

Document public

Projet européen RISK-UE : application à la ville de Nice

Rapport final

BRGM/RP-53202-FR

Septembre 2004



Mouroux P., Le Brun B., Depinois S., Bertrand E., Masure P.



Commission Européenne
DG Recherche



5ème PCRD



Biosciences pour une Terre durable

brgm

Mots clés : Risque sismique, séisme de scénario, aléa régional et local, vulnérabilité du bâti, enjeux, analyse du système urbain, microzonage, préjudices humains, impacts économique, Nice.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Mouroux P., Le Brun B., Depinois S., Bertrand E., Masure P. (2004) – Projet européen RISK-UE : application à la ville de Nice. Rapport BRGM/RP-53202, 137 p., 43 ill., 3 Annexes.

© BRGM, 2004, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La probabilité d'occurrence de séismes moyens à forts est limitée dans la région de Nice ; mais elle n'y est pas nulle. D'éventuels séismes dommageables pourraient avoir lieu sur des failles où il ne s'en est pas produit de mémoire humaine. Le projet RISK-UE comporte un **volet d'application sur la ville de Nice**, dont le BRGM est responsable, qui a permis de réaliser une estimation de l'impact physique et humain d'un événement sismique possible sur les éléments déterminant que sont la population et le bâti.

La réalisation de scénarios sismique nécessite de connaître le mouvement sismique en tout point de la zone d'étude. Cela nécessite d'une part de connaître les mouvements de référence et, d'autre part, de réaliser un microzonage sismique qui permettra de cartographier les effets de site (qui se traduisent par des modifications du signal de référence par les conditions lithologiques). Cette analyse de l'aléa nous a permis de définir :

- deux séismes de scénarios déterministe. Le premier est l'équivalent du séisme de 1887, mais rapproché à 30 km au sud de la ville de Nice à l'épicentre du séisme du 5 janvier 2001. Le deuxième est l'équivalent du séisme de 1644 à une vingtaine de kilomètres au nord de la ville de Nice ;
- une carte de l'aléa probabiliste à 475 ans de période de retour ;
- un zonage de réponses sismiques homogènes du sol.

Ceci nous permet de réaliser pour chacun des scénarios un carte de l'agression sismique sous forme d'intensités, utilisable pour le niveau 1 de l'analyse de vulnérabilité ou de valeurs spectrales utilisables pour le niveau 2 de l'analyse.

L'analyse de la vulnérabilité physique du bâti a été menée selon la méthodologie définie dans le projet RISK-UE, qui permet deux approches différentes :

- la méthode de Niveau 1, qui repose sur une analyse dite « macrosismique », basée sur des retours d'expérience post-sismique ;
- la méthode de Niveau 2, qui est basée sur une analyse mécanique du comportement d'une structure face à une agression sismique sous forme d'un spectre d'accélération.

L'analyse de la vulnérabilité selon les deux méthodes à pu être effectuée sur près de 3300 bâtiments de la ville, puis a été étendue de manière statistique à l'ensemble du bâti de la ville.

En complément de l'analyse de la vulnérabilité physique des bâtiments et des réseaux, il est nécessaire d'analyser également la vulnérabilité du système qui est touché par un séisme, c'est-à-dire la ville ou l'agglomération. Il faut pour cela analyser le fonctionnement du système, afin de pouvoir :

- définir les bâtiments les plus importants qui pourront faire l'objet d'une analyse plus précise de la vulnérabilité ;
- analyser les résultats des scénarii en terme de dysfonctionnement du système.

Les scénarii de risque sismique ont consisté à croiser les données issues de l'aléa sismique avec celles issues de l'analyse de la vulnérabilité. Il nous a été possible d'estimer le niveau de dommages physique subi par le bâti, les coûts directs liés à ces dommages, ainsi que les préjudices humains (blessés, sans-abris et décès). Des analyses du dysfonctionnement du système suite aux séismes de scénario ont également été menées.

Les résultats obtenus dépendent largement du scénario considéré et de la méthode employée, mais les valeurs suivantes peuvent être avancées (scénario type 1887, de nuit, en hiver) :

- 50 à 600 morts ;
- 200 à 800 blessés ;
- 10 000 à 40 000 sans-abris ;
- entre 1,5 et 3,4 milliard d'euros de pertes économiques directes.

Au terme de cette analyse, l'étape essentielle est l'appropriation active de la prévention du risque sismique par les responsables locaux, en partant de leur appréciation du problème. Il s'agit ainsi d'assurer le **développement sûr et durable** de la cité par la prise en compte du risque dans l'aménagement et la planification urbaine, et également d'assurer l'efficacité de **la gestion d'une crise sismique** dans le département par une meilleure préparation des acteurs concernés (services municipaux et de l'Etat).

Sommaire

1.	Introduction	11
2.	Evaluation de l'aléa sismique régional et local.....	13
2.1.	EVALUATION DE L'ALEA REGIONAL.....	13
2.1.1.	Scénario déterministe	13
2.1.2.	Résultats cartographiques	15
2.2.	SCENARIO PROBABILISTE	17
2.2.1.	Spectre probabiliste	17
2.2.2.	Résultats cartographiques	18
2.3.	EVALUATION DE L'ALEA LOCAL	19
2.3.1.	Modèle géotechnique.....	19
2.3.2.	Microzonage	21
2.4.	PRISE EN COMPTE DES EFFETS DE SITE POUR LES CARTES DE SEISMES DE SCENARIO.....	23
2.4.1.	Analyse déterministe en intensité	23
2.4.2.	Analyse déterministe en accélération.	23
2.4.3.	Analyse probabiliste en accélération.	24
2.4.4.	Analyse probabiliste en intensité	25
3.	Le système urbain NICOIS face au risque sismique	29
3.1.	LES ENJEUX PRINCIPAUX A PRENDRE EN CONSIDERATION	29
3.2.	ATOUTS ET FAIBLESSES DE NICE FACE AU RISQUE SISMIQUE	34

4.	Analyse de la vulnérabilité du bâti.....	35
4.1.	DIVISION EN UNITES URBAINES HOMOGENES	35
4.1.1.	Détermination de secteurs, ou unités urbaines homogènes	35
4.1.2.	Etude d'un parcours sur chaque secteur.....	36
4.2.	METHODOLOGIE D'EVALUATION DE LA VULNERABILITE.....	36
4.2.1.	Niveau 1	36
4.2.2.	Niveau 2	38
4.3.	EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES SECTEURS DE NICE.....	39
4.3.1.	Application du Niveau 1.....	39
4.3.2.	Application du Niveau 2.....	42
5.	Scénario de risque sismique sur la ville de Nice	45
5.1.	SEISME DE SCENARIO	45
5.2.	SIMULATION DE DOMMAGES	45
5.3.	CONCLUSIONS DES SCENARII.....	52
6.	Conclusions	55

Liste des illustrations

Illustration 1 - Caractéristiques des séismes de références.....	14
Illustration 2 - Localisation des séismes de scénario.....	14
Illustration 3 - Evaluation de l'intensité macrosismique pour les deux séismes de scénario d'après les lois établies par Grandori et al. (1991).....	15
Illustration 4 - Accélérations maximales horizontales du sol calculées pour Nice avec les lois d'Ambraseys (1996).....	16
Illustration 5 - Comparaison des spectres déterministes et probabilistes calculés pour le palais des congrès.....	17
Illustration 6 - Accélérations maximales calculées au centre de Nice par les approches probabiliste et déterministe.....	18
Illustration 7 - Carte probabiliste d'accélération maximale pour Nice au rocher.....	18
Illustration 8 - Extrait du modèle 3D-4G de la ville de Nice.....	19
Illustration 9 - Epaisseurs (en mètres) des dépôts alluvionnaires dans les vallées niçoises.....	20
Illustration 10 - Les différents types de sols retenus.....	20
Illustration 11 - Colonnes de sols définissant le modèle 3D du sous-sol de Nice.....	21
Illustration 12 - Microzonage sismique de la ville de Nice et spectres de réponse associés.....	22
Illustration 13 - Facteurs d'amplification spectrale à différentes périodes.....	22
Illustration 14 - Comparaison entre les spectres du microzonage de Nice et les spectres des normes européennes EC8.....	23
Illustration 15 - Evaluation de l'intensité macrosismique pour les deux séismes de scénario tenant compte des effets de site.....	24
Illustration 16 - Accélérations maximales horizontales du sol calculées pour Nice tenant compte des effets de site.....	24
Illustration 17 - Carte probabiliste d'accélération maximale pour Nice tenant compte des effets de site.....	25
Illustration 18 - Corrélations accélération/intensité proposées par différents auteurs.....	26
Illustration 19 – Evaluation de l'intensité macrosismique pour le scénario probabiliste tenant compte des effets de site.....	27
Illustration 20 - Répartition des chambres selon les catégories d'hôtels.....	30
Illustration 21 - Les principaux enjeux de la ville de Nice exposés à la menace sismique.....	31
Illustration 22 - Localisation des bâtiments d'enseignement de Nice.....	32
Illustration 23 - Localisation des bâtiments de secours, sécurité, transport et santé à Nice.....	33
Illustration 24 - Unités urbaines homogènes.....	35

Illustration 25 - Courbes de vulnérabilité pour différentes typologies, avec les fuseaux de comportement plausible correspondant ; RC1 est une structure en béton armé, moins vulnérable que M1.2, qui est une structure en maçonnerie.....	37
Illustration 26 - Présentation de la méthodologie du Niveau 2 : la courbe de capacité du bâtiment est définie selon sa typologie et sa hauteur ; cette capacité est comparée à l'agression sismique, exprimée sous forme d'un spectre d'accélération ; cette comparaison permet de calculer la demande en déplacement du bâtiment (Sd) ; c'est finalement ce déplacement qui permet de définir l'état de dommage dans lequel se trouve le bâtiment ; comme pour le Niveau 1, une loi de distribution permet de calculer les probabilités d'occurrence de chaque état de dommage, et d'obtenir la répartition des dommages à l'échelle d'un secteur.	38
Illustration 27 - Evaluation de la proportion de bâtiments analysés par secteurs	39
Illustration 28 – Typologies étudiées sur Nice et valeurs de Vi* associées	40
Illustration 29 – Valeurs des facteurs aggravants pour les bâtiments béton armé et acier.....	40
Illustration 30 – Valeurs des facteurs aggravants pour les bâtiments en maçonnerie.....	41
Illustration 31 – Exemple de vulnérabilité globale de trois secteurs évalué par la méthode de Niveau 1 : pourcentage de bâtiments du secteur dans chaque classe de vulnérabilité.....	42
Illustration 32 – Répartition simplifiée des typologies par secteur	43
Illustration 33 - Exemples de dommages aux constructions (EMS 98).....	46
Illustration 34 – Description du type de dommages aux bâtiments (d'après EMS-98)	47
Illustration 35 - Evaluation des probabilités de dommages D4 et D5 pour le séisme de scénario type 1887, relocalisé à 30 km de la ville	48
Illustration 36 - Evaluation des probabilités de dommages D4 et D5 pour le scénario probabiliste à 475 ans de période de retour.....	48
Illustration 37 - Répartition des habitants permanents selon les secteurs RISK-UE	49
Illustration 38 – Grille de préjudices humains selon le degré de dommage.....	50
Illustration 39 - Estimation des différents niveaux de préjudices humains pour le scénario sismique de nuit type 1887 relocalisé	51
Illustration 40 - Estimation des différents niveaux de préjudices humains pour le scénario sismique probabiliste de nuit	51
Illustration 41 - Les principaux niveaux d'impact d'une crise sismique en milieu urbain	53
Illustration 42 - Schéma d'organisation générale de la réflexion préventive dans un cadre local participatif	56
Illustration 43 - Récapitulatif des différentes phases d'appropriation du risque sismique.....	57

Liste des annexes

Annexe 1	61
Annexe 2	81
Annexe 3	135

1. Introduction

La probabilité d'occurrence de séismes moyens à forts est limitée dans la région de Nice ; mais elle n'y est pas nulle. D'éventuels séismes dommageables pourraient avoir lieu sur des failles où il ne s'en est pas produit de mémoire humaine¹.

La préparation à des événements rares, mais que l'on ne peut négliger, nécessite une réelle volonté de la part des autorités et des acteurs locaux, par comparaison avec ce que connaissent les régions où les alertes sont fréquentes. Les mesures de prévention quant à elles doivent être appropriées à cette faible fréquence, en veillant à une bonne organisation et à une préparation adéquate à la gestion de crises sismiques, mais en portant aussi l'attention sur la vulnérabilité des enjeux majeurs pour la collectivité et sur les principales sources de dangers parmi les éléments exposés.

Le projet RISK-UE comporte un **volet d'application sur la ville de Nice** dont le BRGM est responsable. Après une analyse des conditions géologiques locales et de l'aléa sismique, les enjeux majeurs de la ville ont été identifiés avec certains acteurs de la ville. L'attention a porté plus particulièrement sur la **population** et sur la **vulnérabilité du bâti**, ce qui a permis de réaliser une estimation de l'**impact physique et humain d'un événement sismique** possible sur ces éléments déterminants.

Au-delà de cette première étape d'évaluation du risque, une étude plus complète est poursuivie actuellement dans le cadre du programme GEMGEP sous la direction de l'Etat et de la ville de Nice, puis étendue aux autres enjeux majeurs de la ville (hôpitaux, établissements d'enseignement, postes de secours, etc.). Le projet de recherche européen a pour but principal de **fournir une première série d'informations pertinentes aux responsables et aux acteurs locaux** afin qu'ils **s'approprient l'approche engagée** et qu'ils puissent poursuivre une réflexion préventive dans un cadre adapté aux réalités locales (organisation institutionnelle et opérationnelle ad hoc, adaptation des schémas de développement de l'agglomération, etc.).

L'étude réalisée a porté sur les trois volets principaux :

1. l'évaluation de l'aléa sismique dans la région de Nice ;
2. l'analyse des principaux éléments exposés dans la ville de Nice et de leur vulnérabilité ;
3. l'évaluation sommaire du risque sismique basée sur la réalisation d'un scénario sismique simplifié.

¹ La sismicité historique n'est connue en France que sur les 700 dernières années.

2. Evaluation de l'aléa sismique régional et local

La réalisation de scénarios sismique nécessite de connaître le mouvement sismique en tout point de la zone d'étude. Cela nécessite d'une part de connaître les mouvements de référence et, d'autre part, de réaliser un microzonage sismique qui permettra de cartographier les effets de site (qui se traduisent par des modifications du signal de référence par les conditions lithologiques). La réalisation d'un microzonage passe tout d'abord par la réalisation d'un modèle géotechnique. Nous allons donc successivement, à partir de l'analyse de l'aléa régional, donner les cartes de mouvements sismiques au rocher, décrire le modèle géotechnique déterminé pour la ville de Nice, montrer les résultats du microzonage qui en dérive, à savoir les zones homogènes en terme de réponse sismique et, finalement, montrer à partir des séismes de références les cartes de mouvements sismiques que nous utiliserons pour nos scénarios.

2.1. EVALUATION DE L'ALEA REGIONAL

Il existe deux méthodes pour déterminer l'aléa régional. Ces deux méthodes ont été appliquées sur Nice. La première méthode correspond au niveau 1. Il s'agit d'une méthode déterministe, qui s'appuie sur la sismicité historique et instrumentale pour définir quels pourraient être les séismes pouvant affecter la zone d'étude. Il n'y a pas dans cette analyse de notion de période de retour. La deuxième méthode est une méthode probabiliste, qui associe, à partir des fichiers complets de sismicité historique et instrumentale, une accélération du sol à une période de retour.

2.1.1. Scénario déterministe

2.1.1.1. *Séismes de scénario*

Le scénario déterministe repose sur la définition d'un séisme de référence tenant compte des caractéristiques sismo-tectoniques du sud-est de la France (Blès *et al.*, 1992). Deux zones source de séismes ont été notamment répertoriées. Il s'agit de zones pour lesquelles ont été relevés des séismes historiques majeurs. D'une part, le sud du Massif de l'Argentera-Mercantour a vu le 15 février 1644 un séisme destructeur d'intensité épiscopale MSK estimée à VIII selon les témoignages de l'époque.

D'autre part, le bassin Ligure est régulièrement le siège de séismes importants. Le dernier en date remonte au 25 février 2001 (magnitude 4.8 à 30 km au sud-est de Nice). Dans la même zone, un séisme très violent frappa la côte ligure le 23 février 1887. D'intensité épiscopale égale à IX, son épiscentre a été localisé entre San Remo et Imperia en Italie (à 60 km à l'Est de Nice) mais ces effets ont été fortement ressentis sur la côte d'Azur et particulièrement à Menton. Il s'agit en outre du dernier séisme ayant entraîné des dégâts dans la ville de Nice. Les structures tectoniques au large de Nice semblant équivalentes à celles situées au large de la côte Ligure, nous avons

choisi de tester les effets qu'aurait un tel tremblement de terre sur la ville de Nice si celui-ci avait lieu à l'endroit même du séisme de 2001 (Illustration 2).

Nous analysons ainsi les effets de deux séismes de références pour la ville de Nice, l'un à terre, l'autre en mer. Leurs caractéristiques sont données dans l'illustration 1.

	Séisme "1644"	type	Séisme "1887"	type
Intensité épacentrale, I_0	VIII		IX	
Magnitude, M	5.7		6.3	
Profondeur du foyer, h	10 km		8 km	
Distance épacentrale, R_e	15 km		28 km	
Distance la plus proche de la faille, R_s	12 km		17 km	

Illustration 1 - Caractéristiques des séismes de références.

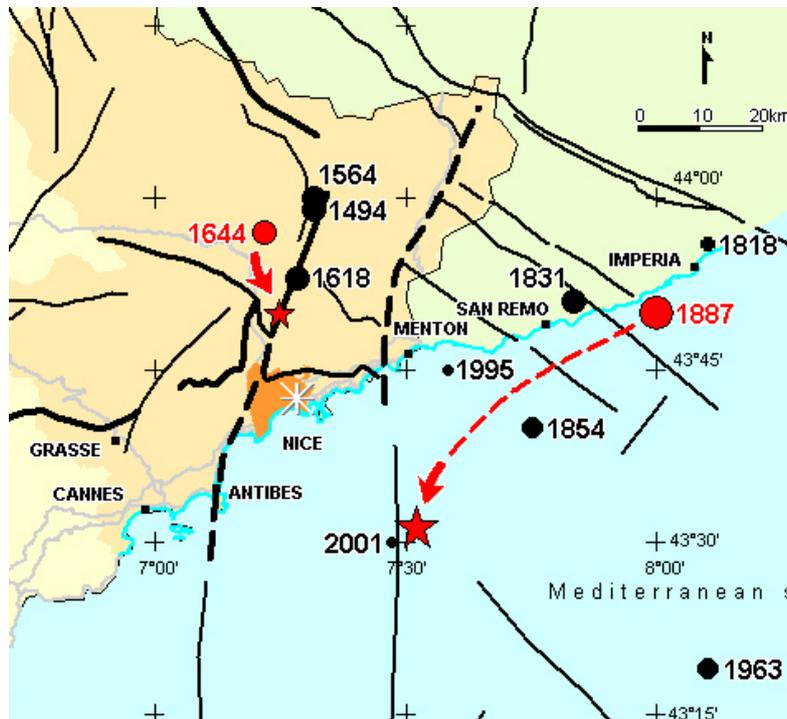


Illustration 2 - Localisation des séismes de scénario.

En utilisant les lois d'atténuation établies par Ambraseys *et al.* (1996), il est possible, à partir d'un couple (magnitude ; distance), de calculer non seulement des accélérations maximales du sol mais aussi des spectres de réponse en accélération au rocher.

2.1.2. Résultats cartographiques

Dans le cadre de l'approche déterministe, l'agression sismique est représentée sous deux formes. D'une part des cartes d'intensités macrosismique sont calculées et d'autre part des cartes donnant les valeurs de l'accélération du sol en tout point de la ville sont déterminées. Les cartes en intensités représentent le niveau I de l'étude tandis que les cartes d'accélération forment le niveau II.

2.1.2.1. Intensité macrosismique

L'intensité macrosismique au rocher est déduite des lois empiriques de Grandori *et al.* (1991). D'après ces relations, l'intensité au rocher affleurant ressentie dans Nice pour le séisme de scénario type 1887 serait comprise entre VI-VII et VII tandis que pour le type 1664, l'intensité varierait de VII-VIII dans l'extrême Nord de la ville à VI dans l sud (Illustration 3).

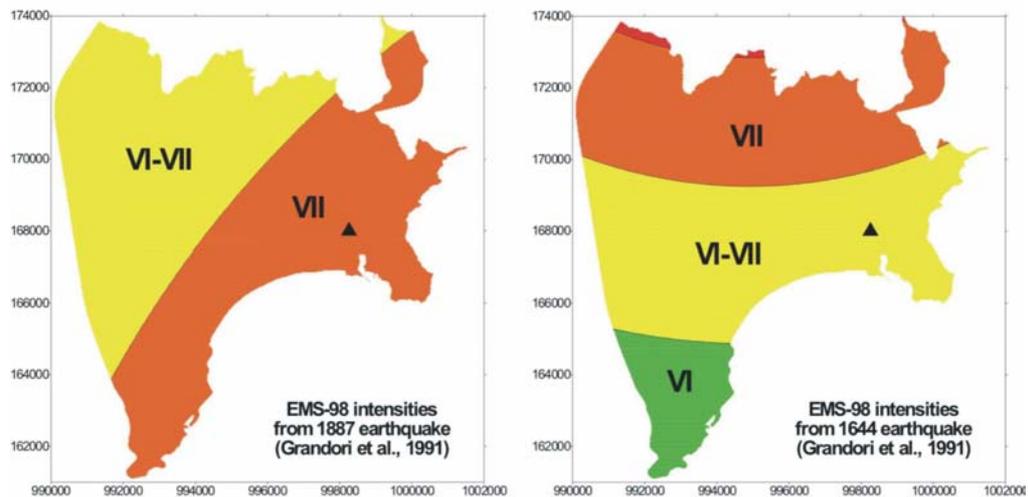


Illustration 3 - Evaluation de l'intensité macrosismique pour les deux séismes de scénario d'après les lois établies par Grandori *et al.* (1991).

L'application des relations empiriques de Grandori *et al.* (1991) ne permet pas de prendre en compte les effets de site liés au remplissage sédimentaires des vallées alluviales. En effet, ces lois sont basées sur des analyses statistiques des dégâts engendrés par des séismes passés qui ne prennent pas en compte la qualité des sols sous les constructions affectées. Par conséquent, nous avons choisi de considérer que ces lois étaient valables pour le rocher.

2.1.2.2. Accélération maximale

Parmi toutes les lois décrivant l'atténuation du mouvement horizontal du sol en fonction de la magnitude du séisme et de la distance, nous avons choisi d'appliquer celles établies par Ambraseys (1995 et 1996). Ces lois ont été déterminées à partir d'études statistiques récentes sur des séismes européens. Elles prennent en compte trois types de terrains différents (rocher, sol raide et sol mou) et permettent de reconstituer entièrement le spectre de réponse en accélération. Ainsi, en plus du maximum d'accélération horizontal du sol les résultats de l'analyse de l'aléa sismique sont donnés en termes de valeur du spectre de réponse aux périodes 0.3 ; 0.6 ; 1 et 2 secondes. Dans ce rapport de synthèse, seules les cartes d'accélération maximale sont données.

Dans un premier temps les relations d'Ambraseys sont utilisées pour le rocher affleurant. Elles nous permettent de calculer le mouvement de référence au rocher en tout point de la ville pour les deux séismes de scénario (Illustration 4). Pour le séisme type 1644, l'accélération maximale au rocher est atteinte dans le Nord de la ville et vaut 1.50 m/s². Au centre ville, elle est légèrement supérieure à 1.0 m/s² et vers l'aéroport elle ne dépasse pas 0.80 m/s². Pour le séisme type 1887, l'accélération est maximale à l'extrême sud-est de la ville (1.20 m/s²) et diminue progressivement selon la loi d'atténuation pour descendre sous les 0.80 m/s² vers le pont de la mande. Dans ce cas, l'accélération atteint 1.11 m/s² dans le centre de la Nice.

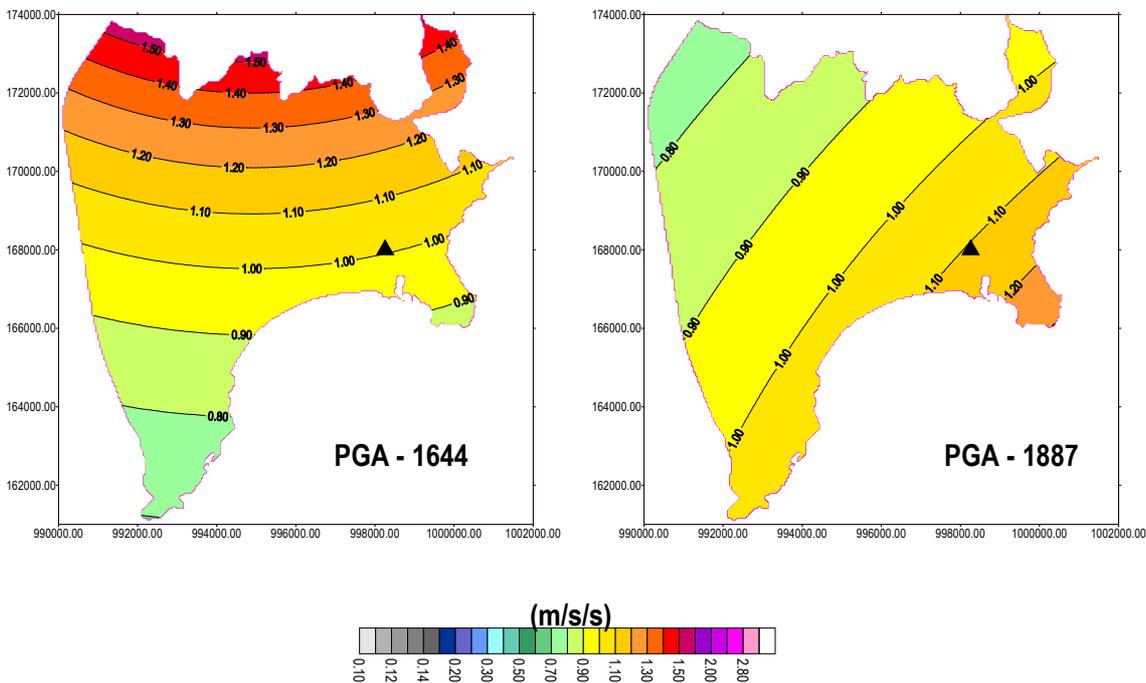


Illustration 4 - Accélérations maximales horizontales du sol calculées pour Nice avec les lois d'Ambraseys (1996).

2.2. SCENARIO PROBABILISTE

2.2.1. Spectre probabiliste

L'approche probabiliste est basée sur les données sismo-tectoniques utilisées par le groupe EPAS² de l'AFPS³ pour le zonage probabiliste de la France métropolitaine. L'évaluation probabiliste de l'aléa sismique est établie à l'aide du programme CRISIS99 développé à l'Université de Mexico (UNAM).

L'analyse permet de déterminer en tous les points de la ville de Nice un spectre de réponse en accélération pour une période de retour donnée. Plus la période de retour est grande, plus l'évènement visé est important et plus la probabilité d'occurrence de celui-ci est faible sur une période donnée. Trois périodes de retour ont été sélectionnées : 1000, 475 et 100 ans. Les spectres moyens au rocher calculés au palais des congrès de Nice, pour ces trois périodes, sont comparés aux spectres déterministes en Illustration 5.

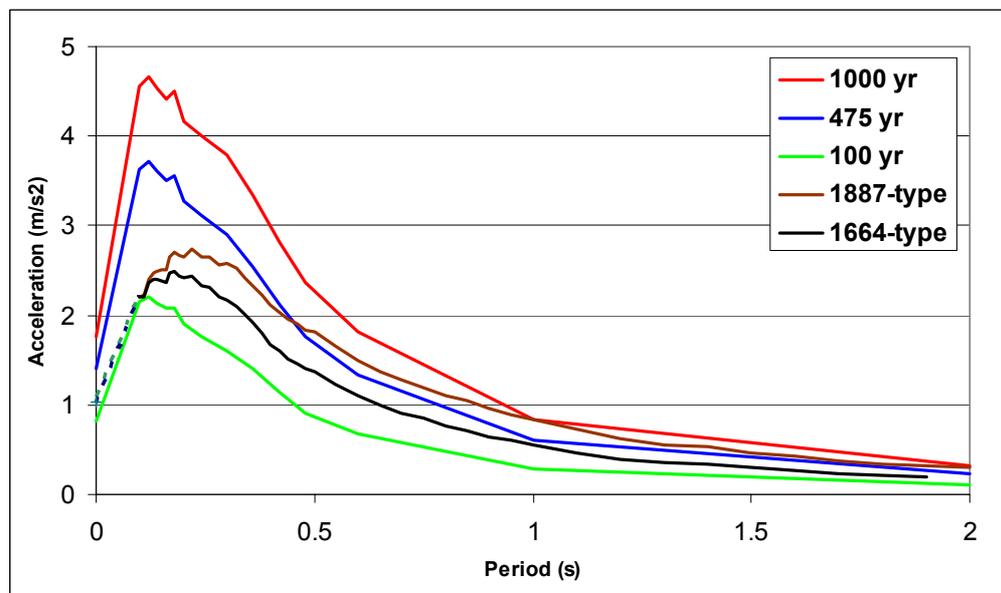


Illustration 5 - Comparaison des spectres déterministes et probabilistes calculés pour le palais des congrès.

On observe une bonne similitude de forme entre les spectres des approches probabiliste et déterministe, particulièrement pour le séisme de référence de type 1644. Les différences sont principalement dues aux écarts méthodologiques entre les deux

² Evaluation Probabiliste de l'Aléa Sismique

³ Association Française de Génie Parasismique

approches. Cependant, sous 0.1 secondes de période, les spectres déterministes sont proches du spectre correspondant à la période de retour de 100 ans tandis qu'au-delà de cette période ils se rapprochent du spectre de période de retour de 475 ans. Les accélérations maximales du sol au palais des congrès sont confrontées dans l'illustration 6.

	Scénario déterministe		Scénario probabiliste	
	1887-type	1644-type	T = 475 yr	T = 100 yr
PGA (m/s ²)	1.11	1.04	1.40	0.81

Illustration 6 - Accélérations maximales calculées au centre de Nice par les approches probabiliste et déterministe.

2.2.2. Résultats cartographiques

Comme pour l'approche déterministe la carte d'accélération maximale tenant compte des effets de site est obtenue par croisement entre la carte d'accélération maximale au rocher et la carte du microzonage (Illustration 7).

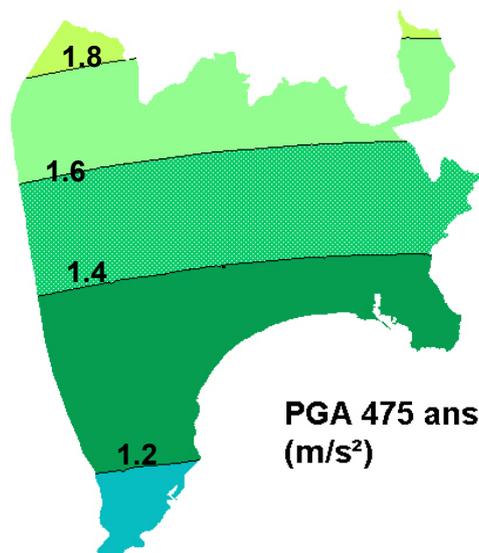


Illustration 7 - Carte probabiliste d'accélération maximale pour Nice au rocher.

2.3. EVALUATION DE L'ALEA LOCAL

Pour cartographier et modéliser les effets de site, il est nécessaire de réaliser un zonage sismique qui permettra de cartographier les effets de site (qui se traduisent par des modifications du signal de référence par les conditions lithologiques). La réalisation d'un microzonage passe tout d'abord par la réalisation d'un modèle géotechnique.

2.3.1. Modèle géotechnique

L'outil informatique utilisé pour la modélisation géologique est l'Editeur Géologique (3DWEG) développé au BRGM. Cet outil est basé sur un algorithme d'interpolation par cokrigage combinant données ponctuelles (points de passage d'interfaces géologiques) et données d'orientation (azimuth, pendage, polarité). Les fondements mathématiques de cette méthode sont décrits par Lajaunie *et al.* (1997).

Le modèle peut être appréhendé au travers des visualisations en coupes ou bien en 3D. Outre l'intérêt visuel d'une telle représentation le modèle est utilisé pour fabriquer une série de « colonnes géologiques » aux nœuds d'une grille 2D. Ce modèle de colonnes est exploité afin d'établir une zonéographie de colonnes type, homogènes du point de vue de la réponse sismique.

A Nice, le modèle a été réalisé en intégrant les données de près de 400 sondages géotechniques, des informations de surface fournies par la carte géologique au 1/50000^{ème} et des données géophysiques. Deux surfaces d'érosion majeures ont été prises en compte. Il s'agit de la surface d'érosion post mésozoïque et de la surface d'érosion post pliocène. Toutes les alluvions sont considérées comme se déposant en conformité sur les formations antérieures. Ces hypothèses permettent d'assigner logiquement le toit des horizons à partir des successions de formations rencontrées dans les sondages. Ont été également prises en compte les limites des formations sur la carte géologique, ainsi que des coupes interprétatives dans la vallée du Var.

La visualisation 3D du modèle des volumes permet d'illustrer la répartition des différentes formations dans un ordre chronologique. Les coupes extraites du modèle dans la vallée du Var et dans la vallée du Paillon (Illustration 8) montrent la complexité et l'imbrication des différents faciès alluvionnaires.

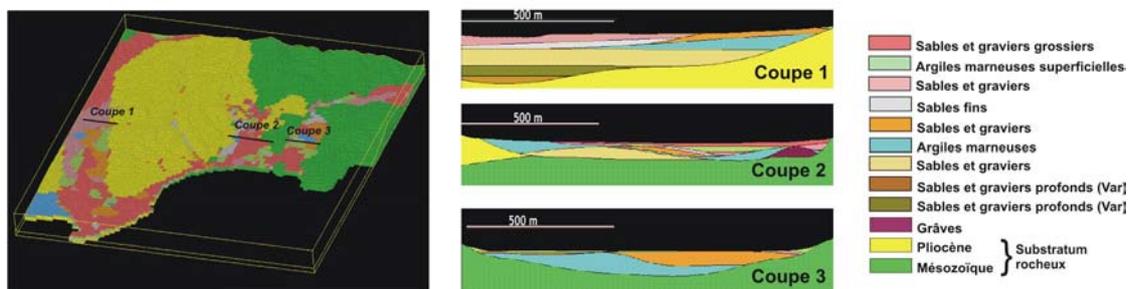


Illustration 8 - Extrait du modèle 3D-4G de la ville de Nice.

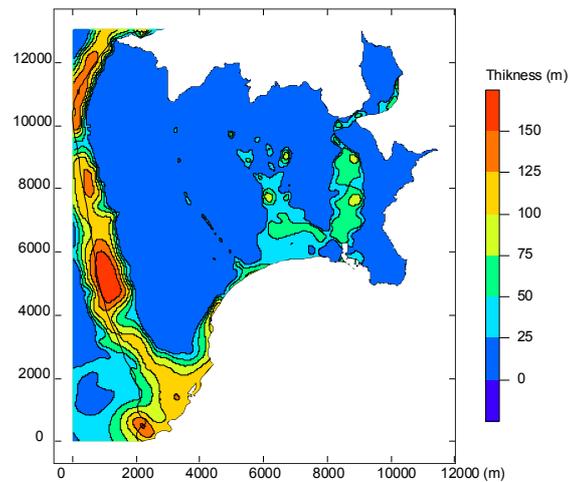


Illustration 9 - Epaisseurs (en mètres) des dépôts alluvionnaires dans les vallées niçoises.

Une fois le modèle géologique construit, l'étape suivante consiste à identifier les colonnes de sols présentes en chaque point du modèle, puis à calculer les réponses sismiques de ces colonnes.

Dans l'ensemble du modèle, le nombre théorique de configurations de colonnes des sols possibles est très élevé : il est égal à 2^n , où n est le nombre de formations. Même si la plupart des formations ne sont pas présentes partout, il est nécessaire d'effectuer quelques regroupements afin de simplifier le problème. Certaines formations sont donc regroupées en fonction de leurs caractéristiques géo-mécaniques et sismiques. Ceci conduit à retenir 9 types de sol (Illustration 10), soit un maximum de 512 configurations possibles.

Code	Description	V_s (m/s)	Regroupe ments	IP	σ'_m
1	Remblais	180	H12	0	30
2	Sables et graviers	200			
3a	Limons	180	H3	20	80
3b	Argiles	220			
4	Sables et graviers	230	H456	0	150
5	Sables fins	250			
6	Sables et graviers	260			
7	Limons et argiles	260	H7	13	200
8	Sables et graviers	300	H8	0	400
8a	Sables et graviers	400	H8a	0	600
8b	Sables et graviers	600	H8b	0	800
9	Graves grossières		H9	0	400
10	Rocher Pliocene	1000	BEDR		
11	Rocher Mesozoic	1400			

Illustration 10 - Les différents types de sols retenus

Le modèle est alors divisé en cellules de 50 m de côté. Au droit de chacune de ces cellules est identifiée la colonne de sol présente. Les colonnes de sols les plus fréquentes font ensuite l'objet d'une analyse plus fine. D'une part on visualise leur localisation sur une carte, et d'autre part, on calcule les épaisseurs moyennes et médianes de chacune des formations présentes dans la colonne. On effectue ensuite un calcul de réponse sismique de cette colonne.

Dans notre cas, sur 512 configurations théoriques possibles, seules 75 sont représentées effectivement dans l'emprise de la commune de Nice. Dans 60%, des cas on observe uniquement le substratum rocheux (pliocène + mésozoïque). Les 40% des cas restant correspondent aux configurations où les alluvions recouvrent le substratum. Parmi celles ci, seules une douzaine de configurations couvrent plus de 1% de la surface totale, et font l'objet d'une analyse plus fine.

Une analyse statistique des épaisseurs des formations dans les colonnes type nous a permis de définir un total de 24 colonnes sédimentaires différentes constituant le modèle 3D de Nice.

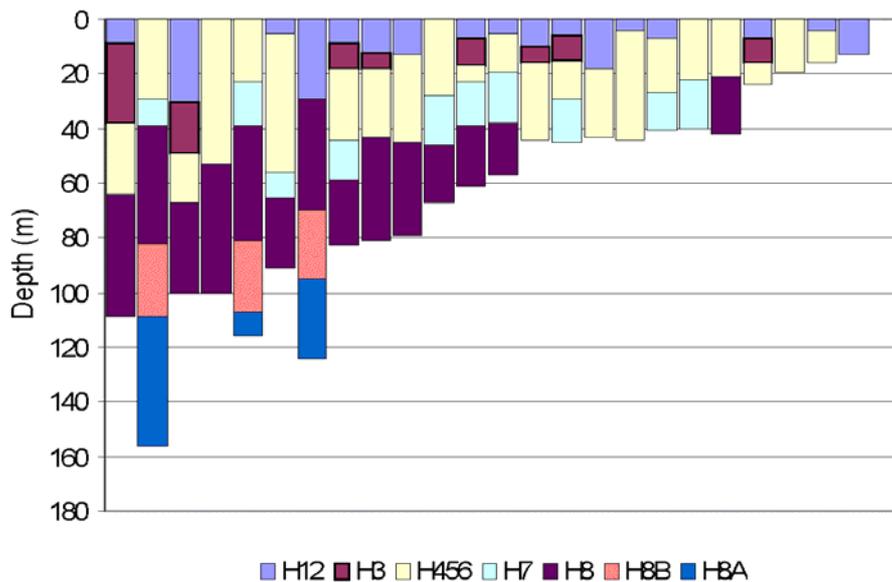


Illustration 11 - Colonnes de sols définissant le modèle 3D du sous-sol de Nice

2.3.2. Microzonage

Les colonnes de sol issues du modèle géotechnique 3D ont été distribuées dans 5 groupes selon leur spectre de réponse obtenu par un calcul linéaire équivalent à l'aide du logiciel CyberQuake (Modaressi *et al.*, 1997). Pour ces calculs, 5 accélérogrammes réels enregistrés au rocher ont été sélectionnés respectant les caractéristiques du séisme de scénario défini dans RISK-UE pour la ville de Nice.

Ce sont ainsi 4 zones qui ont pu être distinguées en plus du rocher affleurant. Il n'y a pas eu de distinction de fait entre le rocher pliocène et le rocher miocène et la ville est donc constituée de 5 zones de comportement sismique différent (Illustration 12).

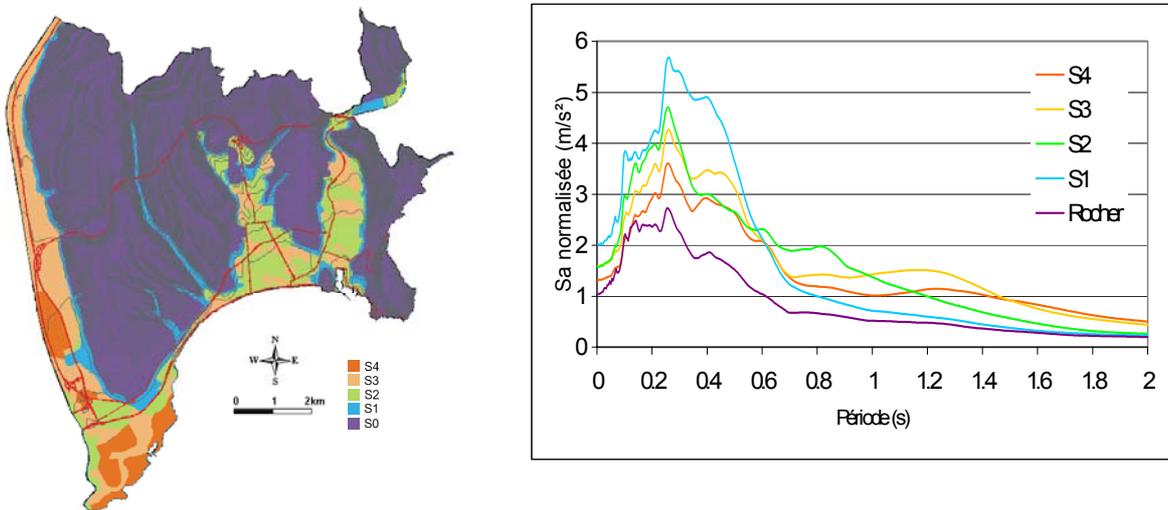


Illustration 12 - Microzonage sismique de la ville de Nice et spectres de réponse associés.

L'illustration 13 ci-après rassemble les facteurs d'amplification spectrale des différentes zones alluvionnaires pour 5 périodes (0 ; 0.3 ; 0.6 ; 1 et 2 secondes).

Period (s)	S4	S3	S2	S1
0	1.28	1.55	1.53	1.95
0.3	1.41	1.69	1.77	2.39
0.6	2.00	2.02	2.23	2.06
1	1.96	2.77	2.66	1.38
2	2.52	2.20	1.32	1.14

Illustration 13 - Facteurs d'amplification spectrale à différentes périodes.

Une comparaison rapide avec les spectres décrits dans la nouvelle norme européenne des EC8 (Illustration 14) permet de se rendre compte que même si les sols des zones S2, S3 et S4 appartiennent à la classe B des EC8 d'après le critère de la vitesse moyenne des ondes de cisaillement se propageant dans la colonne de sol, leur spectre de réponse différent assez nettement. Ceci justifie ainsi leur distinction dans le microzonage.

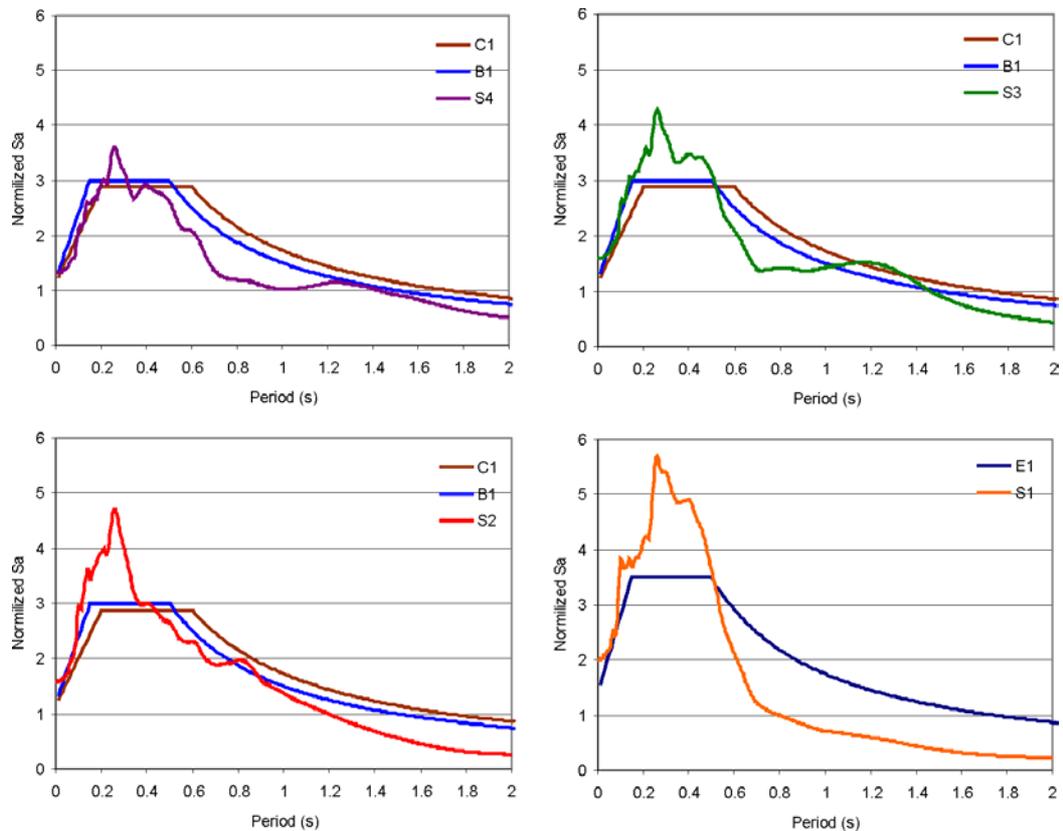


Illustration 14 - Comparaison entre les spectres du microzonage de Nice et les spectres des normes européennes EC8.

2.4. PRISE EN COMPTE DES EFFETS DE SITE POUR LES CARTES DE SEISMES DE SCENARIO

2.4.1. Analyse déterministe en intensité

Pour tenir compte de l'augmentation des dégâts liés aux effets de site, généralement observée en cas de séisme, nous incrémentons d'un demi-degré l'intensité dans les zones S2, S3 et S4 du microzonage sismique de Nice, et d'un degré complet dans les sols de type S1. Les résultats sont ainsi présentés en Illustration 15.

2.4.2. Analyse déterministe en accélération.

Pour tenir compte des effets de sites lithologiques, nous mettons en relation les cartes d'accélération au rocher (Illustration 4) avec la carte du microzonage (Illustration 12). Ceci est réalisé à partir d'un utilitaire de Système d'Information Géographique. Nous obtenons ainsi les cartes de l'Illustration 16. Le remplissage alluvionnaire a pour effet d'augmenter l'accélération maximale du sol en surface. Ainsi, pour les deux séismes

de référence choisis, l'accélération maximale dépasse 2.0 m/s² par endroit et notamment au centre ville pour le séisme type 1887.

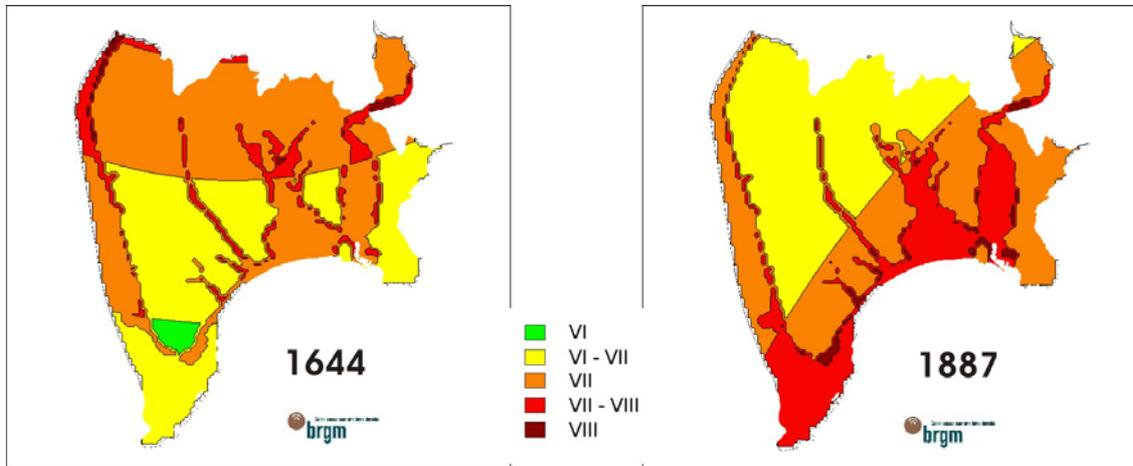


Illustration 15 - Evaluation de l'intensité macrosismique pour les deux séismes de scénario tenant compte des effets de site.

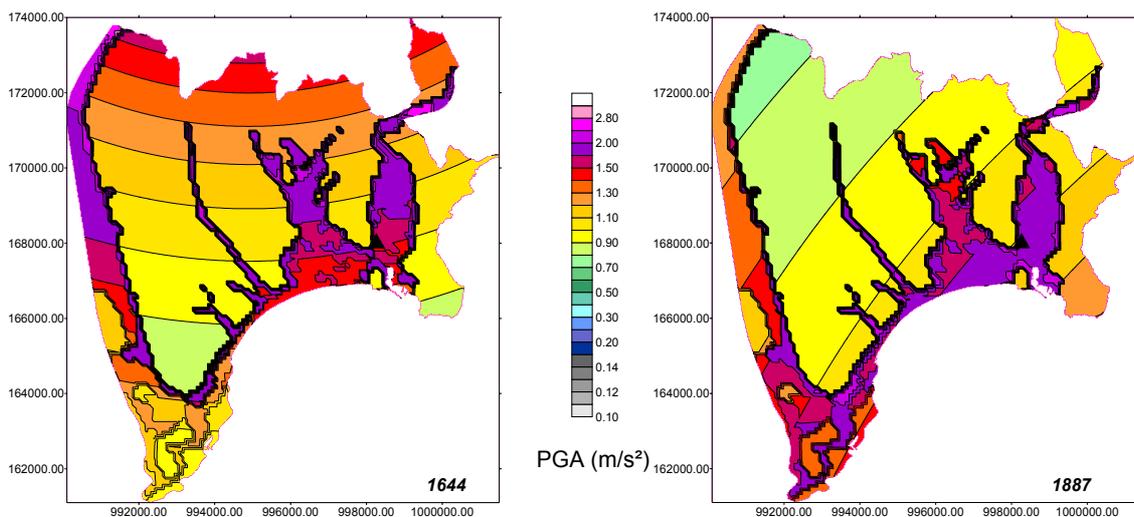


Illustration 16 - Accélération maximale horizontales du sol calculées pour Nice tenant compte des effets de site.

2.4.3. Analyse probabiliste en accélération.

Les effets du remplissage sédimentaire au point de référence (Acropolis) font augmenter l'accélération maximale de 1.4 m/s² à près de 2.2 m/s². Cette valeur est proche de celle obtenue par l'approche déterministe. D'autre part, la valeur d'accélération du sol la plus élevée atteint plus de 4.0 m/s² très ponctuellement dans le Nord-Ouest de la ville.

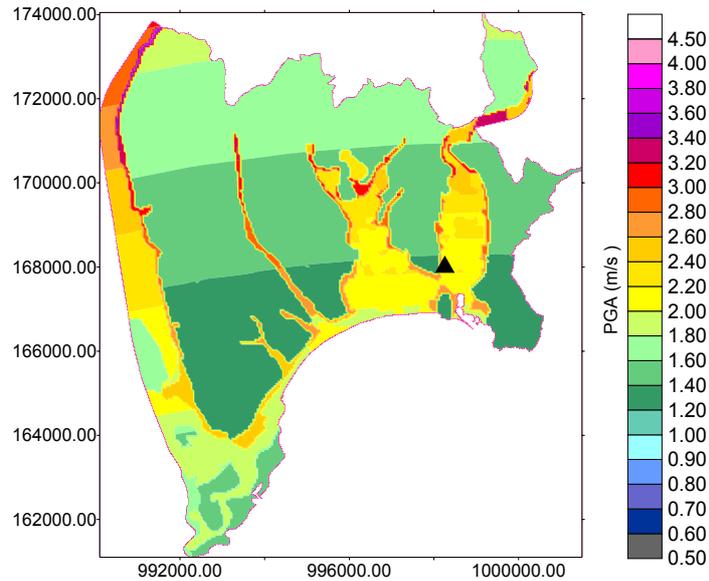


Illustration 17 - Carte probabiliste d'accélération maximale pour Nice tenant compte des effets de site..

2.4.4. Analyse probabiliste en intensité

Le scénario probabiliste a également dû être calculé en terme d'agression sismique (exprimée sous la forme d'une intensité macrosismique EMS-98) pour permettre l'application du niveau 1 (méthodologie définie dans la partie Analyse de la vulnérabilité du bâti). Pour cela, les intensités au rocher ont été déduites des accélérations maximales au rocher par la loi de corrélation suivante :

$$I = 3.3 \log A + 7$$

I : Intensité macrosismique au rocher

A : accélération au rocher en m/s²

Cette loi est une moyenne de lois de corrélation existantes proposées par différents auteurs (Illustration 18)⁴.

⁴ Référence : Murphy J.R., O'Brien L.J., 1997 - The correlation of peak ground acceleration amplitude with seismic intensity and other physical parameters – Bull. Seism. Soc Am., Vol. 67, n°3.

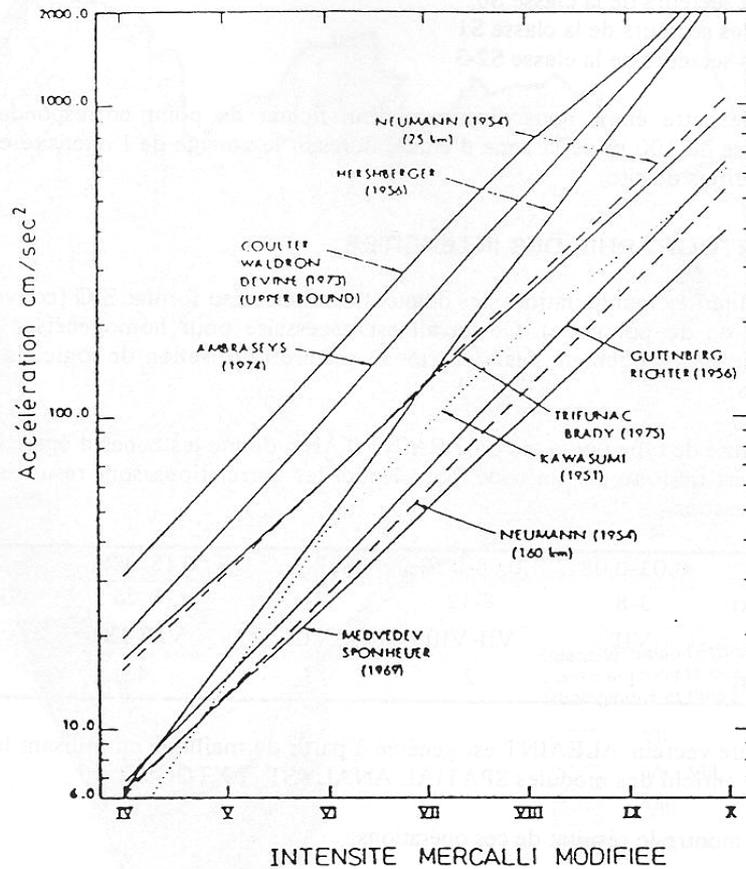


Illustration 18 - Corrélations accélération/intensité proposées par différents auteurs

Les intensités en surface sont calculées de la même manière que pour les scénarii déterministes, en incrémentant les intensités au rocher (Illustration 19).

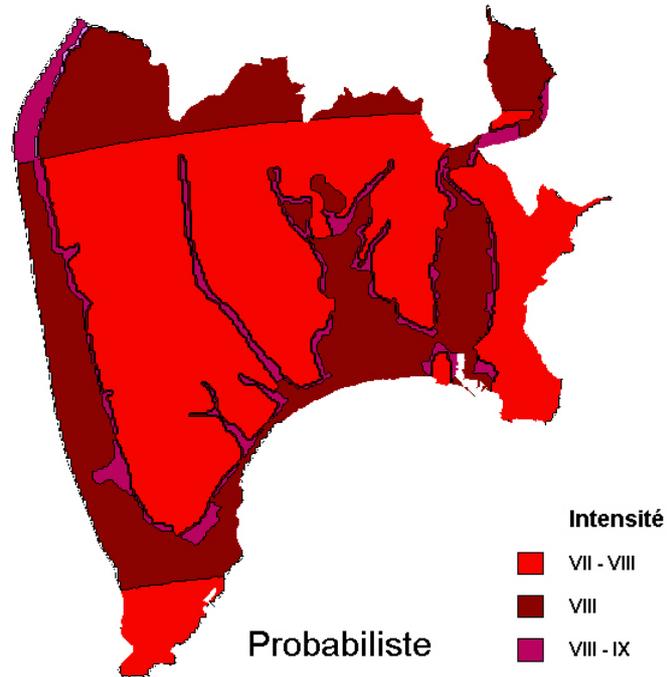


Illustration 19 – Evaluation de l'intensité macrosismique pour le scénario probabiliste tenant compte des effets de site

En résumé, cette analyse de l'aléa nous a permis de définir :

- deux séismes de scénarios déterministe. Le premier est l'équivalent du séisme de 1887, mais rapproché à 30 km au sud de la ville de Nice à l'épicentre du séisme du 5 janvier 2001. Le deuxième est l'équivalent du séisme de 1644 à une vingtaine de kilomètres au nord de la ville de Nice ;
- une carte de l'aléa probabiliste à 475 ans de période de retour ;
- un zonage de réponses sismiques homogènes du sol.

Ceci nous permet de réaliser pour chacun des scénarios un carte de l'agression sismique sous forme d'intensités, utilisable pour le niveau 1 de l'analyse de vulnérabilité ou de valeurs spectrales utilisables pour le niveau 2 de l'analyse.

3. Le système urbain NICOIS face au risque sismique

En complément de l'analyse de la vulnérabilité physique des bâtiments et des réseaux, il est nécessaire d'analyser également la vulnérabilité du système qui est touché par un séisme, c'est-à-dire la ville ou l'agglomération. Il faut pour cela analyser le fonctionnement du système, afin de pouvoir

- Définir les bâtiments les plus importants qui pourront faire l'objet d'une analyse plus précise de la vulnérabilité
- Analyser les résultats des scénarios en terme de dysfonctionnement du système.

Pour prendre un exemple, si la fonction santé dans la ville étudiée n'est assurée que par un seul hôpital de grande taille, la vulnérabilité de cette fonction santé sera très forte car il suffira que l'unique hôpital soit mis hors service par le séisme pour que la fonction santé ne soit plus assurée. Au contraire, si plusieurs hôpitaux également équipés assurent cette fonction, la vulnérabilité du système sera plus faible.

Nous commençons par analyser les grands traits de la ville de Nice afin de définir quels sont ses atouts et ses faiblesses vis à vis du risque sismique. Ce travail a largement bénéficié des résultats du projet Gemitis Nice. Nous avons réactualisé autant que possible les données de ce projet.

3.1. LES ENJEUX PRINCIPAUX A PRENDRE EN CONSIDERATION

La principale caractéristique du département des Alpes Maritimes est sa forte activité touristique. La ville de Nice elle-même est très représentative de l'activité économique de la région. Son économie est essentiellement tournée vers le tourisme et l'accueil, même si récemment des industries de pointe se sont installées dans la ville (plaine du Var).

La commune de Nice stricto sensu compte environ 346 000 habitants, l'agglomération niçoise en regroupant près de 500 000. Les habitants, et donc les logements, sont les premiers éléments à prendre en compte dans l'analyse du risque.

La fonction d'accueil est le principal moteur économique de la ville. Avec 4 millions de visiteurs en 2002, Nice est le 2^{ème} pôle touristique français. C'est également la deuxième ville d'accueil de congrès en France, particulièrement grâce à l'Acropolis ainsi que le 2^{ème} parc hôtelier de France, constituant le tiers de la capacité hôtelière de la côte d'azur. L'illustration 20 montre la répartition des chambres dans les différentes catégories d'hôtels. Le nombre de monuments, musées et salles de spectacle est en conséquence relativement important (28 monuments classés).

Année	Sans Etoile/ 1 étoile		2 étoiles		3 étoiles		4 étoiles		total Ville de Nice	
	Hôtels	Ch.	Hôtels	Ch.	Hôtels	Ch.	Hôtels	Ch.	Hôtels	chambres
2003	43	1090	71	2694	60	3324	23	3217	197	10325

Illustration 20 - Répartition des chambres selon les catégories d'hôtels

La fonction santé se doit de répondre aux exigences de la population particulière. Ainsi Nice, peuplée pour 1/3 de plus de 60 ans, apparaît comme l'une des villes les plus médicalisée de France. Les maisons de retraites y sont, comme dans tout le département des Alpes Maritimes, plus nombreuses qu'ailleurs, disséminées dans le centre ville ou dans les collines avoisinantes (on compte 2828 lits dans 59 établissements). La fonction hospitalière se divise pour sa part en trois lieux distincts : la partie orientale de la colline de Cimiez, le centre ville et la bordure du littoral. Un réseau relativement dense de cliniques privées vient compléter cette carte de la fonction de santé. Elles se concentrent principalement dans la plaine de Nice et sur les collines situées à proximité du centre ville. Au total, d'après les données en notre possession et validées par la DDASS, la capacité hospitalière de Nice est de plus de 3000 lits.

La fonction de secours et sécurité prend une importance de plus en plus grande à l'échelle des villes. Elle devient primordiale en période de crise pour porter secours aux victimes mais également pour assurer la sécurité des personnes et gérer au mieux la circulation. La ville de Nice est une des villes française employant le plus grand nombre d'agents de sécurité.

La ville de Nice propose l'ensemble des cycles de formation nécessaires à une scolarité complète, de la maternelle aux études supérieures. Cependant, elle ne tire que peu de bénéfices en terme d'image d'une petite université n'offrant pas de filières très spécifiques mis à part l'hôtellerie et le tourisme.

Contribuant au développement économique, les réseaux de transport sont également très développés :

- l'aéroport est le deuxième de France (après les deux aéroports de Paris) avec des lignes intérieures comme internationales très fortes. Il a comme particularité importante pour l'analyse du risque d'être situé à l'intérieur de la ville. Ceci pourrait faciliter l'accès des secours en cas de crise importante
- le port, qui assure essentiellement des rotations vers la Corse. Les infrastructures sont également très importantes en cas de crise pour l'accès des secours et l'évacuation des blessés

- le réseau routier, avec essentiellement l'autoroute A8 qui assure le passage vers l'Italie et le front de mer qui est sans doute le lieu le plus connu de Nice. Il faut noter que ces deux infrastructures, comme l'autoroute urbaine, sont régulièrement saturées aux heures de pointe.
- le chemin de fer. Ce mode de transport a fortement favorisé le développement de la ville à la fin du XIXième siècle et au début du XXème. Il est aujourd'hui surpassé par le transport aérien. Les infrastructures peuvent être néanmoins très utiles en cas de crise et il est nécessaire d'en analyser la vulnérabilité.

En termes d'**évaluation du risque sismique**, l'analyse doit porter en priorité sur l'impact humain de tremblements de terre vraisemblables. Le bilan humain dépend prioritairement des dommages aux constructions qui constituent nos lieux de vie courants, qu'il s'agisse de logements, de lieux de travail ou d'éducation, de zones de chalandise, etc. De ce fait, notre étude a porté en priorité **sur la population et sur l'habitat**. Toutefois, il est important de souligner qu'une évaluation complète du risque sismique devra porter par la suite sur d'autres éléments et enjeux majeurs du système urbain. L'accent devra être mis sur tous les éléments qui ressortent des analyses et des interviews réalisées dans le cadre de cette étude. L'illustration 21 en présente une liste simplifiée :

COMPOSANTES	ENJEUX
Sécurité publique	Centres de secours, casernes de pompiers, etc.
Santé	Hôpitaux, crèches, maisons de repos....
Communication	Central télécom, centres et réseaux d'émission TV, radio
Réseaux vitaux	Réseaux d'alimentation en eau, en gaz, en électricité, etc.
Assainissement	Station d'épuration, traitement des ordures ménagères
Infrastructures de transport	Routes, autoroutes, voie ferrée, gares, aéroport, port
Economie, Production	Secteur touristique (hôtels, restaurants, accueil) et principaux services
Education	Ecoles, collèges, lycées, universités
Culture/Sport/Loisirs/Culte	Musées, monuments, salles de spectacle, de sport, lieux de culte, etc.
Gouvernement	Mairie, Préfecture, Conseil Général

Illustration 21 - Les principaux enjeux de la ville de Nice exposés à la menace sismique

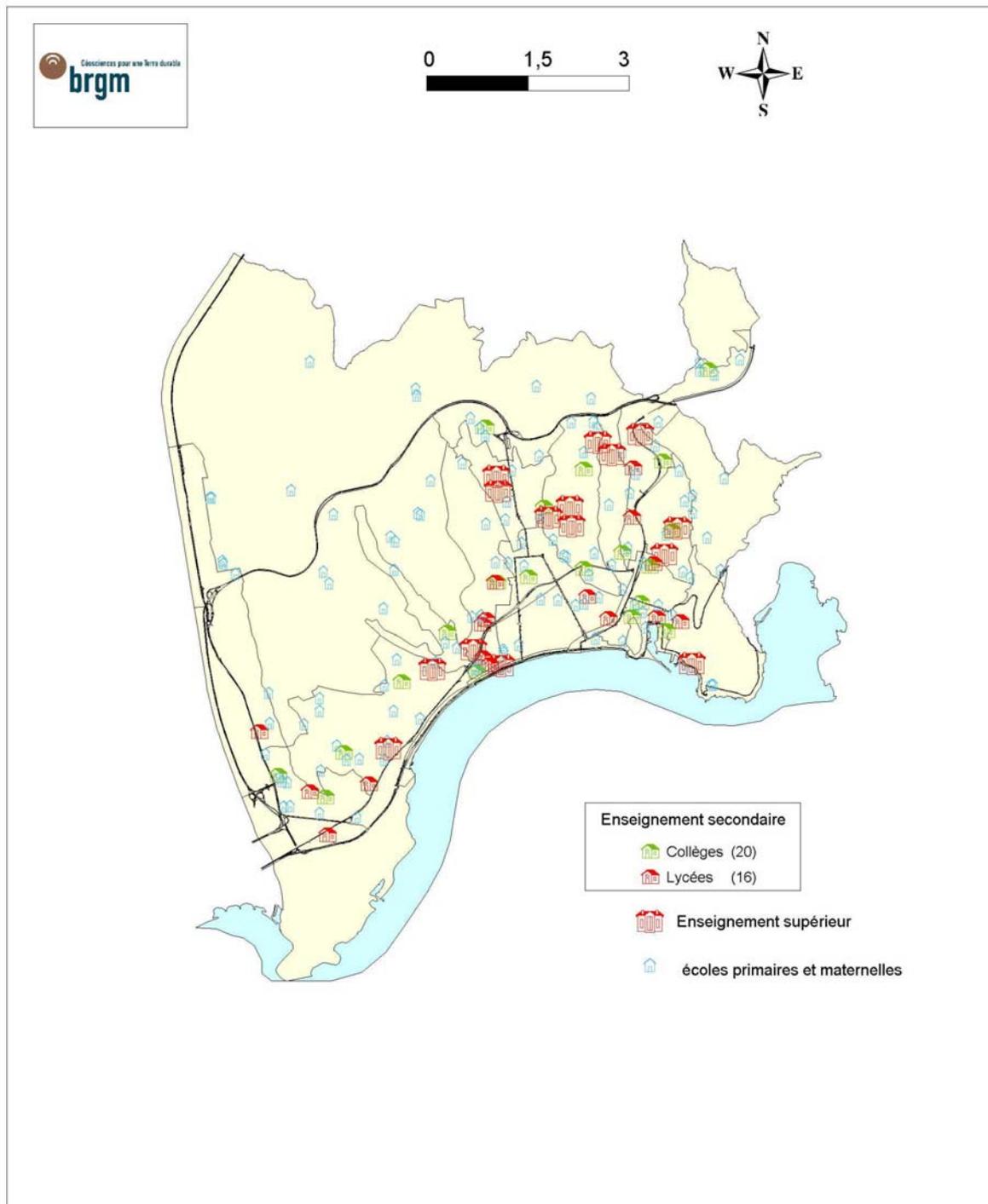


Illustration 22 - Localisation des bâtiments d'enseignement de Nice

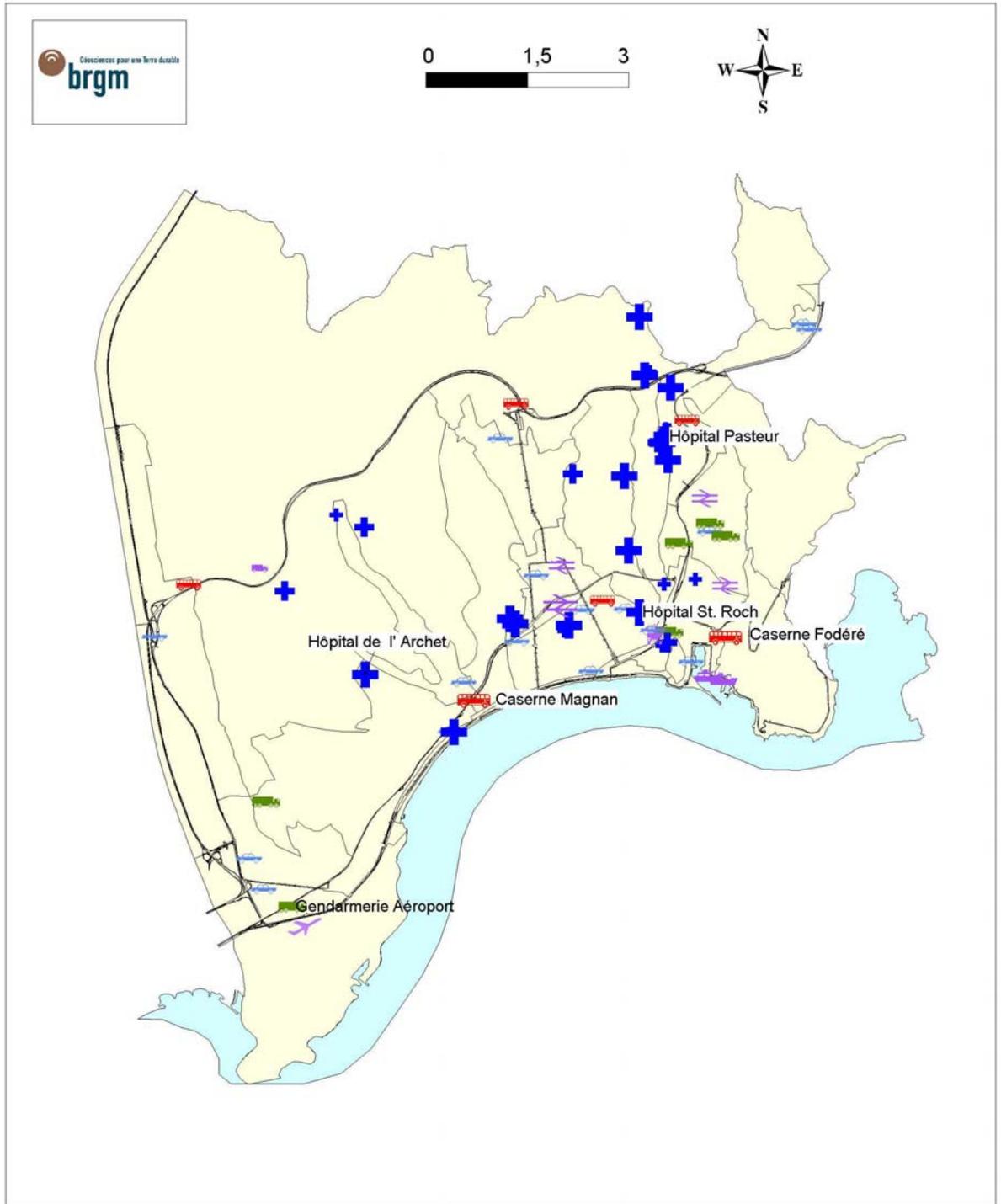


Illustration 23 - Localisation des bâtiments de secours, sécurité, transport et santé à Nice.

3.2. ATOUTS ET FAIBLESSES DE NICE FACE AU RISQUE SISMIQUE

Toute agglomération exposée à des aléas naturels présente une vulnérabilité globale qui peut être considérée au travers :

- de la fragilité physique des principaux éléments et infrastructures qui la composent,
- et de la vulnérabilité du système « ville » pris globalement (« vulnérabilité systémique »), la ville pouvant connaître des perturbations très préjudiciables dans son fonctionnement et dans ses activités en cas d'agression grave.

De manière synthétique, on peut résumer les atouts et faiblesses de la ville de Nice pour l'analyse du risque sismique :

l'activité principale est la fonction d'accueil. L'absence d'industries dangereuses est un atout non négligeable en cas de crise

la forte saisonnalité de l'attrait touristique de la ville rend difficile l'interprétation des scénarios. Selon qu'on se place l'hiver ou l'été, la nuit ou le jour, la gestion des sans abris et des victimes ne posera pas les mêmes problèmes

le cadre géographique de la ville est fortement structurant. : 62 % de la surface totale de la ville est située sur des pentes supérieures à 10 % et donc difficilement constructibles. Ceci a aussi son importance sur la structure des réseaux de transports qui implique de nombreux ouvrages d'art en augmentant la vulnérabilité globale du réseau (les viaducs de l'autoroute A8 au Nord de Nice en sont un exemple marquant). Il semblerait en outre que ces ouvrages d'art soient vulnérables.

Ce cadre géographique rend donc difficile l'accès terrestre à la ville. Heureusement, l'accès littoral est facile et les infrastructures sont bien développées

La fonction santé est très développée dans la ville. Même si les médecins ne sont pas nécessairement formés à la médecine d'urgence, cette présence forte est un atout non négligeable en cas de crise.

Enfin, l'appropriation du problème lié au risque sismique par les acteurs locaux n'était pas encore très forte récemment. Le risque sismique n'est donc peut être pas encore assez pris en compte dans les décisions d'aménagement du territoire.

Mais la sensibilisation des acteurs locaux, grâce aux projets RISK-UE et GEMGEP, devient réelle et le stade d'appropriation peut être considéré comme réellement engagé.

4. Analyse de la vulnérabilité du bâti

4.1. DIVISION EN UNITES URBAINES HOMOGENES

Compte tenu des dimensions de la ville et du nombre de bâtiments (estimé entre 40 000 et 60 000), il n'est pas envisageable de réaliser un inventaire systématique et exhaustif de l'ensemble du bâti. Il était donc indispensable de faire appel à des **techniques d'échantillonnage statistique**. Le principe retenu peut se diviser en deux étapes.

4.1.1. Détermination de secteurs, ou unités urbaines homogènes

27 secteurs ont été définis sur la ville. Le terme homogène ne signifie pas qu'on trouve dans ces secteurs un seul type de bâtiments. Ces unités ont été définies sur des critères liés à l'urbanisme, à leur âge ou à leur « fonction » (zones résidentielles, commerciale, centre historique, etc...). Ces secteurs sont repris du projet Gemitis-Nice (Lutoff C., Arnal C., Masure P. et Thierry P. (1998) – *Projet GEMITIS Nice : identification des principaux enjeux sur la ville de Nice*).

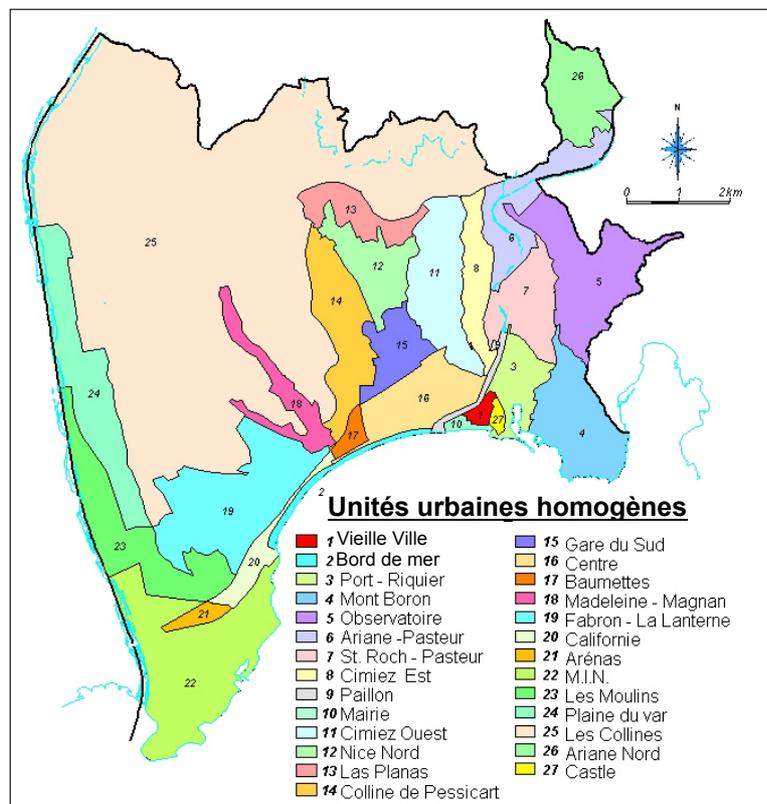


Illustration 24 - Unités urbaines homogènes

4.1.2. Etude d'un parcours sur chaque secteur

Chaque secteur a été caractérisé par une analyse systématique le long d'un itinéraire, choisi le plus possible au hasard au sein d'un secteur. Cet itinéraire est considéré comme représentatif de l'ensemble du secteur. Ainsi les résultats obtenus par l'analyse des bâtiments le long d'un parcours sont appliqués à l'ensemble de l'unité urbaine :

- répartition des vulnérabilités ;
- répartition des typologies de bâtiments.

4.2. METHODOLOGIE D'EVALUATION DE LA VULNERABILITE

Deux méthodes ont été définies dans le cadre du projet RISK-UE, selon la précision des données d'entrée.

4.2.1. Niveau 1

Il s'agit d'une méthode dite « macrosismique », basée sur les retours d'expérience post-sismique en Italie et en Grèce. La vulnérabilité d'un bâtiment est évaluée en fonction de sa typologie et de facteurs aggravants (hauteur, irrégularités de formes, position par rapport aux autres bâtiments, etc...), ce qui permet de lui attribuer un indice de vulnérabilité V_i .

Cet indice varie généralement entre 0 (non vulnérable, ce qui est impossible) et 1 (très vulnérable).

L'indice de vulnérabilité permet de définir une courbe de vulnérabilité du bâtiment.

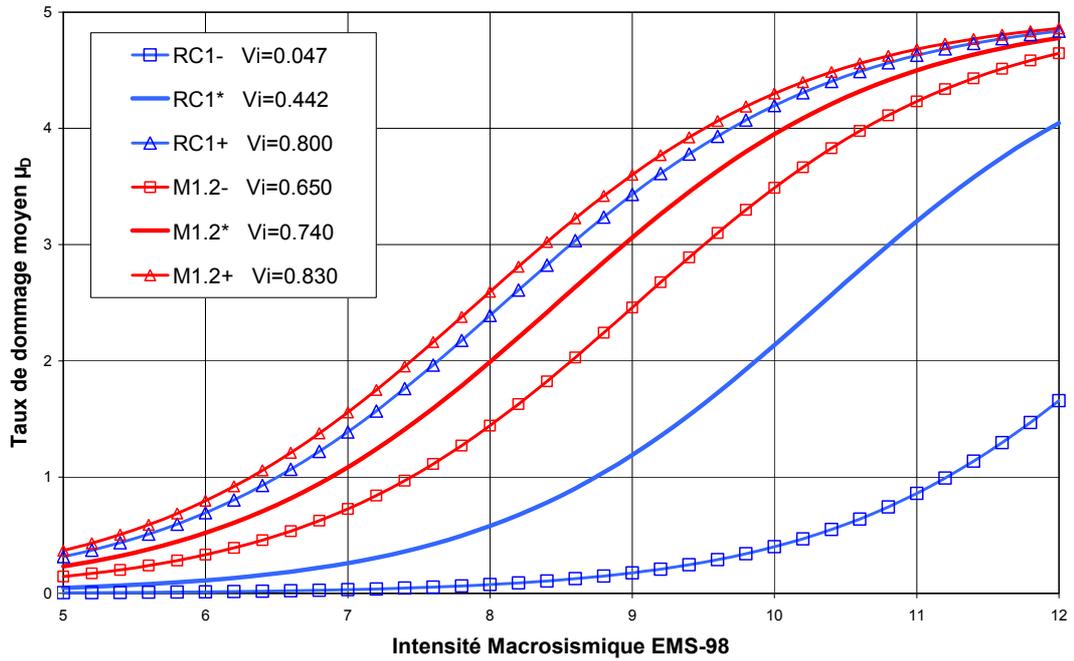


Illustration 25 - Courbes de vulnérabilité pour différentes typologies, avec les fuseaux de comportement plausible correspondant ; RC1 est une structure en béton armé, moins vulnérable que M1.2, qui est une structure en maçonnerie

Cette courbe relie l'agression sismique, exprimée en terme d'intensité macrosismique, à un indice de dommage moyen μ_D , qui permet de définir la distribution des probabilités correspondant à différents degrés de dommage. Cette distribution se fait par l'intermédiaire d'une loi de probabilité dont les paramètres ont été calés d'après des observations réelles sur les dommages après différents séismes, essentiellement italiens et grecs.

4.2.2. Niveau 2

Cette méthode est encore en développement. Elle repose sur une estimation mécanique du comportement du bâtiment sous sollicitation sismique. Ce comportement est modélisé par une courbe de capacité du bâtiment, en fonction de sa typologie, de sa hauteur, et du niveau de code parasismique correspondant à sa période de construction. La méthode peut être schématisée par l'illustration 26 qui suit.

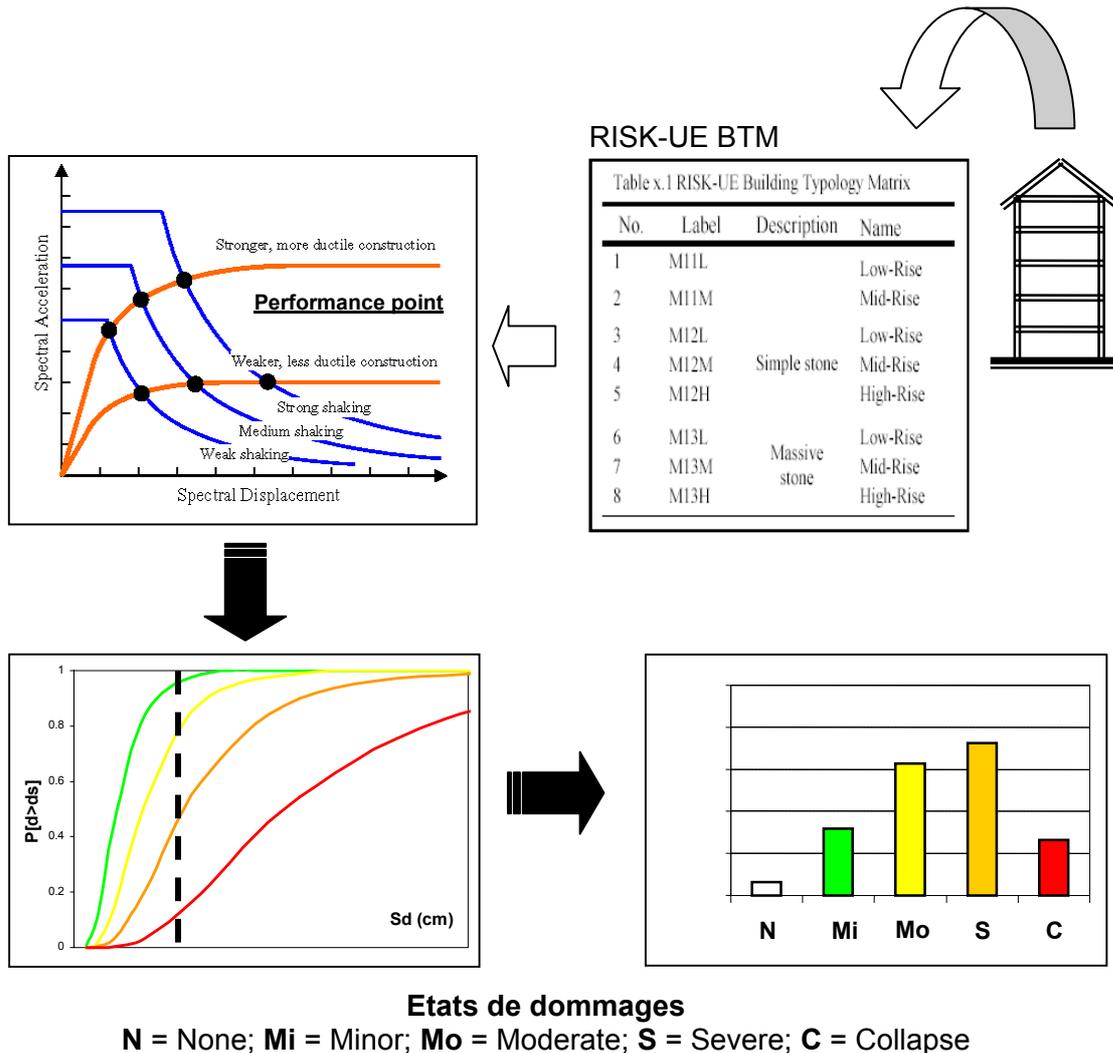


Illustration 26 - Présentation de la méthodologie du Niveau 2 : la courbe de capacité du bâtiment est définie selon sa typologie et sa hauteur ; cette capacité est comparée à l'agression sismique, exprimée sous forme d'un spectre d'accélération ; cette comparaison permet de calculer la demande en déplacement du bâtiment (S_d) ; c'est finalement ce déplacement qui permet de définir l'état de dommage dans lequel se trouve le bâtiment ; comme pour le Niveau 1, une loi de distribution permet de calculer les probabilités d'occurrence de chaque état de dommage, et d'obtenir la répartition des dommages à l'échelle d'un secteur.

4.3. EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES SECTEURS DE NICE

Ce sont au final plus de 3300 bâtiments dont la vulnérabilité a été analysée individuellement :

Secteur	Bâtiments analysés	Pourcentage analysé dans le secteur
Vieille ville (1)	530	100%
Bord de mer (2)	99	60%
Le port - Riquiez (3)	118	8%
Mont Boron (4)	119	8%
Observatoire (5)	139	11%
Ariane - Pasteur (6)	117	14%
Saint Roch - Pasteur (7)	123	10%
Cimiez Est (8)	110	9%
Paillon (9)	13	62%
Mairie (10)	69	43%
Cimiez Ouest (11)	158	7%
Nice Nord (12)	151	7%
Las Planas (13)	80	16%
Pessicart (14)	173	8%
Gare du Sud (15)	135	8%
Centre (16)	118	4%
Les Baumettes (17)	75	27%
Magnan (18)	238	16%
Fabron (19)	195	8%
Californie (20)	119	15%
L'Arénas (21)	18	29%
M.I.N (22)	30	15%
Les Moulins (23)	73	10%
Plaine du Var (24)	122	17%
Les Collines (25)	146	2%
Ariane Nord (26)	60	11%
Total	3328	9%

Illustration 27 - Evaluation de la proportion de bâtiments analysés par secteurs

4.3.1. Application du Niveau 1

La vulnérabilité a été évaluée par la méthode du Niveau 1 sur 26 secteurs de Nice (le secteur 27, le Château, ne compte pas de bâtiments).

Les tableaux suivants présentent les typologies étudiées sur la ville de Nice, tirées de la BTM, avec les valeurs d'indices de vulnérabilité correspondant, ainsi que les différents facteurs aggravants pris en compte pour l'étude de la vulnérabilité.

Nom	Typologie	V_i^*	Nom	Typologie	V_i^*
M1.1	Moellons	0.807	RC3.1	Mur de remplissage maçonnerie, structure régulière	0.462
M1.2	Pierres appareillées		RC3.2	Structure irrégulière	
M1.3	Pierre de taille	0.616	RC4	Structure mixte en BA (portiques et murs)	0.386
M3.1	Planchers bois	0.722	RC5	Murs en béton préfabriqué	0.384
M3.3	Planchers avec poutrelles métalliques et maçonnerie		S1	Poteaux/poutres acier	0.363
M3.2	Voûtes en maçonnerie	0.776	S2	Structure en acier contreventé	0.287
M4	Murs porteurs en maçonnerie armée ou confinée	0.45	S3	Poteaux/poutres acier + remplissage maçonnerie non armée	0.484
RC1	Poteaux/poutres béton	0.442	W	Structure en bois	0.447
RC2	Murs de refend béton	0.386			

Illustration 28 – Typologies étudiées sur Nice et valeurs de V_i^* associées

Facteurs aggravants pour les bâtiments RC et acier	Facteurs de vulnérabilité		Code Bas	Code Moyen
	Nb d'étages	Bas (1, 2 ou 3)	-0,04	-0,04
		Moyen (4, 5 ou 6)	0	0
		Haut (7 ou plus)	+0.08	+0.06
Irrégularité en plan	Forme (L, C)	Oui	+0.02	+0.01
		Non	0	0
	Protubérance	Oui	+0.02	+0.01
		Non	0	0
Irrégularité élévation	Saillie	Oui	+0.02	+0.01
		Non	0	0
	Retrait	Oui	+0.02	+0.01
		Non	0	0
Joints insuffisants (non PS)	Oui	+0.04	0	
	Non	0	0	
Poteaux courts	Oui	+0.02	+0.01	
	Non	0	0	
Règles PS	Avant 1982 : L	+0.16		
	Après 1982 : M		0	

Illustration 29 – Valeurs des facteurs aggravants pour les bâtiments béton armé et acier

Facteurs aggravants pour les bâtiments en maçonnerie	Facteurs de vulnérabilité		
	Etat d'entretien	B = bon	-0.04
M = mauvais		+0.04	
Nb d'étages		Bas (1 ou 2)	-0.04
		Moyen (3, 4 ou 5)	0
		Haut (6 ou plus)	+0.04
Irrégularité en plan	Forme (L, C)	Oui	+0.02
		Non	0
	Protubérances	Oui	+0.02
		Non	0
Irrégularité élévation	Saillie	Oui	+0.01
		Non	0
	Retrait	Oui	+0.01
		Non	0
Interaction entre bâtiment	Position dans l'îlot	A = angle	+0.04
		M = milieu	-0.04
		T = tête d'îlot	+0.06
	Différence de hauteur/voisin	Oui	+0.02
		Non	0
	Irrégularité en toiture	Oui	+0.04
		Non	0
	Décalage de plancher	Oui	+0.04
	Transparence - démolition	Oui	+0.04
	Balcons - cheminées	Oui	+0.01
	Etages: haut. différente	Oui	+0.04
Non		0	

Illustration 30 – Valeurs des facteurs aggravants pour les bâtiments en maçonnerie

La vulnérabilité globale de ces unités urbaines peut être représentée selon différentes classes d'indice de vulnérabilité, variant de 0,1 en 0,1, en exprimant le pourcentage de bâtiments du secteur se trouvant dans chaque classe. L'illustration 31 en montre un exemple pour 3 secteurs ayant des vulnérabilités globales très différentes : Vieille Ville (secteur 1), Centre (secteur 16), et Arénas (secteur 21).

L'ensemble de ces résultats secteur par secteur se trouvent en Annexe 2.

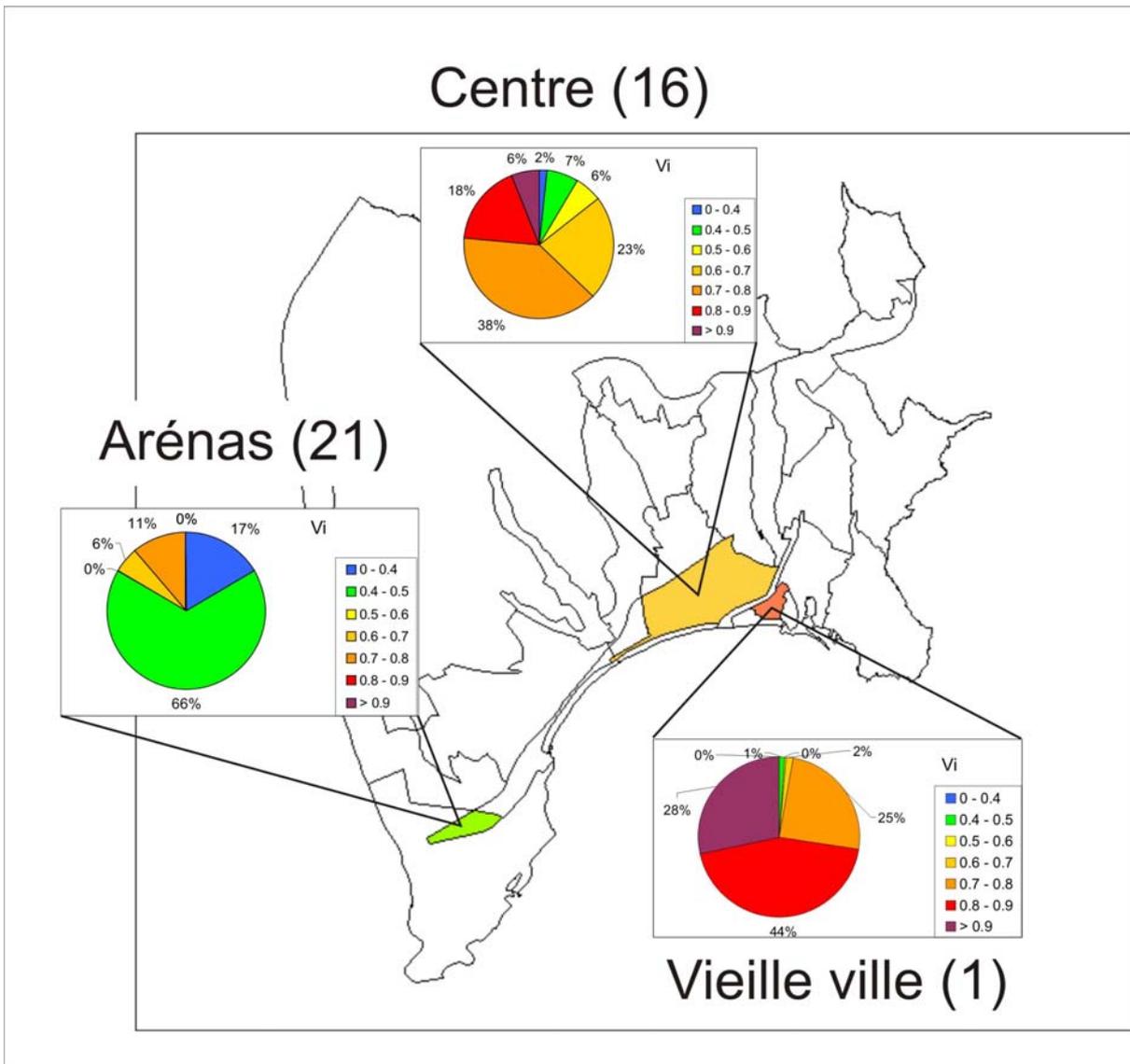


Illustration 31 – Exemple de vulnérabilité globale de trois secteurs évalué par la méthode de Niveau 1 : pourcentage de bâtiments du secteur dans chaque classe de vulnérabilité

4.3.2. Application du Niveau 2

Les données recueillies sur les bâtiments analysés permettent également d'établir une répartition des différentes typologies constructives dans les secteurs.

L'illustration 32 montre une répartition simplifiée de ces typologies. Une répartition plus précise se trouve en Annexe 1.

	Vieille ville (1)	Bord de mer (2)	Le port - Riquiez (3)	Mont Boron (4)	Observatoire (5)	Ariane - Pasteur (6)	Saint Roch - Pasteur (7)	Cimiez Est (8)	Paillon (9)	Mairie (10)	Cimiez ouest (11)	Nice nord (12)	Las Planas (13)	Pessicart (14)
Maçonnerie	97.6%	37.4%	77.1%	79.0%	84.2%	39.3%	58.5%	82.7%	0.0%	100.0%	78.5%	68.9%	17.5%	83.8%
RC Low code	1.5%	55.6%	17.8%	14.3%	12.2%	45.4%	30.1%	16.4%	23.1%	0.0%	16.4%	19.9%	78.8%	7.5%
Acier Low code	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	23.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RC Mid code	0.9%	7.1%	5.1%	6.7%	2.9%	10.3%	10.6%	0.9%	53.8%	0.0%	5.1%	11.3%	3.8%	8.7%
Acier Mid code	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Gare du sud (15)	Centre (16)	Les Baumettes (17)	Magnan (18)	Fabron (19)	Californie (20)	L'Arénas (21)	MIN (22)	Les Moulins (23)	Plaine du Var (24)	Les Collines (25)	Ariane Nord (26)	Moyenne sur l'ensemble de la ville	
Maçonnerie	80.7%	87.3%	74.7%	77.3%	69.7%	24.4%	16.7%	40.0%	41.1%	70.7%	83.6%	93.3%	64.0%	
RC Low code	18.5%	7.6%	17.3%	11.8%	19.5%	52.9%	0.0%	26.7%	42.6%	0.0%	10.3%	5.0%	21.2%	
Acier Low code	0.0%	0.8%	0.0%	1.3%	0.0%	0.8%	0.0%	20.0%	0.0%	5.7%	0.0%	0.0%	2.0%	
RC Mid code	0.7%	4.2%	8.0%	9.7%	10.3%	21.1%	72.2%	10.0%	11.0%	13.8%	6.2%	1.7%	11.4%	
Acier Mid code	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.8%	11.1%	3.3%	5.5%	9.8%	0.0%	0.0%	1.4%	

Illustration 32 – Répartition simplifiée des typologies par secteur

Les courbes de capacité définies pour ces typologies sont explicitées dans l'Annexe 1. Elles ont permis le calculs des dommages aux bâtiments par la méthode de Niveau 2 par croisement avec l'aléa (déterministe ou probabiliste) défini dans le WP02 sous forme de spectres d'accélération.

5. Scénario de risque sismique sur la ville de Nice

La réalisation de scénario sismique consiste à croiser les données issues de l'aléa sismique avec celles issues de l'analyse de la vulnérabilité. Les analyses du système urbains vont permettre d'interpréter les scénarios en terme de dommages fonctionnels.

Il nous est donc possible d'estimer le niveau de dommage des différents bâtiments, les coûts directs liés à ces dommages ainsi que les préjudices humains (décès et blessés). Des analyses du dysfonctionnement du systèmes suite aux séismes de scénario sont également menées.

5.1. SEISME DE SCENARIO

Les scénarios sont ceux décrits dans le chapitre concernant l'aléa sismique à savoir :

- un séisme de scénario correspondant au séisme de 1887, relocalisé à 30 km de la ville ;
- une carte d'accélération probabiliste à 475 ans, ce qui correspond à une probabilité de 10% que cette accélération soit dépassée en 50 ans. L'utilisation d'un tel scénario permet d'avoir une idée du taux de dommage que l'on peut attendre en 475 ans.

5.2. SIMULATION DE DOMMAGES

Les dégâts potentiels sont évalués selon différents degrés de dommages dont des exemples sont donnés en Illustration 33.

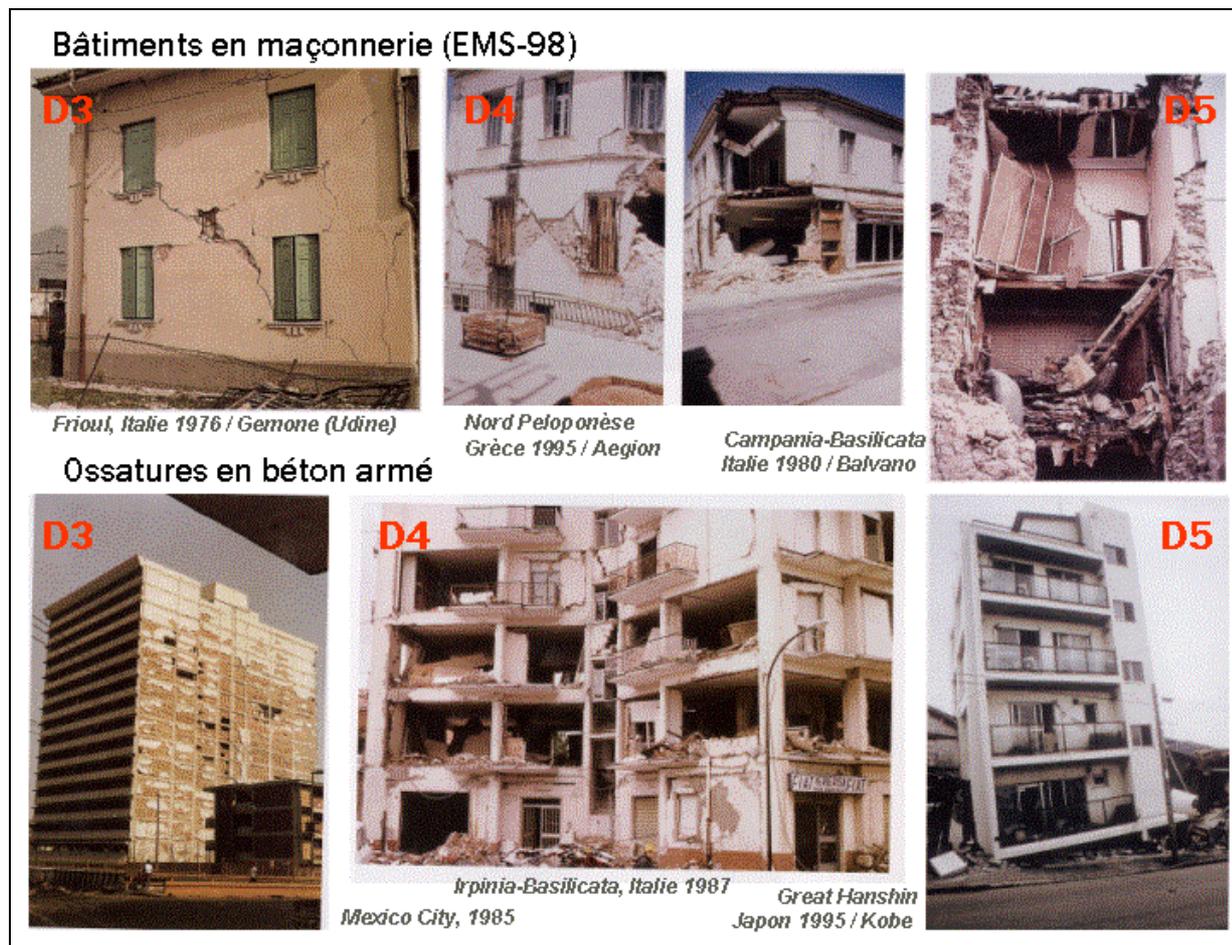


Illustration 33 - Exemples de dommages aux constructions (EMS 98)

Degrés de dommages	Types de dommages	Réparation	Pertes en vie humaines	Nature
<u>Degré 0</u>	Nul	/	/	/
<u>Degré 1</u>	Négligeable	Réparation sans évacuation des occupants	Très rares	Pas de dégâts structuraux, dégâts négligeables aux éléments non structuraux.
<u>Degré 2</u>	Légers	Réparation sans évacuation des occupants	Rares	Dégâts mineurs aux éléments non structuraux : fissures dans les cloisons de distribution ; chutes de plâtras ; chutes d'éléments légers de plafonds suspendus. Pas de dégâts structuraux.
<u>Degré 3</u>	Modérés	Réparation pouvant nécessiter l'évacuation des occupants	Peu nombreuses	Dégâts importants aux éléments non structuraux, chutes de cheminées. Dégâts possibles aux éléments structuraux, fissurés ou plastifiés mais non détruits.
<u>Degré 4</u>	Graves (voir effondrements partiels)	Expertise pour décision d'évacuer ou non	Possibilités de pertes nombreuses	Dégâts très importants aux éléments non structuraux. Rupture ou effondrement localisés d'éléments structuraux.
<u>Degré 5</u>	Effondrement total	Réparation lourde ou non envisageable	Possibilités de pertes très nombreuses	Effondrement partiel ou total du bâtiment.

Illustration 34 – Description du type de dommages aux bâtiments (d'après EMS-98)

Les préjudices physiques graves aux habitants se produisent essentiellement pour les degrés de dommage D4 et D5. Il est donc essentiel de pouvoir en estimer la probabilité d'occurrence.

Les cartes suivantes représentent les probabilités d'occurrence des dégâts D4 ou D5 au sein de chaque secteur, pour les différents scénarii de séismes étudiés.

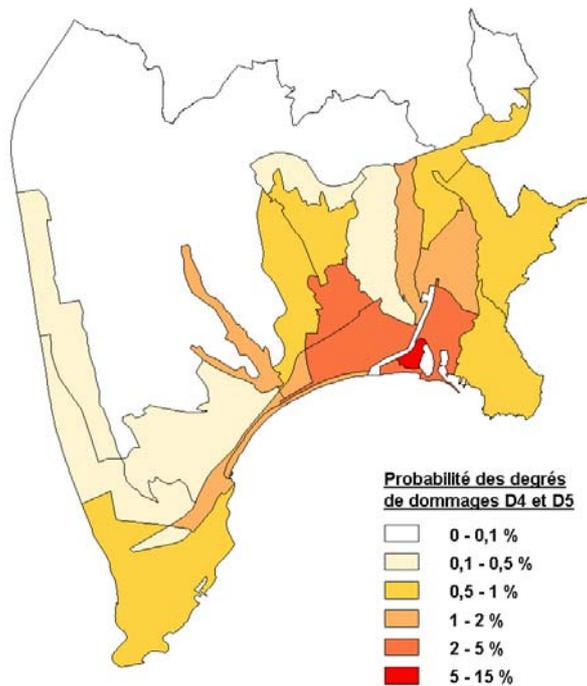


Illustration 35 - Evaluation des probabilités de dommages D4 et D5 pour le séisme de scénario type 1887, relocalisé à 30 km de la ville

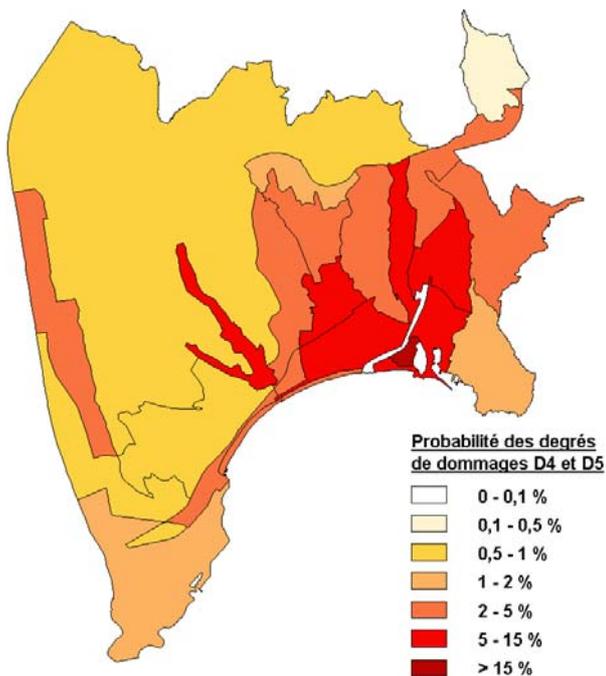


Illustration 36 - Evaluation des probabilités de dommages D4 et D5 pour le scénario probabiliste à 475 ans de période de retour.

La répartition de la population selon les secteurs RISK-UE qui a été considérée pour le calcul des préjudices humains est la suivante.

Secteur	Nombre d'habitants
Vieille ville (1)	2872
Bord de mer (2)	2444
Le port - Riquiez (3)	28206
Mont Boron (4)	7677
Observatoire (5)	4502
Ariane - Pasteur (6)	13189
Saint Roch - Pasteur (7)	26306
Cimiez Est (8)	8659
Paillon (9)	2855
Mairie (10)	1475
Cimiez Ouest (11)	19665
Nice Nord (12)	28532
Las Planas (13)	10027
Pessicart (14)	18149
Gare du Sud (15)	24762
Centre (16)	37521
Les Baumettes (17)	3870
Magnan (18)	10069
Fabron (19)	28210
Californie (20)	11854
L'Arénas (21)	2443
M.I.N (22)	11548
Les Moulins (23)	10719
Plaine du Var (24)	3080
Les Collines (25)	25307
Ariane Nord (26)	7435

Illustration 37 - Répartition des habitants permanents selon les secteurs RISK-UE

Le bilan humain d'un séisme dépend du degré de dommage des bâtiments dans lesquels se trouve la population au moment où se produit la secousse principale. Nous ne disposons pas des données portant sur la population se trouvant dans les lieux publics (écoles, musées,...) ou les lieux de travail, au cours de la journée.

Ainsi, les préjudices humains ont été évalués en fonctions des hypothèses suivantes :

- **le séisme se produit de nuit ;**
- l'ensemble des habitants d'un secteur est supposé se trouver à l'intérieur des bâtiments résidentiels.

Un scénario sismique de jour nécessiterait des données beaucoup plus précises sur les mouvements de population en fonction de l'heure ainsi que de la période de l'année. Par exemple, dans notre **scénario sismique de nuit**, seuls les habitants

permanents sont considérés. Or, l'activité touristique de Nice étant prédominante, la population saisonnière peut fortement influencer l'évaluation de l'impact du séisme.

Les préjudices humains sont calculés sur une échelle de P0 à P4 :

- **P0** : personne indemne ;
- **P1** : personne nécessitant une aide médicale légère sans entraîner d'hospitalisation ;
- **P2** : blessures nécessitant une aide médicale soutenue et une hospitalisation, mais n'entraînant pas nécessairement une menace pour la vie de la personne ;
- **P3** : Blessures graves entraînant une menace immédiate de la vie de la personne si elles ne sont pas traitées suffisamment tôt ;
- **P4** : mort immédiate ou blessures mortelles.

La grille suivante permet d'estimer, pour un degré de dommage donné que subi un bâtiment, la distribution des niveaux de préjudices que subissent les personnes s'y trouvant.

	D1	D2	D3	D4	D5
P0	99.945%	99.560%	97.796%	87.960%	36.000%
P1	0.050%	0.400%	2.000%	10.000%	28.020%
P2	0.005%	0.040%	0.200%	2.000%	6.000%
P3	0.000%	0.000%	0.002%	0.020%	6.000%
P4	0.000%	0.000%	0.002%	0.020%	23.980%

Illustration 38 – Grille de préjudices humains selon le degré de dommage

L'origine de cette grille est expliquée en Annexe 1.

Les incertitudes sur l'analyse de la vulnérabilité du bâti, ainsi que sur le nombre d'habitants à prendre effectivement en compte conduisent à fournir des fourchettes plausibles pour chacun des niveaux de préjudice.

<i>Préjudices humains</i>	<i>Méthode de Niveau 1</i>	<i>Méthode de Niveau 2</i>
Total habitants	351 376	351 376
P0 : Population indemne	350 000	346 000
P1 : Blessés légers non hospitalisés	800 - 2 000	< 3 500
P2 : Blessés légers hospitalisés	120 - 300	< 600
P3 : Blessés graves	10 - 50	100 - 200
Total blessés hospitalisés	150 - 350	600 - 800
P4 : Morts	50 - 200	< 600
Sans abris	10 000 - 23 000	40 000
Coûts économiques directs	1,5 à 2,1 Md €	3,4 Md €

Illustration 39 - Estimation des différents niveaux de préjudices humains pour le scénario sismique de nuit type 1887 relocalisé

<i>Préjudices humains</i>	<i>Niveau 1</i>	<i>Niveau 2</i>
Total habitants	351 376	351 376
P0 : Population indemne	345 500 à 348 600	343 000 à 345 000
P1 : Blessés légers non hospitalisés	2 100 - 4 300	5 500 - 5 600
P2 : Blessés légers hospitalisés	300 - 750	900 - 1 000
P3 : Blessés graves	50 - 200	200 - 300
Total blessés hospitalisés	350 - 950	1 100 - 1 300
P4 : Morts	200 - 700	< 1 000
Sans abris	25 000 à 50 000	env. 61 000
Coûts économiques directs	3,1 à 4,5 Md €	5,4 Md €

Illustration 40 - Estimation des différents niveaux de préjudices humains pour le scénario sismique probabiliste de nuit

Pour l'estimation du nombre de sans-abris, les bâtiments subissant des dégâts de degrés **D4** ou **D5** sont tous considérés comme inhabitables. On estime également que **50 % des bâtiments en degré D3** devront être évacués.

Les coûts économiques indiqués ici ne concernent que les **coûts directs**, liés aux destructions physiques et aux réparations des constructions endommagées. Ils sont estimés par comparaison entre la surface construite qui est endommagée à différents degrés et le coût moyen de réparation par mètre carré construit.

Le taux reliant le coût de réparation/remplacement à la surface touchée est défini dans le WP07.

D5 et D4 **100% du coût**

D3 **50% du coût**

D2 **10% du coût**

D1 **2% du coût**

Le prix moyen du m² à Nice peut être estimé aux alentours de 1900 €/m². Il est communément admis que le coût de réparation est au plus égal à la moitié du prix de vente. Nous avons donc retenu pour nos estimations de coût direct une valeur de **900 €/m²**.

Il est beaucoup plus difficile d'estimer les **coûts indirects** du séisme, que ce soit en terme d'activité économique (commerce, emplois,...) ou en terme de positionnement régional et d'image de la ville (notamment du fait du fort attrait touristique actuel de Nice).

Il est très important de noter que les résultats fournis ici ne concernent **que la ville de Nice elle-même**, et pas les communes environnantes, qui subiraient également l'impact du séisme plus ou moins fortement selon la position de l'épicentre.

5.3. CONCLUSIONS DES SCENARII

Le bilan en nombre de morts et de blessés graves qui ressort de cette étude est variable selon les méthodes d'évaluation et le type de scénarios, de modérée (pour le niveau 1) à moyennement important (pour le niveau 2).

En revanche, le **nombre de sans-abris** peut être considéré comme très important et nécessite un véritable plan de relogement ou d'abris d'urgence.

Les autres conséquences potentielles peuvent être (liste non exhaustive) :

- Difficulté de traiter les blessés si certains hôpitaux touchés (en plus de l'engorgement pré-existant des établissements en temps normal) ;
- Certaines casernes de pompiers et de gendarmerie endommagées ;
- Autoroute hors d'usage pendant une longue période si ponts coupés ;
- Dommages pour l'approvisionnement en eau : glissements de terrain du canal d'amenée de la Vésubie, ainsi qu'au réseau d'assainissement ;
- Réseau de télécommunication coupé pendant 2 à 3 jours. Réseau mobile saturé.

L'illustration 41 présente de manière schématique les divers **niveaux de vulnérabilité** qu'il convient d'évaluer face à une agression majeure :

- Le premier niveau concerne les **dommages physiques** (destructions ou endommagements du bâti et des infrastructures, dégradation de l'environnement) et les **effets induits** par l'événement (incendies, explosions dans le cas de séismes).

- le deuxième niveau a trait aux conséquences directes de l'agression : **impact humain** des dommages physiques, **dysfonctionnements** des services et dérèglements institutionnels liés à la période de crise.
- Le troisième niveau mesure les **pertes économiques**, les **conséquences financières et sociales** pour les collectivités et les particuliers affectés.
- Le dernier niveau évalue les effets secondaires de la crise sur l'altération de l'image et des relations extérieures des collectivités touchées dans la hiérarchie urbaine.

Il est donc important d'évaluer, au-delà des dommages physiques et des préjudices humains, le **coût économique et financier** des événements pour les collectivités territoriales touchées, mais aussi pour les particuliers. Ce coût se réfère non seulement aux **dommages directs** (destructions physiques ou coût des réparations des constructions endommagées), mais aussi aux **effets indirects** de possibles crises sismiques en termes économiques (pertes de production, d'emplois, d'échanges commerciaux) et financiers (endettements publics et privés), comme en termes de positionnement régional et de **hiérarchie urbaine**. Ces impacts potentiels à moyen-long terme n'ont pas été évalués dans le cadre de cette étude préliminaire. Ils devront l'être dans le prolongement de cette étude.

Il est également nécessaire d'évaluer les **dysfonctionnements possibles du système urbain** et de son environnement. L'analyse correspondante a fait l'objet d'une approche sommaire dans le cadre de ce programme, dans le but essentiel de sensibiliser les acteurs locaux. Elle est le fruit des interviews menées auprès de quelques acteurs locaux.

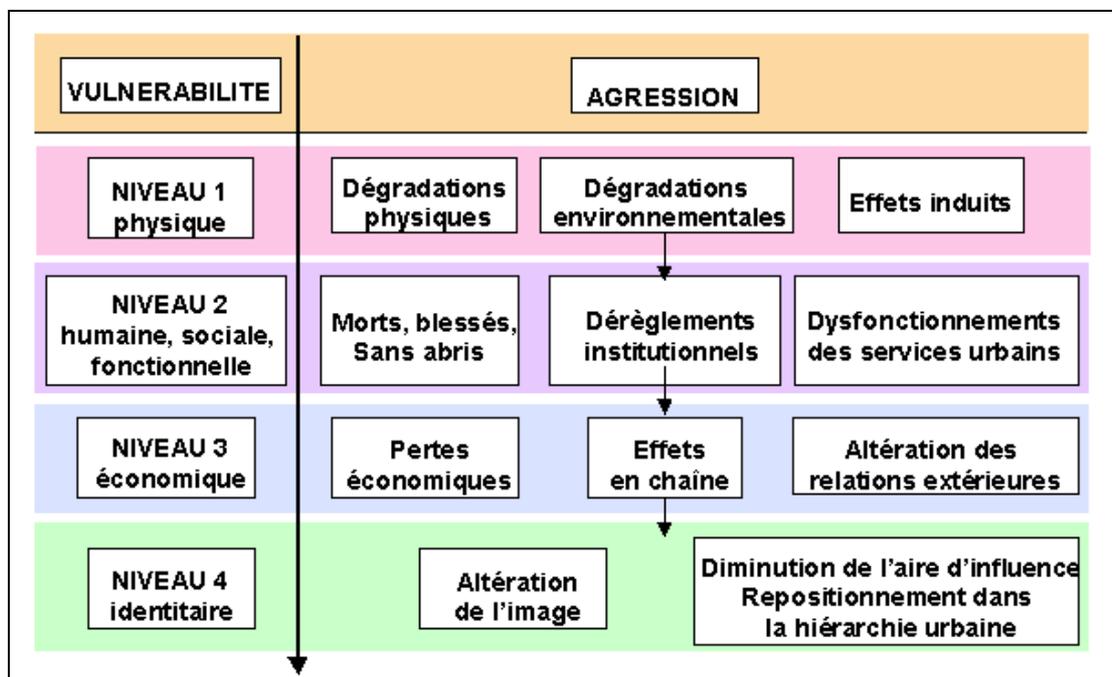


Illustration 41 - Les principaux niveaux d'impact d'une crise sismique en milieu urbain

Afin de disposer d'une analyse vraiment pertinente, il sera nécessaire par la suite d'évaluer la vulnérabilité physique des éléments qui supportent les fonctions vitales et stratégiques et d'examiner leur aptitude à fonctionner en mode dégradé (effets en chaîne, relais, etc.).

La liste ci-dessus est donc présentée dans le but essentiel de lancer une **réflexion opérationnelle** au sein des services et des secteurs concernés. Elle est loin d'être exhaustive.

6. Conclusions

La ville de Nice porte à la problématique de la gestion des risques et de l'environnement une attention toute particulière, tant en termes de sécurité qu'en termes d'image. Même si l'activité sismique dans la région de Nice peut être considérée comme moyenne, le risque correspondant ne peut être négligé compte-tenu de la valeur des éléments exposés et des enjeux de cette zone de forte activité touristique et de services, carrefour européen et partie d'une euro-région dont l'identité est déjà prégnante.

L'objectif de l'application réalisée dans le cadre du programme de recherche européen était d'engager une dynamique de prise en compte du risque sismique dans le développement urbain et l'aménagement régional. Cette initiative a été prise en liaison étroite et avec le soutien des services locaux. Notre but, au terme de cette première étape, est d'obtenir ***l'appropriation active de la prévention du risque par les responsables locaux***, en partant de leur appréciation du problème.

La ***nouvelle étape à engager*** devrait comporter un complément aux études réalisées, en particulier dans le cadre du Programme GEMGEP, mais aussi et surtout la recherche de solutions visant à réduire la vulnérabilité de la ville et de la région en portant la réflexion sur deux volets principaux :

- assurer le ***développement sûr et durable de la cité*** par la prise en compte du risque sismique dans l'aménagement et la planification urbaine ; valoriser l'efficacité des services offerts par la ville ;
- assurer l'efficacité de la ***gestion d'une crise sismique*** dans le département par une meilleure préparation des acteurs concernés (services municipaux et de l'Etat).

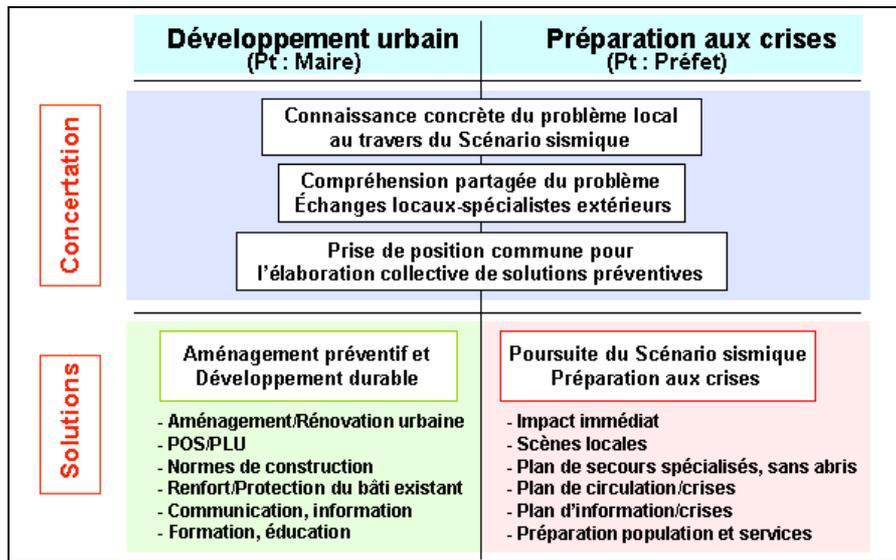


Illustration 42 - Schéma d'organisation générale de la réflexion préventive dans un cadre local participatif

A titre d'exemple, nous indiquons dans l'illustration 42 un schéma général d'organisation possible. La réflexion préventive doit favoriser la participation et la concertation. Le mode d'organisation le plus approprié doit être défini par les acteurs locaux, par exemple à partir de la démarche globale présentée dans l'illustration 43.

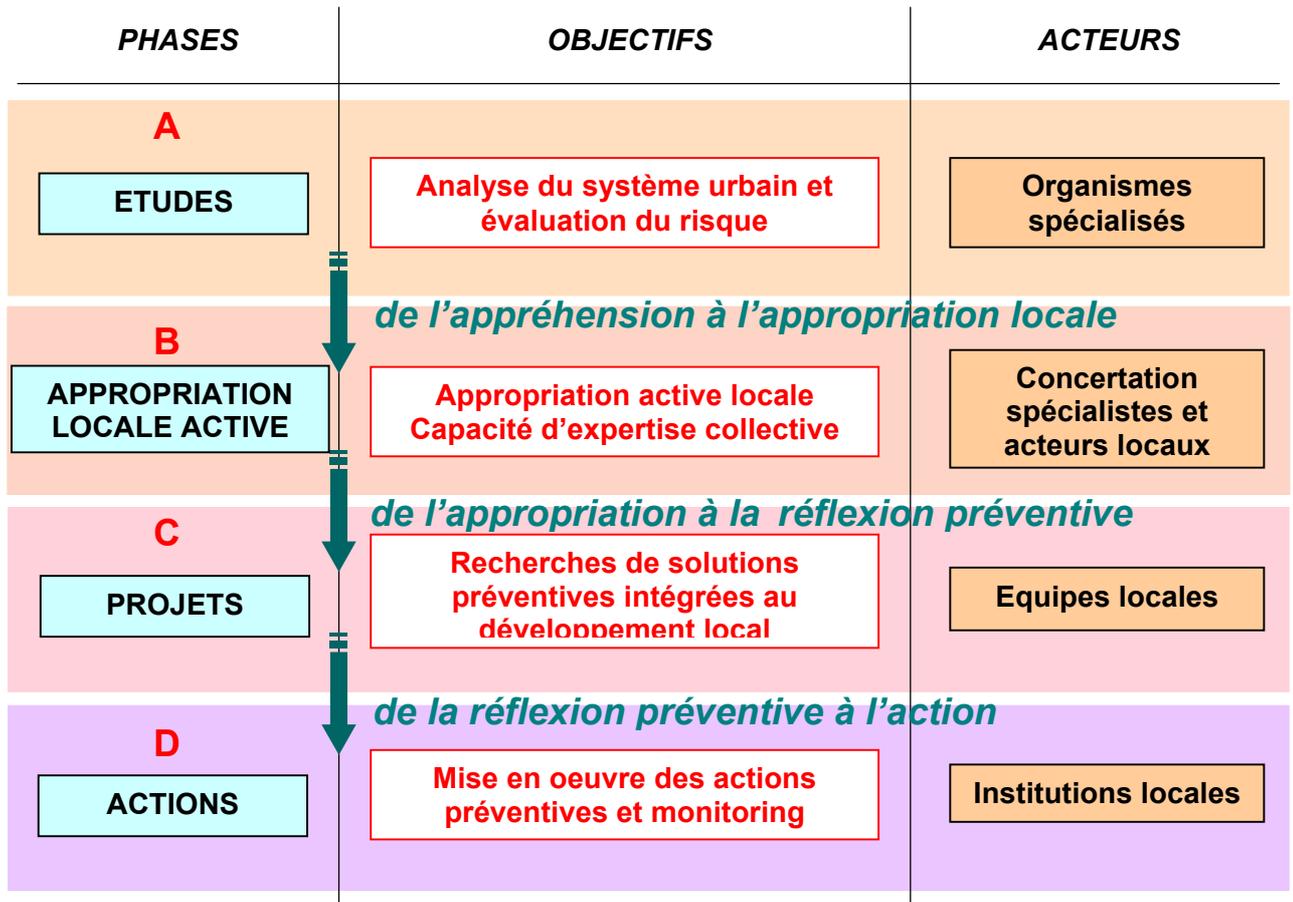


Illustration 43 - Récapitulatif des différentes phases d'appropriation du risque sismique

Bibliographie

Aldea A., Arion A., Lungu D., Vacareanu R. (2001) – RISK-UE WP1 : European distinctive features, inventory database and typology. Report No 1, 54 p., 7 app.

Aldea A., Arion A., Lungu D., Vacareanu R. (2004) – RISK-UE WP7 : Seismic risk scenarios handbook. 14 p., Figs, 8 Tables, 2 Appendices.

Bour M., coll. Arnal C., Imbault M., Lutoff C., Marçot N., Martin R., Masure P., Mouroux P. (2001) – RISK-UE WP1 - Objective 1 : Distinctive features of the city of Nice. 50 p., 35 fig.

Bour M., Bertrand E., Le Brun B., and Mouroux P. (2003) –RISK-UE - Seismic hazard assessment for the city of Nice. 86 p., 54 Figs., 15 Tables.

Depinois S., Le Brun B., Mouroux P., coll. Poisson B. (2004) – Analyse de la vulnérabilité aux séismes des bâtiments de catégorie « B » à Nice dans le cadre du projet GEMGEP. Rapport BRGM/RC-53043-FR, 81 p., 8 Fig., 10 Tabl.

Faccioli E., Pessina V. (2003) – RISK-UE WP2 – Basis of an handbook of earthquake ground motions scenarios. 99 p., 57 Figs, 12 Tables, 3 Appendices.

Lagomarsino S., Giovinazzi S., Podestà S., Resemini S. (2003) – RISK-UE WP5 : Vulnerability assessment of historical and monumental buildings. 90 p., 71 Figs., 24 Tables, 2 Appendices.

Lutoff C., Arnal C., Masure P., Thierry P. (1998) – Projet GEMITIS Nice : identification des principaux enjeux sur la ville de Nice. Rapport BRGM R39907.

Martin R., Arnal C., Imbault M. (1999) – Scénario sismique sur la ville de Nice : rapport de synthèse. Rapport BRGM R40962, 24 p.

Masure P., Lutoff C., coll. Le Brun B., (2003) – RISK-UE WP3 : Methodology on Urban System Exposure (USE) assessment to natural disasters. 82 p., 30 Figs., 14 Tables, 1 Appendice.

Milutinovic Z., Trandafiloski G. (2003) – RISK-UE WP4 : Vulnerability of current buildings. 108 p., 18 Figs., 48Tables, 2 Appendices.

Monge O., Aexoudis M., Argyroudis S., coll. Martin C., Pitilakis K. and POLIMI (2003) – RISK-UE WP6 : Vulnerability assessment of lifelines and essential facilities, basic methodological handbook. 71 p., 13 Figs, 27 Tables, 13 Appendices.

Annexe 1

Détails de la méthodologie pour les calculs de scénarios

WP04 :analyse de bati courant et vulnérabilité

Niveau 2

Distribution des typologies dans les secteurs

Les deux tableaux suivants fournissent une répartition précise des typologies au sein de chaque secteur.

	Vieille ville (1)	Bord de mer (2)	Le port - Riquiez (3)	Mont Boron (4)	Observatoire (5)	Ariane - Pasteur (6)	Saint Roch - Pasteur (7)	Cimiez Est (8)	Pailлон (9)	Mairie (10)	Cimiez ouest (11)	Nice nord (12)	Las Planas (13)	Pessicart (14)
M11L	2.2%	0.0%	1.7%	1.7%	7.2%	10.3%	0.0%	10.0%	0.0%	0.0%	3.2%	3.3%	0.0%	2.3%
M11M	26.2%	0.0%	5.1%	0.0%	39.6%	1.7%	0.8%	62.7%	0.0%	0.0%	5.1%	3.3%	5.0%	0.0%
M11H	68.1%	0.0%	9.3%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	7.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
M13L	0.0%	0.0%	1.7%	4.2%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	1.4%	1.9%	2.0%	0.0%	1.2%
M13M	0.2%	1.0%	3.4%	0.8%	0.0%	0.0%	1.6%	0.9%	0.0%	0.0%	3.8%	4.0%	0.0%	0.6%
M13H	0.0%	1.0%	3.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%
M31L	0.4%	10.1%	11.9%	25.2%	4.3%	0.0%	20.3%	0.0%	0.0%	71.0%	17.1%	22.5%	0.0%	26.0%
M31M	0.0%	13.1%	15.3%	31.1%	8.6%	0.0%	23.6%	0.0%	0.0%	14.5%	27.2%	9.9%	0.0%	28.3%
M31H	0.4%	8.1%	25.4%	4.2%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	13.0%	2.5%	2.0%	0.0%	0.6%
M32L	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%
M32M	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%
M32H	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
M4L	0.0%	0.0%	0.0%	4.2%	5.0%	9.4%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	8.2%	11.3%	2.5%	16.2%
M4M	0.0%	1.0%	0.0%	5.9%	18.0%	17.9%	4.9%	0.0%	0.0%	0.0%	8.9%	10.6%	6.3%	7.5%
M4H	0.2%	3.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.6%
RC1L_ic	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	7.7%	0.0%	0.6%	0.0%	1.3%	0.0%
RC1M_ic	0.9%	0.0%	0.8%	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	10.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%
RC1H_ic	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.9%	7.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RC2L_ic	0.0%	1.0%	0.0%	3.4%	0.0%	0.0%	8.1%	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	2.6%	5.0%	1.2%
RC2M_ic	0.0%	29.3%	8.5%	10.9%	0.0%	0.0%	8.1%	2.7%	0.0%	0.0%	12.7%	15.9%	6.3%	6.4%
RC2H_ic	0.0%	17.2%	6.8%	0.0%	0.0%	4.3%	12.2%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	2.5%	0.0%
RC3L_ic	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.3%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%
RC3M_ic	0.0%	5.1%	0.8%	0.0%	1.4%	5.1%	0.8%	0.9%	7.7%	0.0%	0.6%	0.0%	6.3%	0.0%
RC3H_ic	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RC4L_ic	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	2.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%
RC4M_ic	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	2.9%	6.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	37.5%	0.0%
RC4H_ic	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.7%	12.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	16.3%	0.0%
S1L_ic	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	23.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S2L_ic	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S2M_ic	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S3L_ic	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WL_ic	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RC1L_mc	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RC1M_mc	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RC1H_mc	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RC2L_mc	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	1.7%
RC2M_mc	0.0%	1.0%	3.4%	3.4%	0.0%	0.0%	4.1%	0.0%	0.0%	0.0%	3.8%	8.6%	0.0%	5.8%
RC2H_mc	0.0%	5.1%	1.7%	1.7%	0.0%	0.0%	6.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	1.2%
RC3L_mc	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%
RC3M_mc	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RC4L_mc	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	0.0%	0.0%	7.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RC4M_mc	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	3.8%	0.0%
RC4H_mc	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	0.0%	0.0%	38.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S1L_mc	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S2L_mc	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S2H_mc	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S3L_mc	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Niveaux : L : bas ; M : moyen ; H : haut ; Ic : low code ; mc : moderate code														

Gare du sud (15)	Centre (16)	Les Baumettes (17)	Magnan (18)	Fabron (19)	Californie (20)	L'Arénas (21)	MIN (22)	Les Moulins (23)	Plaine du Var (24)	Les Collines (25)	Ariane Nord (26)	Ensemble des secteurs	
0.0%	0.8%	1.3%	2.5%	7.7%	1.7%	0.0%	6.7%	4.1%	0.8%	6.8%	1.7%	2.8%	M11L
0.7%	8.5%	9.3%	0.8%	3.1%	4.2%	0.0%	16.7%	6.8%	0.0%	8.2%	1.7%	8.3%	M11M
0.0%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	M11H
0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	1.4%	0.0%	0.6%	M13L
9.6%	0.0%	0.0%	0.4%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	1.7%	1.1%	M13M
7.4%	3.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	M13H
10.4%	1.7%	20.0%	37.8%	11.3%	0.0%	11.1%	0.0%	0.0%	48.8%	0.0%	0.0%	14.6%	M31L
34.8%	35.6%	26.7%	21.0%	11.8%	0.0%	5.6%	0.0%	0.0%	8.1%	0.0%	0.0%	13.1%	M31M
14.1%	28.0%	1.3%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	M31H
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	M32L
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	M32M
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	M32H
0.0%	3.4%	2.7%	8.0%	23.6%	3.4%	0.0%	3.3%	8.2%	9.8%	15.1%	43.3%	5.1%	M4L
1.5%	1.7%	13.3%	5.0%	10.8%	15.1%	0.0%	13.3%	21.9%	1.6%	50.0%	45.0%	6.9%	M4M
1.5%	1.7%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	M4H
0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	3.3%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	RC1L_ic
0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	1.4%	0.0%	0.8%	RC1M_ic
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	RC1H_ic
0.0%	0.0%	1.3%	2.5%	4.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	RC2L_ic
13.3%	4.2%	14.7%	3.4%	13.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.2%	RC2M_ic
5.2%	1.7%	0.0%	3.8%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	RC2H_ic
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%	3.3%	0.0%	0.0%	2.1%	5.0%	0.8%	RC3L_ic
0.0%	0.0%	1.3%	0.4%	1.0%	8.4%	0.0%	3.3%	2.7%	0.0%	3.4%	0.0%	1.9%	RC3M_ic
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	RC3H_ic
0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.5%	1.7%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.7%	0.0%	0.5%	RC4L_ic
0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	6.7%	0.0%	3.3%	24.7%	0.0%	2.7%	0.0%	3.5%	RC4M_ic
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	28.6%	0.0%	13.3%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	3.1%	RC4H_ic
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	1.0%	S1L_ic
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	16.7%	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.8%	S2L_ic
0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	S2M_ic
0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.2%	S3L_ic
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.1%	WL_ic
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	0.1%	RC1L_mc
0.0%	0.8%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.3%	1.4%	0.8%	0.0%	0.0%	0.4%	RC1M_mc
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	RC1H_mc
0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.1%	0.0%	0.0%	0.6%	RC2L_mc
0.0%	0.8%	5.3%	5.5%	7.7%	0.0%	22.2%	0.0%	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	3.1%	RC2M_mc
0.7%	1.7%	1.3%	0.4%	0.0%	0.0%	44.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	RC2H_mc
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	1.4%	1.7%	0.1%	RC3L_mc
0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.1%	RC3M_mc
0.0%	0.8%	0.0%	0.8%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	4.9%	0.0%	0.0%	0.9%	RC4L_mc
0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	5.0%	0.0%	6.7%	5.5%	0.0%	4.1%	0.0%	1.0%	RC4M_mc
0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	14.3%	5.6%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	RC4H_mc
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	5.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	S1L_mc
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	3.3%	5.5%	4.1%	0.0%	0.0%	0.7%	S2L_mc
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	S2M_mc
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.7%	0.0%	0.0%	0.2%	S3L_mc

Niveaux : L : bas ; M : moyen ; H : haut ; lc : low code ; mc : moderate code

Courbes de capacités utilisées pour les scénarios de niveau 2

Pour l'application du Niveau 2, notre principal souci venait du fait qu'aucune étude spécifique n'a été menée sur le bâti courant de Nice, pour développer des courbes de capacité qui soient le plus représentatives possibles de ces constructions.

Nous avons donc dû dans un premier temps utiliser des courbes de capacité développées par d'autres équipes et/ou d'autres projets :

Pour les maçonneries : Capacités UNIGE

Pour les bétons armés (RC) : Capacités Thessaloniki

Pour les aciers : Capacités Hazus adaptées

Pour l'application du Niveau 2 sur Nice, les courbes de capacités sont considérées comme ayant un plateau de ductilité horizontal, autrement dit $A_y = A_u$.

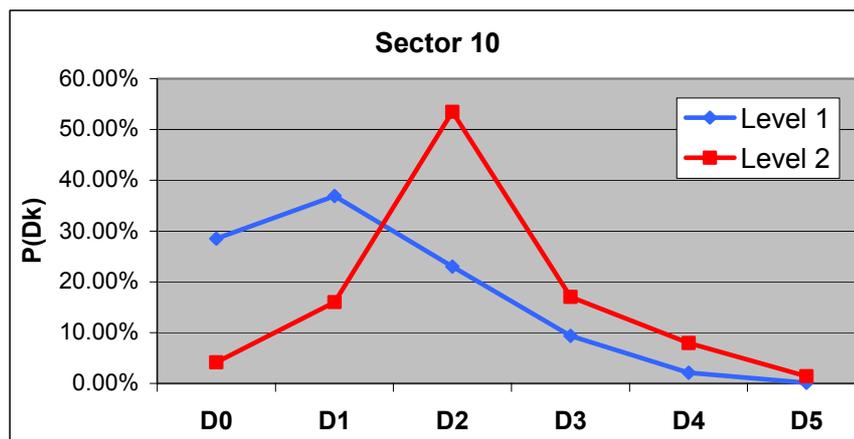
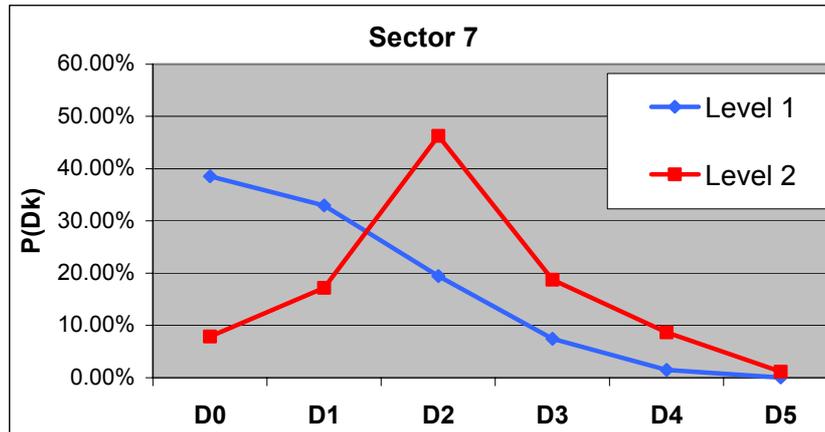
Premier essai avec les capacités suivantes

Les valeurs suivantes ont été soit fournies par UNIGE et Auth, soit recalculées par nous à partir des valeur de Hazus 99 (cas des courbes acier).

Typologie	Dy (cm)	Ay (g)	Du (cm)	Au (g)	Typologie	Dy (cm)	Ay (g)	Du (cm)	Au (g)
RC1L_lc	2.32	0.19	9.58	0.19	RC1L_mc	2.17	0.57	14.36	0.57
RC1M_lc	4.27	0.17	10.77	0.17	RC1M_mc	2.95	0.36	15.14	0.36
RC1H_lc	5.76	0.12	14.83	0.12	RC1H_mc	5.04	0.21	16.99	0.21
RC2L_lc	1.08	0.39	5.05	0.39	RC2L_mc	0.41	0.74	5.45	0.74
RC2M_lc	1.46	0.18	8.25	0.18	RC2M_mc	1.12	0.33	12.29	0.33
RC2H_lc	3.86	0.20	15.60	0.20	RC2H_mc	4.27	0.40	22.00	0.40
RC3L_lc	1.79	0.20	8.48	0.20	RC3L_mc	1.47	0.62	12.30	0.62
RC3M_lc	1.99	0.20	7.58	0.20	RC3M_mc	1.53	0.40	11.14	0.40
RC3H_lc	2.93	0.24	7.28	0.24	RC3H_mc	2.30	0.31	9.25	0.31
RC4L_lc	0.32	0.58	2.48	0.58	RC4L_mc	0.40	1.10	4.56	1.10
RC4M_lc	0.82	0.33	4.88	0.33	RC4M_mc	0.98	0.53	8.23	0.53
RC4H_lc	2.81	0.36	9.88	0.36	RC4H_mc	2.33	0.50	12.26	0.50
S1L_lc	1.14	0.19	5.82	0.19	S1L_mc	2.36	0.38	13.97	0.38
S2L_lc	0.81	0.20	3.99	0.20	S2L_mc	1.57	0.40	9.55	0.40
S2M_lc	3.10	0.17	10.26	0.17	S2M_mc	6.15	0.33	24.64	0.33
S3L_lc	0.61	0.20	3.05	0.20	S3L_mc	1.22	0.40	6.10	0.40
M11L	0.21	0.23	1.82	0.23	WL_lc	1.02	0.25	5.97	0.25
M11M	0.29	0.11	2.54	0.11					
M11H	0.38	0.08	5.04	0.08					
M13L	0.26	0.35	2.50	0.35					
M13M	0.35	0.17	4.23	0.17					
M13H	0.48	0.12	10.40	0.12					
M31L	0.27	0.32	3.15	0.32					
M31M	0.45	0.19	5.67	0.19					
M31H	0.62	0.15	8.19	0.15					
M32L	0.21	0.21	3.39	0.21					
M32M	0.38	0.13	3.55	0.13					
M32H	0.55	0.11	3.73	0.11					
M4L	0.34	0.58	5.54	0.58					
M4M	0.59	0.36	5.79	0.36					
M4H	0.84	0.28	6.04	0.28					

Courbes de capacité fournies par les différents partenaires

Les premiers résultats obtenus avec ces courbes ne nous ont pas donné satisfaction. Il est apparu que les distributions de dommages ainsi calculées étaient fortement surestimer, et très différentes de celles obtenues par la méthode de Niveau 1 (comme les montrent les figures suivantes).



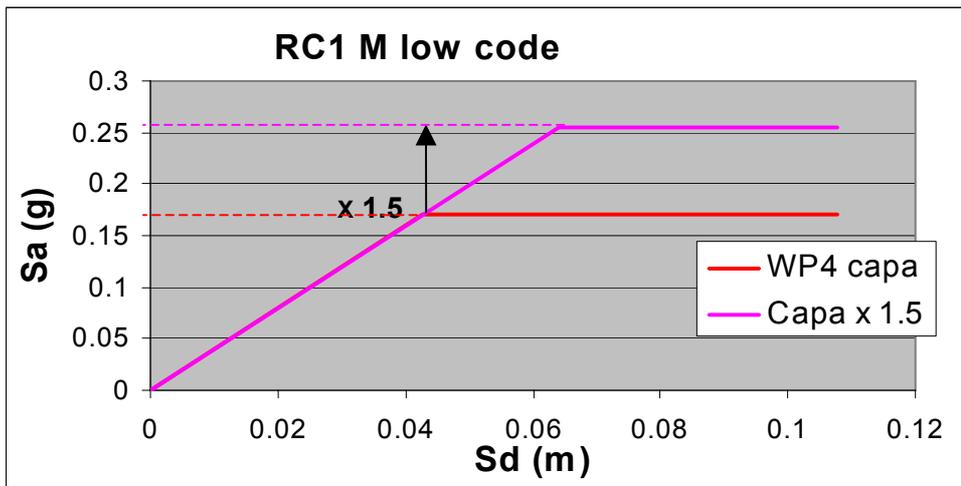
Exemple sur les secteurs 7 et 10

Modifications apportées aux capacité

Nous avons alors cherché un moyen de se rapprocher des distributions de dommages obtenues par le Niveau 1. En l'absence de courbes spécifiquement calculées pour les bâtiments niçois, il a été décidé d'appliquer arbitrairement aux courbes de capacité de départ un coefficient multiplicateur qui a priori améliore artificiellement le comportement.

Principe :

- On multiplie la valeur de A_y fournie par les différentes équipes par un facteur de 1,5 ;
- On recalcule le nouveau D_y en faisant l'hypothèse que la période élastique de la structure n'est pas modifiée ;
- On conserve la même valeur de déplacement ultime D_u .



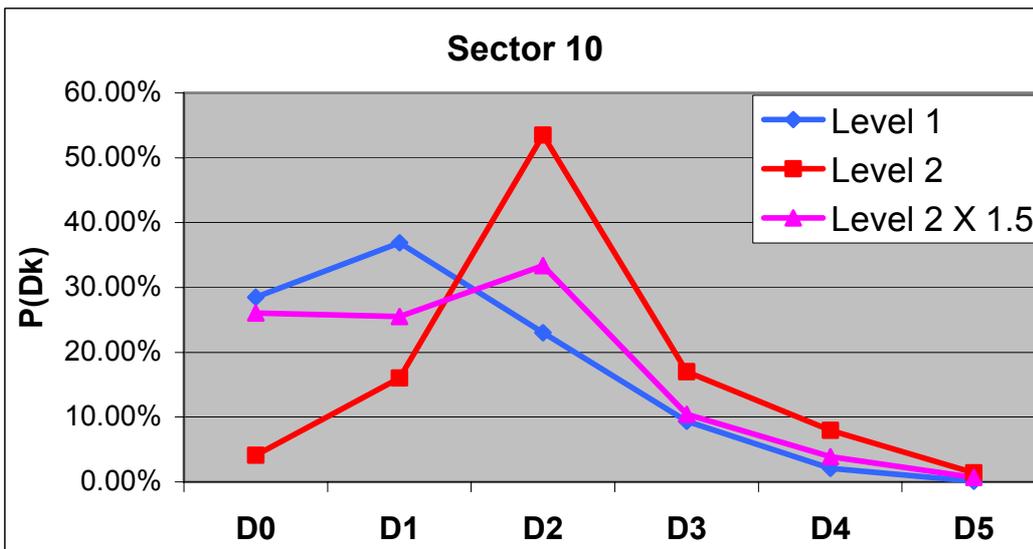
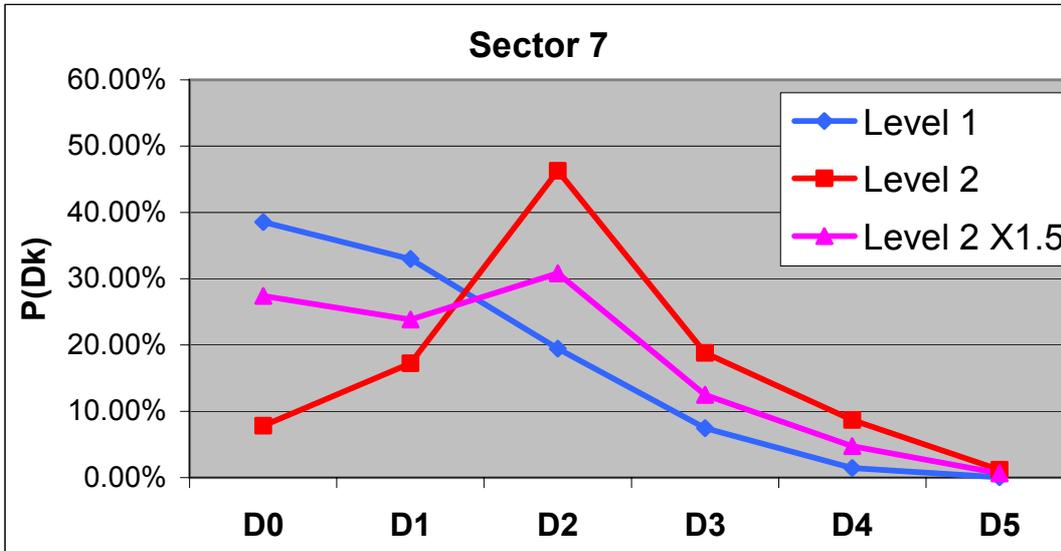
Essai de modification des courbes de capacité

Les valeurs des courbes de capacités utilisées pour les scénarii de Niveau 2 sur Nice sont les suivantes :

Typologie	Dy (cm)	Ay (g)	Du (cm)	Au (g)	Typologie	Dy (cm)	Ay (g)	Du (cm)	Au (g)
RC1L_lc	3.48	0.29	9.58	0.29	RC1L_mc	3.25	0.86	14.36	0.86
RC1M_lc	6.41	0.26	10.77	0.26	RC1M_mc	4.42	0.54	15.14	0.54
RC1H_lc	8.64	0.19	14.83	0.19	RC1H_mc	7.56	0.31	16.99	0.31
RC2L_lc	1.62	0.58	5.05	0.58	RC2L_mc	0.62	1.11	5.45	1.11
RC2M_lc	2.19	0.27	8.25	0.27	RC2M_mc	1.67	0.49	12.29	0.49
RC2H_lc	5.79	0.31	15.60	0.31	RC2H_mc	6.40	0.59	22.00	0.59
RC3L_lc	2.69	0.30	8.48	0.30	RC3L_mc	2.20	0.92	12.30	0.92
RC3M_lc	2.99	0.31	7.58	0.31	RC3M_mc	2.30	0.61	11.14	0.61
RC3H_lc	4.40	0.36	7.28	0.36	RC3H_mc	3.44	0.46	9.25	0.46
RC4L_lc	0.48	0.88	2.48	0.88	RC4L_mc	0.60	1.65	4.56	1.65
RC4M_lc	1.23	0.50	4.88	0.50	RC4M_mc	1.47	0.79	8.23	0.79
RC4H_lc	4.22	0.54	9.88	0.54	RC4H_mc	3.50	0.75	12.26	0.75
S1L_lc	1.71	0.28	5.82	0.28	S1L_mc	3.54	0.56	13.97	0.56
S2L_lc	1.22	0.30	3.99	0.30	S2L_mc	2.36	0.60	9.55	0.60
S2M_lc	4.65	0.25	10.26	0.25	S2M_mc	9.22	0.50	24.64	0.50
S3L_lc	0.91	0.30	3.05	0.30	S3L_mc	1.83	0.60	6.10	0.60
M11L	0.32	0.35	1.82	0.35	WL_lc	1.52	0.38	5.97	0.38
M11M	0.44	0.17	2.54	0.17					
M11H	0.57	0.12	5.04	0.12					
M13L	0.39	0.53	2.50	0.53					
M13M	0.52	0.25	4.23	0.25					
M13H	0.71	0.19	10.40	0.19					
M31L	0.40	0.49	3.15	0.49					
M31M	0.67	0.29	5.67	0.29					
M31H	0.94	0.22	8.19	0.22					
M32L	0.32	0.32	3.39	0.32					
M32M	0.57	0.20	3.55	0.20					
M32H	0.83	0.16	3.73	0.16					
M4L	0.51	0.87	5.54	0.87					
M4M	0.88	0.53	5.79	0.53					
M4H	1.26	0.41	6.04	0.41					

Courbes de capacité modifiées, valeurs utilisées pour les scénarii sur Nice

Les distributions de dommages obtenues par l'utilisation de ces valeurs sont plus proches de celles obtenues par le Niveau 1. Exemple :



Influence sur les distributions de dommages des modifications des courbes de capacité (exemple des secteur 10 et secteurs 7).

Nous avons bien conscience que cette modification des capacités n'est absolument pas représentative du comportement réel des bâtiments, elle doit être vu plutôt comme une analyse de la sensibilité des résultats par rapport aux courbes de capacité.

Il apparaît donc nécessaire, dans le futur, de mener des études spécifiques au bâti de Nice pour pouvoir utiliser des courbes de capacité représentatives de ce qui existe réellement.

Calcul des distributions de dommages pour le Niveau 2

La méthode de calcul employée est celle définie par UNIGE dans le rapport WP4. Elle est rappelée ici :

Définition des limites des états de dommage (notées S_{dk})

$$S_{d1} = 0.7 D_y$$

$$S_{d2} = D_y$$

$$S_{d3} = 0.75 D_y + 0.25 D_u$$

$$S_{d4} = D_u$$

Définition des β_k utilisés pour la distribution lognormale

$$\beta_1 = 0.25 + 0.07 \ln(\mu_u)$$

$$\beta_2 = 0.2 + 0.18 \ln(\mu_u)$$

$$\beta_3 = 0.1 + 0.4 \ln(\mu_u)$$

$$\beta_4 = 0.15 + 0.5 \ln(\mu_u)$$

$$\text{avec } \mu_u = D_u/D_y$$

Un correctif a été apporté par UNIGE concernant cette méthode. La définition des limites d'états de dommage ainsi que des β a été modifiée. Faute de temps, nous avons utilisé les premières définitions pour effectuer nos calculs de Niveau 2. Cependant la suite du texte présente les modifications recommandées par UNIGE, ainsi qu'un premier test sur quelques secteurs, pour étudier l'influence de ces changements.

Modifications apportées par UNIGE (Mars 2004) :

$$S_{d,1} = 0.7 \cdot D_y$$

$$S_{d,2} = 1.5 \cdot D_y$$

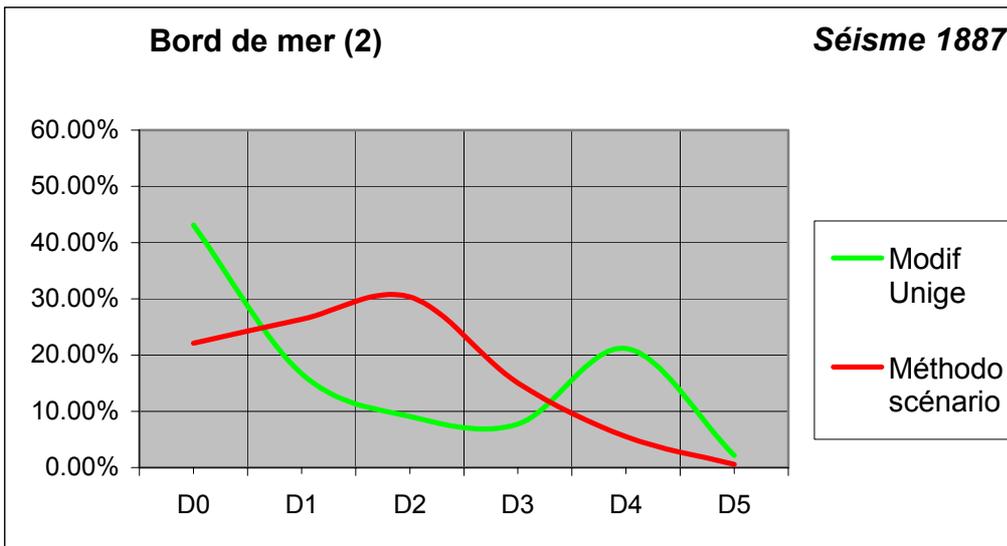
$$S_{d,3} = 0.5 \cdot (D_y + D_u)$$

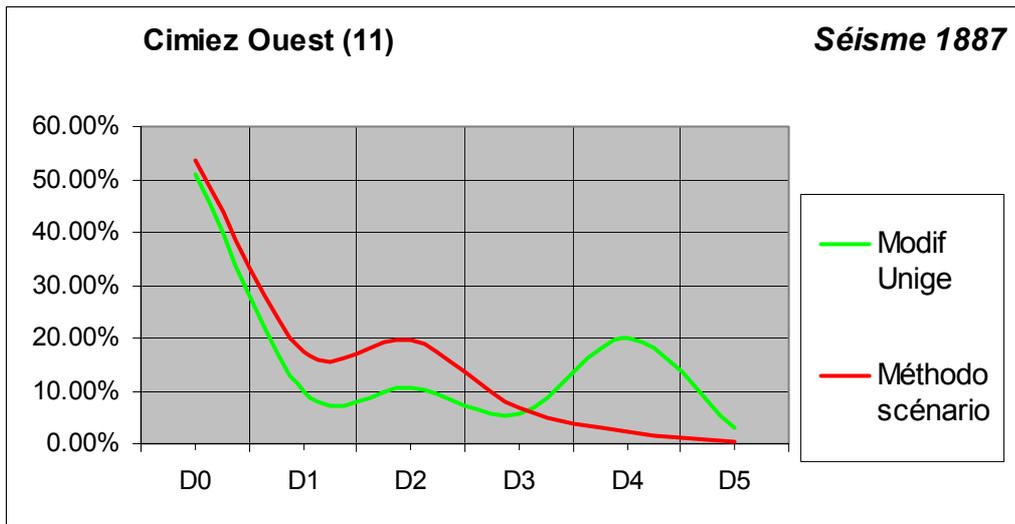
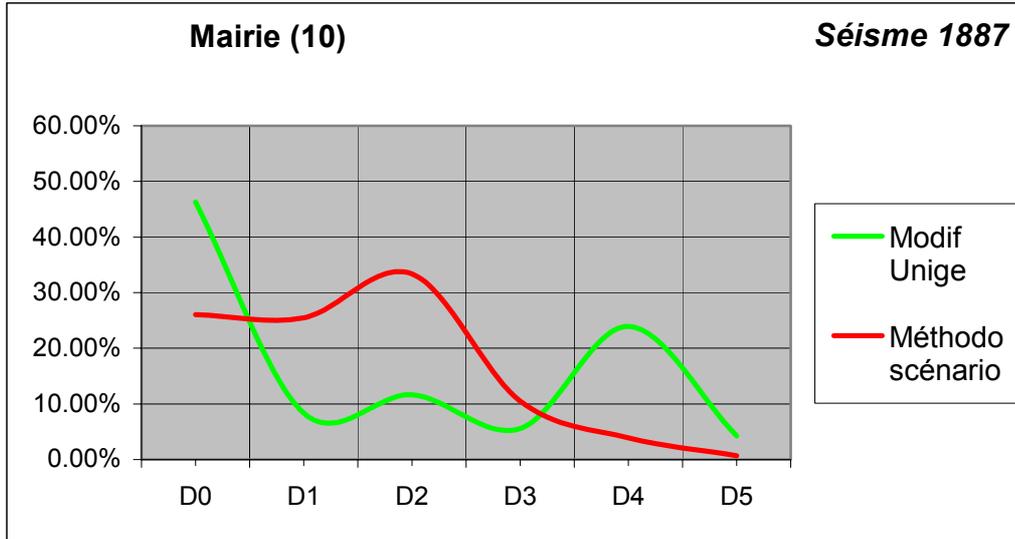
$$S_{d,4} = D_u$$

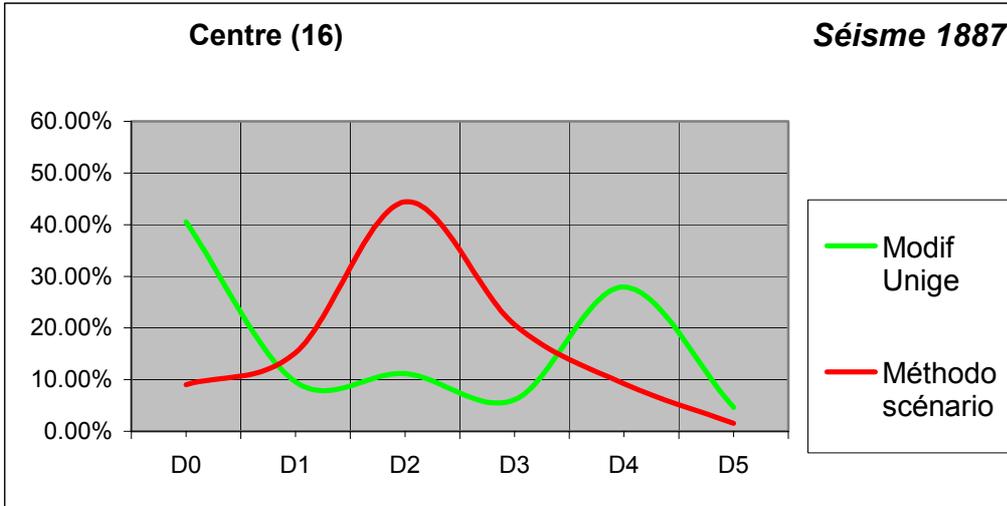
$$\beta = 0.45 \cdot \mu$$

Les limites inférieures des états 2 et 3 ont été modifiées. De même, le paramètre bêta est désormais le même pour tout les états de dommage considérés.

Influence de ces changements sur les distributions de dommages :







Influence sur les répartitions de dommages des modifications apportées aux paramètres de la loi de distribution

Des grosses différences apparaissent selon que l'on utilise l'une ou l'autre des méthodes définies par UNIGE. Il faut cependant noter que ces comparaisons ont été menées sur les valeurs modifiées des courbes de capacité (comme expliqué en 2.2.2.2). Il faudrait mener les mêmes analyses sur les valeurs originelles fournies par les différents partenaires, pour voir si les mêmes différences apparaissent.

Distinction D4/D5

Le Niveau 2 définit l'état de dommage 4, au delà du déplacement ultime D_u , comme l'état Collapse. Or cet état de dommage ne signifie pas forcément que le bâtiment s'effondre. Pour pouvoir réaliser les scénarii de risque sismique et comparer le Niveau 2 avec le Niveau 1, il nous est apparu nécessaire de pouvoir répartir les états de dommage Collapse en degrés de dommage D4 et D5.

Pour cela nous nous sommes inspirés de la procédure définie dans Hazus (T3, chapitre 13), en définissant un pourcentage de Collapse comme s'effondrant effectivement (D5).

Probabilité qu'a un bâtiment de subir des dommages de degré D5 lorsqu'il se trouve dans un état de dommage Collapse :

Maçonnerie :	15%
RC et aciers :	5 %

L'estimation de ces pourcentages a été faite à partir des résultats obtenus pour le Niveau 1 (qui lui fait une distinction entre D4 et D5). Les valeurs choisies pour le Niveau 2 sont censées être le plus proche possible du rapport D4/D5 qui peut être évalué pour le Niveau 1, et ce en fonction des typologies des bâtiments (de manière grossière, sans rentrer dans les typologies détaillées de la BTM).

WP07 : scenario de risque sismique

Evaluation des préjudices humains directs

Le Handbook du WP07 définit une méthodologie d'évaluation qui nécessite de distinguer les dommages aux bâtiments selon leur typologie. Pour le Niveau 1, cela ne nous est pas possible du fait de notre méthode d'évaluation d'une vulnérabilité globale des secteurs étudiés qui au final ne permet pas de séparer les dommages selon les maçonneries ou les RC.

Pour évaluer les préjudices humains, nous avons donc utilisé une matrice d'évaluation tirée du projet SAFE (BRGM), qui est un croisement entre les matrices de Coburn et Spence, et de Hazus.

Les grilles suivantes s'appliquent au degré de dommage D5 seulement.

D5	% Coburn	% Hazus
Morts P4	23.98 %	2.00 %
Blessés graves P3	6.00 %	2.00 %
Blessés légers hospitalisés P2	6.00 %	10.00 %
Blessés légers P1	4.00 %	50.00 %
Non blessés	60.01 %	36.00 %
Total	100.00 %	100.00 %

Comparaison entre les grilles Coburn et Hazus pour les dégâts de degré D5

Les valeurs retenues pour l'étude correspondent aux plus forts taux de dommages de chacune des grilles pour les extrêmes c'est à dire :

- les valeurs Hazus pour les personnes indemnes ;
- les valeurs Coburn pour les morts et les blessés graves ;
- les valeurs de Coburn pour les blessés légers hospitalisés ont été retenues, par souci d'homogénéité des analyses statistiques des auteurs ;
- L'ajustement à 100% des valeurs retenues a été effectué sur les blessés légers non hospitalisés.

D5	% Coburn	% Hazus	Proposé
Morts P4	23.98 %	2.00 %	23.98 %
Blessés graves P3	6.00 %	2.00 %	6.00 %
Blessés légers hospitalisés P2	6.00 %	10.00 %	6.00 %
Blessés légers P1	4.00 %	50.00 %	28.02 %
Non blessés	60.01 %	36.00 %	36.00 %
Total	100.00 %	100.00 %	100.00 %

Pourcentages proposés pour les dommages de degré D5

Pour les degrés D1 à D4, seul Hazus fourni des données sur l'évaluation des préjudices humains.

Au final, la grille utilisée pour l'évaluation de ces préjudices humains directs est la suivante :

	D1	D2	D3	D4	D5
P0	99.945%	99.560%	97.796%	87.960%	36.000%
P1	0.050%	0.400%	2.000%	10.000%	28.020%
P2	0.005%	0.040%	0.200%	2.000%	6.000%
P3	0.000%	0.000%	0.002%	0.020%	6.000%
P4	0.000%	0.000%	0.002%	0.020%	23.980%

Grille de préjudices humains utilisée pour les scénarios de risque sismique sur la ville de Nice

Evaluation des sans-abris

L'évaluation s'est faite en supposant que la **totalité** des habitants des bâtiments en **D4** et **D5** et **50%** de ceux dans des bâtiments en **D3** se trouvaient **sans abris**.

Evaluation des coûts

Pour estimer la surface construite touchée par un certain degré de dommage, il a fallu estimer un hauteur moyenne pour les bâtiments selon leur typologie.

Maçonnerie :	L	2 niveaux
	M	4 niveaux
	H	7 niveaux

RC et Acier :	L	2 niveaux
	M	5 niveaux
	H	9 niveaux

Le taux reliant le coût de réparation/remplacement à la surface touchée est défini dans le WP07.

D5 et D4	100% du coût
D3	50% du coût
D2	10% du coût
D1	2% du coût

Pour l'instant, les coûts estimés dans les scénarii l'ont été à partir d'un coût moyen au m² estimé aux environs de **1900 €**. Il s'agit d'un prix moyen à l'achat, il est donc probable que le coût moyen de reconstruction/réparation au m² à prendre en considération soit inférieur.

Influence de la magnitude

<i>Influence de la magnitude dans l'hypothèse d'un épicode à 30 km en mer (sud-est de Nice)</i>			
<i>Préjudices humains (Niveau 2)</i>	Magnitude 5,8	Magnitude 6,3	Magnitude 6,8
Total habitants	351367	351367	351367
P0 : Population indemne	348891	346611	342535
P1 : Blessés légers non hospitalisés	1800	3430	6310
P2 : Blessés légers hospitalisés	298	581	1101
P3 : Blessés graves	77	151	289
Total blessés hospitalisés	374	732	1390
P4 : Morts	301	593	1132
Sans abris	19430	37662	69670
Coûts économiques directs	3,8 Md €	7 Md €	13 Md €

Résultats obtenus par utilisation de la méthode de niveau 2

Ces résultats ont été obtenus en faisant varier la magnitude du séisme de scénario type 1887. On voit qu'on passe d'un rapport 3 à 4 pour le nombre de victimes et les coûts entre les deux magnitudes extrêmes.

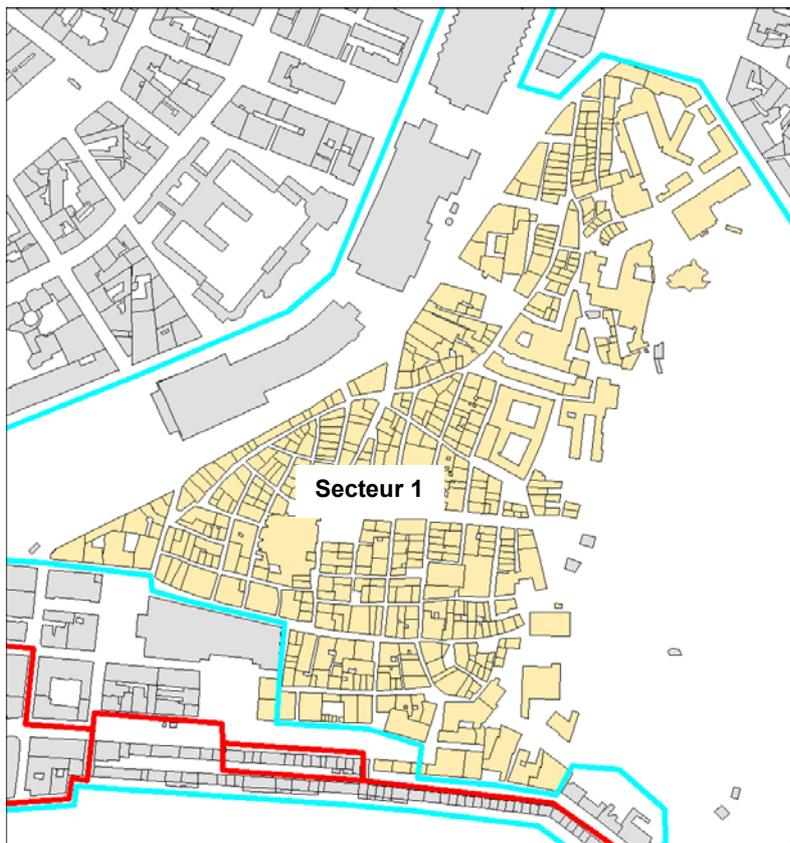
Le fait de faire varier la magnitude d'un même séisme de scénario peut également être vu comme une manière d'analyser l'influence des incertitudes sur le mouvement sismique, provenant des lois d'atténuation choisies.

Annexe 2

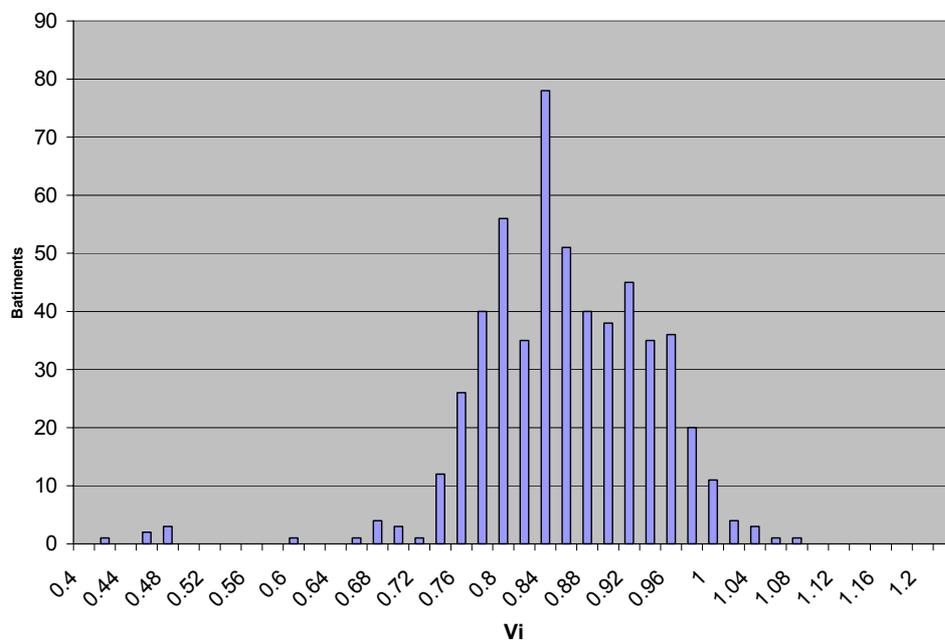
Résultats de l'analyse de la vulnérabilité du bâti courant par secteur

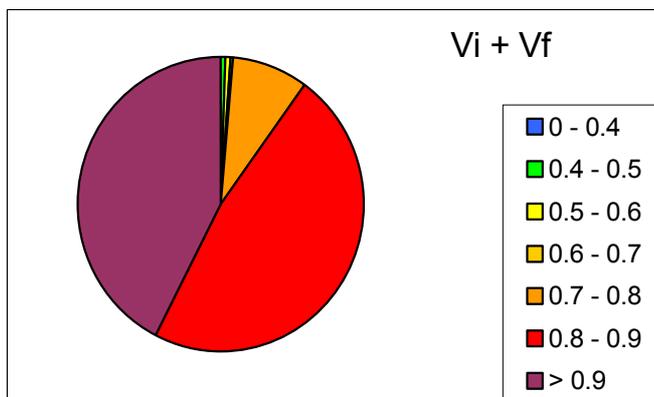
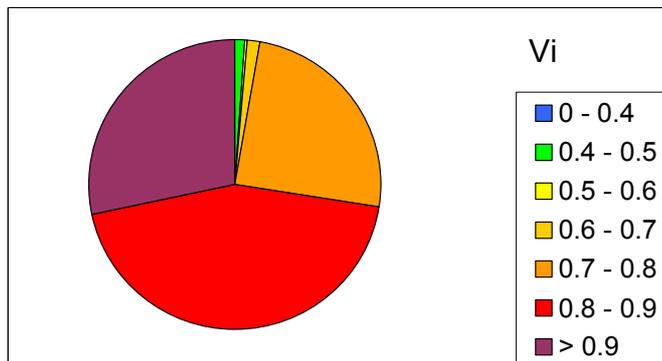
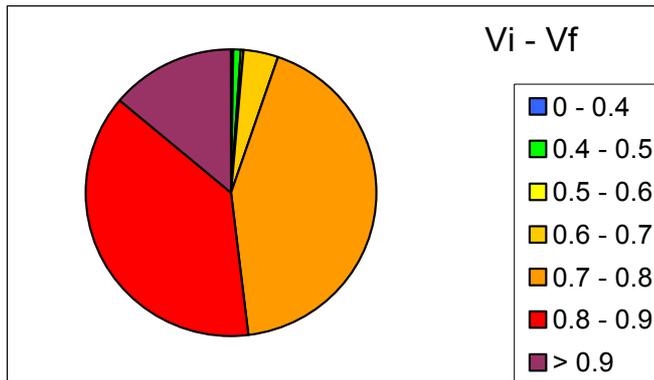
Source : Rapport BRGM/RC-53043-FR : « Analyse de la vulnérabilité aux séismes des bâtiments de catégorie B à Nice dans le cadre du projet GEMGEP ».

Secteur 1 : Vieille Ville



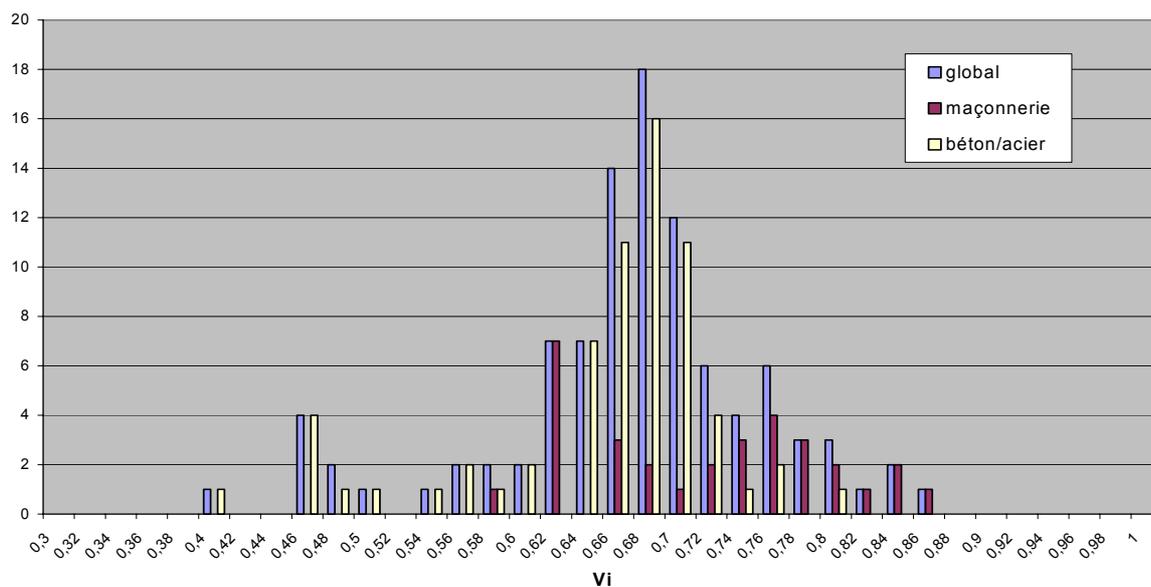
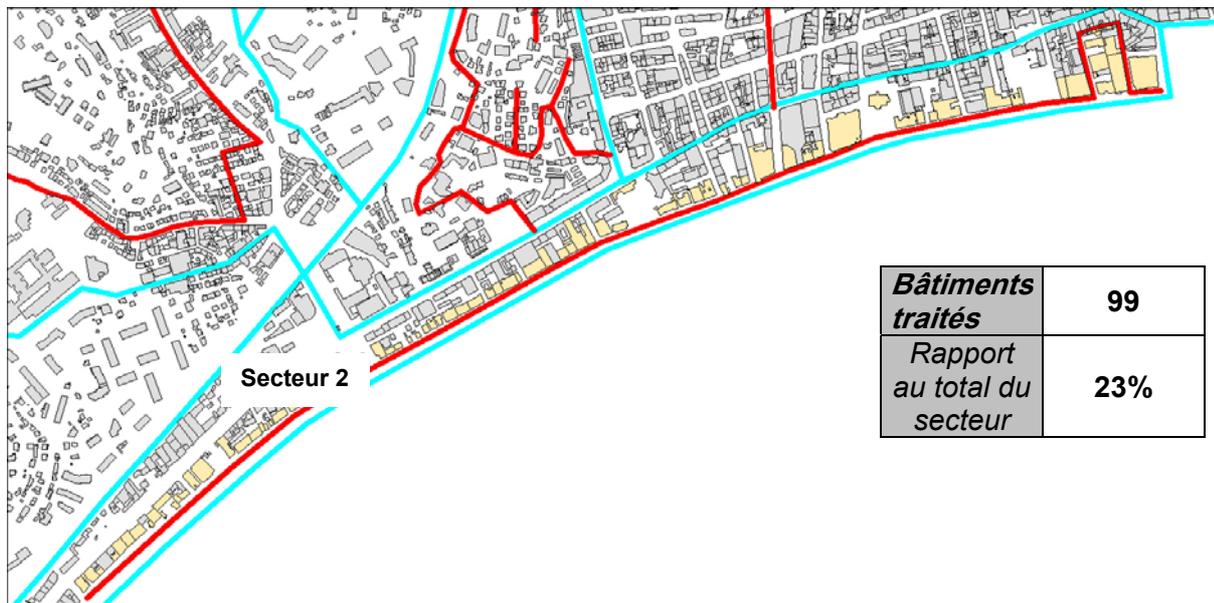
Bâtiments traités	530
Rapport au total du secteur	100%

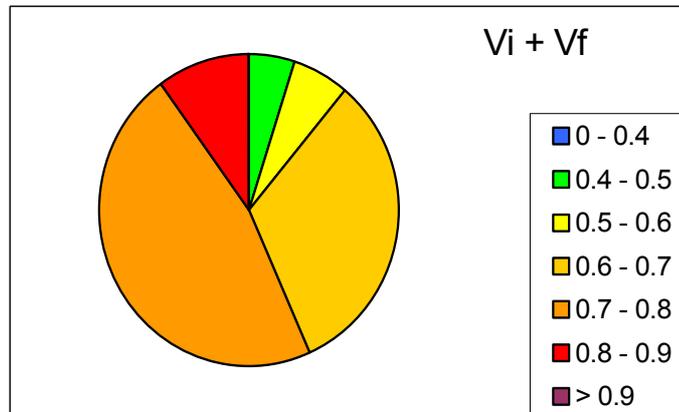
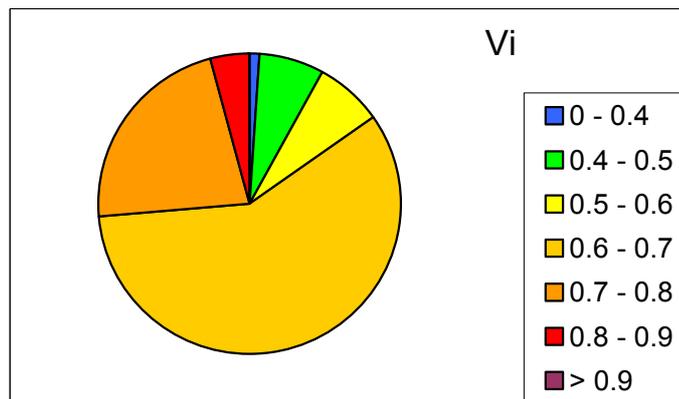
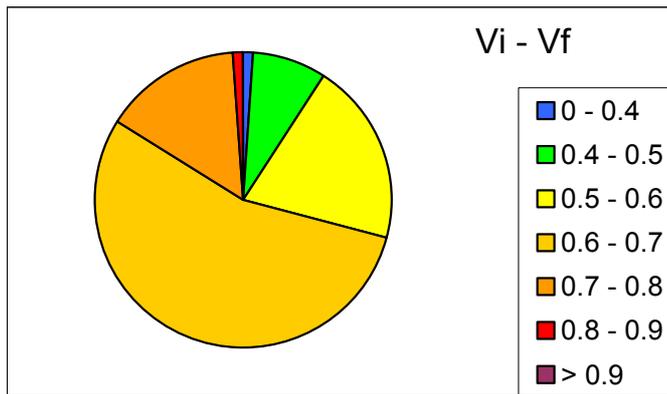




Vieille ville (1)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	0.2%	0.0%	0.0%
0.4 - 0.5	0.9%	1.1%	0.5%
0.5 - 0.6	0.2%	0.2%	0.5%
0.6 - 0.7	4.0%	1.6%	0.4%
0.7 - 0.8	42.8%	24.6%	8.6%
0.8 - 0.9	38.1%	44.1%	47.4%
> 0.9	13.8%	28.4%	42.6%

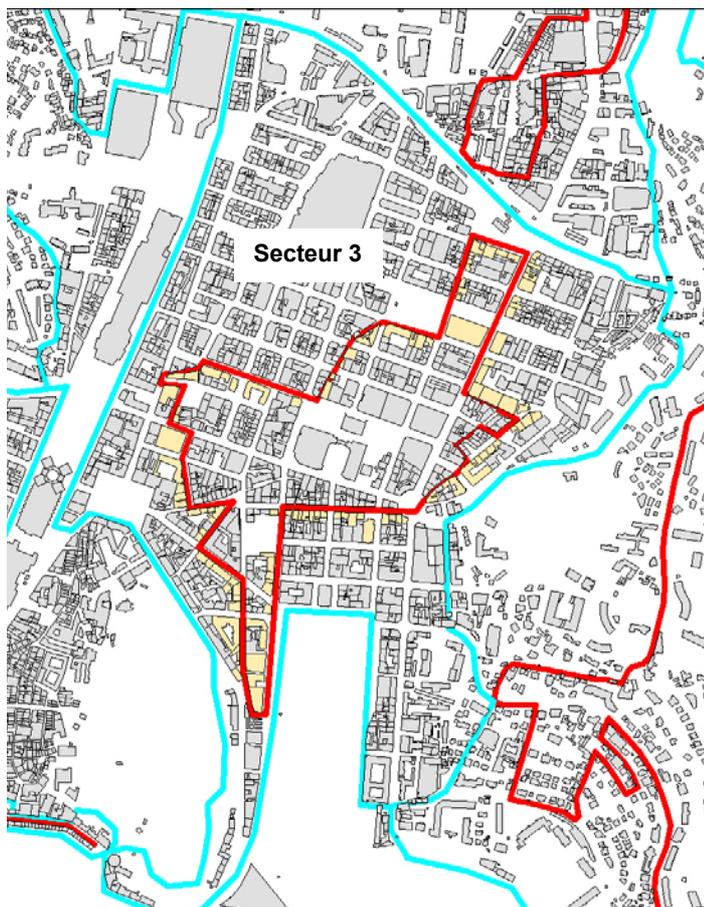
Secteur 2 : Bord de mer



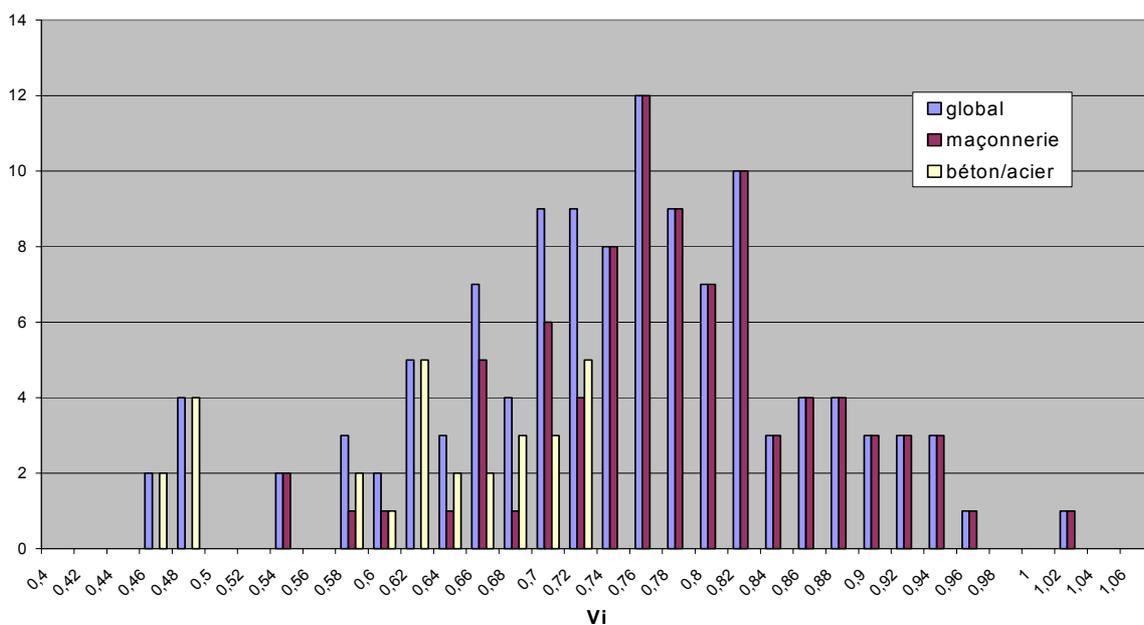


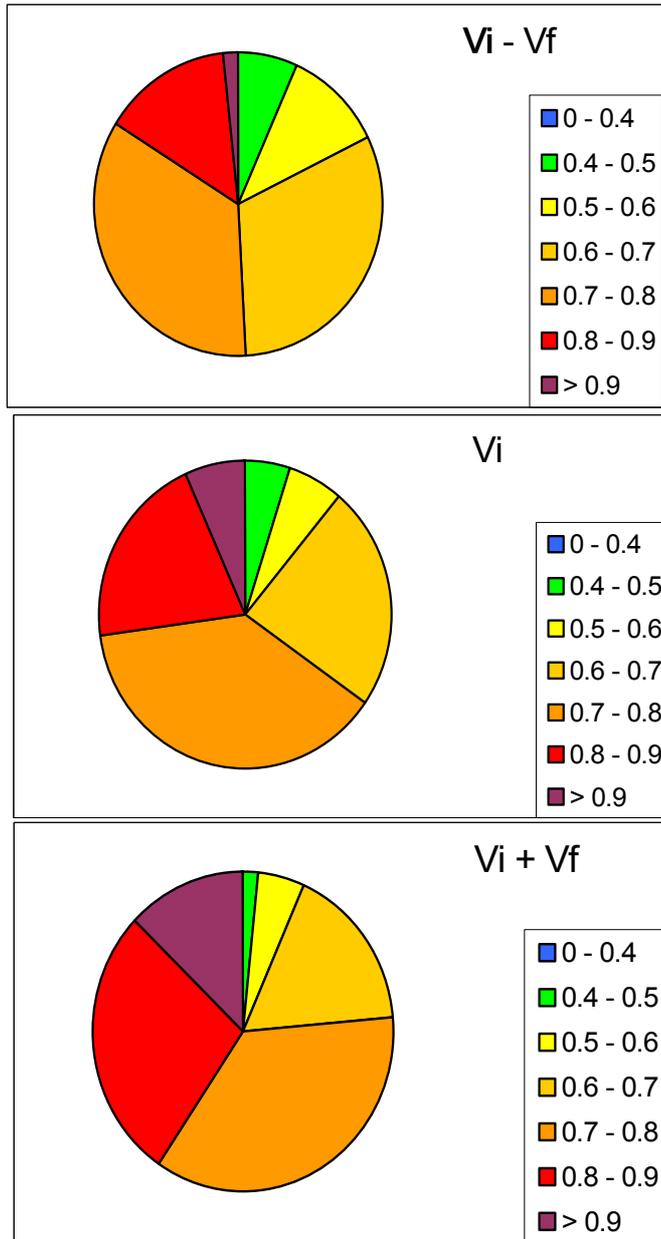
Bord de mer (2)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	1.0%	1.0%	0.0%
0.4 - 0.5	8.1%	7.1%	5.1%
0.5 - 0.6	20.2%	7.1%	6.1%
0.6 - 0.7	54.5%	58.6%	32.3%
0.7 - 0.8	15.2%	22.2%	46.5%
0.8 - 0.9	1.0%	4.0%	10.1%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 3 : Le Port – Riquier



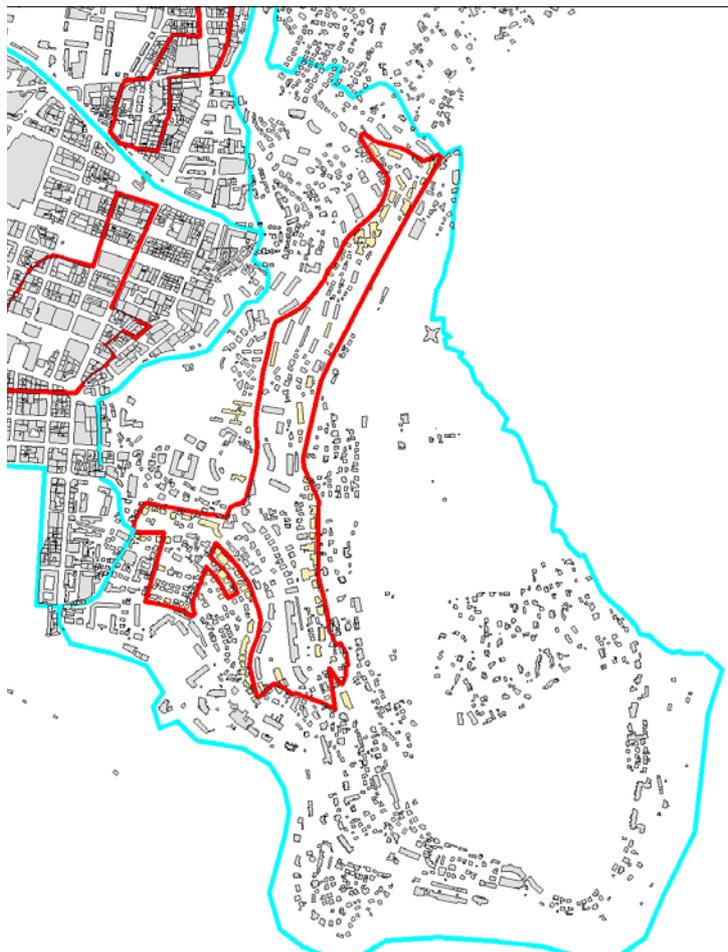
Bâtiments traités	118
Rapport au total du secteur	7%



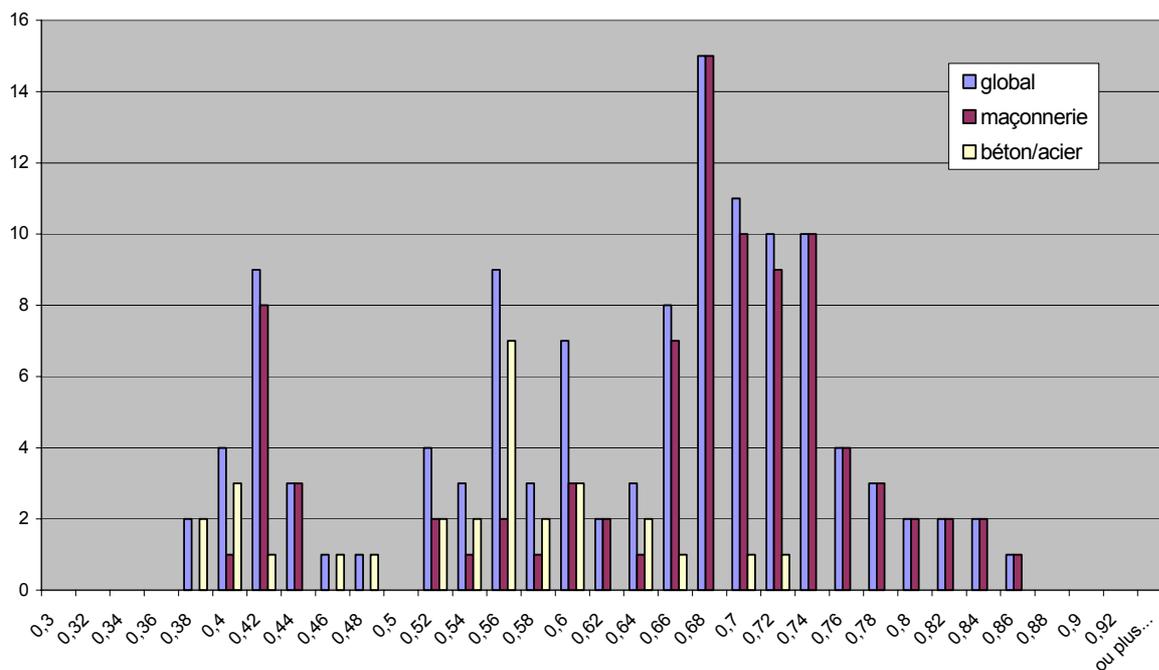


Le port - Riquier (3)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	0.0%	0.0%	0.0%
0.4 - 0.5	6.8%	5.1%	1.7%
0.5 - 0.6	11.0%	5.9%	5.1%
0.6 - 0.7	31.4%	23.7%	16.9%
0.7 - 0.8	34.7%	38.1%	35.6%
0.8 - 0.9	14.4%	20.3%	28.0%
> 0.9	1.7%	6.8%	12.7%

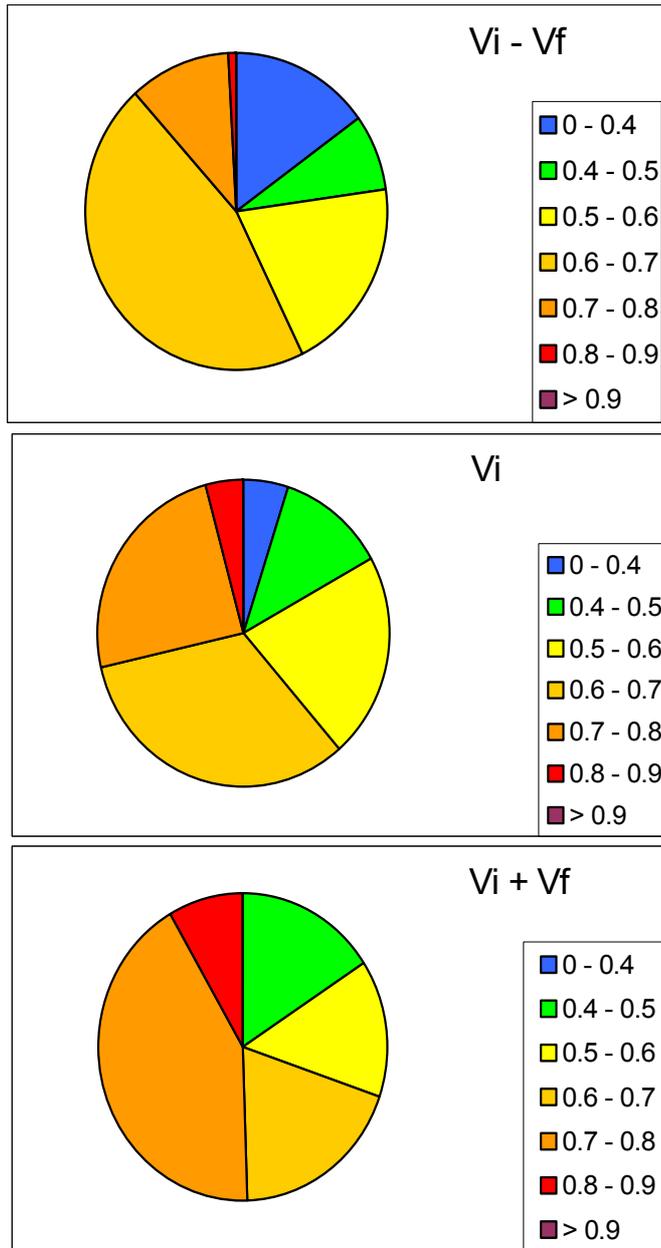
Secteur 4 : Mont Boron



Bâtiments traités	119
Rapport au total du secteur	6%

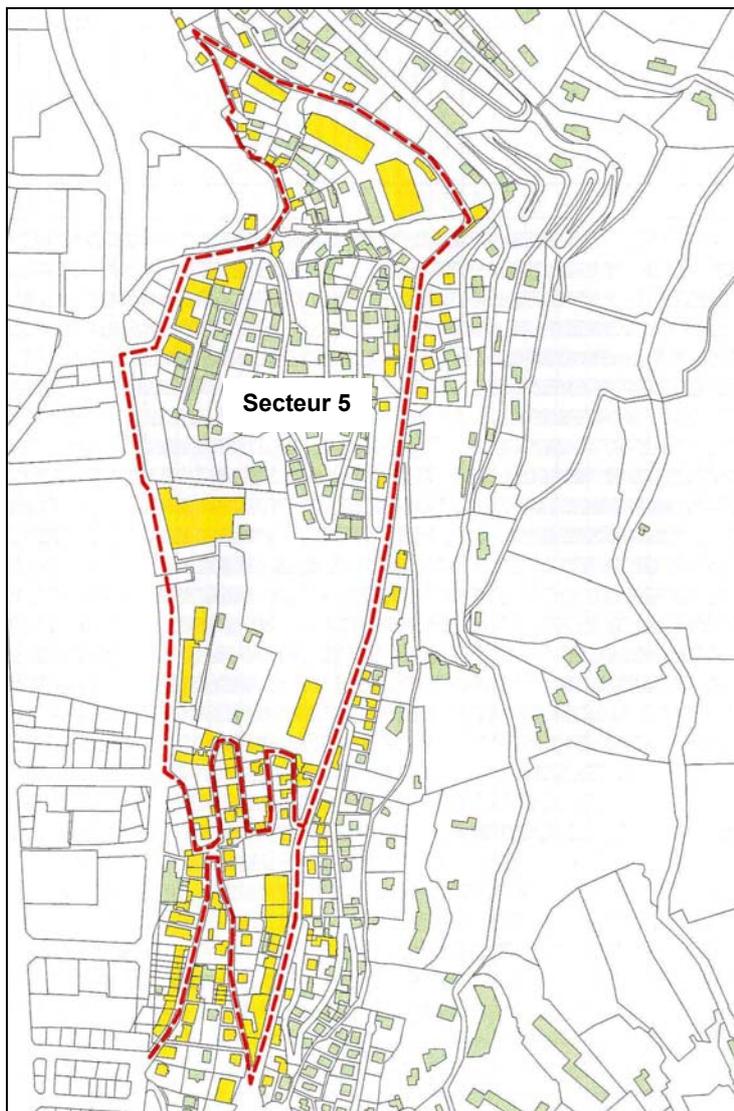


vi

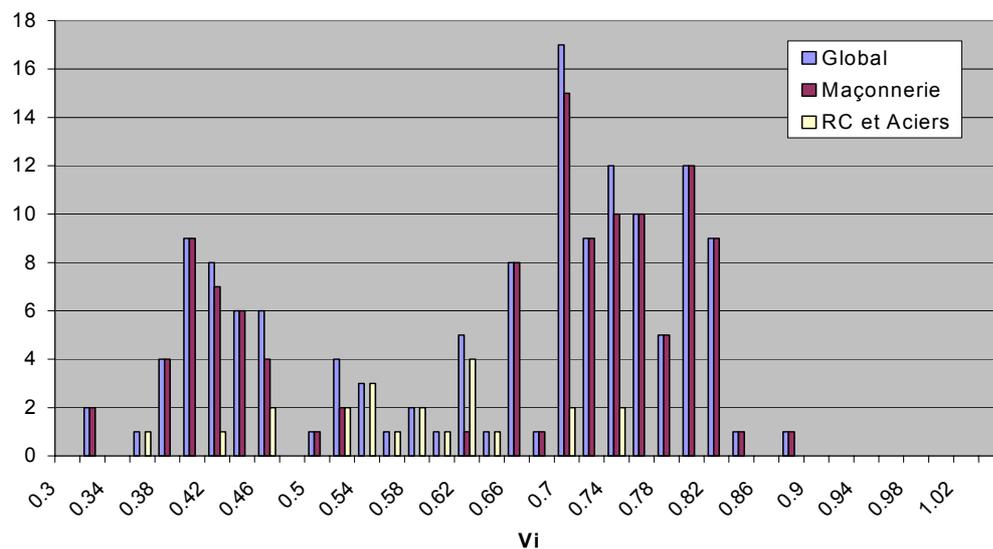


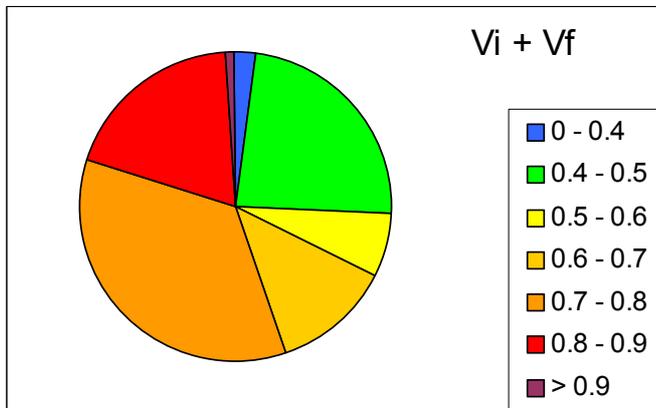
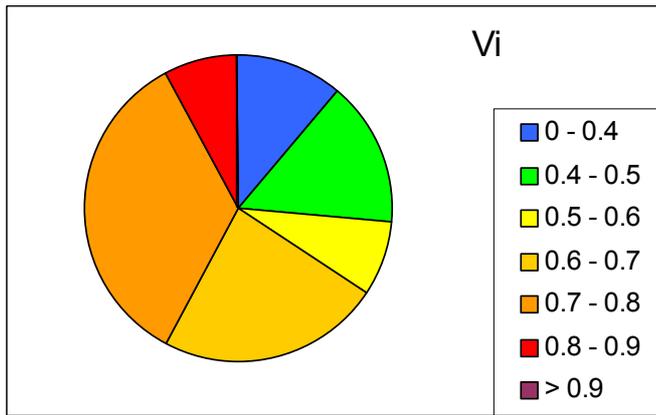
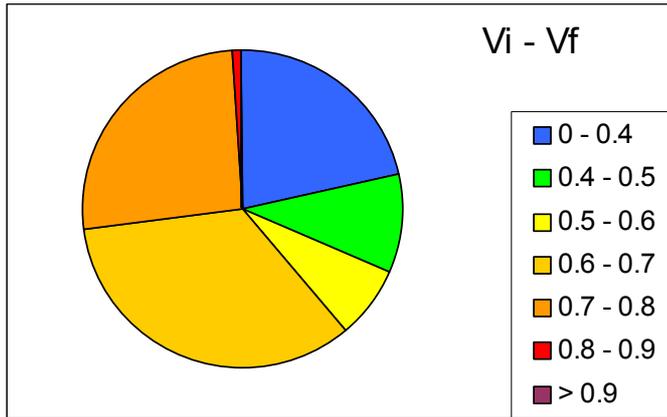
Mont Boron (4)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	15.1%	5.0%	0.0%
0.4 - 0.5	7.6%	11.8%	16.0%
0.5 - 0.6	20.2%	21.8%	14.3%
0.6 - 0.7	45.4%	32.8%	19.3%
0.7 - 0.8	10.9%	24.4%	42.0%
0.8 - 0.9	0.8%	4.2%	8.4%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 5 : Observatoire



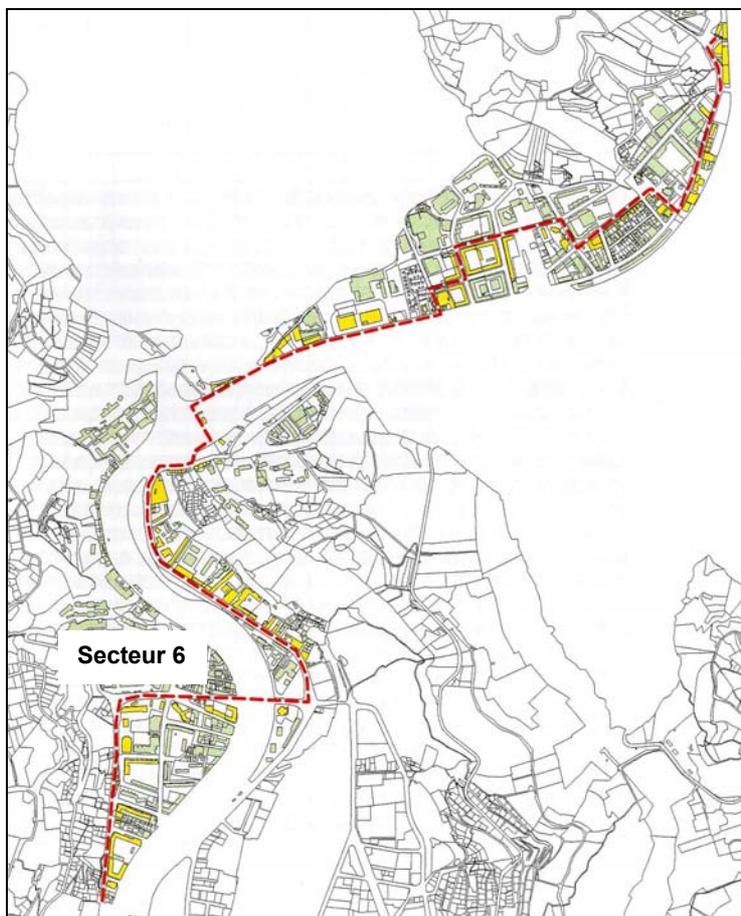
Bâtiments traités	139
Rapport au total du secteur	11%



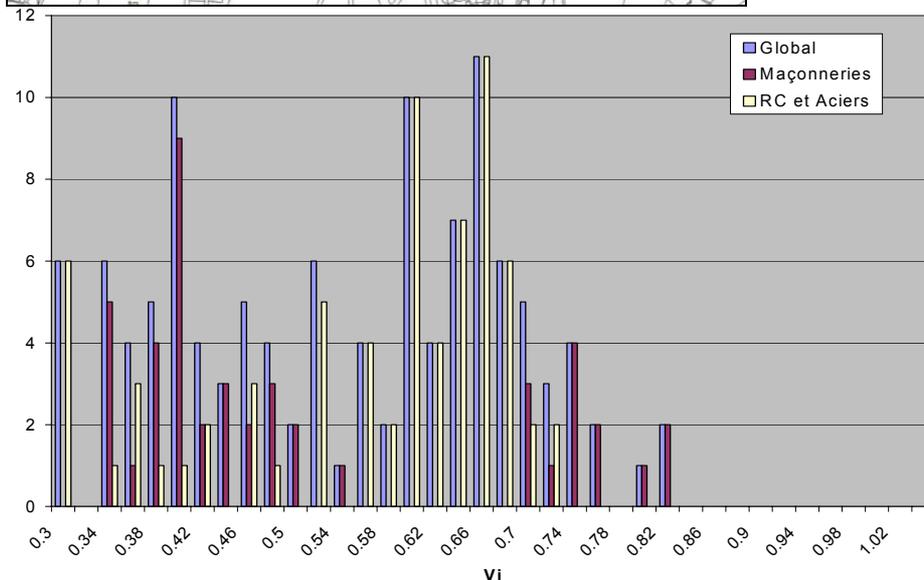


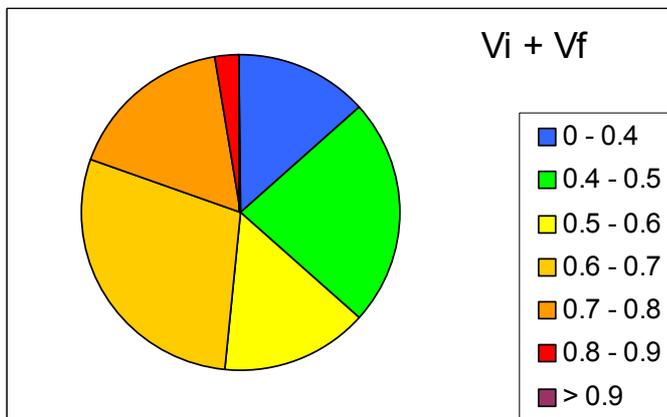
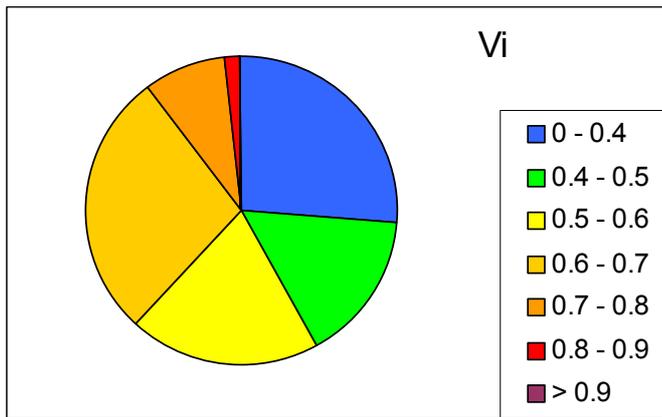
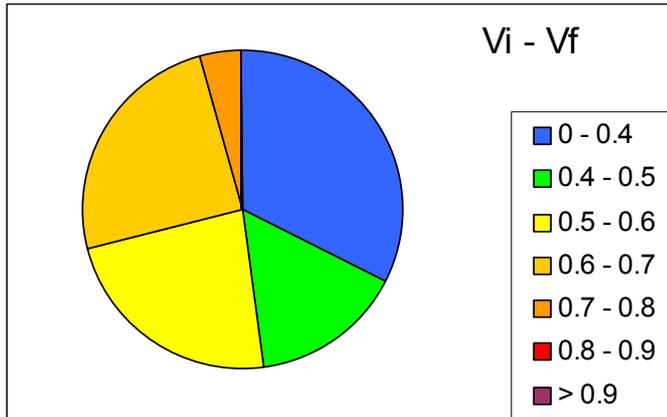
Observatoire (5)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	21.6%	11.5%	2.2%
0.4 - 0.5	10.1%	15.1%	23.7%
0.5 - 0.6	7.2%	7.9%	6.5%
0.6 - 0.7	33.8%	23.0%	12.2%
0.7 - 0.8	26.6%	34.5%	35.3%
0.8 - 0.9	0.7%	7.9%	19.4%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.7%

Secteur 6 : Ariane-Pasteur



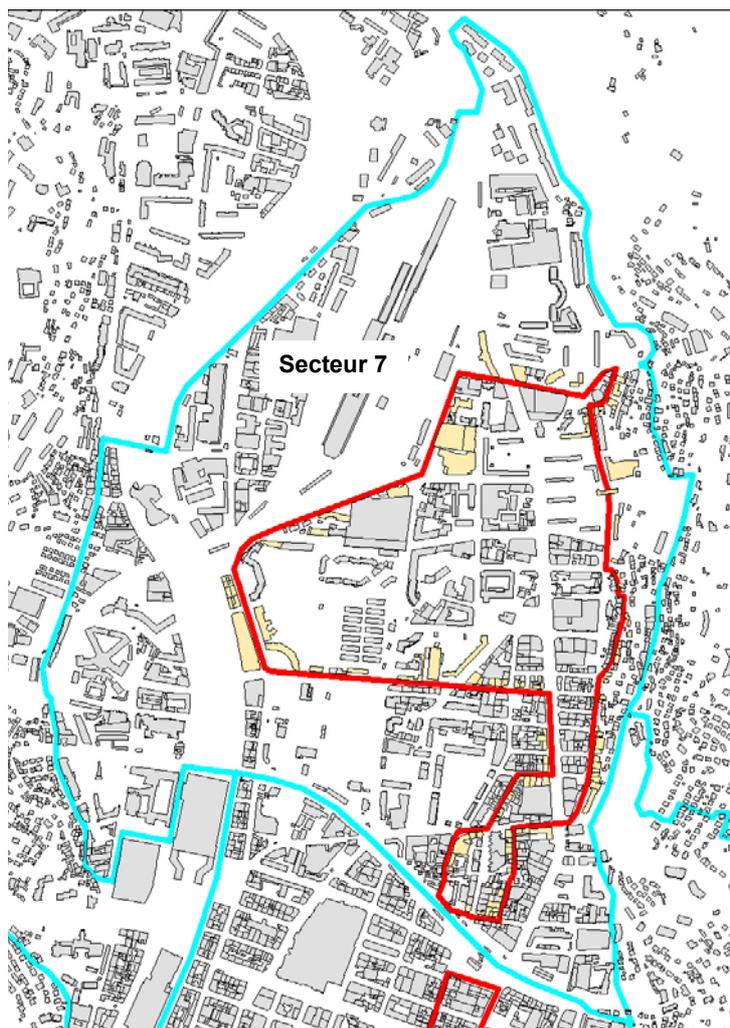
Bâtiments traités	117
Rapport au total du secteur	14%



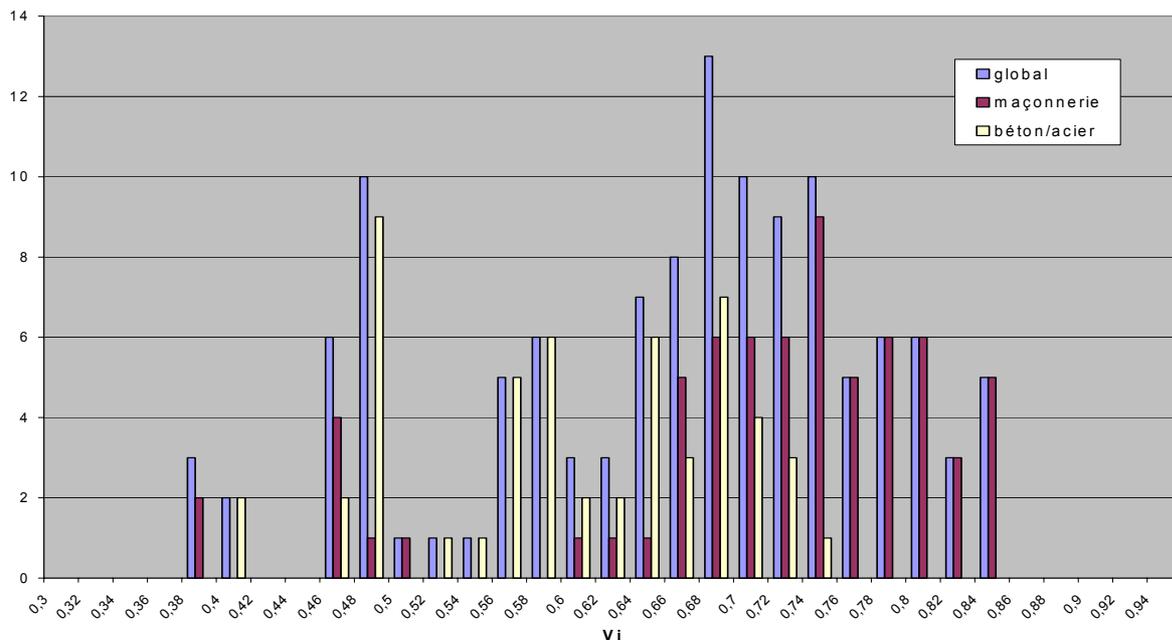


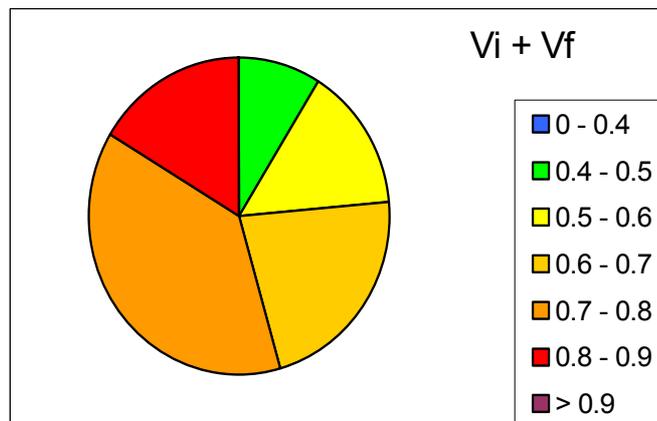
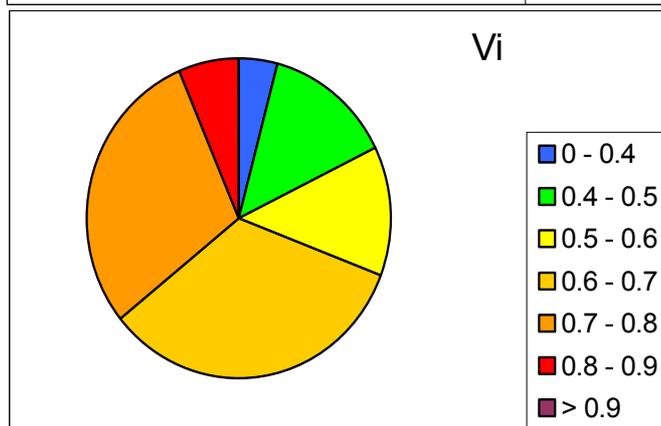
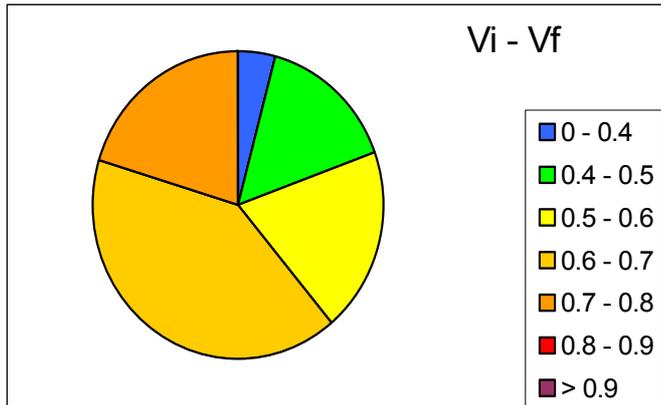
Ariane-Pasteur (6)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	32.5%	26.5%	13.7%
0.4 - 0.5	15.4%	15.4%	23.1%
0.5 - 0.6	23.1%	19.7%	14.5%
0.6 - 0.7	24.8%	28.2%	29.1%
0.7 - 0.8	4.3%	8.5%	17.1%
0.8 - 0.9	0.0%	1.7%	2.6%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 7 : Saint Roch – Pasteur



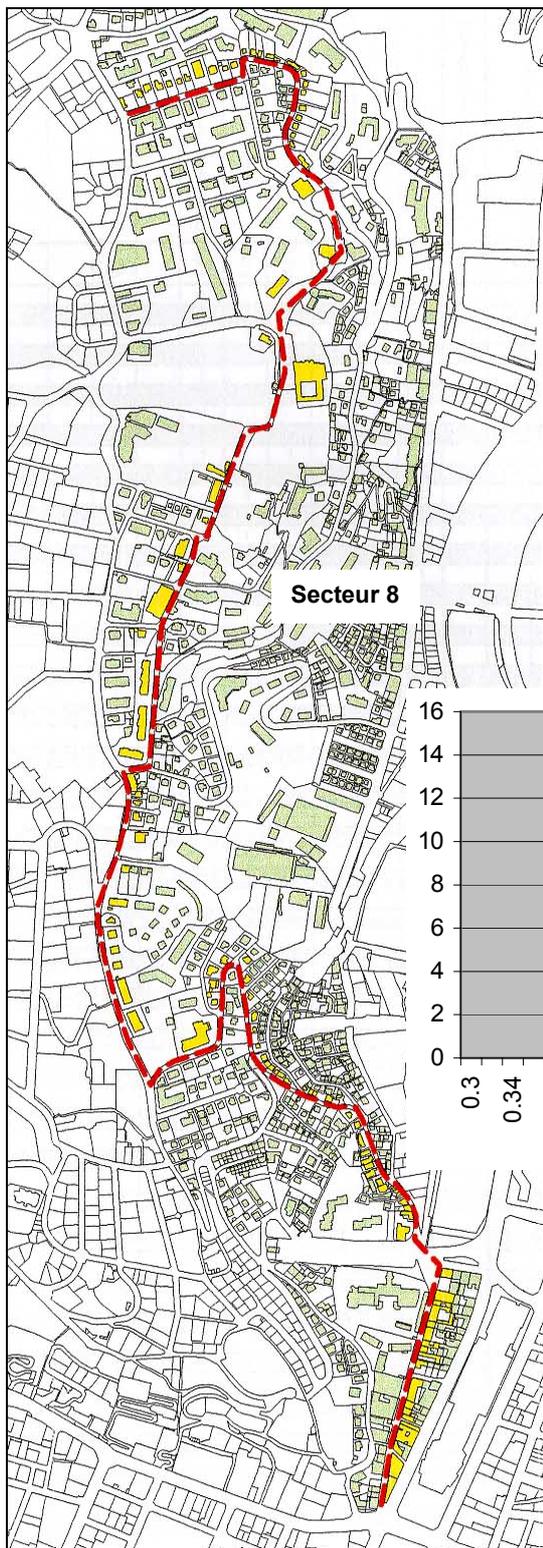
Bâtiments traités	123
Rapport au total du secteur	8%



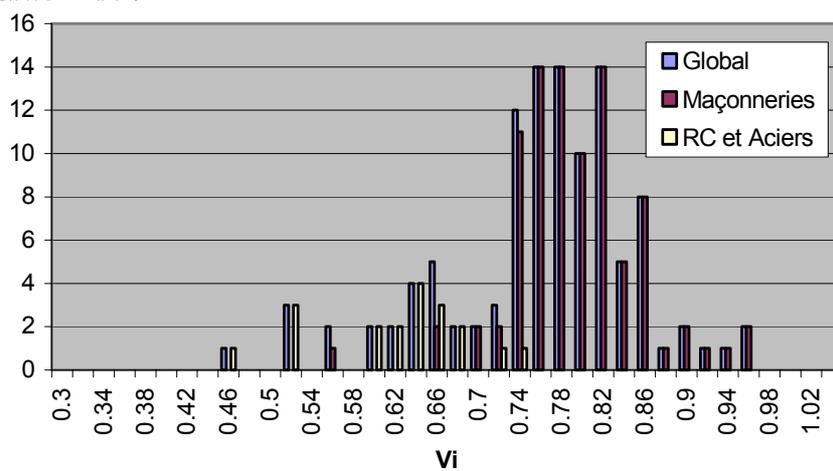


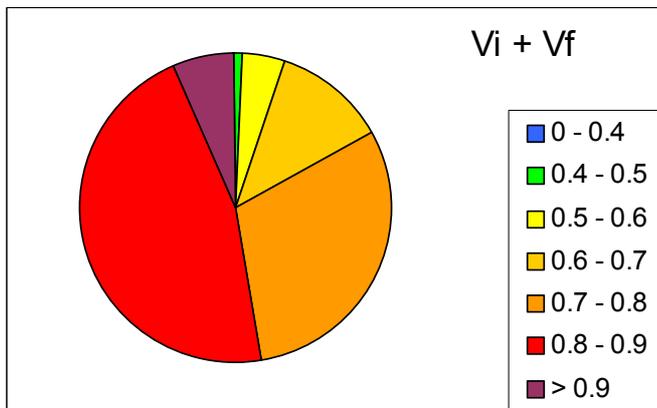
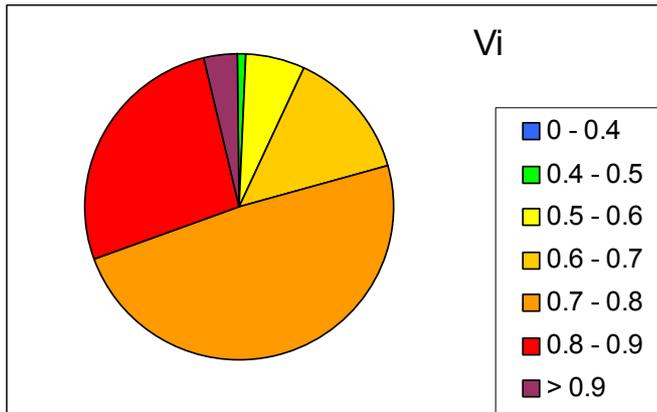
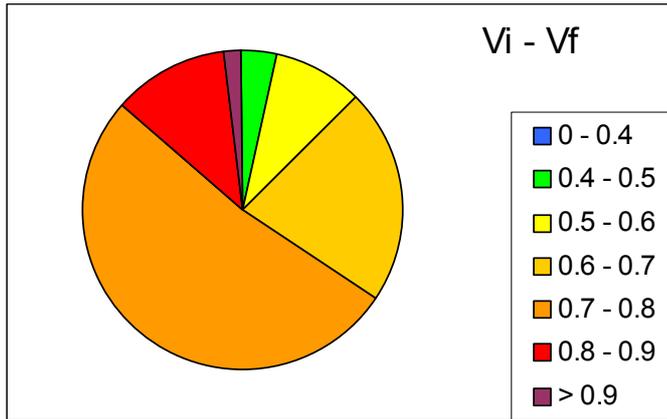
Saint Roch - Pasteur (7)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	4.1%	4.1%	0.0%
0.4 - 0.5	15.4%	13.8%	8.9%
0.5 - 0.6	19.5%	13.0%	14.6%
0.6 - 0.7	40.7%	33.3%	22.0%
0.7 - 0.8	20.3%	29.3%	38.2%
0.8 - 0.9	0.0%	6.5%	16.3%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 8 : Cimiez Est



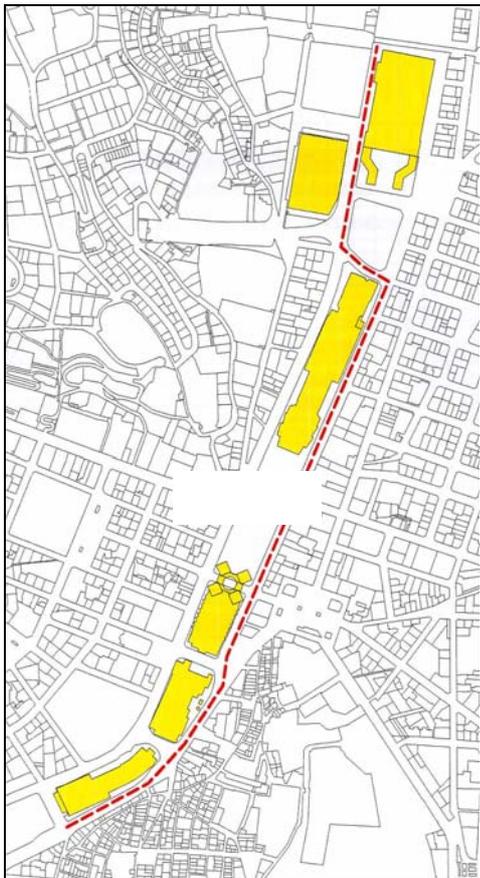
Bâtiments traités	110
Rapport au total du secteur	9%



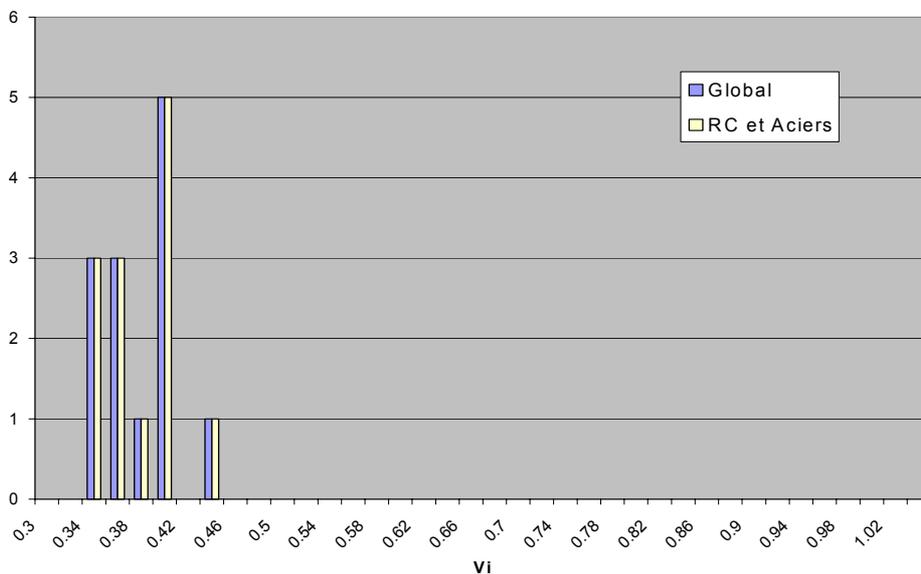


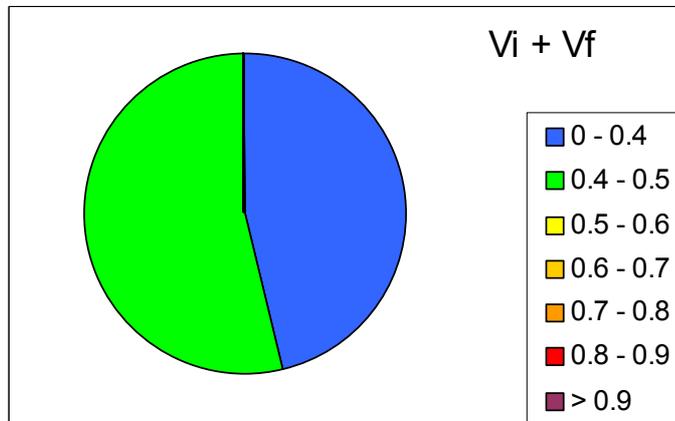
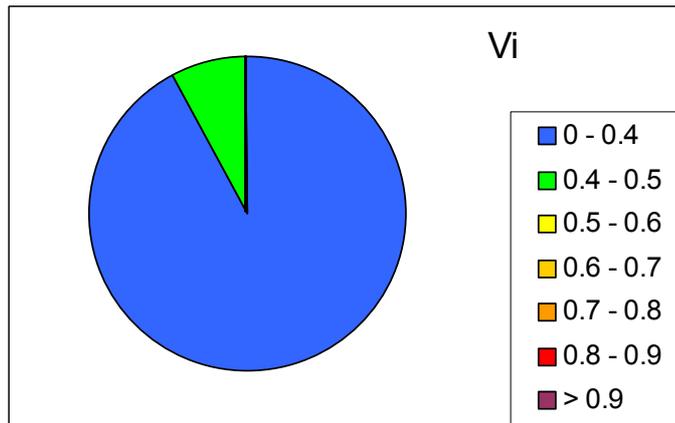
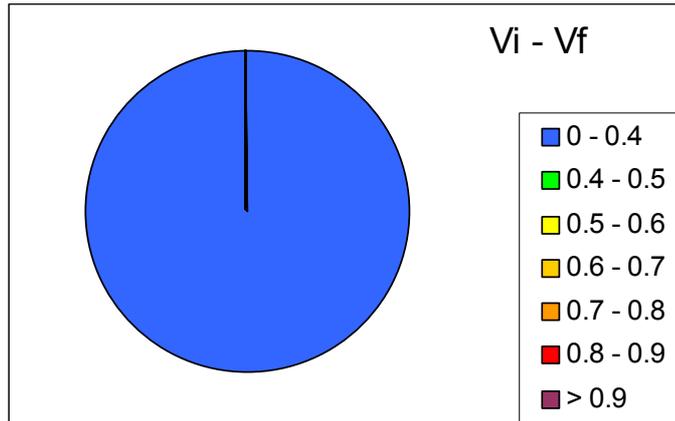
Cimiez Est (8)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	0.0%	0.0%	0.0%
0.4 - 0.5	3.6%	0.9%	0.9%
0.5 - 0.6	9.1%	6.4%	4.5%
0.6 - 0.7	21.8%	13.6%	11.8%
0.7 - 0.8	51.8%	48.2%	30.0%
0.8 - 0.9	11.8%	27.3%	46.4%
> 0.9	1.8%	3.6%	6.4%

Secteur 9 : Le Paillon



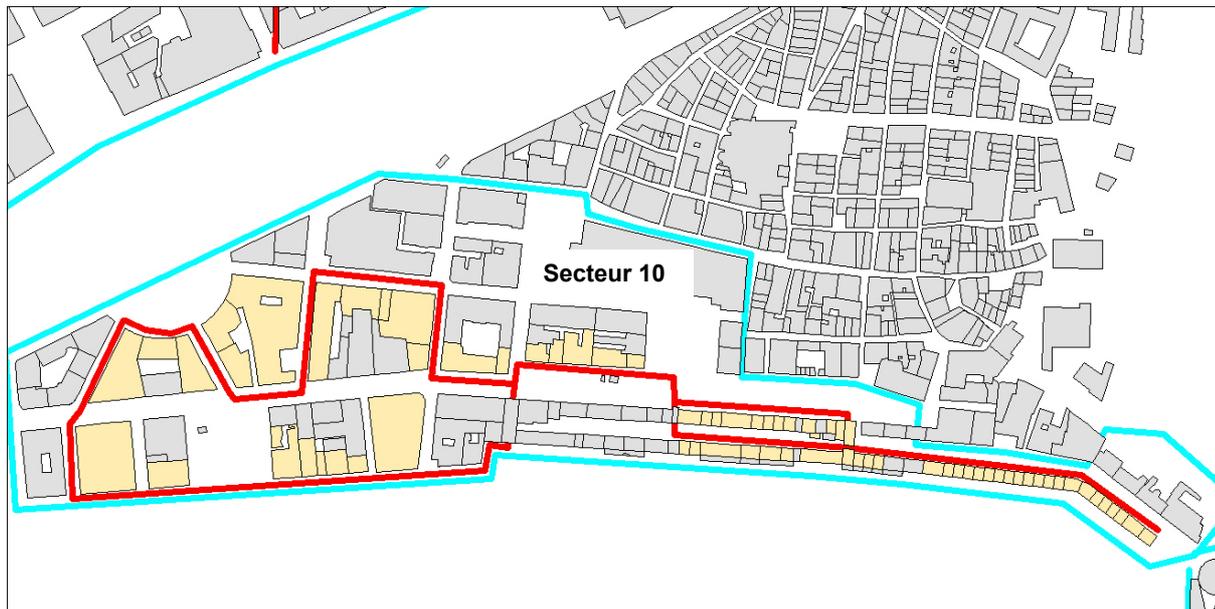
Bâtiments traités	13
<i>Rapport au total du secteur</i>	62%



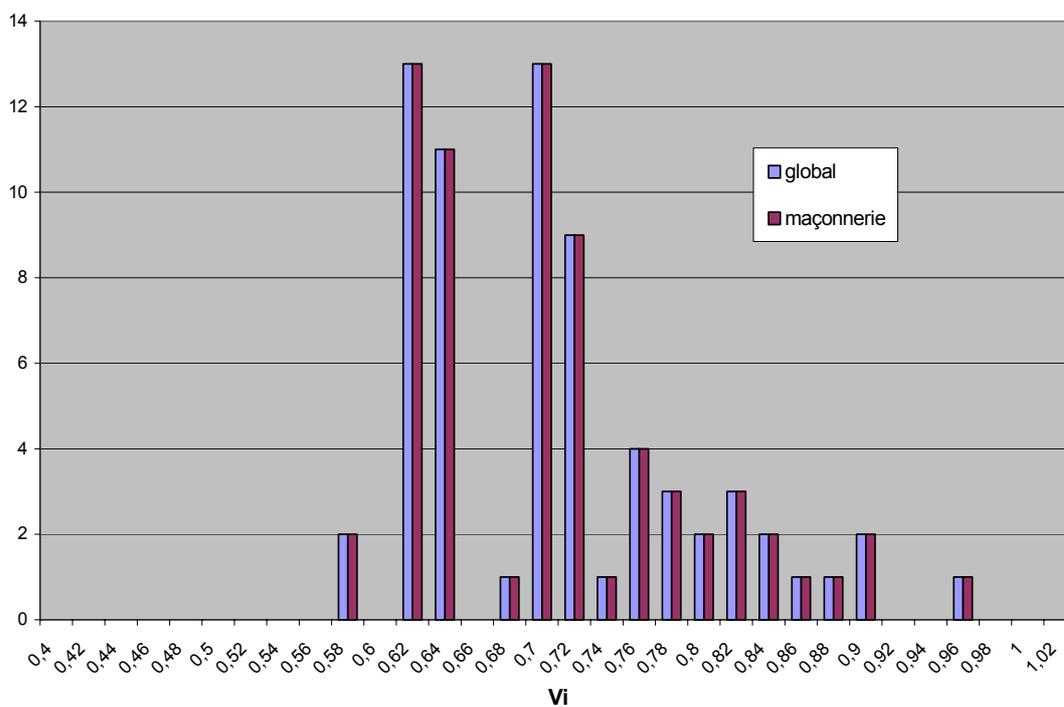


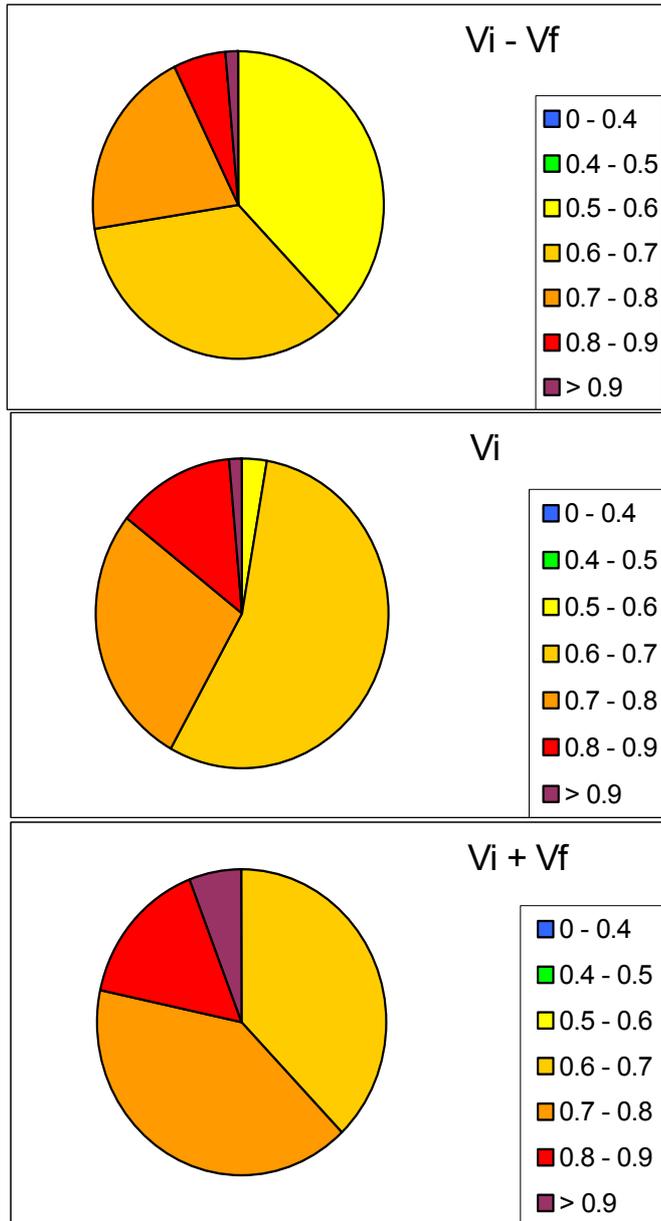
Paillon (9)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	100.0%	92.3%	46.2%
0.4 - 0.5	0.0%	7.7%	53.8%
0.5 - 0.6	0.0%	0.0%	0.0%
0.6 - 0.7	0.0%	0.0%	0.0%
0.7 - 0.8	0.0%	0.0%	0.0%
0.8 - 0.9	0.0%	0.0%	0.0%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 10 : Mairie



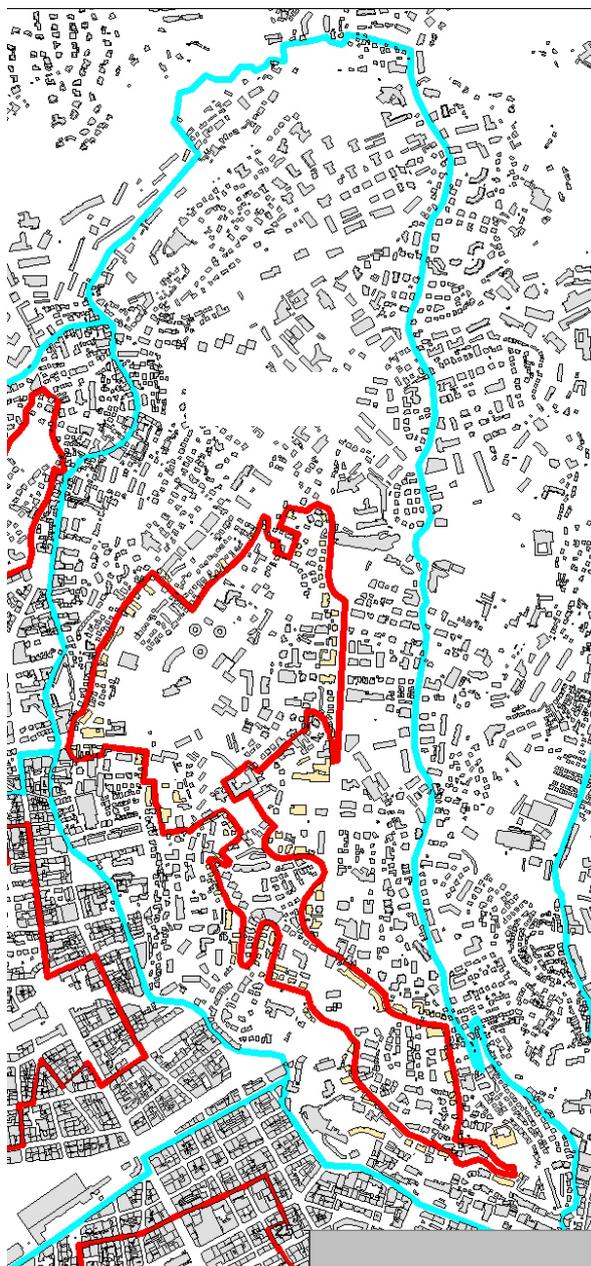
Bâtiments traités	69
<i>Rapport au total du secteur</i>	46%



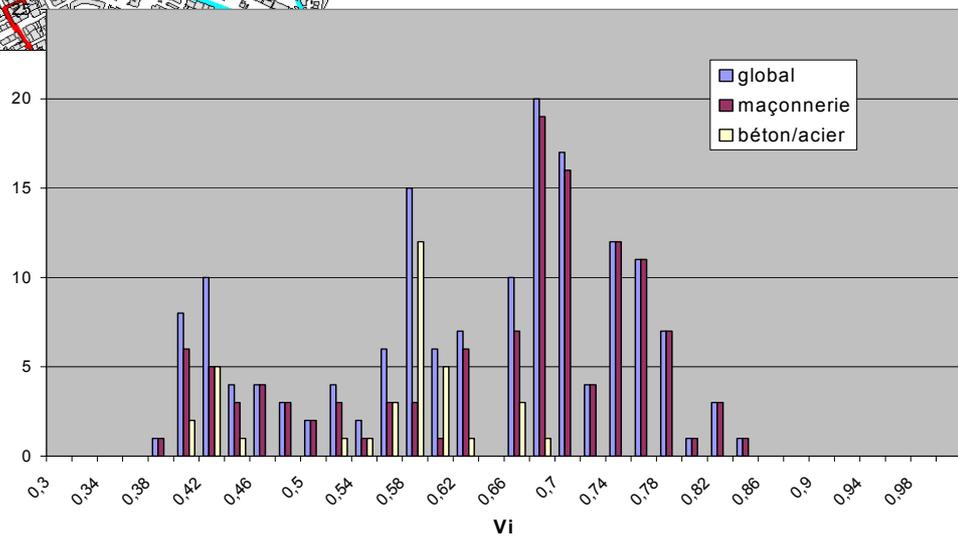


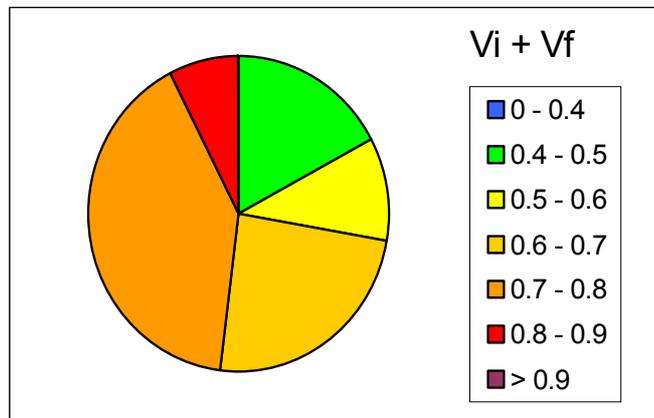
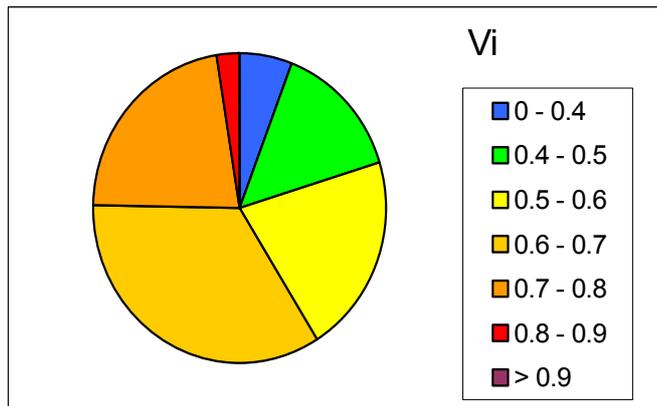
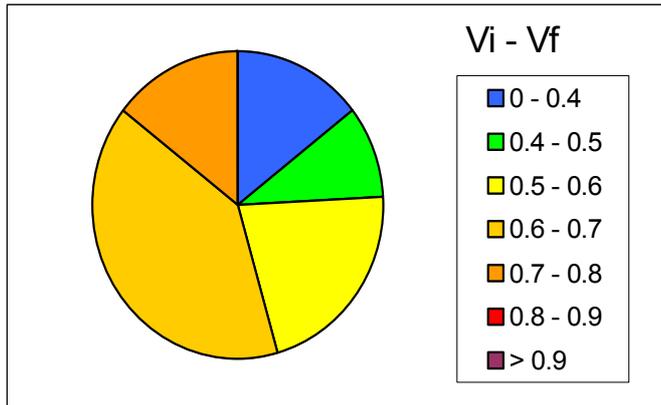
Mairie (10)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	0.0%	0.0%	0.0%
0.4 - 0.5	0.0%	0.0%	0.0%
0.5 - 0.6	37.7%	2.9%	0.0%
0.6 - 0.7	34.8%	55.1%	37.7%
0.7 - 0.8	20.3%	27.5%	40.6%
0.8 - 0.9	5.8%	13.0%	15.9%
> 0.9	1.4%	1.4%	5.8%

Secteur 11 : Cimiez Ouest



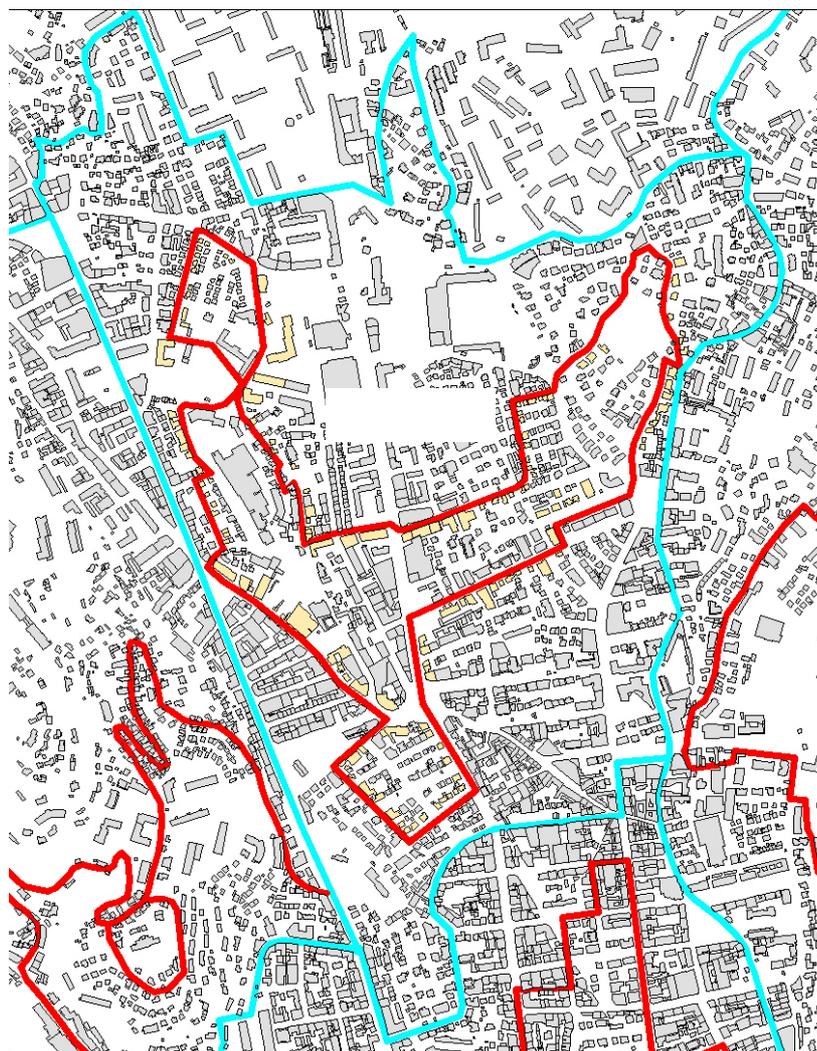
Bâtiments traités	158
Rapport au total du secteur	6%



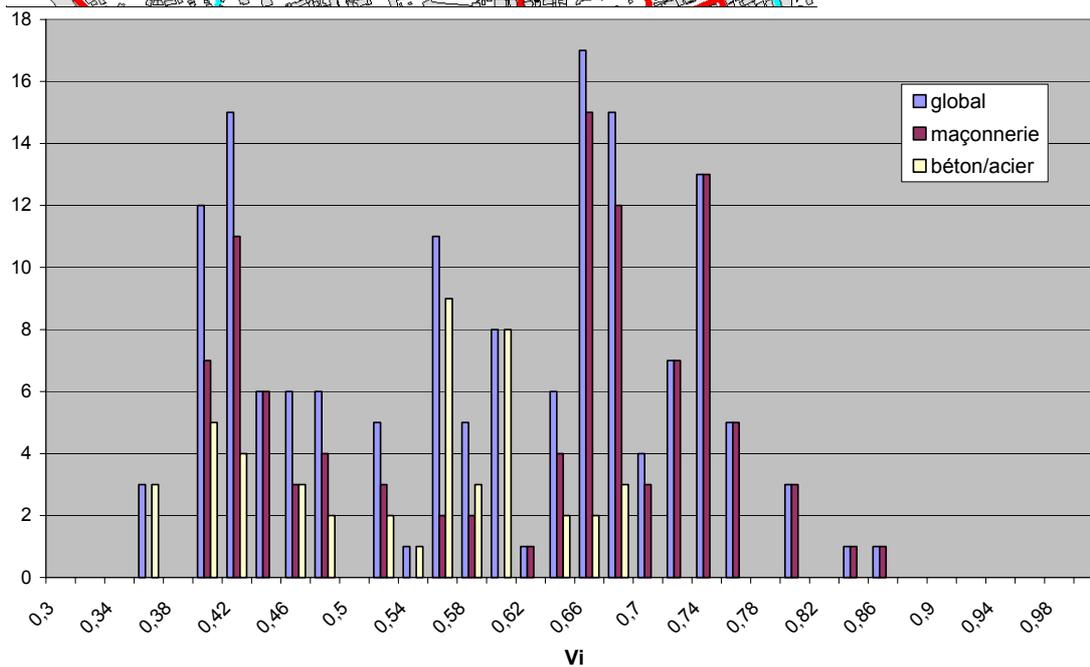


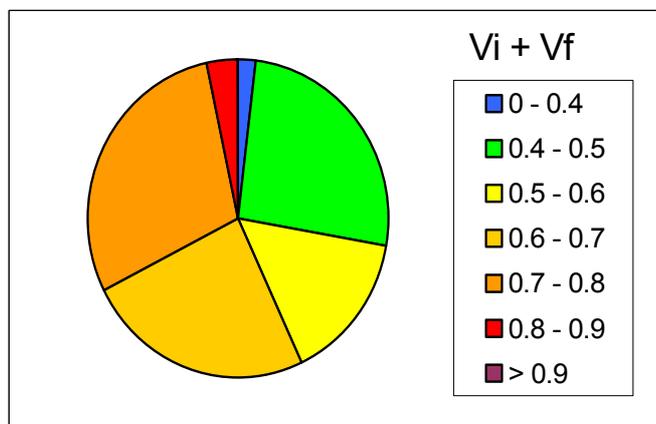
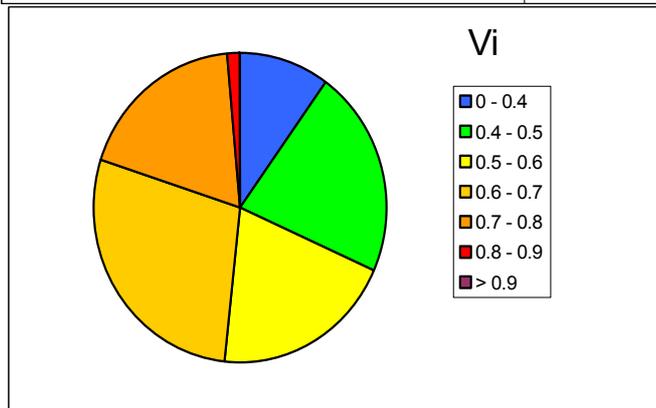
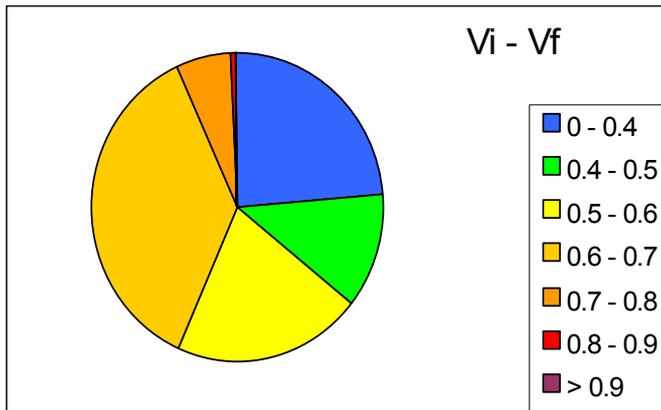
Cimiez ouest (11)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	14.6%	5.7%	0.0%
0.4 - 0.5	9.5%	14.6%	17.1%
0.5 - 0.6	21.5%	20.9%	10.8%
0.6 - 0.7	39.9%	34.2%	24.1%
0.7 - 0.8	14.6%	22.2%	40.5%
0.8 - 0.9	0.0%	2.5%	7.6%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 12 : Nice Nord



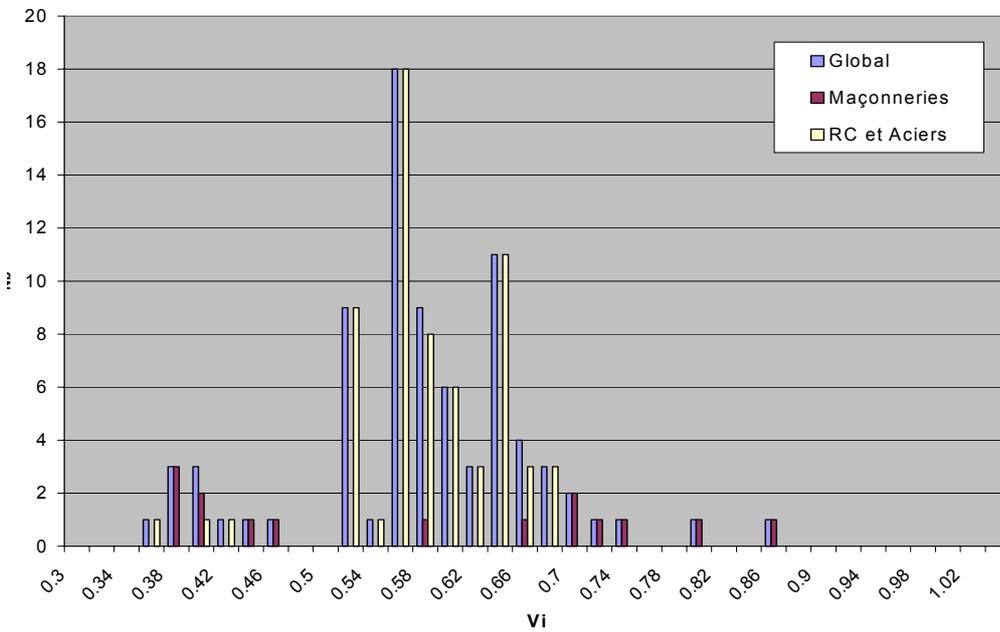
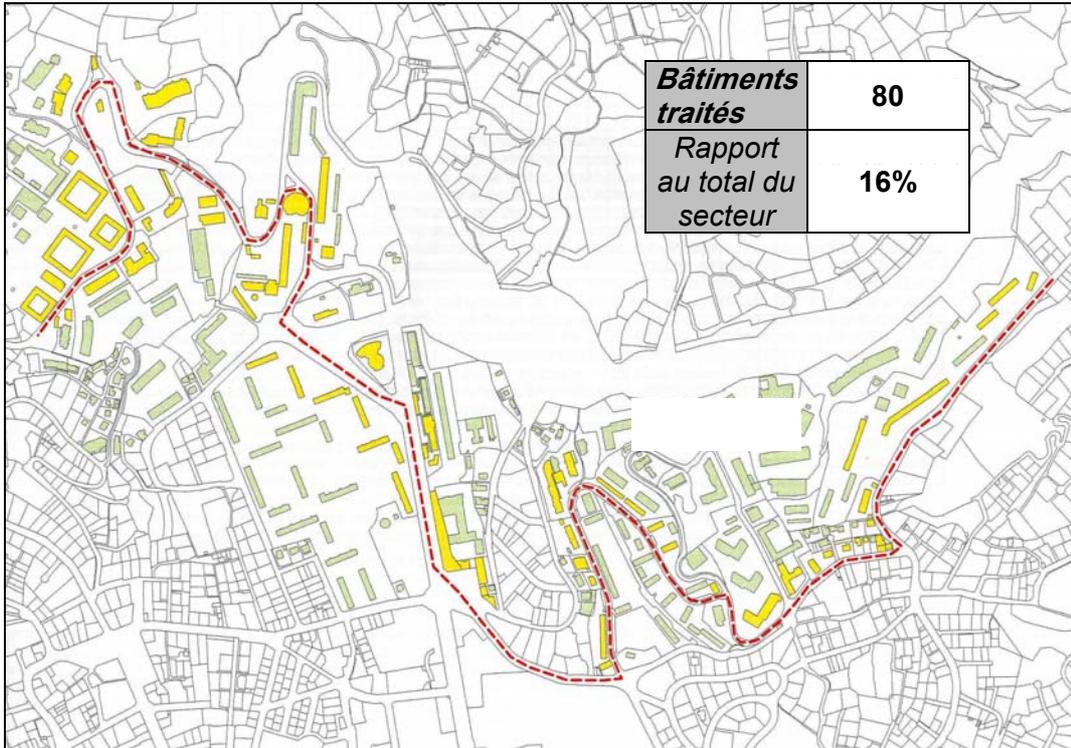
Bâtiments traités	151
Rapport au total du secteur	5%

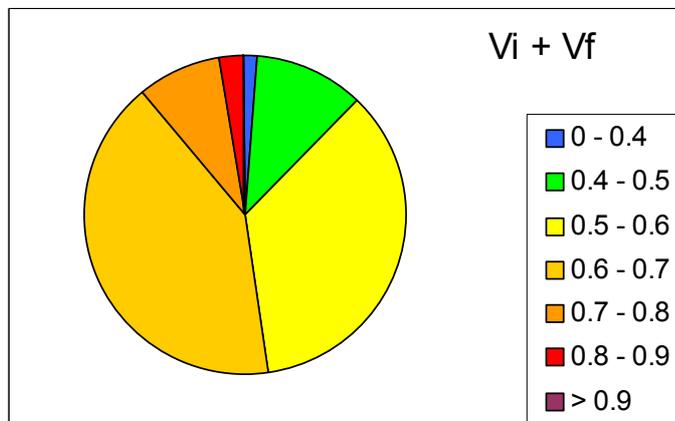
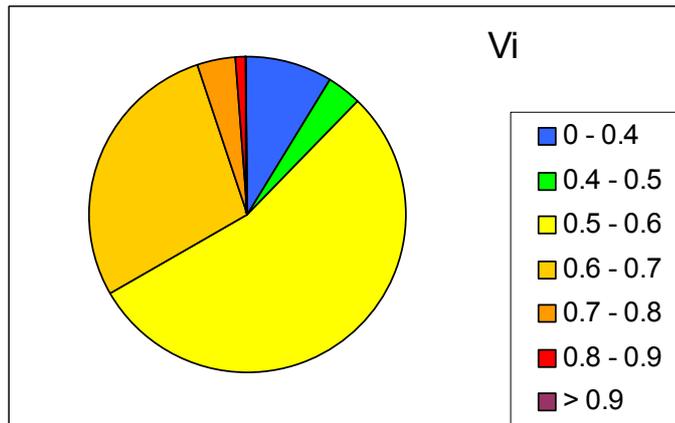
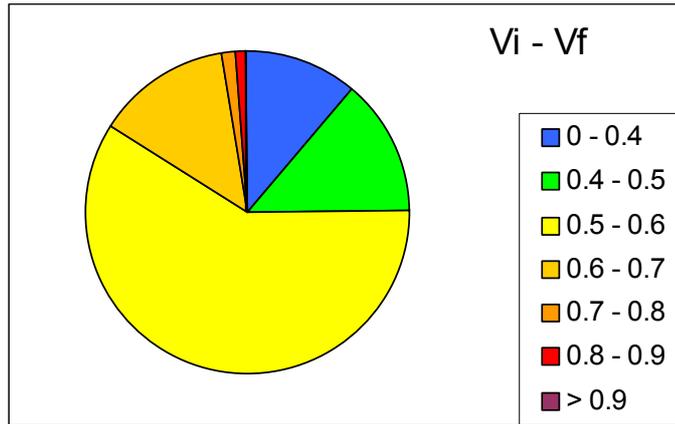




Nice nord (12)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	23.8%	9.9%	2.0%
0.4 - 0.5	11.9%	21.9%	25.8%
0.5 - 0.6	20.5%	19.9%	15.2%
0.6 - 0.7	37.1%	28.5%	24.5%
0.7 - 0.8	6.0%	18.5%	29.1%
0.8 - 0.9	0.7%	1.3%	3.3%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

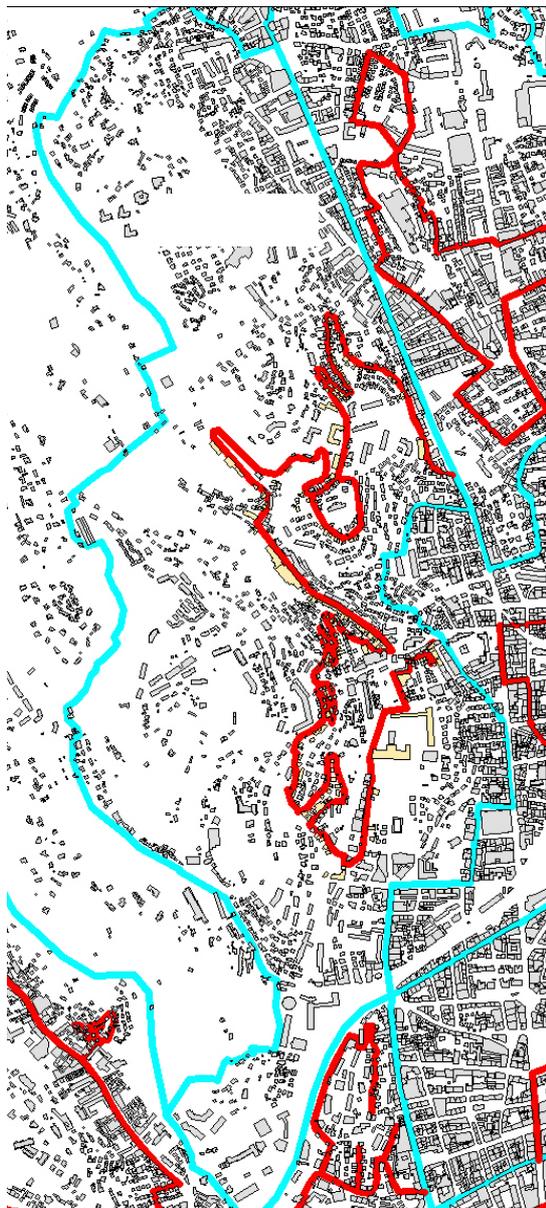
Secteur 13 : Las Planas



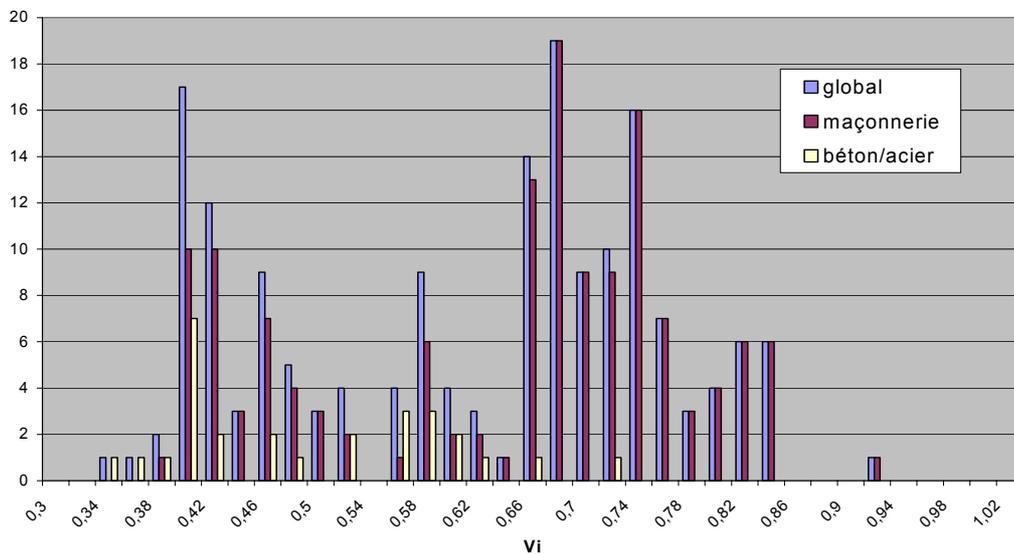


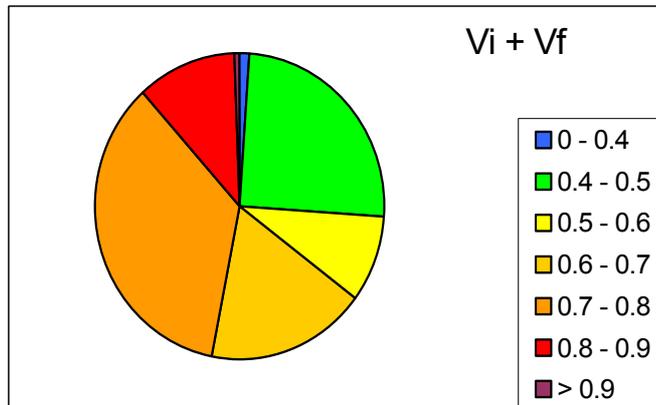
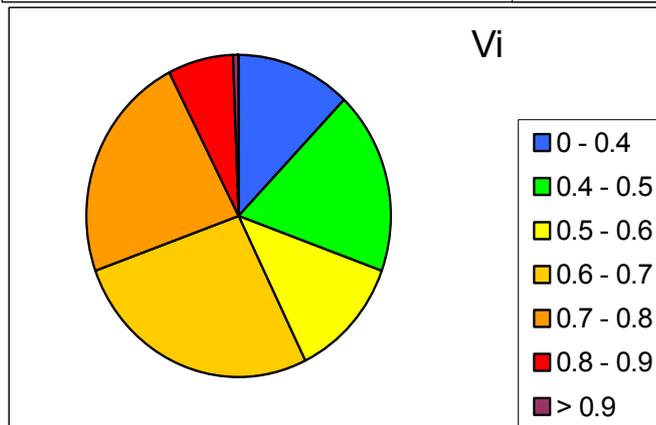
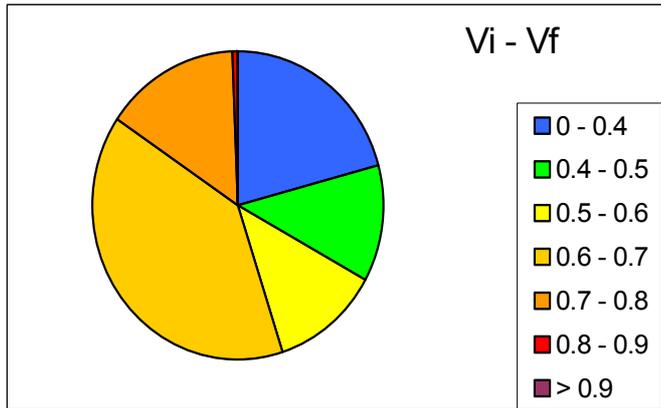
Las Planas (13)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	11.3%	8.8%	1.3%
0.4 - 0.5	13.8%	3.8%	11.3%
0.5 - 0.6	58.8%	53.8%	35.0%
0.6 - 0.7	13.8%	28.8%	41.3%
0.7 - 0.8	1.3%	3.8%	8.8%
0.8 - 0.9	1.3%	1.3%	2.5%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 14 : Pessicart



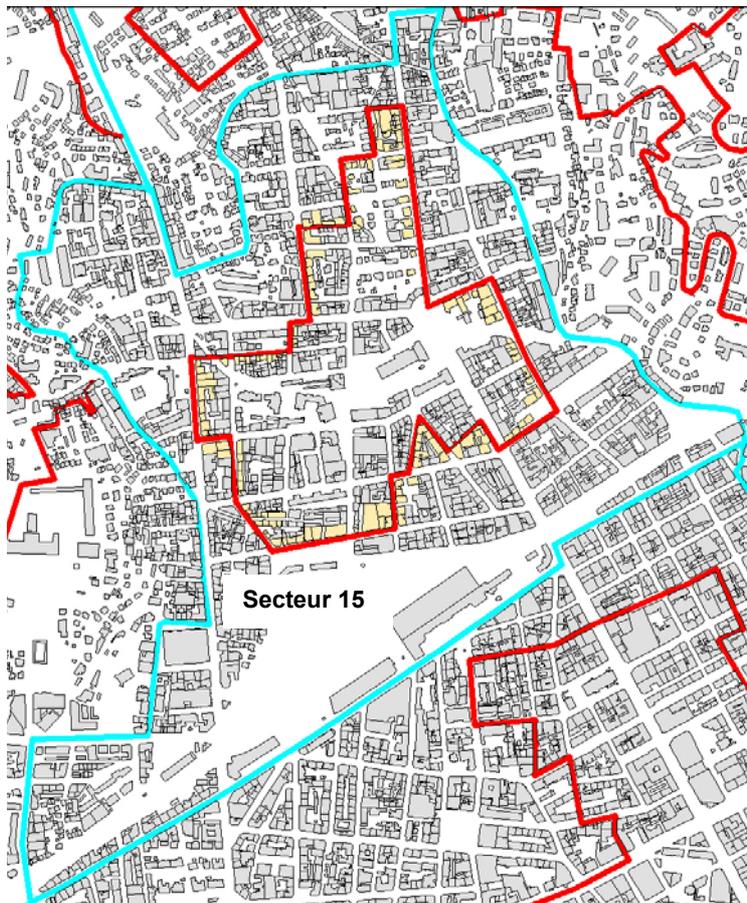
Bâtiments traités	173
<i>Rapport au total du secteur</i>	6%



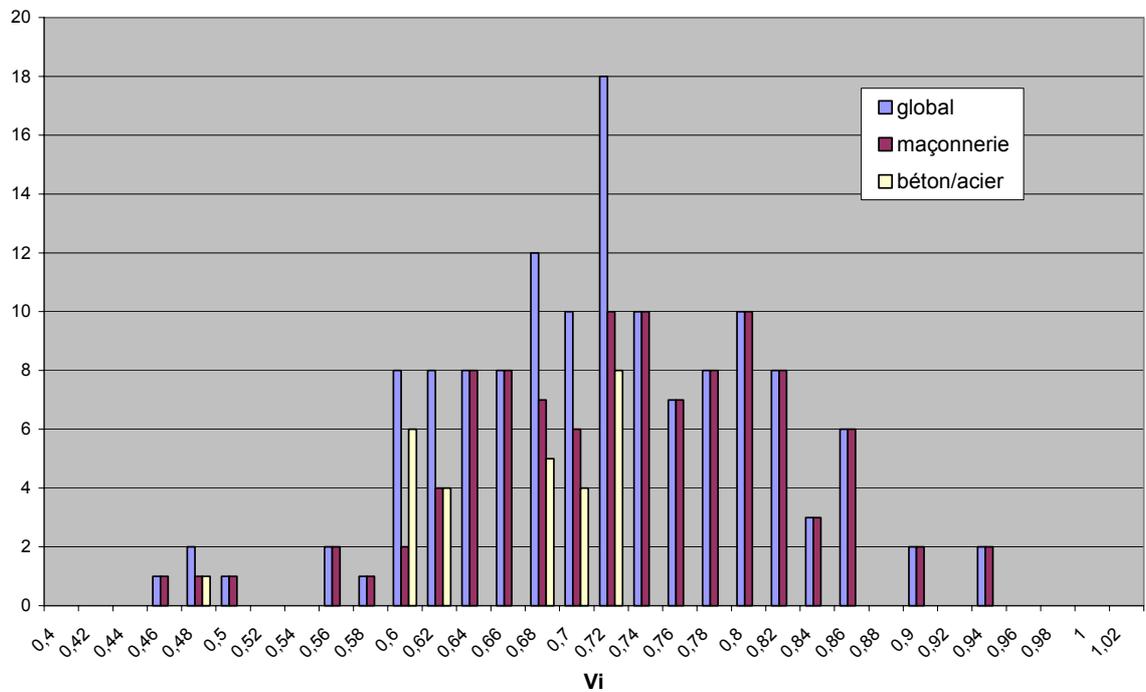


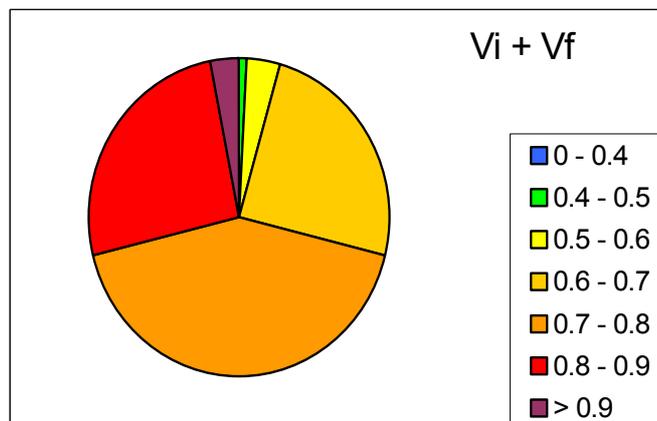
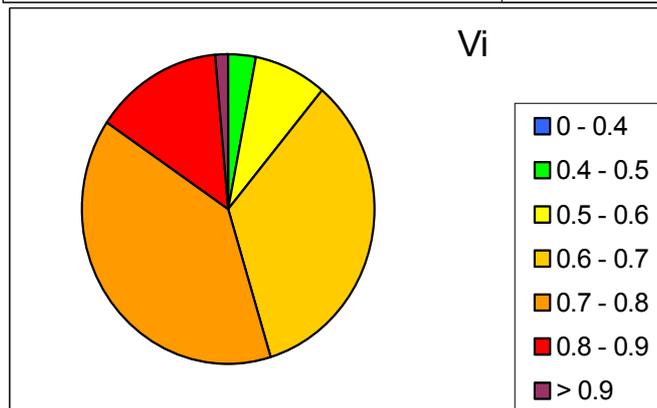
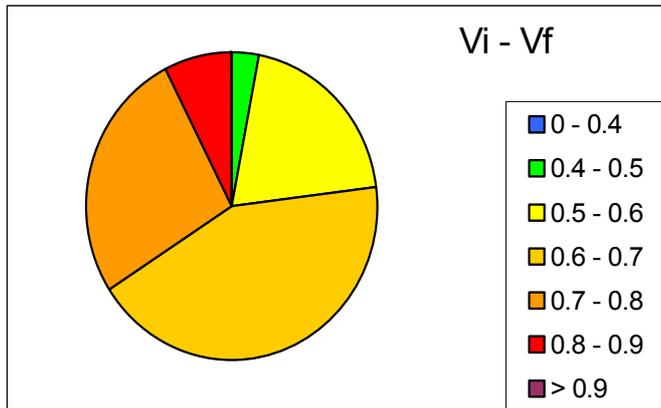
Pessicart (14)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	20.8%	12.1%	1.2%
0.4 - 0.5	12.1%	18.5%	24.9%
0.5 - 0.6	12.1%	12.1%	9.2%
0.6 - 0.7	39.3%	26.6%	17.9%
0.7 - 0.8	15.0%	23.1%	35.3%
0.8 - 0.9	0.6%	6.9%	11.0%
> 0.9	0.0%	0.6%	0.6%

Secteur 15 : Gare du Sud



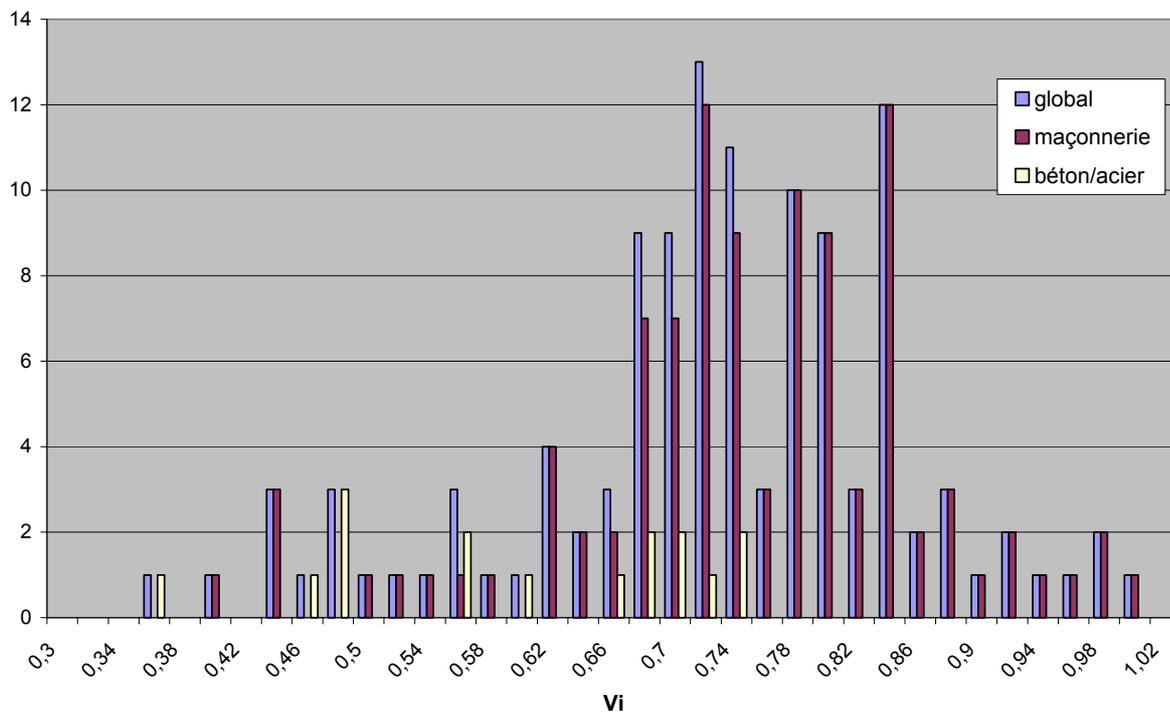
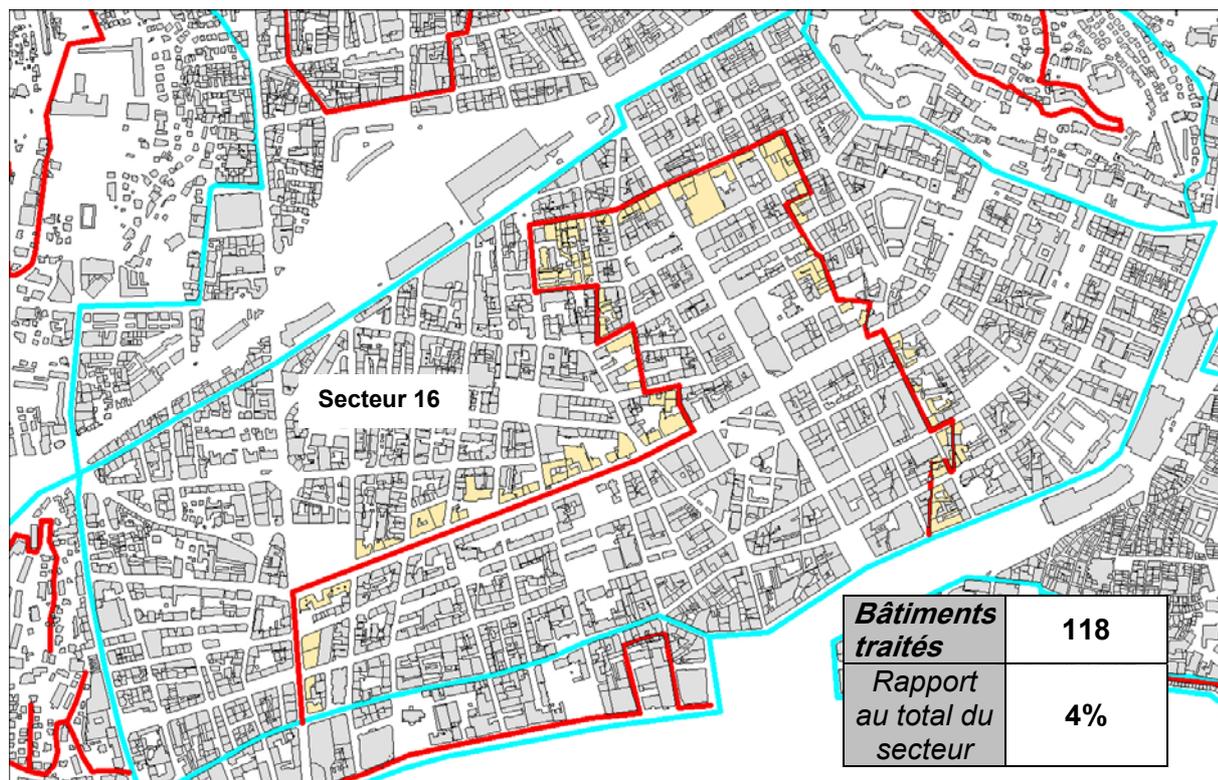
Bâtiments traités	135
Rapport au total du secteur	7%

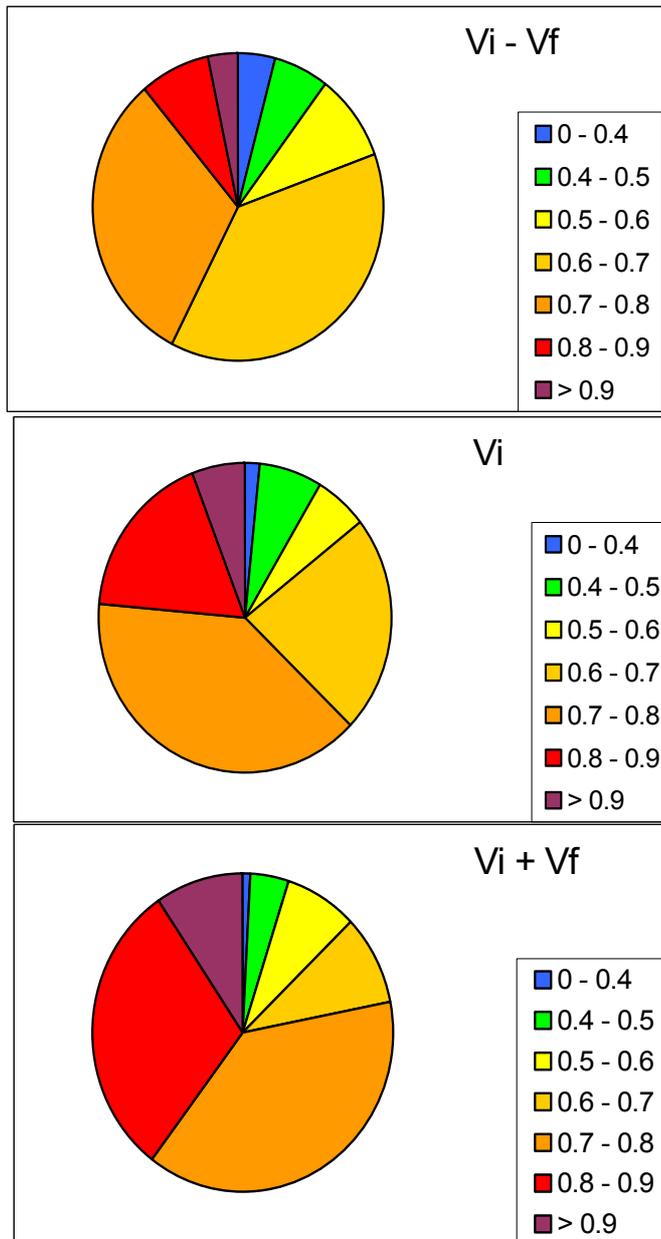




Gare du sud (15)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	0.0%	0.0%	0.0%
0.4 - 0.5	3.0%	3.0%	0.7%
0.5 - 0.6	20.0%	8.1%	3.7%
0.6 - 0.7	43.0%	34.1%	24.4%
0.7 - 0.8	26.7%	39.3%	42.2%
0.8 - 0.9	7.4%	14.1%	25.9%
> 0.9	0.0%	1.5%	3.0%

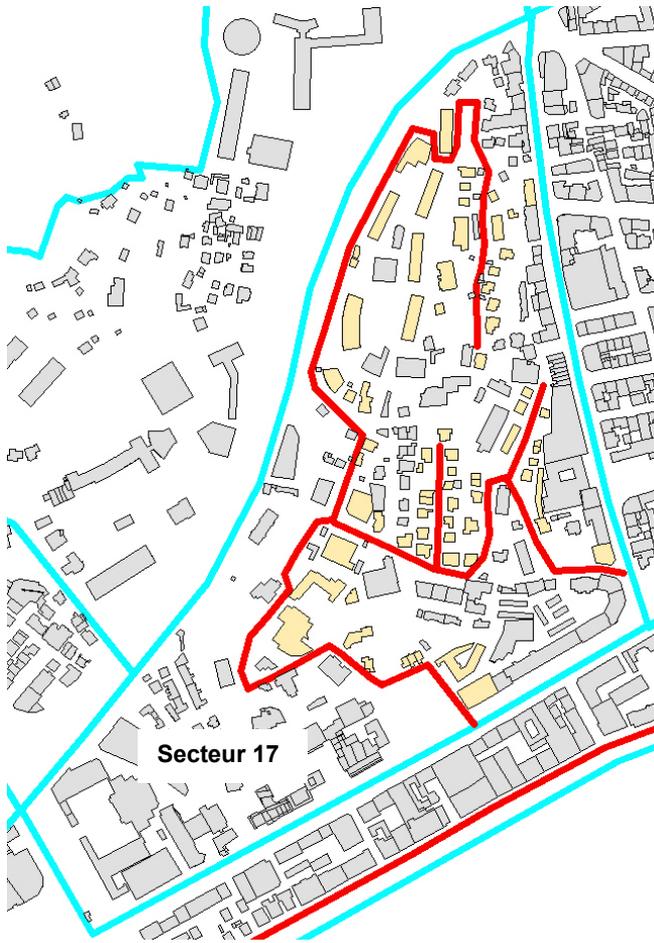
Secteur 16 : Centre



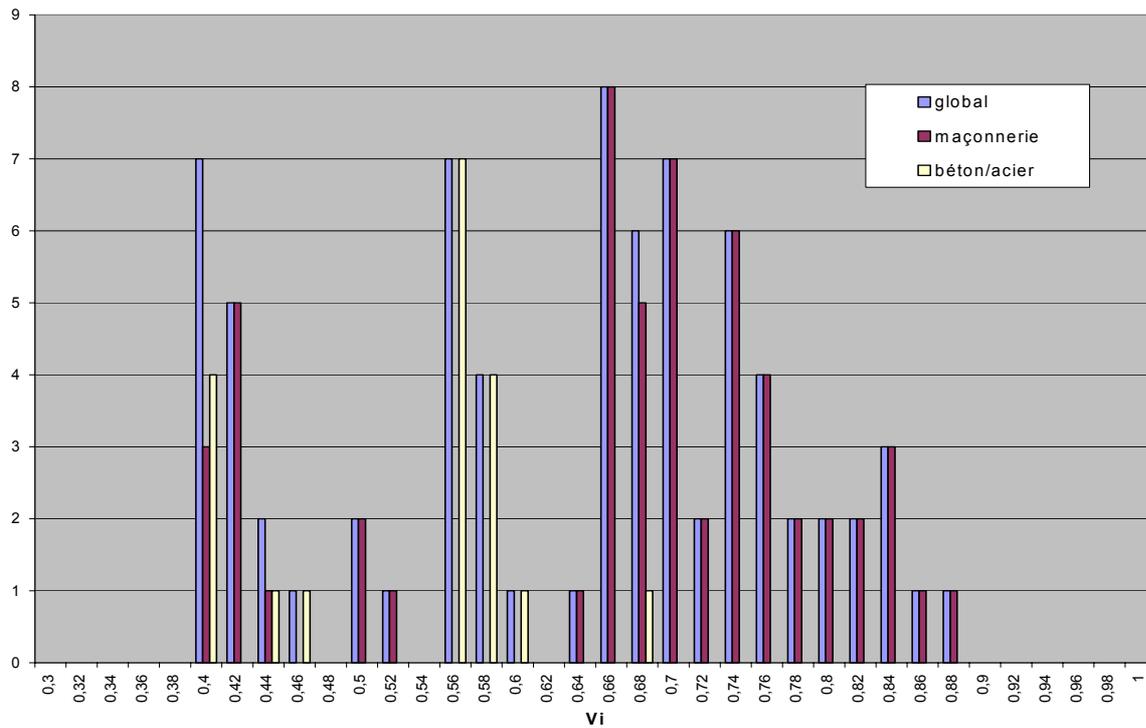


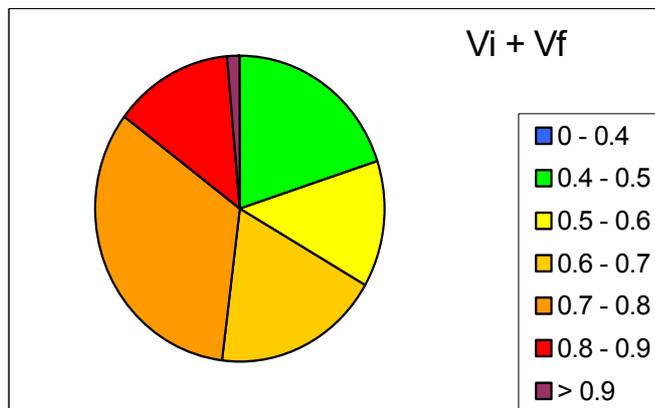
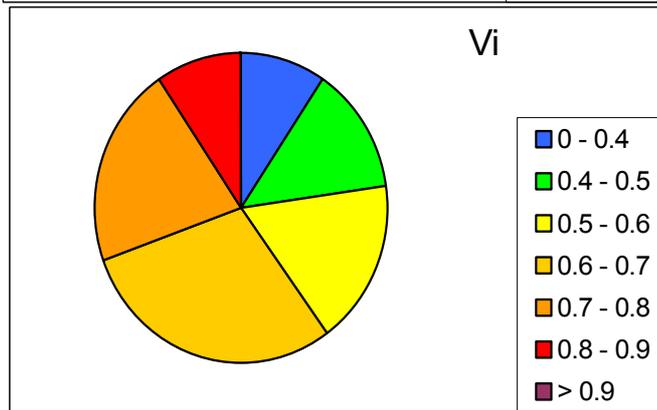
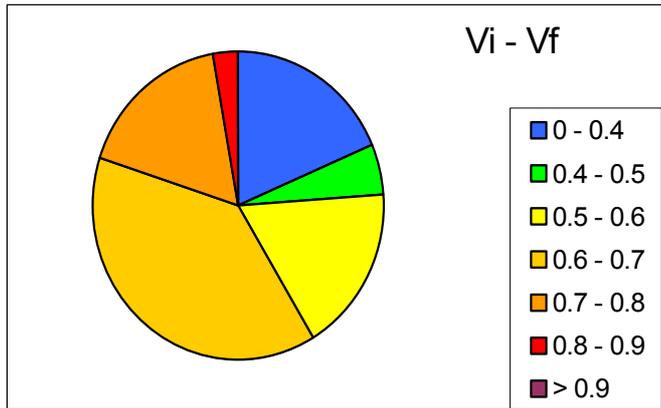
Centre (16)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	4.2%	1.7%	0.8%
0.4 - 0.5	5.9%	6.8%	4.2%
0.5 - 0.6	9.3%	5.9%	7.6%
0.6 - 0.7	38.1%	22.9%	9.3%
0.7 - 0.8	31.4%	39.0%	38.1%
0.8 - 0.9	7.6%	17.8%	30.5%
> 0.9	3.4%	5.9%	9.3%

Secteur 17 : Les Baumettes



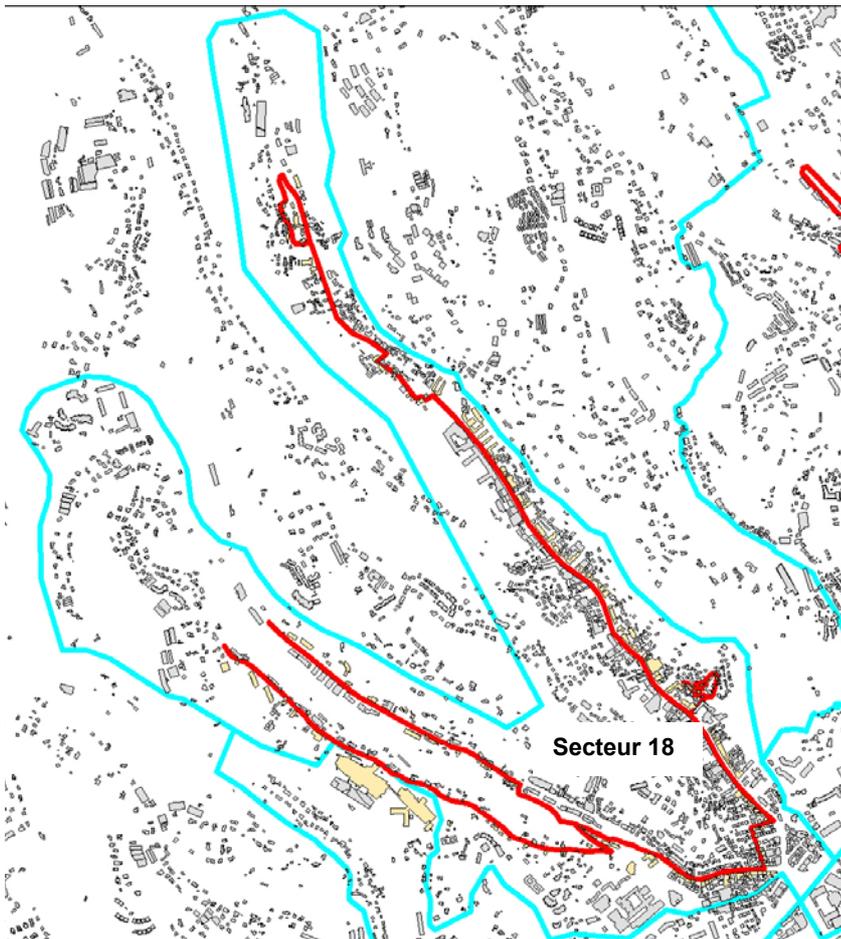
Bâtiments traités	75
Rapport au total du secteur	23%



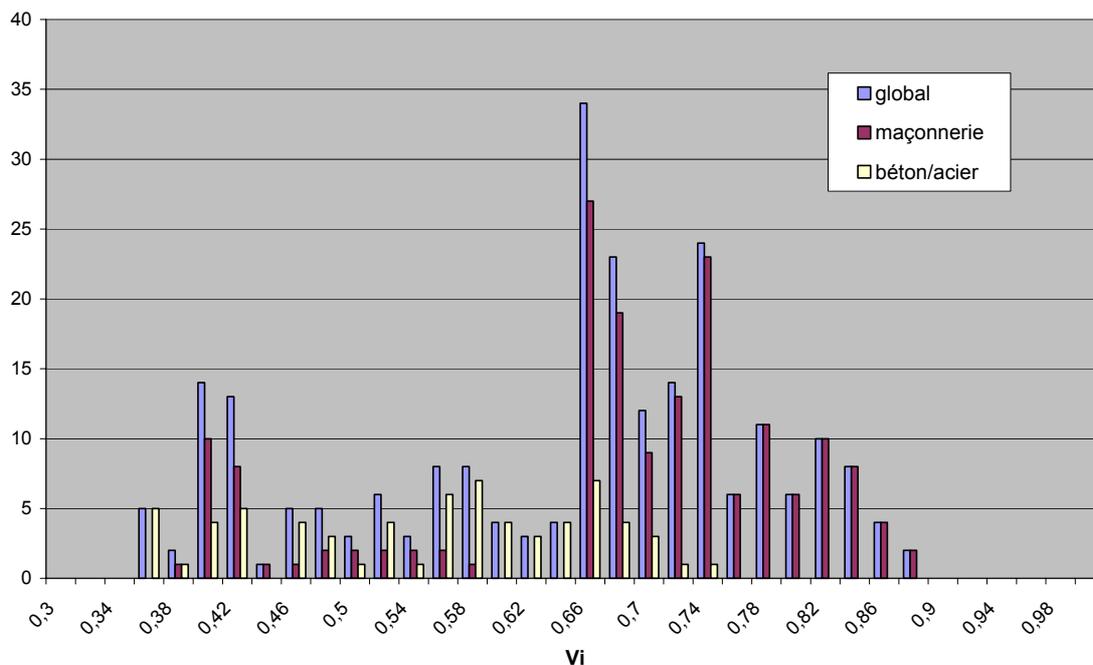


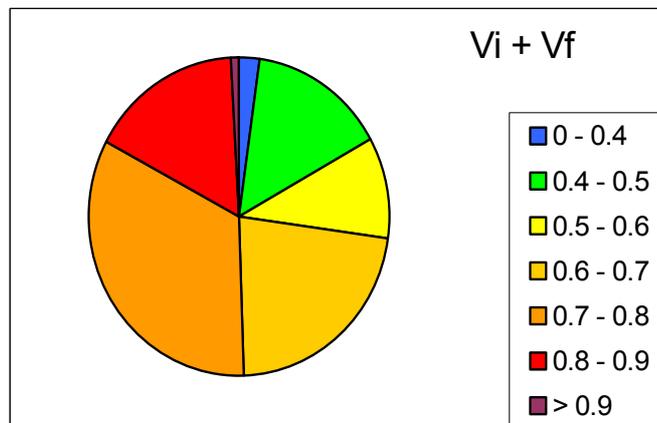
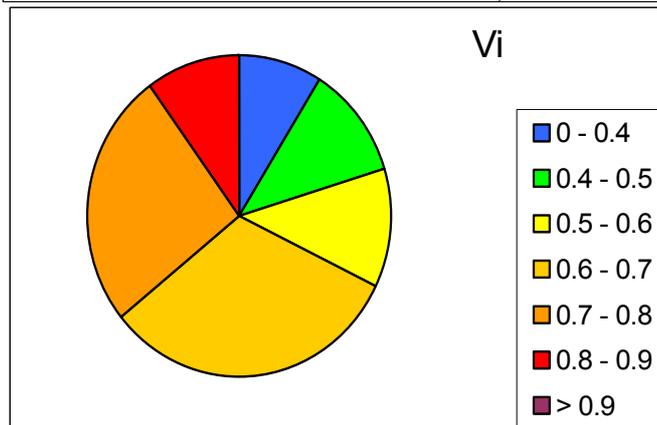
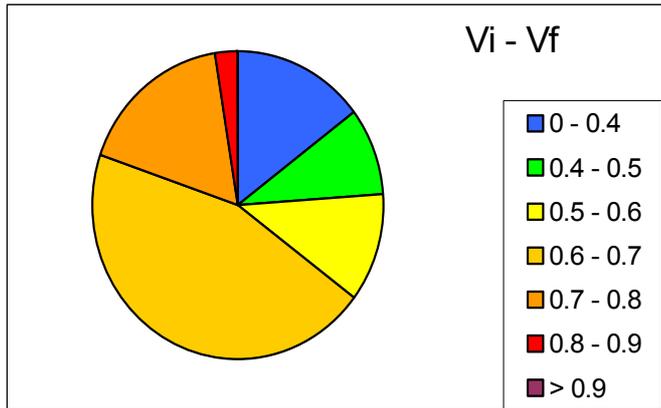
Les Baumettes (17)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	18.7%	9.3%	0.0%
0.4 - 0.5	5.3%	13.3%	20.0%
0.5 - 0.6	17.3%	17.3%	13.3%
0.6 - 0.7	38.7%	29.3%	18.7%
0.7 - 0.8	17.3%	21.3%	33.3%
0.8 - 0.9	2.7%	9.3%	13.3%
> 0.9	0.0%	0.0%	1.3%

Secteur 18 : Magnan



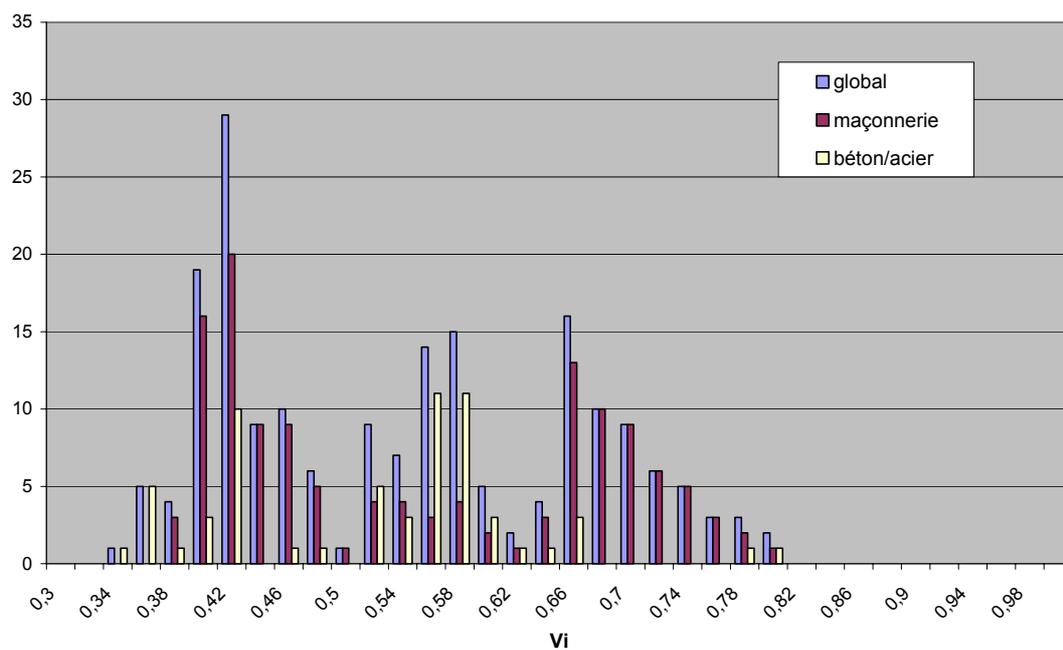
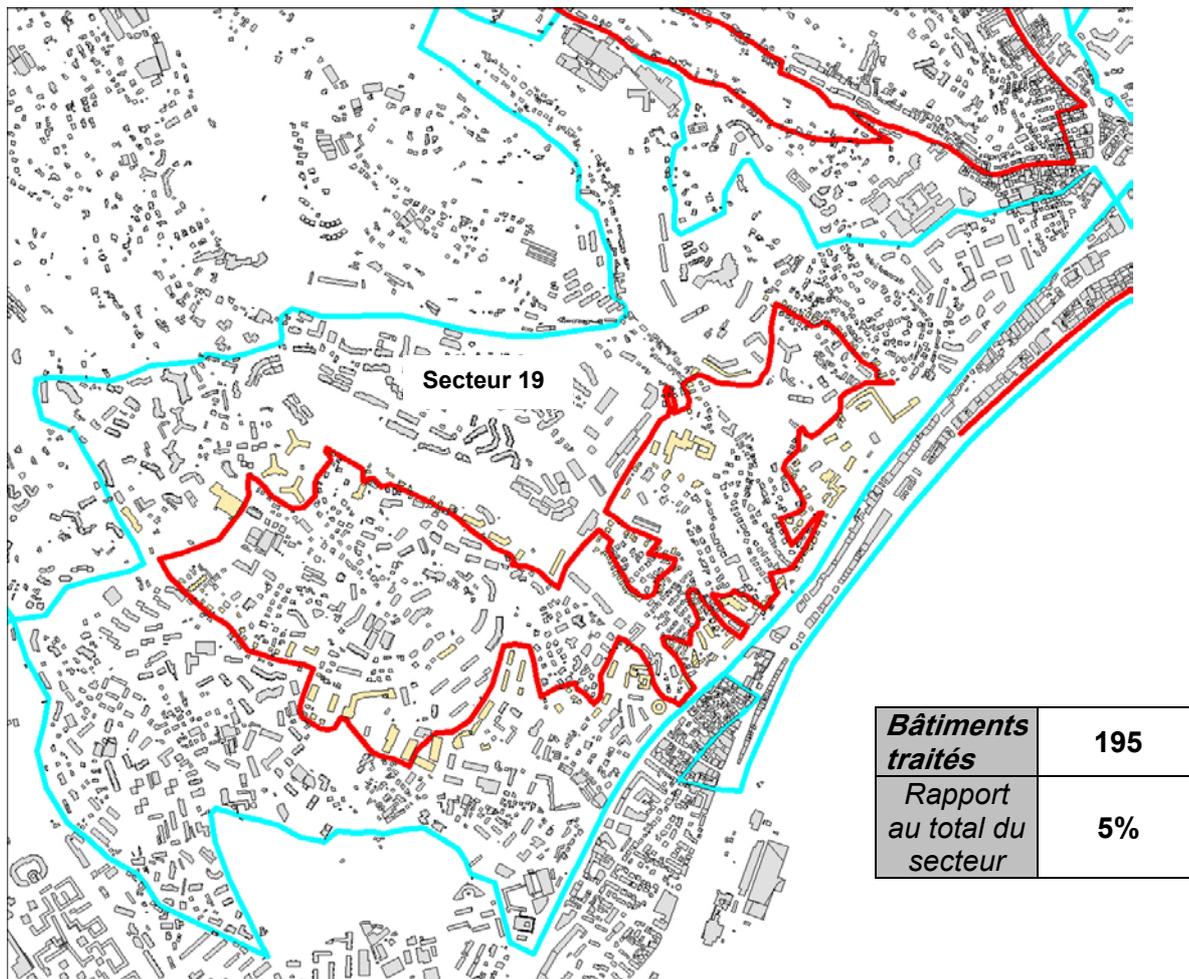
Bâtiments traités	238
Rapport au total du secteur	11%

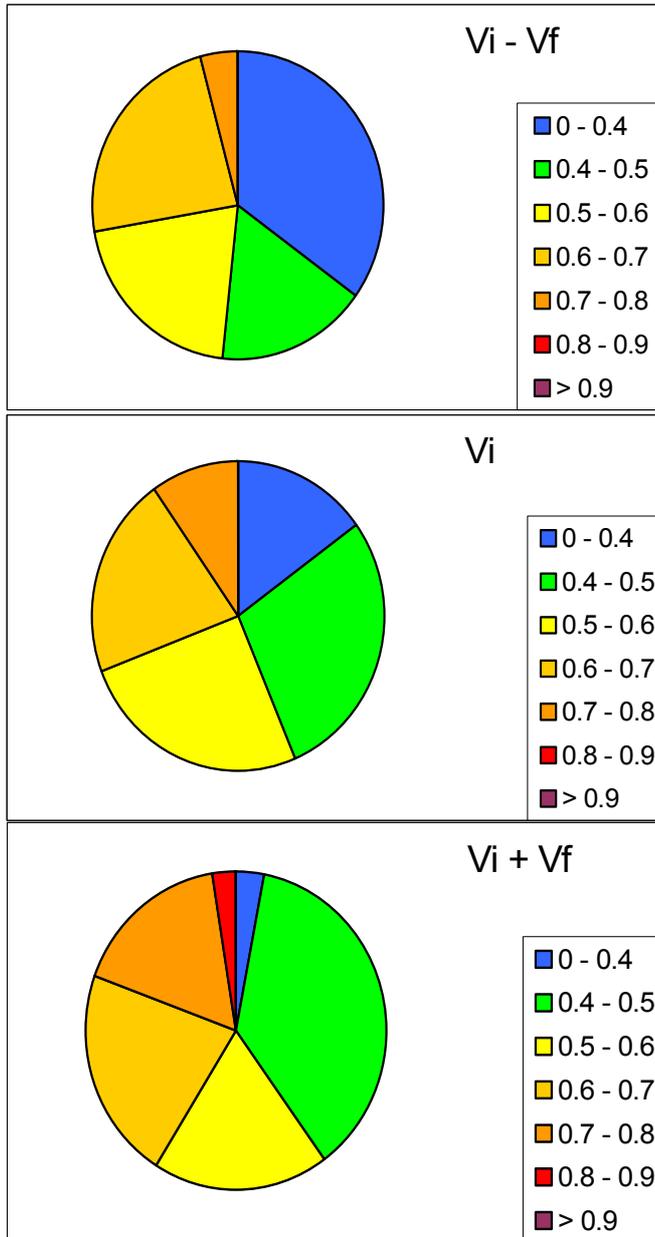




Magnan (18)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	14.7%	8.8%	2.1%
0.4 - 0.5	9.2%	11.3%	14.7%
0.5 - 0.6	11.3%	12.2%	10.5%
0.6 - 0.7	45.0%	31.9%	22.3%
0.7 - 0.8	17.2%	25.6%	33.2%
0.8 - 0.9	2.5%	10.1%	16.4%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.8%

Secteur 19 : Fabron



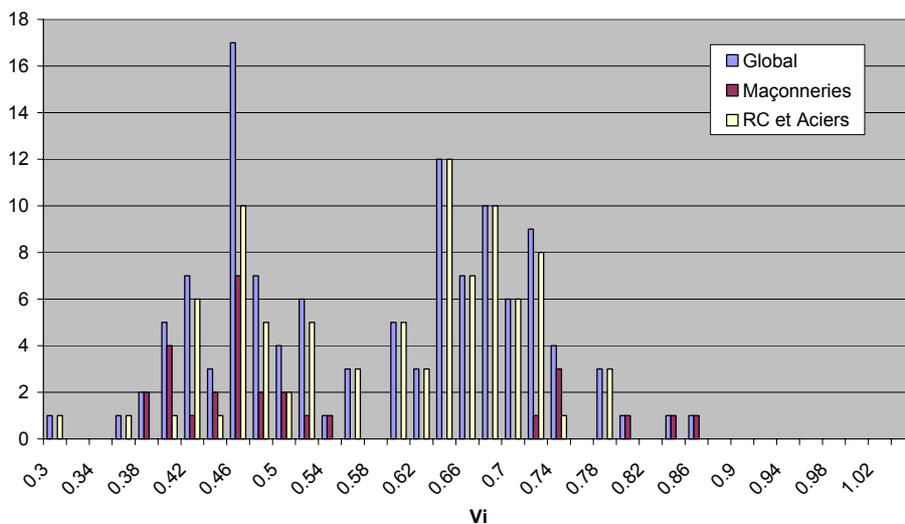


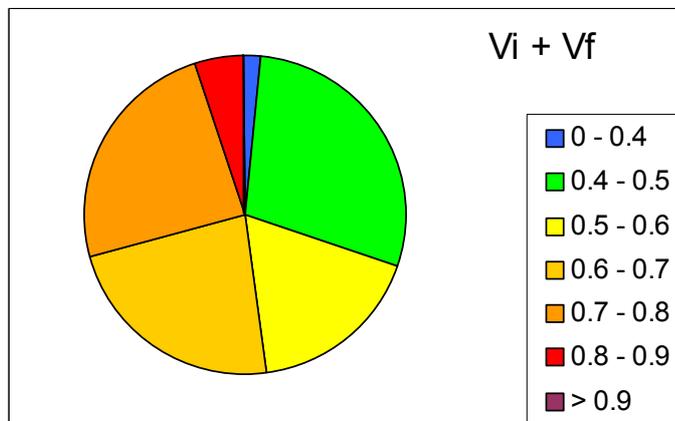
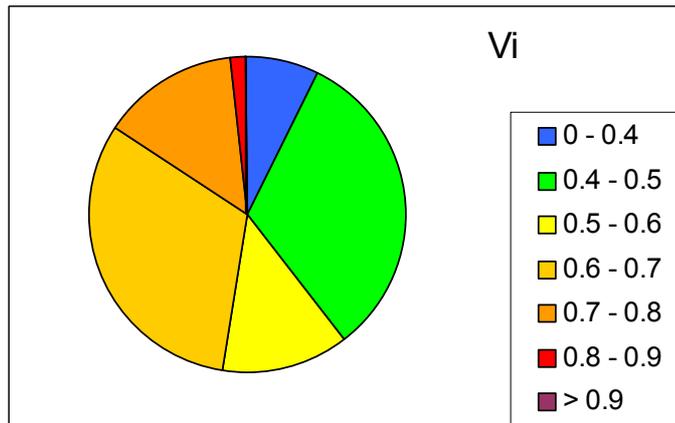
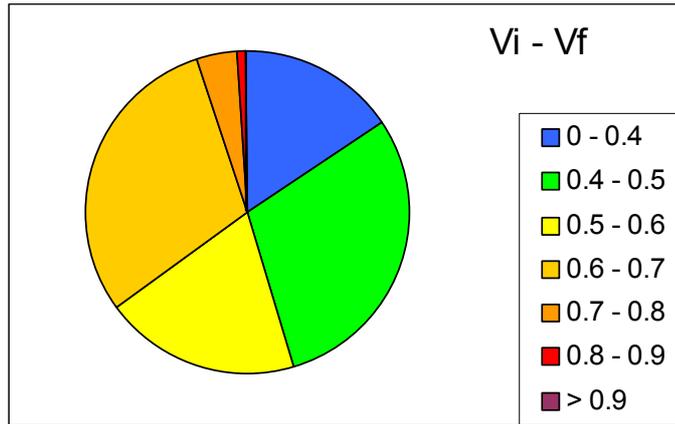
Fabron (19)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	34.9%	14.9%	3.1%
0.4 - 0.5	16.9%	28.7%	36.9%
0.5 - 0.6	20.5%	25.6%	19.0%
0.6 - 0.7	23.6%	21.0%	21.5%
0.7 - 0.8	4.1%	9.7%	16.9%
0.8 - 0.9	0.0%	0.0%	2.6%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 20 : Californie



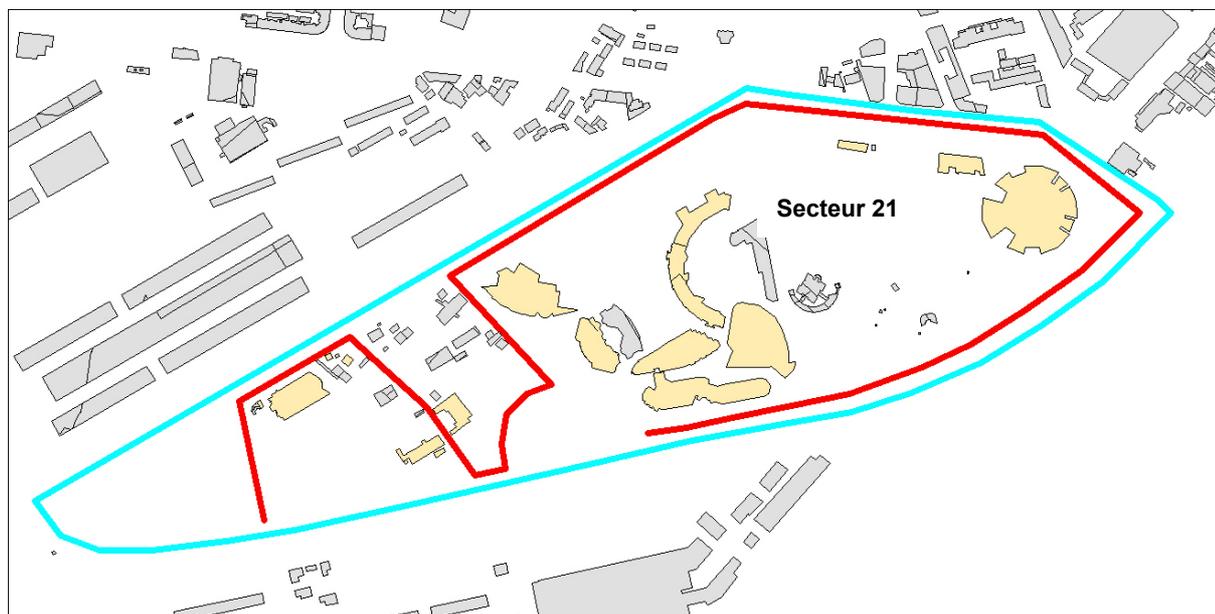
Bâtiments traités	119
Rapport au total du secteur	15%



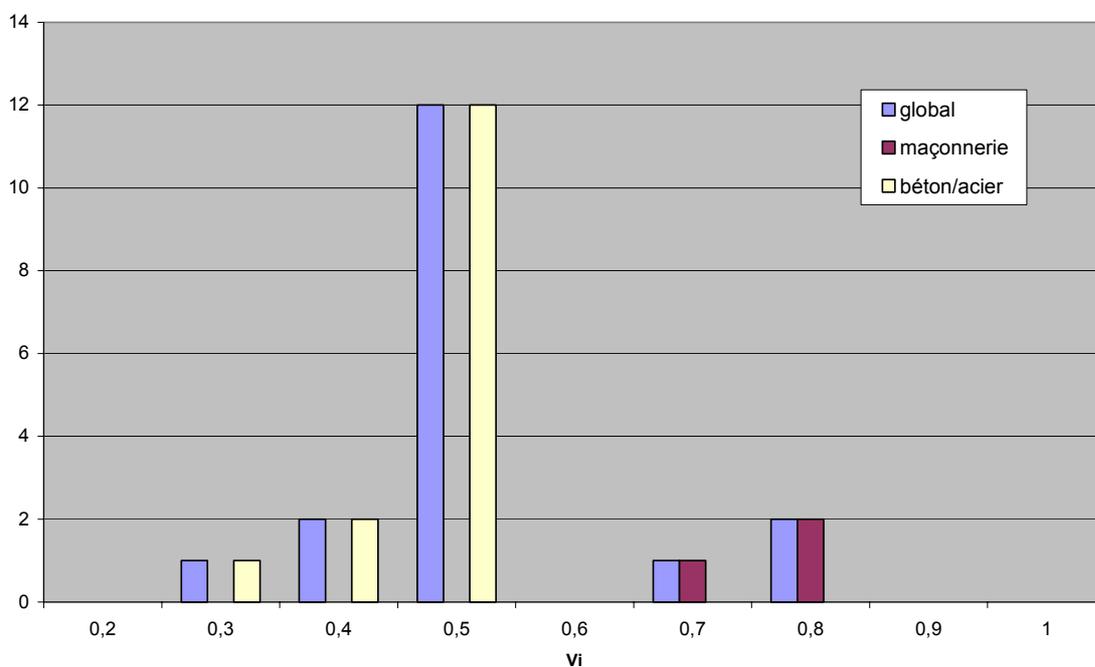


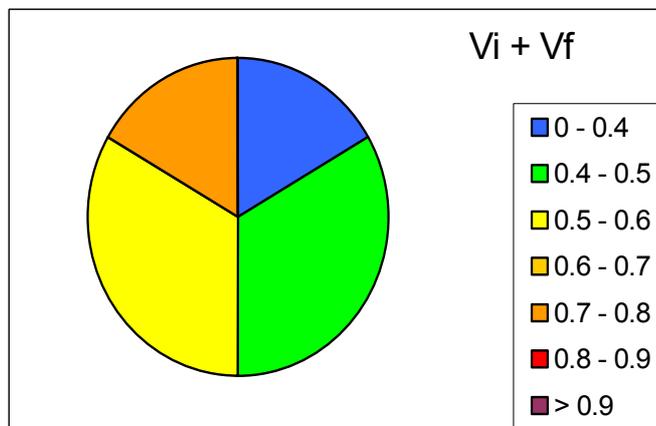
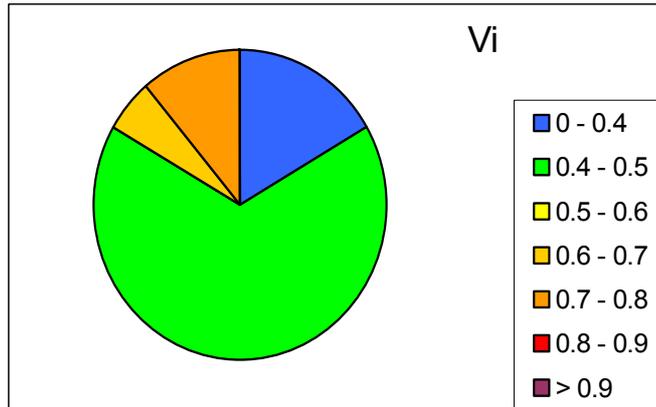
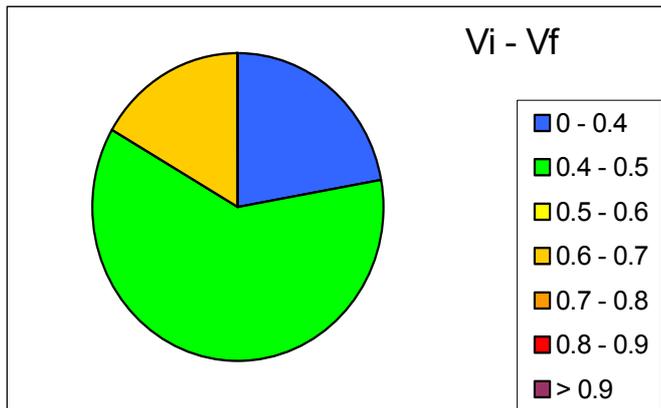
Californie (20)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	16.0%	7.6%	1.7%
0.4 - 0.5	29.4%	31.9%	28.6%
0.5 - 0.6	19.3%	12.6%	17.6%
0.6 - 0.7	30.3%	31.9%	22.7%
0.7 - 0.8	4.2%	14.3%	24.4%
0.8 - 0.9	0.8%	1.7%	5.0%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 21 : L'Arénas



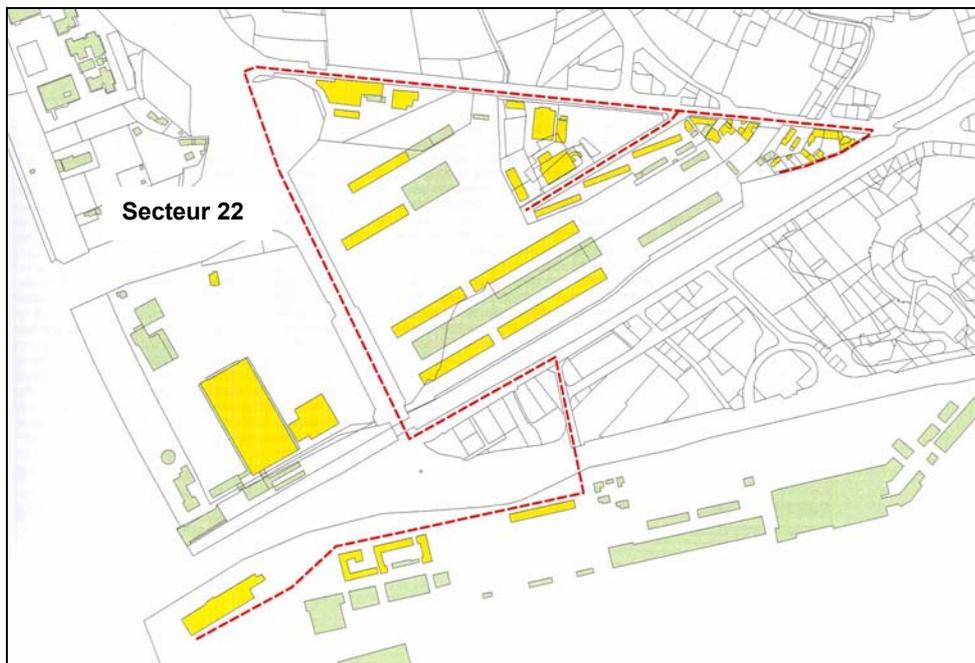
Bâtiments traités	18
<i>Rapport au total du secteur</i>	29%



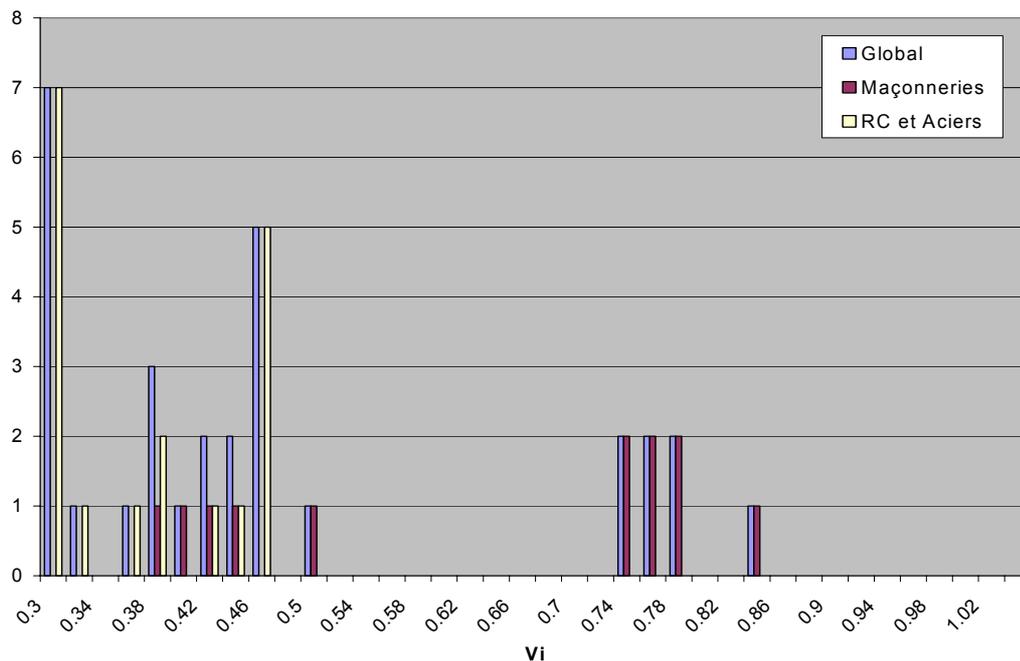


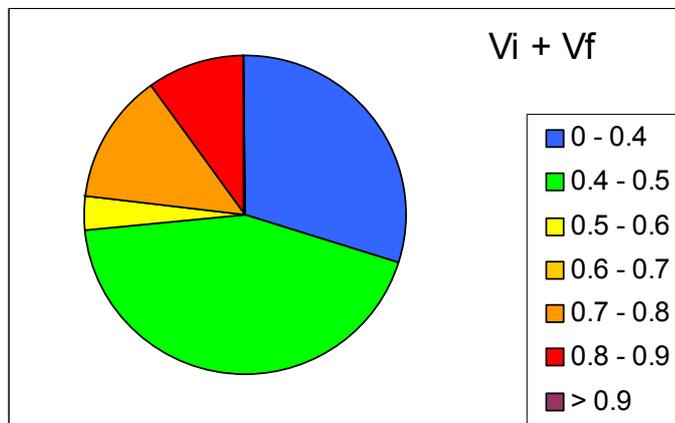
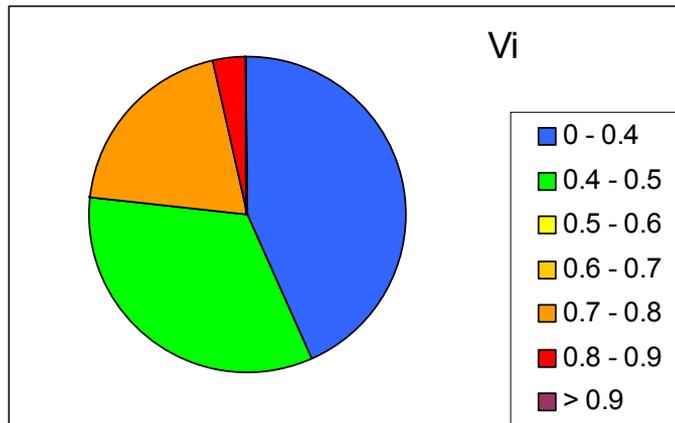
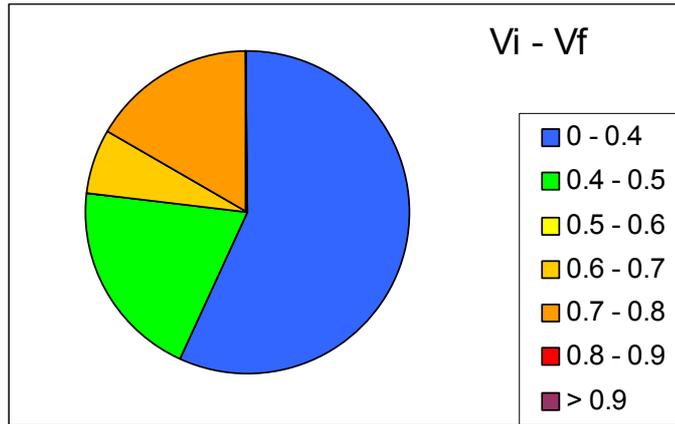
L'Arénas (21)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	22.2%	16.7%	16.7%
0.4 - 0.5	61.1%	66.7%	33.3%
0.5 - 0.6	0.0%	0.0%	33.3%
0.6 - 0.7	16.7%	5.6%	0.0%
0.7 - 0.8	0.0%	11.1%	16.7%
0.8 - 0.9	0.0%	0.0%	0.0%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 22 : M.I.N



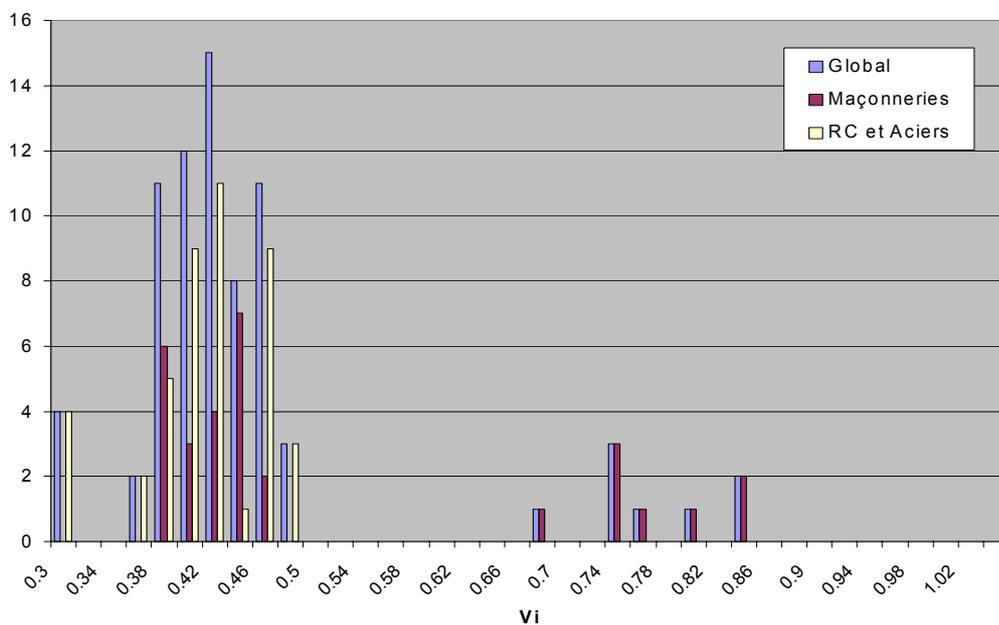
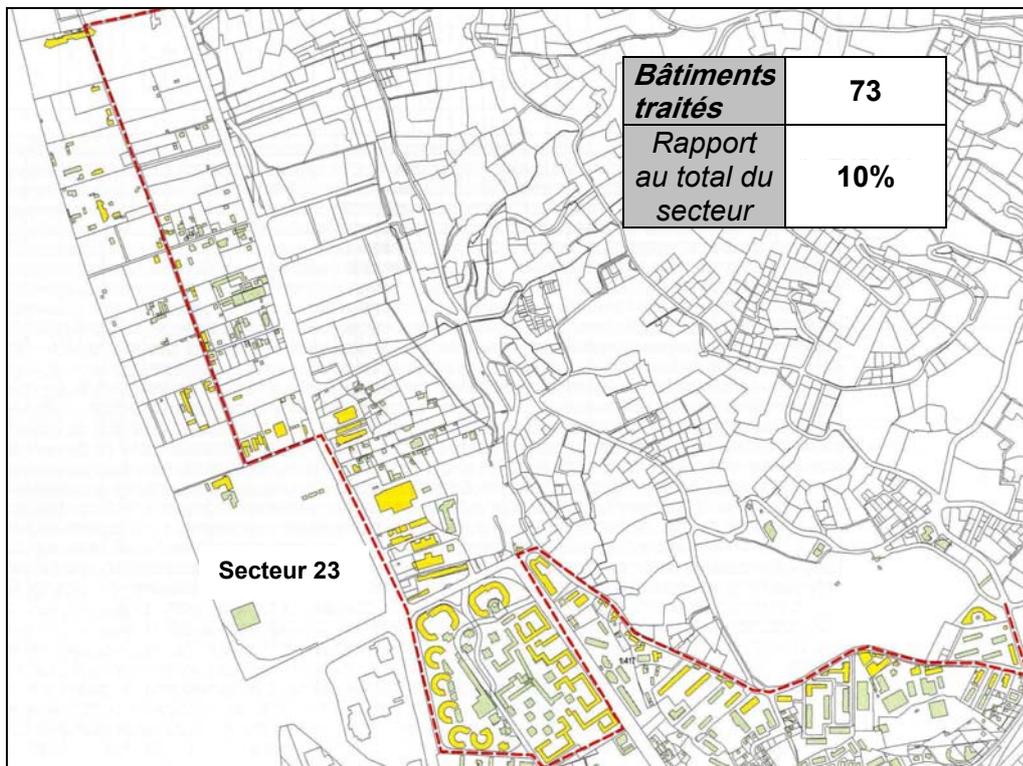
Bâtiments traités	30
Rapport au total du secteur	15%

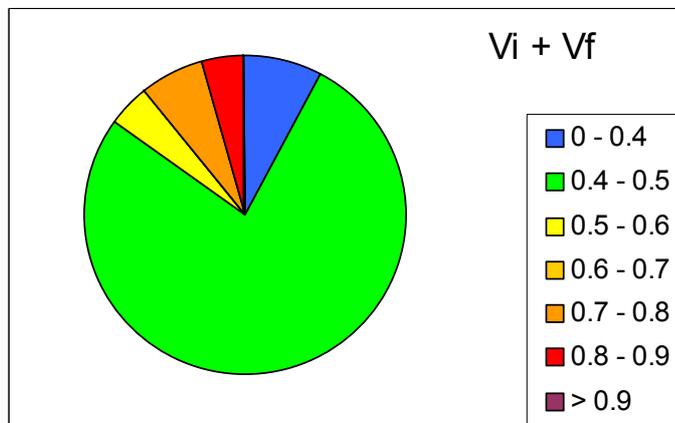
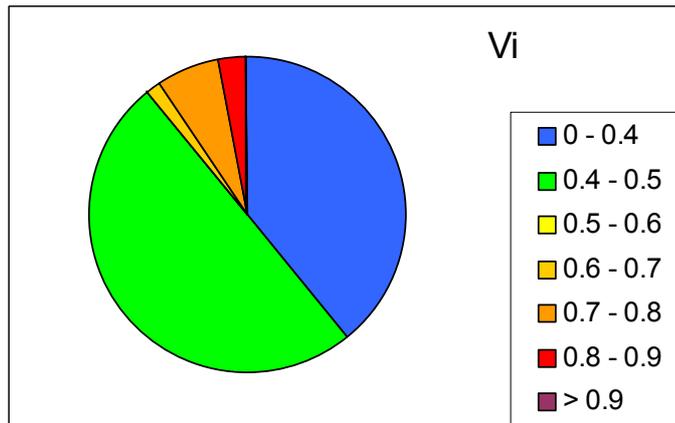
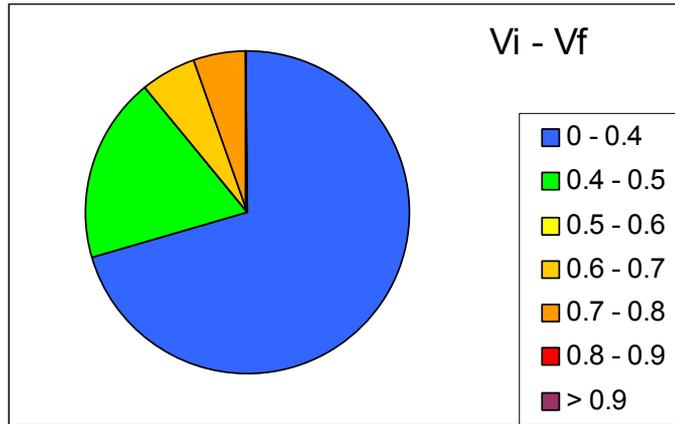




MIN (22)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	56.7%	43.3%	30.0%
0.4 - 0.5	20.0%	33.3%	43.3%
0.5 - 0.6	0.0%	0.0%	3.3%
0.6 - 0.7	6.7%	0.0%	0.0%
0.7 - 0.8	16.7%	20.0%	13.3%
0.8 - 0.9	0.0%	3.3%	10.0%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 23 : Les Moulins

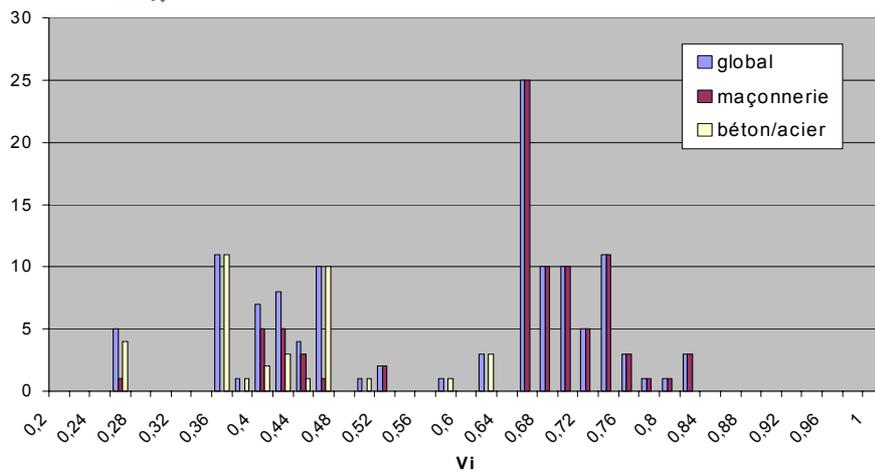


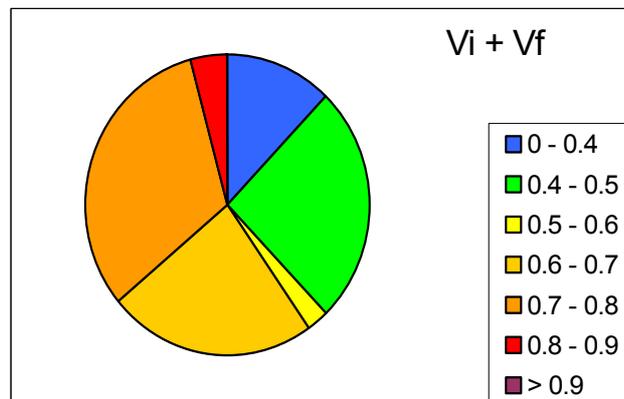
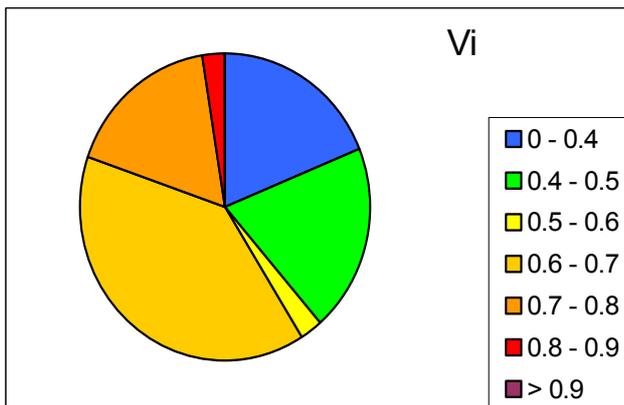
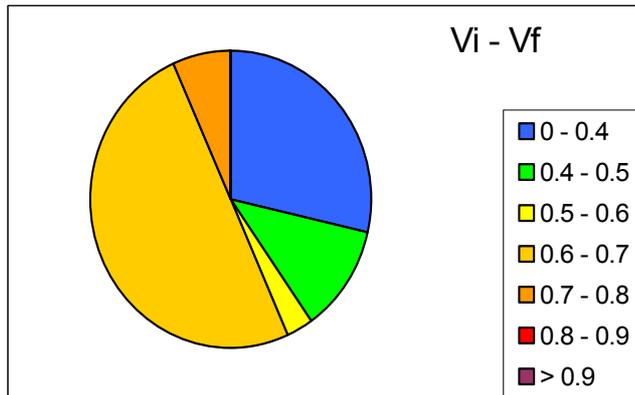


Les Moulins (23)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	70.3%	39.2%	8.1%
0.4 - 0.5	18.9%	50.0%	77.0%
0.5 - 0.6	0.0%	0.0%	4.1%
0.6 - 0.7	5.4%	1.4%	0.0%
0.7 - 0.8	5.4%	6.8%	6.8%
0.8 - 0.9	0.0%	2.7%	4.1%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 24 : Plaine du Var

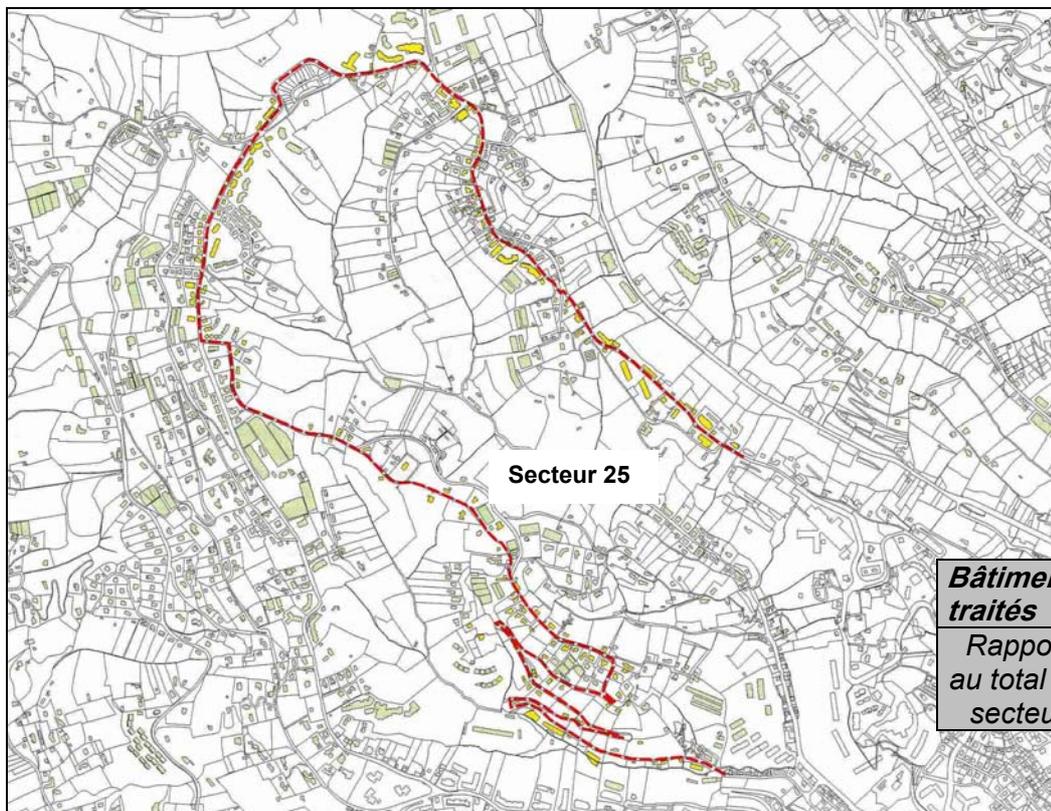
Bâtiments traités	122
Rapport au total du secteur	10%



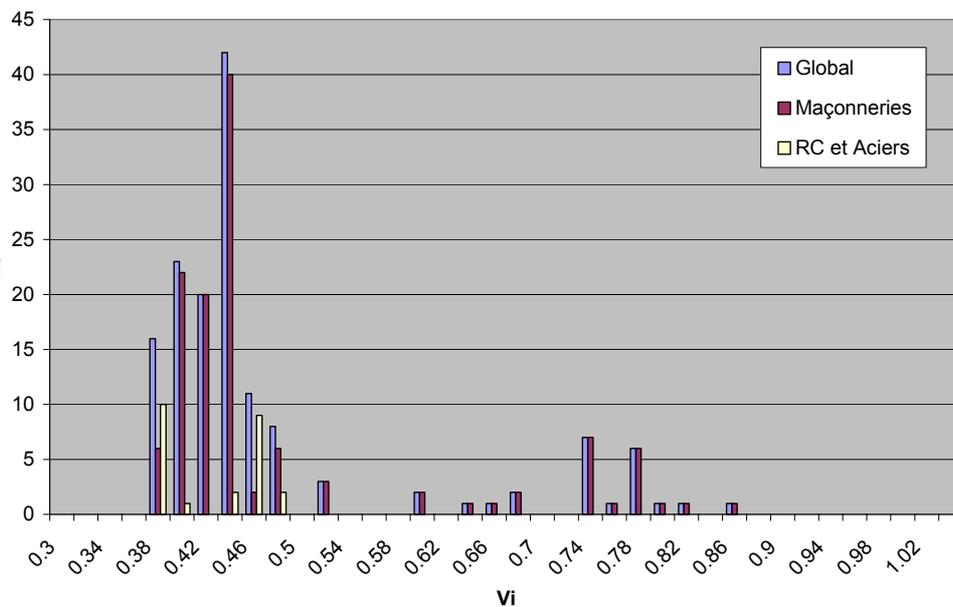


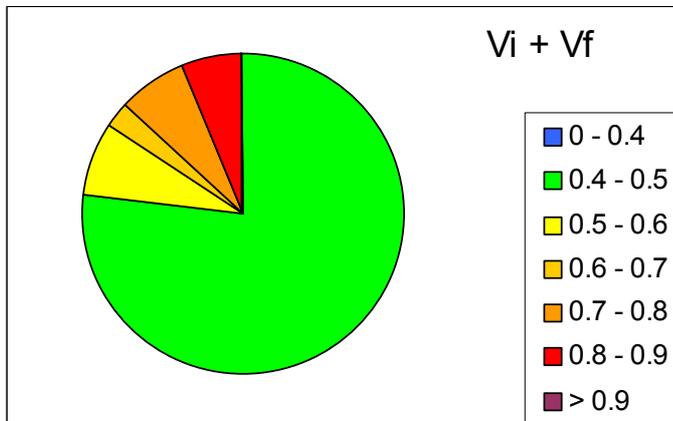
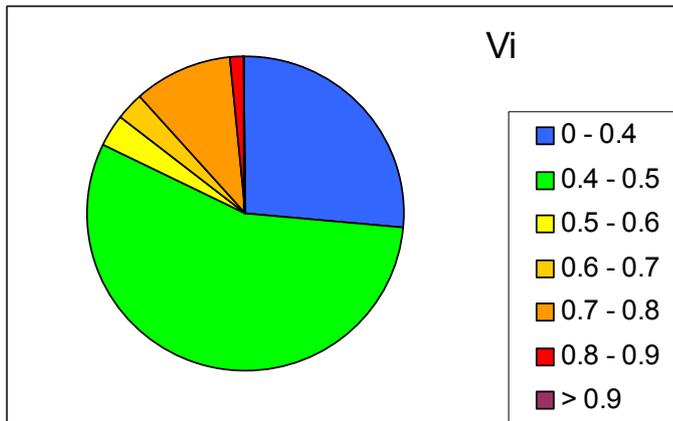
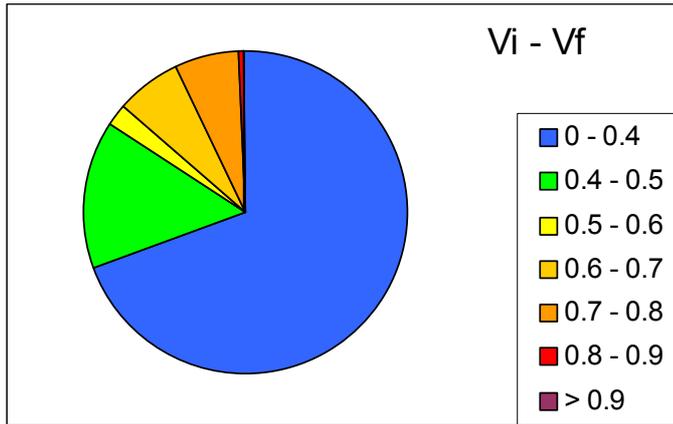
Plaine du Var (24)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	28.7%	18.9%	12.3%
0.4 - 0.5	11.5%	19.7%	25.4%
0.5 - 0.6	3.3%	2.5%	2.5%
0.6 - 0.7	50.0%	39.3%	23.8%
0.7 - 0.8	6.6%	17.2%	32.0%
0.8 - 0.9	0.0%	2.5%	4.1%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 25 : Les Collines



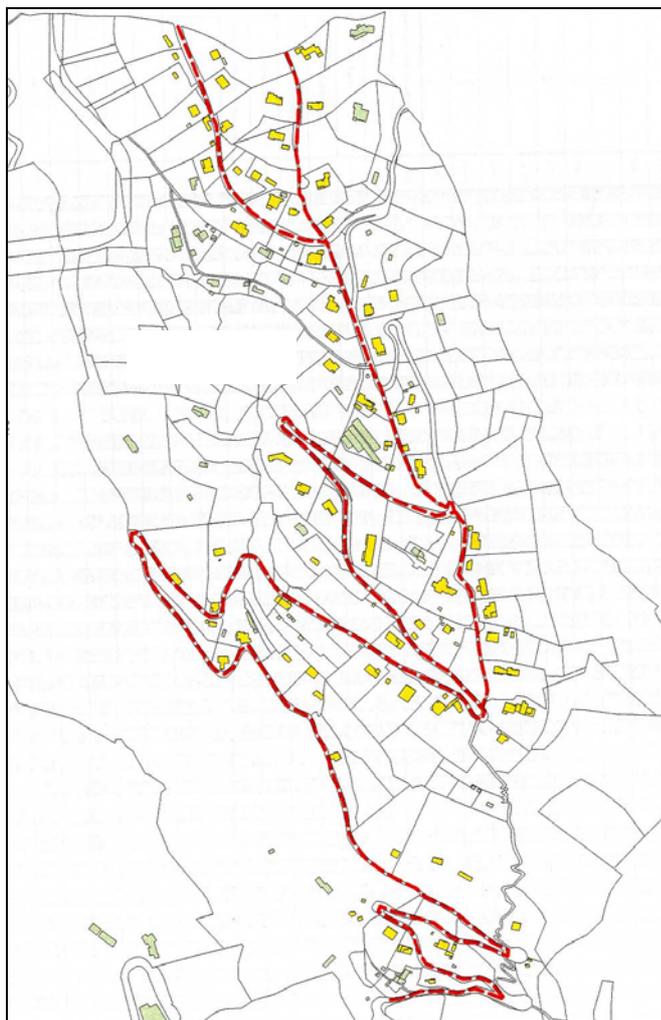
Bâtiments traités	146
Rapport au total du secteur	2%



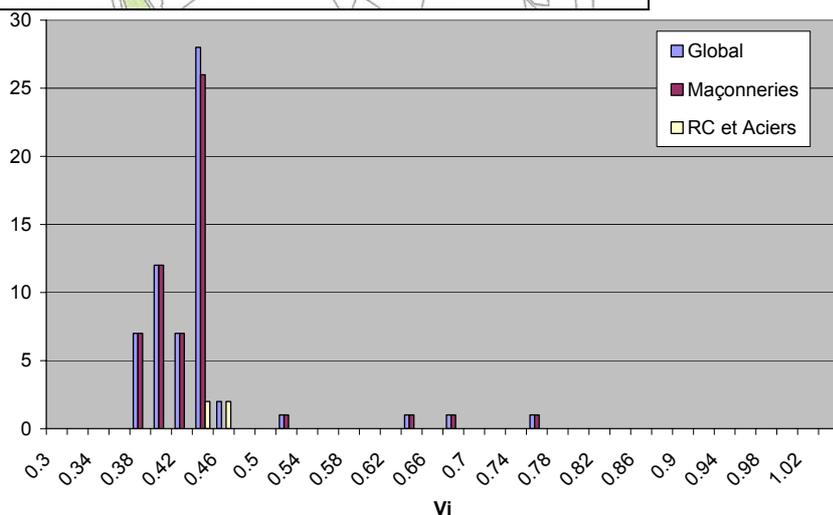


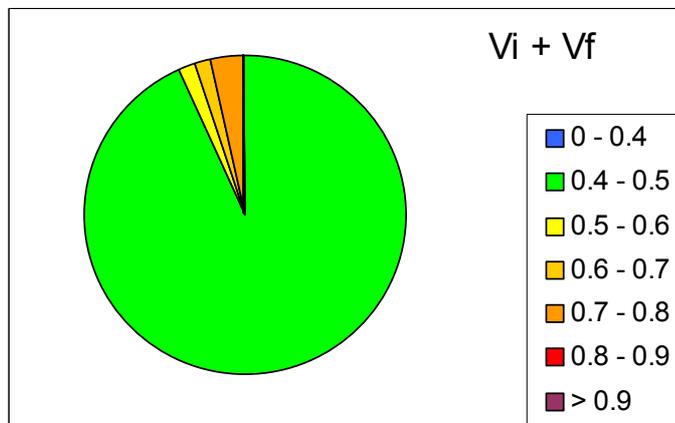
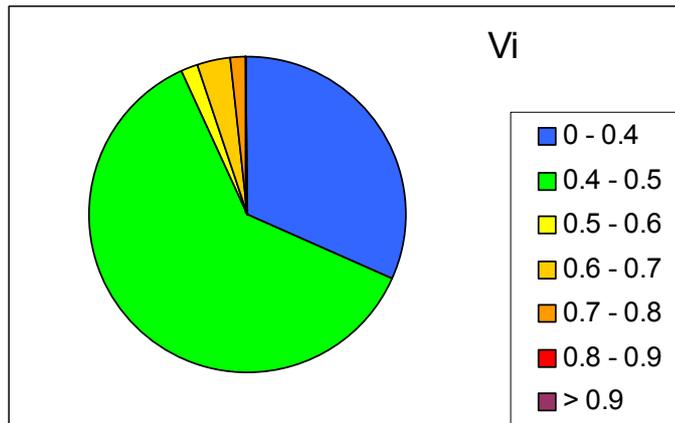
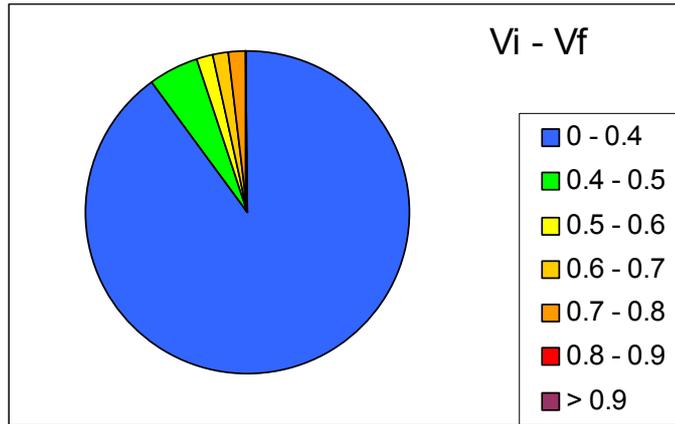
Les Collines (25)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	69.2%	26.7%	0.0%
0.4 - 0.5	15.1%	55.5%	76.7%
0.5 - 0.6	2.1%	3.4%	7.5%
0.6 - 0.7	6.8%	2.7%	2.7%
0.7 - 0.8	6.2%	10.3%	6.8%
0.8 - 0.9	0.7%	1.4%	6.2%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Secteur 26 : Ariane Nord



Bâtiments traités	60
Rapport au total du secteur	11%





Ariane Nord (26)	$V_i - V_f$	V_i centré	$V_i + V_f$
0 - 0.4	90.0%	31.7%	0.0%
0.4 - 0.5	5.0%	61.7%	93.3%
0.5 - 0.6	1.7%	1.7%	1.7%
0.6 - 0.7	1.7%	3.3%	1.7%
0.7 - 0.8	1.7%	1.7%	3.3%
0.8 - 0.9	0.0%	0.0%	0.0%
> 0.9	0.0%	0.0%	0.0%

Annexe 3

Note complémentaire suite à la réunion de travail du projet RISK-UE à Paris, les 1^{er} et 2 septembre 2004.

Après discussions durant cette réunion, il a été décidé de modifier certains points de la méthodologie pour prendre en compte la variabilité de précision des données selon les villes.

La méthodologie de calcul de scénarios sismiques décrite dans le WP07 devrait être utilisée autant que possible si les données disponibles sont suffisamment précises. Dans le cas contraire, la méthode simplifiée qui suit devrait être utilisée :

- pour l'estimation des décès, on considérera que 30 % des personnes se trouvant dans un bâtiment subissant un degré de dommage D5 décéderont. On supposera qu'il n'y a pas de décès supplémentaires dans le cas de degré de dommage inférieurs. ;
- on considérera uniquement les bâtiments résidentiels, sans prendre en compte ceux accueillant du public ;
- le scénario considéré sera celui d'un séisme ayant lieu la nuit, et on estimera que 80 % de la population vivant dans la zone d'étude sera touchée par l'événement ;
- pour les coûts économiques directs, on considérera un coût de réparation moyen par m² de surface construite (et non pas de surface au sol, on prend donc en compte le nombre d'étages), compris entre la moitié et le tiers du prix de vente. Le taux de réparation selon le degré de dommage sera le suivant :
 - D4 et D5 : 100 % du bâtiment à réparer ;
 - D3 : 50 % ;
 - D2 : 10 à 20 % ;
 - D1 : 2 à 5 % ;
 - D0 : 0%.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service Aménagement et Risques Naturels
Unité ARN/RGC
117, avenue de Luminy, BP 167
13 276 Marseille Cedex 09 - France
Tél. : 04 91 17 74 74 – Fax : 04 91 17 74 75