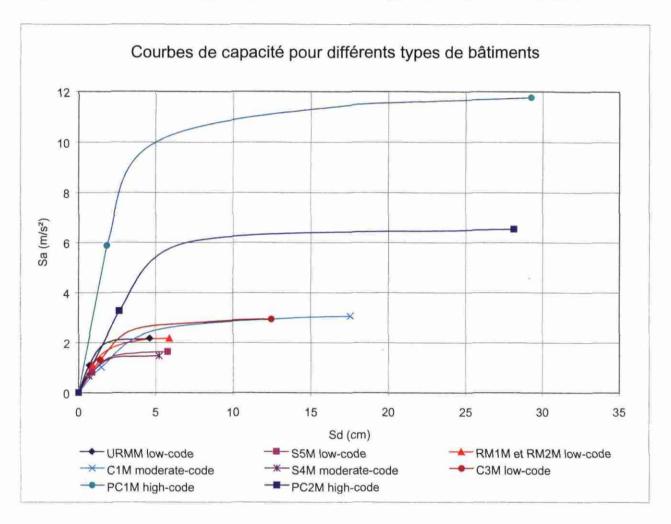
		Yield Capacity	Ultimate Capacity
PC1M	Sd (cm)	1,83	29,24
high-code	Sa (m/s²)	5,89	11,77
PC2M	Sd (cm)	2,64	28,12
high-code	Sa (m/s²)	3,27	6,54

High-code: pour les constructions postérieures à 1973

#### Calcul des périodes :

Periodes 1	T (s)
T PC1M high code	0,35
T PC2M high code	0,56





#### Commentaires:

Quatre catégories de bâtiments sont mises en évidence dans la figure ci-dessus, en fonction de la valeur du déplacement (Sd) et de l'accélération (Sa) au moment du passage en domaine post-élastique.

- Une catégorie de bâtiments concernant les typologies URMM / S5M / RM1M / RM2M et S4M dont le passage au domaine post-élastique est atteint pour un déplacement compris entre 4 et 6 cm (pour une accélération variant entre 1,5 et 2,2 m/s²;
- Une catégorie de bâtiments concernant les typologies C1M et C3M dont le passage au domaine post-élastique est atteint pour un déplacement compris entre 12 et 18 cm (pour une accélération de 3 m/s²);
- Une catégorie de bâtiments concernant la typologie PC2M dont le passage au domaine post-élastique est atteint pour un déplacement égal à 28 cm, avec une accélération égale à 6,5 m/s²;

• Une quatrième catégorie concernant la typologie PC1M dont le passage au domaine post-élastique est atteint pour un déplacement égal à 29 cm et une accélération égale à 11,8 m/s².

Comparaison des résultats avec la typologie utilisée dans le projet Geria :

Typologie utilisée dans Geria	Typologie Hazus				
	URM: Unreinforced Masonry bearing walls				
Time T2 nevillans	RM1M: Reinforced Masonry Bearing Walls with Wood or Metal Deck Diaphragms				
Type T2, pavillons anciens	RM2M: Reinforced Masonry Bearing Walls with Precast				
	Concrete Diaphragms (S5 : Steel Frame with				
}	Unreinforced Masonry Infill				
<u> </u>	Walls)				
Type T1	URM : Unreinforced Masonry bearing walls				
	C1: Reinforced Concrete Moment frame				
Type T3, pavillons	S4: Steel Frame with Cast-in-				
récents	place Concrete Shear Walls				
	C3: Concret Moment Frame with				
	Unreinforced Masonry Infill Walls				
	PC1: Precast Concrete Tilt-Up				
Type T4	Walls				
1,1001.	PC2 : Precast Concrete Frames				
	with concrete shear walls				

Résultats de l'interprétation des courbes de capacité Hazus	
1 <sup>ère</sup> catégorie (équivalente T2) :	
typologies URMM / S5M / RM1M / RM2M et S4M	
2 <sup>ème</sup> catégorie (équivalente T3) :	
typologies C1M et C3M	
3 <sup>ème</sup> catégorie (équivalente T4a) :	
typologie PC2M	
4 <sup>ème</sup> catégorie (éqivalente T4b):	
typologie PC1M	

Les catégories de bâtiments issues des courbes de capacité Hazus réajustent la classification utilisée dans le projet Geria, du type T1, T2, T3 et T4:

La typologie T1 n'est plus différenciée;

La typologie T2 reste sensiblement composée des mêmes types de bâtiments ;

La typologie T3 perd les bâtiments de type S4;

La typologie T4 est scindée en deux catégories.

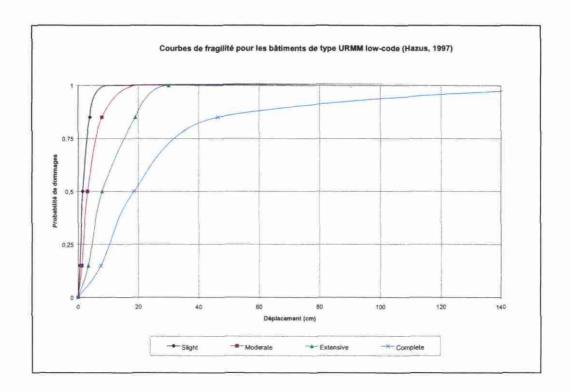
## 3.1.2.2 Construction des courbes de fragilité Hazus selon la typologie utilisée dans Gémitis Nice et Geria

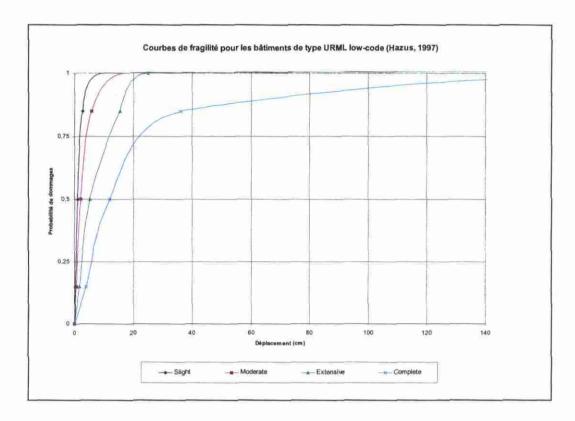
Les figures suivantes présentent les courbes de fragilité : probabilité de dommages en fonction du déplacement (en cm) pour les typologies Hazus correspondant aux bâtiments de Nice et de Menton.

♦ Typologie Hazus : URM (UnReinforced Masonry bearing walls) murs en maçonnerie non renforcée)

URML : Low rise URMM : Mid rise

Low-code: pour les constructions d'avant 1940

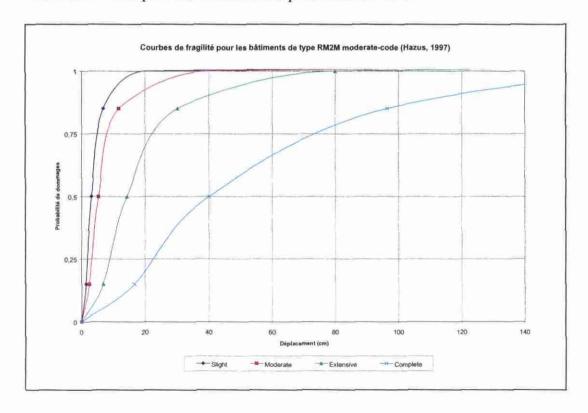


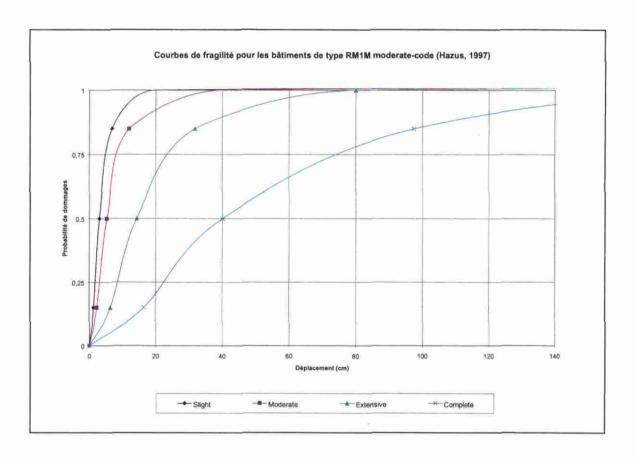


Typologie Hazus: RM2 (Reinforced Masonry Bearing Walls with Precast Concrete Diaphragms) murs en maçonnerie armée avec diaphragmes en béton précontraint RM1 (Reinforced Masonry Bearing Walls with Wood or Metal Deck Diaphragms) murs en maçonnerie armée avec diaphragmes en bois ou en métal

RM2M / RM1M : Mid rise

Moderate-code: pour les constructions postérieures à 1940

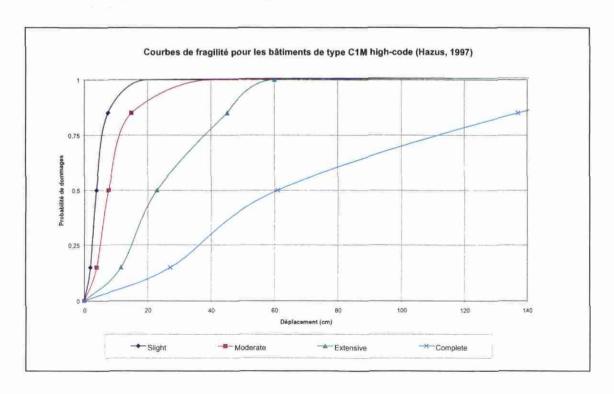


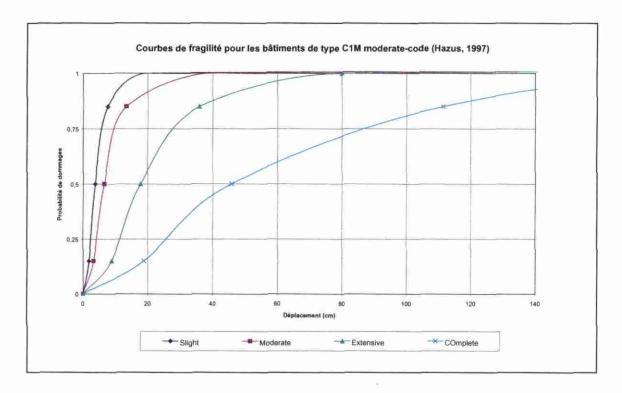


♦ Typologie Hazus : C1 (Concrete Moment Frame) portiques en béton

C1M: Mid rise

High-code : pour les constructions postérieures à 1973 Moderate-code : pour les constructions postérieures à 1940





#### Commentaires:

La construction des courbes de fragilité d'après les données Hazus met en évidence une des limites de cette méthodologie.

Pour corréler les résultats obtenus à partir des courbes de fragilité Hazus, à savoir des probabilités de dommages par type de construction en fonction du déplacement du bâtiment, il serait nécessaire d'avoir une relation déplacement - accélération pour pouvoir estimer une probabilité de dommages.

Dans le cadre du projet GE.RI.A, l'utilisation de la méthodologie HAZUS ne s'avère donc pas nécessaire dans un premier temps, compte tenue de ses limites.

#### 3.2. LA METHODOLOGIE DE COCHRANE ET SCHAAD (1992)

La méthodologie de Cochrane et Schaad utilise des données qui proviennent de la littérature et d'enquêtes post-sismiques.

Six classes de bâtiments sont définis dans cette méthodologie, principalement à partir d'éléments structuraux :

Classe 3A: Portiques en béton armé avec murs en béton armé ou en briques;

Classe 3B: Portiques en béton armé sans murs de cisaillement et avec des murs de remplissage en béton précontraint, en briques, des vitres, etc;

Classe 3C: Portiques en béton précontraint avec des planchers suspendus, avec ou sans murs de cisaillement;

Classe 4A: Murs en béton armé, précontraint, maçonnerie armée ou murs en blocs de béton creux:

Classe 4B: Murs en briques non armées ou en blocs de béton pleins;

Classe 4C: Murs en blocs de béton creux non armés.

Différents facteurs influencent la vulnérabilité:

- âge
- valeur assuré
- usage
- sol de fondation
- hauteur du bâtiment
- régularités et symétries
- qualité de la construction
- types de matériaux

Pour construire les fonctions de vulnérabilité, un poids est affecté à chacun de ces facteurs.

On obtient une fonction de vulnérabilité reliant un taux de dommage moyen (%) et une intensité MMI (échelle de Mercalli modifiée) (Figure 23).

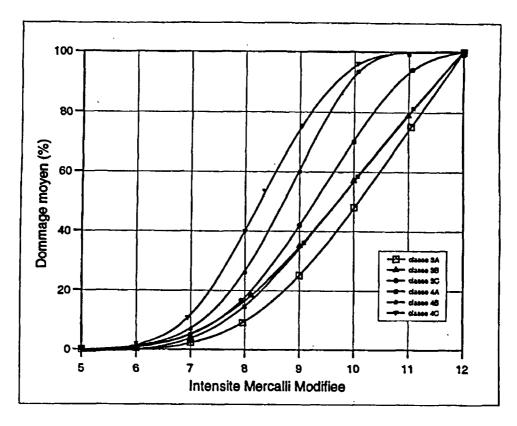


Figure 23 : Courbes de vulnérabilité de bâtiments de différents types de matériaux d'après Cochrane et Schaad (1992)

#### 3.3. LA METHODOLOGIE DE SPENCE ET AL. (1992)

La méthodologie de Spence et al. utilise l'échelle PSI (Paramterless Scale of Intensity) La classification des constructions est basée sur celle de l'échelle MSK-64, mais elle est plus détaillée pour les besoins de l'échelle PSI: 14 classes de bâtiments définies à partir des éléments structuraux sont donc utilisées, dont 8 plus répandues (Figures 24-25).

	MSK Intensity Scale Definition	Main Structural Classification	Bullding Type
Non Engineered Buildings	Masonry Type A Weak Masonry	AR Rubble Stone	AR1 Rubble Stone masonry in mud or lime mortar
		AE Earthen	AE1 Rammed earth constr., earth cob, or solid soil
	]		AE2 Composite earth with timber or fibre, wattle and daub, earth and bamboo
		AA Adobe (Earth brick)	AA1 Adobe sun-dried earth brick in mud mortar
•	Masonry Type B	BB Unreinforced Brick	BB1 Unreinf, Fired Brick Masonry in cement mortar
			BB2 Brick masonry with horizontal reinforcement
	Loadbearing unit	BC Concrete Block	BC1 Concrete Block
	block masonry	BD Dressed Stone Masonry	BD1 Stone masonry, squared and cut, dimensioned stone, monumental
	Building Type C	CC RC Frame cast in-situ	CC1 Reinforced Concrete Frame, in-situ
	Frame Structures	CT Timber Frame	CT1 Timber Frame with heavy infill masonry
			CT2 Timber Frame with timber cladding, Lightweight structure
Engineered	Building Type D	DB Reinforced Masonry	DB1 Reinforced Brick Masonry
Buildings	Engineered Struct.	DC In-Situ RC Frame	DC1 In-situ RC Frame with non-structural cladding
			DC2 In-situ RC Frame with infill masonry
			DC3 In-situ RC Frame with shear wall
		DP Precast RC Structure	DP1 Precast RC Frame with infill masonry
			DP2 Precast RC Frame with concrete shear walls
			DP3 Precast Large Panel Structure
		DH Compos. Steel/RC	DH1 Composite steel frame with in-situ RC casing
		DS Steel Frame structures	DS1 Light steel frame
			DS2 Steel Frame, moment-resistant
			DS3 Steel frame with infill masonry
			DS4 Steel frame, braced
L	<u> </u>		DS5 Steel frame with RC shear wall or core

Figure 24 : Classification des constructions de l'échelle PSI (Spence et al., 1992)

	f	Di	D2	D3	D4	D5
High Confidence (20 to 100 da	mage survey data points)					
BB1 Brick Masonry Unreinforced	ed y50 (µ):	4,9	7.8	10,0	11.6	13,3
	ψ16-50 (σ): [	2,5	2.5	2.5	2.5	2,5
	Conf. Limits (1 SD):	0.6	0.4	0.4	0.6	0.7
CC RC Frame, Non-seismic	Ψ50 (μ):	7.9	10.3	11.3	12.9	14.1
	ψ16-50 (σ): [	2.5	2.5	2.5	2.5	2,5
	Conf. Limits (1 SD):	0.7	0.9	0.5	0.8	1.0
AR Rubble Stone Masonry	γ50 (μ):	3.2	5.9	8.2	9.8	11,7
	ψ16-50 (σ): [	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	Conf. Limits (1 SD):	1.0	0.7	0.6	0.8	1.1
Good Confidence (up to 20 da	mage survey data points)			•		
AA Adobe (Earthen brick) Ma	isonry ψ50 (μ):	3.9	6.6	8.9	10.5	12.4
	ψ16-50 (σ):	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
BB2 Brick with ringbeam or di	aphragm y50 (µ):	6.5	9.4	11.6	13.2	14.9
• • •	ψ16-50 (σ):	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
BC Concrete Block Masonry	γ50 (μ):	5.6	8.5	10.7	12.3	14,0
•	ψ16-50 (σ):	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
BD Dressed Stone Masonry	Ψ50 (μ):	4,0	7.1	9.0	10.5	12.4
	ψ16-50 (σ):	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
DB Reinforced Unit Masonry		7,5	10.6	13.0	15.0	17.0
	ψ16-50 (σ):	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

Figure 25 : Paramètres des fonctions de vulnérabilité en échelle PSI pour les constructions les plus répandues

Cette méthodologie d'approche de la vulnérabilité permet une évaluation des dommages au voisinage des stations d'enregistrement (rayon 400m). Les fonctions de vulnérabilité sont donc corrélées aux mouvements du sol enregistrés.

Cette échelle PSI est basée sur les points suivants :

- La proportion de bâtiments d'une classe donnée C subissant un degré de dommages D, suit une loi gaussienne en fonction de l'intensité Ψ (Ψ et σ dépendent de C et D).
- Le point central de l'échelle PSI, correspondant à une valeur arbitrairement choisie de 10, est défini comme étant l'intensité requise pour causer 50 % de dommages de niveau D3 (dommages importants) aux bâtiments en maçonnerie de briques (notée BB1)
- L'unité de l'échelle PSI est définie comme correspondant à un écart-type σ (D3, BB1) de 2,5.

Les fonctions de vulnérabilité sont présentées en figures 26 et 27.

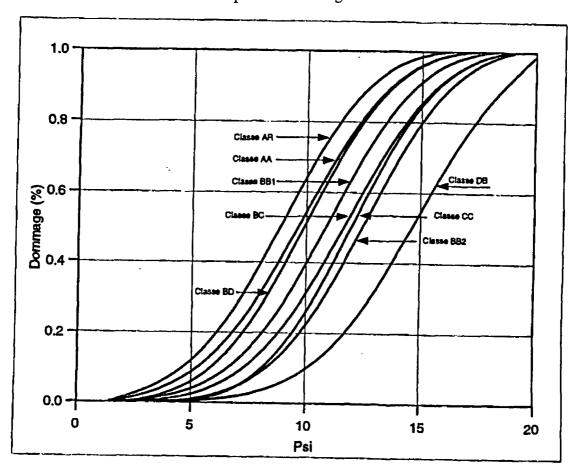


Figure 26 : Vulnérabilité du bâtiment relative à l'échelle PSI

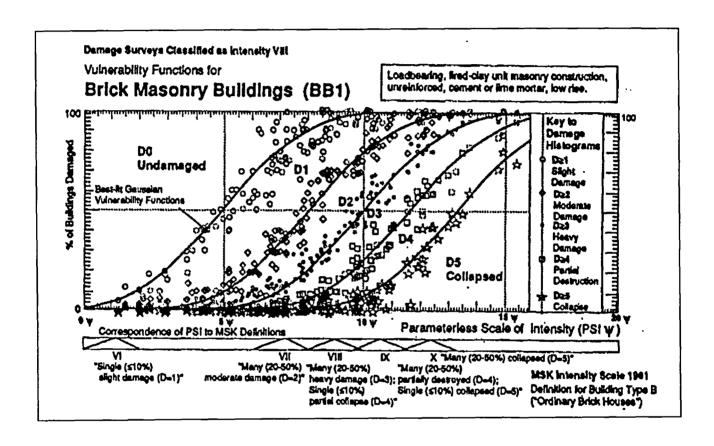


Figure 27: Fonctions de vulnérabilité correspondant aux niveaux de dommages D1 à D5 issues de la distribution des dommages pour les bâtiments en maçonnerie de briques non armée (Spence et al., 1992)

### 3.4. LA METHODOLOGIE DE BENEDETTI (1988)

Dans la méthodologie établie par Benedetti en 1988, le taux de dommage d'une construction est calculé en fonction d'un indice de vulnérabilité estimé à partir du diagnostic de l'édifice : indice VI.

Les caractéristiques mises en évidence sont alors pondérées des « notes » attribuées à chaque élément structural et non structural lors du diagnostic de construction (Figure 29), et corrélées avec l'intensité macrosismique.

Les ai sont des coefficients de régression (pour une intensité donnée) de données recueillies après des séismes survenus en Italie.

Sur la base de cet indice VI, ainsi obtenu par la somme de ces facteurs pondérés, on estime le taux de dommages d attendu pour une intensité I, par la formule :

$$D(VI,I) = a_0(I) + a_1(I)VI + a_2(I)VI^2$$

Les courbes ainsi obtenues sont représentées dans les figure suivante (Figure 28).

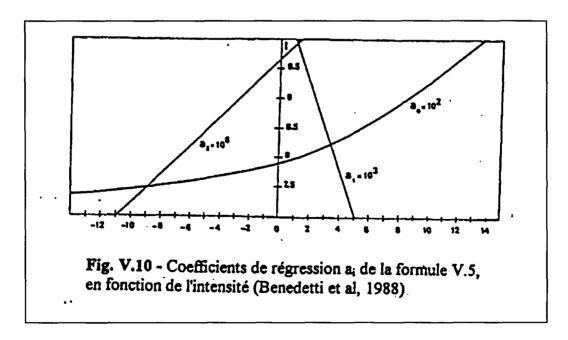


Figure 28 : Coefficients de régression  $a_i$  de la formule de Benedetti en fonction de l'intensité (Benedetti et al., 1988)

		Class	e	•		1	Indice
	Elément	Α	В	C	D	Poids	Partie
1	Liaison des murs	0	5	20	45	1.0	
2	Type de murs	0	5	25	45	0.25	}
3	Condition de sol	0	5	25	45	0.75	Ĭ
4	Résistance globale à l'effort tranchant	0	5	25	45	1.5	
5	Régularité en plan	0	5	25	45	0.50	
6	Régularité en élévation	lo	5	25	45		i
7	Planchers	lo	5	15	45	*	l
8	Toiture	0	15	25	45	<b> </b> *	ı
9	Détails	0	0	25	45	0.25	ł
	s générales	0	5	25	45	1.0	1
	d'entretien				_	]	ì
	Indice Global						

Figure 29 : Tableau pour l'évaluation de l'indice de vulnérabilité (\* Ce facteur poids est laissé à l'appréciation de l'opérateur)

Les classes A, B, C et D désignent un niveau de conformité aux règles parasismiques :

- A : élément conforme aux normes parasismiques (poids affecté 0);
- Entre B et C: élément situé entre parasismique et très vulnérable (poids affecté 5 ou 25);
- D: élément très vulnérable (poids affecté 45).

"Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit. Proposition d'une méthodologie et exemple d'application". Projet GE.RI.A. – Phase 3

## Conclusion

Cette étude a permis de proposer une méthodologie pour l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit, et de la comparer à d'autres méthodologies existantes.

Cette méthodologie est issue de l'« European Macrosismic Scale 1992 ». Elle permet une analyse de la vulnérabilité du bâti d'habitation et du bâti commercial à partir d'une description du bâtiment sur des critères simples. Cette description permet de définir des critères de vulnérabilité et d'affecter à chaque typologie de bâtiment une ou plusieurs classes de vulnérabilité réparties de façon homogène et statistique.

A partir de cette analyse de la vulnérabilité, on en déduit une évaluation des dommages. Les courbes d'endommagement donnent alors une probabilité de dommage.

Cette probabilité de dommage peut s'exprimer soit en fonction de l'intensité, soit en fonction de l'accélération.

La représentation retenue comme plus intéressante s'avère être la courbe de probabilité de dommages en fonction du niveau de dommages, pour une intensité donnée. Cette courbe d'endommagement est définie pour une classe de vulnérabilité (de A à F), associée elle-même à une typologie de bâtiments.

L'annexe 3 présente pour chaque typologie de bâtiment retenue sur les communes du projet Geria (notamment Menton et Roquebrune-Cap-Martin), les classes de vulnérabilité associées à chaque critère de description et les courbes d'endommagement correspondantes :

**Exemple :** Typologie de bâtiments T1 (bâtiments très anciens réalisés en maçonnerie et datant d'avant 1862.

Répartition selon les critères de vulnérabilité d'après les EMS-92 :

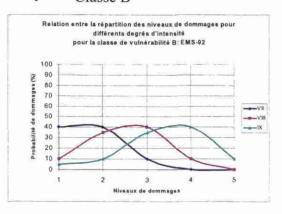
50 % moellons et pierres brutes

Classe A

50 % de pierres

Classe B





Classe A Classe B

L'application de la méthode des EMS-92 sur trois quartiers de Nice a permis de montrer une répartition des dommages de niveau 5 (effondrement total du bâtiment) cohérente avec la répartition des typologies de bâtiments. Les résultats obtenus montrent une incertitude issue de l'affectation statistique et homogène des classes de vulnérabilité à une typologie de bâti. Ainsi on obtient des probabilités de dommages allant d'une probabilité nulle à une probabilité de 0,25 d'avoir un effondrement total de l'édifice.

La comparaison avec la méthodologie Hazus (1997) a mis en évidence trois points importants :

- Hazus distingue deux types principaux de constructions : maçonnerie prédominante et béton armé prédominant, qu'il décline ensuite en différentes catégories à partir d'éléments de construction plus précis ;
- La comparaison des typologies par la construction des courbes de capacité de Hazus (spectre en déplacement en fonction du spectre en accélération) réajuste le classement des quatre principaux types de bâtiments (T1, T2, T3 et T4);
- La construction des courbes de fragilité Hazus met en évidence les limites de la méthode, à savoir une relation déplacement accélération pour estimer une probabilité de dommages.

## **Bibliographie**

- Benedetti D., Benzoni G., Parisi M.-A. (1988) Seismic vulnerability and risk evaluation for old urban nuclei, Earthquake Engineering and Structural Dynamic, vol. 16, pp. 183-201.
- CETE Méditerranée (2000) Risque sismique sur Nice Etude de scénarios de gestion de crise sismique. Définition de l'aléa, de la vulnérabilité et des enjeux., laboratoire de Nice, laboratoire de Nice, Rapport GEMGEP N° 98740136, 138p.
- Cochrane S.-W., Schaad W.- H. (1992) Assessment of earthquake vulnerability of buildings, 10 WCEE, Madrid, Spain.
- European Seismological Commission (1993) European Macrosismic Scale 1992 Grünthal G. Editor, Luxembourg.
- Farsi M. (1996) Identification des structures de génie civil à partir de leurs réponses vibratoires. Vulnérabilité du bâti existant. *Thèse de l'université Joseph Fourier*. 194 p. + annexes.
- Federal Emergency Management Agency (1997) Earthquake Loss Estimation Methodology. HAZUS 97 Technical Manual.
- Karnik V., Schenkova Z., Schenk V. (1984) Vulnerability and the MSK Scale, *Engineering Geology*, 20, pp. 161-168.
- Murphy J.R., O'Brien L.J. (1977) The correlation of peak ground acceleration amplitude with seismic intensity and other physical parameters, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 67(3), pp. 877-915.
- Spence R.-J.-S., Coburn A.-W., Pomonis A. (1992) Correlation of ground motion with building damage: The definition of a new damage-based seismic intensity scale, 10 WCEE, Madrid, Spain.
- Stieltjes L., Bour M., Monge O. avec la collaboration de Martin R., Mouroux P. (1997)
   Projet GEMITIS Nice: évaluation de l'aléa sismique local sur la ville de Nice.

  Rapport BRGM R39082, 80p., 22fig., 9 tabl., 8 pl. h.t.
- Thierry P., Zacek M., Vercellino G., Martin R. avec la collaboration de Bard P.-Y., Mouroux P. et Tartar C. (1998) Projet GEMITIS Nice: Analyse de la vulnérabilité (bâti courant et bâtiments stratégiques communaux). Mise en place des éléments pour les scénarios de risque. *Rapport BRGM R40229*, 88 p., 7 fig., 12 tabl., 10 annexes.

"Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit. Proposition d'une méthodologie et exemple d'application". Projet GE.RI.A. – Phase 3

## Liste des figures

Figure 1 : Différentes étapes pour la réalisation d'un scénario de séisme 8
Figure 2 : Courbes de vulnérabilité issues des 6 classes de vulnérabilité des
EMS-9214
Figure 3 : Courbes de vulnérabilité relatives à l'échelle EMS-92 en fonction
DE L'ACCÉLÉRATION HORIZONTALE (AVEC LA LOI LOG (AH) = $0.24I + 0.57$ ) 15
Figure 4 : Courbes de vulnérabilité relatives à l'échelle EMS-92 en fonction
DE L'ACCÉLÉRATION HORIZONTALE (AVEC LA LOI LOG (AH) = $0.25I + 0.25$ ) 16
Figure 5 : Courbes de vulnérabilité relatives à l'échelle EMS-92 en fonction
DE L'ACCÉLÉRATION AU ROCHER (AVEC LA LOI $I = 3,3 \log A + 7$ )
Figure 6: Différenciation des structures (bâtiments) dans les classes de
vulnérabilité (EMS-92)18
FIGURE 7: DÉFINITION DES NIVEAUX DE DOMMAGES 1 À 5 (EMS-92) 19
FIGURE 8 : DOMMAGES CARACTÉRISTIQUES DES BÂTIMENTS AU SÉISME, POUR LES
CONSTRUCTIONS EN MAÇONNERIE (RÉUNION AFPS, 1997)20
FIGURE 9: COURBES DE VULNÉRABILITÉS CONSTRUITES À PARTIR D'UNE OU PLUSIEURS
CLASSES DE VULNÉRABILITÉ POUR UNE TYPOLOGIE DE BÂTI DONNÉE27
Figure 10 : Fuseaux de courbes de vulnérabilité pour les typologies de
BÂTIMENT T1, T2, T3 ET T4
FIGURE 11 : COURBES D'ENDOMMAGEMENT POUR LA CLASSE DE VULNÉRABILITÉ A 29
FIGURE 12: FUSEAUX DE DOMMAGES POUR LES BÂTIMENTS DE TYPE T1 30
FIGURE 13 : COURBES DE PROBABILITÉ DE DOMMAGES EN FONCTION DU NIVEAU DE
DOMMAGES, POUR UNE INTENSITÉ DONNÉE (ÉQUIVALENTES AUX COURBES DE
FRAGILITÉ – HAZUS)
FIGURE 14: HISTOGRAMMES DE PROBABILITÉ DE DOMMAGES EN FONCTION DU NIVEAU DE
DOMMAGES, POUR UNE INTENSITÉ DONNÉE
FIGURE 15 : EXEMPLE DE TRANSPARENCE SUR UN REZ-DE-CHAUSSÉE : ABSENCE DE
CONTREVENTEMENT SUR UN ANGLE ENTRAÎNANT UN AFFAIBLISSEMENT
FIGURE 16: COMPARAISON DES VULNÉRABILITÉS ENTRE LES BÂTIMENTS D'HABITATION
ET LES BÂTIMENTS COMMERCIAUX
FIGURE 17 : FICHE D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DES FACTEURS DE VULNÉRABILITÉ
36
FIGURE 18: TYPOLOGIE DES BÂTIMENTS NIÇOIS SUR QUATRE QUARTIERS DE LA VILLE DE
NICE
FIGURE 19: PROBABILITÉS D'EFFONDREMENT TOTAL DU BÂTIMENT (DOMMAGES DE
NIVEAU 5) SELON LA TYPOLOGIE RETENUE : T1, T2, T3 ET T4
LA TYPOLOGIE HAZUS
FIGURE 22 : CORRESPONDANCE ENTRE LES DIFFÉRENTES TYPOLOGIES
FIGURE 23 : COURSES DE VULNÉRABILITÉ DE BÂTIMENTS DE DIFFÉRENTS TYPES DE
MATÉRIAUX D'APRÈS COCHRANE ET SCHAAD (1992)
FIGURE 24: CLASSIFICATION DES CONSTRUCTIONS DE L'ÉCHELLE PSI (SPENCE ET AL.,
·
1992)61

### "Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit. Proposition d'une méthodologie et exemple d'application". Projet GE.RI.A. – Phase 3

FIGURE 25 : PARAMÈTRES DES FONCTIONS DE VULNÉRABILITÉ EN ÉCHELLE PSI POUR I	LES
CONSTRUCTIONS LES PLUS RÉPANDUES	61
FIGURE 26 : VULNÉRABILITÉ DU BÂTIMENT RELATIVE À L'ÉCHELLE PSI	62
FIGURE 27 : FONCTIONS DE VULNÉRABILITÉ CORRESPONDANT AUX NIVEAUX DE	
DOMMAGES D1 À D5 ISSUES DE LA DISTRIBUTION DES DOMMAGES POUR LES	
BÂTIMENTS EN MAÇONNERIE DE BRIQUES NON ARMÉE (SPENCE ET AL., 1992)	63
FIGURE 28 : COEFFICIENTS DE RÉGRESSION A <sub>1</sub> DE LA FORMULE DE BENEDETTI EN	
FONCTION DE L'INTENSITÉ (BENEDETTI ET AL., 1988)	64
FIGURE 29 : TABLEAU POUR L'ÉVALUATION DE L'INDICE DE VULNÉRABILITÉ (* CE	
FACTEUR POIDS EST LAISSÉ À L'APPRÉCIATION DE L'OPÉRATEUR)	65

## Liste des tableaux

Tableau 1: Relation % dommages (DR) / Niveau de dommage (DC) (EMS-92, Modifié). * Valeurs relatives moyennes: 1-0 à 5 % de pertes; 2-5 à 20 % de pertes; 3-20 à 55 % de pertes; 4-55 à 90 % de pertes et 6-plus de 90 % de pertes
TABLEAU 2 : POURCENTAGE DE BÂTIMENTS ENDOMMAGÉS (N) AU NIVEAU DES DOMMAGES (DC) CORRESPONDANT À CHAQUE DEGRÉ D'INTENSITÉ DE L'ÉCHELLE EMS-92 (MODIFIÉ)
TABLEAU 3: TYPOLOGIE DES BÂTIMENTS ÉTABLIE À PARTIR D'UNE DESCRIPTION  ARCHITECTURALE DES ÉLÉMENTS STRUCTURAUX
Liste des annexes
Annexe 1 : Répartition des taux de dommages par niveaux de dommages (de 0 à 5) pour une classe de vulnérabilité (bâtiments d'habitation)

Annexe 3 : Vulnérabilité (EMS-92) et courbes d'endommagement par typologie de

bâtiment......91

"Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit. Proposition d'une méthodologie et exemple d'application". Projet GE.RI.A. – Phase 3

### **Annexes**

"Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit. Proposition d'une méthodologie et exemple d'application". Projet GE.RI.A. – Phase 3

Annexe 1 : Répartition des taux de dommages par niveaux de dommages (de 0 à 5) pour une classe de vulnérabilité (bâtiments d'habitation)

A	0,05	0,06	0,072	0,086	0,1	0,121	0,144	0,172	0,2	0,244	0,29	0,346	0,41	0,49	0,583	0,694	0,83	0,984	1,172	1,395	1,66
0	10	8,75	7,5	6,25	5	3,75	2,5	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	40	32,5	25	17,5	10	8,75	7,5	6,25	5	3,75	2,5	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	40	38,75	37,5	36,25	35	28,75	22,5	16,25	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1,5	1	0,5	0
3	10	17,5	25	32,5	40	38,75	37,5	36,25	35	29,25	23,5	17,75	12	10	8	6	4	3	2	1	0
4	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	40,5	41	41,5	42	35	28	21	14	10,5	7	3,5	0
5	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	50	60	70	80	85	90	95	100
cumul	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
В	0,05	0,06	0,072	0,086	0,1	0,121	0,144	0,172	0,2	0,244	0,29	0,346	0,41	0,49	0,583	0,694	0,83	0,984	1,172	1,395	1,66
0	50	40	30	20	10	8,75	7,5	6,25	5	3,75	2,5	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	40	40	40	40	40	32,5	25	17,5	10	8,75	7,5	6,25	5	3,75	2,5	1,25	0	0	0	0	0
2	10	17,5	25	32,5	40	38,75	37,5	36,25	35	28,75	22,5	16,25	10	9	8	7	6	5	4	3	2
3	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	38,75	37,5	36,25	35	29,25	23,5	17,75	12	10	8	6	4
4	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	40,5	41	41,5	42	35	28	21	14
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	50	60	70	80
cumul	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
С	0,05	0,06	0,072	0,086	0,1	0,121	0,144	0,172	0,2	0,244	0,29	0,346	0,41	0,49	0,583	0,694	0,83	0,984	1,172	1,395	1,66
0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	8,75	7,5	6,25	5	3,75	2,5	1,25	0	0	0	0	0
1	10	17,5	25	32,5	40	40	40	40	40	32,5	25	17,5	10	8,75	7,5	6,25	5	3,75	2,5	1,25	0
2	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	38,75	37,5	36,25	35	28,75	22,5	16,25	10	9	8	7	6
3	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	38,75	37,5	36,25	35	29,25	23,5	17,75	12
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	40,5	41	41,5	42
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40
cumul	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

D	0,05	0,06	0,072	0,086	0,1	0,121	0,144	0,172	0,2	0,244	0,29	0,346	0,41	0,49	0,583	0,694	0,83	0,984	1,172	1,395	1,66
0	100	97,5	95	92,5	90	80	70	60	50	40	30	20	10	8,75	7,5	6,25	5	3,75	2,5	1,25	0
1	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	40	40	40	40	32,5	25	17,5	10	8,75	7,5	6,25	5
2	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	38,75	37,5	36,25	35	28,75	22,5	16,25	10
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	38,75	37,5	36,25	35
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10
cumul	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
E	0,05	0,06	0,072	0,086	0,1	0,121	0,144	0,172	0,2	0,244	0,29	0,346	0,41	0,49	0,583	0,694	0,83	0,984	1,172	1,395	1,66
0	100	100	100	100	100	97,5	95	92,5	90	80	70	60	50	40	30	20	10	8,75	7,5	6,25	5
1	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	40	40	40	40	32,5	25	17,5	10
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	38,75	37,5	36,25	35
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cumul	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F	0,05	0,06	0,072	0,086	0,1	0,121	0,144	0,172	0,2	0,244	0,29	0,346	0,41	0,49	0,583	0,694	0,83	0,984	1,172	1,395	1,66
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97,5	95	92,5	90	80	70	60	50	40	30	20	10
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40	40	40	40	40
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10	17,5	25	32,5	40
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	5	7,5	10
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cumul	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Annexe 2 : Répartition des taux de dommages par niveaux de dommages (de 0 à 5) pour une classe de vulnérabilité (bâtiments commerciaux)

Α	0,05	0,06	0,072	0,086	0,1	0,121	0,144	0,172	0,2	0,244	0,29	0,346	0,41	0,49	0,583	0,694	0,83	0,984	1,172	1,395	1,66
0	12	10,5	9	7,5	6	4,5	3	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	48	39	30	21	12	10,5	9	7,5	6	4.5	3	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	48	46,5	45	43,5	42	34,5	27	19,5	12	10,8	9,6	8,4	7.2	6	4,8	3,6	2,4	1,8	1,2	0,6	0
3	12	21	30	39	48	46,5	45	43,5	42	35,1	28,2	21,3	14,4	12	9,6	7,2	4,8	3,6	2,4	1,2	0
4	0	3	6	9	12	21	30	39	48	48,6	49,2	49,8	50,4	42	33,6	25,2	16,8	12,6	8,4	4,2	0
5	0	0	0	0	0	3	6	9	12	21	30	39	48	60	72	84	96	102	108	114	120
cumul	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
В	0,05	0,06	0,072	0,086	0,1	0,121	0,144	0,172	0,2	0,244	0,29	0,346	0,41	0,49	0,583	0,694	0,83	0,984	1,172	1,395	1,66
0	60	48	36	24	12	10,5	9	7,5	6	4,5	3	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	48	48	48	48	48	39	30	21	12	10,5	9	7,5	6	4,5	3	1,5	0	0	0	0	0
2	12	21	30	39	48	46,5	45	43,5	42	34,5	27	19,5	12	10,8	9,6	8,4	7.2	6	4,8	3,6	2,4
3	0	3	6	9	12	21	30	39	48	46,5	45	43,5	42	35,1	28,2	21,3	14.4	12	9,6	7,2	4,8
4	0	0	0	0	0	3	6	9	12	21	30	39	48	48,6	49,2	49,8	50,4	42	33,6	25.2	16,8
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	9	12	21	30	39	48	60	72	84	96
cumul	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
С	0,05	0,06	0,072	0,086	0,1	0,121	0,144	0,172	0,2	0,244	0,29	0,346	0,41	0,49	0,583	0,694	0,83	0,984	1,172	1,395	1,66
0	108	96	84	72	60	48	36	24	12	10,5	9	7,5	6	4,5	3	1,5	0	0	0	0	0
1	12	21	30	39	48	48	48	48	48	39	30	21	12	10,5	9	7,5	6	4,5	3	1,5	0
2	0	3	6	9	12	21	30	39	48	46,5	45	43,5	42	34,5	27	19,5	12	10,8	9,6	8,4	7,2
3	0	0	0	0	0	3	6	9	12	21	30	39	48	46,5	45	43,5	42	35,1	28,2	21,3	14,4
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	9	12	21	30	39	48	48,6	49,2	49,8	50,4
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	9	12	21	30	39	48
cumul	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120

D	0,05	0,06	0,072	0,086	0,1	0,121	0,144	0,172	0,2	0,244	0,29	0,346	0,41	0,49	0,583	0,694	0,83	0,984	1,172	1,395	1,66
0	120	117	114	111	108	96	84	72	60	48	36	24	12	10,5	9	7,5	6	4,5	3	1,5	0
1	0	3	6	9	12	21	30	39	48	48	48	48	48	39	30	21	12	10,5	9	7,5	6
2	0	0	0	0	0	3	6	9	12	21	30	39	48	46,5	45	43,5	42	34,5	27	19,5	12
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	9	12	21	30	39	48	46,5	45	43,5	42
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	9	12	21	30	39	48
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	9	12
cumul	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
E	0,05	0,06	0,072	0,086	0,1	0,121	0,144	0,172	0,2	0,244	0,29	0,346	0,41	0,49	0,583	0,694	0,83	0,984	1,172	1,395	1,66
0	110	110	110	110	110	107,3	104,5	101,8	99	88	77	66	55	44	33	22	11	9,625	8,25	6,875	5,5
1	0	0	0	0	0	2,75	5,5	8,25	11	19,25	27,5	35,75	44	44	44	44	44	35,75	27,5	19,25	11
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,75	5,5	8,25	11	19,25	27,5	35,75	44	42,63	41,25	39,88	38,5
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,75	5,5	8,25	11	19,25	27,5	35,75	44
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,75	5,5	8,25	11
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cumul	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
F	0,05	0,06	0,072	0,086	0,1	0,121	0,144	0,172	0,2	0,244	0,29	0,346	0,41	0,49	0,583	0,694	0,83	0,984	1,172	1,395	1,66
0	110	110	110	110	110	110	110	110	110	107,3	104,5	101,8	99	88	77	66	55	44	33	22	11
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,75	5,5	8,25	11	19,25	27,5	35,75	44	44	44	44	44
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,75	5,5	8,25	11	19,25	27,5	35,75	44
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,75	5,5	8,25	11
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cumul	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110

	O(	ontribution à l'	I:		# D!-+ OF DI /	06
	Proposition a	une metnodo	iogie et exem	ipie d'applicatio	n". Projet GE.RI.A	N. – Phase 3
						•
				•		
Ann	eve 3 · Vuln	érahilité (El	MS-92) et c	ourbes d'end	ommagement n	ar typologie de
		crabilite (E	(115-22) Ct C	ourbes a cha	ommagement p	ar typologic ac
Dati	ment					
				•		
				•		
				•		
				•		
				•		
				•		
				•		
				•		
				•		



## Typologie des bâtiments

## Vulnérabilité (d'après les EMS-92)

Les constructions en adobe (briques de terre) étant inexistantes dans les

villes des Alpes Maritimes telles que Menton, on répartit de façon

Classe B

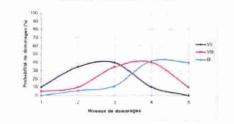
## Type T1

Bâtiments très anciens réalisés en maçonnerie (avant 1862)

Porche sur rue (vieux village Roquebrune-Cap-Martin)

Courbes

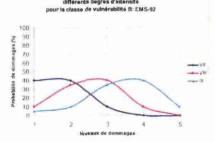
d'endommagement



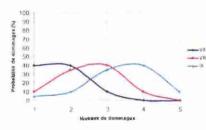
Relation entre la répartition des niveaux de donmages

pour différents degrés d'intensité pour la classe de vulnérabilité A : EMS-92

Classe A



Relation entre la répartition des niveaux de domnages pou différents degrés d'intensité



BRGM





# Geria - France

50 % de moellons et pierres brutes

50 % de pierres

statistique le bâtiment de type T1 selon deux critères

Classe A

Classe B

## Typologie des bâtiments

## Type T2

Geria - France

Bâtiments anciens réalisés en maçonnerie (1862 - 1940)

T2 dans quartier du centenaire à Menton

## Vulnérabilité (d'après les EMS-92)

Répartition statistique de façon homogène à défaut de plus d'informations

25 % de pierres taillées Classe C

25 % de briques ou blocs de béton non armés et Classe B sans chaînage

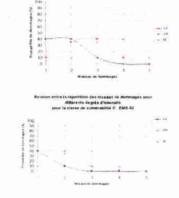
25 % de briques non Classe C armées avec plancher en béton armé

25 % de briques armées ou Classe D avec chaînages: maçonnerie confinée

#### T2 Place de la mairie à Menton

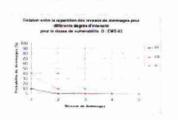


### Classe B



Courbes d'endommagement

### Classe D





Rapport BRGM/RP-51301-FR



## Typologie des bâtiments

## Type T4

### Geria - France

Bâtiments réalisés depuis 1969 (date estimée) et suivant les règles de construction parasismiques

T4 quartier Banastron / Carnolès à Roquebrune-Cap-Martin

## Vulnérabilité (d'après les EMS-92)

Répartition statistique de façon homogène à défaut de plus d'informations

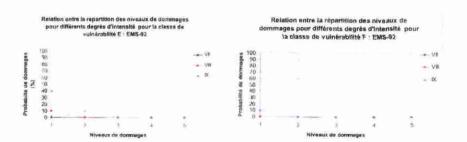
50 % de béton armé
avec un niveau moyen
de dispositions
Classe E
parasismiques

50 % de béton armé
avec un haut niveau de
dispositions
Classe F
parasismiques

T4 sur bord de mer à Garavan, Menton

## Courbes d'endommagement





Classe E

Classe F











## Projet GE.RI.A. Prise en Compte des Risques Naturels Gestione Rischi Ambientali

## Phase 3 "Etude de l'aléa local"

Projet Interreg II à Mesure 2-1 Initiative communautaire pour la coopération transfrontalière France-Italie (1994-1999)

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 00-URB-108

décembre 2001

BRGM/RP-51301-FR



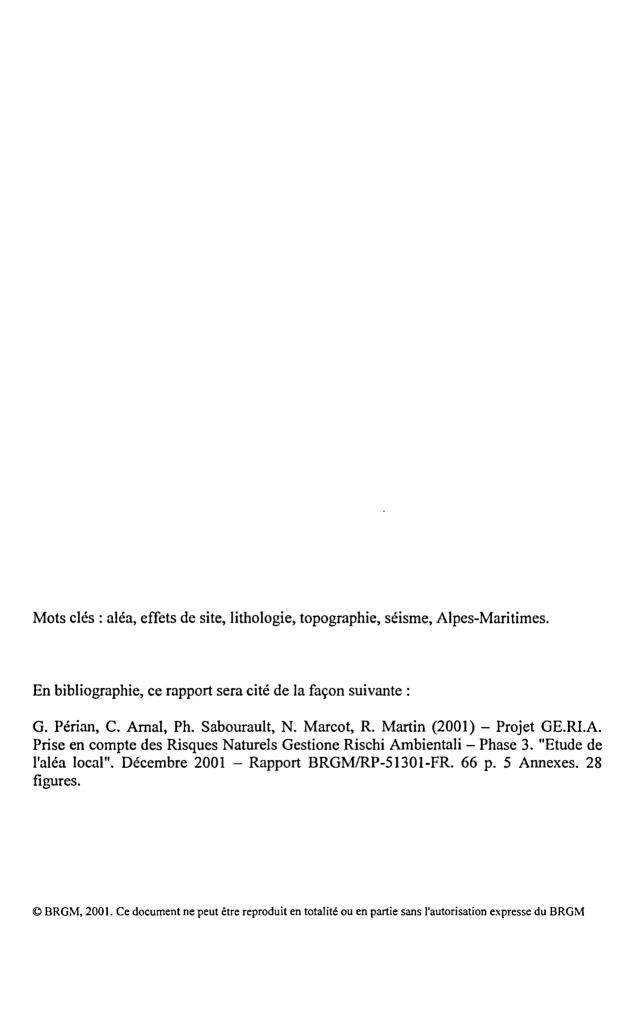
## Projet GE.RI.A Prise en Compte des Risques Naturels Gestione Rischi Ambientali

## Phase 3 "Etude de l'aléa local"

A. Arnal, N. Marçot, R. Martin, G. Périan, P. Sabourault

Décembre 2001 BRGM/RP-51301-FR





## **Synthèse**

Le projet GE.RI.A est exécuté dans le cadre de l'INTERREG IIa à vocation transfrontalière.

Son objectif est la réalisation d'un système commun franco-italien d'analyse et d'évaluation des risques naturels à l'échelle communale qui tient compte à la fois des expériences italiennes et françaises.

Sa finalité est de tendre vers une gestion commune transfrontalière des risques naturels tant au niveau de la prévention que de la gestion de crise.

Il concerne une partie de la bande côtière des Alpes-Maritimes et de la région Ligure. Celle-ci s'étend sur environ 100 km de long et 15 km de profondeur, de Villefranche sur Mer en France à Cervo en Italie.

Le projet se déroule en quatre phases : un inventaire des données concernant le risque, l'organisation de celles-ci en base de données à structure commune franco-italienne, en vue de la réalisation d'un scénario de risque, pour proposer un programme commun franco-italien de protection et de prévention.

Le présent rapport est intégré dans la phase 3 du projet, c'est à dire dans la phase de réalisation du scénario de risque sismique, et plus particulièrement dans l'étude de l'aléa local.

Ce rapport est une étude précise sur l'évaluation de l'aléa sismique local. Il propose une méthodologie et une application directe sur la zone d'étude : au 1/25 000 sur l'ensemble de la zone GE.RI.A et au 1/5 000 sur Menton et sur Roquebrune-Cap-Martin.

La méthodologie retenue est celle d'une étude basée sur la connaissance de l'aléa sismique local à partir de la caractérisation de zones susceptibles d'une part d'amplifier les ondes sismiques, et d'autre part de subir des phénomènes induits par le séisme (mouvements de terrain et liquéfaction).

Cette méthodologie, appliquée sur la zone d'étude, donne des résultats utilisables dans la réalisation du scénario sismique, tout en tenant compte des limites de la méthode<sup>1</sup>.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Rapport BRGM RP51301 – Scénario sismique

## Sommaire

SYNTHESE	3
INTRODUCTION	7
1. METHODOLOGIE	9
1.1. MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE	9
1.2. MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DE L'ALÉA	11
1.2.1. L'aléa régional	11
1.2.2. L'alea local	12
1.2.2.1. Les effets de site	
(1) Les effets de site topographiques	
(2) Les effets de site lithologiques	
2.2.1.2. Données utilisées	20
2. APPLICATION	21
2.1. EVALUATION DE L'ALEA LOCAL	21
2.1.1. Zones d'étude	
2.1.2. Zones lithologiques caractéristiques	
2.1.3. La commune de Menton	
2.1.4. La commune de Roquebrune – Cap –Martin	
2.1.4.1. Les effets de site topographiques	
2.1.4.2. Les effets de site lithologiques	28
2.1.5. Ensemble de la zone GE.RI.A France	
2.1.5.1. Effets de site topographiques	34
2.1.5.2. Effets de site lithologiques	
2.2. EVALUATION DES EFFETS INDUITS	40
2.2.1. Les mouvements de terrains	
2.2.1.1. Données de référence : PPR mouvements de terrain et de	
Menton	
2.2.1.2. PPR Mouvement de terrain de Roquebrune – Cap - Martin	
2.2.1.4. L'aléa mouvements de terrain sur la zone GE.RI.A France	
2.2.2. La liquéfaction	47
BIBLIOGRAPHIE	49
LISTE DES ANNEXES	50
LISTE DES ILLUSTRATIONS	51
ANNEYES	53

### Introduction

Dans le cadre du projet GE.RI.A, Interreg II a, ce rapport présente la méthode utilisée pour l'évaluation de l'aléa local, ainsi que l'application de la méthode sur la zone concernée.

### **Objectifs**

L'étape 3 du projet GE.RI.A prévoit la réalisation de scénarios de risque, afin de « permettre l'acquisition d'éléments nécessaires à une simulation de la gestion d'une crise, qui seront les bases d'une réflexion sur les collaborations à mettre en place en terme d'organisation des secours ».

Le rapport ci après a donc pour objet, l'évaluation de l'aléa local (effets de sites et effets induits) en vue de la réalisation d'un scénario de risque sismique transfrontalier.

Dans le cadre du projet GE.RI.A, cette évaluation a été réalisée en vue d'un même événement sismique, de part et d'autre de la frontière, par chacune des équipes françaises et italiennes.

Ce rapport présente la méthodologie utilisée et les applications proprement dites aux deux échelles d'étude :

- 1/25 000 sur l'ensemble de la zone GE.RI.A
- 1/5 000 sur les communes de Menton et Roquebrune-Cap-Martin

### Evaluation de l'aléa

L'étude de l'aléa local concerne l'analyse des zones où sont susceptibles de se produire des effets de site et les effets induits (liquéfaction et mouvements de terrain).

Les effets de site sont évalués selon des normes et à partir de données de terrain. Les effets induits sont étudiés lors de la mise en œuvre des documents réglementaires (PPR) et ont été reportés sur la zone d'étude.

## 1. Méthodologie

### 1.1. METHODOLOGIE GENERALE

La méthode de réalisation d'un scénario est illustrée dans la Figure 1 : Méthodologie de réalisation d'un scénario sismique, et se déroule selon quatre principales étapes :

- Etude du phénomène et de l'aléa,
- Analyse des éléments exposés, mise en évidence des enjeux,
- Evaluation de la vulnérabilité
- Réalisation d'un ou de plusieurs scénario(s) sismique(s).

### L'étude du phénomène et de l'aléa repose sur

- la connaissance de l'aléa sismique régional et local,
- le calcul des paramètres du mouvement sismique.

### L'analyse des éléments exposés et la mise en évidence des enjeux porte sur

- leur identification.
- l'évaluation de leur vulnérabilité physique,
- l'estimation de leur valeur et de leur vulnérabilité socio-fonctionnelle.

### Le scénario sismique

- le choix d'un ou de plusieurs événements représentatifs,
- le calcul de l'endommagement des éléments exposés
- l'évaluation des conséquences directes et indirectes.

L'étude a porté sur l'ensemble de la zone transfrontalière.

Les résultats présentés ci-après se réfèrent à la seule partie française.

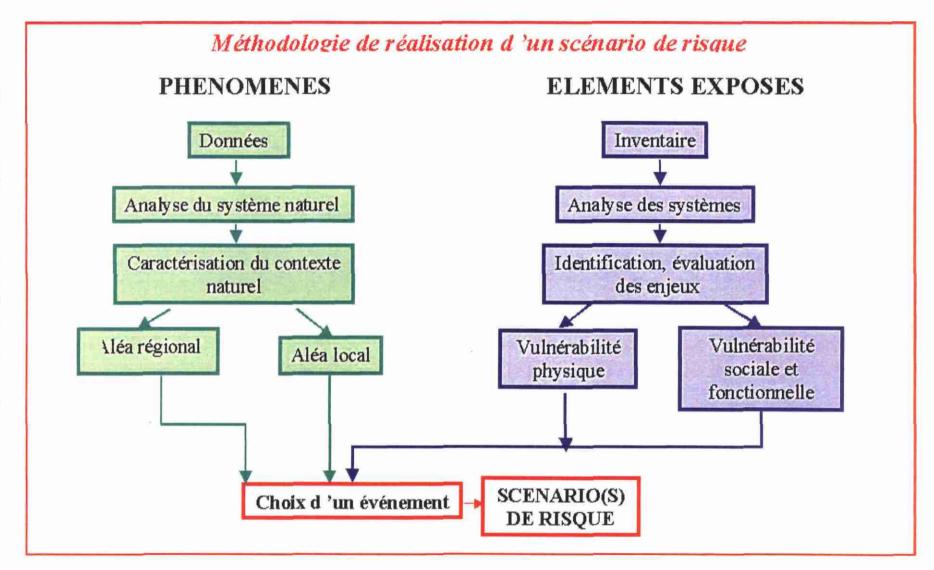


Figure 1 : Méthodologie de réalisation d'un scénario sismique

### 1.2. METHODOLOGIE D'ANALYSE DE L'ALEA

### 1.2.1. L'aléa régional

La Figure 2 : Zonage sismique de la France, montre que la zone GE.RI.A fait partie des zones de plus forte intensité sismique en France continentale.

Elle est située en zone II dans le « zonage sismique de la France », c'est à dire en zone de sismicité moyenne.

Celle-ci est définie comme une zone où la période de retour d'un séisme d'intensité supérieure à VIII<sup>2</sup> est de 250 ans, et de 75 ans pour une intensité de VII.

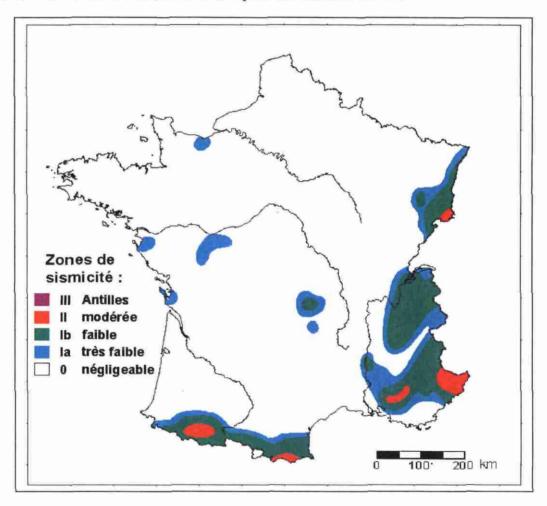


Figure 2 : Zonage sismique de la France

-

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Les effets d'un séisme d'intensité VII dans l'échelle MSK sont des dommages aux constructions limités, d'une intensité VIII, la destruction possible de bâtiments et pour l'intensité IX des dommages généralisés aux constructions.

### 1.2.2. L'alea local

L'étude de l'aléa local concerne l'analyse des zones où sont susceptibles de se produire des effets de site et les effets induits (liquéfaction et mouvements de terrain).

### 1.2.2.1. Les effets de site

A l'échelle locale, on étudie les effets de site qui modifient et amplifient les secousses sismiques.

Les effets de site sont liés soit à la topographie des sites, soit à la rhéologie des sols :

Les effets de site topographiques sont dus à la diffraction des ondes par les reliefs; celles-ci se propagent vers l'extérieur de la topographie, et interfèrent avec les ondes directes. (Pedersen et al., 1994)

Les effets de site lithologiques sont caractérisés par la mise en résonance d'une formation géologique meuble, reposant sur une formation plus rigide, dans laquelle les ondes sismiques sont piégées, engendrant ainsi un allongement de la durée des secousses sismiques et une modification des amplifications ou atténuation du mouvement au sol suivant les gammes de fréquence.

La prise en compte des effets de site dans l'étude s'appuie sur la norme AFNOR<sup>3</sup> concernant les règles parasismiques (normes PS 92) sur les données lithologiques et topographiques.

Les paragraphes suivants rappellent les principes de la norme AFNOR et présentent les caractéristiques des données utilisées.

La méthode d'évaluation de l'aléa local ainsi que les résultats obtenus seront présentés par la suite.

### (1) Les effets de site topographiques

Les zones de ruptures de pente, de crêtes, de bordures, de plateau et de sommets sont des configurations topographiques qui peuvent entraîner des amplifications notables du signal sismique, entraînant une augmentation locale de l'intensité du séisme.

Pour tenir compte de ces effets, les règles parasismiques PS 90 retiennent un coefficient multiplicateur d'amplification  $\tau$  (Tau) égal à 1 (pas d'augmentation des accélérations des spectres de dimensionnement) ou 1,4 (majoration de 40% des accélérations). Son évaluation résulte de l'application de formules empiriques. (norme AFNOR, 1990)

En effet, les résultats de campagnes sismologiques conduites en parallèle avec des études de micro zonage, ont été parfois en contradiction avec les résultats théoriquement attendus.

Rapport BRGM/RP-51301-FR

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Association Française de Normalisation

La modélisation du phénomène reste donc encore largement du domaine de la recherche et le coefficient  $\tau$  des règles PS 90, représente plus un coefficient de majoration dissuasif qu'une valeur traduisant la réalité physique du phénomène.

### Rappel des règles PS 92

Le principe du calcul du coefficient  $\tau$  est le suivant (Figure 3 : Prise en compte de l'effet topographique.) :

Si l'on considère une arête B, délimitant un versant aval de pente I (tangente de l'angle de pente) et un versant amont de pente i, et si :

- H ≥ 10 m (H étant la hauteur de l'arête au-dessus de la base du relief)
- $-i \le I/3$ .

Le coefficient  $\tau$ :

- prend la valeur:

```
\begin{array}{ll} \tau = 1 & pour \ I - i \leq 0{,}40 \\ \tau = 1 + 0{,}8 \ (I - i - 0{,}4) & pour \ 0{,}40 \leq I - i \leq 0{,}90 \\ \tau = 1{,}40 & pour \ I - i \geq 0{,}90 \end{array}
```

I et i sont pris en valeur algébrique.

Sur le tronçon BC du versant amont défini par la longueur b de sa projection horizontale (exprimée en mètres) :

b = minimum de 20 I ou de (H+10) / 4

 fait l'objet d'un raccordement linéaire entre les valeurs 1 et le long des tronçons AB et CD de longueur :

prend la valeur 1 à l'aval du point A et à l'amont du point D.

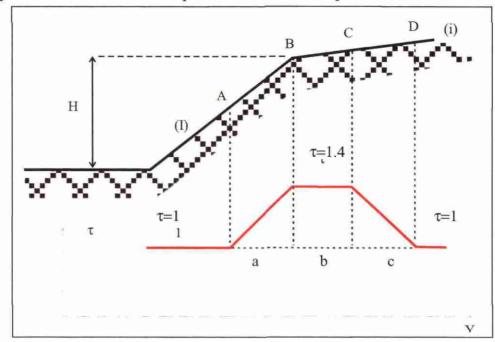


Figure 3 : Prise en compte de l'effet topographique.

Remarque: la détermination de H laisse une certaine part à l'appréciation. A titre indicatif, on peut considérer comme base du relief le point en dessous duquel la pente générale du site devient inférieure à 0,4

### Zonage des effets de site topographiques sur la zone GE.RI.A. France

Afin de disposer de moyens simples et relativement rapides de calcul, les règles PS 92 ont été simplifiées :

Il y a des effets de site topographique si  $H \ge 10$  m et/ou i  $\le I/3$ . On obtient ainsi le point B qui délimite le versant aval de pente I (Figure 3).

Dans le cadre de notre étude la représentation du coefficient  $\tau$  est binaire. On distingue les zones sans amplification ( $\tau = 1$ ) de celles où une modification du signal est possible ( $\tau = 1,40$ ).

Le coefficient  $\tau$  prend la valeur :

$$\tau = 1$$
 pour I - i \le 0,40  
 $\tau = 1,40$  pour I - i \ge 0,40

On délimite la zone au sein de laquelle, il existe un effet topographique en utilisant les approximations :

Où a est la longueur en aval de la « crête » et b+c, la longueur du côté amont.

### (2) Les effets de site lithologiques

L'amplification des ondes sismiques dues à des formations géologiques peu consolidées (alluvions, cônes de déjection, loess, moraines, bassins et couches sédimentaires) reposant sur une formation plus rigide est certainement l'effet de site le mieux connu à l'heure actuelle (Figure 4 : Exemples de configurations lithologiques types provoquant une amplification des ondes sismiques (= effet de site lithologique) (Projet GEMITIS Nice, 1996). Cet effet revêt une importance particulière pour le génie parasismique puisqu'un grand nombre de villes sont localisées le long de vallées alluviales, sur des bassins sédimentaires, ou sur des dépôts superficiels jeunes et très peu rigides.

### Les phénomènes physiques

### • Piégeage des ondes sismiques dans les sédiments

Le phénomène physique responsable de l'amplification du mouvement sur les formations géologiques peu consolidées est le piégeage des ondes sismiques, dû au contraste d'impédance existant entre ces formations et un substratum plus rigide. Quand la formation est constituée de couches horizontales (on est alors en présence d'une structure à une dimension, "1D"). Quand la structure est à 2

en présence d'une structure à une dimension, "1D"). Quand la structure est à 2 ou 3 dimensions (2D ou 3D), c'est-à-dire lorsque des hétérogénéités latérales sont présentes, (variations d'épaisseurs des sédiments dans le cas de vallées alluviales par exemple), le piégeage affecte également les ondes de surface qui se développent sur ces hétérogénéités.

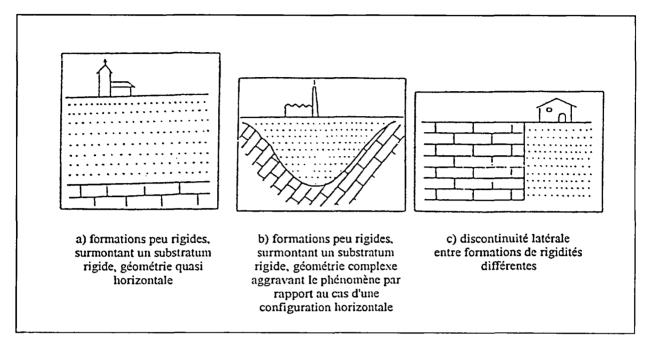


Figure 4: Exemples de configurations lithologiques types provoquant une amplification des ondes sismiques (= effet de site lithologique) (Projet GEMETIS Nice, 1996).

#### Phénomène de résonance

Les interférences qui ont lieu entre ces ondes piégées, puis réfléchies dans les couches superficielles, donnent naissance à un phénomène de résonance dont les caractéristiques sont liées à la géométrie et aux propriétés mécaniques de la structure. Le cas de la résonance 1D est plus simple (résonance verticale des ondes de volume), que les cas 2D et a fortiori 3D qui sont plus complexes.

## Conséquences dans le domaine fréquentiel

Le phénomène de résonance conduit à une prolongation importante de la sollicitation et à une forte amplification du mouvement sismique à certaines fréquences.

Dans le domaine fréquentiel, la résonance est caractérisée par des fréquences où il y a une forte amplification. La position des fréquences correspondant à ces pics dépend à la fois de l'épaisseur H et de la vitesse des ondes S ( $V_{S1}$ ) de la couche superficielle. Dans le cas 1D, d'une couche horizontale reposant sur un substratum rigide, la fréquence propre  $f_0$  peut être déterminée en première approximation par :

 $f_0 = V_{S1}/4H$  pour le mode fondamental

La valeur de f<sub>0</sub> peut varier de 0,2 à 1 Hz (pour des dépôts de sédiments très épais, ou pour des matériaux extrêmement peu consolidés, comme des argiles) à 10 Hz (pour des couches très minces comme les dépôts diluviaux ou les roches altérées).

# Rappel des règles PS 92

Les règles PS 92, définissent les spectres élastiques normalisés des sols en fonction des sites - types :

En vue de la définition des sites - types, les sols sont classés en quatre groupes, en fonction de leurs propriétés mécaniques, comme indiqué ci-après et dans la Figure 5.

#### Classification des sols

- ⇒ Rocher sain;
- → Groupe a : sols de résistance bonne à très bonne (par exemple sables et graviers compacts, marnes ou argiles raides fortement consolidées);
- → Groupe b : sols de résistance moyenne (par exemple roches altérées, sables, graviers ou alluvions moyennement compacts, marnes ou argiles de raideur moyenne, éboulis);
- → Groupe c : sols de faible résistance (par exemple sables, graviers ou alluvions lâches, argiles molles, craies altérées, vases).

	TYPE DE SOL		Pénétro- mètre Statique : résis- tance (Mpa)	SPT Nombre de coups	Pression  Module  E (MPa)	ı	Résis- tance Compres- sion simple (MPa)		Indice de compres- sion Cc	des	Vitesse de longitud Sous la nappe (m/s)	
	ROCHERS	Rochers sains et craires dures			> 100	> 5	>10	C G		> 800		> 2500
а	Sols de bonne à très	Sols granulaires compacts	> 15	> 30	> 20	> 2		> 60		> 400	> 1800	> 800
u	bonnes résis- tance mécanique	Sols cohérents (argi- les ou mames dures)	> 5		> 25	> 2	> 0,4		< 0,02	7 400		> 1800
	Sois de résistance mécanique moyenne	Rocher altéré ou fracturé			50 à 100	2,5 à 5	1 à 10			300 å 800		400 à 2500
b		Sols granulaires moyennement compacts	5 à 15	10 à 30	6 à 20	1 à 2		40 à 60		150	1500 à 1800	500 å 800
		Sols cohérents moyen- nement consistants et craies tendres	1,5 à 5		5 à 25	0,5 à 2	0,1 à 0,4		0,02 à 0,10	400		1000 à 1800
	Sols de faible résistance mécanique	Sols granulaires läches	< 5	< 10	< 6	< 1		< 40		< 150	< 1500	< 500
C		Sols cohérents mous (argiles molles ou vases) et craies altérées	< 1,5	< 2	< 5	< 0,5	< 0,1		> 0,10	130	1500	300

Figure 5: Paramètres d'identification des sols (règles parasismiques PS 92).

#### Classification des sites

En fonction des caractéristiques géotechniques des sols définies dans le Figure 5 et de l'épaisseur des différentes classes de sol (Figure 6), on définit quatre types de sites correspondant aux descriptions suivantes :

- Sites S<sub>0</sub>: sites rocheux (site de référence)
   sols du groupe a, en épaisseur inférieure à 15 m
- Sites S<sub>1</sub>: sols du groupe a, en épaisseur supérieure à 15 m
   sols du groupe b, en épaisseur inférieure à 15m
- Sites S<sub>2</sub>: sols du groupe b, en épaisseur comprise entre 15 et 50m sols du groupe c, en épaisseur inférieure à 10m
- Sites S<sub>3</sub>: sols du groupe b, en épaisseur supérieure à 50m
   sols du groupe c, en épaisseur comprise entre 10 et 100m

Remarque: pour l'étude des effets de site, nous avons considéré que les éboulis seraient de type b et qu'ils seraient classés en S<sub>2</sub>, si leur épaisseur était supérieure à 10 m.

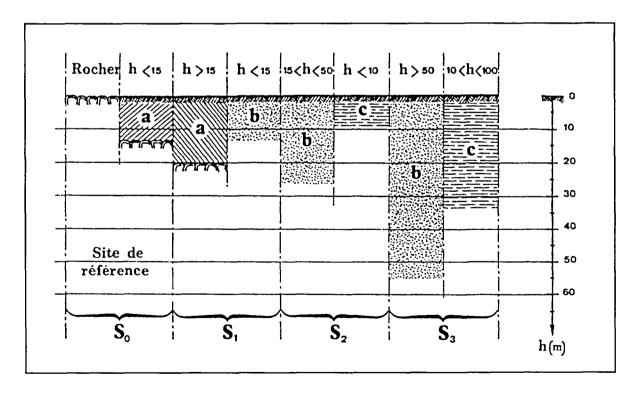


Figure 6- Classification des sols en 4 types de sites lithologiques, d'après la combinaison de leurs caractéristiques géotechniques et de leur épaisseur (règles parasismiques PS 92).

Ces descriptions supposent que les sols en cause, sont disposés en formations à peu près régulières. Dans le cas de formations irrégulières ou lenticulaires ou en cas d'ambiguïté, il convient de procéder à l'assimilation qui conduit au degré de conservatisme immédiatement supérieur.

# Attribution des coefficients d'amplification

On identifie pour les quatre types de sites ci - dessus, un coefficient d'amplification qui dépend de la rhéologie du sol et de l'épaisseur de la couche.

Le coefficient d'amplification de chacun des sites correspond à l'accélération maximale à T=0,03s. Il est issu des normes UBC 974, qui déterminent pour une accélération de 0.15g, quatre coefficients différents. Ces normes seront prochainement incluses dans les réglementations Eurocode 8.

Les sols considérés dans les UBC 97 sont les suivants :

 $S_R$ : rocher

 $S_C$ : sol très lourd et rocher mou

 $S_D$ : sol raide

 $S_D/S_E$ : sol raide à sol mou

Le coefficient d'amplification est calculé en divisant le facteur proposé par les UBC (Figure 7) pour chaque type de sol, par l'accélération retenue pour l'étude : 0.15g.

(équivalent S0)  $S_B: 0.15/0.15 = 1$  $S_C: 0.18/0.15 = 1.2$ (équivalent S1)

 $S_D: 0.22/0.15 = 1.4$ (équivalent S1-S2 et S2) (équivalent S2-S3 et S3)  $S_D/S_E$ : 0.25/0.15 = 1.6

# TABLE 16-Q-SEISMIC COEFFICIENT Ca

, ,			SEISMIC ZONE FACTOR, Z		
SOIL PROFILE TYPE	Z = 0.075	Z = 0.15	Z = 0.2	Z = 0.3	Z = 0.4
SA	0.06	0:‡2	0.16	0.24	0.32N <sub>a</sub>
$S_B$	0.08	. 0.15	0.20 -	0.30	$0.40N_a$
Sc	0.09	0.18	0.24	0.33	0.40N <sub>a</sub>
· S <sub>D</sub>	0.12	0.22	0.28	0.36	0.44Na
$S_E$	0.19	0.30.	0.34	0.36	0.36N <sub>a</sub>
$S_F$		<u> </u>	See Footnote 1	· I · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	<u> </u>

Site-specific geotechnical investigation and dynamic site response analysis shall be performed to determine seismic coefficients for Soil Profile Type Sp.

Figure 7: Coefficients d'amplification issus des UBC 97.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> UBC: Uniform Building Code<sup>TM</sup> (1997), volume 2

Les résultats sont présentés dans la Figure 8 ci-dessous.

Site	Coefficient d'amplification
S0	1
S1	1.2
S2	1.4
S3	1.6

Figure 8 : Coefficient d'amplification pour chacun des types de site

## 2.2.1.2. Données utilisées

Pour réaliser l'évaluation des effets de site sur la zone GE.RI.A France plusieurs documents ont été utilisés pour leur données concernant d'une part la lithologie et les caractéristiques géotechniques du sous sol, et d'autre part la topographie :

- le PPR<sup>5</sup> de mouvements de terrain et de séisme de la commune de Menton,
- la carte géologique de Menton Nice au 1/50 000,
- les sondages de la BSS<sup>6</sup>,
- le MNT<sup>7</sup> de la région PACA au pas de 50m.

L'usage de ces données est présenté dans le paragraphe suivant qui expose la méthodologie utilisée.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de mouvements de terrain et de séisme (CETE Méditerranée, 1999)

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Banque de donnés du Sous – Sol du BRGM.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Modèle Numérique de Terrain de la région Provence – Alpes – Côtes d'Azur.

# 2. Application

# 2.1. EVALUATION DE L'ALEA LOCAL

#### 2.1.1. Zones d'étude

Pour être homogène avec l'ensemble de l'étude, l'évaluation de l'aléa local sur la zone GE.RI.A France doit fournir des résultats à deux échelles : au 1/25 000 pour les communes de Menton et Roquebrune — Cap — Martin, et au 1/50 000 pour l'ensemble de la zone.

La méthode et les données suivantes ont été utilisées :

- pour la commune de Menton, le PPR a été repris,
- pour la commune de Roquebrune Cap Martin, les effets de site ont été cartographiés au 1/25 000 à partir de la carte géologique, des données BSS, d'une visite rapide de terrain et par analogie avec le PPR de Menton. La cartographie a porté principalement sur les zones urbanisées.
- L'ensemble de la zone GE.RI.A France a été cartographiée à l'échelle du 1/50 000 à partir de la carte géologique, de la carte MNT et des données de la BSS.

# 2.1.2. Zones lithologiques caractéristiques

L'ensemble des formations lithologiques de la zone GE.RI.A est présenté ci – dessous (Figure 9).

Parmi celles – ci, l'analyse de leurs caractéristiques géologiques et géotechniques a permis de mettre en évidence celles qui sont susceptibles d'avoir un comportement médiocre en cas de séisme. Ce sont essentiellement les dépôts anthropiques, les éboulis non cimentés, les alluvions et enfin les dunes et formations sableuses.

Remarque : on entend par « caractéristiques géotechniques médiocres », les formations géologiques peu denses qui ont de faible vitesse de propagation des ondes de cisaillement.

	Données géologiques	Susceptibilité aux amplifications			
Les dépôts anthropiques	Ce sont des accumulations artificielles de matériaux de nature très diverse.	Ils sont très hétérogènes et leurs caractéristiques sont extrêmement variables. Elles peuvent par conséquent amplifier le mouvement sismique.			
Les éboulis de pierrailles	Ils sont généralement <b>non cimentés</b> . Leur abondance est particulièrement grande au pied des reliefs calcaires.	Les éboulis et brèches ont des caractéristiques géotechniques assez bonnes mais souvent			
Les éboulis et brèches de pente	Ils sont généralement cimentés par du calcaire.	dépendantes, pour les éboulis, des proportions relatives de la matrice en gér			
Les éboulis de pierrailles et formations associées	Cette désignation correspond souvent à des argiles, limons clairs, croûtes de calcaires et limons rouge, plus ou moins sableux ou caillouteux. Tantôt, ils forment des placages, tantôt ils occupent des petits ravins sur les poudingues plio-quarternaires du Var.	argileuse. Les éboulis non ou peu cimentés sont le siège de désordres. Ils sont			
Les alluvions actuelles	Elles sont généralement <b>très caillouteuses</b> . En bordure du Paillon et de ses affluents, elles sont plus riches en argile. On les retrouve aussi dans les fonds de vallées et en bord de mer.	Les alluvions sont généralement non stabilisées, et sont par conséquent moyennement			
Les alluvions anciennes	varier entre 10 et 75 m. Dans la région de Sospel, le long de la Bevera, elles sont particulièrement présentes.				
Dunes et formations sableuses littorales	Ces formations ont une extension extrêmement limitée, dans les fonds des petits golfes de la Côte d'Azur d'une part, au front de l'avancée alluviale du Var d'autre part.	De même que pour les alluvions, elles sont fortement susceptibles d'amplifier le mouvement sismique.			
Les poudingues plio-quaternaires	Ils sont entrecoupés de couches sableuses riches en faune marine. Ils occupent un « delta » ou « golfe » sans doute marin, établi sur un fossé dans la zone du Var inférieur entre la Roquette et la baie des anges.	Les poudingues étant plus ou moins indurés et cimentes selon les niveaux, ils			
Les poudingues miocènes de Roquebrune	Dans l'ensemble franchement marin de Roquebrune, on peut distinguer des grès inférieurs, à galets puis une grande masse de conglomérat faite de galets.	n'amplifient pas les ondes sismiques .			
Les grès d'Annot et flysch oligocène	C'est une formation marine complexe pouvant atteindre 350 à 500 mètres d'épaisseur au cœur de synclinaux dont elle constitue toujours le terme supérieur.	Ils présentent en général d'assez bonnes caractéristiques et n'entraînent pas d'amplification du mouvement sismique.			
Les marnes bleues éocènes	près homogène de marnes bleues très indurées plus ou moins calcaires et d'une épaisseur largement supérieure à la centaine de mètres.	Cette formation rappelle celle d'un marno-calcaire. Massives et dures, ces marnes peuvent s'altérer en surface, et s'éroder. Elles n'entraînent pas d'amplifications du mouvement sismique.			
Les calcaires marneux du Crétacé supérieur	Ce sont les calcaires marneux du Turonien et du Sénonien rassemblés ici sous la même dénomination. Ils sont caractérisés par une alternance de bancs calcaires et marneux peu épais. L'épaisseur de cette série peut dépasser les 300m.	Du fait de la tectonique, ce Crétacé supérieur est quelque fois complètement broyé. Il se comporte alors comme un assemblage de débris calcaires plus ou moins broyés dans une matrice argileuse, et donc comme les éboulis			
Les calcaires et dolomies du Jurassique	L'ensemble du Jurassique est constitué de bancs calcaires généralement épais, allant du blanc au gris foncé. Certains étages sont plus ou moins marneux, mais ils peuvent avoir aussi une alternance de dolomies ou de marnes.	Les calcaires et les dolomies sont localisés surtout dans le Jurassique, ces terrains présentent des caractéristiques intéressantes et peu différentes.  Les formations jurassiques et triasiques sont densément faillées. Les failles ont des écartements pluridécimétriques avec un remplissage bréchique non cimenté.			
Le complexe marnes-dolomics-gypse du Trias	Le Trias supérieur est composé de marnes versicolores, cargneules jaunes avec des banc dolomitiques.	Des amplifications du mouvement sismique peuvent donc se produire dans ce type de terrain.			

Figure 9 : Caractéristiques géologiques et géotechniques des formations rencontrées sur la zone GE.RI.A. France

#### 2.1.3. La commune de Menton

Le PPR de Menton délimite 8 zones à comportement homogène vis-à-vis de la réponse à une sollicitation sismique (Figure 10, Figure 11 et Figure 12).

- Zone 1: zone alluviale de bord de mer, généralement composée d'environ 20 mètres de sable reposant sur du Flysch gréseux. C'est une zone de liquéfaction possible.
- Zone 2: zone alluviale de fond de vallon, composée d'alluvions sur une épaisseur d'environ 10 mètres et dont la nature est mal connue avec des possibilités de sable.
- Zone 3 : zone alluviale de bord de mer sur la partie est de la commune. Elle est composée d'une épaisseur très faible de sable (environ 5 mètres) reposant sur du Flysch.
- Zone 4: zone du quartier de Garavan à l'est de la commune. Les terrains de recouvrement correspondent à des limons et argiles reposant sur du sable, dont l'ensemble a une épaisseur de plus de 20 mètres. Les éboulis mal consolidés du pied de la falaise de la Giraude sont inclus dans cette zone.
- Zone 5: Flysch de versant. Il s'agit d'une formation marine complexe pouvant atteindre 350 à 500 mètres d'épaisseur.
- Zone 6 : zone de crête donnant des amplifications liées à la topographie.
- Zone 7: faciès gréseux du flysch oligocène (Grès d'Annot), marnes bleues de l'Eocéne supérieur et Crétacé supérieur.
- Zone 8: Jurassique calcaire avec amplification topographique.

Les coefficients sont établis à partir des normes UBC 97, selon la méthodologie expliquée dans le chapitre précédent.

Zones	Coefficient d'amplification lithologique	Coefficient d'amplification topographique
Zone 1	1.6	1
Zone 2	1.2	1
Zone 3	1.6	1
Zone 4	1.4	1
Zone 5	1.2	1
Zone 6	1	1.4
Zone 7	1.2	1
Zone 8	1	1.4

Figure 10 : Attribution des coefficients d'amplification pour chacune des zones de Menton.

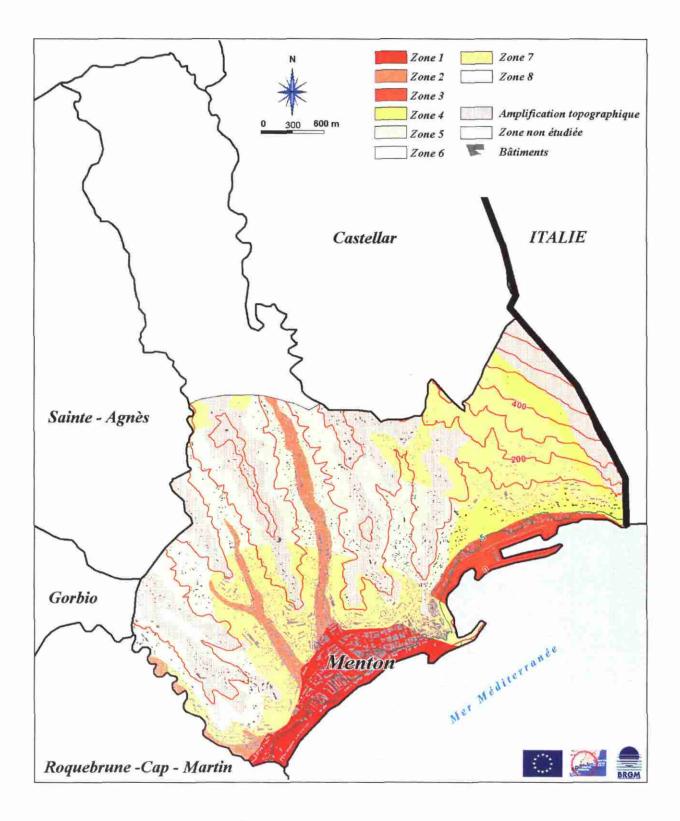


Figure 11: Zones susceptibles de produire des effets de site topographiques et lithologiques sur la commune de Menton, d'après le PPR de Menton.

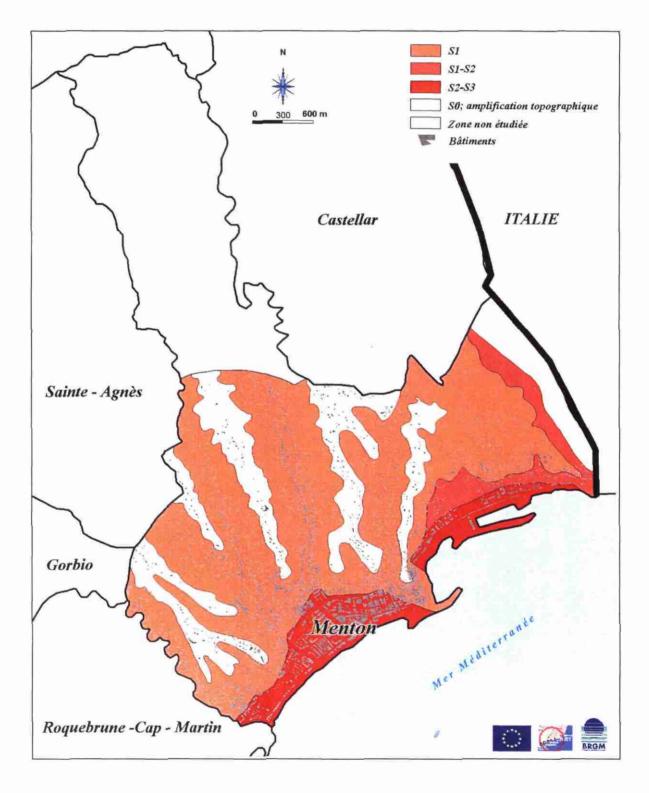


Figure 12 : Classement des effets de site lithologiques sur la commune de Menton d'après le PPR de Menton.

# 2.1.4. La commune de Roquebrune – Cap – Martin

Les zones susceptibles de produire des effets de site ont été identifiées à partir de la carte géologique au 1/50 000 et d'un relevé de terrain succinct.

# 2.1.4.1. Les effets de site topographiques

Les zones sensibles aux effets de site topographique ont été définies par la méthode de calcul du coefficient d'amplification, exposée précédemment et utilisée dans le PPR de Menton. Elles sont présentées sur la Figure 14.

# 2.1.4.2. Les effets de site lithologiques

# • Evaluation des effets de site lithologiques

L'analyse de la carte géologique et la visite de terrain permettent de distinguer quelques grands ensembles lithologiques, représentés dans le Figure 13 et la Figure 15.

Les formations superficielles reconnues sur la commune qui sont susceptibles de produire des effets de site lithologiques sont (Figure 13).

- les éboulis de pierrailles généralement non cimentés,
- les éboulis et brèches de pente généralement cimentés,
- les alluvions modernes de fond de Vallon d'épaisseur réduite (inférieure à 10 mètres),
- les alluvions de bord de mer d'épaisseur souvent supérieur à 20 mètres,
- les dunes et formations sableuses littorales.

Les types de sites et les coefficients d'amplification sont affectés aux formations lithologiques par analogie avec le PPR de Menton (Figure 14, Figure 15, Figure 16 et Figure 17).

Les zones classées en site S0, sont les sols rocheux ou sol de bonnes caractéristiques mécaniques sur une épaisseur inférieure à 15 m, c'est à dire :

- les poudingues de Roquebrune,
- l'ensemble oriental composé de grès et de flysch oligocène mais aussi de marnes bleues éocène et de calcaire marneux du Crétacé supérieur
- les calcaires jurassiques du Cap Martin,
- les escarpements calcaires du Jurassique et du Trias densément faillés.

Rapport BRGM/RP-51301-FR

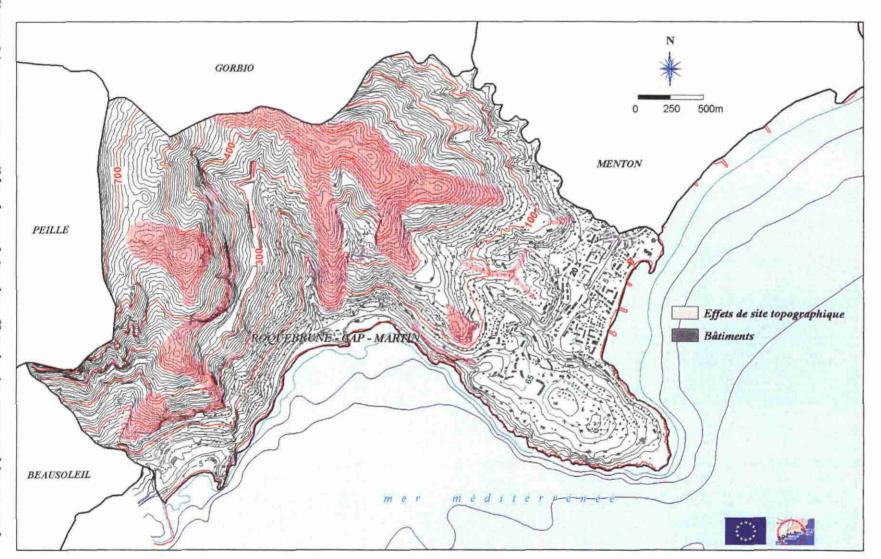
Ensembles lithologiques	Types de site	Coefficient d'amplification
Eboulis de pierrailles généralement non cimentés	S1 à S2	1,4
Eboulis et brèches de pente généralement cimentés	S1	1,2
Alluvions modernes de fond de Vallon (e < 10 m)	S1à S2	1,4
Alluvions de bord de mer (e <sup>8</sup> > 20 m)	S2 à S3	1,6
Dunes et formations sableuses littorales	S2 à S3	1,6
Brèche de faille	S1	1,2
Poudingue de Roquebrune	S0	1
Ensemble oriental composé de grès et flysh oligocène, de marnes bleues de l'Eocène et de calcaire marneux du Crétacé supérieur	S0	1
Calcaire jurassique du Cap Martin	S0	1
Escarpements calcaires du Jurassique et Trias	S0	1

Figure 13 : Caractéristiques des ensembles lithologiques de Roquebrune – Cap - Martin

L'épaisseur des éboulis est souvent très importante (supérieure à 10 mètres). La zone côtière très urbanisée, de la partie occidentale de la commune est bâtie presque entièrement sur des éboulis. Cependant, ces éboulis sont souvent bien consolidés. Ils sont généralement constitués de gros blocs de calcaire provenant de l'érosion des falaises jurassiques surplombantes.

-

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Epaisseur



commune de Roquebrune - Cap - Martin Figure 14 : zones susceptibles de produire des effets de site topographiques sur la

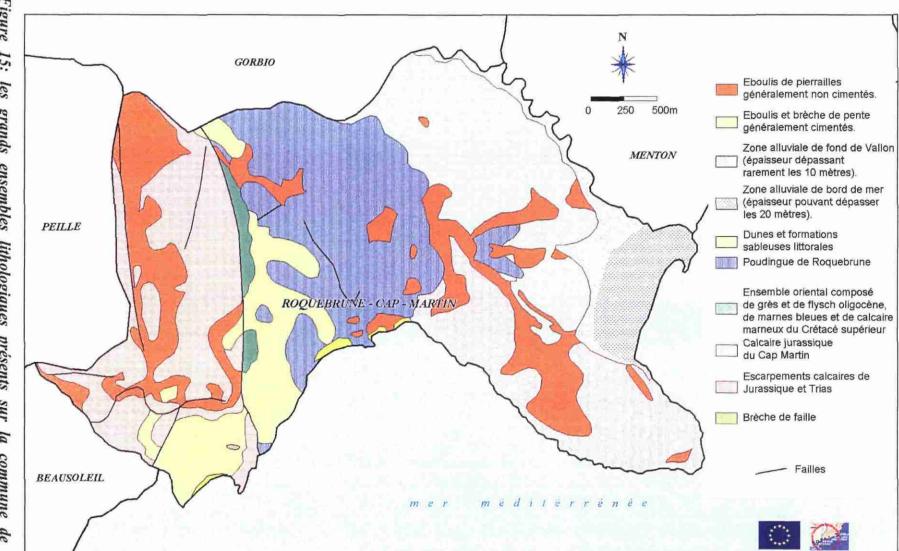


Figure Roquebrune 1/50 000. 15: les Capgrands Martin d'après la carte géologique ensembles lithologiques présents Sur de Menton commune Nice de à

Rapport BRGM/RP-51301-FR

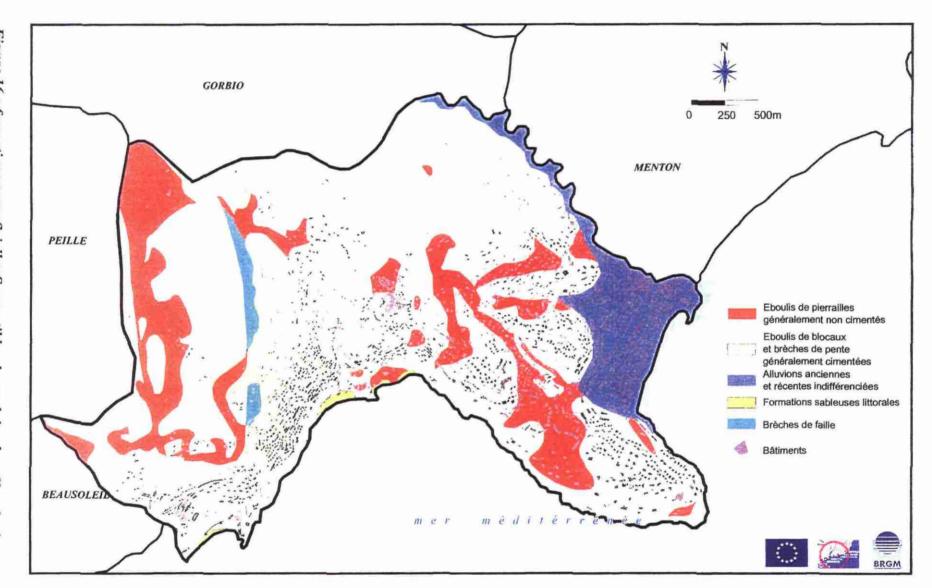


Figure 16 : formations superficielles Susceptibles de produire des effets de site lithologiques sur la commune de Roquebrune - Cap - Martin

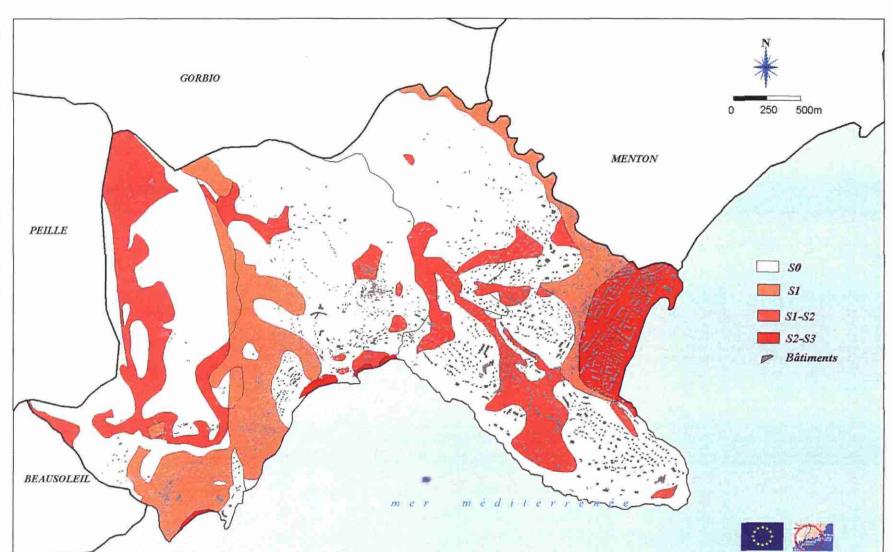


Figure 17: classement des effets de site lithologiques sur la commune de Roquebrune – Cap –martin, d'après les règles PS 92)

### 2.1.5. Ensemble de la zone GE.RI.A France

# 2.1.5.1. Effets de site topographiques

Les effets de site topographiques sur l'ensemble de la zone GE.RI.A, ont été identifiés à partir de coupes topographiques réalisées sur la carte du modèle numérique de terrain (MNT) de la région PACA<sup>9</sup>, à l'échelle du 1/50 000.

L'utilisation du coefficient  $\tau$  est binaire, on distingue les zones sans amplification  $(\tau = 1)$ , de celles où une modification du signal est possible  $(\tau = 1,40)$ .

Les résultats obtenus à l'échelle du 1/50 000 sont présentés sur la Figure 18.

# 2.1.5.2. Effets de site lithologiques

L'identification des zones susceptibles d'être affectées par des effets de site lithologiques s'est effectuée en quatre phases :

- Repérage des formations susceptibles d'être affectées par des effets de site,
- ciblage des zones à enjeux,
- évaluation des épaisseurs,
- classement des zones.

#### Les documents utilisés sont :

- la carte des forages carottés de la région PACA et les log de sondages associés,
- la carte géologique au 1/50 000,
- le modèle numérique de terrain (MNT) de la région PACA.

# • Repérage des formations susceptibles d'être affectées par les effets de site

A partir de la carte géologique de Menton – Nice au 1/50 000, nous avons isolé les formations susceptibles de susciter des effets de site lithologique, c'est à dire les dépôts anthropiques, les éboulis non cimentés, les alluvions et les zones broyées (brèches de failles non cimentés). Ces formations sont représentées sur la Figure 19.

#### • Ciblage des zones à enjeux

L'étude a porté sur les zones à enjeux, c'est à dire les zones urbanisées. Ce sont surtout les éboulis et alluvions qui ont été étudiés car les dépôts anthropiques et les zones broyés sont pour la plupart hors des zones habitées.

-

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> Provence-Alpes-Côte-d'Azur

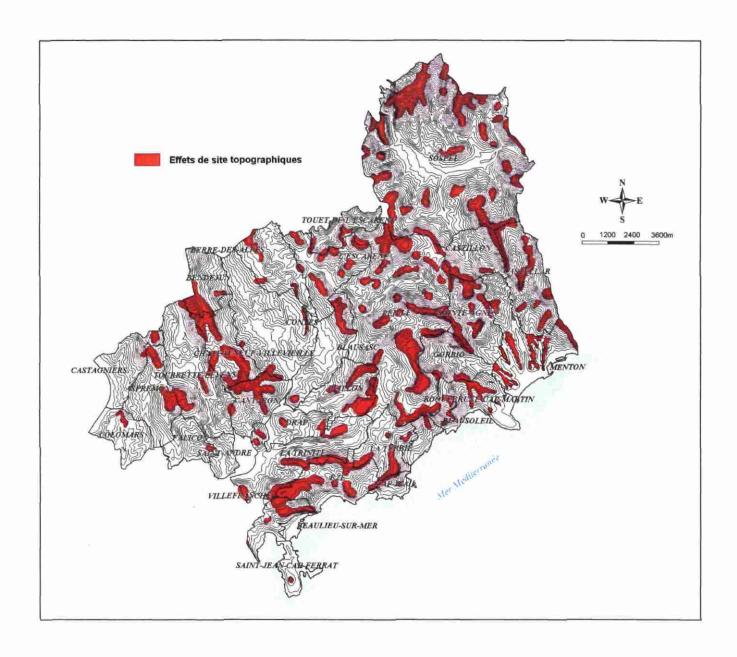
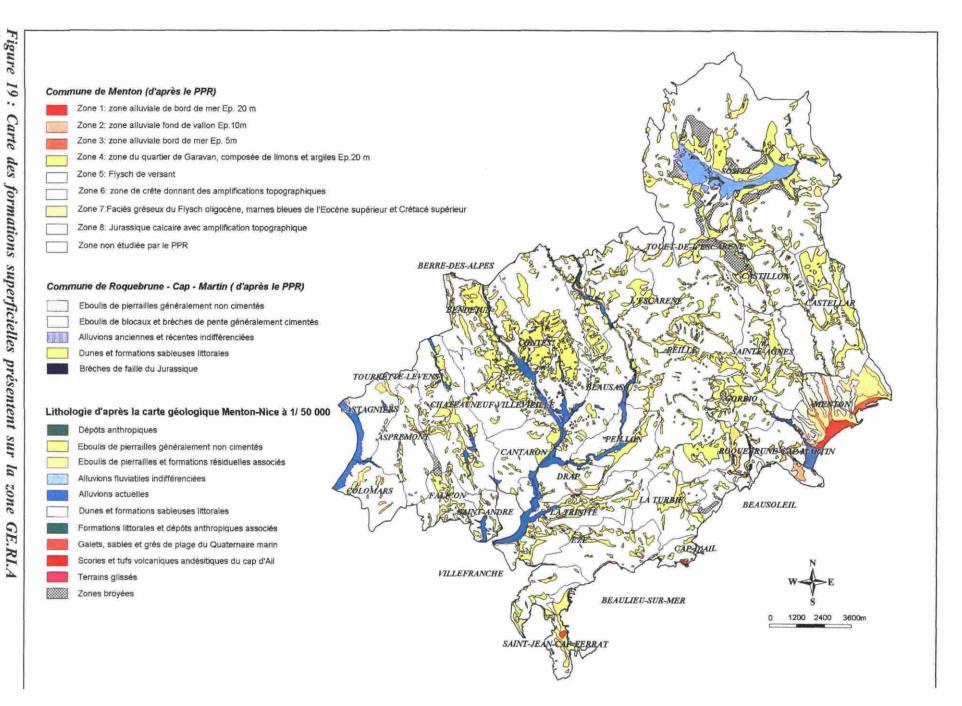


Figure 18 : zones susceptibles de produire des effets de site topographiques sur la zone GE.RI.A France

Rapport BRGM/RP-51301-FR



# • Evaluation des épaisseurs

L'évaluation des épaisseurs est réalisée à partir des forages qui se situent sur des zones d'éboulis et alluvions, ou à proximité. Hormis pour Gorbio, où les forages donnent une épaisseur d'éboulis supérieure à 20 m, les autres sondages ne donnent aucune information sur les formations superficielles (Figure 20).

Les données fournies par les sondages étant insuffisantes, il a été nécessaire de réaliser des coupes topographiques afin d'évaluer l'épaisseur des formations superficielles meubles.

La méthode utilisée est illustrée ci – dessous :

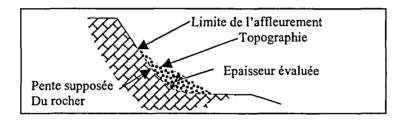


Figure 20: Méthode d'évaluation des épaisseurs

Les éboulis inférieurs à 10 m et les alluvions inférieures à 5 m n'ont pas été considérés comme des zones susceptibles de générer des effets de site, lors d'un séisme.

Pour les zones d'épaisseur variable où nous avions plus de 10 m en un point donné, nous avons attribué une épaisseur moyenne de 10 m. Ce qui peut contribuer à accentuer le coefficient d'amplification de l'effet de site par rapport à la réalité (Figure 21).

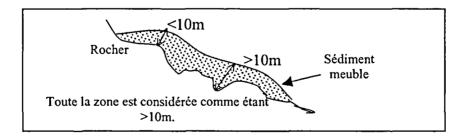


Figure 21 : Cas des zones d'épaisseur hétérogène

#### Classement des zones

Les éboulis ou alluvions dont la surface de recouvrement était inférieure à 10 ha ont été classés en So. Nous avons considéré que sur une petite surface, les épaisseurs seraient probablement inférieures à 5m (pour les alluvions) et

10m (pour les éboulis). Il en est de même pour ceux situés en milieu de pente ou sur des plateaux, montrant une faible épaisseur (<5m). (Figure 22)

A partir de l'évaluation des épaisseurs, un zonage des formations susceptibles de produire des effets de site a été effectué (Figure 23).

Les éboulis et les alluvions ont été classés en groupe b et c selon les règles parasismiques PS 92.

Formations	Classification des sols	Epaisseur (e)	Classification des sites		
Eboulis non cimentés	Groupe b	e > 10 m	S2		
Alluvions actuelles	Groupe c	10 < e < 100 m	S3		
Alluvions anciennes	Groupe b	15< e < 50 m	S2		

Figure 22 : classement des effets de site lithologiques sur la zone GE.RI.A France

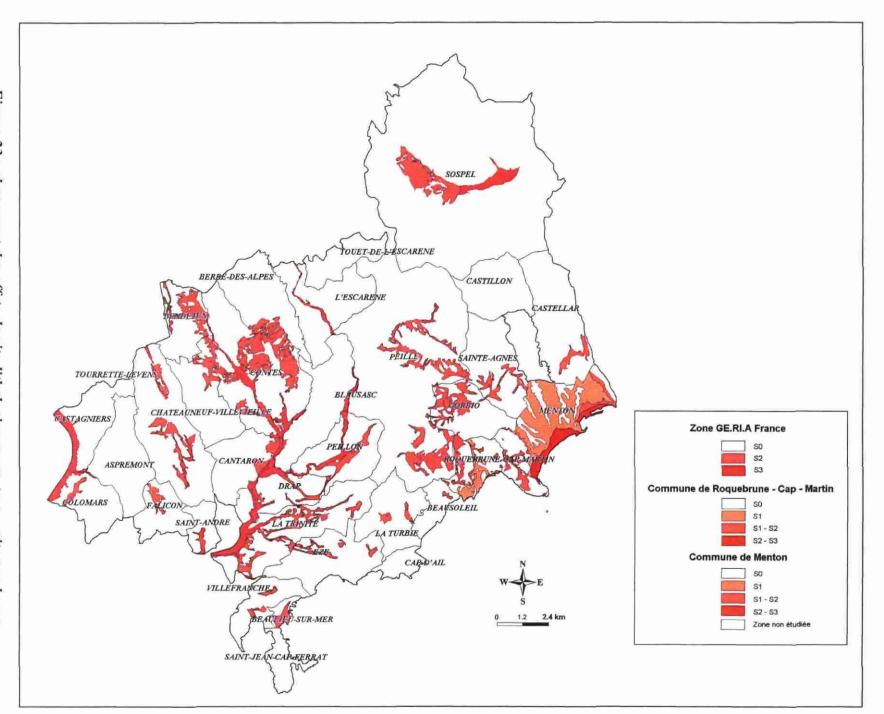


Figure 23: classement des effets de site lithologiques par type - site sur la zone GE.RI.A France

#### 2.2. EVALUATION DES EFFETS INDUITS

La liquéfaction des sols n'a pas été prise en compte dans cette étude. Par contre les mouvements de terrain seront pris en compte dans le scénario.

Pour la commune de Menton, les mouvements de terrain ont été repris dans ce chapitre tels qu'ils ont été identifiés et décrits dans le PPR. Il en est de même pour la commune de Roquebrune – Cap – Martin

Par contre, la zone GE.RI.A France est couverte par la cartographie des DCS<sup>10</sup> mouvements de terrain à 1/25 000.

#### 2.2.1. Les mouvements de terrains

# 2.2.1.1. Données de référence : PPR mouvements de terrain et de séismes de Menton

L'effet des séismes sur la stabilité des pentes dépend de nombreux facteurs tels que la géologie, l'hydrogéologie, la topographie, les caractéristiques mécaniques des terrains constituant la pente, les conditions préexistantes de stabilité, qui sont inhérents à l'environnement du site. Ces facteurs ont été pris en compte pour la réalisation sur la commune de Menton d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles de mouvements de terrain et de séisme (DDE Alpes Maritimes, CETE Méditerranée Août 1999). A ceux - ci, viennent s'ajouter les caractéristiques de la sollicitation sismique.

L'identification et la caractérisation des aléas (risques) mouvements de terrain et sismiques, ont permis la réalisation d'une carte définissant les zones d'aléas que l'on résume ci – dessous :

Les mouvements de terrain observés sur la commune sont de cinq types : des éboulements en masse et de blocs, des glissements, des ravinements, des coulées et des reptations (Figure 24).

L'influence des séismes (effet dynamique) est prise en compte par une majoration, des aléas d'éboulement et de glissement et entraîne un changement possible de qualification de ces aléas.

- Dans le cas d'éboulement, la majoration de l'aléa par suite de la sismicité résulte de l'effet de purge que peut produire la secousse. On observe également un allongement sensible des trajectoires des blocs libérés lors du séisme. La simultanéité des chutes et la prolongation des trajectoires changent la qualification de l'aléa, qui de limité peut devenir de grande ampleur.
- En matière de glissement en terrain meuble, la prise en compte de la sismicité se traduit par un ajout de phénomènes spécifiques, tels que les glissements subhorizontaux le long des berges et une majoration de l'aléa. La modification de la qualification de l'aléa intervient uniquement dans le cas d'un changement notable de la surface affectée par le phénomène.

,

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> DCS: Dossiers Communaux Synthétiques.

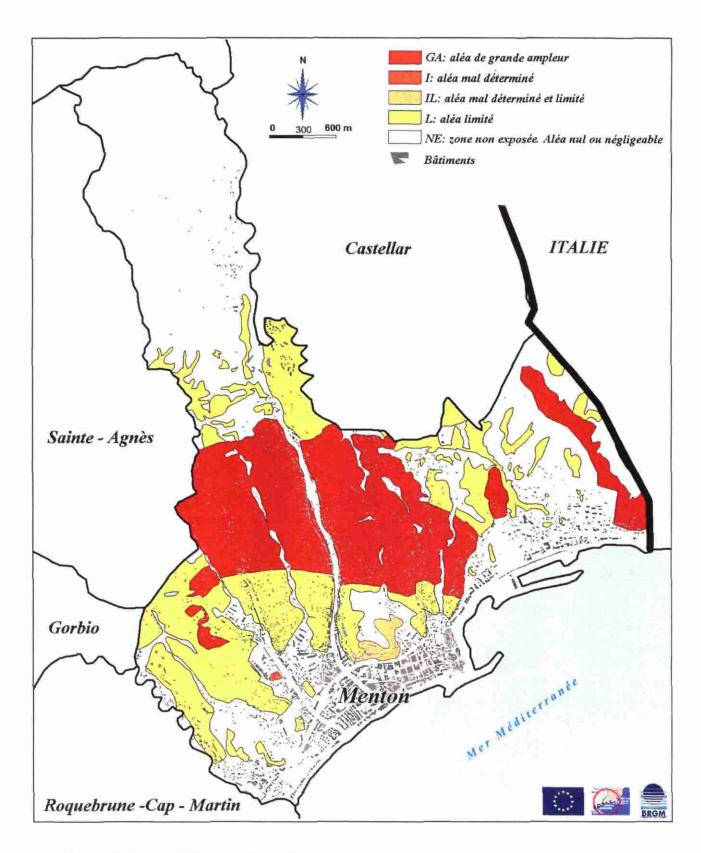


Figure 24 : qualification de l'aléa mouvements de terrain de la commune de Menton d'après le PPR mouvements de terrain de Menton

# 2.2.1.2. PPR Mouvement de terrain de Roquebrune - Cap - Martin

Dans le cadre de ce travail, à partir de la cartographie du PPR mouvements de terrain « statique », une évaluation sommaire de la propagation sous séisme a été réalisée.

Les mouvements observés sur la commune sont de quatre types : des éboulements en masse ou de blocs, des glissements, des ravinements et des reptations. (CETE Méditerranée, 1999).

- Les éboulements en masse (éléments supérieurs à 1 m³) concernent uniquement les quartiers du Rataou et de Saint Pancrace. Les chutes de blocs (éléments compris entre 1dm³ et 1 m³) intéressent principalement l'ouest de la commune et notamment les quartiers de Saint Pancrace, Rataou, Mont Gros, Ortas, Vigna, Fenouil supérieur, Bestagne ...
- Les glissements affectent en général, des roches incompétentes et provoquent le déplacement d'une masse de terrain, ils sont susceptibles de se produire principalement au niveau des quartiers, Fenouil Supérieur et la Vigna.
- Les phénomènes de reptation les plus significatifs sont situés à l'ouest de la commune sur les quartiers Fenouil Supérieur, Age et Bestagne. Les ravinenements sont principalement circonscrits au nord est et au sud-ouest de la commune.

Les Figure 25 et Figure 26, présentent les zones d'éboulis et de glissements qui sont particulièrement sensibles aux séismes. On observe que les quartiers de l'ouest de la commune, Rataou, de Saint - Pancrace Mont Gros, Ortas, Vigna, Fenouil supérieur, Bestagne sont particulièrement affectés.

Il s'agit de zones souvent escarpées, avec notamment des amplifications topographiques, et par conséquent, quelques changements de qualification d'aléa ont été faits. Ils concernent pour majeure partie les phénomènes de chute de blocs et éboulement en masse. Les zones de propagation définis par le PPR de Roquebrune, ont été prolongées en fonction de la topographie (carte IGN au 1/25000), de la lithologie et d'une visite rapide de terrain.

La prise en compte des zones de propagations est représentée sur la Figure 25. Elle tient compte de la cartographie originelle du PPR, à laquelle ont été ajoutée les zones de propagations.

- Niveau 2 : aléa mal connu, présence de plusieurs facteurs déterminants, sur les autres subsistent des incertitudes (non accessible).
- Niveau 3 : aléa moyen, tous les facteurs déterminants sont accessibles. N-1 facteurs sont répertoriés, le facteur manquant pouvant apparaître au cours du temps.
- Niveau 4 : aléa important, tous les facteurs déterminants sont reconnus sur le site mais l'intensité d'un ou plusieurs facteurs est faible.
- Niveau 5 : aléa élevé ou très élevé.

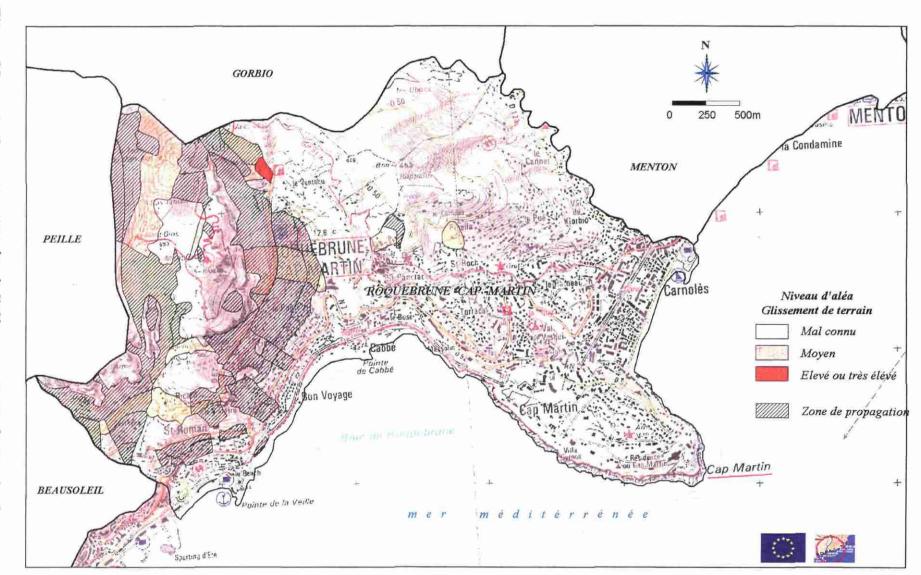
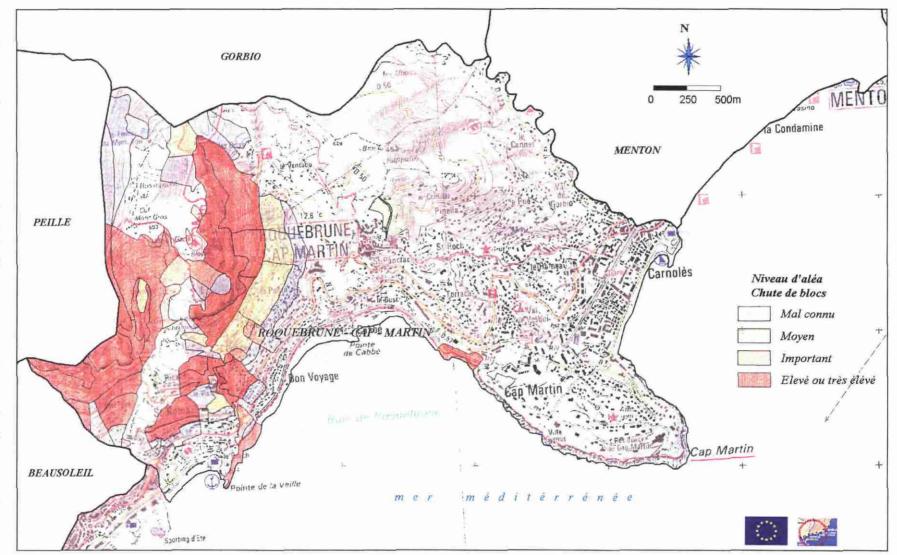


Figure « glissement », par niveau d'aléa d'après le PPR mouvements de terrain 25: carte des zones exposées l'aléa mouvement de terrain de type



de blocs », par niveau d'aléa d'après le PPR mouvements de terrain Figure 26 : carte des zones exposées à l'aléa mouvement de terrain de type « chute

#### 2.2.1.4. L'aléa mouvements de terrain sur la zone GE.RI.A France

Concernant la zone GE.RI.A, les documents de cartographie de l'aléa disponibles sont nombreux. Cela témoigne de l'importance du phénomène dans la région. Les documents sont les suivants (Figure 27):

- les Dossiers Communaux Synthétiques DCS ou les Schémas Directeurs (communiqués par la DDE 06) qui sont saisis au 1/25 000, et représentent un zonage de l'aléa mouvements de terrain correspondant à un risque élevé, de grande ampleur. Pour la zone GE.RI.A., ils sont tous numérisés. Il faut rappeler que ces documents ont pour vocation l'information des populations de l'existence d'un risque majeur. Ils ne prétendent pas à l'exhaustivité ni à une grande précision. Ils sont réalisés à partir des rapports CETE qui fournissent une cartographie papier au 1/25 000 qualifiant également un aléa élevé, de grande ampleur. Ceux-ci sont consultables au CETE et à la DDE.
- Les Plans de Prévention des Risques mouvements de terrains sont établis par la DDE. Ils présentent une cartographie des aléas hiérarchisés en aléa faible moyen ou fort. Ils sont saisis généralement au 1/5 000, et parfois au 1/2 000 (notamment pour la commune de Roquebrune-Cap-Martin): Actuellement, tous les PPR sont sous la forme papier, et disponibles à la DDE.

Seuls les DCS ont été utilisés pour l'étude de l'aléa mouvement de terrain sur l'ensemble de la zone GE.RI.A, car leur échelle de cartographie était compatible avec celle de la zone (Figure 28).

Dans l'étude du scénario, les mouvements de terrain pris en compte sont les mouvements de terrain historiques issus de la BDMVT (BRGM / LCPC). A l'échelle de travail considéré, cette approche a paru pertinente, en vue de l'analyse

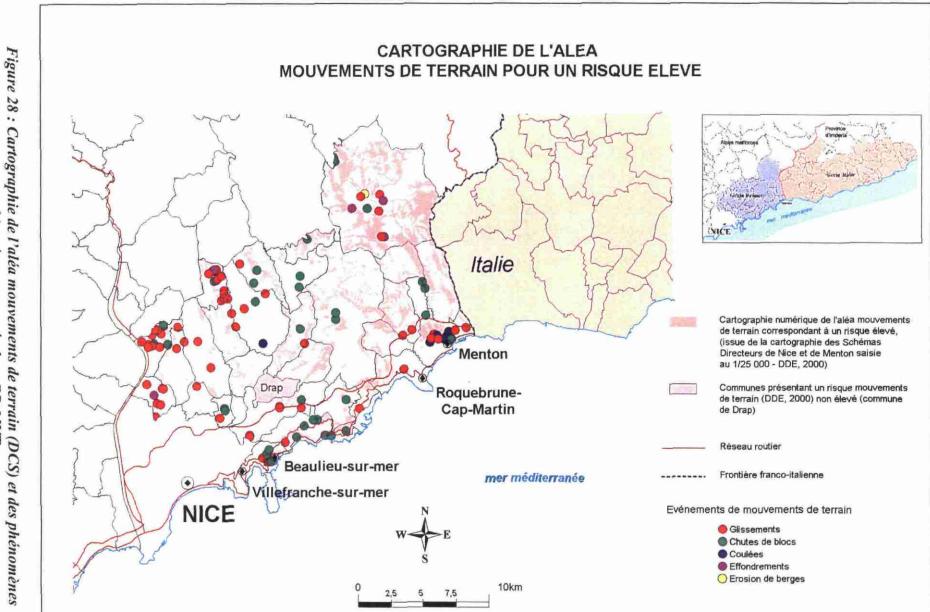
des dysfonctionnements possibles (coupures de réseaux par exemple).

Thème	Nom du document	Nature du document	Origine de la donnée (auteur)	Date de mise à jour	Echelle du document papier	Echelle de saisie numérique	Disponibilité de l'information	Attributs	Aire de pertinence	Nom du fichier
ALEAS				10-18						
Aléas natu	Dossiers Communaux Synthétiques DCS	carte papier / numérique	DDE	juin-00	1/8 000	1/25 000	fourni au BRGM	zonage de l'aléa mvt	Commune	Info_Mvt_ terrain_ Beausoleil
Tous risques	Etat existant de la prise en compte des risques naturels	tableau numérique	DDE	2000	ï	1/25 000	fourni au BRGM	bassins prioritaires de rísques	Commune	Risques_ potentiels_ commune_06
	Aléa MVT par schéma directeur	carte + tableau numériques	DDE	2000	1	1/25 000	fourni au BRGM	risque élevé MVT au schéma directeur	Schéma directeur	SDMenton, SDNice, SDCannes
	PPR mouvements de terrains	papier / numérique	DDE	2000	1/2 000, 1/5 000	1/5 000	DDE pour les autre communes	qualification de l'aléa, intensités	Commune	-
	PPR mouvements de terrain, Beaulieu sur mer	carte papier	DDE	1998	1/2 000, 1/5 000	Ξ	disponible au BRGM	qualification de l'aléa, intensités	Beaulieu-sur- mer	
Mvt de terrain	PPR mouvements de terrain, Roquebrune Cap Martin	carte papier + numérique	DDE	1999	1/2 000	1/5 000	disponible au BRGM	qualification de l'aléa, intensités	Roquebrune- Cap-Martin	Roquebru_ poly QualAléa Roqueb
	PPR mouvements de terrain, Villefranche sur mer	carte papier	DDE	1998	1/5 000	=	disponible au BRGM	qualification de l'aléa, intensités	Villefranche- sur-mer	~-
	PPR mouvements de terrain, Menton	carte papier + numérique	DDE	1998	1/5 000	1/5 000	disponible au BRGM	qualification de l'aléa, intensités	Menton	mvtment_ poly QualifAleas3
	Rapport CETE Etude sur les Mvt	cartes + données papier	СЕТЕ	1998	1/25 000	-	consultable au CETE et à la DDE	zonage de l'aléa mvt	Département	-

Figure 27: Principaux documents existant en terme d'aléa mouvements de terrain

# 2.2.2. La liquéfaction

Le phénomène induit de liquéfaction n'a pas été étudié dans le cadre du projet GE.RI.A.



historiques recensés dans BD MVT

# **Bibliographie**

- A.Foucault; J-F. Raoult Dictionnaire de géologie (1995, 4<sup>e</sup> édition). Masson, Paris.
- AFNOR (1995) Règles de construction parasismique : règles PS applicables aux bâtiments, dites règles PS 92. AFNOR, Paris, norme française NF P 06-013
- Association Française du Genie Parasismique (1992) Guide AFPS 92 pour la protection parasismique des ponts. Presse des ponts et chaussées, Paris.
- Association Française du Genie Parasismique (1990) Recommandations AFPS 90 pour la redaction de règles relatives aux ouvrages et installations à réaliser dans les régions sujettes aux séismes. Presses des ponts et chaussées, Paris.
- CETE méditerranée, DDE Alpes Maritimes (1999) Commune de Menton. Plan de Prévention des risques naturels prévisibles de mouvements de terrain et de séisme.
- CETE méditerranée, DDE Alpes Maritimes (1999) Commune de Roquebrune Cap Martin. Plan de Prévention des Risques prévisibles de mouvements de terrain.
- Département des Affaires Humanitaires (Dec.1992) GLOSSAIRE international multilingue agréé de termes relatifs à la GESTION des CATASTROPHES. UN DHA/GENEVE; palais des Nations; CH-1211 Genève 10 Suisse.
- European Macroseismic Scale 1998 « Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de séismologie » Vol.15 ; Conseil de l'Europe.
- Stieljes L.; Monge O.; avec la coll. de Martin C. et Mouroux P. (1997) Projet GEMETIS NICE: évaluation de l'aléa sismique local sur la ville de Nice. Rap.BRGM R39082, 80 p., 22 fig., 9 tabl., 8 pl.h.t.
- Uniform Building Code<sup>TM</sup> Volume 2 (1997) Structural Engineering Design Provisions, by International Conference of Building Officials

# Liste des annexes

Annexe I: carte géologique de la commune de Roquebrune – Cap – Martin (carte
géologique de Menton – Nice à 1/50 000 ; BRGM)55
Annexe 2 : carte des forages exitants sur la zone GE.RI.A France (Banque de données du
Sous-Sol; BRGM)
Annexe 3 : position des coupes géologiques sur la zone GE.RI.A France, au droit de
l'urbanisation (carte géologique de Menton – Nice à 1/50 000; BSS du BRGM; Plan
d'occupation des sols – DDE 06, 2000)
Annexe 4 : synthèse des coupes topographiques et des classifications des sols par type de
site
Annexe 5 : carte du zonage des formations susceptibles de produire des effets de site
lithologiques sur la zone GE.RI.A France (BRGM)

## Liste des illustrations

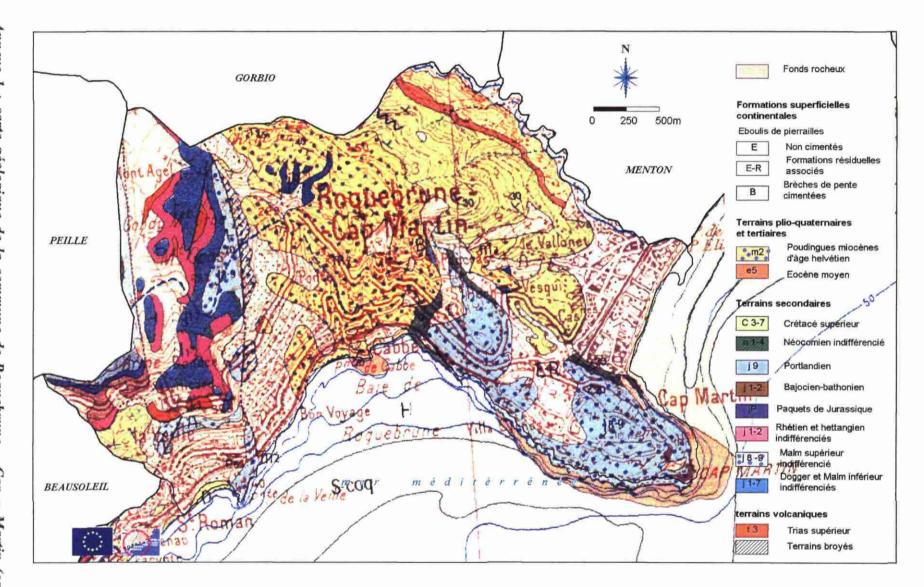
#### **FIGURES**

FIGURE 1: MÉTHODOLOGIE DE RÉALISATION D'UN SCÉNARIO SISMIQUE	10
Figure 2 : Zonage sismique de la France	11
FIGURE 3: PRISE EN COMPTE DE L'EFFET TOPOGRAPHIQUE	13
FIGURE 4: EXEMPLES DE CONFIGURATIONS LITHOLOGIQUES TYPES PROVOQUANT UNE	
AMPLIFICATION DES ONDES SISMIQUES (= EFFET DE SITE LITHOLOGIQUE) (PROJET	
GEMETIS Nice,1996)	16
Figure 5 : Paramètres d'identification des sols (règles parasismiques PS 92)	17
FIGURE 6- CLASSIFICATION DES SOLS EN 4 TYPES DE SITES LITHOLOGIQUES, D'APRÈS LA	
COMBINAISON DE LEURS CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES ET DE LEUR ÉPAISSEUF	}
(règles parasismiques PS 92)	18
FIGURE 7: COEFFICIENTS D'AMPLIFICATION ISSUS DES UBC 97	
FIGURE 8 : COEFFICIENT D'AMPLIFICATION POUR CHACUN DES TYPES DE SITE	20
Figure 9 : Caractéristiques géologiques et géotechniques des formations	
RENCONTRÉES SUR LA ZONE GE.RI.A. FRANCE	
Figure ${f 10}:$ Attribution des coefficients d'amplification pour chacune des zoni	
DE MENTON.	25
FIGURE 11: ZONES SUSCEPTIBLES DE PRODUIRE DES EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES ET	
LITHOLOGIQUES SUR LA COMMUNE DE MENTON, D'APRÈS LE PPR DE MENTON	26
FIGURE 12 : CLASSEMENT DES EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES SUR LA COMMUNE DE	
MENTON D'APRÈS LE PPR DE MENTON	
FIGURE 13 : CARACTÉRISTIQUES DES ENSEMBLES LITHOLOGIQUES DE ROQUEBRUNE – CA	
Martin	29
FIGURE 14 : ZONES SUSCEPTIBLES DE PRODUIRE DES EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES SUI	
LA COMMUNE DE ROQUEBRUNE – CAP – MARTIN	30
FIGURE 15: LES GRANDS ENSEMBLES LITHOLOGIQUES PRÉSENTS SUR LA COMMUNE DE	- :
ROQUEBRUNE – CAP – MARTIN D'APRÈS LA CARTE GÉOLOGIQUE DE MENTON – NICE	
1/50 000Figure 16 : formations superficielles Susceptibles de produire des effets de sit	
LITHOLOGIQUES SUR LA COMMUNE DE ROQUEBRUNE – CAP – MARTIN	
FIGURE 17: CLASSEMENT DES EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES SUR LA COMMUNE DE	32
ROQUEBRUNE – CAP –MARTIN, D'APRÈS LES RÈGLES PS 92)	22
FIGURE 18 : ZONES SUSCEPTIBLES DE PRODUIRE DES EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES SUS	
LA ZONE GE.RI.A FRANCE	
FIGURE 19 : CARTE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES PRÉSENTENT SUR LA ZONE GE.RI.A	
FRANCE	
FIGURE 20: MÉTHODE D'ÉVALUATION DES ÉPAISSEURS	
Figure 21 : Cas des zones d'épaisseur hétérogène	
FIGURE 22 : CLASSEMENT DES EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES SUR LA ZONE GE.RI.A	*
France	38
FIGURE 23: CLASSEMENT DES EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES PAR TYPE – SITE SUR LA ZO	
GE.RI.A France	

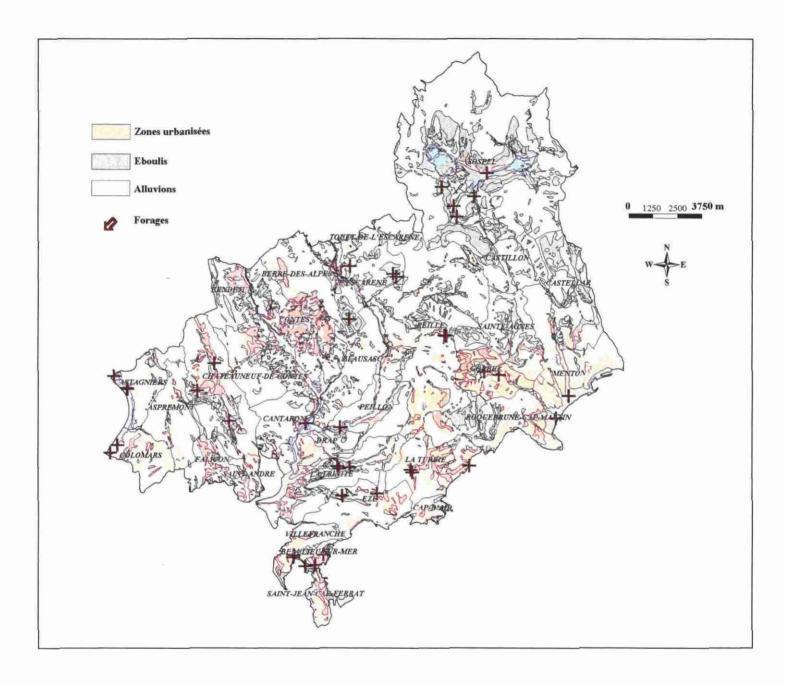
#### Etude de l'aléa local Projet GE.RI.A. – Phase 3

FIGURE 24 : QUALIFICATION DE L'ALÉA MOUVEMENTS DE TERRAIN DE LA COMMUNE DE	
MENTON D'APRÈS LE PPR MOUVEMENTS DE TERRAIN DE MENTON4	1
FIGURE 25 : CARTE DES ZONES EXPOSÉES À L'ALÉA MOUVEMENT DE TERRAIN DE TYPE	
« GLISSEMENT », PAR NIVEAU D'ALÉA D'APRÈS LE PPR MOUVEMENTS DE TERRAIN 4	3
Figure 26 : carte des zones exposées à l'aléa mouvement de terrain de type	
« CHUTE DE BLOCS », PAR NIVEAU D'ALÉA D'APRÈS LE PPR MOUVEMENTS DE TERRAIN	
FIGURE 27: PRINCIPAUX DOCUMENTS EXISTANT EN TERME D'ALÉA MOUVEMENTS DE	
TERRAIN4	6
Figure 28 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain (DCS) et des	
PHÉNOMÈNES HISTORIQUES RECENSÉS DANS BD MVT4	8

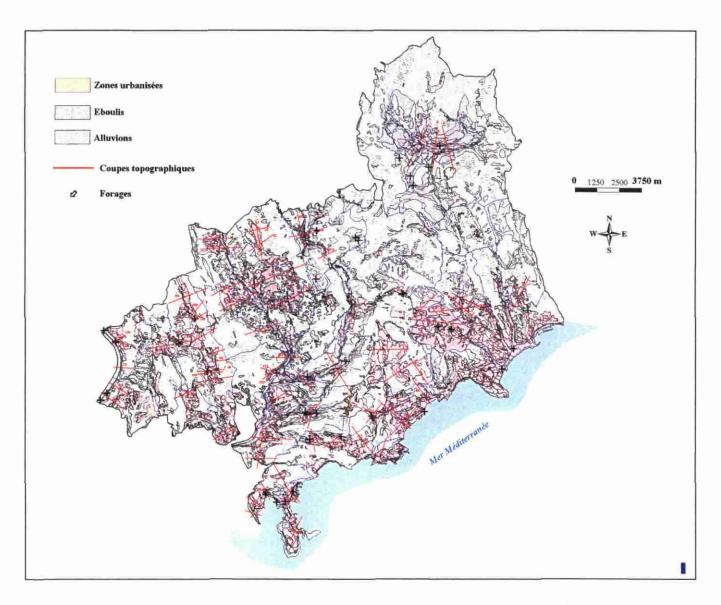
### **ANNEXES**



géologique de Menton -Annexe carte géologique de la Nice à 1/50 000 ; BRGM) commune de Roquebrune CapMartin (carte



Annexe 2 : carte des forages exitants sur la zone GE.RI.A France (Banque de données du Sous-Sol; BRGM)



Annexe 3: position des coupes géologiques sur la zone GE.RI.A France, au droit de l'urbanisation (carte géologique de Menton – Nice à 1/50 000; BSS du BRGM; Plan d'occupation des sols – DDE 06, 2000)

Le tableau ci-après, est une synthèse des coupes topographiques qui ont permis l'évaluation des épaisseurs des formations superficielles susceptibles de produire des effets de site lithologiques (alluvions et les éboulis) sur la zone GE.RI.A France ainsi que la classification des sols par type de sites lithologiques.

Remarque : dans l'annexe 4, on entend par « épaisseur significative » une épaisseur de sol supérieure à 10 m et qui peut engendrer des effets de site lithologiques, en cas de séisme. De plus, « PESL », signifie qu'il n'y a Pas d'Effets de Site Lithologique.

Etude de l'aléa local Projet GE.RI.A. – Phase 3
Annexe 4 : synthèse des coupes topographiques et des classifications des sols par type de
site (ci-après)
·

l	N° forage (si présent)		hypothèses (épaisseur)		Classification		
N° coupe			zone signifi éboulis	cative (zf) alluvions	éboulis	alluvions	commentaire
Α	51	Marnes	éboulis 5m <e<10m< td=""><td>alluvions 30m<e<40m< td=""><td>éliminé</td><td></td><td>En milieu de pente et en haut de pente les éboulis n'ont pas une épaissseur significative. Par contre, en pied de pente ils sont significatifs. Le forage 51 ne mentionne pas d'éboulis ou d'alluvions mais indisque 100m de marnes.</td></e<40m<></td></e<10m<>	alluvions 30m <e<40m< td=""><td>éliminé</td><td></td><td>En milieu de pente et en haut de pente les éboulis n'ont pas une épaissseur significative. Par contre, en pied de pente ils sont significatifs. Le forage 51 ne mentionne pas d'éboulis ou d'alluvions mais indisque 100m de marnes.</td></e<40m<>	éliminé		En milieu de pente et en haut de pente les éboulis n'ont pas une épaissseur significative. Par contre, en pied de pente ils sont significatifs. Le forage 51 ne mentionne pas d'éboulis ou d'alluvions mais indisque 100m de marnes.
В	51	Marnes	éboulis 5m <e<10m< td=""><td>alluvions 20m<e<30m< td=""><td>éliminé</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont inférieurs à 10m, ils sont donc éliminés selon la norme AFPS 92. Les alluvions actuelles et anciennes, peuvent atteindre des altitudes relatives de 10 à 50m, d'après la notice de la carte géologique au 1/50000 de Menton-Nice.</td></e<30m<></td></e<10m<>	alluvions 20m <e<30m< td=""><td>éliminé</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont inférieurs à 10m, ils sont donc éliminés selon la norme AFPS 92. Les alluvions actuelles et anciennes, peuvent atteindre des altitudes relatives de 10 à 50m, d'après la notice de la carte géologique au 1/50000 de Menton-Nice.</td></e<30m<>	éliminé	S2	Les éboulis sont inférieurs à 10m, ils sont donc éliminés selon la norme AFPS 92. Les alluvions actuelles et anciennes, peuvent atteindre des altitudes relatives de 10 à 50m, d'après la notice de la carte géologique au 1/50000 de Menton-Nice.
С	51	Marnes	éboulis 5m <e<10m< td=""><td>alluvions 15m<e<35m< td=""><td>éliminé</td><td></td><td>Les éboulis sont au milieu d'une forte pente et leur épaisseur est inférieure à 10m; ils sont éliminés selon la norme de l'AFPS 92.</td></e<35m<></td></e<10m<>	alluvions 15m <e<35m< td=""><td>éliminé</td><td></td><td>Les éboulis sont au milieu d'une forte pente et leur épaisseur est inférieure à 10m; ils sont éliminés selon la norme de l'AFPS 92.</td></e<35m<>	éliminé		Les éboulis sont au milieu d'une forte pente et leur épaisseur est inférieure à 10m; ils sont éliminés selon la norme de l'AFPS 92.
D		Marno-calcaire	éboulis 20m <e<50m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont au pied d'une forte pente dans la zone significative et repose sur un replat. Par contre, sur le replat et le milieu de la pente, les éboulis n'ont pas d'épaisseurs significatives.</td></e<50m<>		S2		Les éboulis sont au pied d'une forte pente dans la zone significative et repose sur un replat. Par contre, sur le replat et le milieu de la pente, les éboulis n'ont pas d'épaisseurs significatives.
E		flysch et grès marnes bleues	éboulis 10m <e<15m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis ont une épaisseur significative dans le fond de la vallée. Sous les éboulis, il y a des flyschs et des marnes.</td></e<15m<>		S2		Les éboulis ont une épaisseur significative dans le fond de la vallée. Sous les éboulis, il y a des flyschs et des marnes.
F		Calc-marneux et calcaire	éboulis 10m <e<15m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont épais dans les ruptures de pentes,par contre en haut de pente, ils ne sont pas significatifs.</td></e<15m<>		S2		Les éboulis sont épais dans les ruptures de pentes,par contre en haut de pente, ils ne sont pas significatifs.
G	28 et 29	Calc-marneux et calcaire	éboulis 25m <e1<50m éboulis 10m<e2<15m éboulis 5m<e3<10m< td=""><td></td><td>S2 S2 éliminé</td><td></td><td>e1: éboulis de fond de vallée; e2: éboulis en pied de pente; e3: éboulis dans une rupture de pente faible. Les forages 28 et 29 donnent des épaisseurs de 25 et 50m pour les éboulis de fond de vallée. Cela est cohérent avec celles déduitent des coupes topographiques. e3 est éliminé d'après la norme AFPS 92, car son épaisseur est inférieure à 10m.</td></e3<10m<></e2<15m </e1<50m 		S2 S2 éliminé		e1: éboulis de fond de vallée; e2: éboulis en pied de pente; e3: éboulis dans une rupture de pente faible. Les forages 28 et 29 donnent des épaisseurs de 25 et 50m pour les éboulis de fond de vallée. Cela est cohérent avec celles déduitent des coupes topographiques. e3 est éliminé d'après la norme AFPS 92, car son épaisseur est inférieure à 10m.
Н	28 et 29	Calc-marneux et calcaire	éboulis 10m <e1<20m éboulis 25m<e2<50m< td=""><td></td><td>\$2 \$2</td><td></td><td>e1: éboulis dans une rupture de pente; e2: éboulis dans le fond de la vallée. Les forages 28 et 29 donnent des épaisseurs de 25 et 50 m pour les éboulis de fond de vallée.</td></e2<50m<></e1<20m 		\$2 \$2		e1: éboulis dans une rupture de pente; e2: éboulis dans le fond de la vallée. Les forages 28 et 29 donnent des épaisseurs de 25 et 50 m pour les éboulis de fond de vallée.
I		Calc-marneux et calcaire	éboulis 20m <e<50m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont épais sur le fond de la vallée.</td></e<50m<>		S2		Les éboulis sont épais sur le fond de la vallée.
J		Calc-marneux et calcaire	éboulis 10m <e1<15m éboulis 20m<e2<30m< td=""><td>alluvions 30m<e<100m< td=""><td>\$2 \$2</td><td></td><td>e1: éboulis en pied de pente; e2: éboulis en fond de vallée. Les éboulis qui sont en milieu de pente n'ont pas d'épaisseur significative. Pour les alluvions, l'épaisseur la plus proche de la réalité est de 30m. Les 100m d'alluvions seraient plutôt dans le lit de la rivière, là où il n'y a pas de bâti.</td></e<100m<></td></e2<30m<></e1<15m 	alluvions 30m <e<100m< td=""><td>\$2 \$2</td><td></td><td>e1: éboulis en pied de pente; e2: éboulis en fond de vallée. Les éboulis qui sont en milieu de pente n'ont pas d'épaisseur significative. Pour les alluvions, l'épaisseur la plus proche de la réalité est de 30m. Les 100m d'alluvions seraient plutôt dans le lit de la rivière, là où il n'y a pas de bâti.</td></e<100m<>	\$2 \$2		e1: éboulis en pied de pente; e2: éboulis en fond de vallée. Les éboulis qui sont en milieu de pente n'ont pas d'épaisseur significative. Pour les alluvions, l'épaisseur la plus proche de la réalité est de 30m. Les 100m d'alluvions seraient plutôt dans le lit de la rivière, là où il n'y a pas de bâti.
К		Calc-marneux et calcaire	éboulis 10m <e<30m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont dans la rupture de pente, ceux qui sont sur le haut de la pente ne sont pas significatifs.</td></e<30m<>		S2		Les éboulis sont dans la rupture de pente, ceux qui sont sur le haut de la pente ne sont pas significatifs.
L		Calc-marneux et calcaire	éboulis 10m <e<15m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis significatifs se trouvent dans la rupture de pente.</td></e<15m<>		S2		Les éboulis significatifs se trouvent dans la rupture de pente.
L'		Calc-marneux et calcaire	éboulis 10m <e<30m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis qui sont sur le haut de pente n'ont pas une épaisseur significative. Par contre ceux qui sont dans la rupture de pente sont significatifs.</td></e<30m<>		S2		Les éboulis qui sont sur le haut de pente n'ont pas une épaisseur significative. Par contre ceux qui sont dans la rupture de pente sont significatifs.
М		Calc-marneux et calcaire	éboulis 10m <e<15m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont dans une rupture de pente.</td></e<15m<>		S2		Les éboulis sont dans une rupture de pente.
N	12 et 13	Calc-marneux et calcaire	éboulis 5m <e1<10m éboulis 10m<e2<20m< td=""><td></td><td>éliminé S2</td><td></td><td>Les éboulis sont tout deux sur des ruptures de pente, mais e1 est sur une rupture de pente plus faible. Les forages 12 et 13 qui se situent sur la limite des éboulis e1, ne les mentionnent pas car leur épaisseur est non significative dans la zone concernée. e1 est éliminé d'après la norme AFPS 92, car il est inférieur à 10m.</td></e2<20m<></e1<10m 		éliminé S2		Les éboulis sont tout deux sur des ruptures de pente, mais e1 est sur une rupture de pente plus faible. Les forages 12 et 13 qui se situent sur la limite des éboulis e1, ne les mentionnent pas car leur épaisseur est non significative dans la zone concernée. e1 est éliminé d'après la norme AFPS 92, car il est inférieur à 10m.
0		Calc-marneux et calcaire	éboulis 5m <e<10m< td=""><td></td><td>éliminé</td><td></td><td>Les éboulis sont en pied de pente mais ils ont une faible épaisseur.ils sont donc éliminés selon la norme AFPS 92.</td></e<10m<>		éliminé		Les éboulis sont en pied de pente mais ils ont une faible épaisseur.ils sont donc éliminés selon la norme AFPS 92.
Р		Calc-marneux et calcaire	éboulis 5m <e<10m< td=""><td></td><td>éliminé</td><td></td><td>Les éboulis sont au milieu d'une faible pente et sont peu épais, d'après la norme AFPS 92 , ils sont éliminés.</td></e<10m<>		éliminé		Les éboulis sont au milieu d'une faible pente et sont peu épais, d'après la norme AFPS 92 , ils sont éliminés.
Q		Calc-marneux et calcaire	éboulis 10m <e<20m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis se situent en fond de vallée d'où leur forte épaisseur.</td></e<20m<>		S2		Les éboulis se situent en fond de vallée d'où leur forte épaisseur.
R		Calc-marneux et calcaire	éboulis 5m <e1<10m éboulis 10m<e2<15m< td=""><td>alluvions 30<e<60m< td=""><td>éliminé S2</td><td>S2</td><td>e1: éboulis sur milieu de pente; e2: éboulis sur pied de pente. L'épaisseur retenue pour les alluvions est de 30m dans la zone concernée par le bâti. Les 60m d'alluvions seraient plutôt dans le lit de la rivière.</td></e<60m<></td></e2<15m<></e1<10m 	alluvions 30 <e<60m< td=""><td>éliminé S2</td><td>S2</td><td>e1: éboulis sur milieu de pente; e2: éboulis sur pied de pente. L'épaisseur retenue pour les alluvions est de 30m dans la zone concernée par le bâti. Les 60m d'alluvions seraient plutôt dans le lit de la rivière.</td></e<60m<>	éliminé S2	S2	e1: éboulis sur milieu de pente; e2: éboulis sur pied de pente. L'épaisseur retenue pour les alluvions est de 30m dans la zone concernée par le bâti. Les 60m d'alluvions seraient plutôt dans le lit de la rivière.
S		Calc-marneux et calcaire	éboulis 20m <e<40m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont en fond de vallée, d'où leur grande épaisseur.</td></e<40m<>		S2		Les éboulis sont en fond de vallée, d'où leur grande épaisseur.
Τ		Calc-marneux et calcaire	éboulis 10m <e<15m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont dans une rupture de pente, où les éboulis peuvent s'y accumuler facilement.</td></e<15m<>		S2		Les éboulis sont dans une rupture de pente, où les éboulis peuvent s'y accumuler facilement.
U	3, 54 et 55	argile=7m alt calc-argile=8m	éboulis 10m <e<15m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont en pied de pente. Il y a du remblai mais on ne peut pas déterminer sont épaisseur. Le forage 55 qui est er dehors de la zone digitalisée donne 3.5m d'éboulis, mais d'après la carte géologique se sont des brèches de pente généralement cimentés. Ces dernières sont indiquées sur la colonne lithologique du forage 54. Le forage 3 mentionne de</td></e<15m<>		S2		Les éboulis sont en pied de pente. Il y a du remblai mais on ne peut pas déterminer sont épaisseur. Le forage 55 qui est er dehors de la zone digitalisée donne 3.5m d'éboulis, mais d'après la carte géologique se sont des brèches de pente généralement cimentés. Ces dernières sont indiquées sur la colonne lithologique du forage 54. Le forage 3 mentionne de
V		calcaire	éboulis 5m <e<10m< td=""><td></td><td>éliminé</td><td></td><td>Les éboulis sont en milieu de pente, ils ont une faible épaisseur et sont donc éliminés d'après la norme AFPS 92.</td></e<10m<>		éliminé		Les éboulis sont en milieu de pente, ils ont une faible épaisseur et sont donc éliminés d'après la norme AFPS 92.
Х		calcaire	éboulis 5m <e<10m< td=""><td></td><td>éliminé</td><td></td><td>Les éboulis sont en pied de pente et en bordure de mer, mais leur épaisseur est inférieure à 10m, ils sont donc éliminés d'après la norme AFPS 92.</td></e<10m<>		éliminé		Les éboulis sont en pied de pente et en bordure de mer, mais leur épaisseur est inférieure à 10m, ils sont donc éliminés d'après la norme AFPS 92.

	N° forage		hypothèses (épaisseur)		Classification		
N° coupe	(si présent)	Terrain sous-jacent	zone signifi éboulis	cative (zf) alluvions	éboulis	alluvions	commentaire
Υ		calcaire	éboulis 10m <e<15m< td=""><td>alluvions 20m<e<50m< td=""><td>S2</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont dans le fond d'une vallée et sont au-dessus des alluvions. Les épaisseurs les plus probables sont de 20 à 30m dans les zones où il y a du bâti.</td></e<50m<></td></e<15m<>	alluvions 20m <e<50m< td=""><td>S2</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont dans le fond d'une vallée et sont au-dessus des alluvions. Les épaisseurs les plus probables sont de 20 à 30m dans les zones où il y a du bâti.</td></e<50m<>	S2	S2	Les éboulis sont dans le fond d'une vallée et sont au-dessus des alluvions. Les épaisseurs les plus probables sont de 20 à 30m dans les zones où il y a du bâti.
z		Calc-marneux et calcaire	éboulis10m <e1<15m éboulis 10m<e2<15m< td=""><td></td><td>S2 S2</td><td></td><td>e1: éboulis sont en pied de pente leur épaisseur est cohérente avec celle des éboulis e2 de la coupe R. e2: éboulis sur une rupture de pente, ils correspondent sur la coupe S, au début de la zone significative des éboulis sur le milieu de la pente.</td></e2<15m<></e1<15m 		S2 S2		e1: éboulis sont en pied de pente leur épaisseur est cohérente avec celle des éboulis e2 de la coupe R. e2: éboulis sur une rupture de pente, ils correspondent sur la coupe S, au début de la zone significative des éboulis sur le milieu de la pente.
A2		Calc-marneux et calcaire	éboulis 5m <e<10m< td=""><td></td><td>éliminé</td><td></td><td>Les éboulis sont en pied de pente et en bord de mer, ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs. Ils sont éliminés selon la norme AFPS 92 car leur épaisseur est inférieure à 10m.</td></e<10m<>		éliminé		Les éboulis sont en pied de pente et en bord de mer, ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs. Ils sont éliminés selon la norme AFPS 92 car leur épaisseur est inférieure à 10m.
B2		Calc-marneux et calcaire	éboulis 20m <e1<50m éboulis 5m<e2<10m< td=""><td></td><td>S2 éliminé</td><td></td><td>e1: éboulis en fond de vallée; e2: éboulis dans une faible rupture de pente. e2 est éliminé d'après la norme AFPS 92.</td></e2<10m<></e1<50m 		S2 éliminé		e1: éboulis en fond de vallée; e2: éboulis dans une faible rupture de pente. e2 est éliminé d'après la norme AFPS 92.
C2		Calc-marneux et calcaire	éboulis 5m <e<10m< td=""><td>alluvions 20m<e<40m< td=""><td>éliminé</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont en pied de pente;ceux en milieu de pente ont une épaisseur non significative. Il faut confirmer l'épaisseur des alluvions avec celle de la coupe f 40.</td></e<40m<></td></e<10m<>	alluvions 20m <e<40m< td=""><td>éliminé</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont en pied de pente;ceux en milieu de pente ont une épaisseur non significative. Il faut confirmer l'épaisseur des alluvions avec celle de la coupe f 40.</td></e<40m<>	éliminé	S2	Les éboulis sont en pied de pente;ceux en milieu de pente ont une épaisseur non significative. Il faut confirmer l'épaisseur des alluvions avec celle de la coupe f 40.
D2		marno-calcaire	éboulis 10m <e<15m< td=""><td>alluvions 10m<e15m< td=""><td>S2</td><td>S1</td><td>Les éboulis sont dans une rupture de pente. les éboulis qui sont en milieu de pente n'ont pas une épaisseur significative.</td></e15m<></td></e<15m<>	alluvions 10m <e15m< td=""><td>S2</td><td>S1</td><td>Les éboulis sont dans une rupture de pente. les éboulis qui sont en milieu de pente n'ont pas une épaisseur significative.</td></e15m<>	S2	S1	Les éboulis sont dans une rupture de pente. les éboulis qui sont en milieu de pente n'ont pas une épaisseur significative.
E2		flysch et grès marnes bleues	éboulis 10m <e1<15m éboulis 10m<e2<20m< td=""><td>alluvions alluvions 10m<e<15m< td=""><td>S2 S2</td><td></td><td>e1 et e2 sont des éboulis dans des ruptures de pente, ceux en milieu de pente n'ont pas d'épaisseur significative. Il est de même pour les alluvions qui sont au milieu de la pente. Sous les éboulis e2, il y a des flyschs et des marnes bleues. Les alluvions significatifs sont en fond de vallée.</td></e<15m<></td></e2<20m<></e1<15m 	alluvions alluvions 10m <e<15m< td=""><td>S2 S2</td><td></td><td>e1 et e2 sont des éboulis dans des ruptures de pente, ceux en milieu de pente n'ont pas d'épaisseur significative. Il est de même pour les alluvions qui sont au milieu de la pente. Sous les éboulis e2, il y a des flyschs et des marnes bleues. Les alluvions significatifs sont en fond de vallée.</td></e<15m<>	S2 S2		e1 et e2 sont des éboulis dans des ruptures de pente, ceux en milieu de pente n'ont pas d'épaisseur significative. Il est de même pour les alluvions qui sont au milieu de la pente. Sous les éboulis e2, il y a des flyschs et des marnes bleues. Les alluvions significatifs sont en fond de vallée.
F2		flysch et grès marnes bleues	éboulis 15m <e1<30m éboulis 20m<e2<40m éboulis 15m<e3<20m< td=""><td>alluvions</td><td>\$2 \$2 \$2</td><td>éliminé</td><td>e1, e2 sont des éboulis dans des ruptures de pente alors que e3 est une zone d'éboulis en fond de vallée. Les éboulis en haut de pente ou sur le plateau n'ont pas d'épaisseur significative. Sous les éboulis, il y a des flyschs et des marnes.</td></e3<20m<></e2<40m </e1<30m 	alluvions	\$2 \$2 \$2	éliminé	e1, e2 sont des éboulis dans des ruptures de pente alors que e3 est une zone d'éboulis en fond de vallée. Les éboulis en haut de pente ou sur le plateau n'ont pas d'épaisseur significative. Sous les éboulis, il y a des flyschs et des marnes.
G2		marnes bleues marno-calcaire	éboulis 25m <e1<40m éboulis 10m<e2<15m< td=""><td>alluvions 10m<e<15m< td=""><td>\$2 \$2</td><td>S1</td><td>e1 et e2 sont sur des ruptures de pente alors que les éboulis non significatifs sont en haut ou en milieu de pente.</td></e<15m<></td></e2<15m<></e1<40m 	alluvions 10m <e<15m< td=""><td>\$2 \$2</td><td>S1</td><td>e1 et e2 sont sur des ruptures de pente alors que les éboulis non significatifs sont en haut ou en milieu de pente.</td></e<15m<>	\$2 \$2	S1	e1 et e2 sont sur des ruptures de pente alors que les éboulis non significatifs sont en haut ou en milieu de pente.
H2		flysch et grès marnes bleues	éboulis 15m <e<20m< td=""><td>alluvions 5m<e<10m< td=""><td>S2</td><td>éliminé</td><td>Les éboulis sont dans une rupture de pente. Une partie des éboulis ainsi que les alluvions reposent sur des flyschs et des marnes.</td></e<10m<></td></e<20m<>	alluvions 5m <e<10m< td=""><td>S2</td><td>éliminé</td><td>Les éboulis sont dans une rupture de pente. Une partie des éboulis ainsi que les alluvions reposent sur des flyschs et des marnes.</td></e<10m<>	S2	éliminé	Les éboulis sont dans une rupture de pente. Une partie des éboulis ainsi que les alluvions reposent sur des flyschs et des marnes.
12		flysch et grès marnes bleues	éboulis		éliminé		Les éboulis sont en haut de la pente et ils n'ont pas d'épaisseur significative.
J2		flysch et grès marnes bleues	éboulis		éliminé		Même commentaire que pour I2.
IJ		flysch et grès marnes bleues	éboulie 5m <e<10m< td=""><td></td><td>éliminé</td><td></td><td>Les éboulis sont sur une faible rupture de pente, avec les coupes I2 et J2 leurs épaisseurs n'étaient pas significatives car elles étaient proche des limites de la zone d'éboulis.</td></e<10m<>		éliminé		Les éboulis sont sur une faible rupture de pente, avec les coupes I2 et J2 leurs épaisseurs n'étaient pas significatives car elles étaient proche des limites de la zone d'éboulis.
K2		flysch et grès marnes bleues	éboulis 15m <e<30m< td=""><td>alluvions</td><td>S2</td><td>éliminé</td><td>Les éboulis sont en pied de pente. Les alluvions ont une épaisseur insuffisante pour être significative. les éboulis et les alluvions reposent sur des flyschs et des marnes.</td></e<30m<>	alluvions	S2	éliminé	Les éboulis sont en pied de pente. Les alluvions ont une épaisseur insuffisante pour être significative. les éboulis et les alluvions reposent sur des flyschs et des marnes.
L2		flysch et grès marnes bleues	éboulis 15m <e<30m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont dans une rupture de pente et leur épaisseur est cohérente avec celle de la coupe k2.</td></e<30m<>		S2		Les éboulis sont dans une rupture de pente et leur épaisseur est cohérente avec celle de la coupe k2.
M2		marno-calcaire	éboulis	alluvions 15m <e<30m< td=""><td>éliminé</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont sur un plateau de fond de vallée, leur épaisseur est non significative contrairement aux alluvions. Cela est confirmer par la coupe M2'. Attention, sous les éboulis il peut y avoir des alluvions, dont l'épaisseur peut varier de 15 à 30m.</td></e<30m<>	éliminé	S2	Les éboulis sont sur un plateau de fond de vallée, leur épaisseur est non significative contrairement aux alluvions. Cela est confirmer par la coupe M2'. Attention, sous les éboulis il peut y avoir des alluvions, dont l'épaisseur peut varier de 15 à 30m.
M2'		marno-calcaire	éboulis	alluvions 10m <e<25m< td=""><td>éliminé</td><td>S1 (S2)</td><td>Cette coupe confirme les épaisseurs supposées sur la coupe M2. Les alluvions ont une épaisseur probable de 25m au vue de la coupe M2, donc le type de site est plutôt du S2.</td></e<25m<>	éliminé	S1 (S2)	Cette coupe confirme les épaisseurs supposées sur la coupe M2. Les alluvions ont une épaisseur probable de 25m au vue de la coupe M2, donc le type de site est plutôt du S2.
M2"		marno-calcaire		alluvions 10m <e<20m< td=""><td><u> </u></td><td>S1 (S2)</td><td>Les alluvions sont en fond de vallée et leur épaisseur correspond à celles déduitent en M2 et M2'.</td></e<20m<>	<u> </u>	S1 (S2)	Les alluvions sont en fond de vallée et leur épaisseur correspond à celles déduitent en M2 et M2'.
N2		poudingues	éboulis 10m <e<15m< td=""><td>alluvions 20m<e<70m< td=""><td></td><td>S2</td><td>Les éboulis sont en pied de pente et repose sur des alluvions. L'épaisseur de ces dernières est à confirmer avec la coupe f 39; l'épaisseur la plus probable pour les alluvions est de 20 m.</td></e<70m<></td></e<15m<>	alluvions 20m <e<70m< td=""><td></td><td>S2</td><td>Les éboulis sont en pied de pente et repose sur des alluvions. L'épaisseur de ces dernières est à confirmer avec la coupe f 39; l'épaisseur la plus probable pour les alluvions est de 20 m.</td></e<70m<>		S2	Les éboulis sont en pied de pente et repose sur des alluvions. L'épaisseur de ces dernières est à confirmer avec la coupe f 39; l'épaisseur la plus probable pour les alluvions est de 20 m.
O2	50	marnes argileuses	éboulis 10m <e<20m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont fond de vallée, ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs. Le forage 50 ne mentionne pas d'éboulis mais il indique des marnes argileuses (32m), selon la carte géologique se sont plutôt des sables et argiles à planorbes.</td></e<20m<>		S2		Les éboulis sont fond de vallée, ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs. Le forage 50 ne mentionne pas d'éboulis mais il indique des marnes argileuses (32m), selon la carte géologique se sont plutôt des sables et argiles à planorbes.
P2		marno-calcaire	éboulis		éliminé		L'épaisseur des éboulis est non significative car ils sont en haut d'une pente.

	N10 6		hypothèses (épaisseur)		Classification		
N° coupe	N° forage (si présent)	Terrain sous-jacent	zone significative (zf)				commentaire
			éboulis	alluvions	éboulis	alluvions	
Q2		poudingues	éboulis 10m <e<15m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont sur une rupture de pente. Les éboulis sont sur une rupture de pente.</td></e<15m<>		S2		Les éboulis sont sur une rupture de pente. Les éboulis sont sur une rupture de pente.
R2	41 et 42	poudingues	éboulis 10m <e<15m< td=""><td>alluvions 3.13m<e<20m< td=""><td>S2</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont dans une rupture de pente. Le forage 42, proche de la coupe à une profondeur de 3.13m dans les alluvions mais les forages 44, 46 et 45 qui sont plus éloignés ont atteind 15,16 et 20m de profondeur dans ces alluvions.</td></e<20m<></td></e<15m<>	alluvions 3.13m <e<20m< td=""><td>S2</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont dans une rupture de pente. Le forage 42, proche de la coupe à une profondeur de 3.13m dans les alluvions mais les forages 44, 46 et 45 qui sont plus éloignés ont atteind 15,16 et 20m de profondeur dans ces alluvions.</td></e<20m<>	S2	S2	Les éboulis sont dans une rupture de pente. Le forage 42, proche de la coupe à une profondeur de 3.13m dans les alluvions mais les forages 44, 46 et 45 qui sont plus éloignés ont atteind 15,16 et 20m de profondeur dans ces alluvions.
S2	7	marno-calcaire	présence d'éboulis		éliminé		Les éboulis sont sur un plateau et ne sont pas significatifs. De plus, le forage 7 ne mentionne pas d'éboulis.
T2	44 et 45	poudingues		alluvions 15m <e<20m< td=""><td></td><td>S2</td><td>Les alluvions se situent sur la même zone alluviale que la coupe R2. Les forages 44 et 45 ont atteind 15 et 20m dans les alluvions.</td></e<20m<>		S2	Les alluvions se situent sur la même zone alluviale que la coupe R2. Les forages 44 et 45 ont atteind 15 et 20m dans les alluvions.
U2	45	poudingues		alluvions 5m <e<10m< td=""><td><u> </u></td><td></td><td>Le forage 45 est proche de la coupe, mais les alluvions se situent sur un petit bras de rivière d'où leur faible épaisseur (coupe f 45).</td></e<10m<>	<u> </u>		Le forage 45 est proche de la coupe, mais les alluvions se situent sur un petit bras de rivière d'où leur faible épaisseur (coupe f 45).
V2		marno-calcaire	éboulis 10m <e<15m< td=""><td>alluvions 20m<e<40m< td=""><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont en pied de pente, par contre ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs.</td></e<40m<></td></e<15m<>	alluvions 20m <e<40m< td=""><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont en pied de pente, par contre ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs.</td></e<40m<>	S2		Les éboulis sont en pied de pente, par contre ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs.
X2		marno-calcaire	présence d'éboulis	alluvions 10m <e<20m< td=""><td>éliminé</td><td>S2</td><td>Les éboulis ne sont pas significatifs car ils sont sur un plateau et en haut d'une pente.</td></e<20m<>	éliminé	S2	Les éboulis ne sont pas significatifs car ils sont sur un plateau et en haut d'une pente.
f 10	10	marno-calcaire	éboulis 20m <e1<40m éboulis 10m<e2<15m< td=""><td></td><td>S2 S2</td><td></td><td>e1: éboulis en fond de vallée; e2 : éboulis sur une rupture de pente. Le forage 10 ne mentionne pas d'éboulis, mais il se situe en bordure de la zone, là où les épaisseurs sont moins significatives.</td></e2<15m<></e1<40m 		S2 S2		e1: éboulis en fond de vallée; e2 : éboulis sur une rupture de pente. Le forage 10 ne mentionne pas d'éboulis, mais il se situe en bordure de la zone, là où les épaisseurs sont moins significatives.
f 1	1	marno-calcaire	éboulis 5m <e<10m< td=""><td></td><td>éliminé</td><td></td><td>Les éboulis sont en milieu de pente. Il y a du remblai mais on ne peut pas distinguer son épaisseur de celle des éboulis.</td></e<10m<>		éliminé		Les éboulis sont en milieu de pente. Il y a du remblai mais on ne peut pas distinguer son épaisseur de celle des éboulis.
f 2	2	marno-calcaire	éboulis 10m <e<15m< td=""><td></td><td>\$2</td><td></td><td>Les éboulis sont en pied de pente. Dans la réalité, ils certainement moins épais car le forage 2 ne mentionne pas d'éboulis.</td></e<15m<>		\$2		Les éboulis sont en pied de pente. Dans la réalité, ils certainement moins épais car le forage 2 ne mentionne pas d'éboulis.
f 5-6	5 et 6	marno-calcaire	éboulis 15m <e<30m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont en pied de pente, mais l'épaisseur est à diminuer car les forages 5 et 6 ne mentionnent pas d'éboulis.</td></e<30m<>		S2		Les éboulis sont en pied de pente, mais l'épaisseur est à diminuer car les forages 5 et 6 ne mentionnent pas d'éboulis.
f 12-13	12 et 13	marno-calcaire	éboulis 20m <e<50m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont en fond de vallée. Le forage 12, n'indique pas d'éboulis mais il se situe en pied de pente, là où les éboulis sont peu épais.</td></e<50m<>		S2		Les éboulis sont en fond de vallée. Le forage 12, n'indique pas d'éboulis mais il se situe en pied de pente, là où les éboulis sont peu épais.
f 17	17	marno-calcaire	éboulis 10m <e<15m< td=""><td></td><td>\$2</td><td></td><td>Les éboulis sont en fond de vallée. Le forage 17 ne met pas en évidence les éboulis car il se trouve au milieu de la pente où ils sont peu significatifs.</td></e<15m<>		\$2		Les éboulis sont en fond de vallée. Le forage 17 ne met pas en évidence les éboulis car il se trouve au milieu de la pente où ils sont peu significatifs.
f 17'	17	marno-calcaire	éboulis 20m <e<40m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont en fond de vallée.</td></e<40m<>		S2		Les éboulis sont en fond de vallée.
f 21	21	marno-calcaire	éboulis 5m <e<10m< td=""><td>alluvions 15m<e<20m< td=""><td>éliminé</td><td>S2</td><td>Les éboulis se trouvent sur un large fond de vallée relativement plat. Ils sont peu épais et sont donc éliminés selon la norme AFPS 92. Le forage 21 qui se situe en bordure de la zone n'indique pas d'éboulis.</td></e<20m<></td></e<10m<>	alluvions 15m <e<20m< td=""><td>éliminé</td><td>S2</td><td>Les éboulis se trouvent sur un large fond de vallée relativement plat. Ils sont peu épais et sont donc éliminés selon la norme AFPS 92. Le forage 21 qui se situe en bordure de la zone n'indique pas d'éboulis.</td></e<20m<>	éliminé	S2	Les éboulis se trouvent sur un large fond de vallée relativement plat. Ils sont peu épais et sont donc éliminés selon la norme AFPS 92. Le forage 21 qui se situe en bordure de la zone n'indique pas d'éboulis.
f 23	23	marno-calcaire	éboulis 20m <e<40m< td=""><td>alluvions 15m<e<20m< td=""><td>S2</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont en pied de pente. Le forage 23 est sur la bordure de la zone d'éboulis mais il n'as pas de colonne lithologique. Les alluvions sont sous les éboulis.</td></e<20m<></td></e<40m<>	alluvions 15m <e<20m< td=""><td>S2</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont en pied de pente. Le forage 23 est sur la bordure de la zone d'éboulis mais il n'as pas de colonne lithologique. Les alluvions sont sous les éboulis.</td></e<20m<>	S2	S2	Les éboulis sont en pied de pente. Le forage 23 est sur la bordure de la zone d'éboulis mais il n'as pas de colonne lithologique. Les alluvions sont sous les éboulis.
f 23'	23	marno-calcaire	éboulis 15m <e<30m< td=""><td></td><td>S2</td><td></td><td>Les éboulis sont en fond de vallée. Le forage 23 est en dehors de la zone significative des éboulis.</td></e<30m<>		S2		Les éboulis sont en fond de vallée. Le forage 23 est en dehors de la zone significative des éboulis.
f 23"	23	marno-calcaire	éboulis 20m <e<40m< td=""><td>alluvions 15m<e<20m< td=""><td>S2</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont en pied de pente. L'épaisseur déduite de la coupe est cohérente avec celles trouvées en f 23 et f23'.</td></e<20m<></td></e<40m<>	alluvions 15m <e<20m< td=""><td>S2</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont en pied de pente. L'épaisseur déduite de la coupe est cohérente avec celles trouvées en f 23 et f23'.</td></e<20m<>	S2	S2	Les éboulis sont en pied de pente. L'épaisseur déduite de la coupe est cohérente avec celles trouvées en f 23 et f23'.
f 39	39	marno-calcaire	éboulis 5m <e<10m< td=""><td>alluvions 15m<e<20m< td=""><td>éliminé</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont en pied de pente, ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs. Le forage 39 n'indique pas d'alluvions sur sa colonne lithologique, peut être qu'il se trouve sur la zone non significative des alluvions. La coupe N2 qui est sur le même ensemble d'alluvions donne des épaisseurs plus grandes. cf f 39'.</td></e<20m<></td></e<10m<>	alluvions 15m <e<20m< td=""><td>éliminé</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont en pied de pente, ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs. Le forage 39 n'indique pas d'alluvions sur sa colonne lithologique, peut être qu'il se trouve sur la zone non significative des alluvions. La coupe N2 qui est sur le même ensemble d'alluvions donne des épaisseurs plus grandes. cf f 39'.</td></e<20m<>	éliminé	S2	Les éboulis sont en pied de pente, ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs. Le forage 39 n'indique pas d'alluvions sur sa colonne lithologique, peut être qu'il se trouve sur la zone non significative des alluvions. La coupe N2 qui est sur le même ensemble d'alluvions donne des épaisseurs plus grandes. cf f 39'.
f 39'	39	marno-calcaire	éboulis 10m <e<15m< td=""><td>alluvions 20m<e<60m< td=""><td>S2</td><td>S2</td><td>Les éboulis significatifs sont en pied de pente. Les épaisseurs déduitent sont cohérentes avec N2.</td></e<60m<></td></e<15m<>	alluvions 20m <e<60m< td=""><td>S2</td><td>S2</td><td>Les éboulis significatifs sont en pied de pente. Les épaisseurs déduitent sont cohérentes avec N2.</td></e<60m<>	S2	S2	Les éboulis significatifs sont en pied de pente. Les épaisseurs déduitent sont cohérentes avec N2.
f 40	40	marno-calcaire	éboulis 5m <e<10m< td=""><td>alluvions 20m<e<50m< td=""><td>éliminé</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont en pied de pente, par contre ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs. Les résultats de cette coupe correspondent à ceux de la coupe C2.</td></e<50m<></td></e<10m<>	alluvions 20m <e<50m< td=""><td>éliminé</td><td>S2</td><td>Les éboulis sont en pied de pente, par contre ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs. Les résultats de cette coupe correspondent à ceux de la coupe C2.</td></e<50m<>	éliminé	S2	Les éboulis sont en pied de pente, par contre ceux en milieu de pente ne sont pas significatifs. Les résultats de cette coupe correspondent à ceux de la coupe C2.
f 40'	40	marno-calcaire		alluvions 10m <e<15m< td=""><td></td><td>S1</td><td>Le forage 40 ne mentionne pas d'alluvions dans sa colonne lithologique, car il se situe pas dans la zone non significative.</td></e<15m<>		S1	Le forage 40 ne mentionne pas d'alluvions dans sa colonne lithologique, car il se situe pas dans la zone non significative.
f 45	45	poudingues		alluvions 15m <e<20m< td=""><td></td><td>S2</td><td>L'épaisseur des alluvions est déduite des forages 45, 44 et 46 car la coupe topographique est difficile à réaliser.</td></e<20m<>		S2	L'épaisseur des alluvions est déduite des forages 45, 44 et 46 car la coupe topographique est difficile à réaliser.

Annexe 5 : carte du zonage des formations susceptibles de produire des effets de site lithologiques sur la zone GE.RI.A France (BRGM)

# **BRGM**

SERVICE DES ACTIONS REGIONALES
Service géologique régional Provence-Alpes-Côte d'Azur
BP168 - 13276 MARSEILLE Cedex 09 - France - Tél : 04.91.17.74.77. Fax : 04.91.17.20.40.