



**HAL**  
open science

**Le risque de tsunami sur le littoral azuréen :  
contribution méthodologique pour la détermination de  
sites refuges en cas de submersion marine par tsunami  
d'origine sismique**

Maud Bantegnie

► **To cite this version:**

Maud Bantegnie. Le risque de tsunami sur le littoral azuréen : contribution méthodologique pour la détermination de sites refuges en cas de submersion marine par tsunami d'origine sismique. Ingénierie de l'environnement. 2015. dumas-01281953

**HAL Id: dumas-01281953**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01281953v1>**

Submitted on 3 Mar 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

*MASTER 2 mention « Sciences du territoire »*

*Spécialité « Systèmes Territoriaux, Aide à la  
Décision, Environnement » (STADE)*

*Institut de Géographie Alpine – Grenoble I*

# Le risque de tsunami sur le littoral azuréen : Contribution méthodologique pour la détermination de sites refuges en cas de submersion marine par tsunami d'origine sismique

Présenté par Maud Bantegnie

Mémoire réalisé au laboratoire Géoazur UMR 7329,  
Sophia Antipolis (06)

Soutenu à Grenoble le 07 septembre 2015 devant un jury composé de :

- **Maitre de stage : Damienne Provitolo, Chercheur CNRS, Géoazur**
- **Tuteur universitaire : Elise Beck, Enseignant-chercheur PACTE**
- **Membre du Jury : Céline Lutoff, Enseignant-Chercheur PACTE**





**RESUME**

**RESUME autre langue**

## REMERCIEMENTS

Mes premiers remerciements s'adressent à Damienne Provitolo sans qui je n'aurai pas pu réaliser ce stage. Je la remercie de m'avoir donné l'opportunité de vivre ces cinq mois à ses côtés (au sens propre du terme), ce stage étant réellement ce que j'attendais d'un stage de fin de master 2. Merci pour tout ce qu'elle a pu m'apprendre, pour ses conseils avisés, sa confiance et pour le temps qu'elle a accordé aux nombreuses relectures de mon mémoire ! Merci pour tout ça, et merci pour l'expérience que j'ai pu en retirer.

Je tiens également à remercier l'ensemble des membres de Géoazur qui m'ont permis de réaliser ce stage dans les meilleures conditions. Merci à Valérie Mercier-Valero pour le temps qu'elle a accordée au traitement et à la mise en place de toute la partie administrative de ce stage, merci à Jenny Trévisan pour les réponses à mes questions et son aide précieuse avec l'utilisation du logiciel ArcGis, merci à Julien Ollivier pour m'avoir aidée à m'installer informatiquement parlant, lors de mon arrivée. Fabienne, Candice, Véronique, Reine et tous les protagonistes du premier étage, un grand merci pour ces échanges de couloirs toujours dans la bonne humeur et avec le sourire. Ne vous en faites pas, mon bronzage va finir par partir !

Ce stage n'aurait pas été le même sans les Doctorants et autres stagiaires et sans les innombrables « pauses » Belotte et Tarot à toutes heures du jour. Je ne pourrais plus jamais jouer aux cartes sans penser à vous, merci Maëlle, Chloé, Mathilde, Matthieu, Davide, Gustavo, Lambert, Clément et tous les autres. La liste est longue, mais nous formions une bonne équipe, et nous en avons gagnées (et/ou perdues) des parties ensemble ! De bonnes tranches de rigolades, de bons moments dans la joie et la bonne humeur. Voilà comment je résumerai ces moments passés avec vous, et plus généralement l'ambiance au sein de Géoazur. Merci à tous.

Je tiens à remercier le Service Départemental d'Incendie et de Secours des Alpes Maritimes pour avoir participé à ce stage par le biais des nombreuses données sans lesquelles je n'aurais pu mener à bien mon étude.

Un grand merci à toute l'équipe pédagogique de l'IGA et du master STADE, pour leur implication dans cette nouvelle expérience qu'était ce stage. Merci Sylvain Bigot et surtout merci à Elise Beck d'avoir accepté d'être ma tutrice universitaire et de m'avoir soutenue et suivie tout au long de ce stage. Un grand merci également à Céline Lutoff pour avoir consenti à faire partie du jury de ce mémoire.

Je ne pourrai conclure ces remerciements sans penser à Éric et Betty, qui m'ont accueillie à bras ouverts dans leur maison, et qui m'ont permis de faire de ces cinq mois, une période importante de ma vie. Merci Betty de m'avoir fait découvrir de nouvelles sensations et merci d'avoir été là. Sans vous, ce stage n'aurait sans nul doute pas été le même ! Promis je reviendrai !

Un merci tout particulier à mes amis et ma famille, qui m'ont toujours soutenue, que ce soit depuis la région parisienne, depuis Grenoble, ou même depuis Tarascon. Ils étaient présents, toujours là pour m'encourager et me permettre d'avancer. Merci à vous sans qui je ne serais pas là, et surtout sans qui je ne serais pas celle que je suis. Un merci tout particulier à mon père Michel, pour avoir sacrifié son temps de retraité à traquer la moindre faute d'orthographe de ce mémoire (et c'est dire s'il y en avait !). Merci pour tes conseils et ton soutien.

Pour terminer, un grand merci général à tous ceux dont j'ai croisé la route au cours de cette expérience, on ne pouvait rêver mieux pour finir ses études ! Merci !

## RESUME

Aujourd'hui, lorsque l'on évoque les tsunamis, beaucoup d'entre nous pensent au tsunami du 26 décembre 2004 en Indonésie, ou à celui du 11 mars 2011 au Japon. A partir des études réalisées autour des failles sismiques présentes dans le bassin Méditerranéen au large de l'Algérie et dans le bassin Ligure, les chercheurs ont mis en évidence le fait que la côte azurée n'est pas à l'abri d'un tsunami, comme en témoignent les événements de 1564, 1887 et 1979. Si ce risque est bel est bien présent, en revanche les conséquences d'un tel phénomène touchant les côtes françaises restent bien moins dramatiques que les catastrophes récemment subies dans d'autres régions du globe. Quinze minutes serait alors le laps de temps pour évacuer les bords de mer et promenades avant l'arrivée du tsunami sur les côtes.

La gestion de ce temps réduit étant primordiale, il est important de se poser la question suivante : comment gérer ce temps de manière efficace afin que tout le monde soit à l'abri à l'arrivée de la vague ? Le but de ce mémoire est de mettre en place une méthodologie pour définir les sites refuges vers lesquels les évacués pourraient se diriger, soit dans le cas d'une évacuation planifiée (alerte tsunami), soit dans le cas d'une évacuation spontanée. Pour cela, nous avons mis en place une liste de neuf critères afin de mesurer la qualité de chaque site refuge, de la capacité d'accueil à l'identification du site en passant par l'accessibilité. Chacun de ces critères va être quantifié et qualifié par une note. Une fois ces notes mises bout à bout, il sera possible d'établir un indice de qualité qui définira l'appartenance de classe du site par rapport aux autres. Finalement cette étude nous a permis de définir une liste de Sites Refuges, répartis spatialement dans l'espace sur trois communes des Alpes Maritimes, et classés par niveau de qualité. Cette méthodologie peut donc être intégrée dans le cadre de la mise en place d'évacuation spontanée en cas de tsunami.

## ABSTRACT

Today, when we talk about tsunami, many people think of the tsunami of December 26<sup>th</sup> 2004 in Indonesia or of March 11<sup>th</sup> 2011 at the Japan. From studies made around the seismic fault present in the Mediterranean off the coast of the Algeria and also in Liguria basin, researchers have highlighted the fact that the Côte d'Azur is not safe to face the risk of tsunami as the events of 1564, 1887 and 1979 evidenced. Although this risk is purely and simply present, the consequences of such a phenomenon affecting the French coast are however much less spectacular than the recent disasters that struck other regions of the world. Fifteen minutes would be the time laps to evacuate of beaches and walks before the arrival of the tsunami on the coasts.

This time being reduced, it is important to ask the following question: How to handle this time in an efficient manner, so that everyone is safe at the arrival of the wave? The purpose of this master thesis is to create a methodology to define sites shelters on the continent that the population could use in the event of planned or spontaneous evacuation. We create a list of nine criteria in order to measure the quality of each sites shelter. Each criterion is be quantified and qualified by a note. With the notes added it is be possible to establish an index of quality which will define a hierarchized list of shelter sites. Finally, this study enables us to define a list of sites, distributed on three municipalities of the Alpes Maritimes, and classified by level of quality. This methodology can be integrated within the framework of the installation of spontaneous evacuation in the event of tsunami.

## LISTE DES ACRONYMES

ASTARTE: **A**ssessment **S**trategy **A**nd **R**isk for **T**sunamis in **E**urope

CEA: **C**ommissariat à l'Énergie **A**tomique

CENALT: **CEN**tre d'**AL**erte aux **T**sunamis

CEPRI: **C**entre **E**uropéen de **P**révention du **R**isque **I**nondation

COI: **C**ommission **O**céanographique **I**ntergouvernementale

CRED: **C**entre for **R**esearch on the **E**pidemiology of **D**isaster

DGSCGC : **D**irection **G**énérale de la **S**écurité **C**ivile et de la **G**estion de **C**rise

DICRIM : **D**ossier d'**I**nformation **C**ommunal sur les **R**isques **M**ajeurs

ERP: **E**tablishement **R**ecevant du **P**ublic

FEMA: **F**ederal **E**mergency **M**anagement **A**gency

NEAMTIC: **N**orth-**E**astern **A**tlantic, **M**editerranean and connected seas **T**sunami **I**nformation **C**enter

NEAMTWS: **N**orh-**E**ast Atlantic and **M**editerranean **T**sunami **W**arming **C**enter

PEZR : **P**oint d'**E**ntree en **Z**one **R**efuge

PPR : **P**lan de **P**révention des **R**isques

SDIS : **S**ervice **D**épartemental d'**I**ncendie et de **S**ecours

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	p8
INTRODUCTION .....	p9
PARTIE 1 : LA COTE D'AZUR ET LE PHENOMENE DE TSUNAMI.....	p11
Chapitre 1 : Le tsunami : Un risque naturel complexe mondialement surveillé .....	p11
Chapitre 2 : Le risque de Tsunami en Méditerranée occidentale : le cas du littoral azuréen .....	p20
PARTIE 2 : NOTION DE SITE REFUGE ET POSITIONNEMENT METHODOLOGIQUE .....	p27
Chapitre 3 : La notion de site refuge étudiée à travers une revue de littérature nationale et internationale .....	p27
Chapitre 4 : Les choix méthodologiques spécifiques à notre étude .....	p34
PARTIE 3 : RESULTATS, DISCUSSION ET LIMITES DE L'ETUDE .....	p50
Chapitre 5 : Sélection de données et mesures des Sites Refuges .....	p50
Chapitre 6 : Limites et perspectives de cette étude .....	p64
CONCLUSION .....	p69
BIBLIOGRAPHIE .....	p70
TABLE DES MATIERES .....	p 74
TABLE DES FIGURES .....	p77
TABLE DES TABLEAUX .....	p79
TABLE DES ANNEXES .....	p80
ANNEXE .....	p81

## AVANT-PROPOS

Avant de commencer ce mémoire, il est important de préciser le cadre dans lequel notre stage s'inscrit et les conditions dans lesquels il a été réalisé.

Ce stage, d'une durée de cinq mois, a été réalisé au laboratoire Géoazur, situé à Valbonne-Sophia Antipolis (06), dans l'équipe Aléas et Vulnérabilité : Couplages, Processus et Conséquences. Ce laboratoire de recherche a été créé en 1996 et regroupe différentes tutelles telles que l'Université de Nice Sophia Antipolis (UNS), le Centre National de Recherche Scientifique (CNRS), mais aussi l'institut de Recherche pour le Développement (IRD). Il conduit des actions de recherche et de développement en géosciences par des approches couplées Terre-Océan-Espace. Les principales thématiques abordées sont l'étude de la dynamique de la lithosphère et de la métrologie de la Terre et de l'Univers proche. Ces études prennent également en compte des enjeux sociétaux importants, notamment les aléas sismiques, gravitaires et tsunamigéniques, ou encore la surveillance du niveau moyen des mers.

Le laboratoire a une structure qui regroupe environ 175 personnes et est composé de six équipes thématiques :

- Aléas et vulnérabilités : Couplages, Processus et Conséquences
- Astrogéo : Géodésie et métrologie de l'univers proche
- Dynamique des Failles et des Séismes
- Dynamique des Marges Convergentes
- Imagerie et Ondes
- Dynamique Orogénique : Transferts et Couplages
- + une équipe associée Eau : Environnement et Innovative-City

L'équipe Aléas et vulnérabilités (qui est celle dans laquelle s'inscrit ce stage) est une équipe pluridisciplinaire animée par une même volonté, celle d'établir des passerelles entre les Géosciences et les Sciences Humaines et Sociales, mais aussi entre les recherches et la société. Codirigée par S.Migeon et D.Provitolo, elle est composée de sept chercheurs et enseignants-chercheurs, deux ingénieurs d'étude, et huit doctorants. Elle fédère les forces existantes au sein de l'unité pour mener des études intégrées des aléas, des vulnérabilités des sociétés, et des interactions entre les modifications du milieu naturel et les processus d'anthropisation.

Cette équipe s'intéresse aux interactions entre ces phénomènes à terre et en mer, et leurs conséquences sur les sociétés modernes, ce qui implique une analyse des vulnérabilités, des capacités d'adaptation des populations et de résilience aux catastrophes. Elle s'organise autour de trois grands axes de recherche :

- L'étude des liens entre les Aléas naturels et les facteurs déclenchant
- L'étude des vulnérabilités et résiliences des espaces et des sociétés exposés aux aléas géologiques
- Et la cartographie des aléas et leurs implications sur les espaces et les sociétés.

C'est donc dans ce cadre que s'est effectué mon stage. A partir de la cartographie des zones littorales inondées par un tsunami (M.IOUALALEN *et al*, 2010), et du travail de L.BOSCHETTI (2013) sur la vulnérabilité des espaces littoraux azuréens, nous avons établi une cartographie de Sites refuges pour les évacués en cas de submersion marine par tsunami sur la côte azurienne.

## INTRODUCTION

« *Nous vivons dans un monde plus sûr, mais plus risqué* » (BONNET, 2002). Qu'ils soient reconnus ou non, les risques font partie intégrante de notre société. Pendant longtemps, l'absence de connaissance sur les risques naturels et sur le monde qui nous entoure, était un des premiers facteurs de risque, puisqu'il est difficile de se prémunir contre quelque chose que l'on ne connaît pas. Avec l'arrivée de la science et le développement de la connaissance, nous avons réduit ce risque, en apprenant des catastrophes subies. Cependant, aujourd'hui, une autre forme de risque se développe. En effet, la science et les nouvelles technologies ont permis aux Hommes de se développer et d'augmenter leur « pouvoir » sur ce qui les entoure, mais elles ont aussi créé de nouveaux risques tels que les risques technologiques ou biologiques. De ce fait, si nous avons su nous prémunir face à certains risques, il en est toujours autant de nouveaux que nous ne cessons de développer. Le monde est donc effectivement plus sûr et à la fois plus risqué.

Si nous pouvons en dire beaucoup sur l'ensemble des risques existants (qu'ils soient naturels, technologiques, politiques, biologiques, économiques, etc.), nous nous concentrerons dans ce mémoire sur les risques exclusivement naturels, et plus spécifiquement sur le risque de tsunami.

Entre 2000 et 2012, plus de 220 millions de personnes par an (en moyenne) ont été affectées par des catastrophes naturelles et plus de 92 000 y ont trouvé la mort (CRED<sup>1</sup>). Sur les quatre derniers millénaires, ce ne sont pas moins de 600 000 victimes qui ont été dénombrées, à travers au moins 279 événements répertoriés, dont le tsunami de 2004 dans l'océan Indien qui, à lui seul, a coûté la vie à plus de 250 000 personnes.

Les pertes humaines et financières varient à l'échelle du globe et sont notamment liées au niveau de développement et de préparation des populations (DAUPHINE et PROVITOLLO, 2013). En effet, « *deux aléas d'intensité égale provoquent dans deux groupes sociaux différents des dommages de nature et d'ampleur inégales* » (VEYRET et REGHEZZA, 2005). Les géographes américains sont considérés comme les « inventeurs » du risque au sens d'objet social (VEYRET et REGHEZZA, 2005) puisqu'ils sont les premiers à penser le processus physique dans sa dimension sociétale dans les années 1930 bien qu'il leur faille attendre les années 1970 pour qu'une réflexion plus systématique s'amorce sur les rapports entre faits de nature et faits de société. Pendant longtemps, il y a eu une focalisation sur les processus naturels exclusivement, sur les aléas. Les questions sociales, quant à elles, ne seront abordées pleinement qu'à partir des années 1990 (VEYRET Y., 2004). C'est à cette époque que la notion de « risque » telle que nous la connaissons aujourd'hui a été introduite au sein de la géographie française par des géographes physiciens.

Il est important de connaître et de comprendre le risque afin de pouvoir le prévenir et le gérer. Il existe différents types de risques naturels, qui peuvent avoir des impacts à une échelle locale, comme à échelle planétaire. Le tsunami en est un parmi d'autres particulièrement importants, puisque les eaux recouvrent la plus grande partie de la surface terrestre et près de 40% de la population mondiale vit à moins de 60km des côtes (COI, 2008). Il y a encore une dizaine d'années, ce risque était peu connu du grand public. C'est à partir de la catastrophe de Sumatra en Indonésie en 2004 que les populations ont réellement pris conscience du risque tsunami.

Si la plupart des tsunamis ont lieu dans l'Océan Pacifique, environ 10% depuis 1840 sont survenus en mer Méditerranée, et particulièrement sur le littoral français où le dernier événement date de 2003 (BRGM, 2006). Malgré le fait qu'un tel phénomène ne serait pas d'intensité égale à ce qui s'est passé en Indonésie, avec la part de son territoire en contact avec la mer et son importante urbanisation littorale, le département des Alpes Maritimes est vulnérable (à différentes échelles) face au risque de tsunami. Le Sud-Est de la France a en effet connu trois événements majeurs, en 1564, 1887 et 1979. Sur ces trois événements, nous allons nous intéresser plus particulièrement à

---

<sup>1</sup> Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

celui de 1887 considéré comme une référence dans le cadre des études sur les tsunamis en Méditerranée.

Quinze minutes, c'est le temps dont disposerait la population pour évacuer le bord de mer en cas de tsunami (IOUALALEN, 2010). Un laps de temps bien trop court pour que les acteurs institutionnels aient le temps de planifier l'évacuation de la population sur le littoral azuréen. Il faut donc que les populations évacuent spontanément. (PROVITOLO, 2015). Cette auto-évacuation est adaptée puisqu'une fois l'alerte donnée, les évacués se dirigeraient directement vers les sites définis à l'avance. Mais pour cela, il faut d'une part que ces sites soient identifiés et validés comme des Sites Refuges pouvant accueillir les évacués en toute sécurité, et d'autre part, que ces Sites Refuges soient visible et facilement repérables par la population. L'objectif de ce mémoire de master 2, consiste en **le développement d'une méthodologie pour déterminer des Sites Refuges sur le littoral azuréen afin de pallier le manque de temps pour une évacuation en cas de risque de submersion marine par tsunami d'origine sismique.**

Pour mener à bien cette étude, nous avons effectué une sélection de sites refuges, leur avons attribué des critères puis donné un indice de qualité. **Quels types de sites peuvent être utilisés ? Quels sont les critères d'un site refuge qualifié de sûr? Comment les différencier les uns des autres ? Ces sites sont-ils accessibles à tout moment du jour et de la nuit ? Vers quel site se diriger selon l'endroit où l'on se trouve ?** Une fois cette méthodologie établie, nous la validerons sur trois communes du littoral azuréen puis nous présenterons les résultats sous forme de cartes de localisation et de représentation de ces sites.

Ce mémoire est donc articulé autour de trois grandes thématiques de travail.

Dans un premier temps, nous aborderons les notions de risques naturels et de risques de tsunamis. Ces termes seront définis en deux chapitres, puis ils seront replacés dans le cadre de notre étude. Nous y expliquerons les processus de fonctionnement d'un tsunami, mais aussi les différentes actions de prévention mises en place pour gérer ce risque avec les systèmes de surveillance et les outils réglementaires à l'échelle mondiale et nationale. Nous terminerons cette partie avec le cas du littoral azuréen, et reviendrons sur ses particularités et sur les tsunamis qui ont marqué ce littoral.

Dans un second temps, nous aborderons la notion de site refuge, le cœur de cette étude, et nous expliciterons la méthodologie que nous avons mise en place pour définir ces sites. Ainsi, à travers les deux chapitres de cette partie nous étudierons la diversité des sites refuges pouvant exister, nous définirons notre typologie de sites, puis nous détaillerons les critères et les étapes de mesures de ces sites dans le cadre spécifique de notre étude. Le territoire sera étudié, modélisé, et analysé à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG) qui permettra de mettre en place l'observation de tendances temporelles et/ou territoriales qui seront indispensables à la bonne interprétation des résultats présentés par la suite.

Enfin, la troisième partie de ce travail sera composée de deux chapitres portant respectivement sur l'échantillonnage de données et les difficultés rencontrées pendant ce travail, et sur les perspectives pouvant être apportées à cette étude. Nous analyserons les résultats de mesure des critères puis nous les commenterons. Nous y aborderons également les choix spécifiques de nos sites refuges, ainsi que le rôle de l'observation de terrain et les travaux qui pourraient compléter ce travail. Et enfin, nous terminerons cette partie et ce mémoire sur une discussion dont le thème sera l'alerte aux populations et l'imprévisibilité des comportements humains en cas de crise.

## Partie I : La Côte d'Azur et le phénomène de tsunami

Avant de commencer notre étude, il est important de comprendre les termes qui seront utilisés. Cette partie vise donc à établir les connaissances sur le thème des risques naturels et plus particulièrement des tsunamis. Dans un premier temps sera définie la notion de risque naturel ainsi que de risque de tsunami avant de revenir sur les définitions fondamentales qui les caractérisent. Par la suite, nous étudierons le processus et la surveillance du phénomène de tsunami. Dans un deuxième chapitre, seront détaillées les particularités de la mer Méditerranée, et nous insisterons sur les grands tsunamis qui ont marqué l'histoire sur le littoral azuréen. Pour finir, une présentation de la zone d'étude sera faite.

### Chapitre 1 : Le tsunami, un risque naturel complexe, mondialement surveillé

Dans une première sous-partie, nous allons étudier le terme de risque naturel composé de la fonction d'un aléa et d'une vulnérabilité. Puis, dans une deuxième sous-partie, nous définirons la notion de tsunami, son processus et les systèmes d'alerte qui lui sont associés.

#### 1.1 L'aléa et la vulnérabilité, deux composantes du risque naturel

Il existe différents types de risques, évalués, définis, perçus de façon différente en fonction de la nature de leur origine. Les risques sont le plus souvent classés selon l'origine de l'aléa (figure 1). Dans la littérature scientifique, on distingue les risques économiques, les risques sociaux, géopolitiques, sanitaires, biologiques, technologiques, ou encore les risques qui nous concernent davantage puisque faisant référence à notre sujet d'étude, les risques naturels (VEYRET *et al.* 2003).

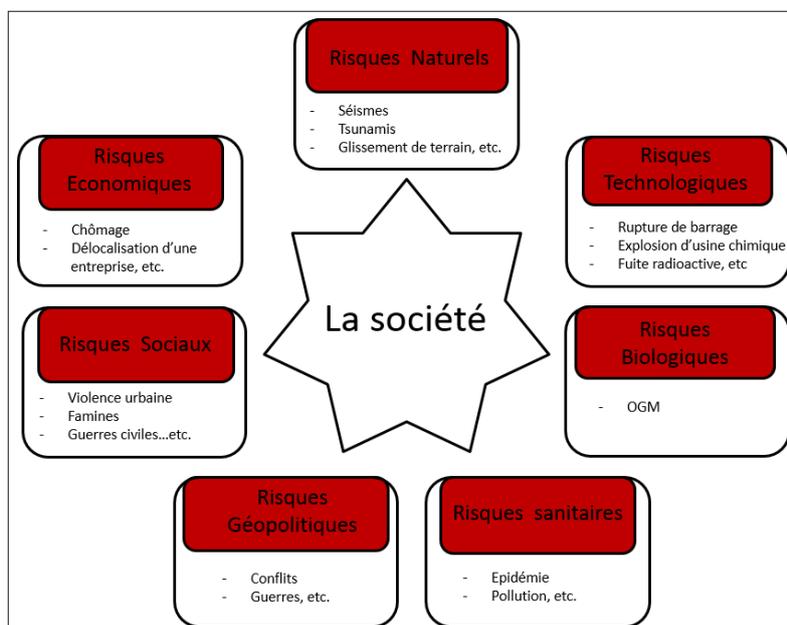


Figure 1: Différents types de risques pouvant toucher une société  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015), d'après Y. VEYRET (2003)

L'approche traditionnelle du risque naturel repose sur la distinction entre deux composantes principales : l'aléa qui désigne le processus physique source du danger ou la probabilité d'occurrence de l'événement, et la vulnérabilité qui renvoie à la gravité des conséquences de l'événement sur l'ensemble des entités exposées (GLEYZE, 2002). Le

risque peut être défini comme : « la probabilité d'occurrence de dommages compte-tenu des interactions entre processus physiques d'endommagement (aléas) et facteurs de peuplement qui est la vulnérabilité » (PIGEON, 2002). Le risque est donc le croisement entre une composante aléa et une composante vulnérabilité (figure 2).

**Risque = f (aléa, vulnérabilité)**

Figure 2 : Formule du risque. Source : DAUPHINE, 2001

### 1.1.1 L'aléa

La composante aléa est souvent à l'origine du phénomène destructeur observé (BECK, 2006). En effet, un séisme peut provoquer un désastre pour une ville, il peut aussi déclencher un tsunami qui engendrera un autre désastre. Qu'elle soit isolée ou en cascade, lorsque qu'une catastrophe se présente, l'aléa en est souvent la cause. Cependant, il est à souligner que s'il est un facteur déterminant, il peut parfois y avoir désastre sans menace réelle. Ce fut le cas lors de la fête de l'eau pour la fin de la mousson, en novembre 2010 sur le pont de *Phnom Penh* qui traverse la rivière *Tonlé Sap* au Cambodge. Alors qu'une foule de plusieurs milliers de personnes traverse ce pont, une rumeur affirmant que le pont va céder circule. La population prend peur et son comportement de panique va provoquer la mort de plusieurs centaines de personnes. En effet, la peur du pont qui cède les a poussé à sauter pour tenter d'échapper à la dite catastrophe imminente, sans savoir nager. D'autres ont été tués par le piétinement de la foule. Ce fut un total de 375 morts et 755 blessés (Reuters France, 2010).

Ce type d'aléa n'est cependant pas celui qui nous intéresse ici. Dans le cadre de notre étude, c'est l'aléa tsunami qui sera étudié. Mais il est important avant de commencer à expliquer cette notion de risque de tsunami, de préciser à quoi correspond l'aléa et quelle est sa définition. « *Au sens commun, on définit par aléa naturel (danger, menace) tout phénomène d'origine naturelle potentiellement dommageable* » (LEONE et al. 2014). Ces aléas peuvent avoir diverses origines (hydroclimatique, morphodynamique, géodynamique interne, extraterrestre, etc.). Lorsqu'un événement se produit, il peut enclencher, directement ou indirectement, d'autres événements. C'est ce que l'on appelle un effet domino. Le tsunami est l'exemple parfait d'un phénomène naturel par effet induit puisqu'il est souvent la résultante d'un autre phénomène, qui peut être d'origine multiple. Nous reviendrons sur ce point dans la sous-partie 1.2.1 de ce mémoire.

L'aléa naturel peut être défini par différents critères. D'après LEONE et al. (2014), les aléas « *sont traditionnellement définis par la combinaison d'une magnitude (composante énergétique ou puissance), d'une probabilité d'occurrence (composante temporelle), d'une aire d'impact (composante spatiale), et d'une durée d'action.* » Dans le cadre de cette étude, ce sont les critères de la magnitude et de l'extension spatiale qui nous intéressent. **La magnitude** permet d'évaluer la puissance du phénomène conduisant au tsunami. Cette magnitude est mesurée par des paramètres physiques tels que des vitesses, des volumes, des énergies, etc. Ici c'est la magnitude des séismes mesurée par l'échelle de Richter qui sera prise en compte, puisque dans le cadre de nos travaux, nous nous concentrerons sur les tsunamis d'origine sismique (cf : sous-partie 1.1.2). **La composante spatiale** de l'aléa correspond à l'extension des effets associés au phénomène. On distingue ainsi les phénomènes rapides et locaux tels que la foudre à un moment donné dans un endroit donné, des phénomènes plus extrêmes comme la sécheresse qui peut s'étendre dans la durée (en termes d'années) et qui peut surtout toucher un espace beaucoup plus vaste (LEONE et al. 2010). Le tsunami peut avoir un impact bien au-delà de sa zone de formation (épicerie du séisme qui le provoque), traverser les océans et toucher des côtes localisées à des centaines, voire des milliers de kilomètres. A l'inverse, il peut aussi avoir un impact plus localisé et toucher les littoraux en moins de 15 minutes (comme pour notre étude, cf. 2.2). Dans ce cas, l'extension spatiale se mesure dans les terres, comme la profondeur d'impact de(s) vague(s), et la composante spatiale devient une zone d'intérêt puisque c'est à l'intérieur de celles-ci que seront définis par la suite les sites refuges pour une auto-évacuation (PROVITOLLO et al, à paraître), c'est-à-dire une évacuation gérée par les populations elles-mêmes et non par les acteurs institutionnels.

Aujourd'hui, « *l'aléa est envisagé [...] dans sa dimension historique, et au travers de son impact possible sur la société* » (VEYRET et REGHEZZA, 2005). La vulnérabilité est donc bien une partie associée à l'aléa. Nous allons maintenant définir cette notion de vulnérabilité.

### 1.1.2 La vulnérabilité

La vulnérabilité présente une grande diversité de définitions. Pour les assureurs, les collectivités et les organismes de l'état, il peut s'agir d'un argument économique qui permet de faire une estimation des coûts financiers d'un accident (BONNET, 2002). D'un point de vue global, la vulnérabilité met en avant une faiblesse des populations, qu'elle se situe au niveau du mode de vie des populations, au niveau de leur richesse, ou au niveau de leur territoire.

Trois types de vulnérabilités peuvent être distingués (DAUPHINE et PROVITOLLO, 2013). La **vulnérabilité biophysique** est une vulnérabilité économique qui consiste à mesurer l'impact physique d'un aléa sur des populations, des bâtiments, des réseaux, des infrastructures, etc. Elle va se déterminer par la nature de l'aléa, sa probabilité, l'importance de l'exposition des enjeux et la sensibilité de ses enjeux (BARROCA *et al.* 2013). La **vulnérabilité sociale** met en avant la fragilité des individus et leur capacité à faire face à la menace, leur capacité à anticiper et à s'adapter. « Plus un système est apte à se rétablir après une catastrophe, moins il est vulnérable » (DAUPHINE et PROVITOLLO, 2013). C'est ici tout le problème des pays en développement. La « fragilité » de vie des individus est présente avant l'arrivée du phénomène et les populations ont donc des difficultés pour faire face à l'événement dans un premier temps, mais aussi pour se relever après ce dernier. Le troisième type de vulnérabilité correspond à la **vulnérabilité territoriale**. Cette approche plus récente, va s'appuyer sur des éléments n'appartenant pas aux deux types de vulnérabilité définis ci-dessus. Elle va concerner davantage la spatialisation des risques (REGHEZZA et RUFAT, 2015). Ici, ce sont donc les territoires susceptibles de subir des dommages importants lors d'une catastrophe qui seront ciblés, ainsi que les lieux pouvant générer et/ou propager des perturbations au sein du dit territoire (CUTTER *et al.* 2000).

Dans le cadre de cette étude, nous retenons principalement la vulnérabilité territoriale. Il existe deux types de tsunamis pour lesquels la vulnérabilité territoriale joue un rôle. On va différencier les tsunamis dont l'origine est éloignée des tsunamis dont l'origine est proche.

Dans le cas d'un tsunami provoqué par un séisme éloigné, le temps d'arrivée de ce dernier sur les côtes peut-être de plusieurs heures. Le moment entre l'alerte et l'arrivée de la vague est donc suffisamment long pour permettre la mise en place du plan d'évacuation préalablement établi par les acteurs institutionnels. Les sites d'accueil pour les évacués seront localisés au-delà de la limite d'inondation prévue puisque les populations auront, théoriquement, le temps de les rejoindre. Dans le cas d'un tsunami dont l'origine est proche des côtes, comme avec la faille Ligure, quinze minutes serait le laps de temps dont disposeraient les populations pour une évacuation. Un temps très court qui ne permettrait pas d'effectuer une évacuation planifiée des populations du bord de mer vers l'extérieur de la zone inondable. C'est pourquoi avec cette perspective, il est important de connaître l'extension spatiale de la vague et des inondations associées puisque les sites accueillant les évacués seront localisés à l'intérieur de cette zone. Il s'agira dans ce cas d'une auto-évacuation car les acteurs institutionnels n'auront pas le temps d'agir, au regard du temps d'intervention établi par L.BOSCHETTI (2013) dans son étude sur la vulnérabilité de la commune de Nice face au risque de submersion marine par tsunami.

Etudier la vulnérabilité territoriale et connaître l'extension spatiale d'un phénomène est donc nécessaire, comme ici pour le risque de tsunami. Cette vulnérabilité intervient au même titre que l'aléa dans la mesure du risque.

### 1.1.3 La mesure du risque

Un aléa peut toucher une région et donc impacter un territoire et une population. Seulement l'aléa, tout comme la vulnérabilité peut être de différents niveaux. C'est ainsi qu'un aléa de faible ampleur peut avoir des conséquences dramatiques dans une zone à forte vulnérabilité et qu'un aléa de grande ampleur peut avoir un impact minime en touchant une zone déserte par exemple. De plus, des aléas de même nature et de même intensité peuvent provoquer des dommages de nature et d'ampleur inégale sur les territoires (*figure 3*).

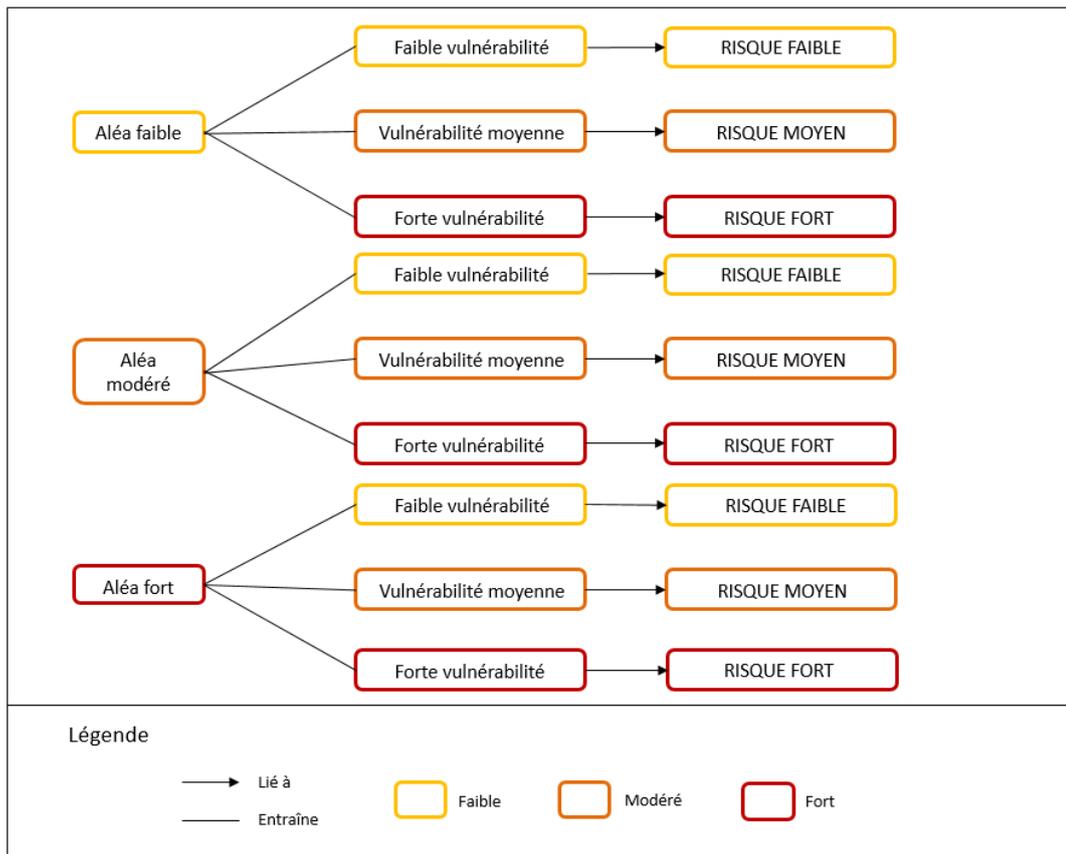


Figure 3: Caractérisation du risque pour la Côte d'Azur selon l'aléa sismique, l'aléa de tsunami et la vulnérabilité des sociétés et des territoires  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Avec la présence de deux aléas distincts pouvant impacter le territoire dans le cadre de notre étude, au-delà de l'intensité de l'aléa en général et du niveau de vulnérabilité, il faut savoir à quel niveau se situent, indépendamment, l'aléa sismique et l'aléa tsunamigène. Au regard du zonage sismique de la France (*Annexe 1*), nous pouvons voir que le département des Alpes-Maritimes présente une sismicité moyenne. En effet, du fait de sa localisation, le département est soumis à différentes pressions liées aux mouvements des plaques (*cf. 2.1.1*), l'aléa sismique y est moyen (BRGM *et al*, 2006). Le risque de tsunami quant à lui est un aléa qui, bien que réellement présent, reste relativement limité puisque l'histoire des événements passés (*cf. 2.2*), montre que les vagues ne dépassent pas les 3,5 mètres. Nous pouvons donc considérer pour la Côte d'Azur que cet aléa est de faible ampleur au regard d'autres tsunamis, et notamment ceux de 2004 en Indonésie et 2011 au Japon dont les vagues ont dépassé les 15mètres. La vulnérabilité des populations quant à elle, est en revanche modérée à forte, de par l'importante urbanisation de la région mais aussi de la démographie grandissante (*cf. 2.1.2*). Le schéma réalisé précédemment (*figure 3*) peut donc être complété pour rendre le niveau de risque plus précis (*figure 4*).

La vulnérabilité des sociétés et des territoires peut être modérée ou forte. En effet, dans son travail sur la vulnérabilité du territoire côtier azuréen, L. BOSCHETTI (2013) a établi le fait que les infrastructures (ERP (établissements recevant du public) établissements de santé, organismes décisionnels, etc.), sont caractérisées par une vulnérabilité moyenne et forte sur l'ensemble du littoral de la commune de Nice. Il en est de même en ce qui concerne les indices de densité de population qui présentent une vulnérabilité à majorité moyenne ou forte (*Annexe 2*).

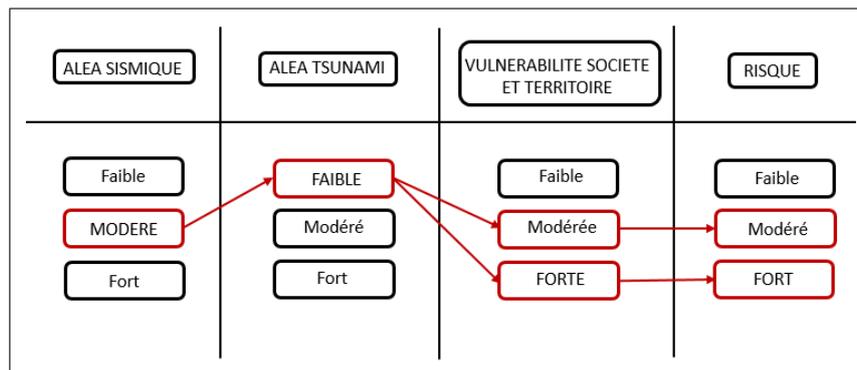


Figure 4 : Caractérisation d'un risque en fonction d'un aléa et d'une vulnérabilité  
Réalisation M.BANTEGNIE (2015), d'après GLEYZE (2002)

Ces différentes combinaisons (aléa sismique modéré, aléa tsunamigène faible, vulnérabilité modérée ou forte) permettent, dans le cadre de notre étude du risque de tsunami sur la côte d'azur, d'évaluer un risque général considéré comme modéré ou fort.

## 1.2 Le tsunami, un phénomène destructeur mondialement surveillé

Dans cette deuxième sous-partie, nous allons aborder la notion de tsunami, et plus spécifiquement les processus, ainsi que les systèmes de surveillance et d'alerte qui lui sont associés.

### 1.2.1 Les processus de fonctionnement d'un tsunami

« Tsunami » est un terme d'origine Japonaise qui signifie littéralement « vague portuaire ». Il s'agit d'une onde provoquée par un mouvement de flux et de reflux d'un grand volume d'eau (mer, océan), mouvement dont l'origine peut être multiple (figure 5). On différencie en effet les tsunamis provoqués par les glissements de terrains ou par un impact météorique, les tsunamis d'origine volcanique, ainsi que les tsunamis d'origine sismique (SAHAL, 2011).

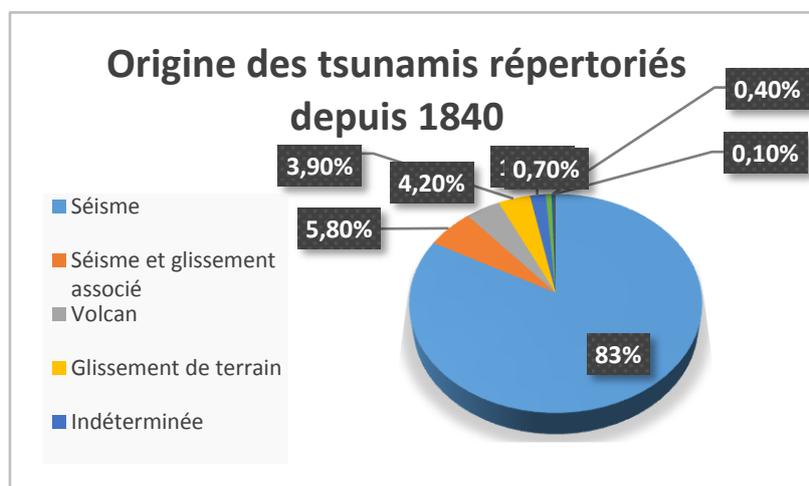


Figure 5: Source des tsunamis répertoriés dans le monde depuis 1840. Source : SAHAL A., 2011

Comme nous pouvons le voir sur la figure 6, 83% des tsunamis se produisent à la suite d'un séisme. La répartition géographique de ces événements n'est pas uniforme à l'échelle du globe. Le Pacifique, l'Océan indien et la mer Méditerranée sont les zones les plus touchées. La majorité des séismes tsunamigènes ont en effet lieu dans les zones de subduction, et particulièrement dans les fosses qui ceignent l'océan Pacifique. La ceinture de feu concentre ainsi 73,8% des sources de tsunamis récents (SAHAL, 2011). La mer Méditerranée est génératrice de séismes dont les tsunamis peuvent la traverser en une heure. Ce fut le cas notamment en 2003 au large de l'Algérie. Le séisme alors généré, a provoqué une série de vagues qui, bien que sans faire de gros dégâts sur les côtes, sont arrivées jusqu'aux littoraux azuréens en un peu plus d'une heure (CROCHET, 2010).

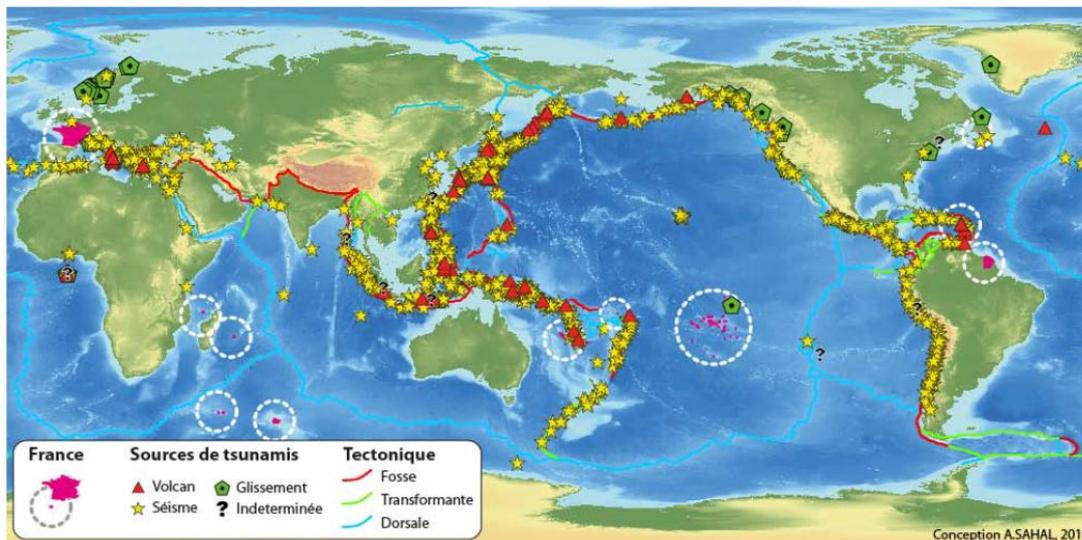


Figure 6: Localisation des tsunamis avérés de -2000 à 2011. Source : SAHAL A., 2011

Pour un tsunami d'origine sismique, c'est le chevauchement de deux plaques tectoniques qui provoque le séisme, entraînant un important déplacement vertical du fond de la mer, un déplacement de la colonne d'eau localisée au niveau de ce mouvement puis la propagation d'un tsunami. Si ce séisme est de magnitude supérieure à 6.5 sur l'échelle de Richter et est localisé à faible profondeur (moins de 50 km de profondeur), il peut créer un tsunami (CENALT<sup>2</sup>). L'amplitude du tsunami généré va alors augmenter avec la magnitude du séisme. Si les séismes sont à l'origine de tsunamis dévastateurs tels que le tsunami emblématique du 26 décembre 2004 en Indonésie qui a causé la mort de près de 225 000 personnes suite à un séisme de magnitude 9,3, ou celui du 11 mars 2011 au Japon de magnitude 9 sur l'échelle de Richter et qui a causé la mort de près de 19 000 personnes, les tsunamis ayant une origine différente du séisme, bien que moins fréquents, peuvent également avoir des conséquences dramatiques. C'est ainsi que l'effondrement du flanc du Krakatau lors de son éruption du 23 août 1883, a coûté la vie à près de 80 000 personnes et a impacté les côtes de l'Inde situées à plus de 4 800km de distance.

Le phénomène de tsunami est associé au déploiement d'une ou plusieurs vagues parfois destructrices au contact des rivages, qui peuvent avoir la puissance pour se déplacer sur des milliers de kilomètres. C'est ainsi qu'un séisme de magnitude 9,5 sur l'échelle de Richter, ressenti sur les côtes chiliennes en 1960 a provoqué un tsunami qui a traversé l'Océan Pacifique en quelques heures seulement. Plus récemment, en février 2010, un séisme de magnitude 8,8 a frappé le Chili et a entraîné un tsunami qui s'est également propagé dans tout le Pacifique. Lorsque les vagues se propagent ainsi sur des distances de plusieurs milliers de kilomètres et traversent les océans, on parle alors de télé-tsunamis (LEONE et al. 2010). A l'inverse, lorsque la cause du tsunami a lieu près d'une côte, celle-ci peut être atteinte en moins d'une heure, on parle alors de tsunami local (DSPR 2008).

En pleine mer, pratiquement imperceptibles, ces ondes peuvent se déplacer à des vitesses variant de 500 à 1000km/h, tandis que près des côtes, elles vont ralentir avec la diminution de la profondeur (figure 7). L'énergie conservée va alors permettre l'élévation de la hauteur et la formation d'un *mur d'eau* destructeur. C'est ainsi qu'une vague de près d'un mètre de hauteur au large peut atteindre une dizaine de mètres sur la ligne du rivage. Lors du tsunami en Indonésie, les vagues à la source du séisme étaient de l'ordre de 0,5 à 2m, tandis que la plus haute vague sur le littoral atteignit le record de 50 mètres, diminuant de 20 à 60 cm de hauteur tous les 100 mètres parcourus, en avançant jusqu'à 5km dans les terres (NOAA<sup>3</sup>). La hauteur maximale atteinte par les

<sup>2</sup> CENALT : CENTre d'Alerte aux Tsunamis

<sup>3</sup> NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration

flots une fois sur les terres est appelée *runup*. Ce *runup* peut avoir un impact fort sur les côtes, cependant c'est le mouvement horizontal et rapide des vagues, tel un mur d'eau, qui est à l'origine des plus gros dégâts (LEONE et al. 2010).

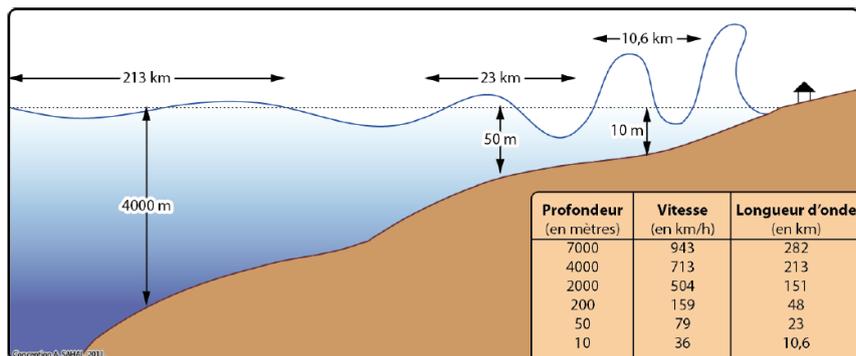


Figure 7: Diminution de la vitesse et augmentation de la hauteur d'eau à l'approche des côtes. Source : SAHAL A., 2011

Le phénomène de tsunami est à différencier de celui d'une houle qui est créée par le vent (figure 8).

La longueur d'onde du

tsunami (pouvant aller jusque 300 kilomètres) est plus importante que celle des houles qui n'excèdent en général pas plus que quelques dizaines de mètres. De plus, l'énergie libérée est moindre que pour un tsunami, et la submersion marine qui l'accompagne peut progresser plus en profondeur dans les terres (SAHAL, 2011). Lorsque la vague de tempête s'abat sur le littoral, elle s'écrase et se disperse. Lorsque le tsunami arrive sur le littoral, il avance et détruit tout sur son passage.

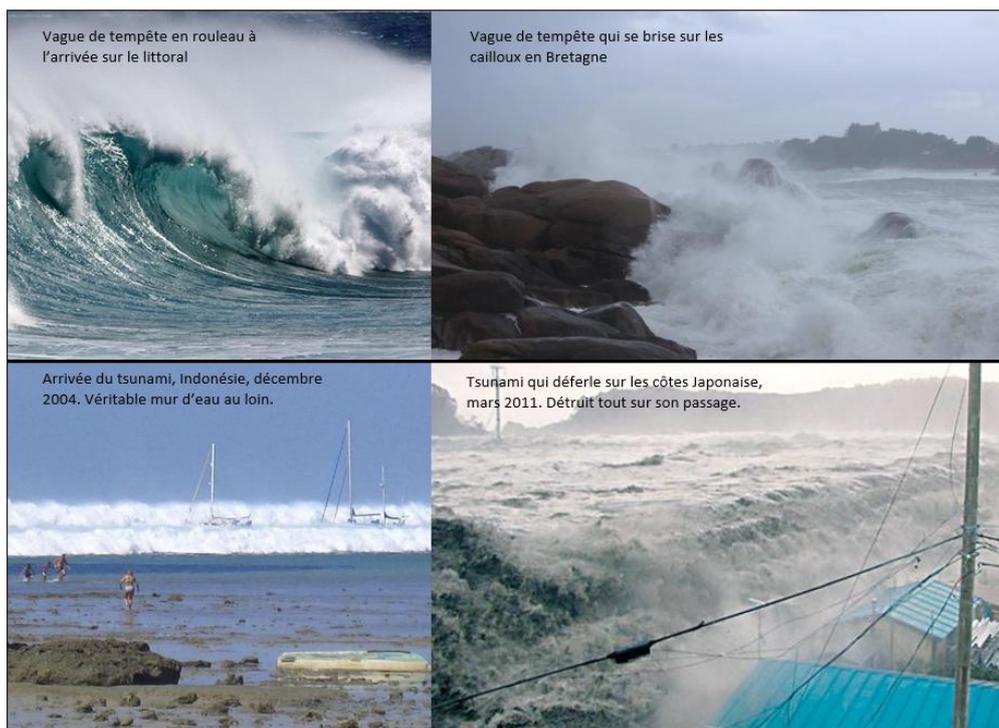


Figure 8: Comparaison des houles (vagues de tempêtes) et des tsunamis. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

## 1.2.2 Les actions de prévention mises en place pour gérer le risque de tsunami

### 1.2.2.1 Les systèmes de surveillance à l'échelle mondiale et les outils réglementaires à l'échelle nationale

Bien que l'on ne dénombre pas moins de quatre-vingts tsunamis par décennie à l'échelle globale avec un nombre de 300 victimes par an en moyenne (LEFEVRE et SCHNEIDER 2002), ce n'est finalement qu'avec le tsunami meurtrier de décembre 2004 en Indonésie que les populations ont commencé à être sensibilisées à ce phénomène. En effet jusque-là, la couverture médiatique se focalise davantage sur des séismes ou des éruptions volcaniques qui font régulièrement des dégâts à l'échelle planétaire. Suite à la catastrophe de 2004 dans l'océan Indien et de 2011 au Japon, la prise

de conscience et la mise en place de systèmes d'alertes pour réduire la vulnérabilité des populations est devenue une préoccupation. Ce type de dispositif est extrêmement important et peut sauver beaucoup de vies, lorsque l'alerte est suivie d'une évacuation. En effet, contrairement aux séismes dont il n'est pas possible en l'état des connaissances actuelles de prédire le jour de son déclenchement, certains tsunamis peuvent être repérés avant qu'ils n'atteignent les côtes. C'est le cas des télé-tsunamis. En revanche, les systèmes d'alerte sont moins performants dans le cas d'un tsunami local.

Pour prévenir les télé-tsunamis dans chacun des bassins océaniques du monde, des centres d'alertes ont été créés (figure 9) pour protéger les territoires et les populations (DSPR., 2008). « Avant 2004, on ne comptait qu'une centaine de scientifiques dans le monde travaillant sur le phénomène des tsunamis. Aujourd'hui il y en a plus d'un millier » déclare le Dr Eddie Bernard de la **Pacific Marine Environmental Laboratory** (PMEL). Le nombre de bouées mesurant la pression au fond des océans, et informant en temps réel a également été décuplé.

Parmi ces centres nous pouvons noter, dans l'ordre chronologique de création ; le **Pacific Tsunami Warning Center** (PTWC) qui est le premier centre de surveillance créé en 1968 et qui couvre l'océan Pacifique. Le **Caribbean Tsunami Warning Center** (CTWS) créé en 2010 dans les Caraïbes et l'**Indian Ocean Tsunami Warning System** (IOTWS) mis en place en 2013 pour le bassin de l'océan Indien. Il existe un quatrième centre de surveillance et d'alerte, qui nous concerne de près puisqu'il couvre le nord-est de l'atlantique et le bassin Méditerranéen, il s'agit du **North-East Atlantic and Mediterranean Tsunami Warning Center** (NEAMTWS), opérationnel depuis 2012.

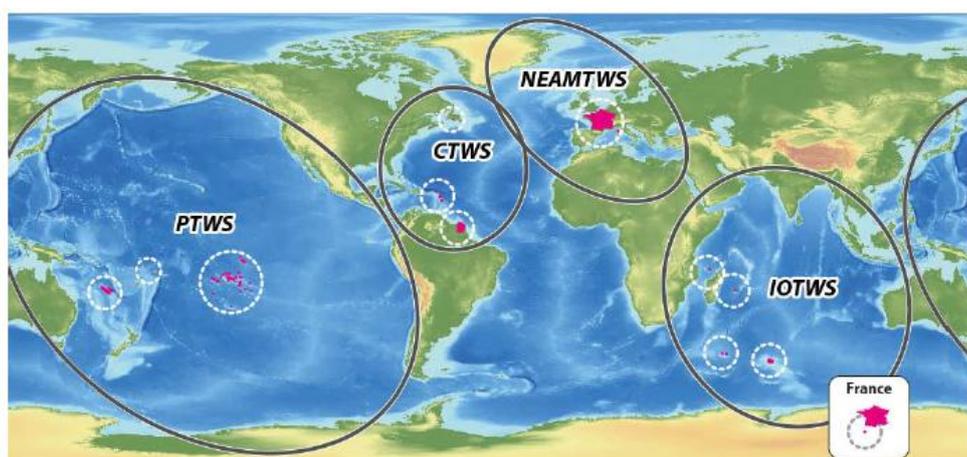


Figure 9: Les quatre centres de surveillance et d'alerte au tsunami. Source : UNESCO

Ainsi, à l'échelle mondiale, ont été créés quatre centres d'alertes aux tsunamis, inscrits dans le cadre de mesures prises par la **Commission Océanographique Intergouvernementale** (COI) lors de la conférence mondiale sur la prévention des catastrophes en Janvier 2005 à Kobé, au Japon. Membre de l'UNESCO, la COI (ou IOC<sup>4</sup>) a été mandatée pour fédérer ses états membres pour réduire le risque de tsunami. Elle a pour cela trois objectifs que sont l'étude du phénomène et le renforcement de la capacité d'évaluation du risque de tsunami, les apports opérationnels avec la mise en œuvre des systèmes d'alerte rapide aux tsunamis et enfin la prévention pour mieux préparer les populations exposées. Cependant par le biais de la COI, d'autres organismes se sont développés pour combler ce manque d'information dans notre bassin, et notamment le **Centre d'Alerte aux Tsunamis** (CENALT), qui s'occupe de la surveillance de trois zones sismiques menaçant les côtes au niveau du littoral maghrébin et sicilien, du détroit de Gibraltar dans l'Atlantique Nord-est, mais aussi au niveau du bassin Ligure, qui concerne justement notre zone d'étude puisque c'est dans le bassin Ligure que se trouve la faille du même, point d'origine du séisme qui pourrait provoquer un tsunami et déferler sur les côtes azuréennes.

<sup>4</sup> COI : Commission Océanographique intergouvernementale

Sa mission est d'alerter, 24h/24, 7j/7, les autorités nationales en charge de la protection de la population et d'informer les autorités des pays riverains de la Méditerranée occidentale. Ce centre présente cependant une limite principale. En effet, une alerte effectuée par le CENALT sera valable uniquement dans le cas d'un télé-tsunami et non pour un tsunami local. Nous avons précédemment expliqué qu'un télé-tsunami était un tsunami dont l'origine était éloignée, et dont le temps de propagation dépassait une, voire plusieurs heures. Dans le cas du bassin Méditerranéen, cela correspondrait à un séisme au niveau des côtes Algériennes. Or, en cas de séisme au niveau du bassin Ligurien, le tsunami engendré serait local.

En revanche, d'autres solutions existent, notamment l'auto-évacuation qui préconise pour la population, l'identification par elle-même d'une situation de péril et la décision de quitter les lieux (DGSCGC<sup>5</sup>, 2013). Pour une auto-évacuation réussie, ces personnes doivent avoir préalablement reçu une information adéquate avec la connaissance des sites refuges leur permettant de se mettre en lieu sûr. Mais pour que cette information soit transmise par le biais notamment des outils réglementaires tels que le DICRIM<sup>6</sup>, il faut au préalable identifier les sites refuges. C'est ici l'objectif de ce travail de master.

A l'échelle nationale, en France, le risque de tsunami reste une menace peu prise en compte dans les Plans de Prévention des Risques (PPR). En effet, en étudiant le guide méthodologique du PPR littoral de 2014, on découvre des informations sur le risque de submersion marine générée par des tempêtes qui rend vulnérable plus de 860 communes métropolitaines, sur le risque d'érosion qui provoque le recul de près de 24% de nos côtes, et sur l'augmentation du niveau de la mer suite au changement climatique, mais finalement peu ou pas d'informations sur le risque de tsunami (DGPR., 2014). Dans la sous-partie suivante, nous allons aborder la question de la transmission d'informations, en partant des acteurs institutionnels jusqu'aux populations.

#### **1.2.2.2 Une anticipation de la crise par la diffusion de l'information**

En cas de séisme dans le bassin Méditerranéen, les réseaux de surveillances sismologiques transmettent un message d'information aux différents centres pouvant être concernés. Le centre de surveillance et d'alerte (NEAMTWS) va alors surveiller ses marégraphes et tsunamimètres afin de noter tout changement brusque dans le niveau de la mer, pouvant prévenir d'un tsunami. Comme expliqué précédemment, le CENALT (qui travaille avec le NEAMTWS), est chargé de transmettre l'alerte aux autorités nationales en charge de la protection de la population, et d'informer les autorités des pays concernés. En France, la DGSCGC est chargée de faire l'interface entre les organismes à l'origine des bulletins d'alertes (le CENALT), et les populations. Lorsque l'information est entre les mains de la DGSCGC, cette dernière va la transmettre à différents organismes tels que le SDIS<sup>7</sup>. Parallèlement les préfetures sont informées et vont prévenir les mairies des communes concernées. Ensuite seulement la population est mise au courant et l'ordre d'évacuation est établi (*figure 10*)

Ce système permet une évolution descendante de l'information entre les acteurs institutionnels. En son centre, trois nœuds composés du CENALT, de la DGSCGC et des préfetures. C'est cette colonne qui va être le pilier de la transmission de l'information. Il s'agit finalement d'un réseau peu maillé, qui rend chaque acteur institutionnel dépendant du précédent. Si l'un des acteurs du réseau ne répond pas à l'information, les acteurs localisés hiérarchiquement « en dessous » ne recevront pas le message et l'alerte ne pourra pas être transmise. De plus, n'est présente aucune interaction entre les acteurs parallèles (Mairie, Médias, forces de l'ordre, etc). Si la préfeture est détruite par exemple lors du séisme qui précède le tsunami, c'est une maille du système qui pourrait ne plus assurer sa mission et la transmission d'informations aux populations qui se fait par le biais des médias, des capitaineries, des mairies, etc. restera bloquée à ce niveau. Quand bien même

---

<sup>5</sup> DGSCGC : Direction générale de la Sécurité Civile et de la Gestion de Crise

<sup>6</sup> DICRIM : Dossier d'information Communal sur les Risques Majeurs

<sup>7</sup> SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours

réussirait-elle à passer, il peut y avoir un laps de temps beaucoup trop important et la catastrophe pourrait arriver avant même que les populations aient été prévenues ou aient pu être évacuées.

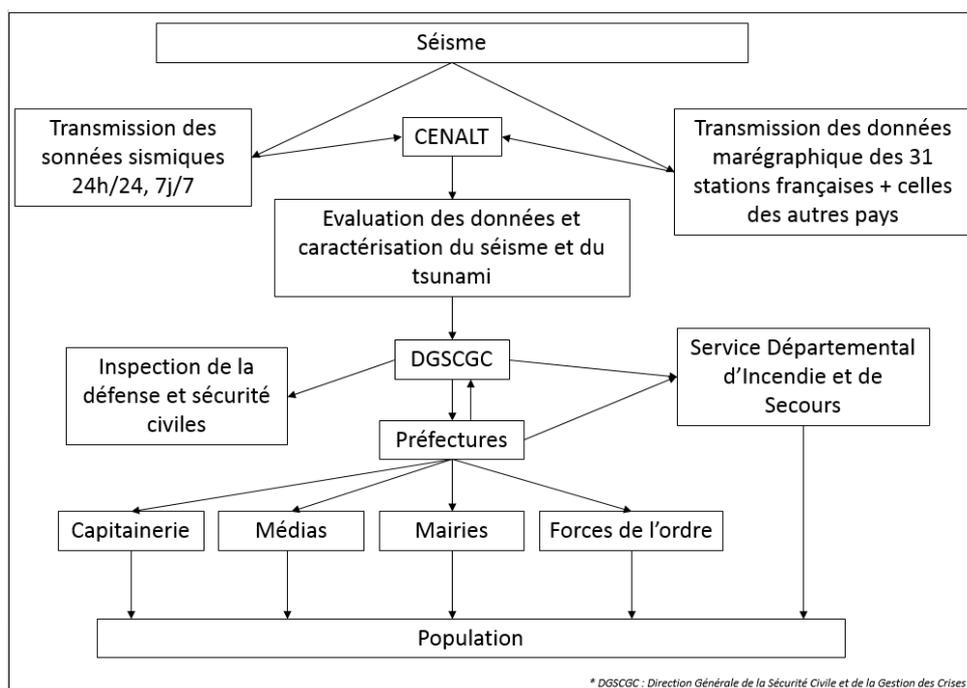


Figure 10 : Organisation schématisée d'une alerte descendante de la détection du séisme à l'information aux populations Source : M.BANTEGNIE (2015) d'après CENALT

Si la tendance générale est à l'information descendante, il peut arriver cependant que dans certains cas, on assiste à une information ascendante, lorsqu'une des mailles de l'organisation est en difficulté. Ce fut le cas lors du tsunami d'octobre 2010 à la Réunion suite à un séisme de magnitude 7.7 au large de l'île de Sumatra dans l'ouest de l'Indonésie (SAHAL, 2011) : aucune information n'a émané des autorités compétentes. Ce sont plusieurs pêcheurs qui, au vu de la baisse du niveau de la mer dans le port, ont transmis l'information à la capitainerie, qui elle-même a transmis l'information à la mairie. C'est seulement après, que la mairie a informé la population, une fois le tsunami passé. La vague dont le *runup* maximal a été mesuré à 1.72 mètres a touché le littoral Réunionnais à 3h30 du matin, et n'a provoqué que quelques dégâts matériels. Les conséquences de ce manquement à l'alerte furent minimes.

Maintenant que nous avons définis l'ensemble des termes relatifs à cet étude, nous allons faire une étude plus approfondie du risque de tsunami sur notre zone d'étude.

## Chapitre 2 : Le risque de tsunamis en Méditerranée occidentale : le cas du littoral azuréen

Bien que moins fréquents que dans le Pacifique et l'Océan Indien, les tsunamis peuvent frapper les zones côtières de la Méditerranée et de l'Atlantique Nord-Est. L'histoire montre que de terribles tsunamis ont effectivement déferlés sur ces littoraux. Ce fut le cas en 365 en Crète, en 1775 à Lisbonne, en 1908 à Messine ou encore en 1956 en Mer Egée (NEAMTIC). Dans ce deuxième chapitre, c'est cette région du monde qui nous intéresse particulièrement puisque le risque de tsunami y est réel. Nous allons aborder les différentes particularités de cette mer et des littoraux qui l'entourent, puis reviendrons sur quelques tsunamis qui ont marqués l'histoire de nos littoraux, et enfin une présentation plus approfondie des communes sélectionnées pour cette étude sera faite.

### 2.1 Le littoral azuréen : une région au risque de tsunami d'origine sismique avéré et à la vulnérabilité territoriale marquée

#### 2.1.1 Le contexte géologique de la Méditerranée



La Méditerranée est une mer quasi fermée, aux dimensions plus petites qu'un océan et est située à la collision entre la plaque européenne et celle de l'Afrique. Elle comprend un certain nombre de régions géodynamiques affectées par l'activité sismique et c'est une zone très conflictuelle (figure 11).

Figure 11: Principales limites de plaques et mouvements associés Source : Laurenti

Le rapprochement entre les deux plaques dure depuis des dizaines de millions d'années. De nos jours encore, le rapprochement se poursuit à une vitesse de 4 à 7mm par an. Cette déformation active est à l'origine des nombreux séismes qui touchent le bassin méditerranéen. Depuis quatre millénaires ont été répertoriés cinq cent raz-de-marée provoqués, le plus souvent, par des séismes sous-marins. Ces séismes présentent deux sources principales distinctes (CENALT) :

- ➔ La première source correspond à la sismicité sous-marine le long des côtes algériennes d'où les vagues d'un tsunami peuvent partir et arriver sur les côtes françaises avec un délai de 1 à 2h par rapport au déclenchement du séisme. En effet, au large de l'Algérie se trouve une faille inclinée dite inverse, dont le contexte tectonique de compression sert de rampe sur laquelle monte le bloc supérieur, combinant un mouvement horizontal de rapprochement (figure 12). C'est le glissement brutal de cette faille inverse vers le haut qui serait à l'origine de nombreux séismes dans cette région, et notamment du séisme du 21 mai 2003 de magnitude 6,7 sur l'échelle de Richter et qui a occasionné d'importants dégâts en Algérie (plus de 2200 morts, et plus du triple de blessés) ainsi qu'un tsunami sur les côtes des Baléares, de l'Espagne et de moindre importance sur les côtes françaises.
- ➔ La deuxième est associée à la sismicité de la mer Ligure où les côtes françaises sont en situation de champ proche (CENALT). Le bassin Ligure est orienté suivant une direction Nord-est Sud-ouest et se trouve entre le bloc continental Corso-sarde et les Alpes méridionales. La marge est actuellement soumise à un régime compressif qui pourrait traduire le début de la fermeture du bassin ligure (BRGM et al, 2006). Dans le cadre de notre étude, nous nous concentrons sur cette source sismique puisque c'est celle-ci la plus préoccupante en termes d'approche d'évacuation.

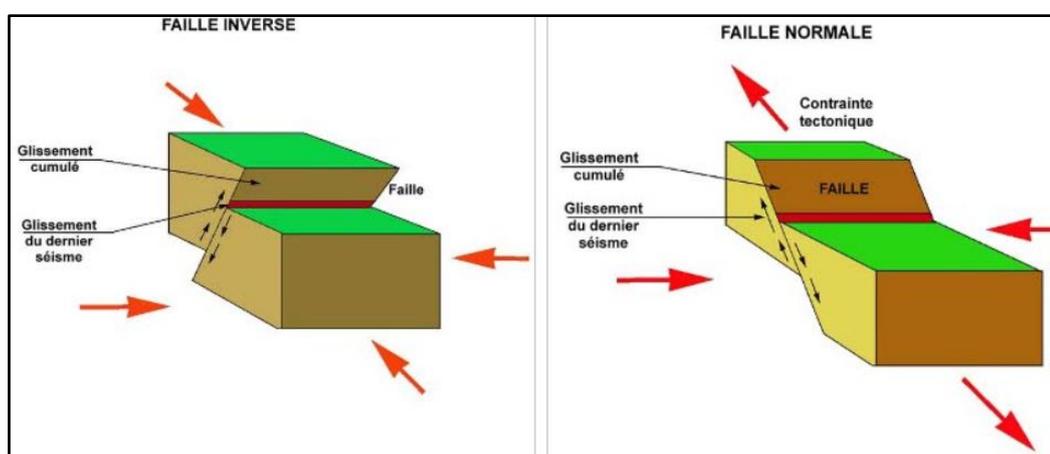


Figure 12: Représentation schématique d'une faille inverse et d'une faille normale Source : Laurenti

Cette activité importante fait du littoral méditerranéen, un territoire propice aux tsunamis. Nous allons maintenant expliquer pourquoi un tsunami pourrait être dramatique sur notre territoire.

### **2.1.2 Un littoral fortement anthropisé**

La Côte d'Azur présente un fort attrait touristique. Sa position géographique est idéale puisque située entre mer et montagne, sous un climat méditerranéen particulièrement doux tout au long de l'année. Un paysage apprécié par les populations locales dans un premier temps, mais aussi par les touristes (français et étrangers), qui chaque année, sont toujours plus nombreux. De nombreuses activités touristiques ont fait leur apparition pour s'adapter à ces nouveaux arrivants. Le littoral s'est donc développé selon une logique purement touristique avec la construction de résidences et d'hôtels en bord de mer, avec l'abondance des restaurants et petits magasins sur les promenades, etc.

La période estivale pendant laquelle la population est la plus importante (selon l'Observatoire du Tourisme de la Côte d'Azur, en 2014, entre mi-mai et fin octobre sont présents environ 400 000 visiteurs par jour en moyenne), est une période qui pourrait poser des difficultés quant à la gestion des risques naturels. En effet, la population soumise aux risques est plus grande, mais ce sont surtout des personnes qui manquent d'informations sur le territoire et les risques qui le composent. Elles ne sont donc ni formées, ni informées face à de potentiels événements tels qu'un séisme ou un tsunami. Au-delà des populations saisonnières, nous allons voir dans la sous-partie suivante que la population habitant sur le territoire n'est pas toujours armée de la connaissance du risque.

### **2.1.3 Une culture du risque de tsunami à renforcer**

Le littoral européen est exposé au risque marin de tsunami et ses populations sont insuffisamment préparées à ce risque. Cependant, s'il existe une prise de conscience des populations à l'échelle mondiale face au risque, ils sont encore trop peu nombreux à connaître les réelles conséquences d'un tsunami sur nos côtes.

Un projet de recherche a été mis en place pour la période 2013-2016 afin d'améliorer la résilience des populations littorales européennes, pour les résidents ou les touristes, il s'agit du projet européen ASTARTE (**A**ssessment, **S**trategy **A**nd **R**isk for **T**sunamis in **E**urope). Ce projet implique différents organismes scientifiques sur plusieurs pays différents comprenant notamment le CNRS et le CEA pour la France. Dans le cadre de ce programme, une enquête a été réalisée à travers les différents pays d'Europe concernés et un questionnaire identique a été créé pour ces pays (avec quelques questions spécifiques à chaque site). C'est plus de 1000 personnes qui ont été interrogées dans un premier temps en France, Espagne, Portugal, Turquie, Maroc, Italie, Crète et Norvège. Cette enquête révèle le fait que les populations ont, pour la majorité, de bons réflexes. En France, pour plus de 50% des enquêtés, le réflexe post-alerte tsunami est de quitter la plage, et pour 30% d'aller se mettre en hauteur. La tendance est à peu près la même pour l'Espagne quant au Portugal, 10% ne bougent pas. En Turquie en revanche ils sont 5% à se rapprocher de la mer pour aller « voir » ce qui se passe.

Ces réflexes sont cependant fragilisés par une faible connaissance des signes précurseurs. En France, pour 40% de la population un tsunami est forcément précédé d'un séisme, mais pour 22% c'est le comportement animal qui va prévenir d'un tsunami, quand 15% déclarent ne pas savoir du tout quels sont les signes précurseurs. En Espagne le comportement animal est un signe précurseur dans presque 30% des cas et le retrait de la mer à 50% (GRANCHE et *al.* 2014). Les connaissances sont variables mais trop faibles en général.

Finalement à travers ce questionnaire on se rend effectivement compte qu'à l'échelle de l'Europe, les populations savent qu'il existe un risque, bien qu'elles ne sachent pas toujours comment il se manifeste. Dans le cadre d'une étude sur la gestion du risque de tsunami à Nice effectuée par J. LOPES et supervisée par F. LAVIGNE en 2014, le questionnaire ASTARTE a été utilisé sur le littoral de

Saint-Laurent du Var et de Nice. Sur un total de 200 personnes interrogées, plus de 78% déclarent avoir découvert le terme de « tsunami » à la télévision et 82% sont catégoriques sur la probabilité d'un tsunami à Nice. Ces résultats sont en adéquation avec les résultats effectués à l'échelle du bassin méditerranéen. Cependant, d'une façon générale, seul un tiers des personnes interrogées sait que Nice a déjà été touchée par un tsunami contre 45% qui déclarent ne pas savoir. Sur ce dernier point, l'âge des questionnés peut jouer un rôle. En effet, le dernier tsunami majeur qui a eu lieu sur le littoral azuréen est celui de 1979, et beaucoup de personnes interrogées n'étaient alors pas nées, ou toutes jeunes (celui de 2003 n'ayant finalement que très peu fait parler de lui). Dans ce cas, on se rend compte qu'il y a un manque avéré d'informations historiques auprès des populations.

Il existe un autre paramètre révélateur de la faible connaissance du risque, il s'agit de la représentation de l'intensité du phénomène. Plus de 40% des questionnés déclarent que si une vague devait déferler sur nos côtes, elle mesurerait de 5 à 10 mètres. Pour 26% elle ferait plus de 10 mètres. On se rend facilement compte que la population surestime le risque qu'elle pourrait encourir quand on sait que la hauteur maximale du *runup* qui pourrait toucher Nice en cas de tsunami est de 4 mètres environ (IOUALALEN 2013). Cette vision des choses peut être liée aux 78% qui ont découvert le mot « tsunami » à la télévision. En effet, avec la catastrophe de 2004 en Indonésie, et celle du Japon en 2011, ce terme est associé à de grandes vagues, très puissantes, qui détruisent tout sur leur passage. Pour deux tiers des niçois enquêtés, si un tsunami se produit, il sera d'intensité similaire à celui survenu en Indonésie. Encore une fois, ici, le risque de tsunami est connu, mais la représentation qui en est faite est erronée. C'est pourquoi il est important de mesurer ce phénomène, pour pouvoir ensuite prévenir la population du réel risque qu'elles encourent.

Le littoral français aux abords de la Méditerranée présente donc toutes les caractéristiques pour une grande vulnérabilité des populations. Avec un contexte géologique favorable, une grande concentration de population dans les zones à risque sur un petit territoire, et une mauvaise connaissance du risque, l'arrivée d'un tsunami pourrait faire beaucoup de dégâts. Nous allons maintenant revenir sur les tsunamis qui ont marqué ce territoire.

## **2.2 Tsunamis marquants de la côte d'azur à l'origine de l'intérêt que l'on porte à ce phénomène.**

### **2.2.1 Les tsunamis de 1564 et de 1979**

Le 20 juillet 1564, un brusque changement du niveau de la mer est ressenti au niveau des ports d'Antibes, Nice, Villefranche et Monaco sur la Côte d'Azur. Sans véritable dommage, ce tsunami, a suscité de nombreuses questions quant à son origine. En effet, le même jour un séisme, considéré comme l'un des plus violents qui ait affecté la métropole Française, a été ressenti dans la vallée de la Vésubie à une quarantaine de kilomètres de là. Difficile d'imaginer que ce séisme soit à l'origine direct de ce mouvement de la mer. Pourtant, en étudiant la carte de dispersion des effets sismiques depuis l'épicentre, présentée sur la *figure 13*, et suite aux études effectuées sur ce double phénomène, la théorie veut que le séisme de la Vésubie à provoquer un glissement de terrain sous-marin qui lui-même a engendré ce tsunami (LAURENTI, ).

En plein travaux de construction de l'aéroport de Nice dans le delta du Var, le 16 octobre 1979, un glissement de terrain de 10 millions de m<sup>3</sup> de sédiments provoque l'effondrement d'une partie de l'extension de l'aéroport et crée un tsunami (LAMBERT et al., 2013). Cet effondrement a emporté sur le chantier plusieurs engins de travaux et a tué plusieurs personnes. Le tsunami quant à lui, a provoqué sur la mer, une onde qui s'est écrasée sur le littoral d'en face, du côté d'Antibes et de Beaulieu avec une hauteur maximale de vague atteignant en moyenne 1 à 2,5mètres, voir 4 à 5mètres très localement (LAMBERT et al. 2013).

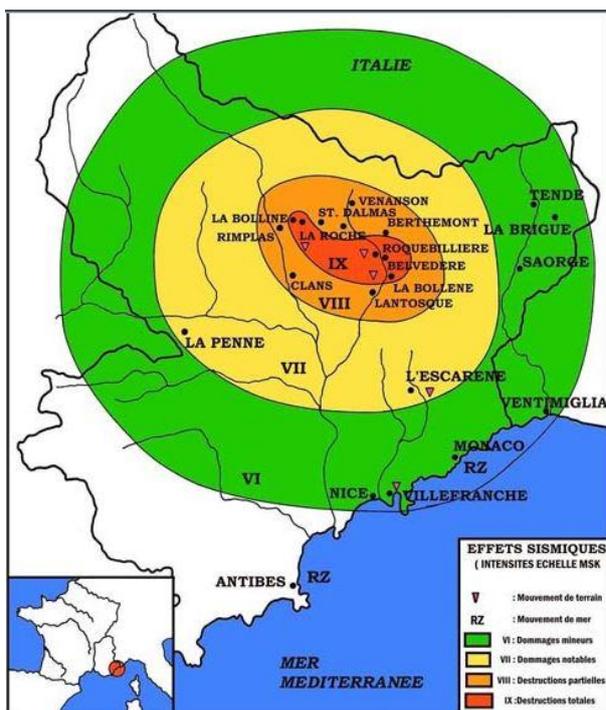


Figure 13: Localisation de l'épicentre du séisme du 20 juillet 1564 Source : Laurenti

D'après les archives de la catastrophe de 1979 (mises en ligne par l'association des Citoyens Laurentins), avant ce drame, les ouvriers chargés de la construction avaient noté des difficultés dans les travaux. En effet, certains incidents étaient la preuve que le terrain n'était pas stable. Au deuxième trimestre 1976, un tassement de 5 à 7m s'est produit, sur une surface de 24 000m<sup>2</sup>. Entre septembre 1977 et août 1978, beaucoup de matériaux se sont perdus dans la mer. Le 12 août 1979, soit trois mois avant le glissement de terrain, 3 000m<sup>2</sup> de plateforme se sont affaissés d'environ 13mètres. Au total, la superficie concernée par les effondrements a été de 41 000m<sup>2</sup>. A partir du 4 septembre 1978 jusqu'au 16 février 1979, les tassements,

effondrements et reculs de la digue sont quasi-permanents. Et le 16 octobre 1979, entre 13h55 et 15h05, une partie de la zone en travaux s'effondre : un retrait de la mer d'environ 50m est à noter, puis une remontée de 1m au-dessus de la normale. Suite à cet accident, dix ouvriers ont été précipités à la mer : deux sont rescapés, cinq sont décédés et trois sont restés disparus. Suite au tsunami, une seule victime est à déplorer à Antibes.

C'est dans ce contexte que le **CEN**tre d'ALerte aux Tsunamis (CENALT), placé sous la responsabilité du CEA, a été mis en place avec pour charge la surveillance des forts séismes et des tsunamis de la Méditerranée occidentale et de l'Atlantique nord-est (cf. : sous partie 1.2.2).

Nous allons maintenant nous focaliser sur le tsunami de 1887, qui reste l'événement référence, sur lequel beaucoup d'études ont été faites et qui a permis de mieux comprendre et évaluer le risque de tsunami pour la côte azurée.

### 2.2.2 Le tsunami de référence de 1887 et l'aire d'application de la méthodologie

Si par sa localisation géographique (à la jonction des Alpes et de la Méditerranée), la partie occidentale de cette mer est une zone qui subit de petits séismes récurrents, certains sont cependant plus importants que d'autres. Ce fut le cas lors du séisme de la faille ligure qui eut lieu le 23 février 1887, un des plus forts séismes connus en France. C'est cet événement qui sera retenu dans le cadre de notre étude, puisque ses caractéristiques inhabituelles (avec notamment le court laps de temps entre le séisme et l'arrivée du séisme sur les côtes) peuvent avoir un impact fort sur le littoral.

Au lendemain du carnaval de Nice, un violent séisme sous-marin frappe la mer Ligure à 5h21 du matin, suivi par deux très fortes répliques à 5h29 et à 7h51. L'épicentre a été localisé à 12km des côtes franco-italiennes, et la magnitude est comprise entre 6,6 et 7,1 (LARROQUE, 2009). Ce séisme aurait été ressenti dans tout le nord de l'Italie, dans le sud et le centre de la France (Perpignan, Le Puy, Roanne), l'ensemble de la Suisse (Genève, Bâle, Saint-Gall), mais aussi en Corse, en Sardaigne septentrionale, en Autriche et dans les Pyrénées (BRGM *et al*, 2006). Une vingtaine de minutes après le tremblement de terre, un tsunami déferlait sur les littoraux sur une distance de près de cent kilomètres. D'après les témoignages, les vagues les plus hautes auraient atteint deux mètres de hauteur, ce qui fut le cas notamment dans la ville de Menton (Figure 14). Mais aucune ville ne fut épargnée. Que ce soit de façon superficielle (avec des murs lézardés) ou de façon plus importante

(avec des pans de maisons qui se sont écroulés), toutes les villes du littoral ont souffert de ce séisme ou du tsunami qui a suivi. Cette catastrophe fit 640 victimes et un nombre équivalent de blessés, en Italie pour la très forte majorité, le territoire français n'ayant à déplorer « que » cinq victimes.

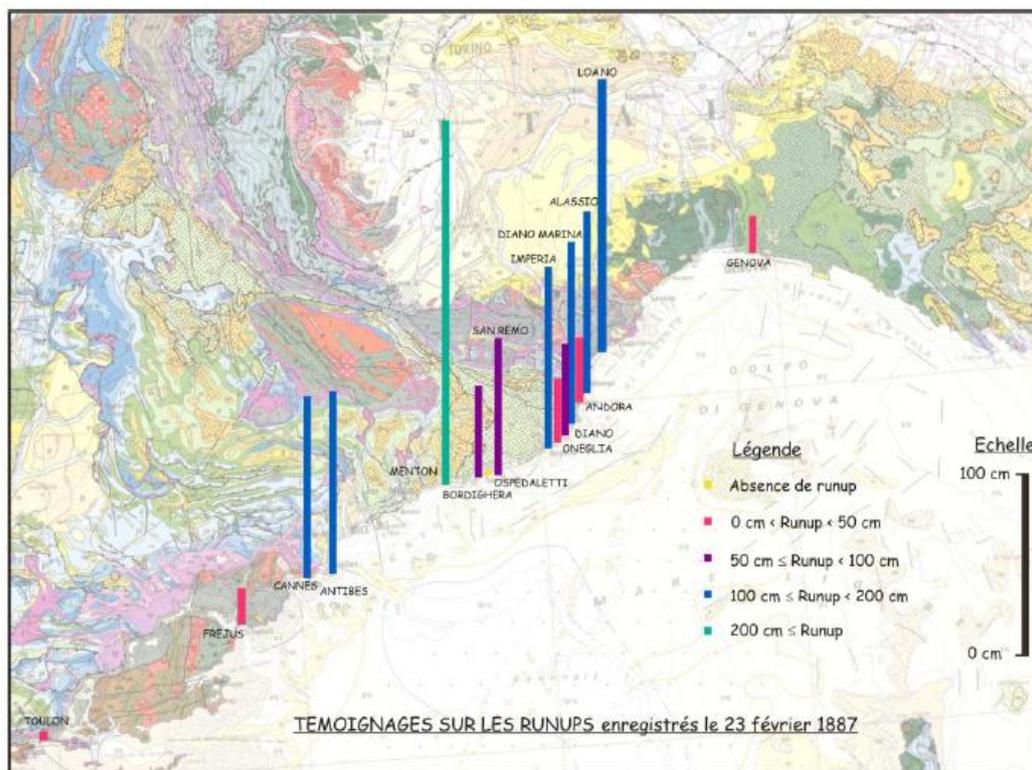


Figure 14 : Runups observés après la séquence sismique de 1887

Source : LARROQUE C., 2009

Cette date est connue de toutes les personnes travaillant dans le domaine, et est importante pour comprendre l'évaluation des aléas sismiques et tsunamigènes pour cette partie de la Méditerranée. Cependant, le manque de témoignages directs des populations dû à l'ancienneté plus que centenaire de l'événement rend l'acquisition de données précises quelque peu difficile. Des chercheurs se sont intéressés au séisme Ligurie de 1887 dans le but de définir sa magnitude notamment (LARROQUE, 2009 et IOUALALEN *et al.* 2013). Leur volonté première était de pouvoir observer les hauteurs de vagues en fonction de cette magnitude et de les comparer avec les données des marégraphes de l'époque entre Gènes (Italie) et Cannes (France). Avec ces données, ils ont pu connaître l'éloignement du lieu de mesure par rapport à la faille. Ils ont pour cela effectué plusieurs scénarios, déterminés à partir de différents paramètres indispensables au calcul de la magnitude tels que le type de faille, la profondeur du foyer, la longueur du glissement, l'angle de décrochement, etc, des paramètres qui ont été modifiés plusieurs fois suivant la partie de la faille qui rompt. C'est ainsi que huit scénarios, dont la magnitude varie de 6,87 à 7,51, ont été réalisés (Annexe 3).

« Lorsqu'ils évaluent les risques en calculant la hauteur d'un tsunami théorique et en déterminant les zones vulnérables, les responsables de ces études doivent faire des projections prenant comme hypothèse le tsunami le plus violent possible, ce qui favorise un niveau de sécurité maximum dans la planification » (COI, 2008). C'est cette projection qui va être mise en avant dans ce travail. Afin de proposer une étude adaptée à notre problématique de recherche, retenons l'évènement historique de 1887 qui correspond à un tsunami d'origine sismique. Pour cet évènement, deux scénarios parmi les huit ont retenu notre attention dans le cadre de notre étude. Les scénarios S8 et S11 (Figure 15).

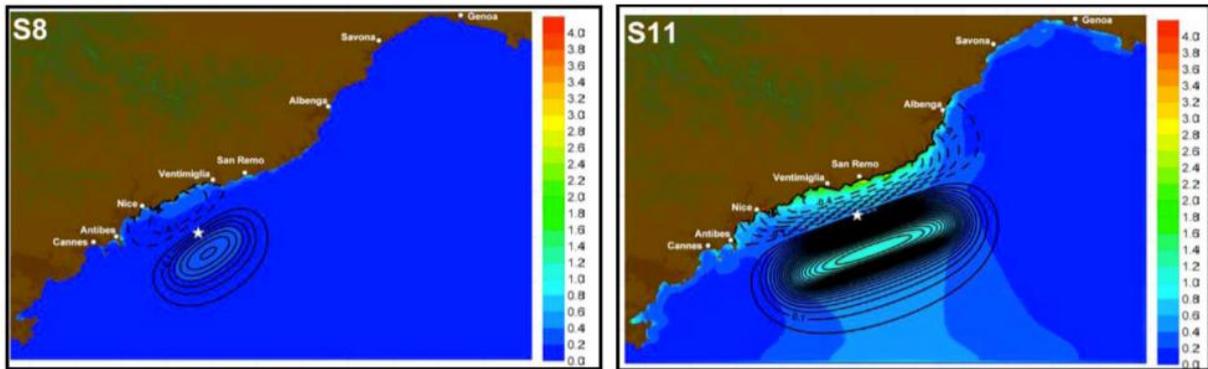
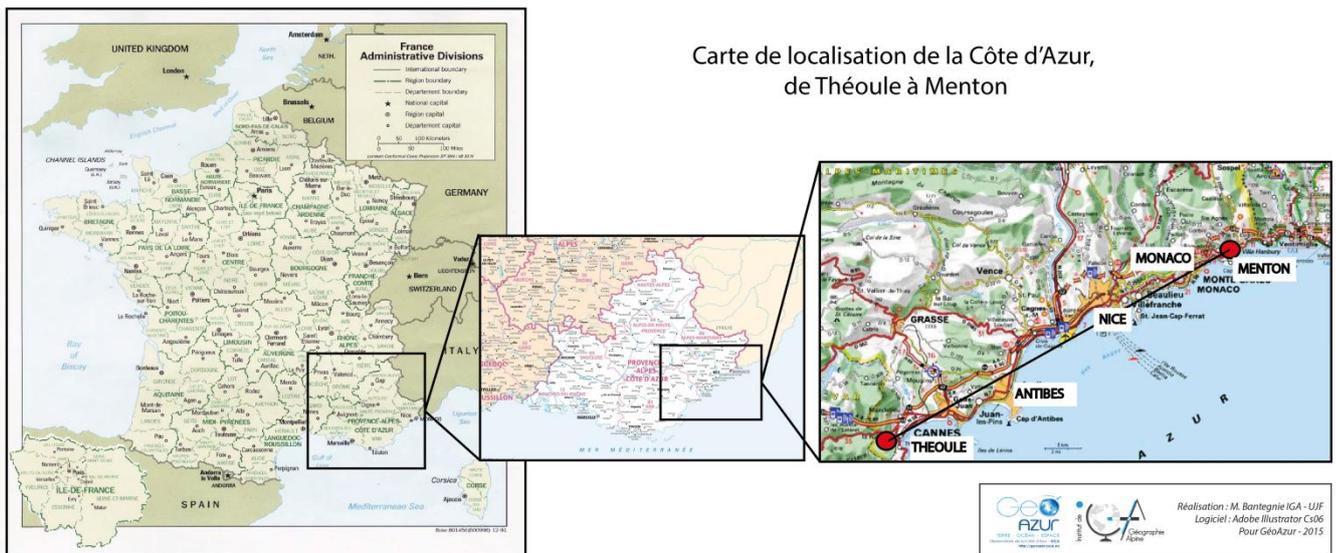


Figure 15: Carte de simulation des deux scénarios retenus. Source : M. IOUALALEN (2013)

- ➔ Le scénario S8 tout d'abord, qui est le plus probable car il correspond à la portion de faille n'ayant pas cédé en 1887 (la partie ouest), et qui pourrait donc être en tension. De plus cette portion de faille se situe plus près des côtes françaises et est susceptible de provoquer davantage de dégâts. Avec ce scénario, la submersion marine serait provoquée par un séisme de magnitude 6.72.
- ➔ Nous avons ensuite retenu le scénario S11, qui est un scénario extrême, pour lequel le tsunami serait engendré par un séisme de magnitude 7,51 sur l'échelle de Richter. Dans ce cas, ce serait l'ensemble de la faille qui présenterait une rupture. Dans un cas comme dans l'autre, le *runup* maximal pourrait atteindre les 4 mètres.

Ces deux scénarios impacteraient l'ensemble du littoral azuréen (de Théoule à Menton), avec cependant des différences intercommunales, en termes de *runup*, mais aussi d'extension spatiale de l'inondation. De manière générale, ce serait l'ensemble des ports et bordures littorales entre ces deux villes qui seraient inondées. Tout le département est concerné par le risque sismique et le risque de tsunami. Avec le caractère instable du sous-sol de l'aéroport, les fréquents enregistrements de tremblements de terre et les crues soudaines du Var, le risque d'un nouvel effondrement ne peut être écarté. Nous avons ciblé notre étude sur trois communes qui présentent des caractéristiques propres : Saint-Laurent du Var, Nice et Saint-Jean Cap Ferrat (figure 16).



Carte de localisation de la Côte d'Azur, de Théoule à Menton

Figure 16 : Carte de localisation. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

**Saint-Laurent du Var** est une petite commune juxtaposée à l'ouest de la commune de Nice, de l'autre côté de l'embouchure du Var. La plage est au niveau de la promenade et des premières routes, et est bordée de nombreux petits restaurants et magasins. Le littoral de la commune de

Saint-Laurent du Var présente très peu de dénivelé. Un grand centre commercial avec accès direct depuis la plage est localisé au bout de la promenade. C'est une commune qui, au premier abord semble intéressante à étudier puisqu'elle est petite et présente de nombreux inconvénients vis à vis de la problématique du risque de tsunami. Séparée de Nice par l'embouchure du Var, en cas de tsunami, ce fleuve pourrait jouer un rôle capital dans l'expansion des dégâts, l'onde de tsunami pouvant en effet remonter le fleuve et provoquer des inondations bien plus loin dans les terres que pourrait le faire un simple déferlement côtier.

Nice présente, à l'inverse de Saint-Laurent du Var, un littoral étendu sur près de 10 kilomètres. L'extension spatiale y est donc beaucoup plus importante. De plus, cette ville présente un enjeu majeur qui est l'aéroport, ainsi que la promenade des Anglais qui longe la plage de Nice avec ses 20 000 personnes par jour en été d'après les estimations des services de la ville. Le dénivelé est davantage marqué que pour Saint-Laurent du Var. En effet, pour accéder aux plages depuis la promenade, il faut emprunter des escaliers et descendre 5 à 10 marches selon les endroits. Nice étant la commune de référence des Alpes Maritimes, il est intéressant de s'y attacher particulièrement et d'y étudier les caractéristiques physiques pour une mise à l'abri des populations.

La dernière ville à laquelle nous allons nous intéresser est **Saint-Jean Cap Ferrat**. Contrairement aux communes de Saint-Laurent du Var et de Nice, Saint-Jean Cap Ferrat présente une particularité physique. En effet, sa forme de cap laisse peu de place à l'urbanisation. Un sentier permet aux visiteurs de faire le tour du cap. Soumis aux vents et aux coups de mers qui peuvent être violents, ce sentier est par moment situé au niveau de la mer, et à d'autres moments bien au-dessus. Cependant, les quelques constructions présentes sur le cap sont des résidences ou des hôtels privés, non accessibles à tous. C'est pourquoi il est intéressant d'étudier cette ville.

## **PARTIE II – Notion de sites refuges et positionnement méthodologique**

La détermination de sites refuges dans un cadre donné, nécessite tout d'abord une compréhension du terme à travers les différentes typologies existantes, puis la mise en place d'une méthodologie permettant d'évaluer la qualité de ces sites.

### **Chapitre 3 – La notion de site refuge étudiée à travers une revue de littérature nationale et internationale**

Ce chapitre est constitué de deux sous-parties. Nous allons commencer par définir la notion de site refuge, indispensable à la compréhension du travail effectué dans ce mémoire, puis nous aborderons la notion de critères et leur implication dans le choix d'un site refuge.

#### **3.1 Un aperçu de la diversité des sites refuges**

##### **3.1.1 La notion de site refuge et d'évacuation des zones de danger**

Quel que soit le risque, la notion de site refuge fait référence à « *un espace de mise en sécurité des personnes assimilable à une zone de regroupement. Il doit pouvoir accueillir plusieurs personnes pour un temps indéterminé* » (LEONE, 2012). C'est un endroit où des personnes vont se retrouver en sécurité du phénomène dont ils tentent de se protéger. Dans certains cas, cette **zone de regroupement** se distingue du **point de ralliement** défini par la FEMA dans la sous-partie 2.1.1.2 (*figure 17*). C'est le cas notamment pour des espaces « ouverts » pour lesquels le point de ralliement peut être détaché et indépendant de la zone de regroupement, et donc du site refuge. En effet, dans certains cas, comme pour des bâtiments, il existe un point de ralliement situé dehors, à l'entrée du bâtiment, tandis que la zone de regroupement sera localisée en dehors du périmètre du bâtiment, voire, selon le risque, bien au-delà du périmètre du bâtiment. En revanche, cette distinction peut être confondue, pour des tunnels par exemple, comme avec le tunnel du Mont Blanc, où, par

manque de places et parce qu'il s'agit d'un lieu fermé et que les points d'évacuations sont limités et contrôlés, le point de ralliement fait partie de la zone de regroupement.

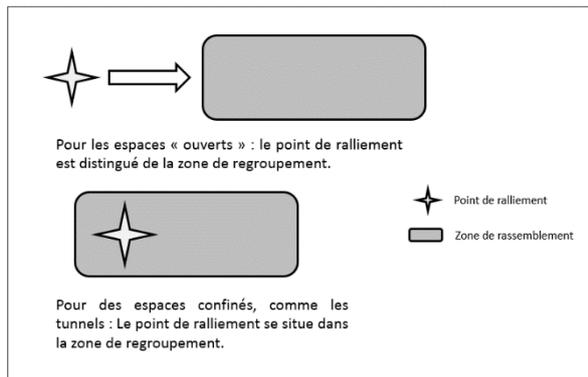
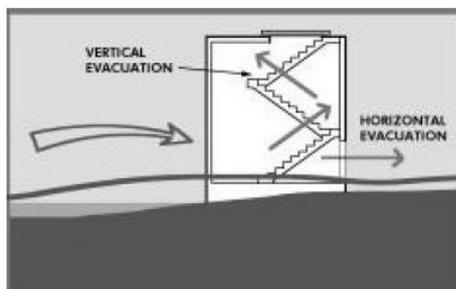


Figure 17: Point de ralliement VS Zone de regroupement.  
Réalisation : M. BANTEGNIE (2015)

Il est possible de distinguer les sites de type « bâtiments » des sites de type « espaces ouverts ». En ce qui concerne les sites de type espace ouvert, deux catégories d'évacuations dites verticales et horizontales peuvent être mises en place (Figure 18).

- **L'évacuation verticale** des populations peut être définie comme le déplacement des populations vers le haut. L'élément à prendre en compte pour ce type d'évacuation est donc la hauteur (en mètres). L'évacuation verticale est généralement associée aux bâtiments et à la présence d'étages. Dans le cas d'une évacuation face à un tsunami ou une inondation par exemple, cette évacuation correspondra au « déplacement, à l'intérieur de la zone inondée ou susceptible de l'être, des personnes vers un ou des lieux situés au-dessus des plus hautes eaux attendues en vue de s'y mettre à l'abri » (CEPRI, 2014). En fonction du risque concerné, ce type d'évacuation peut se révéler être une option très intéressante lorsqu'elle fait l'objet d'une planification. En effet, si dans le cas d'un séisme, la réaction préconisée est de fuir les bâtiments, dans le cas d'une inondation en revanche, pouvoir rapidement se réfugier en hauteur est important pour la sécurité des populations. L'évacuation verticale se présente donc, dans ce cas, comme l'évacuation la plus appropriée dans une ville où la densité de bâtiments est grande (BUDIARJO, 2006).

- **L'évacuation horizontale** correspond quant à elle, au fait que les individus puissent se mettre en sécurité en quittant la zone de danger. Elle constitue pour cela, une stratégie d'évacuation plus sûre puisque les individus quittent complètement la zone de danger. Souvent utilisée lors des exercices d'évacuation de bâtiments, lors d'incendies notamment, elle est connue par tous, et réalisée très souvent instinctivement au son d'une alarme. C'est aussi la mieux connue et la plus plébiscitée par les acteurs institutionnels (CEPRI, 2014). Les sites correspondants à ce type d'évacuation peuvent être : les parcs, les squares, les stades, etc. Une évacuation horizontale, de par sa nature d'éloignement, peut être difficilement adaptée à certains risques tels que le risque technologique. En effet, fuir la zone de danger peut être long, tandis que les effets de l'aléa peuvent être rapides et surtout volatiles (contamination de l'air dans le cas d'un accident nucléaire par exemple), et dans ce cas, se réfugier dans un parc ne garantit pas la sécurité. En revanche, une évacuation horizontale peut être tout à fait valable pour un risque d'inondation ou de tsunami, pour



lesquels une prévision peut être faite avec une limite de montée des eaux et une extension spatiale définie. En effet, un nuage toxique se déploiera plus loin qu'une vague qui pourra, en plus être ralentie par différents obstacles (comme des bâtiments ou une colline), perdre de la puissance en avançant sur le territoire.

Figure 18: Evacuation verticale et horizontale  
Source : Eisner and NTHMP (2001)

Différentes recherches ont proposé d'organiser la connaissance sur les sites refuges sous forme de typologie. Nous allons présenter ici les deux principales, leurs intérêts et leurs limites, avant d'en proposer une qui répond davantage à notre problématique, celle d'identifier et localiser des Sites Refuges afin de permettre une évacuation spontanée ou planifiée en cas de tsunami.

### 3.1.2 Typologie de la Commission Océanographique Intergouvernementale

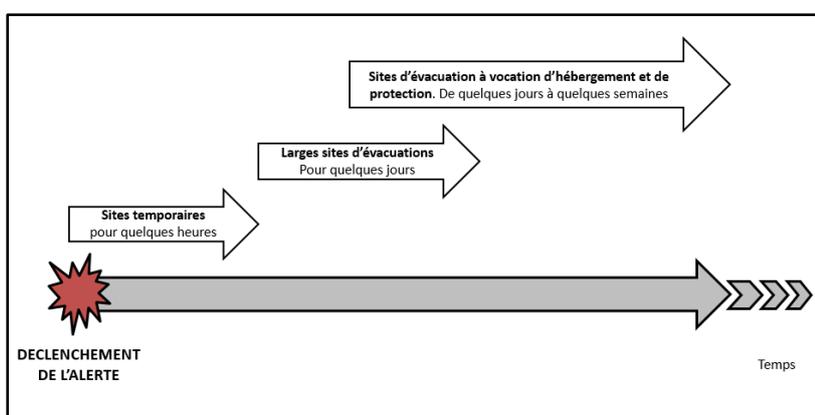
La COI distingue trois types de sites refuges (*figure 18*), qui abordent à la fois des paramètres de temporalité (ces sites sont définis dans l'optique d'être utilisés pour une durée plus ou moins longue), mais aussi de spatialité et de capacité d'accueil. Nous avons ainsi ;

- Les **sites dits « temporaires »** qui vont correspondre à des points de ralliement, des points de rendez-vous qui ont pour but d'évaluer la situation immédiatement après le déclenchement de l'alerte, avant de transférer la population vers un site plus sûr. La capacité d'accueil peut y est importante puisqu'il ne s'agit pas ici d'un stationnement de longue durée et pour lequel un certain confort n'est pas indispensable.

- les « **larges sites d'évacuation** » à durée un peu plus grande que les précédents, sont des parcs ou des terrains suffisamment grands pour y accueillir un maximum de monde, et situés à proximité de la zone de danger, pour protéger les évacués des zones environnantes lors d'événements tels que les tremblements de terre, les incendies ou les tsunamis. En revanche, ces espaces sont inadéquats pour des accidents technologiques qui nécessiteraient un confinement sécurisé avec un filtrage et une surveillance de l'air face à une pollution dans l'atmosphère, ou qui nécessiteraient une totale évacuation de la zone à cause d'un risque de contamination, comme ce fut le cas lors de la catastrophe de Fukushima en mars 2011 au Japon.

- Et enfin, la dernière catégorie correspond aux **sites d'évacuation à vocation d'hébergement et de protection** des évacués dont les habitations ont été détruites et/ou ne sont pas sûres. Il s'agit d'un hébergement temporaire qui devra permettre une évacuation de « longue durée », allant de quelques jours à quelques semaines. La Croix Rouge Américaine (*American Red Cross*) propose une surface utile par individu dans les sites refuges qui permet d'évaluer leur capacité de "stockage" des individus, allant de plusieurs heures ( $1\text{m}^2$ ) à quelques jours ( $2\text{m}^2$ ), ou encore à quelques semaines ( $4\text{m}^2$ ). Nous pouvons supposer ici que cette dernière catégorie permettrait donc aux réfugiés d'être en sécurité, en attendant une évacuation qui serait définitive. Ce type de structure devra donc répondre à des critères de services avec la présence du minimum vital tel que de l'eau, de la nourriture, des couvertures, etc.

Sur la *figure 19* présentée ci-dessous, nous pouvons voir l'organisation de ces trois types d'évacuation proposés par la COI. Si certains se ressemblent, et peuvent être recoupés (un site d'évacuation à vocation d'hébergement et de protection peut aussi être considéré comme un large site d'évacuation), ils sont finalement présentés comme successifs puisque l'arrivée de l'un prend le relais sur le précédent. Il s'agit donc d'une continuité temporelle dans laquelle trois paramètres semblent être primordiaux ; la temporalité, la spatialité ainsi que la capacité d'accueil.



*Figure 19: Organisation de la typologie des sites refuges de la COI au regard d'un continuum temporel. Réalisation : M. BANTEGNIE (2015), d'après la Commission Océanographique Intergouvernementale (2008)*

Une deuxième typologie, proposée par la FEMA, utilise des critères basés cette fois sur la fonction d'usage du site refuge.

### 3.1.3 Typologie de l'Agence Fédérale de Gestion des Urgences

La FEMA propose de classer les sites refuges au regard du critère d'usage. Elle distingue ainsi les zones refuges à fonction unique des zones refuges multi-usages. Concernant les **zones refuges à**

**fonction unique**, ces dernières correspondent à des bâtiments construits spécialement pour se protéger d'un danger, et dont l'action est uniquement dédiée à l'accueil de réfugiés. Leur fonction est uniquement dédiée au refuge. Rares à l'échelle du globe, ils sont de taille généralement limitée et présentent peu de services au confort des évacués. Ces bâtiments sont toujours prêts à accueillir des réfugiés et ne présentent, a priori, pas de conflit d'usage puisque leur seule utilité est l'accueil en cas de d'événement avéré. Le reste du temps, ces sites sont vides. En général isolés et localisés dans de grandes zones dégagées, ils sont ainsi à l'abri des sources de débris dans le cas de tremblement de terre, d'inondation ou de tsunamis par exemple. Les objectifs des sites refuges à fonction unique sont finalement indépendants de la nature du phénomène, en revanche, leur architecture est fonction du phénomène contre lequel il convient de se protéger, ce qui amène également à s'interroger sur le fait que ces constructions puissent résister à de multiples aléas. Comme nous pouvons le voir sur la *figure 20* un site refuge à fonction unique peut être surélevé par des piliers de diamètre important, permettant (dans le cas d'inondations par exemple), à l'eau de passer en dessous sans trop de contraintes sur l'intégrité de la structure (« transparence hydraulique »). Le Japon, qui est touché par plus du quart des tsunamis mondiaux (LEFEVRE, SCHNEIDER, 2002), maîtrise cette question, et présente le nombre le plus important de sites refuges à fonction unique. Il est cependant possible de s'interroger sur la résistance d'une telle structure aux séismes puisque, rappelons-le, dans 85% des cas de tsunamis, l'origine est sismique (SAHAL, 2011). Suite au tsunami qui a touché l'Asie du Sud-Est en Indonésie en 2004, des sites refuges ont été construits dans cette zone, avec deux particularités : la première étant de pouvoir accueillir un certain nombre d'évacués avec des conditions de confort acceptable (bâtiment fermé, donc protégé de la pluie ou du froid, présence de lits, d'équipements, etc.), mais surtout, d'avoir été construits dans l'optique de pouvoir résister aux pressions d'un séisme (*figure 20*).

Pour les **sites refuges multi-usages**, il n'existe pas de contraintes économiques ou spatiales comme pour implanter des sites refuges à usage unique, puisqu'il n'y a pas de construction spécifique. Les sites refuges multi-usages correspondent à des bâtiments déjà existants sur le territoire. Ce type de site peut cependant poser des problèmes quant à l'usage qu'il en est fait puisqu'il s'agit de zone auxquelles est affectée une activité quotidienne comme ce peut être le cas avec un musée ou un centre commercial. Ces sites correspondent en majorité aux Etablissements Recevant du Public (ERP). D'un point de vue technique, ces sites refuges multi-usages peuvent être utilisés pour tous types d'aléas. Cependant, d'un point de vue pratique, il leur faut répondre à

certains critères. En effet, ces bâtiments sont déjà construits, il faut donc valider leur résistance face à un séisme par exemple, ou vérifier leur capacité de résistance à la force du vent en cas de cyclones, etc. Ce type de site refuge peut être choisi selon les besoins, en termes de résistance à l'aléa dans un premier temps, mais aussi en termes de capacité d'accueil. En effet, selon la région, la quantité de personnes à mettre en sécurité varie.



*Figure 20: Exemple de sites refuges à fonction unique au Japon et à Banda Aceh, Indonésie*

Ces typologies ont l'avantage d'être adaptables à différents types de risques. Il est

possible de définir un site dans un bâtiment existant selon le besoin (et le type de risque), ou de le construire en fonction du phénomène qui peut toucher le territoire. Cependant, ces sites regroupent à la fois, soit les critères d'usages (multi usage ou à fonction unique), soit les critères liés à la temporalité et à la capacité d'accueil, et rarement l'ensemble de ces caractéristiques. Nous allons maintenant présenter notre propre typologie.

### 3.1.4 Proposition d'une typologie

Il existe donc différentes façons de qualifier un site refuge. Nous proposons ici une typologie basée sur les critères d'usages de l'Agence Fédérale de Gestion des Urgences, c'est-à-dire sur le fait que le site soit à usage unique ou multi-usage, en prenant en compte également des critères de la Commission Océanographique Intergouvernementale tels que la temporalité, la capacité d'accueil et le type d'aléa. Nous allons créer deux sous-types de sites que nous proposons dans le *tableau 1*.

Dans ce tableau, la temporalité a été différenciée de la capacité d'accueil et de la résistance multi-aléas des différents sites. Cela nous a permis de définir les deux sous-types de sites refuges. Les **sites refuges à usage unique** correspondent à des sites spécifiques et présentent un avantage premier puisqu'ils sont spécialement construits pour répondre à un besoin face à un type d'aléa (2.1.1.2). Présentés comme des bâtiments fermés ou bien de simples plateformes, ils se distinguent selon le besoin. Une plateforme sur piliers sera adaptée face aux inondations tandis qu'un bâtiment sera d'avantage privilégié pour un ouragan par exemple, ce qui ne l'empêchera pas d'être également utilisé pour des inondations, ou un tsunami si ces aléas ont été pris en compte lors de la construction, ou si la construction présente des fondations suffisamment résistantes.

	Site refuge à usage unique		Site refuge multi-usage	
	Bâtiment	Plateforme	Bâtiment	Espace ouvert
<b>Temporalité</b>	Longue durée (Quelques jours à quelques semaines)	Courte durée, dans l'urgence (quelques heures)	Longue durée (Quelques jours à quelques semaines)	Courte durée (quelques heures)
<b>Capacité d'accueil</b>	Effectif de population limité	Effectif de population limité	Effectif de population élevé	Effectif de population élevé
<b>Type d'aléa</b>	Etudié à l'avance et peut être adapté à tous types d'aléas	Etudié à l'avance et peut être adapté à tous types d'aléas	Choisi selon le type d'aléa	Choisi selon le type d'aléa

Tableau 1: Proposition d'une typologie de site refuge Réalisation M. BANTEGNIE (2015)

En revanche, les inconvénients résident dans le fait que ce type de structure présente un coût de construction, ainsi qu'un espace de construction. Un **site refuge multi-usages** sera plus économique tant pour le coût de construction que pour sa localisation puisqu'il sera défini à partir de bâtiments existants, ce qui n'est pas négligeable dans une région touristique comme le littoral Azuréen où l'espace disponible est rare. Ce type de site présente un deuxième avantage, celui de pouvoir être choisi pour ses qualités, et donc sa réponse à des critères spécifiques afin d'assurer une sécurité maximale et pour faire de ce site, l'endroit idéal pour recueillir les populations évacuées. A l'heure actuelle, les sites refuges identifiés par les acteurs institutionnels valent pour tous les types de risques, mais il est possible de s'interroger sur leur réelle adaptation à tous ces types de risques. C'est l'avantage de pouvoir choisir un site refuge existant selon le risque, et d'en assurer une résistance parfaite, et c'est ce dernier point qui va être important dans notre étude. C'est donc à partir de cette typologie que cette étude portera, et sur les sites existants dans l'aire urbaine.

Maintenant que nous avons présenté la typologie de bâtiments retenue dans le cadre de notre étude, nous allons identifier les différents critères permettant de retenir des sites refuges dans le cas de risque de tsunamis.

### 3.2 Identification et qualification des sites refuges pour les évacuations planifiées et spontanées

Au cours des dernières années, l'analyse et la détermination de sites refuges en cas de tsunami, qu'il soit d'origine sismique, gravitaire ou volcanique, ont été étudiés par de nombreux auteurs. Parmi ceux-ci, nous en avons retenu cinq qui, à travers leur analyse dans des endroits géographiquement différents, ont utilisé différents critères pour la sélection de leurs sites, identifiés à l'issue d'un travail de terrain. Il est possible de distinguer deux types d'études : les unes ont été réalisées à la suite d'un **évènement catastrophique**, et les autres ont été menées dans le cadre de la **prévention des risques**. Dans le premier cas, on peut citer l'exemple de BUDIARJO A. (2006) et DEWI R.S. (2010), suite au tsunami meurtrier du 26 décembre 2004 en Indonésie ; leurs études ont respectivement porté sur le cas de Meulaboh City (île de Sumatra), et sur celui de Cilacap (île de Java). Pour le cas des études réalisées **en prévention d'un risque**, on peut citer SAHAL A. (2011) sur le risque de tsunami en France (Mayotte, Réunion et ville d'Antibes). En 2014, T. CARRASCO et B. CIREAU, sous la direction de F. LEONE et F. LAVIGNE, ont mis en place une technique de définition de sites refuges dans les villes de Tanger (Maroc) et Syracuse (Italie). Et enfin, la même année, dans le cadre d'un Master 1, M. RAOULT a travaillé sur ce sujet dans la ville de Nice.

Certains critères reviennent quasi systématiquement, tandis que d'autres sont spécifiquement proposés par un auteur. Une synthèse est proposée dans le *tableau 2*.

	Auteurs	BUDIARJO (2006)	DEWI (2010)	SAHAL (2011)	LEONE (2014)	RAOULT (2014)
	Localisation	Meulaboh city (Indonésie)	Cilacap (Indonésie)	Mayotte, la Réunion et Antibes (France)	Tanger (Maroc) et Syracuse (Italie)	Nice (France)
Critères	Structurels	Structure du bâtiment	Présence d'étages	Hauteur (évacuation verticale)	Sécurité du bâtiment	Hauteur
		Présence d'étages	Résistance du bâti	Résistance générale	Nombre d'accès	Résistance sismique
					Nombre d'accès pour les secours	
	Territoriaux	Distance du rivage	Accessibilité piétonne	Altitude (évacuation horizontale)	Altitude	Altitude
			Zone de concentration de population		Accessibilité des secours hors danger	Accessibilité
			Distance du rivage		Réputation du site	
					Accessibilité piétonne	
	Fonctionnels	Espace / Capacité d'accueil	Capacité d'accueil	Capacité d'accueil	Capacité d'accueil	
		Sécurité (population)	Fonction du bâtiment		Visibilité sur zone de danger	
Fonction du bâtiment				Disponibilité		
				Identification du site		

Tableau 2: Comparaison des critères de sélection de sites refuges par auteur Réalisation : M. BANIEGNE (2015)

Nous les avons catégorisés selon trois domaines : structurels, territoriaux et fonctionnels.

**Les critères structurels** correspondent aux critères qui touchent directement le site. Ce sont des critères associés principalement aux bâtiments, pour lesquels la structure peut jouer un rôle dans la sécurité des évacués. Parmi ceux-ci, nous en avons trois principaux.

- **La hauteur des bâtiments** se mesure en mètres (utilisée dans le cas d'une évacuation verticale). Elle est généralement associée à la présence d'étages. Elle correspond à une distance en mètre au-dessus du sol. Utilisée par pratiquement l'ensemble des auteurs, elle permet de connaître la hauteur (ou l'étage) à partir de laquelle les populations évacuées seront en sécurité.

- **La résistance et la sécurité du bâtiment** est un critère considéré comme important pour les auteurs puisqu'ils l'ont tous vu comme nécessaire à la définition d'un site refuge. Cette résistance est mesurée à partir de la structure même du bâtiment. C'est ici que la fragilité des bâtiments sera évaluée, et donc leur capacité de résistance au tsunami. Ce critère comprend également la sécurité au niveau environnemental, avec la proximité à d'autres bâtiments. En effet, un lieu entouré de hauts immeubles, très vieux et peu stables, ne permettrait pas de garantir une totale sécurité à ses

occupants ; le risque d'endommagement ou d'effondrement serait trop grand dans un contexte de tsunami d'origine sismique notamment.

- L'accessibilité en termes de **nombre d'accès au site**. Ce critère prend en compte le nombre d'entrées permettant d'accéder à l'intérieur du bâtiment, pour l'accès des évacués, mais aussi le nombre de sorties disponibles, pour les évacuations par les services de secours notamment.

**Les critères territoriaux** correspondent aux critères relatifs au territoire du site refuge. Ce sont des critères qui peuvent être valables pour les bâtiments et les espaces ouverts. Cinq critères relèvent de cette catégorie.

- **La distance entre le site et le rivage**. Il s'agit ici de trouver une distance suffisante du bord de mer pour que les évacués soient mis en sécurité.

- Souvent associée à la hauteur, mais pourtant bien différente, **l'altitude** est l'élévation verticale d'un lieu ou d'un objet par rapport à un niveau de référence, qui est ici le niveau moyen de la mer. Ce critère va être utilisé principalement pour les espaces ouverts comme les parcs mais peut aussi être utilisé pour des bâtiments sans étage, de plein pied.

- **L'accessibilité piétonne** désigne le degré d'accès que possède le site refuge, pour les déplacements piétons. Selon les différents auteurs qui ont utilisé ce critère, l'accessibilité piétonne va définir la qualité du « chemin à prendre » entre la zone de danger, et le site refuge.

- La localisation du site refuge dans **une zone de concentration de population** semble être un point à retenir pour DEWI R.S (2010), dans son étude sur le littoral Indonésien. Cette zone de concentration correspond à la quantité de personnes devant se mettre à l'abri de l'aléa sans avoir beaucoup de trajet à faire.

- **La réputation du site** (LEONE *et al.*, 2014), va définir si le site choisi est un site sûr et attractif. En effet un espace vert bien entretenu sera un site plus attractif qu'un terrain vague parsemé de débris qui aura un côté plus repoussant et moins rassurant.

**Les critères fonctionnels** regroupent les critères qui vont permettre de répondre aux besoins pratiques des populations au sein du futur site refuge. Parmi ceux-ci nous pouvons en nommer six.

- **La fonction du bâtiment** correspond à l'activité présente dans le bâtiment, et son occupation. Ce critère va permettre de connaître deux choses : tout d'abord, **la capacité d'accueil**. En effet, selon l'activité suivie dans le bâtiment, le nombre de personnes pouvant être accueillies sur le site ne sera pas le même. D'après BUDIARJO A. (2006), un musée présentera une capacité d'accueil plus grande qu'un magasin par exemple puisque le musée va, dans certains cas, être considéré comme « presque vide » en termes d'espace, alors que le magasin sera occupé par beaucoup plus de mobilier (avec les rayonnages entre autres). Cette capacité d'accueil sera donc variable selon la fonction du bâtiment et la durée de l'évacuation puisque l'espace nécessaire à chaque individu ne sera pas le même selon le fait qu'il faille rester quelques heures dans le refuge, quelques jours ou bien quelques semaines (2.1.1.2). Le second critère pouvant être mesuré par le biais de la fonction du bâtiment est **la disponibilité du site**. Pour ce critère, la question est de savoir si pour entrer sur le site, il est nécessaire d'avoir une clé, un code ou un pass, et si c'est ouvert toute la journée ou non. Selon le type de bâtiment, cette disponibilité sera inexistante, partielle ou totale. En général, les résidences sont fermées et non accessibles 24h/24, sauf pour les résidents ayant une clé. Les magasins sont ouverts le jour mais fermés la nuit. Les bureaux sont ouverts le jour, mais certains nécessitent des pass... De multiples scénarios sont pris en compte par nos auteurs par le biais de ce critère.

- **La sécurité des populations** est un critère retenu uniquement par BUDIARJO A. (2012). Il considère qu'un site doit pouvoir apporter une sécurité aux évacués qui viennent s'y réfugier, assurer une protection contre le vol ou de mauvais agissements de la part de certaines personnes. Les situations de crises favorisent souvent ce genre de comportement. Ce critère va être par exemple mesuré par la présence ou non d'agents de sécurité sur le site au moment de l'alerte. Un centre commercial apportera une meilleure sécurité qu'un hôtel par exemple puisqu'il est possible de compter au moins

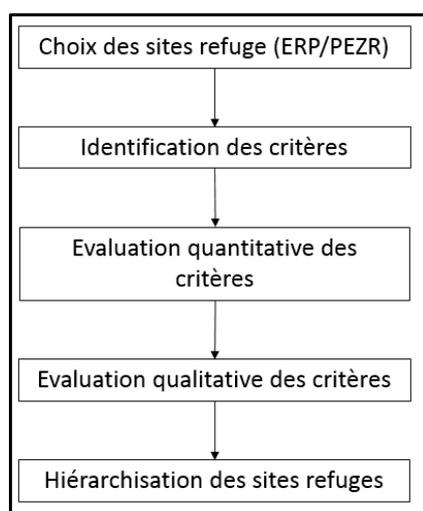
un agent de sécurité par magasin dans un centre commercial contre un voire pas du tout pour un hôtel.

- Enfin, il reste deux critères relatifs à l'**identification du site** et à la visibilité de ce dernier sur la zone de danger (LEONE *et al*, 2014). Le premier va permettre de savoir si le site est connu de tous et si les gens savent où il est situé, afin d'en faciliter son accessibilité. Le deuxième va prendre en compte la **visibilité sur la zone de danger**, totale ou partielle. Pour cet auteur, voir la zone de danger semble être un atout quant à la qualité du site refuge.

Nous avons donc un total de 14 critères utilisés dans le cadre de la détermination de zones refuges en cas de submersion marine par tsunami à travers plusieurs pays (Indonésie, Maroc, Italie, France). Selon les auteurs et leur approche de travail, un certain type de critères a pu être privilégié par rapport à un autre. Si LEONE *et al* (2014) ont choisi d'établir une large liste de critères afin de trouver le site refuge idéal, d'autres auteurs comme BUDIARJO A. (2006) ou SAHAL A. (2011) ont fait le choix d'être plus précis et de s'attarder peut être sur certains critères qu'ils ont jugés plus forts.

Certains de ces critères pourraient-ils être utilisés dans d'autres contextes que celui du tsunami ? En effet, la capacité d'accueil ou la résistance, peuvent être valables pour tous les types de risques, qu'ils soient d'origine naturelle ou technologique. D'autres en revanche sont plus spécifiques à certains risques. C'est le cas notamment de la distance entre le site et le rivage, ou la présence d'étages qui ne sont pas déterminants pour un bon site refuge en cas de séisme.

## Chapitre 4 – Les choix méthodologiques spécifiques à notre étude



Notre méthodologie s'organise en cinq étapes (*figure 21*). Dans un premier temps, nous présenterons les types de sites refuges retenus, comprenant à la fois les ERP et les Points d'Entrées en Zone Refuge (PEZR). Ce sont ces choix qui détermineront nos critères. En effet, si le choix des Sites Refuges se concentre sur les espaces ouverts, alors les critères structurels seraient inutiles. Dans un deuxième temps, nous réaliserons la liste finale des critères et nous classerons ces critères selon leur importance. Puis seront utilisés des seuils pour les quantifier, et nous réaliserons une qualification de ces critères à travers la mise en place d'une « note » de qualité finale basée sur la pondération des critères. Et enfin, pour finir, dans une cinquième partie, nous allons effectuer une hiérarchisation des sites refuges, afin de déterminer les sites les mieux notés et donc les mieux adaptés à recevoir les évacués.

Figure 21 : Préconisation d'une méthodologie de détermination de sites refuges  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

### 4.1 Les lieux et zones de refuges face au risque de Tsunami sur le littoral azuréen

#### 4.1.1 Utilisation des établissements recevant du public et des points d'entrées en zone refuge pour définir les Sites Refuges d'après deux scénarios territoriaux.

Nous avons dit précédemment que, dans le cadre de cette étude, pour les lieux de refuges, seuls les ERP retiennent notre attention. Les ERP (bâtiments recevant du public), sont des « *bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation, payantes ou non. Sont considérées comme faisant partie du public, toutes les personnes admises dans l'établissement à quelque titre que ce soit, en plus du personnel* » (définition en application de l'article \*R.123-2 du Code de la Construction et de

l'Habitation). Avant de rentrer dans les détails des critères choisis, en raison des difficultés d'accessibilité à certains sites, une partie d'entre eux a été écartée d'office ; tous les sites nécessitant la présence de codes/pass/clés ou autres pour entrer à toutes heures du jour et de la nuit. Ont donc été supprimés comme sites potentiels les bâtiments résidentiels ou les bureaux pour lesquels le travail est protégé et sécurisé (banques par exemple). De même, nous avons décidé de retirer de notre liste tous les sites en front de mer de type port, base nautique, etc. ainsi que tous les bâtiments sans étage au niveau de la mer comme les restaurants, puisqu'en cas d'inondation par tsunami, on ne pourrait s'y réfugier. Nous avons finalement gardé les sites comme les magasins, les bâtiments administratifs (mairies, postes), mais aussi les écoles, les hôtels, les parcs, etc. pour lesquels nous pourrions faire intervenir les différents scénarios présentés dans la sous-partie 4.1.2.

Une fois la liste des ERP par commune définie, une sélection de ces derniers au sein de la zone qui nous intéresse uniquement a été effectuée, la zone inondable prédéfinie par IOUALALEN M., (2010) pour les scénarios S8 et S11 (cf. sous-partie 2.2.2), à laquelle nous avons ajouté une marge de 100m de profondeur dans le territoire comme nous pouvons le voir dans *l'atlas pages 7 à 12*. Dans tout pronostic, il existe une marge d'erreur. Afin de pallier les potentielles erreurs dans la délimitation de la zone inondable, nous avons décidé d'ajouter une distance de sécurité, de 100 mètres. Cette marge se justifie également au regard du nombre extrêmement important d'ERP sur le littoral niçois. Nous aurions pu diminuer cette marge, cependant, pour les deux autres communes qui nous intéressent en dehors de Nice, le nombre d'ERP sur le littoral était à l'inverse, trop peu important. 100m nous a semblé une distance raisonnable en moyenne par rapport à ces trois sites, estimant, qu'au-delà, le temps d'accès aux sites refuges au départ de la plage (zone de concentration de population principale) serait trop grand.

Choisir des ERP dans la zone impactée peut sembler contre-intuitif. En effet, l'idée première serait d'évacuer totalement la zone de danger en cas de risque avéré. Cependant une limite s'impose. En effet, en cas de tsunami sur le littoral azuréen, le laps de temps entre l'alerte et l'arrivée du tsunami serait très court. La distance à parcourir jusqu'à la sortie de la zone de danger peut être longue selon l'emplacement de départ, selon le nombre de personne à évacuer, etc. Il est donc important d'avoir des sites refuges localisés dans cette zone de danger, pour permettre aux populations de se mettre à l'abri le plus rapidement possible. C'est pourquoi nous nous sommes concentrés sur la zone submergée et n'avons pas exploité les ERP pouvant servir de sites refuges au-delà de cette zone.

En ce qui concerne certaines zones particulières comme les caps, le nombre de sites refuges étant très limitée (présence de beaucoup de résidences privées et de terrains escarpés), nous avons décidé de contrer ce manque par l'installation de PEZR (Points d'Entrées en Zone Refuge). Pour cela nous utilisons l'altitude idéale que devrait avoir un site et définissons qu'à partir de cette altitude et au-delà, les populations seraient à l'abri. En confrontant ces données avec les courbes de niveaux, les PEZR seront donc localisés aux intersections des routes et de la courbe de niveau correspondant à



cette altitude maximum. Ce sont en effet les routes qui permettent l'évacuation des populations, donc le fait de choisir des points d'intersections entre les altitudes et les routes va permettre de définir les points sur les voies d'évacuation à partir desquels les populations seront en sécurité. Ces PEZR peuvent être représentés par des sigles peints sur le sol comme le montre la *figure 22*.

Figure 22: Marquage au sol d'un PEZR en Nouvelle-Zélande.  
Source : Wellington City Council

#### 4.1.2 Le choix final d'un site va varier selon différents scénarios temporels

En plus des scénarios retenus relatifs à l'aléa et présentés dans la sous partie 2.2.2, nous retenons des scénarios relatifs au territoire. En effet, le littoral azuréen étant une zone touristique

(cf. : 2.1.2), il peut être intéressant de baser nos différents scénarios sur les périodes rythmant la vie de ce territoire. Pour certains sites refuges la disponibilité n'est pas la même, selon la période de l'année, mais aussi de la journée ou de la nuit. Nous proposons donc un premier scénario (SC1a), en pleine journée en période d'affluence, un deuxième (SC1b), en pleine journée mais en période creuse, un troisième (SC2a), en pleine nuit en période d'affluence, et enfin un dernier (SC2b), en pleine nuit en période creuse (*Tableau 3*).

Scénario	Caractéristiques	Exemple
SC1a	Pleine journée en période d'affluence	20 juillet 14h
SC1b	Pleine journée en période creuse	20 janvier 14h
SC2a	Pleine nuit en période d'affluence	15 août 3h
SC2b	Pleine nuit en période creuse	15 décembre 3h

*Tableau 3: Différents scénarios proposés pour cette étude*

La mise en place de scénarios de nuit participe d'une volonté politique de réaliser des exercices d'alerte aux risques d'inondations. En effet, le 10 mars 2015, en prévision de la conférence de Sendai consacrée à la prévention des catastrophes naturelles, Ségolène Royal a déclaré vouloir mettre en place des « exercices nocturnes d'alerte aux inondations » dans les communes françaises les plus exposées dans le but de renforcer la « culture du risque ». Au-delà du lien avec cette volonté politique, ces choix ne sont pas anodins, car ils permettent de prendre en compte la spécificité du littoral azuréen qui est rythmé par le tourisme saisonnier. Nous pourrions ainsi étudier différentes possibilités en termes de population et d'accessibilité de sites.

Chaque site est « étiqueté » par un numéro (SR1, SR2, SR3, etc.). Lorsque le site en question nécessite une étude sur plusieurs scénarios (comme c'est le cas pour les écoles par exemple qui sont fermées la nuit), ce site sera alors présenté quatre fois (pour quatre scénarios temporels ; SC1a, SC1b, SC2a et SC2b, et apparaîtra à côté de ce numéro le scénario correspondant (cf. 5.1.2). En revanche, pour des sites ouverts 24h/24, 7j/7 tout au long de l'année comme ce peut être le cas pour un hôpital ou pour certains hôtels, l'étude par scénarios temporels n'est pas nécessaire et ce dernier n'apparaîtra alors qu'une seule fois.

Afin de définir les sites les mieux adaptés, il faut tout d'abord définir le moment pour lequel ces sites seront utilisés. Pour la Croix Rouge Américaine, nous avons vu précédemment qu'il existait trois moments dans la phase d'évacuation (2.1.1.2), qui correspondent à trois différentes surfaces nécessaires par personne pour un minimum de confort. Dans ce cadre, c'est une temporalité de refuge allant de quelques heures à quelques jours qui sera retenue, puisque nous travaillons sur une situation post-catastrophe immédiate et non pas post-catastrophe à plus long terme et que, bien qu'il y ait toujours des exceptions (comme ce fut le cas lors du séisme de l'Aquila où les évacués sont restés plusieurs mois sous des tentes), dans les pays développés, la gestion des catastrophes est planifiée et relativement efficace pour éviter les impacts meurtriers (DAUPHINE, PROVITOLLO, 2013). Nous pouvons donc supposer que les évacués n'auraient pas à rester plus de quelques jours dans un site refuge.

Nous avons donc établi une liste de sites refuges potentiels et défini par période la fréquentation potentielle des plages et bord de mer (zones les plus exposées au danger) afin de connaître les effectifs de population qu'il faudrait mettre à l'abri. Il faut maintenant définir l'utilisation des critères qui nous permettront par la suite de valider les sites retenus comme des sites refuges de qualité ou non.

#### **4.2 Des critères spécifiques à notre zone d'étude et classés selon leur importance**

Cette partie se découpe en deux sous-parties. Dans un premier temps nous allons présenter la liste de critères choisis pour notre étude. Ce premier point pourrait sembler redondant avec la sous-partie 3.2, toutefois les objectifs ne sont pas les mêmes. Il s'agit désormais d'identifier les

indicateurs qui permettent d'évaluer les différents critères retenus pour mener à bien notre étude. Dans un second temps, nous allons classer ces critères selon leur importance.

#### 4.2.1 Liste finale des critères retenue sur le littoral azuréen

A partir de l'état de l'art réalisé (*sous-chapitre 2.1.2*), nous avons retenu les critères adaptés à notre zone d'étude, tant dans sa configuration spatiale que dans la particularité de la menace à laquelle elle est exposée. Neuf critères présentés et explicités ci-après sont retenus. Certains l'ont

Catégorie de critère	Critères retenus pour le littoral azuréen
Critères structurels	Sécurité / Résistance
	Hauteur
Critères territoriaux	Altitude
	Accessibilité
	Entrées et sorties du site
Critères fonctionnels	Capacité d'accueil
	Disponibilité
	Services
	Identification du site

été du fait de la configuration du territoire (plaine étroite entre terre et mer), c'est le cas notamment de l'altitude, d'autres pour la particularité de la menace avec un enchaînement d'aléas naturels (séisme + tsunami) qui impacte un territoire soumis à une réglementation nationale (normes parasismiques et inondations). Ces critères sont organisés en trois catégories, à savoir : les critères structurels, les critères territoriaux et les critères fonctionnels (*tableau 4*).

Tableau 4: Critères retenus pour identifier la qualité des zones refuges de notre zone d'étude. Réalisation : M. BANTEGNIE (2015)

Concernant les critères structurels, il y a la **sécurité** et la **résistance du site** aux dégâts qui pourraient être causés par le séisme précédant le tsunami, ou par le tsunami lui-même. Ce critère est composé de trois sous-critères qui permettront de valider la sécurité des populations au sein du site : les **normes parasismiques**, les **normes inondations** ainsi que **l'exposition** à des sites dangereux voisins, ayant pu être touchés et fragilisés par un tremblement de terre ou pouvant l'être par le tsunami, et causer des dégâts. Le deuxième critère structurel correspond à la **hauteur** des bâtiments dans lesquels la population pourrait se réfugier, permettant d'assurer la sécurité des évacués à partir d'une certaine hauteur. Et enfin, nous retenons les **points d'entrée et de sortie**. Un grand nombre de « portes » permet d'éviter les points de congestion à l'entrée des Sites Refuges, et facilite la mise en sécurité.

Nous avons également retenu deux critères territoriaux que sont l'altitude et l'accessibilité des sites refuges. L'**altitude** des sites permettra, au même titre que la hauteur, de définir un point à partir duquel les évacués seront en sécurité. Ce critère sera utilisé pour les zones de refuges, c'est-à-dire les espaces ouverts, mais aussi pour les bâtiments de plein pied localisés à une certaine distance du front de mer. Le nombre d'accès à ces sites représentant la qualité de leur **accessibilité** aux sites refuges sera également un élément important. Il faut en effet qu'il y ait suffisamment d'accès au niveau des routes. La localisation en carrefour justifiera une bonne accessibilité tandis qu'un site qui n'est desservi que par une petite route présentera une faible accessibilité. Le littoral concentre des enjeux sociétaux et économiques majeurs (population, tourisme, installations portuaires, etc) sur une bande littorale de 74km. Nous postulons donc que le critère de la concentration de la population est intrinsèque à notre territoire d'étude, c'est pourquoi il n'a pas été retenu.

Concernant les critères fonctionnels, nous avons retenu la **capacité d'accueil**, qui va correspondre au nombre de personnes pouvant être accueillies sur un site refuge. Ce critère est lié au second critère de **disponibilité**. Avec une zone d'étude localisée en zone touristique et en bord de mer, la concentration de population augmente de 50 à 70% durant la période estivale (*INSEE*). Ainsi, sur six mois de l'année, la population est beaucoup plus importante et de nombreux événements temporaires se déroulent le long des promenades de bord de mer (festivals, expositions, concerts, etc). De ce fait, au-delà de la fréquentation de la population qui sera traitée grâce à l'étude sur plusieurs périodes (SC1a, SC1b, SC2a, SC2b), la disponibilité des sites est importante. En effet, si un site présente tous les critères de sélections pour un site refuge, mais qu'il est fermé cinq mois de l'année, il sera retenu en période d'affluence, mais ne pourra l'être pour la période creuse. C'est là toute la difficulté de définir un site refuge adapté à l'aléa et au territoire. Pour finir, nous avons

retenu l'**identification du site** par les populations (locales ou non), critère qui permettrait de savoir si la population connaît ce site, si des indications sont déjà installées en ville pour indiquer sa présence et le parcours pour y accéder. Nous proposons d'enrichir ces éléments par un critère de **service**. Pour une durée de quelques jours, ces sites doivent donc présenter un minimum de services (et donc de confort), tels que la présence de couvertures, la présence d'eau potable, d'électricité, de nourritures, de commodités, etc. Enfin, nous avons écarté un critère : la réputation du site qui dans un premier temps pourrait paraître justifié dans des villes au taux de criminalité élevée et où des gangs sévissent, mais qui ne s'applique pas dans des villes comme Nice où ce phénomène reste relativement peu répandu. Les différents critères retenus sont ensuite classés par niveaux d'importance.

#### 4.2.2 Classification des critères retenus selon trois niveaux d'importance

Parmi l'ensemble des critères qualifiés précédemment, certains vont se révéler plus importants que d'autres, tels que la capacité d'accueil ou la résistance du bâtiment. Comme nous le montre la *figure 23*, les critères de capacité d'accueil, de sécurité / résistance, d'altitude et de hauteur sont considérés comme **des critères primaires**, c'est-à-dire que ce sont eux qui vont permettre la validation ou non d'un site. En **critères secondaires**, nous avons les points d'entrées et de sorties du site, la disponibilité, l'accessibilité ainsi que les services du site. Et enfin, l'identification du site a été qualifiée de **critère tertiaire** car elle n'a pas de réel poids sur la sélection finale ou non du critère.

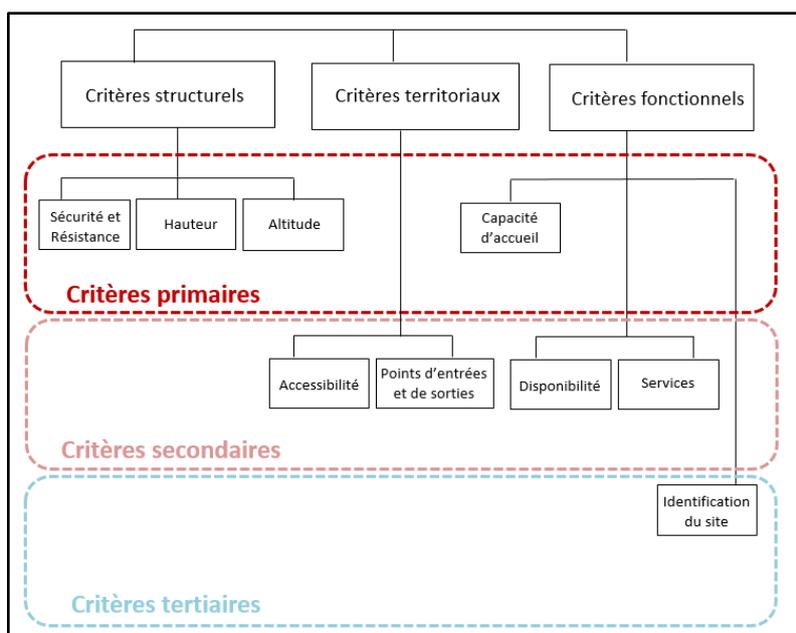


Figure 23 : Organisation des critères retenus selon leur type et leur importance  
Réalisation : M.BANTEGNE (2015)

Nous avons donc retenu un total de neuf critères, dont nous connaissons le type et l'importance. Nous allons maintenant étudier les seuils utilisés pour qualifier ces critères.

#### 4.3 Des seuils adaptés à chaque critère

Dans cette partie, chaque critère est étudié, selon son ordre d'importance (primaire, secondaire ou tertiaire). Pour chaque critère, on identifiera des indicateurs, puis nous les quantifierons. Nous aurons recours à la notion de seuil pour attribuer une note finale allant de 1 à 3, qui définira la qualité du critère. Plus la note sera faible, moins ce critère sera qualifié de « *sérieux* ». Ainsi, pour chaque critère, 3 notes seront possibles : 1, 2 ou 3. La signification des notes sera la suivante : la note de 1 sera attribuée pour une **qualité faible** du critère, 2 pour une **qualité moyenne**, et enfin 3 pour une **haute qualité** de critère.

##### 4.3.1 Critères primaires

Nous allons donc commencer par les critères jugés les plus importants, les critères primaires, que sont la hauteur et l'altitude des sites refuges, la capacité d'accueil ainsi que la résistance du bâti.

➔ Hauteur des bâtiments.

Ce critère est destiné uniquement aux bâtiments, le seuil dépend de la hauteur du *runup* le plus élevé envisagé. La hauteur des bâtiments doit être suffisamment élevée pour que les évacués puissent être à l'abri de la vague. Selon le scénario, si le *runup* est supérieur à la hauteur d'un étage, il faut compter un de plus pour que les évacués soient en sécurité. La hauteur standard des étages dépend de la fonction du bâtiment. Pour qualifier un bâtiment de récent ou d'ancien, nous nous sommes basés sur une date de construction, qui correspond à l'année de mise en place des normes parasismiques, c'est-à-dire l'année 1977. Ainsi, quatre types de bâtiment sont généralement distingués (tableau 5) ;

Catégorie du bâtiment	Hauteur standard d'un étage	Nombre d'étages	Hauteur correspondante	Note attribuée
Immeubles récents d'habitation, hôtels ou parkings (B1)	2,66m	1	2,66m	1
		2	2,66m-5,32m	2
		3 +	>5,32m	3
Immeubles anciens d'habitation et hôtels (B2)	3m	1	3m	1
		2	3m-6m	2
		3 +	>6m	3
Immeubles de bureaux ou hôpitaux (B3)	3,3m	1	3,3m	1
		2	6,6m	2
		3 +	>6,6m	3
Magasins, grandes surfaces, gares ou bâtiments d'exposition (B4)	4m	1	4m	1
		2	4m-8m	2
		3 +	>8m	3

Tableau 5: Hauteur des étages selon le type de bâtiment. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Nous sommes partis d'un *runup* théorique uniforme dans l'espace et dans le temps, même si la réalité est plus complexe. En effet, lorsqu'une vague arrive, elle ne présente pas la même hauteur entre le moment où elle touche le front de mer et le moment où elle arrive dans « l'arrière » des terres. Si nous ne faisons pas de différenciations spatiales, il est cependant important de soulever ce point. Il pourrait en effet être pris en compte dans les recherches futures, au même titre que la force de la vague (cf. critère de résistance des sites, sous-critère « normes inondations »), afin de rendre plus précise encore cette étude et la validation d'un critère comme celui-ci. Cette remarque vaut aussi pour le critère de l'altitude, présenté ci-après.

➔ Altitude.

Comme nous l'avons expliqué en le définissant (2.1.2.1), le critère de l'altitude va être utilisé principalement pour les espaces à ciel ouvert, bien qu'il puisse être utilisé pour l'ensemble des zones refuges. L'Agence Fédérale de Gestion des Urgences (FEMA, 2008) propose d'établir une sélection des zones refuges à une altitude supérieure de 30% du *runup* + 3m au-dessus. Pour la détermination des sites les plus adaptés, on obtiendra donc une altitude idéale de 4m + (30% de 4m + 3m), soit 8m. Nous aurons donc une graduation de la sécurité allouée à chaque « classe d'altitude »

- Altitude comprise entre 4m et 6.5m = 1
- Altitude entre 6.5m et 8m = 2
- Altitude égale ou supérieure à 8m = 3

➔ La capacité d'accueil.

Pour ce critère, trois techniques différentes ont été proposées pour définir les caractéristiques et les seuils de la capacité d'accueil. Tout d'abord, une technique qui se base sur l'utilisation des catégories auxquelles appartiennent les ERP et qui permet de les regrouper selon leur capacité d'accueil. Ensuite nous présenterons la méthodologie proposée par F. LEONE *et al* (2014), plus détaillée car ils prennent en compte la superficie au sol associée au nombre d'étages. Et enfin, nous finirons avec une méthode utilisée par A. BUDIARJO (2006), qui utilise la disponibilité réelle des espaces en se basant sur la présence de mobilier et d'aménagement.

- La première technique envisagée est donc basée sur les **catégories d'ERP**, afin de pouvoir quantifier la quantité de personnes pouvant être accueillie selon le type de bâtiment. Le *Ministère de l'écologie et du développement durable* classe les ERP par lettres allant de J à Y (*annexe 4*), mais aussi en cinq catégories selon leur limite de capacité d'accueil (*tableau 6*).

Catégorie d'établissement	Nombre de personnes
Catégorie 1	Plus de 1500
Catégorie 2	Entre 701 et 1500
Catégorie 3	Entre 301 et 700
Catégorie 4	Moins de 300 à l'exception des établissements compris dans la 5ème catégorie
Catégorie 5	Moins de 300 personnes et dans lesquels l'effectif du public n'atteint pas le chiffre minimum fixé par le règlement de sécurité pour chaque type d'exploitation

Tableau 6: Nombre de personnes associé à chaque catégorie d'ERP. Source : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie

Pour des soucis de simplicité de compréhension et de travail de terrain, nous avons regroupé les catégories 4 et 5 en une seule, c'est-à-dire avec une capacité d'accueil inférieure à 300 personnes. A partir de ces données, nous partons d'un constat qui est que plus la capacité d'accueil est faible, plus le critère, et donc par extension le site, présente une faible qualité.

Nous pouvons donc proposer les notes suivantes :

- Catégorie 4 = 1
- Catégories 2 et 3 = 2
- Catégorie 1 = 3

Cette méthode est basée sur le postulat suivant lequel il vaut mieux un site refuge à forte capacité d'accueil plutôt qu'une forte densité de sites refuges à faible capacité d'accueil sur une portion de territoire. C'est pourquoi nous avons décidé de ne pas la conserver. De plus, il faut jouer sur la nuance. En effet, une information en temps réel quant au nombre de personnes déjà présente dans le bâtiment est nécessaire si l'évacuation est organisée par les acteurs institutionnels, avant l'arrivée du danger. En revanche, dans le cas d'une évacuation spontanée mais planifiée en amont de la catastrophe, il n'y a pas d'information en temps réel et il est difficile de savoir à l'avance si le site présente réellement la capacité d'accueil définie au préalable. Ceci dit, si elle existait, elle pourrait être génératrice de phénomènes de panique collective en cas d'annonce d'interdiction de rejoindre un site refuge parce que ce dernier est déjà plein. Ce peut être le cas si un événement est déjà en cours dans l'un des sites refuges, un concert par exemple, ou une exposition culturelle. Le bâtiment qui accueille cet événement verrait alors sa capacité d'accueil maximale atteinte, ce qui lui ferait perdre son statut de site refuge disponible puisqu'il n'aurait pas la possibilité d'accueillir plus de monde. Il pourrait être alors intéressant de creuser cette question avec la notion de présence ou non de personnes dans le site au moment de l'alerte. D. DOMINEY-HOWES et M. PAPATHOMA (2006) ont travaillé sur cette question dans leur étude sur la *validation de l'estimation d'un modèle de vulnérabilité au tsunami*. Si cette limite peut être atténuée avec la mise en place de nos scénarios sur plusieurs périodes de la journée et de l'année, certains événements (comme le concert) ne pourraient cependant pas être pris en compte dans l'équation.

- La deuxième technique est issue des recherches de F. LEONE *et al* (2014). La capacité d'accueil du site est évaluée par la superficie du site et d'un indicateur de « pieds carrés ». En effet, selon le professeur de journalisme Herbert Jacobs et sa méthode de comptage de population, « *dans une foule lâche, où chaque personne est sans lien de dépendance du corps de ces plus proches voisins, un espace de 10 pieds carrés (0.929m<sup>2</sup>), est nécessaire par personne* ».

La formule pour la capacité d'accueil du site est:

$$CA = (Su/0.929m^2) * nE \text{ où}$$

CA = La capacité d'accueil

Su = La surface au sol en mètres carrés

nE = Le nombre d'étages disponibles pour l'accueil des évacués Il est important de ne pas compter les étages en dessous de la hauteur de sécurité définie par les scénarios, car ces étages seraient au mieux endommagés par le tremblement de terre, par la vague ou par les débris, et au pire, sous l'eau.

- Inférieur ou égal à .... m = 1
- Entre .... Et..... m = 2
- Supérieur ou égal à ..... m = 3

Cette technique a l'avantage d'estimer la capacité d'accueil non plus en fonction de la capacité du bâtiment en lui-même, mais selon l'espace dont chaque personne a besoin, tout en prenant compte des étages localisés au-dessus de la hauteur d'eau critique.

- La troisième technique proposée par d'A. BUDIARJO (2006), a été appliquée par R.S DEWI (2010) sur les littoraux de l'île de Java en Indonésie. Elle permet de mesurer la capacité d'accueil d'un site refuge (CaSR) à partir de l'espace réellement disponible en fonction de la surface au sol, du nombre d'étage, mais aussi de l'espace d'accueil (EA).

$$CaSR = ((EA * Su * NF) * 0.85) / SpP \text{ où :}$$

CaSR = Capacité d'accueil du site refuge

Su = La surface au sol du potentiel site refuge

NF = Le nombre d'étages à prendre en compte au-dessus de la hauteur de sécurité du runup.

SpP = L'espace estimé nécessaire par personne évacuée, soit 1m<sup>2</sup> (0.8m<sup>2</sup> pour le statique et 0.2m<sup>2</sup> pour la circulation).

$$EA = (EUA / ERpP) * 100 \text{ (en pourcentage) où :}$$

EA = Espace d'accueil : Espace disponible à l'accueil pour un type de bâtiment donné

EUA = Espace pouvant être utilisé pour l'accueil dans l'espace requis par personne

ERpP = Espace requis par personne

L'espace d'accueil correspond à l'espace disponible à l'accueil pour un type de bâtiment donné, ce qui revient à éliminer le mobilier et les endroits non utilisables (tels que les toilettes ou le local technique par exemple). D'après BUDIARJO, comme nous le montre le *tableau 6*, pour chaque type de bâtiment, un espace est défini par personne (dans le cas d'un bureau par exemple il s'agit de 8,5m<sup>2</sup>). Cet espace est découpé selon plusieurs lieux du bâtiment, en effet, une personne n'aura pas besoin du même espace selon qu'il soit dans son bureau, en salle de réunion, dans un couloir ou même aux toilettes. A partir de ces informations, BUDIARJO a mis en place une formule permettant de calculer cette capacité d'accueil. Le détail du calcul de l'espace d'accueil est fourni dans le tableau ci-dessous (*Tableau 7*).

Cependant, selon le type de bâtiments, certaines données sont manquantes. A partir des informations architecturales fournies par E. NEUFERT (2014), nous avons pu compléter les informations d'A. BUDIARJO (2006), et réaliser une uniformisation de l'information. Un deuxième tableau a donc été réalisé pour compléter le premier à partir des informations issues de NEUFERT (Annexe 5). Pour chaque bâtiment, nous avons adapté les données. Ainsi, pour les bâtiments de type théâtre par exemple, nous avons décidé de faire jouer la scène comme un espace de circulation. Pour E. NEUFERT (2014), l'espace de circulation pour un homme debout est de 0,5m<sup>2</sup>, tandis que pour A. BUDIARJO, cet espace varie de 0,5 à 1,5m<sup>2</sup> par personne. Nous avons finalement choisi de garder la valeur 1m<sup>2</sup> afin d'englober l'assise et le confort d'une personne sur cette scène. Dans le cas des loges, au regard des différentes configurations possibles, nous avons réfléchi à une valeur commune, la plus proche de la réalité. Ces valeurs nous ont semblées cohérentes, c'est pourquoi nous les avons gardées, en marquant cependant la différence entre un petit théâtre de quartier et un grand théâtre de ville (variation de la taille de la loge). Chaque information donnée dans ce tableau présente une origine de donnée d'A. BUDIARJO (2006).

Bâtiments	Espace requis par personne (ERpP)	Distribution de l'espace disponible (EUA)		Etales de calculs	Espace d'accueil (EA)
Mosquee	1,8m <sup>2</sup>	1,2m <sup>2</sup>	Prière	$(1,2/1,8)*100 = 67$	67+11 = <b>78%</b>
		0,2m <sup>2</sup>	Circulation	$(0,2/1,8)*100 = 11$	
		0,4m <sup>2</sup>	Comodités/autres		
Bureau	8,5m <sup>2</sup>	4m <sup>2</sup>	Espace de travail		11,1+ 5,6+11,1 = <b>27,8%</b>
		1m <sup>2</sup>	salle de réunion		
		1m <sup>2</sup>	circulation	$(1/9)*100 = 11,1$	
		0,5m <sup>2</sup>	Espace de repos	$(0,5/9)*100 = 5,6$	
		0,5m <sup>2</sup>	Comodités		
		1m <sup>2</sup>	hall	$(1/9)*100 = 11,1$	
		1m <sup>2</sup>	Archive/local technique		
Magasin	5,2m <sup>2</sup>	1m <sup>2</sup>	Acheteur	$(1/5,2)*100 = 19,2$	19,2+3,8 = <b>23%</b>
		0,2m <sup>2</sup>	Circulation	$(0,2/5,2)*100 = 3,8$	
		2m <sup>2</sup>	vendeur		
		2m <sup>2</sup>	Stockage marchandise		
Hôtel	16m <sup>2</sup>	12m <sup>2</sup>	Séjour		9,4+9,4+7,5 = <b>26,3%</b>
		1,5m <sup>2</sup>	Circulation	$(1,5/16)*100 = 9,4$	
		0,5m <sup>2</sup>	Comodités		
		1,5m <sup>2</sup>	hall/restaurant	$(1,5/16)*100 = 9,4$	
		0,3m <sup>2</sup>	vestiaires employé		
		0,2m <sup>2</sup>	Bureau		
Hall /		+10% pour les chambres non utilisées		$(0,1*12/16)*100 = 7,5$	<b>100%</b>

Tableau 7: Espace d'accueil par type de bâtiment Source : M. BANTEGNIE d'après A. BUDIARJO (2006)

Toutes ces valeurs sont indicatives et ne représentent pas la réalité pour l'ensemble des bâtiments. Il s'agit d'une moyenne, une base sur laquelle se positionner afin de calculer la capacité d'accueil la plus cohérente pour un site. Les informations surlignées en jaune correspondent aux données utilisées. En effet, dans un hôtel par exemple, l'ensemble des pièces ne peut être utilisé. Seulement les couloirs et les halls peuvent accueillir des évacués. Les chambres étant privées elles ne sont pas considérées comme valables.

On notera que le résultat d'EA est donné en pourcentage pour une meilleure représentation de l'espace disponible pour l'accueil. Cependant, pour le calcul final de la capacité d'accueil du site refuge, EA ne sera plus sous forme de pourcentage. En ce qui concerne Su (surface au sol), nous avons utilisé une orthophotographie sous le logiciel ArcGis. Nous avons utilisés les couches .shp fournies par le SDIS avec la représentation des différents ERP, et avons calculé les superficies de ces ERP représentés par des polygones. Ces valeurs issues de la table attributaire de la couche ERP sont fournies en annexe 6.

Une fois l'espace réellement disponible (EA), et la surface au sol (Su) calculés, il est alors possible d'appliquer la formule précédemment fournie et expliquée. Au regard des données utilisées

par A. BUDIARJO (2006), il existe une valeur, 0,85 qui apparaît en rouge dans le *tableau 8* ci-dessous, en plus de la superficie et du nombre d'étages. D'après A. BUDIARJO, il existe en effet un décalage de 15% entre la surface déterminée par les images aériennes sur le toit du bâtiment (les surfaces mesurées sur ArcGIS à partir de l'orthophotographie), et la surface réelle sous ce toit au niveau du sol de l'étage (la surface au sol sous le toit étant plus petite que sur le toit en raison d'une déformation de la construction). C'est pourquoi, dans chaque calcul impliquant la surface au sol pour la mesure de la capacité d'accueil, A. BUDIARJO multiplie Su par 0.85 (100 -15% de marge = 85%), pour intégrer cette marge d'erreur au niveau de la surface finale au sol de chaque étage.

N°	Nom des sites	Formule	Capacité d'accueil (en nombre de personnes)	SC1b/ SC2b	SC1a/ SC2a
SR2	Hôtel le Radisson	$0.263*(2707*7*0.85)/1$	4236	9	9
SR3	Hôtel ibis budget	$((0.263*123*0.85)*7)/1$	192	3	3
SR4	Maternité Lenval	$((0.222*4520*0.85)*5)/1$	4265	9	9
SR5	Hôtel flot d'azur	$((0.263*141*0.85*2)/1)$	63	3	3
SR6	Hôtel Eden	$((0.263*155*2*0.85)/1)$	69	3	3
SR7	CUM	$((0.31*780*1*0.85)/1)$	206	3	3
SR8	Hôtel Negresco	$(0.263*4495*0.85*6)/1$	6029	9	9
SR10	Hôtel West End	$(0.263*867*5*0.85)/1$	969	9	6

Tableau 8: Extrait du tableau pour le calcul de la capacité d'accueil par sites retenus pour la ville de Nice  
Réalisation M.BANTEGNIE (2015), d'après A. BUDIARJO (2006)

La formule se résume donc au produit de l'espace pouvant être utilisé par type de bâtiment, par la surface au sol, le nombre d'étages ainsi que cette marge de 0.85, divisée par l'espace estimé nécessaire par personne.

Une fois la capacité d'accueil calculée pour les différents sites choisis, nous avons regroupé les résultats en classes, pour réaliser nos indicateurs. Nous avons différencié deux types de scénarios. Les scénarios SC1b et SC2b, qui correspondent aux périodes creuses, vont présenter une population moins importante que les périodes d'affluences (SC1a /SC2a) qui accueillent les touristes en plus de la population résidente. La plus basse des classes présente une faible qualité du critère et obtiendra la note de 1 puisque la capacité d'accueil y est limitée, et la plus grande classe présente une forte capacité d'accueil, et est donc de bonne qualité. Sa note sera de 3.

- Entre 0 et 250 personnes = 1
- Entre 250 et 500 personnes = 2
- 500 personnes et plus = 3

SC1b/SC2b : Scénarios en période creuse

- Entre 0 et 500 personnes = 1
- Entre 500 et 1000 personnes = 2
- 1000 personnes et plus = 3

SC1a/SC2a : Scénarios en période d'affluence

Par le biais de nos scénarios, nous pouvons différencier la période d'affluence de la période creuse. D'après le recensement fait par l'INSEE dans la ville de Nice, la population annuelle était de 343 629 habitants en 2012. Sur la ville de Saint-Laurent du Var cette même population était de 29 343 habitants, et à Saint-Jean Cap Ferrat de 1 889 habitants pour la même année. Selon l'Observatoire du Tourisme de la Côte d'Azur, la population en été sur la côte augmente en moyenne de 50%. Sont présents entre mi-juillet et mi-août de 450 000 à 650 000 touristes en moyenne par jour. Ce sont sur ces données que nous avons basé l'attribution des notes pour les scénarios SC1a et SC2a.

Cette troisième technique semble être la plus appropriée à notre étude puisqu'elle prend en compte tous les éléments existants ; c'est donc cette dernière que nous avons gardée et avec laquelle a été calculée la capacité d'accueil de nos sites préalablement sélectionnés. Nous allons maintenant étudier le critère suivant.

→ La résistance des sites.

Afin d'aborder tous les types de dommages possibles, nous avons décomposé ce critère en trois sous-critères : Les normes parasismiques, les normes inondations, ainsi que l'exposition par rapport aux autres sites et bâtiments.

**Les normes parasismiques** : s'il est important d'avoir un site qui puisse répondre à l'ensemble des critères précédemment énoncés, il est tout aussi important que ce site soit résistant aux séismes. Il faut que la population puisse se mettre en sécurité avant que la vague n'arrive, mais en sécurité dans un bâtiment qui n'a pas ou peu subi de dommages physiques dus à un tremblement de terre. On ne meurt pas d'un séisme, mais de l'effondrement des bâtiments (DAUPHINE, 2001). C'est d'autant plus important d'avoir des bâtiments résistants. Dans les pays les moins développés où le risque sismique est bien présent mais où les bâtiments, ne sont pas construits suivant les règles de l'art et avec des matériaux résistants, les conséquences des effondrements peuvent être dramatiques, et ce sont eux qui causent le plus de dégâts. Le littoral azuréen est soumis aux séismes, c'est pourquoi il est important de prendre en compte ce critère dans la détermination des sites refuges.

Le BRGM (2006) propose une typologie des bâtiments selon la période de construction. Quatre types ont ainsi été mis en avant. Le premier, que nous appellerons T1 correspond à de très anciens bâtiments en maçonnerie, construits avant 1880. Le deuxième (T2) correspond à d'anciens bâtiments en maçonnerie dont la construction date de 1880 à 1940. Pour le troisième type (T3), on passe à des bâtiments dont l'ossature est en béton armé (plus solides donc), et dont la date de construction est comprise entre 1945 et 1969. Et enfin, pour finir, nous avons T4, le dernier type de bâtiment, qui correspond à des bâtiments dont l'ossature est en béton armé et construits après 1969. Cette année-là correspond à la mise en place des règlements parasismiques. Cependant, leur application n'a été réellement effective qu'à partir de 1977. Donc pour notre sous-critère « normes parasismiques », nous avons défini ces trois indicateurs :

- Avant 1940 = 1
- Entre 1945 et 1977 = 2
- Et après 1977 = 3

**Les normes inondations** : au-delà de la résistance aux séismes, les bâtiments doivent faire face à une autre menace : la montée des eaux et la violence de la vague. Lorsqu'un bâtiment est construit dans une zone exposée aux inondations (ou aux tsunamis), il est important de prendre en compte l'intensité que pourrait avoir ce phénomène afin de le prévenir au mieux et de pouvoir préparer la population. En revanche, il arrive bien souvent que des bâtiments soient déjà construits, il faut donc dans ce cas, vérifier leur capacité de résistance face à de fortes inondations ou face à un tsunami.

D'après les études faites par R.EISNER et le programme NTHM en 2001 (*National Tsunami Hazard Mitigation*), un bâtiment devant résister à un tsunami doit être compatible avec les forces liées à ce tsunami telles que la pression de l'eau, la flottabilité, les courants, mais aussi les impacts causés par les débris. Cette compatibilité passe principalement par la nature des matériaux utilisés pour les fondations et par la profondeur d'ancrage de la base du bâtiment. C'est ainsi que nous pouvons différencier les bâtiments avec des fondations en béton armé, extrêmement résistantes, des constructions de maçonnerie plus légère. De même, une structure composée de lourds cadres en acier tiendra bien mieux face à la pression de l'eau et à la force de la vague, que des structures plus légères.

Dans son *manuel des constructions côtières* (2011), la FEMA (l'Agence Fédérale de Gestion des Urgences), insiste sur la notion d'ouvertures dans la structure. En effet si le bâtiment repose sur une structure unique, c'est-à-dire un « pan de mur entier », alors la force provoquée par les vagues aura plus de chance de provoquer d'importants dégâts et de mettre en danger la structure du bâtiment.

Ce critère est intéressant dans le cadre du choix d'un site refuge, cependant, nous ne disposons pas assez d'informations sur l'application de ces normes pour en effectuer un seuillage. Il serait intéressant de faire une analyse bâtiment par bâtiment ou par rapport à l'homogénéité architecturale, mais alors, cela dépendrait de connaissances en génie-civil ou en ingénierie des matériaux, hors ce n'est pas ici le thème de ce master, et c'est pourquoi ce sous-critère n'a pas été retenu dans l'évaluation de nos sites refuges.

**L'exposition** : connaître la position du bâtiment par rapport à ceux qui l'entourent est un point non négligeable dans la détermination de zones refuges. En 2008, la FEMA, dans sa *directive sur la construction de structures d'évacuation verticale*, met en avant un point qui correspond à ce que l'on a appelé « l'exposition » dans notre étude. En effet, il y est développé l'idée qu'il peut exister des bâtiments à risques près du site choisi, bâtiments tels que des stations essence fragilisées par le tremblement de terre et qui pourraient exploser à tout moment ; ou encore des bâtiments ou lieux sources de beaucoup de débris qui pourraient se révéler dangereux, provoquer des dégâts supplémentaires à la structure et mettre en péril la sécurité des évacués. Il conviendra donc de répertorier et de localiser ces bâtiments sur une carte, pour permettre par la suite de mesurer un périmètre de sécurité par rapport à ces bâtiments à risques. D'après *un arrêté du 15/04/2010 du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie*, fixant les règles générales et prescriptions techniques applicables aux stations-service soumises à autorisation sous la rubrique n°1435 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), il existe une distance réglementaire d'implantation minimale (en mètres) à respecter vis-à-vis des issues d'un établissement recevant du public de 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> ou 4<sup>ème</sup> catégorie, d'un immeuble habité ou occupé par des tiers, extérieur à l'établissement ou d'une installation extérieure à l'établissement présentant des risques d'incendie ou d'explosion. Cette distance varie selon le type de carburants présents sur le site.

Cependant, d'après une étude menée par l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, 2002), en cas d'explosion d'une station essence, pour le scénario le plus extrême (qui est possible en cas de séisme), les distances d'effets liées à la létalité pourraient atteindre 115 mètres (*annexe7*). De ce fait, nous avons décidé de choisir la sécurité maximale et nous avons donc fixé notre périmètre à 120mètres autour de chaque station (*Atlas page 13 et 14*). Ainsi par le biais d'une zone tampon autour de chaque station-service, nous avons décidé d'exclure tous les sites refuges présents dans ce périmètre, pouvant être impactés de quelques manières que ce soit par la station-service en cas de séisme.

Nous venons d'expliquer la méthode de seuillage pour le critère de résistance des sites. Maintenant que nous avons détaillé les quatre critères primaires, il convient de retenir et présenter les critères secondaires que sont les points d'entrées et de sorties du site, la disponibilité, l'accessibilité ainsi que les services présents sur les sites.

#### 4.3.2 Critères secondaires

➔ Points d'entrées et de sorties du site.

Il est important pour ce critère, de différencier les points d'entrées des points de sorties. Les points d'entrées vont déterminer le nombre de personnes pouvant entrer sur le site à un même moment tandis que les points de sorties vont faciliter une évacuation post-crise. On pose en effet comme hypothèse que plus il y aura d'entrées, plus ce site présentera une forte qualité car cela permettra à la population d'être plus rapidement et plus facilement mise en sécurité. En revanche, une seule entrée sur un site refuge qui peut accueillir beaucoup de monde posera des problèmes car des points de congestion se formeront et ralentiront l'évacuation (LEONE *et al*, 2014). Les points de sorties en revanche, s'ils ne seront pas pris en compte pour la mise en sécurité au moment de l'alerte, permettront de caractériser les sites par une qualité supérieure. Par exemple, la présence

d'un toit sur lequel peut atterrir un hélicoptère, ou encore la présence d'escaliers de secours à l'extérieur du bâtiment sera un atout quant à l'arrivée des secours.

On notera que pour un espace ouvert comme un parc par exemple (*figure 23*), en l'absence de clôture, ou si le site est totalement ouvert, nous attribuerons la note de 3 pour les entrées et 3 pour les sorties sachant qu'il n'y aurait alors pas de point de ralentissement en cas de foule puisque les gens pourraient aller où bon leur semble quelle que soit la zone d'où ils viendraient. En revanche pour un parc « fermé », le nombre d'accès sera plus limité.

**Les entrées** (portes à l'avant du bâtiment, ou ailleurs, accessibles par tous).

- 1 seule entrée = 1
- 2 entrées = 2
- 3 ou plus = 3

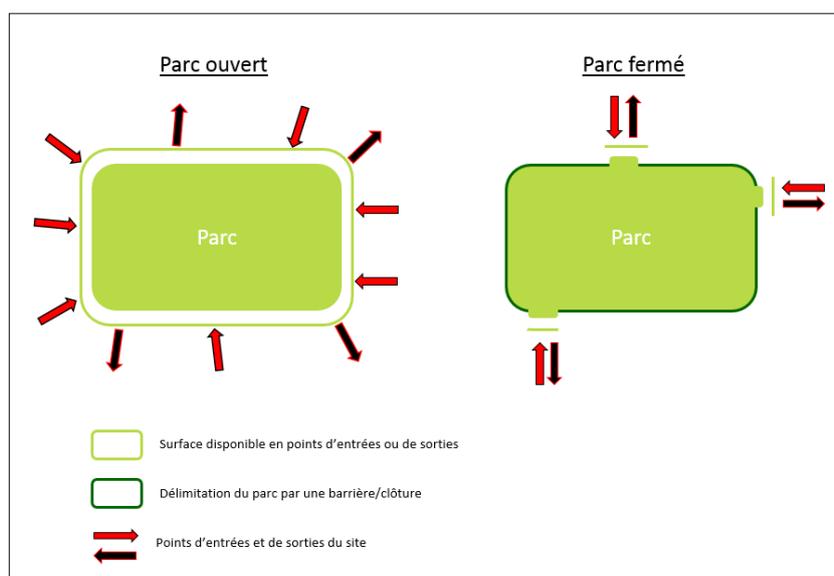


Figure 24: Organisation des entrées et sorties pour un parc "ouvert" et "fermé".  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

**Les sorties** (Portes à l'arrière du site, ou présence de portes de toit avec un toit plat pouvant accueillir un hélicoptère, ou encore présence d'escaliers de secours).

- Pas de porte spécifique de sorties = 1
- 1 porte à l'arrière ou sur le côté = 2
- 2 ou plus sur l'ensemble du site = 3

➔ Disponibilité.

La définition de ce critère est simple. Selon le scénario territorial (SC1a, SC2a, SC1b et SC2b), si le site est fermé sur la période, alors on le rejette de la liste des sites refuges potentiels. Si en revanche le site est ouvert, on ajoute dans ce cas automatiquement la note la plus élevée (3). Il va y avoir un choix binaire sur ce critère car même s'il n'est pas considéré comme primaire, il est déterminant pour la sélection du site, mais d'un point de vue fonctionnel uniquement, pas d'un point de vue de la sécurité des populations, c'est pourquoi il est considéré comme critère secondaire et non primaire. Ainsi, si le site est ouvert, cela indique qu'il répond au mieux au critère, on lui attribue donc la note la plus élevée.

Afin de gagner du temps dans la collecte de données sur le terrain, une « fiche terrain » standard (pour les lieux et pour les zones refuges) a été mise en place (*annexe 8*). Avec les informations relevées sur place, il sera possible de définir relativement vite si ce site est valable ou

non. Rappelons que pour chaque site qui présentera une disponibilité limitée sur une période de l'année, quatre mesures de critères vont être faites en fonction des quatre scénarios.

#### ➔ Services.

Les services vont définir la qualité du site en termes de « confort » pour les populations avec notamment la présence de nourriture, d'eau, de commodités, etc. La répartition de ces services va dépendre du type de site. En effet, avec un hôtel pour site, l'ensemble des services qui pourraient être nécessaires sont présents, en revanche, pour un stade ou un gymnase par exemple, il n'y aura que le strict minimum, à savoir électricité, eau, sanitaires. Aucune réserve de nourriture ne sera disponible. Des bureaux ou des services publics présenteront peut-être un peu plus de possibilités que les gymnases, à savoir de l'électricité, de l'eau, de la nourriture (avec pourquoi pas une cantine, des distributeurs...). C'est donc par le biais du type d'ERP que ces indicateurs vont être définis. Ainsi notre indicateur de qualité se mesurera avec les seuils suivants :

- Des espaces ouverts comme des stades ou des gymnases = 1
- Des bâtiments d'utilité publique, des bureaux, petits magasins = 2
- Des bâtiments résidentiels ou hôtels ou centres commerciaux = 3

Selon l'intensité de l'aléa, la nature et le temps d'évacuation ne seront pas les mêmes, et il se peut que ces services ne soient pas indispensables. Comme nous l'avons dit précédemment, selon la Croix Rouge Américaine, il peut y avoir trois temps d'évacuation (chacun nécessitant un certain nombre de m<sup>2</sup>/personne). Ce critère va donc être important si l'évacuation dure quelques jours, en revanche, pour quelques heures, si le « nécessaire de survie » n'est pas disponible dans le bâtiment ou sur le site, la sécurité des évacués ne sera pas pour autant remise en question. Il est cependant difficile de pouvoir prédire l'intensité de l'aléa, et donc prédire la durée de séjour en site refuge. Il faut donc, dans tous les cas que le site présente un minimum de services, au cas où. C'est une sécurité supplémentaire.

#### ➔ Accessibilité.

L'intérêt de ce critère est de définir l'importance des réseaux (routes), autour d'un site refuge afin d'en qualifier la facilité d'accès. Ce critère va être mesuré à partir de deux indicateurs. Le premier correspond à l'association de la notion de connexité des réseaux et de la notion de « qualité de route » (grandes routes ou bien ruelles). Le deuxième va se référer au temps de parcours d'un point A (la plage par exemple) à un point B (le site refuge).

Le premier va concerner le **nombre et la qualité** des routes au site.

- Une seule connexion du site au réseau routier = 1
- Plusieurs routes qui mènent au site = 2
- Localisation en carrefour ou front de mer = 3

Le deuxième indicateur va être qualifié par le biais d'observations faites sur le terrain et relatif au **temps d'accès** de la zone d'évacuation jusqu'au site. Pour ce point, nous privilégierions un mode de déplacement piéton, plus efficace et plus rapide en cas d'évacuation qu'un déplacement en voiture. Nous avons effectué les trajets allant des plages et bords de mer, jusqu'aux différents sites refuges retenus et nous avons réalisé un découpage des différents temps d'accès en trois.

- Plus de 15 minutes = 1
- De 5 à 15 minutes = 2
- Moins de 5 minutes = 3

Les temps d'accès ainsi mesurés correspondent à un temps de trajet moyen, d'un pas normal, quoi que légèrement accéléré pour se rapprocher de la situation de panique dans laquelle les gens

pourraient être en cas de réel danger, car il ne faut pas oublier qu'avec la peur, les gens marcheraient sans doute plus vite. De plus, chaque individu ne marche pas à la même vitesse, et il existe sur le trajet, des obstacles tels que les points de congestions (qui correspondent à des points de ralentissement : rétrécissements de routes, des escaliers, etc.), qui vont ralentir leur progression.

Nous allons maintenant développer notre technique de seuillage pour le critère de la catégorie des critères tertiaires.

### 4.3.3 Critères tertiaires

#### ➔ Identification du site.

Ce critère pose la question de la connaissance a priori des sites refuges par la population, et de leur identification dans le territoire. Pour cela, un travail annexe est venu compléter les indicateurs de ce critère. Une fois les sites définis, nous avons vérifié leur identification visuelle. Est-ce un site qui est indiqué, qui est grand, et visible à partir de différents endroits ? La vérification de leur connaissance par les populations (résidentes et touristiques) a été menée par le biais d'observations terrains. Une fois ce travail effectué, nous avons pu établir un indicateur pour savoir si le site peut être facilement trouvé par les populations (locales, mais surtout les autres, c'est-à-dire ne connaissant pas le terrain).

- Peu ou pas d'indication pour le site = 1
- Quelques indications = 2
- Très bien indiqué = 3

Nous avons établi les seuils qui nous permettront d'attribuer les notes de nos neuf critères. Nous allons maintenant mettre en place la méthodologie pour les différencier selon leur importance.

## 4.4 Calcul de la « note » de qualité finale des sites refuges basé sur la pondération des critères

Comme expliqué précédemment (partie 2.2.1), certains critères se révèlent plus importants que d'autres quant à la qualité du site qu'ils définiront (LEONE, 2014). Afin que cette différence soit mise en avant dans le calcul final de qualité du site, nous avons différencié ces trois types de critères (primaires, secondaires et tertiaires), grâce à une pondération. Dans le même ordre d'idée que pour l'attribution des notes, les coefficients utilisés traduiront une graduation de l'importance du critère sur l'ensemble des critères. C'est ainsi que les critères primaires verront leurs notes multipliées par un **coefficient de 3**, correspondant à une importance maximale par critère. Les critères secondaires auront un **coefficient de 2**, correspondant à une importance moyenne du critère, et enfin, le dernier critère, faisant partie des critères tertiaires, verra sa note multipliée par un **coefficient de 1**, afin que ce critère soit considéré comme « un plus » pour le site, et n'apparaisse pas comme primordial.

Comme expliqué en 2.1.1.1, deux types de sites refuges peuvent être distingués : les bâtiments et les espaces ouverts. En définissant les différents critères retenus pour notre étude, nous avons pu mettre en lumière le fait que certains critères sont davantage valables pour des bâtiments que pour des espaces ouverts et inversement. Pour des questions de clarté, nous avons décidé de réaliser deux tableaux récapitulatifs de ces critères, un par type de site, puisque l'altitude par exemple sera utilisée uniquement pour les espaces ouverts, tandis que les normes parasismiques et inondations le seront uniquement pour les bâtiments. Nous avons donc un tableau (*tableau 9*) qui représente tous les critères qui seront utilisés pour les sites refuges de type bâtiments, tandis que le *tableau 9* illustre les critères utilisés pour les sites refuges de type espaces ouverts.

Une église est un bâtiment qui présente une large capacité d'accueil mais qui cependant, dispose rarement d'étages dans lesquels des populations pourraient se réfugier en cas de tsunami. Parce que la capacité d'accueil a été qualifiée de critère primaire (cf. : 2.2.2.2), l'église sera tout de

même gardée dans la liste des sites potentiels. Les critères utilisés seront les mêmes que pour les bâtiments (*tableau 10*), à la différence que ce ne sera pas la hauteur du bâtiment qui sera prise en compte mais son altitude. C'est ainsi que les bâtiments ne présentant pas d'étages mais pouvant tout de même figurer sur la liste des sites refuges potentiels vont être retenus, et leur indice de qualité sera mesurée à partir des critères présents sur le *tableau de l'annexe 9*.

Niveau de critères	Critères	Informations complémentaires	Note	Coefficients	Note de qualité finale maximum par critère
Critères primaires	Capacité d'accueil du site		1, 2, 3	3	/9
	Sécurité/résistance du bâtiment	Normes parasismiques	1, 2, 3	3	/9
		Normes inondations	1, 2, 3	3	/9
		Localisation/zonage	1, 2, 3	3	/9
	Hauteur (bât)	T2	1, 2, 3	3	/9
T1		1, 2, 3			
T3		1, 2, 3			
T4		1, 2, 3			
Critères secondaires	Points d'entrées et de sorties du site	Les entrées	1, 2, 3	2	/6
		Les sorties	1, 2, 3	2	/6
	Disponibilité	Disponibilité annuelle ou périodique	1, 2, 3	2	/6
	Accessibilité	Qualité des routes	1, 2, 3	2	/6
		Temps d'accès	1, 2, 3	2	/6
Services		1, 2, 3	2	/6	
Critères tertiaires	Identification du site	LOCAUX	1, 2, 3	1	/3

Tableau 9: Tableau des critères retenus pour la détermination d'un site refuge du type bâtiment.  
Réalisation : M. BANTEGNIE (2015), d'après F. LEONE (2014)

Niveau de critères	Critères	Informations complémentaires	Note	Coefficients	Note de qualité finale maximum par critère
Critères primaires	Capacité d'accueil du site		1, 2, 3	3	/9
	Sécurité	Localisation/zonage	1, 2, 3	3	/9
	Altitude (terrains)		1, 2, 3	3	/9
Critères secondaires	Points d'entrées et de sorties du site	Les entrées	1, 2, 3	2	/6
		Les sorties	1, 2, 3	2	/6
	Disponibilité	Disponibilité annuelle ou périodique	1, 2, 3	2	/6
	Accessibilité	Qualité des routes	1, 2, 3	2	/6
		Temps d'accès	1, 2, 3	2	/6
Services		1, 2, 3	2	/6	
Critères tertiaires	Identification du site	LOCAUX	1, 2, 3	1	/3

Tableau 10: Tableau des critères retenus pour la détermination d'un site refuge du type espace ouvert.  
Réalisation : M. BANTEGNIE (2015), d'après F. LEONE (2014)

A la fin de l'étape de pondération des notes, nous aurons une **note de qualité finale maximale par critère**. Selon la catégorie d'appartenance (primaire, secondaire ou tertiaire), cette note maximale sera donc différente. La présence de plusieurs notes possibles pour un même critère ne signifie pas pour autant que l'ensemble de ces notes sera utilisé. C'est le cas notamment pour la hauteur du bâti par exemple (s'il s'agit d'un bâtiment). Nous avons quatre sous-critères qui correspondent à quatre hauteurs de plafond selon le type de bâtiment (T1, T2, T3 et T4), et qui présente une note chacun. Cependant, pour ces quatre sous-critères, nous n'en choisirons qu'un, celui qui correspond au site retenu, donc nous aurons une seule note multipliée par un coefficient (ici trois puisque ce critère est primaire). Si jamais il s'agit d'un espace ouvert, nous utiliserons dans ce cas l'altitude, mais le résultat sera le même. En effet, la note obtenue sera multipliée par un

coefficient de 3, ce qui donnera une note de qualité finale maximale de 9 (correspondant à la meilleure note possible : 3 x coefficient).

La dernière étape de la méthodologie proposée, consiste à hiérarchiser les sites refuges.

#### **4.5 Une hiérarchisation des sites refuges pour une sélection optimale**

La notation finale pour un site est appelée **Indice de qualité**. Ce dernier est calculé par la somme des notes de qualité finale de chaque critère par site. Une fois cet indice calculé, il est opportun de réaliser une hiérarchisation des sites refuges. Il est à noter que l'indice de qualité maximale pouvant être attribué pour les sites de type bâtiments s'élève à 81 points, tandis que pour les sites de type espaces ouverts, il s'élève à 63 points. Cet indice maximal correspond dans un cas comme dans l'autre, à un site refuge que nous pourrions qualifier d'idéal puisqu'il répond positivement à tous les critères exposés. Les évacués seraient alors, dans ce refuge, en mesure d'attendre une future évacuation dans les meilleures conditions. Même si les maximums d'indices ne sont pas les mêmes entre les bâtiments et les espaces ouverts, il n'existe pas de différence entre un parc avec un indice de 63 point ou un hôtel avec un indice de 81 points. Pour ces deux cas, le résultat sera que le site est parfait pour être utilisé en tant que site refuge.

Sur l'ensemble de nos ERP et de nos indices de qualité, nous avons donc trois classes :

- $[51 ; 0] = 1$
- $[71 ; 51[ = 2$
- $[81 ; 71[ = 3$

Nous avons donc l'ensemble de nos critères et les notes utilisées pour les mesurer. Nous allons maintenant exposer nos résultats et les différents ERP choisis dans le cadre de cette étude.

### **PARTIE III - Résultats, discussion et limites de l'étude**

Cette dernière partie permet de valider la méthodologie mise en place. Nous aborderons les étapes d'échantillonnage des données et les mesures des Sites Refuges avant de présenter le résultat cartographique et de les analyser. Puis, dans un deuxième chapitre, nous identifierons les limites de cette recherche et proposerons quelques perspectives relatives à notre étude.

#### **Chapitre 5 : Sélection de données et mesures des Sites Refuges**

Nous allons détailler les étapes de sélection des différents Sites Refuges ainsi que les calculs associés avant de présenter cartographiquement la localisation des ERP par leur indice de qualité selon différents scénarios temporels et territoriaux pour les communes de Saint-Laurent du Var, Nice et Saint-Jean Cap Ferrat. Puis nous aborderons les notions de PEZR et de diagramme de VORONOÏ. Enfin, cette sous-partie mettra en lumière l'intérêt et l'importance du travail de terrain.

##### **5.1 Reporter les observations et informations de chaque Sites Refuges aux critères**

Notre travail s'est articulé autour des couches ArcGIS des ERP présents sur l'ensemble des communes du littoral de la Côte d'Azur, soit de Théoule à Menton. Dans le cadre de ce mémoire, seuls Saint-Laurent du Var, Nice et Saint-Jean Cap Ferrat ont retenu notre attention (*cf.* : 2.2). Avant d'appliquer la méthodologie mise en place dans la partie II sur la liste d'ERP par commune, a été mise en place une série de filtres dont les particularités vont être brièvement présentées dans cette sous-partie. Puis nous développerons plus particulièrement les étapes de mesures de la capacité d'accueil et des indices de qualité de chaque site refuge.

###### **5.1.1 Les différentes étapes dans le choix des Sites Refuges**

Nous pouvons compter quatre filtres pouvant être appliqués sur la liste brute des ERP par commune, permettant ainsi de réduire significativement leur nombre avant d'utiliser notre méthodologie.

- Le **filtre numéro un** correspond au passage des ERP à l'échelle de la commune aux ERP à l'échelle de la zone de danger en littoral par le biais d'une découpe sur ArcGIS. Pour la ville de Nice par exemple, nous passons de 1597 ERP à 128 ERP, tandis que pour la commune de Saint-Laurent du Var, qui est de taille plus restreinte, nous passons de 69 ERP à 31 ERP dans le cas du scénario S8.
- Les types de bâtiments appartenant aux ERP sont très variables. En effet, il est possible de distinguer des restaurants, des hôtels, des résidences privées, des magasins, des salles de sport mais aussi des maisons de retraites ou des musées, etc. Avec ce **filtre numéro deux**, pour des raisons qui ont été expliquées dans la partie méthodologie de ce mémoire (cf. : 4.1.2), nous excluons les magasins, et ERP de plein pieds tels que les restaurants puisque trop vulnérables aux inondations comme ce peut être le cas à Saint-Laurent du Var, mais aussi les piscines comme à Nice, ainsi que les résidences et appartements privés car fermés par des codes ou nécessitant des pass. Les ERP passent ainsi de 128 à 54 pour la commune de Nice en scénario S8 et de 31 à 3 pour Saint-Laurent du Var. Pour le scénario S11, les ERP de Nice passent de 349 à 130 quand ils passent de 26 à 5 pour Saint-Laurent du Var.
- Certains ERP à fonctions particulières ont été exclus par le biais du **filtre numéro trois**. Nous pouvons prendre en exemple la station d'épuration ainsi que l'aéroport de la commune de Nice. Ce dernier, localisé en front de mer est un enjeu stratégique qui nécessiterait une étude plus poussée sur le type de matériaux utilisés à la construction (cf., 6.2.2), mais aussi sur la gestion de crise au sein d'un tel site stratégique. En effet, ce site a été exclu au regard de la complexité que l'accueil des populations pourrait générer. Etant le deuxième aéroport de France derrière les aéroports de Paris, on peut supposer qu'en cas d'alerte tsunami, il existera déjà une désorganisation au sein de la population se trouvant à l'intérieur, ne faisant que rendre plus difficile la mise à l'abri des évacués. Les ERP de la commune de Nice sont ainsi réduits, et, après ce filtre, on ne dénombre plus que 43 ERP en S8 et 119 en S11. En ce qui concerne Saint-Laurent du Var, pas de changement dans le nombre des ERP, il y a donc toujours 3 et 5 ERP pour les scénarios S8 et S11.
- Le **filtre numéro quatre** correspond à la suppression des ERP localisés dans le rayon d'action d'une station essence. Nous avons dans un premier temps sélectionné les stations au sein de la zone d'étude à l'aide d'une intersection sur ArcGIS, puis nous avons utilisé un buffer de 120m. Il semble en effet délicat d'évacuer la population vers un site pouvant être soumis à des dégâts à cause de l'explosion d'une station-essence. Encore une fois Saint-Laurent du Var ne présente aucun changement dans le nombre de ses ERP puisqu'aucune station-essence n'influe sur un potentiel site refuge, en revanche, pour Nice, nous passons de 43 à 36 ERP en scénario S8 et de 119 à 92 en S11.

Une fois que l'ensemble des ERP est passé à travers ces quatre filtres, la liste finale utilisable de ces derniers est restreinte (*tableau 11*). Il reste respectivement pour les communes de Nice et Saint-Laurent du Var, 36 et 3 ERP en scénario S8, ainsi que 92 et 5 pour le scénario S11. C'est donc sur cette liste finale d'ERP, que notre méthodologie va être appliquée. Finalement, au sein des potentiels sites refuges, aucun site de types espaces ouvert n'a été désignés. Cependant, la méthodologie peut tout à fait être utilisée dans le cas d'une région avec des Sites Refuges de ce type.

	S8								S11							
	COMMUNE DE NICE				COMMUNE DE ST-LAURENT DU VAR				COMMUNE DE NICE				COMMUNE DE ST-LAURENT DU VAR			
Nombre d'ERP par commune	1597				69				1597				69			
	Filtre 1															
	Filtre 2															
	Filtre 3															
	Filtre 4															
Nombre final d'ERP	36				3				92				5			
Nombre d'ERP par scénarios SC1a/SC1b/SC2a/SC2b	36	36	29	29	4	4	2	2	92	92	65	65	5	5	3	3

Tableau 11: Récapitulatif du nombre d'ERP après la mise en place des quatre filtres  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Nous allons maintenant nous intéresser aux différentes étapes de traitement des données pour la capacité d'accueil et des indices de qualités de chaque Sites Refuges.

### 5.1.2 Les calculs de la capacité d'accueil et des indices de qualité de chaque site refuge

Au-delà de leur appartenance à la catégorie de critères structurels, territoriaux ou fonctionnels, l'ensemble des critères identifiés dans la méthodologie nécessitent deux types de traitement :

- Il y a les critères pour lesquels l'observation suffit à attribuer une valeur qualitative comme c'est le cas avec la résistance sismique pour laquelle il suffit de connaître la date de construction, mais aussi les entrées et sorties avec le nombre de portes permettant d'accéder au site, ou encore les sites pour lesquels il est juste nécessaire de connaître la fonction du bâtiment, etc.
- Pour d'autres critères, certains calculs sont indispensables. Sept des neuf critères vont ainsi être défini par le biais de l'observation, et deux nécessiteront un calcul. C'est sur ces deux critères que nous reviendrons dans cette partie.

La capacité d'accueil est un des premiers critères visés. Pour la mesurer, il convient au préalable de définir la superficie de chaque ERP par le biais du logiciel ArcGIS. Cette superficie est nécessaire afin de mesurer la capacité réelle d'accueil en fonction de l'espace disponible. Cependant, avoir une petite superficie n'est pas gage d'une petite capacité d'accueil. En effet, la capacité d'accueil varie certes en fonction de la superficie, mais aussi du nombre d'étages, et surtout de la fonction du bâtiment. Rappelons le, à partir des informations d'A.BUDARJO (2006), a pu être défini une surface exploitable selon le fait que le bâtiment soit un hôtel, un magasin, un centre commercial ou encore un hôpital. C'est ainsi qu'à superficie plus ou moins égale, un hôtel présentera une capacité d'accueil moins importante qu'une école par exemple (tableau 12). Dans l'hôtel, beaucoup de zones sont inaccessibles pour les gens de l'extérieur comme les chambres par exemple, alors qu'au niveau de l'école, les salles de cours peuvent être ouvertes à tous. C'est pourquoi, comme nous le montre le tableau 11, avec une superficie de 322m<sup>2</sup>, l'hôtel de la mer (Nice) ne peut (théoriquement) accueillir que 72 personnes quand l'école de journalisme, avec 342m<sup>2</sup> peut accueillir 721 personnes, ce qui représente une population multipliée par 100. De même, un bâtiment avec une grande superficie

N° SR	Nom de l'ERP	Superficie	Capacité d'accueil
SR83	Ecole élémentaire du port	830	875
SR84	Ecole maternelle Papon	438	346
SR85	Hôtel de la mer	322	72
SR86	Ecole Maternelle Dubouchage	383	202
SR87	Maison de retraite fondation Pauliani	4366	426
SR89	Maison de retraite HELENA	308	5029
SR90	Cinéma Rialto	1010	368
SR91	Complexe sportif Jean Bouin	1087	792
SR93	Hôtel de Police Foch	792	936
SR94	Hôtel Saint-Paul	2499	2793
SR95	Ecole de journalisme	342	721
SR96	Maison de retraite Sergentino	884	1222
SR97	Centre de formation des apprentis	430	305
SR98	Ecole Primaire Pisso	560	443
SR101	Ecole maternelle du port	633	667

comme la maison de retraite Pauliani (Nice), avec 4366 m<sup>2</sup>, peut avoir une faible capacité d'accueil du fait de la distribution de l'espace. En effet, l'espace réellement disponible dans une maison de retraite est de 20% quand il est de 26% pour un hôtel et de 31% pour une école (Annexe 5).

Tableau 12 : Extrait du tableau pour le calcul de la capacité d'accueil des ERP de la commune de Nice  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Une fois les notes de chaque critère attribuées, ces dernières sont alors automatiquement pondérées selon l'importance du critère (primaire, secondaire ou tertiaire). Comme nous l'avons expliqué précédemment (cf. 4.1.2), les sites qui nécessiteront l'application des scénarios, comme les magasins ou les écoles par exemple, apparaîtront quatre fois, puisqu'il sera nécessaire de différencier le jour (SC1a et SC1b) pendant lequel le magasin et l'école seront ouverts, de la nuit (SC2a et SC2b) où ils seront fermés. Les deux tableaux qui suivent sont un seul et même extrait, découpé en deux fois pour une meilleure lecture des informations. C'est ainsi que sur le *tableau 13* nous pouvons voir que les hôtels et hôpitaux n'apparaissent qu'une seule fois, tandis que le Centre Universitaire Méditerranée (CUM) ou le collège Alphonse Daudet, apparaissent quatre fois **(1)**. Ces sites n'étant pas disponibles la nuit, leur critère « disponibilité » est à zéro **(2)**, et les scénarios correspondant ne seront pas retenus pour ces sites **(3)**.

ID SR	Nom du site	Capacité d'accueil	Résistance bât / Exposition	Hauteur	Entrées/sortie	Disponibilité	Accessibilité	Service	Identification du site	Indice de qualité		
SR2	Hôtel le Radisson	9	9	9	9	6	4	6	6	6	2	72
SR3	Ibis budget	3	9	9	9	4	2	6	6	6	2	62
SR4	Maternité Lerval	9	9	9	9	4	6	6	6	6	2	72
SR5	Hôtel Flot d'Azur	3	3	9	9	4	2	6	6	6	2	56
SR6	Hôtel Eden	3	3	9	9	2	2	6	2	6	2	50
SR7 (SC1a)	CUM (SC1a)	3	3	9	6	4	2	6	6	4	3	52
SR7 (SC1b)	CUM (SC1b)	3	3	9	6	4	2	6	6	4	3	52
SR7 (SC2a)	CUM (SC2a)	3	3	9	6	4	2	0	-	-	-	0
SR7 (SC2b)	CUM (SC2b)	3	3	9	6	4	2	0	-	-	-	0
SR8	Hôtel Negresco	9	3	9	9	6	4	6	6	6	3	67
SR10 (SC1a)	Hôtel West End	6	3	9	9	4	2	6	6	6	3	60
SR10 (SC1b)	Hôtel West End	9	3	9	9	4	2	6	6	6	3	63
SR10 (SC2a)	Hôtel West End	6	3	9	9	4	2	6	6	6	3	60
SR10 (SC1b)	Hôtel West End	9	3	9	9	4	2	6	6	6	3	63
SR11	Hôtel Westminster	9	3	9	9	2	4	6	6	6	3	63
SR12	Hôtel Royal	9	3	9	9	2	4	6	6	6	3	63
SR13	Hôtel Palais de la méditerranée	9	3	9	9	4	2	6	6	6	3	63
SR15	Hôtel Cronstadt	3	3	9	9	2	2	6	6	6	2	54
SR16	AC hôtel Nice (Marnotti)	9	9	9	9	4	6	6	6	6	3	73
SR17 (SC1a)	Collège Alphonse Daudet (SC1a)	9	9	9	9	6	6	6	6	4	2	70
SR17 (SC1b)	Collège Alphonse Daudet (SC1b)	9	9	9	9	6	6	6	6	4	2	70
SR17 (SC2a)	Collège Alphonse Daudet (SC2a)	9	9	9	9	6	6	0	-	-	-	0
SR17 (SC2b)	Collège Alphonse Daudet (SC2b)	9	9	9	9	6	6	0	-	-	-	0
SR28	Hôtel le mogan	3	6	9	9	2	2	6	6	6	1	56
SR30	Hôtel Azur	3	6	9	9	2	4	6	6	6	2	59
SR31	Park Hôtel	9	3	9	9	2	2	6	4	6	2	58

Tableau 13: Extrait du tableau représentant les notes de chaque critère des ERP de la commune de Nice en vue de calculer l'indice de qualité final - 1. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Il existe une deuxième situation pour laquelle un site refuge peut apparaître quatre fois. Au-delà de la disponibilité jour/nuit, un même site peut présenter un indice de qualité plus ou moins fort selon la période de l'année. En effet, en période creuse (entre octobre et avril), nous avons mis en avant l'idée que la population sur la Côte d'Azur était bien plus restreinte et donc que la capacité d'accueil d'un site pouvait être moins importante qu'en été (cf : 4.3.1). De ce fait, lorsque la capacité d'accueil d'un site change de note d'une période à une autre (entre SC1a/SC2a et SC1b/SC2b), le site va également apparaître quatre fois. C'est ainsi que dans la liste des sites présents sur le *tableau 14*, l'hôtel West End (Nice), est représenté en quatre exemplaires **(4)**.

Dans ce cas, l'ensemble des scénarios pour ce site est conservé. Seul l'indice de qualité final est modifié **(6)** puisque la capacité d'accueil est excellente en période creuse (9/9) et moyenne en période d'affluence (6/9)**(5)**. Ce site peut convenir à tout moment de l'année, et que ce soit en hiver ou en été, il pourra accueillir le même nombre de personnes. Cependant, si en hiver, un site pouvant accueillir 500 personnes présente une excellente capacité d'accueil, en été la population étant plus importante, ce même site sera considéré comme ayant une capacité d'accueil moyenne ou faible. Cela lui fera perdre 3 points dans la note finale de l'indice de qualité et pourra le faire passer d'une classe a avec un indice de qualité supérieur à 71 points, à une classe b, c'est à dire avec un indice de qualité compris entre 51 et 71 points. Nous venons de détailler les étapes de calculs du critère de la capacité d'accueil, ainsi que les particularités des sites refuges en fonction des scénarios temporels.

Nous allons maintenant présenter les cartes de localisation des ERP sur les communes de Nice et de Saint-Laurent du Var.

ID SR	Nom du site	Capacité d'accueil	Résistance bât / Exposition		Hauteur	Entrées/sortie		Disponibilité	Accessibilité		Service	Identification du site	Indice de qualité
SR2	Hôtel le Radisson	9	9	9	9	6	4	6	6	6	6	2	72
SR3	Ibis budget	3	9	9	9	4	2	6	6	6	6	2	62
SR4	Maternité Lenval	9	9	9	9	4	6	6	6	6	6	2	72
SR5	Hôtel Flot d'Azur	3	3	9	9	4	2	6	6	6	6	2	56
SR6	Hôtel Eden	3	3	9	9	2	2	6	2	6	6	2	50
SR7 (SC1a)	CUM (SC1a)	3	3	9	6	4	2	6	6	6	4	3	52
SR7 (SC1b)	CUM (SC1b)	3	3	9	6	4	2	6	6	6	4	3	52
SR7 (SC2a)	CUM (SC2a)	3	3	9	6	4	2	0	-	-	-	-	0
SR7 (SC2b)	(4) CUM (SC2b)	(5) 3	3	9	6	4	2	0	-	-	-	-	0
SR8	Hôtel Negresco	9	3	9	9	6	4	6	6	6	6	3	67
SR10 (SC1a)	Hôtel West End	6	3	9	9	4	2	6	6	6	6	3 (6)	60
SR10 (SC1b)	Hôtel West End	9	3	9	9	4	2	6	6	6	6	3	63
SR10 (SC2a)	Hôtel West End	6	3	9	9	4	2	6	6	6	6	3	60
SR10 (SC1b)	Hôtel West End	9	3	9	9	4	2	6	6	6	6	3	63
SR11	Hôtel Westminster	9	3	9	9	2	4	6	6	6	6	3	63
SR12	Hôtel Royal	9	3	9	9	2	4	6	6	6	6	3	63
SR13	Hôtel Palais de la méditerranée	9	3	9	9	4	2	6	6	6	6	3	63
SR15	Hôtel Cronstadt	3	3	9	9	2	2	6	6	6	6	2	54
SR16	AC hôtel Nice (Marriott)	9	9	9	9	4	6	6	6	6	6	3	73
SR17 (SC1a)	Collège Alphonse Daudet (SC1a)	9	9	9	9	6	6	6	6	4	4	2	70
SR17 (SC1b)	Collège Alphonse Daudet (SC1b)	9	9	9	9	6	6	6	6	4	4	2	70
SR17 (SC2a)	Collège Alphonse Daudet (SC2a)	9	9	9	9	6	6	0	-	-	-	-	0
SR17 (SC2b)	Collège Alphonse Daudet (SC2b)	9	9	9	9	6	6	0	-	-	-	-	0
SR28	Hôtel le magan	3	6	9	9	2	2	6	6	6	6	1	56
SR30	Hôtel Azur	3	6	9	9	2	4	6	6	6	6	2	59
SR31	Park Hôtel	9	3	9	9	2	2	6	4	6	6	2	58

Tableau 14 : Extrait du tableau représentant les notes de chaque critère des ERP pour la commune de Nice en vue de calculer l'indice de qualité final - 2. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

## 5.2 Une cartographie explicite des Sites Refuges selon différents types scénarios

Les critères utilisés pour la quantification des Sites Refuges présentent les mêmes valeurs de classes quelle que soit la commune. En effet, nous n'avons pas différencié un Site Refuge présentant un indice de 71 points dans la commune de Nice par exemple, par rapport à un Site Refuge avec le même indice dans la commune de Saint-Laurent du Var. Cependant, nous pouvons noter des différences toutes autres telles que la répartition géographique des ERP, ou tout simplement le nombre de ces derniers. L'ensemble des cartes réalisées sont disponibles dans l'atlas joint à ce mémoire.

### 5.2.1 Le littoral niçois marqué par une dichotomie est/ouest en termes de répartition des Sites Refuges

Nice est une ville qui offre 9 km de littoral. Ce bord de mer est une zone à risque en cas de tsunami qui présente différents enjeux avec notamment la présence de la Promenade des Anglais, promenade de bord de mer fréquentée tout au long de l'année. Pour cette commune et plus précisément dans la zone de danger que nous avons délimitée, nous sommes partis avec un total de 36 ERP pour le scénario S8 et 92 ERP pour le scénario S11. Si l'on se réfère à la *figure 25* présentée ci-après, il est possible d'observer que ces ERP ne sont pas répartis de manière homogène. En effet sur cette représentation spatiale des ERP par indice de qualité pour le scénario S11 – SC1a de la commune de Nice, il ressort que ces derniers restent assez concentrés et que certaines zones sont totalement dépourvues de Sites Refuges. Cette répartition des ERP met en avant une dichotomie est/ouest.

Si nous pouvons dénombrer un certain nombre de Sites Refuges au niveau du quartier du port (1) et de la fin du quai des Etats-Unis (2), en revanche, au niveau de la Promenade des Anglais (entre (2) et (3)), ce nombre est insuffisant. Ceci peut être expliqué par le fait que la Promenade des Anglais est longée par des bâtiments de type résidences et appartements privés, donc non compris dans le cadre des ERP puisqu'ils sont inaccessibles pour les personnes n'y résidant pas. De plus, les bâtiments de types magasins sont localisés davantage dans les terres, ici, en dehors de la zone inondable, or, nous cherchons des sites refuges à l'intérieur de la zone de danger (4.1.1).

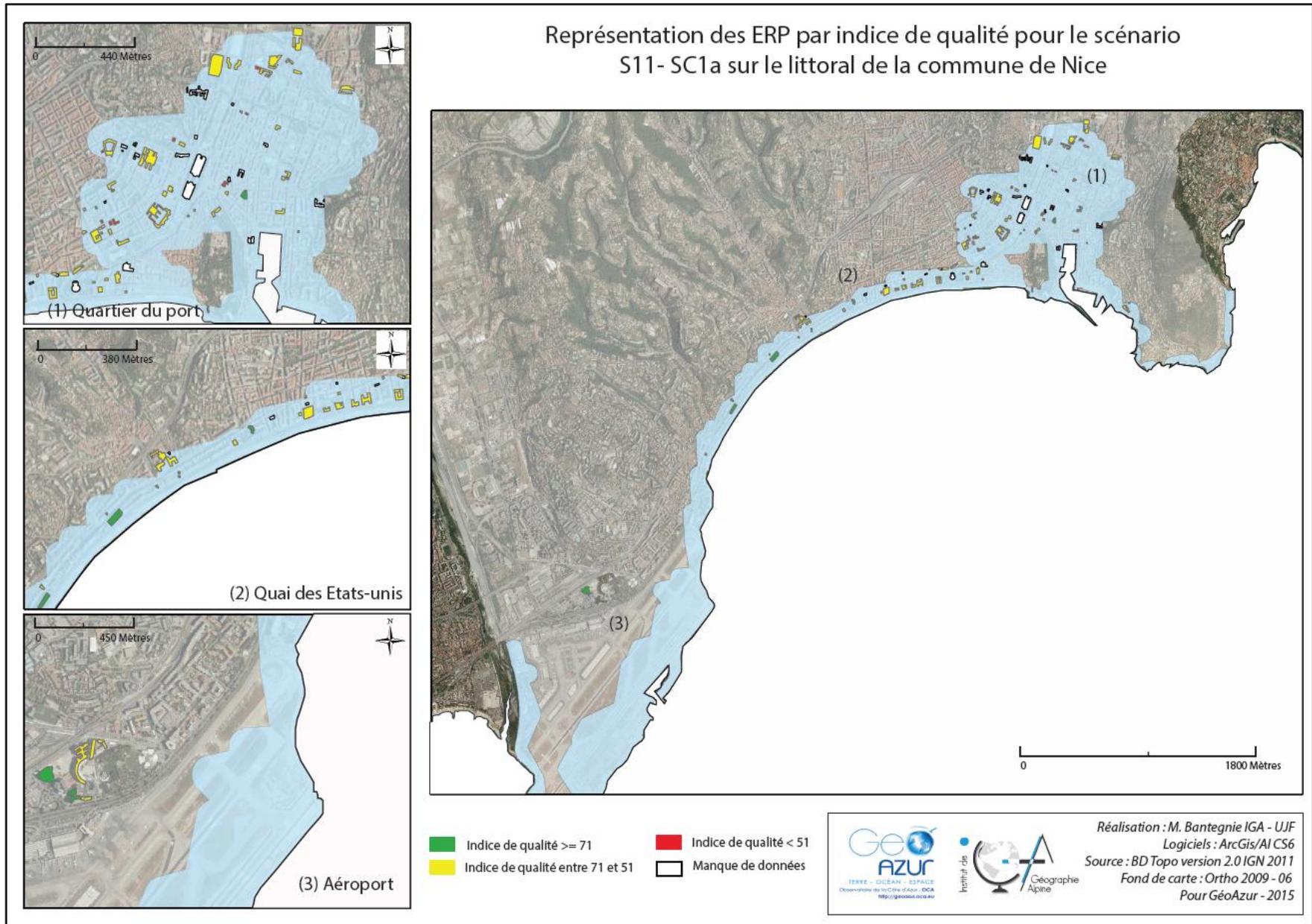


Figure 25 : Représentation des ERP par indice de qualité pour le scénario S11 - SC1a. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

La zone la plus vide en termes de sites refuges reste cependant le quartier de l'aéroport. Lorsque nous avons défini la liste des ERP sur l'ensemble du littoral niçois au début de cette étude, sont sortis du lot les quatre grands parkings de l'aéroport. Cependant, à cet endroit plus qu'en ville, ces derniers sont très souvent pleins, il est donc compliqué d'envisager envoyer les évacués s'y réfugier en cas de tsunami, la présence de débris pouvant être beaucoup trop importante. Au-delà de l'aéroport, un peu plus dans les terres, à moins de cinq minutes à pied se situe l'ARENAS, un centre d'affaire dans lequel ont été construits des bureaux et des hôtels. Afin de pallier le manque de Sites Refuges dans l'aéroport même, et parce que l'accès y est très facile depuis ce dernier, nous avons décidé d'utiliser cette zone et d'y compter les ERP présents. Cet ajout permet de combler quelque peu l'absence totale d'ERP au niveau de l'aéroport et de la promenade des Anglais.

Les sites les mieux notés sont les sites dont l'indice de qualité est situé entre 81 et 71 points (81 étant le maximum attribué à un site refuge de type bâtiment), et ils sont représentés de couleur verte sur notre carte. Pour la commune de Nice, grâce à la mise en place de la méthodologie, avec le scénario S11 – SC1a, c'est-à-dire avec l'extension spatiale de l'inondation la plus grande et en pleine journée en période d'affluence, on dénombre 7 sites refuges de classe a en totalité localisés dans le quartier du port, 76 de la classe b localisé de manière hétérogène, et 9 considérés comme de faible qualité.

Au regard des cartes de vulnérabilités réalisées par L.BOSCHETTI (2013), il est possible de faire une comparaison entre la localisation spatiale des ERP, la vulnérabilité de ces derniers et le rayon et le temps d'accès des pompiers sur le territoire de la commune de Nice. En effet, la majorité des ERP sélectionnés dans le cadre de cette étude, correspondent également aux ERP dont la vulnérabilité est la plus forte (représentée en rouge sur l'extrait de la carte de vulnérabilité des ERP par L. BOSCHETTI, 2013) (*figure 26 et annexe 10*). Grâce à ces comparaisons avec les cartes de vulnérabilité, il est possible de noter que c'est également à l'endroit où les ERP sont les moins nombreux, c'est-à-dire au niveau de l'aéroport, que les pompiers mettent le plus de temps pour intervenir dans le cas où toutes les casernes du territoire seraient fonctionnelles (*figure 27 et annexe 11*), ce qui, au regard du type de tsunami pouvant impacter la côte (d'origine sismique), correspond au scénario le plus probable.

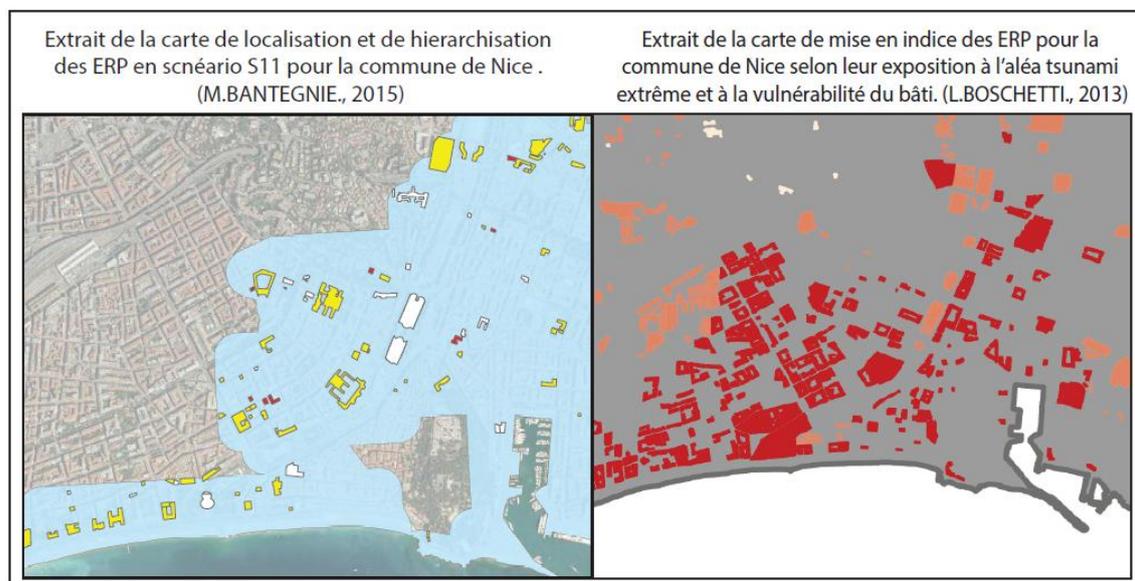


Figure 26: Mise en évidence de la forte vulnérabilité des ERP sélectionnés dans le cadre de notre étude.  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

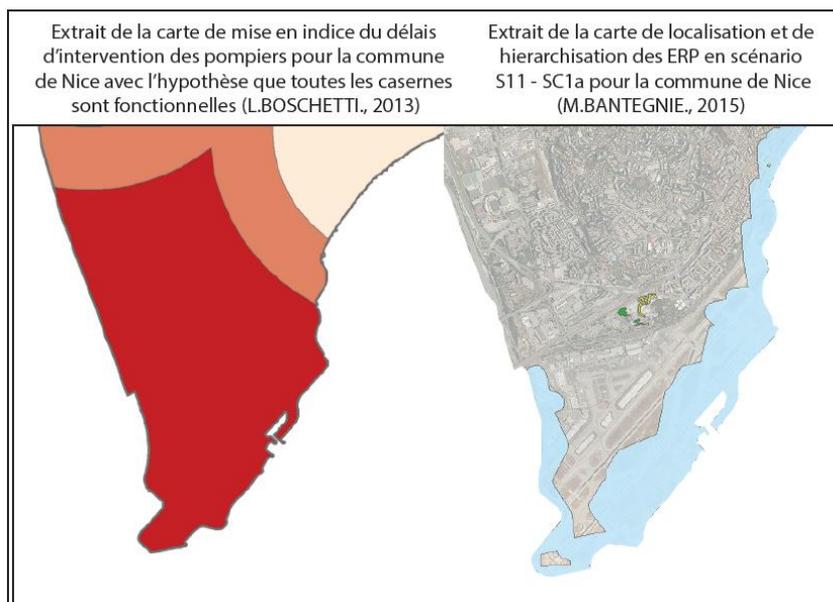


Figure 27 : Comparaison du délai d'intervention des pompiers et du manque d'ERP dans le quartier de l'aéroport sur la commune de Nice. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

En ce qui concerne la variation du nombre de Sites Refuges entre les scénarios territoriaux S8 et S11, pour un même scénario temporel (SC1a), il est possible de noter une diminution de ces sites (*Atlas page 19*). Cela peut s'expliquer tout d'abord par la réduction de la zone de danger. Etant donné que nous avons choisi

de ne prendre que les Sites Refuges localisés à l'intérieur de cette zone de danger (par soucis de temps d'accès puisque le temps d'évacuation ne dépasse pas les 15 minutes), il est normal que ces derniers soient moins nombreux puisque la zone inondable est plus petite (nous passons en effet de 92 sites pour le scénario S11 à 36 sites pour le scénario S8, ce qui représente moins de la moitié de Sites Refuges). En revanche, on ne note aucune véritable différence quant à la répartition spatiale de ces sites. En effet, tout comme pour le scénario S11, l'ouest du littoral, c'est-à-dire le quartier de l'aéroport et le début de la promenade des Anglais est dépourvu de Sites Refuges. Cela peut s'expliquer par le fait que, comme pour le scénario S11, la promenade des Anglais est principalement bordée en front de mer par des résidences privées, et/ou des magasins sans étages et qu'à cet endroit, l'extension spatiale est assez faible dans les terres.

### 5.2.2 La commune de Saint-Laurent du Var : des ERP peu nombreux mais à forte capacité d'accueil

La commune de Saint-Laurent du Var est une commune beaucoup plus petite que celle de Nice, avec une zone inondable plus restreinte, dans laquelle le nombre d'ERP est faible. C'est ainsi que pour le même scénario temporel et territorial que Nice (S11 – SC1a), la représentation des Sites Refuges dans la zone de danger de la commune de Saint-Laurent du Var est peu marquée. En effet, avec 92 ERP de départ, la zone de danger pour la commune de Nice était déjà relativement faible au vu du territoire à couvrir. Mais avec seulement cinq ERP validés, malgré sa petite taille, la commune de Saint-Laurent du Var est en manque de sites refuges en cas d'alerte tsunami. Comme nous pouvons le voir sur la *figure 28*, ces cinq ERP sont répartis en deux classes. La première comporte quatre sites de classe b, c'est-à-dire avec un indice de qualité entre 71 et 51, il s'agit du centre commercial Cap 3000, de l'hôtel Le Gabian ainsi que d'un complexe médical au nord de la zone de danger. Le dernier, de classe c, correspond à une salle de sport dont l'accessibilité est assez faible. N'est présent aucun site de classe a. Ce qui est frappant lorsque l'on étudie cette carte, c'est le manque évident de sites refuges, mais également l'emplacement spatial de ces derniers puisqu'ils sont concentrés côté est de la zone de danger. Cela est encore plus vrai pour le scénario S8 – SC1a (*Atlas page 15*). Pour ce deuxième scénario, le nombre d'ERP passe de 5 à 3 et comprend le centre commercial Cap 3000 localisé en front de mer, ainsi que le Novotel et la salle de sport Vita Liberté.

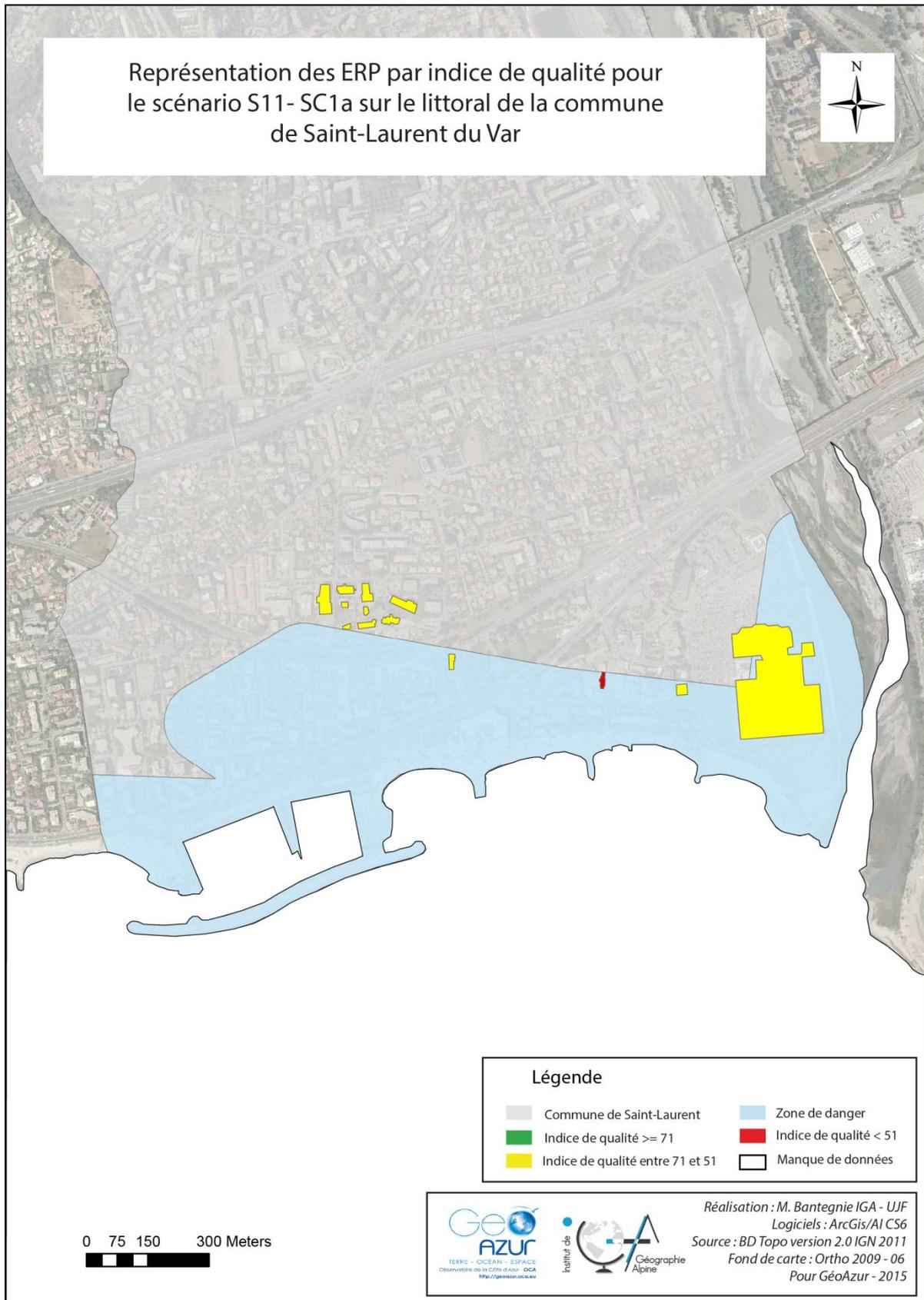


Figure 28 : Représentation des ERP par indice de qualité pour le scénario S11 – SC1a sur le littoral de la commune de Saint-Laurent du Var. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Finalement avec les différents ERP de la commune de Saint-Laurent du Var, en cas de tsunami prévu avec le scénario extrême (le scénario S11), la capacité d'accueil totale sur la zone de danger est de **14844** personnes contre **13360** en cas de scénario S8. La majorité de la population serait alors évacuée vers le centre commercial qui peut accueillir à lui seul plus de 12 000 personnes. En effet, le centre commercial Cap 3000, avec ses 65 000m<sup>2</sup> peut accueillir plus de 10 000 personnes selon la méthode de calcul de la capacité d'accueil d'A.BUDIARJO (2006). Finalement, malgré le manque flagrant d'ERP sur la zone de danger, le centre commercial est un véritable atout, puisqu'à lui seul, il peut héberger l'ensemble de la population à évacuer. Cependant, si la commune de Saint-Laurent du Var présente un linéaire côtier d'1,5km seulement (comparé au littoral niçois par exemple), le temps de parcours d'une personne localisée au niveau de la discothèque « l'annexe », à l'ouest du port, c'est-à-dire à l'opposé de Cap 3000, serait bien trop long si elle devait se mettre à l'abri en cas d'alerte tsunami. De plus, le réseau autoroutier se montrera comme un obstacle à l'évacuation du fait de l'importance des voitures et de la difficulté de circulation.

De plus, ces statistiques des scénarios S11 et S8 sont valables en scénario temporel SC1a, c'est-à-dire en pleine journée en période d'affluence (par exemple le 15 août à 14h). En pleine nuit en période d'affluence (ou en période creuse (SC1b et SC2b)), il ne reste déjà plus qu'un seul site, il s'agit de l'hôtel le Gabian dont l'accueil se fait 24h/24. Le centre commercial ainsi que la salle de sport étant fermés la nuit, ils sont éliminés de la liste déjà courte des Sites Refuges de Saint-Laurent du Var. Sur ces périodes, en cas de tsunami, les conséquences en seraient d'autant plus dramatiques puisqu'un seul ERP pour l'ensemble de la zone de danger est largement insuffisant, sa capacité d'accueil théorique étant de 392 personnes (*Atlas pages 16 à 18 et pages 24 à 26*).

Les cartes non présentées dans cette sous-partie sont disponibles dans l'atlas annexé à ce mémoire. De même que la liste complète des différents ERP pour chaque scénario temporel et territorial est disponible en *annexe 12 et 13* pour les communes de Nice et Saint-Laurent du Var. Dans le cas de Saint-Laurent du Var et de Saint-Jean Cap Ferrat, davantage que pour la commune de Nice, nous utiliserons ce que nous appelons les Points d'Entrées en Zones Refuges (*cf. 4.1.1*), afin de pallier le manque de Sites Refuges dans la zone de danger (*cf. 6.1.2*).

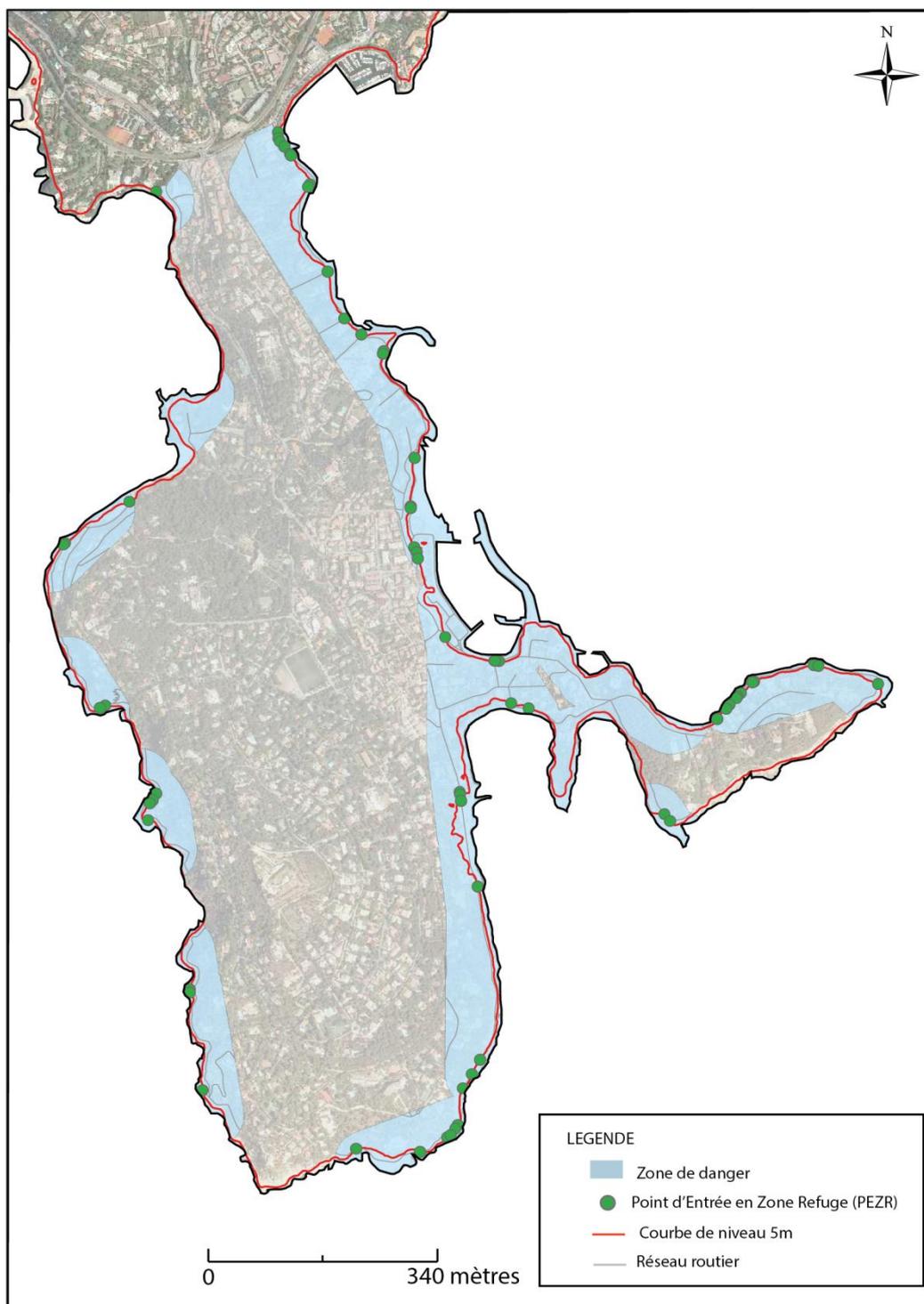
### **5.3 Utilisation des Points d'Entrées en Zones Refuges (PEZR) pour combler les déficits spatiaux : le cas de Saint-Jean Cap Ferrat et Saint-Laurent du Var**

Les ERP n'ont pas pu être exploités pour la commune de Saint-Jean Cap Ferrat, car ils correspondaient soit à des hôtels privés, soit à la base militaire, donc non accessible à tous. Pour cette commune, nous nous sommes donc concentrés sur les Points d'Entrées en Zone Refuges.

Comme son nom l'indique, Saint-Jean Cap Ferrat est un cap, localisé entre Villefranche-sur-Mer et Beaulieu-sur-Mer à l'est de la commune de Nice. Son statut de cap lui confère un relief particulier où le dénivelé est rapidement important. Un sentier littoral a été aménagé afin de permettre aux visiteurs d'en faire le tour, d'où il est facile de prendre de la hauteur. C'est l'accessibilité à cette dénivellation qui a motivée la volonté d'utiliser des PEZR. En effet, les ERP n'étant pas exploitables sur l'ensemble du cap, l'utilisation des PEZR a semblé être un bon compromis. Comme nous le montre la *figure 29*, ces derniers sont nombreux et très bien répartis sur l'ensemble du cap, que ce soit pour le scénario S8 ou S11 (*cf. Atlas pages 35 et 36*), permettant ainsi aux évacués, où qu'ils soient au moment de l'alerte tsunami, de pouvoir se mettre à l'abri.

Dans la *sous-partie 2.2* nous avons expliqué les caractéristiques des différents scénarios retenus dans le cadre de cette étude. Nous avons mis en avant les travaux réalisés par M.IOUALALEN *et al* (2010), et avons basé notre méthodologie sur le postulat que, au regard des résultats de simulation de modèles, la plus grosse vague pouvant atteindre la côte azurée (dans le cas du scénario extrême), serait de quatre mètres. A partir de là, nous pouvons estimer une marge d'environ un mètre, correspondant à la potentialité d'un événement plus large que les modèles le prévoient. Ainsi, cinq

## Représentation des PEZR avec le scénario S8 pour la commune de Saint-Jean Cap Ferrat



Réalisation : M. Bantegnie IGA - UJF  
Logiciels : ArcGIS/AI CS6  
Source : BD Topo version 2.0 IGN 2011  
Fond de carte : Ortho 2009 - 06  
Pour GéoAzur - 2015

Figure 29 : Représentation des PEZR avec le scénario S11 pour la commune de Saint-Jean Cap Ferrat  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

mètres serait donc une hauteur suffisante à partir de laquelle les populations seraient à l’abri. C’est ainsi que nos PEZR ont été identifiés au croisement des routes présentes dans la zone de danger et de la courbe de niveau 5 mètres qui longe la côte. Pour le scénario S8, ont été identifiés 26 PEZR dans la zone de danger de Saint-Jean Cap Ferrat, et pour le scénario S11, en ont été identifiés 25 (tableau 14).

Au regard de nos cartes de répartition des ERP (cf. : 5.2.2 et Atlas pages 15 à 18 et pages 23 à 26), la commune de Saint-Laurent du Var est une commune où, quel que soit le scénario temporel et territorial, sont présents très peu de Sites Refuges. Dans le cadre de notre étude, il est possible de combler ces quelques sites avec la technique des PEZR utilisée pour la commune de Saint-Jean Cap Ferrat, afin d’offrir d’avantage de zones de sécurités aux évacués si une alerte tsunami était donnée. En réalisant l’intersection entre la courbe de niveau de 5 mètres et les routes localisées dans la zone de danger, nous obtenons ainsi 14 PEZR à ajouter aux ERP du scénario S8 et 25 pour le scénario S11 (Tableau 14). Afin de compléter au maximum nos données sur les ERP, et parce que certaines zones en sont dépourvues, nous avons effectué cette même manipulation pour la commune de Nice où nous avons identifié 132 PEZR pour le scénario S8 et 147 pour le S11 (Atlas pages 33 et 34)

	S8	S11
<b>Saint-Jean Cap Ferrat</b>	26	25
<b>Nice</b>	132	147
<b>Saint-Laurent du Var</b>	14	25

Tableau 15 : Nombre de PEZR par commune en fonction du scénario retenu. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Il existe plusieurs avantages à ces Points d’Entrées en Zone Refuge. Les deux principaux étant la capacité d’accueil et la disponibilité. En effet, n’étant pas considérés comme des bâtiments, et étant situé à une certaine altitude sur une route, chaque individu peut y avoir accès, de jour comme de nuit. De plus, malgré une largeur limitée des routes, une grande quantité de personne pourrait y accéder assez rapidement. Cette technique peut s’adapter à tout type de littoral, et selon tout pronostic de hauteur de vague. En effet, les seules informations nécessaires à l’identification de PEZR sur un territoire donné sont l’emplacement des axes routiers et les courbes de niveaux.

#### 5.4 Etude de la distribution spatiale des Sites Refuges par le biais du diagramme de VORONOÏ

Dans cette sous-partie, nous nous concentrerons sur une analyse qui vient compléter notre cartographie de Sites Refuges, à savoir l’utilisation du diagramme de Voronoï pour identifier la distribution des différents sites les uns par rapport aux autres sur le territoire étudié.

A travers les cartes de répartition des ERP présentées précédemment (cf. : 5.2), a été mis en avant le fait que les ERP ne sont pas assez nombreux, que ce soit pour la commune de Nice, ou bien pour celle de Saint-Laurent du Var. Mais sont-ils bien répartis sur le territoire concerné, c’est à dire dans la zone de danger ? Pour répondre à cette question, nous avons imaginé compléter notre travail de répartition des ERP par l’utilisation du diagramme de Voronoï.

Un diagramme de Voronoï (ou polygones de Thiessen) s’applique à un ensemble de points qui correspondent ici à nos Sites Refuges. C’est un réseau comportant des polygones convexes, chacun délimitant la zone dans laquelle tout point est plus proche de son site par rapport à tous les autres sites (PILLAUD, 2006). Ce diagramme peut ainsi mettre en avant les zones d’influences de chacun de nos sites précédemment sélectionnés. Dans ces zones, chaque point du polygone sera plus proche du site de ce polygone que du site des autres polygones. Il est alors possible de définir l’influence de chaque site par rapport aux autres, et vérifier l’homogénéisation de la répartition spatiale de ces derniers.

La figure 30, présentée ci-dessous, met en avant la répartition spatiale des Sites Refuges dans la zone de danger pour la commune de Nice avec le scénario modéré S8. La zone de danger apparaît de couleur bleue, et les polygones de chaque Site Refuge sont en violet.

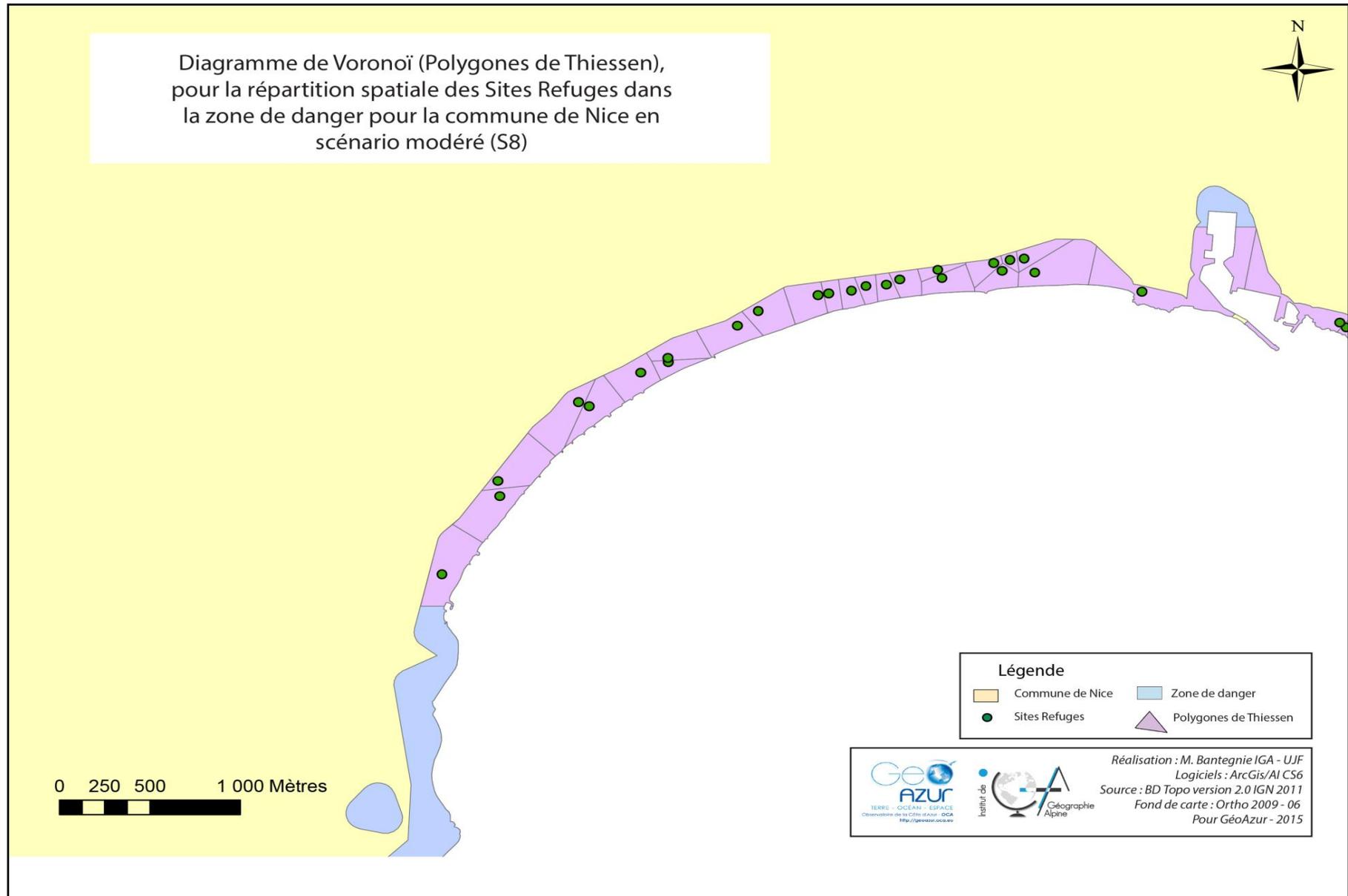


Figure 30: Répartition spatiale des Sites Refuges dans la zone de danger pour la commune de Nice. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

En observant attentivement cette carte, nous pouvons noter dans un premier temps que la zone couverte par les Sites Refuges ne correspond pas en totalité à la zone de danger, ce qui traduit un manque de Sites Refuges. De plus, il existe une différence de taille entre les différents polygones. Tandis que la région du quai des Etats-Unis au niveau du port comporte beaucoup de Sites Refuges, et donc que les polygones de Thiessen sont relativement petits, au niveau de la Promenade des Anglais, plus à l'ouest, ces derniers sont beaucoup plus grands et donc la zone couverte par chaque Sites Refuges est bien plus grande. Dans ce cas, le nombre de personnes potentiellement accueillies par l'un de ces sites sera plus important. La question que l'on doit alors se poser est de savoir si le site concerné a la capacité d'accueil nécessaire.

En cas de scénario S11, on retrouve à peu près les mêmes caractéristiques de couverture spatiale des polygones de Thiessen (*Atlas page 38*). En effet, il existe des zones où le nombre des Sites Refuges est important, c'est le cas notamment sur la fin du quai des Etats-Unis, un peu avant le quartier du Port. A cet endroit, les Sites Refuges sont nombreux et proches les uns des autres. Par conséquent, les polygones de Thiessen sont petits puisque l'aire d'influence de chaque site s'arrête où commence celle des autres. A l'inverse quand les sites sont moins nombreux, les polygones s'agrandissent et leur zone d'influence augmente afin de couvrir le manque de site à proximité.

L'utilisation de la technique du diagramme de Voronoï (ou polygones de Thiessen) est un complément au travail précédemment effectué. En effet, le but de ce mémoire était de mettre en place une méthodologie afin de déterminer certains sites pouvant accueillir une population en cas d'évacuation.

## **5.5 Le travail de terrain, un indispensable complément méthodologique**

Le travail de terrain a permis de compléter et de valider la méthodologie mise en place. En effet, nous avons parlé précédemment de deux types de traitements pour les différents critères retenus (*cf. : 5.1.1*). Le terrain va permettre de définir certains critères pour lesquels l'observation est utilisée. Pour ces critères, nous nous sommes appuyés sur la BD ortho de 2009. Cela a été le cas avec le critère de l'accessibilité notamment, afin de connaître le nombre et le type de route permettant l'accès au site. Cependant, notre étude nous place en 2015, et entre 2009 et 2015, beaucoup d'aménagements peuvent avoir été réalisés au sein des communes, ce qui est le cas pour la ville de Nice. C'est dans ce cadre que le terrain prend sa place et son importance.

Il permet également de mettre en avant certaines particularités des sites. Au-delà de la méthodologie et des résultats obtenus, le terrain permet de comprendre certaines notes. C'est le cas notamment avec l'hôtel Villa Eden sur la promenade des Anglais à Nice (*SR6, annexe 6*). Ce petit hôtel a été identifié comme site refuge par notre analyse méthodologique puisqu'il présente des fondations pouvant résister à un séisme. En effet, malgré une date de construction de 1900, il a été l'objet de nombreuses rénovations dans les dix dernières années. C'est un hôtel de 2 étages avec des services de confort dans le cas d'une évacuation de longue durée, mais aussi un large sous-sol qui pourrait permettre d'évacuer une quantité d'eau assez importante, et un toit plat (ou les gens pourraient se réfugier au besoin). Ainsi malgré une faible capacité d'accueil (du à la faible superficie de l'hôtel), on peut imaginer que ce site refuge serait idéal en complément d'un site plus grand situé non loin. De plus, localisé en front de mer et face à un escalier menant à la plage, sa localisation est optimale et son temps d'accès très faible. Cependant, le problème majeur de cet hôtel est son accessibilité. En effet, bloqué entre deux bâtiments (un hôtel et une résidence privée), il ne laisse qu'une mince et longue allée pour y accéder, représentée en orange sur la *figure 31* ci-dessous. En cas d'alerte, le nombre de personnes nécessitant une mise à l'abri serait beaucoup trop importante et un point de congestion se formerait à l'entrée de cet hôtel, faisant perdre du temps aux évacués et pouvant jusqu'à mettre leur vie en danger s'ils ne pouvaient se mettre à l'abri avant l'arrivée du tsunami.



Figure 31 : Accessibilité de l'hôtel Villa Eden  
Source : image googlemap

Finalement le terrain peut nous permettre de mettre en avant des éléments que la méthodologie seule ne peut faire ressortir. Il permet de voir au-delà de l'indice de qualité. En effet, un faible indice de qualité peut induire en erreur sur la qualité d'un site. Nous allons prendre un exemple avec l'hôtel Cronstadt à Nice, pour expliquer ce point. Situé non loin de la Promenade des Anglais, son entrée donne sur la rue Cronstadt, perpendiculaire au front de mer. La particularité de ce site refuge (*nommé SR15 dans la liste des ERP par scénarios, cf. annexe 12b*) réside dans sa configuration par rapport aux autres bâtiments localisés autour. En effet, à première vue, cet hôtel présente des critères moyens, avec une faible capacité d'accueil, une faible superficie, et une accessibilité limitée puisqu'une seule entrée. Cependant, pratiquement invisible depuis l'extérieur, sa localisation à l'intérieur d'autres bâtiments le protège de l'impact direct d'un potentiel tsunami, puisque l'ensemble de ses murs est doublé. On peut donc imaginer qu'à aucun moment, la force d'une vague tsunamigène ne pourra impacter sa structure, dans un premier temps car sa seule entrée donne sur une rue perpendiculaire au front de mer, et dans un deuxième temps puisqu'il ne sera jamais en contact direct avec une vague.

Ainsi, avec un indice de qualité de 54/81, sa place dans la catégorie moyenne (b) ne reflète pas sa capacité à accueillir une population évacuée d'un point de vue qualité, sécurité du site. Sa place en bas du classement des sites (65<sup>ème</sup> place sur les 92 ERP de la ville de Nice) est justifiée au regard de plusieurs critères avec une faible note dont principalement la capacité d'accueil et l'accessibilité, cependant, il présente une bonne résistance sismique et est totalement protégé. Dans le cadre d'une étude plus poussée sur la méthodologie appliquée, il pourrait être intéressant de se pencher sur un critère variable selon les cas, permettant à un site de changer de catégorie lorsqu'une analyse plus poussée sur le terrain révèle que ce site pourrait être mieux classé comme ce peut être le cas ici avec l'hôtel Cronstadt. Mais dans le cadre de cette étude, il semble difficile de mettre en avant ce point à travers nos résultats et notre cartographie.

## Chapitre 6 : Limites et perspectives de cette étude

L'objectif principal de ce mémoire et de cette étude, était la mise en place d'une méthodologie dans le but de déterminer des Sites Refuges en cas de tsunami sur le littoral azuréen. Nous avons centré notre étude sur neuf critères principaux permettant de qualifier un site refuge de qualité. Certains de ces critères peuvent être approfondis afin de rendre plus précise cette étude. Dans cette partie, nous allons revenir sur quatre critères qui pourraient être approfondis davantage : La capacité d'accueil, la résistance, l'accessibilité et l'identification du site.

### 6.1 Une estimation plus précise de la fréquentation des plages et promenades de bords de mer par l'utilisation de nouvelles technologies

« La connaissance des flux de visiteurs sur le littoral, qu'il soit naturel ou aménagé, apparaît aujourd'hui comme un pré requis indispensable à toute opération de gestion, de conservation et d'aménagement » (ROBERT, et al, 2008). En effet, connaître le nombre de personnes qui fréquentent les littoraux, bords de mers et promenades peut apporter des informations quant à l'état économique de la commune concernée, mais aussi les aménagements qui pourraient être nécessaires, et donc les financements à prévoir, etc.

Dans le cadre de notre étude, connaître le nombre de personnes sur les plages peut nous aider à définir l'importance du besoin en Sites Refuges en cas d'alerte Tsunami sur la côte. Cela peut aussi permettre de définir un temps d'arrivée vers ces sites (cf. 6.2.3) et de répartir la population selon l'endroit où elle se trouve. Lorsqu'une alerte est donnée, si les populations ont été informées du comportement à avoir, et qu'elles savent quoi faire, vers quel endroit se diriger, ce peut être alors des centaines de personnes qui vont, au même moment se diriger vers un même endroit. Si l'on sait qu'en pleine journée, à la période de plus forte fréquentation de l'année, c'est-à-dire en été, la population ne dépasse pas les 500 personnes sur la plage par exemple, nous pouvons définir qu'un site refuge qui ne peut accueillir que 500 personnes est un bon site et qu'il n'est pas nécessaire d'en avoir beaucoup à proximité puisqu'en théorie, un seul est suffisant. Nous avons défini précédemment (cf. 5.1.2) que la qualité d'un site pouvait varier selon la capacité d'accueil, et c'est d'ailleurs ce que nous avons fait dans le cadre de notre méthodologie avec ce critère. Si nous avons utilisé des valeurs de populations générales (issues du dernier recensement de l'INSEE), il est cependant possible d'affiner ce travail et de préciser cette variation de population.

L'idéal serait d'effectuer un comptage de la population sur la plage à un moment donné et de réitérer l'opération sur plusieurs scénarios. Par exemple, les scénarios que nous avons défini au début de ce mémoire, soit quatre scénarios, correspondant respectivement aux scénarios SC1a, SC1b, SC2a et SC2b (cf. 4.1.2). Ces relevés peuvent être effectués à l'aide de plusieurs méthodes. La première, déjà utilisée par F.LEONE (2014) dans son étude sur le risque de tsunami au Maroc (par le biais du travail de CARRASCO et CIREAU), consiste à déterminer par le biais de caméras la fréquentation d'un établissement (ou d'un lieu), pour ensuite en déterminer un nombre de personne selon l'heure de la journée. Une autre technique suivie par J.LOPES (2014) sur le littoral niçois, consiste à prendre des photos de l'endroit dont on veut étudier la fréquentation (la plage par exemple), puis de compter les personnes sur ces photos. La principale limite avec cette technique réside dans le fait qu'il faut une image à bonne résolution afin de pouvoir distinguer les personnes, des serviettes ou même des parasols, en effet, à partir d'une certaine distance, il devient difficile de distinguer ce que l'on voit. De plus, cette technique peut se révéler longue et fastidieuse.

Aujourd'hui, l'évolution de la technologie est un atout pour la science. Les drones, considérés comme des « espions » dans le ciel il y a encore peu, peuvent aujourd'hui "*voler pour la recherche*". En effet, « *biologistes, architectes ou météorologues s'en emparent pour mener de nouveaux projets* » (CAILLOCE, 2015). On envisage donc aujourd'hui le drone comme un outil de recherche. Dans le cadre de notre étude, afin de compter la population sur les plages et les promenades, l'idéal serait de pouvoir utiliser un drone, de récupérer des photos prises à la perpendiculaire, par le haut, à très bonne résolution afin de pouvoir distinguer les « formes » au sol, distinguer le type de personnes présentes pour réaliser une parfaite modélisation du temps d'accès par exemple (en effet, une personne âgée ne se déplacera pas de la même vitesse qu'un adolescent ou un adulte, cela peut avoir un effet sur l'organisation de l'évacuation). L'idée serait ainsi de les analyser de manière informatique à partir de techniques de télédétection. Pour l'analyse de ces images, l'utilisation de la télédétection pourrait donc être une alternative offrant de grandes possibilités. Par le biais d'une classification et d'un comptage numérique, nous pouvons ainsi définir la population sur la plage à un moment donné. L'opération, répétée sur plusieurs périodes de l'année permettrait d'évaluer avec exactitude le nombre de personnes présentes sur les plages selon nos scénarios.

Cette dernière technique peut faire l'objet d'un travail complémentaire à cette étude.

## 6.2 La résistance d'un bâtiment face à une force hydraulique

Nous avons pu établir la résistance d'un bâtiment face à un risque de séisme par le biais de la date de construction. En effet, d'après le BRGM (2006), un bâtiment construit après 1977 devrait forcément présenter les normes parasismiques si ce dernier est localisé en zone sismique (cf. 4.3.1). De ce fait, nous sommes partis du postulat qu'après cette date, les bâtiments étaient aux normes et présentaient donc une bonne sécurité. Cependant les normes parasismiques ne sont pas les seules à prendre en compte.

Un tsunami est un « mur d'eau » qui détruit tout sur son passage (cf. 1.2.1). La force qu'il peut dégager peut être colossale et les dégâts peuvent être considérables. Dans le cadre de la détermination de sites refuges en cas de tsunami, sur notre zone d'étude mais aussi dans d'autres régions, il est important que les sites choisis puissent résister à la force de ce mur d'eau. Pour cela, il est envisageable de faire intervenir des spécialistes de l'ingénierie du bâtiment et des matériaux afin de définir une puissance de vague à partir de laquelle un mur pourrait céder. Réaliser une étude des matériaux dont sont constitués les bâtiments potentiellement retenus comme Sites Refuges aiderait à rendre plus fine la connaissance sur la résistance du site. Quelle serait la force de la vague provoquée par un séisme de magnitude 7,5 (Scénario S11) ? Quels types de matériaux seraient les plus résistants face à une telle force ? Existe-t-il une orientation de bâtiment qui permettrait à la structure de résister à la masse d'eau et une autre qui la ferait céder. Voilà de nombreuses questions qui pourraient être approfondies pour permettre une qualification du risque inondation en complément du risque sismique au sein du critère de résistance du bâtiment.

## 6.3 Le critère d'accessibilité et la modélisation des parcours d'évacuation

Dans le cadre de notre méthodologie, nous avons précisé que l'accessibilité devait être mesurée en deux temps. Le premier correspond au nombre et à la qualité des routes qui permettent d'accéder au site, il s'agit de la connexité des réseaux. Le deuxième correspond au temps d'accès de la zone d'évacuation vers le site. C'est ce deuxième point qui va nous intéresser ici, puisque cet indicateur, particulièrement important, peut être étudié de façon plus précise. Dans la planification d'atténuation des conséquences d'un tsunami, la notion d'évacuation de la population joue un rôle crucial dans le sauvetage des vies humaines (DEWI, 2012), notamment pour les populations qui vivent dans les zones à risque en bord de mer, comme c'est le cas sur la côte azurée.

Afin de valider notre méthodologie un temps d'accès piéton selon le temps réel effectué sur le terrain a pu être défini. Nous avons découpé ce temps en trois classes : plus de quinze minutes étant considéré comme un temps long, entre cinq et quinze, un temps moyen et enfin moins de cinq, un temps court. Cependant, si nous avons pu définir une qualité de site grâce à ces classes, cette qualité reste succincte. En effet, il est possible de préciser d'avantage le temps d'accès d'un point A à un point B, en prenant en compte différents critères.

Pour aller plus loin, il conviendrait de définir les différents types de routes pouvant être rencontrés sur le trajet, afin de quantifier de façon plus précise les vitesses de déplacements piétons.

Type de route	Largeur (m)	Revêtement de la voie	Vitesses de déplacement (km/h)
Avenues	13 et plus	Goudron (urbain)	5,35
Rues	Entre 6 et 13	Goudron (urbain)	4,94
Ruelles	Entre 1 et 6	Goudron (urbain)	4,88
Sentiers		Nature/pavé	3,5
Plage		Sable	3
Escaliers			1,8 (FRUID., 1971)

Tableau 16 : Typologie des routes et vitesses de déplacements piéton. M.BANTEGNIE (2015) d'après A.SAHAL (2011) et F.LEONE (2014).

Pour ce faire, il est possible de s'appuyer sur les données proposées par F.LEONE et al. (2014), qui définissent la vitesse moyenne de marche autour de 5km/h, soit 1,3m/s. Cependant, selon le type de route, les vitesses ne sont pas les mêmes (Tableau 15). D'après les études effectuées par A.SAHAL et F.LEONE, il est possible de définir cinq vitesses différentes. Il faut cependant nuancer ces valeurs car ce sont des moyennes. De plus, en cas

d'alerte, il est fort probable que beaucoup de

personnes courent au lieu de marcher et à l'inverse, à cause de l'effet de foule, d'autres marcheront moins vite, notamment aussi avec la présence de dénivelé ou d'escaliers, mais aussi des effets de bousculades. C'est là le deuxième point important à aborder dans la modélisation des parcours d'évacuation : les points de congestions.

Un **point de congestion** est un point de ralentissement (figure 32). Lorsqu'une foule se déplace, et d'autant plus dans une situation d'urgence et de crise, la vitesse et l'allure peuvent se retrouver ralenties lorsque la largeur du chemin diminue. Ces passages provoquent des engorgements de flux et donc des ralentissements. Une foule étalée spatialement va vouloir passer, chacun dans une optique de fuite, en passant par le seul endroit qui permet de s'éloigner de la zone de danger : l'escalier qui permet de quitter la plage par exemple. La proportion de personnes pouvant avancer en même temps va diminuer et un bouchon va se créer. Imaginons qu'en temps normal une dizaine de

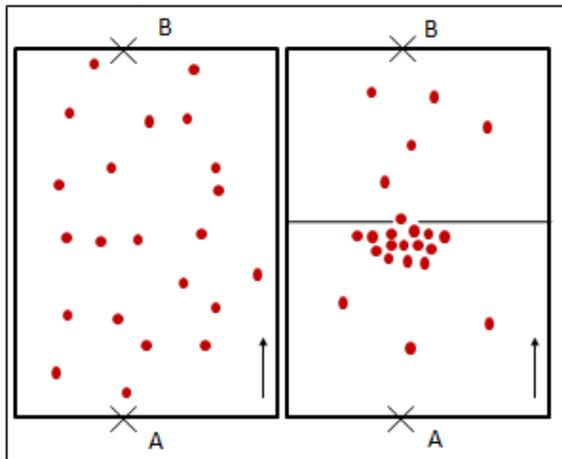


Figure 32: Exemple d'un point de congestion  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

personnes pouvaient passer quasi-simultanément, avec le mouvement de panique et le mouvement de foule, en cas d'alerte tsunami, la population va s'entasser au niveau du passage et ce nombre va inévitablement diminuer. Beaucoup d'études portant sur le sujet ont utilisé ce critère de friction dans leur calcul de temps d'accès à des zones refuges en cas de submersion marines. Nous pouvons retenir celle d'A.SAHAL (2011) pour les littoraux de France (Mayotte, Réunion et Antibes), ainsi que de CARRASCO et CIREAU (2014) pour les régions de Tanger et Syracuse.

Une fois l'ensemble de ces données acquises, il est possible d'effectuer le calcul du temps d'accès à l'aide d'extension de logiciels tel que Network

Analyst pour ArcGIS ou Route Finder pour MapInfo. C'est un travail qui n'a pas pu être effectué au cours de ce master mais qui peut l'être dans le cadre d'une étude approfondie sur le sujet.

#### 6.4 Mise en place d'enquêtes auprès des populations pour une identification plus juste des sites

Dernier critère que nous avons développé dans notre méthodologie et qui pourrait être affiné : le critère d'identification du site. Faire d'un bâtiment un site refuge est une chose, mais il faut que ce site puisse être facilement identifié, afin que les populations ne perdent pas de temps à savoir où aller. Au-delà de la notion d'informations auprès des populations avec des cartes de localisations des différents Sites Refuges accessibles depuis l'endroit où se trouvent les évacués, la connaissance du site est un plus dans l'organisation de l'évacuation. Pour notre étude, cette identification est basée sur la présence ou non d'indications pour se diriger vers le site. *Est-ce que ce site est visible de loin ? Existe-t-il des panneaux indiquant la direction à prendre pour s'y rendre ?* Pour quantifier ce critère nous avons traduit ces réponses en trois classes qualitative : la première correspond à peu ou pas d'indication, la deuxième avec quelques indications et la troisième avec beaucoup d'indications. Cependant, cette classification est arbitraire et peu précise. C'est pourquoi il pourrait être intéressant de la compléter avec une enquête auprès des populations, enquête que nous n'avons pas eu le temps d'effectuer pendant ce stage car trop longue à mettre en place. Nous y avons cependant réfléchi.

Un site peut ne présenter aucun panneau indicateur mais être très bien connu de la population, ou même très bien visible (car en bord de mer avec le nom de l'hôtel inscrit en grand sur la façade par exemple). La classification que nous avons utilisée n'est pas donc pas valable pour tous les sites. Savoir que 75% de la population connaît ce site peut permettre de le considérer comme bien

identifié quand aucune indication n'aide pour s'y rendre. A l'inverse, un site dont personne ne connaît l'existence présentera une identification limitée et sa note sera plus basse. Dans le cadre de cette enquête il pourrait également être intéressant de différencier la population autochtone de la population allogène. En effet, certains bâtiments peuvent ne pas être perçus de la même manière du point de vue de quelqu'un qui habite ici à l'année par rapport à quelqu'un qui n'est ici qu'une semaine en été. Cette différence est donc importante à prendre en compte.

## CONCLUSION

Le risque de tsunami sur la côte azurienne est un risque qui, bien que peu connu, est réellement présent. Si les enquêtes auprès des populations révèlent que ces dernières ne sont pas forcément conscients du risque avec lequel elles vivent, il n'en reste pas moins nécessaire de le comprendre et de le gérer. Ce mémoire expose les différentes étapes de la mise en place d'une méthodologie dans le cadre de la détermination de Sites Refuges en cas de tsunami. Connaître son sujet est la première étape de ce travail : qu'est ce qu'un tsunami et comment il fonctionne? quel est son rayon d'impact sur la zone d'étude? S'informer de ce qui a déjà pu être fait sur ce thème est également essentiel. Quels auteurs ont déjà travaillé dessus? qu'en ont été les conclusions? comment ont-ils travaillé? Et enfin à partir de ces informations, pouvoir identifier les éléments indispensables à l'accueil d'évacués. Une fois que nous avons identifié ces informations, nous avons établi notre méthodologie. C'est ainsi que nous avons sélectionné neuf critères jugés importants pour définir un Site Refuge de qualité et nous avons effectué un classement de ces sites par commune et selon leur indice de qualité avant de les représenter cartographiquement.

Ce qui apparaît suite à cette étude, c'est le fait que certaines communes sont en déficit de Sites Refuges, notamment pour la commune de Saint-Laurent du Var et Saint-Jean Cap Ferrat. Si des solutions existent, par exemple avec l'utilisation des Points d'Entrées en Zone Refuge ou encore les Polygones de Thiessen, il reste encore délicat de qualifier de manière définitive un site de "qualité" par rapport à un autre. En effet les communes sont en mouvements perpétuels, des aménagements sont sans cesse effectués et les populations également évoluent. Il est possible qu'un Site Refuge, aujourd'hui qualifié de "*classe a*", devienne un site de "*classe b*" ou de "*classe c*", à cause d'une évolution de nombre d'habitants (donc plus de personnes à mettre à l'abri) ou encore parce que des aménagements routiers ont été faits. L'inverse est également possible. C'est pourquoi il est important de compléter ce travail avec des outils plus précis, qui permettront d'affiner cette étude, tant au niveau qualitatif qu'au niveau quantitatif. Connaître la population exacte à une période donnée est davantage souhaitée pour mesurer au mieux la valeur de la capacité d'accueil. Savoir qu'une personne X met un certain temps à passer d'un point A à un point B en cas d'évacuation et donc en période d'alerte peut aussi avoir un impact positif quant aux temps de trajets vers un Site Refuge plutôt qu'un autre.

Comme nous l'avons déjà dit, l'objectif principal de ce mémoire était la mise en place d'une méthodologie pour la détermination de Sites Refuges en cas de tsunami, et cette méthodologie, travaillée ici dans le contexte de la Côte d'Azur peut être transposable à d'autres territoires. Permettre aux populations de se mettre à l'abri en un minimum de temps dans le but de sauver des vies. Cependant, ce travail ne peut être effectif que si l'alerte est transmise aux populations dans les temps. Pour cela, plusieurs techniques existent, et avec le changement climatique et l'augmentation des catastrophes naturelles, ce créneau évolue et s'adapte à la technologie. Aujourd'hui, les Smartphones sont mis à contribution pour transmettre cette alerte aux populations concernées. La rapidité et l'instantanéité de ce système est un atout certain, notamment dans le cas de risque de tsunami local comme ce peut être le cas sur la Côte d'Azur, mais est-ce réellement une solution? Est-elle infaillible et peut-on réellement demander aux populations de faire confiance à un téléphone pour leur transmettre un message d'alerte? Est-ce suffisant? Ces questions font partie d'un autre débat, qu'il est cependant important de garder en tête lorsque l'on met en place une telle méthode.

## BIBLIOGRAPHIE

### Bibliographie de référence

BARROCA B., DINARDO M., MBOUMOUA I. (2013), *De la vulnérabilité à la résilience : mutation ou bouleversement?*– EchoGéo [en ligne], 24/2013, mis en ligne le 10 juillet 2013, consulté le 16 juin 2015. URL : <http://echogeo.revues.org/13439> ; DOI : 10.4000/echogeo.13439

BECK E. (2006), *Approche multi-risques en milieu Urbain. Le cas des risques sismiques et technologiques dans l'agglomération de Mulhouse (Haut-Rhin)*, thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg.

BONNET E. (2002), *Risques industriels : évaluation des vulnérabilités territoriales*. Thèse de doctorat, Le Havre, France : Université du Havre, 341p

BOSCHETTI L. (2013), *Analyse des aléas et de la vulnérabilité des espaces littoraux azuréens au risque de submersion marine par tsunami*. Mémoire de Master 2, Géographie Environnement. Institut de Géographie Alpine, Grenoble. Sous la direction de D.PROVITOLLO ET E.BECK, soutenu en sept. 2013

BRGM, DIREN, PACA (2006), *Le risque sismique en Provence-Alpes-Côte d'Azur*

BUDIARJO A. (2006), *Evacuation Shelter Building Planning for Tsunami-prone Area: a Case Study of Meulaboh City. Indonesia*. Thesis. International Institute for Ge-information science and Earth Observation Enschede, the Netherlands. 112p

CAILLOCE L. (2015), *Ces drones qui volent pour la recherche*, CNRS le Journal, Trimestriel n°280, printemps 2015.

CARRASCO T., CIREAU B. (2014), *Contribution à la planification des évacuations en cas d'alerte tsunami sur les villes de Tanger et Syracuse (Projet Européen ASTARTE)*. Mémoire de Master, département de Géographie Aménagement, Université Montpellier III – Paul Valéry, sous la direction de F.LEONE et F.LAVIGNE. Soutenu le 17 juin 2014

COI (2008), *Préparation aux tsunamis. Guide d'informations à l'intention des responsables de la planification en cas de catastrophe*. Manuels et guides de la COI. Commission Océanographique Intergouvernementale, UNESCO, 27p

CROCHET E (2010). *Dispositif d'alerte au tsunami en Méditerranée (de la détection à l'alerte des populations)*. Direction de la défense et de la sécurité civile.

OTCA (2014), *Chiffres clés*, édition 2014, observatoire de tourisme de la côte d'azur, Comité régional du tourisme sur la côte d'azur.

DAUPHINE A. (2001), *Risques et catastrophes, observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Paris, Armand Colin, 288p

DAUPHINE A., PROVITOLLO D. (2013), *Risques et Catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Paris : Armand Colin, 411p

DEWI RS. (2010), *A GIS-Based Approach to the Selection of Evacuation Shelter Building and Routes for Tsunami Risk Reduction: a case Study of Cilacap Coastal Area, Indonesia*. Thesis, GadjahMada University. University of Twente.

DGPR (2014), *Guide Méthodologique : Plan de prévention des Risque littoraux*, rapport de la Direction Générale de la Prévention des Risques, service des Risques Naturels et Hydrauliques. 169p

DGSCGC (2013), *Guide ORSEC, Alerte et informations des populations*, Tome G.4, Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises.

DOMINEY-HOWES D., PAPATHOMA M. (2006), *validating a Tsunami Vulnerability Assessment Mode (the PTVA Model) Using field Data from the 2004 Indian Ocean Tsunami*, Natural Hazards, 24p

DSPR (2008), *Etude pour la réalisation d'une cartographie et d'un système d'information géographique sur les Risques majeurs au Maroc. Mission 1 : Identification des Risques, Risque de tsunami*, rapport de la Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques (Maroc) 32p

EISNER R., and NTHMP (2001), *Designing for tsunami, seven principles for planning and designing for tsunami hazards*. US National Tsunami Hazard Mitigation Program steering committee, Sacramento

FEMA (2008), *Guidelines for Design of structures for vertical evacuation from tsunamis*, summarizes of report, 8p

FEMA (2011), *Coastal Construction Manual Principles and Practices of Planning Siting, designing, constructing and Maintaining Residential Buildings in coastal Areas*, (fourth edition), Volume I

FRUIN J. (1971), *Pedestrian Planning and design*, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners. NY

GRANCHE D., LAVIGNE F., et al (2014), *Habiter en Europe, un littoral exposé aux tsunamis. Perceptions, représentations et attitudes des populations littorales*. Premiers résultats de l'enquête ASTARTE

INERIS (2002), *Etude de scénarios dangereux en stations-services*, rapport final de la direction des risques accidentels, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, 78p

IOUALALEN M., LARROQUE C., SCOTTI O., DAUBORD C., (2013) *Reappraisal of the 1887 Ligurian earthquake (western Mediterranean), Part 2 : the tsunami coastal distribution along the French-Italian Riviera*. Geophysical Journal International

IOUALALEN M., MIGEON S., SARDOUX O., (2010), *Landslide tsunami vulnerability in the Ligurian sea: Case study of the 1979 October 16 Nice International Airport Submarine Landslide and of identified geological mass failures*. Geophysical journal International, 181, 724 - 740

LAMBERT J., TERRIER M., PEDREROS R. (2013), *L'évaluation du risque de Tsunamis sur le littoral français*, Géosciences BRGM, n°17 p 54-63

LARROQUE C (2009), *Aléa sismique dans la région intraplaque à sismicité modérée : la jonction Alpes-Bassin Ligure*. Mémoire d'habilitation à diriger des Recherches.

LEFEVRE C., SCHNEIDER JL. (2002), *Les risques naturels majeurs*, collection Géosciences, Paris

LEONE F. (2007), *Caractérisation des vulnérabilités aux catastrophes "naturelles" : contribution à une évaluation géographique multi-risques (mouvements de terrain, séismes, tsunamis, éruptions volcaniques, cyclones)*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches (HDR), section 23 (géographie), Université Paul Valéry – Montpellier III, laboratoire GESTER, Montpellier, 245p + annexes

LEONE F., PEROCHE M., GUTTON R. (2014), *Le risque tsunami en Martinique : planifier une évacuation préventive en optimisant l'accessibilité de sites refuges*. Vertigo – La revue électronique en sciences de l'environnement [version papier], volume 14 numéro 2, sept 2014

NEUFERT E., (2014), *Les éléments des projets de construction*, 11<sup>ème</sup> édition revue et augmentée, édition Le Moniteur, 630p

PIGEON P. (2002), *Approches géographique des risques naturels, réflexion sur les notions et les méthodes en géographie des risques dit naturels*. Annales de Géographie p452-469, Armand Colin, Paris

PILLAUD V. (2006), *Sur le diagramme de Voronoï et la triangulation de Delaway d'un ensemble de points dans un revêtement d'un plan euclidien*, 15p.

RAOULT M. (2014), *Détermination des lieux de refuges dans la ville de Nice face au risque de submersion marine par un tsunami*. Mémoire de master 1, Université de Nice, Sophia-Antipolis, sous la direction de D.PROVITOLLO et de S.PEREZ. Soutenu en juin 2014.

ROBERT S., SILLIERE G., LIZIARDS S. (2008), *La fréquence et les usages du littoral : Une préoccupation des chercheurs*, CNRS, *Alerte sur le littoral*, n°91, Mars 2008.

SAHAL A. (2011), *Le risque tsunami en France : contribution méthodologique pour une évaluation intégrée par scénarios de risque*. Thèse de doctorat, Ecole Doctorale de Géographie de Paris, Laboratoire de Géographie physique, Université Panthéon-Sorbonne, Paris, France. Sous la direction de F.LAVIGNE et F.LEONE, soutenu le 10 décembre 2011.

VEYRET Y et al. (2003), *Les Risques*. Dossiers des images économiques du Monde, 255p

VEYRET Y. (2004), *Comprendre, rechercher, s'entraîner : les risques*. Capes-agrégation, Amphi géographie, 205p

VEYRET Y., REGHEZZA M. (2005), *Aléas et Risques dans l'analyse géographique*. Annales des Mines. Oct 2005, p61-69

### **Bibliographie consultative**

BEUCHER S., REGHEZZA M. (2004), *Les Risques*. Amphi Géographie, Capes Agrégation. 205p

CEPRI (2009), *Un logement « zéro dommage » face au risque d'inondation est-il possible ?* 56p

CEPRI (2010), *Le bâtiment face à l'inondation, diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité*. Guide méthodologique, 56p

CEPRI., (2014), *l'évacuation massive des populations. Les territoires face à l'inondation*.

CHARPENTIER C. (2014), *Perception et représentation du risque de Tsunami à Nice*. Mémoire de Master 1, UFR 08 de Géographie de l'Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris, France. Sous la direction de F.LAVIGNE. Soutenu le 30 juin 2014.

DICRIM (2012), *Documentation d'Information Communal sur les Risques Majeurs*, ville de Nice.

GEMGEP (2005), *le risque sismique à Nice*. Apport méthodologique, résultats et perspectives opérationnelles, rapport final. 52p

LEONE F. (2007), *Caractérisation des vulnérabilités aux catastrophes "naturelles" : contribution à une évaluation géographique multi-risques (mouvements de terrain, séismes, tsunamis, éruptions volcaniques, cyclones)*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches (HDR), section 23 (géographie), Université Paul Valéry – Montpellier III, laboratoire GESTER, Montpellier, 245p + annexes

MELLAS S., (2012), Evaluation du risque tsunamique sur le littoral atlantique marocain. Thèse en cotutelle pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paul Valéry – Montpellier 3, soutenue à El Jadida le 03 décembre 2012.

MESCHINET de RICHEMOND N., REGHEZZA M (2010), *La gestion du risque en France : Contre ou avec le territoire ?* Annales de géographie 3/2010 (n°673), p248-267. [En Ligne] URL : [www.cairn.info/revue-Annales-de-geog-2010-3-page248.htm](http://www.cairn.info/revue-Annales-de-geog-2010-3-page248.htm), consulté le 22/04/2015

PAPADOPOULOS GA., DASKALAKI E., FOKAZFS A., GIRALEAS N., (2007), *tsunami hazards in the Eastern Mediterranean : Strong Earthquakes and Tsunamis in the East Hellenic Arc and Trench system*. Natural hazards and Earth system sciences 7, p57-64

PEROCHE M., LEONE F., GUTTON R. (2014), *an accessibility graph-based model to optimize tsunami evacuation sites and routes in Martinique, France*. Advances in Geosciences.

PIRON S. (2010), *Risque, histoire d'un mot. Les 20 débats sur le risque*. Revue Risques n°81, [En ligne, consulté le 27/04/2015]

PROVITOLLO D., MÜLLER JP., DUBOS-PAILLARD E. (2010), *Une ontologie formalisée du domaine des Risques et des Catastrophes* (pour publication dans un ouvrage relatif à l'ANR) Cosmagems sous la direction de D.Phan, 2010, [En ligne, consulté le 27/04/2015]

RASKIN J., WANG Y., BOYER M., FIEZ T., MONCADA J., YEH H. (2009), *Preliminary White Paper on A New Risk Management Approach to Cascadia Earthquakes and Tsunamis*, 30p.

RASKIN J., WANG Y., BOYER M., FIEZ T., MONCADA J., YEH H (2011), *An Evacuation Building Project for Cascadia earthquakes and Tsunamis*. Obras y Proyectos 9, p11-22

SAHAL A., LEONE F., PEROCHE M. (2013), *Complementary methods to plan pedestrian evacuation of the French Riviera's beaches in case of tsunami threat: graph and multi-agent-based modelling*. Natural Hazards and Earth System Sciences.

SMITH K. (2013), *Assessing risk and reducing disaster*, fourth edition, Environmental Hazards, Routledge Taylor and Francis Group.

TERRIER M., PEDREROS R., POISSON B., (2007), *tsunamis : Etude de cas au niveau de la côte Méditerranéenne française – rapport de synthèse*. Rapport BRGM – RP – 55765 – FR, 98p

WALTER F. (2008), *Catastrophe, une histoire culturelle XVIème – XXIème Siècle*, Editions du SEUIL, 380p

WU D (2009), *Campus Emergency Evacuation Traffic Management Plan*, Mississippi State University Mississippi, United State of America, 131p.

Association des citoyens Laurentin. *Les Archives de la catastrophe de 1979*.  
[www.lamouettelarentine.net/St\\_laurent\\_du\\_var/port/archivesclassees100ans.htm](http://www.lamouettelarentine.net/St_laurent_du_var/port/archivesclassees100ans.htm)

Général Administration (GA), 2009. *Space allocation standards manual*, State of Washington, 21p

MEMEE 2008, *Etude pour la réalisation d'une cartographie et d'un système d'information géographique sur les risques majeurs au Maroc, Mission 1 : Identification des Risques : Le risque de tsunami version 1.0*. Secrétaire d'état auprès du Ministère de l'énergie des Mines de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'eau et de l'environnement, département de l'environnement, sept 2008

# TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS

RESUME/ABSTRACT

LISTE DES ABREVIATIONS

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION

PARTIE 1 : LA COTE D'AZUR ET LE PHENOMENE DE TSUNAMI

## **Chapitre 1 : Le tsunami, un risque naturel complexe, mondialement surveillé**

- 1.1 L'aléa et la vulnérabilité, deux composantes du risque naturel
  - 1.1.1 L'aléa
  - 1.1.2 La vulnérabilité
  - 1.1.3 La mesure du risque
- 1.2 Le Tsunami, un phénomène destructeur mondialement surveillé
  - 1.2.1 Les processus de fonctionnement d'un tsunami
  - 1.2.2 Les actions de prévention mises en place pour gérer le risque de tsunami
    - 1.2.2.1 Des systèmes de surveillance à l'échelle mondiale et des outils réglementaires à l'échelle nationale
    - 1.2.2.2 Une anticipation de la crise par la diffusion de l'information

## **Chapitre 2 : Le risque de Tsunami en Méditerranée occidentale : le cas du littoral azuréen**

- 2.1 Le littoral azuréen : une région au risque de tsunami d'origine sismique avéré et à la vulnérabilité territoriale marquée
  - 2.1.1 Le contexte géologique de la Méditerranée
  - 2.1.2 Un littoral fortement anthropisé
  - 2.1.3 Une culture du risque de tsunami à renforcer
- 2.2 Les tsunamis marquants de la côte d'azur à l'origine de l'intérêt que l'on porte à ce phénomène
  - 2.2.1 Les tsunamis de 1564 et de 1979
  - 2.2.2 Le tsunami de référence de 1877 et l'aire d'application de la méthodologie

## PARTIE 2 : NOTION DE SITE REFUGE ET POSITIONNEMENT METHODOLOGIQUE

### **Chapitre 3 : La notion de site refuge étudiée à travers une revue de littérature nationale et internationale**

#### 3.1 Un aperçu de la diversité des sites refuges

3.1.1 La notion de site refuge et d'évacuation des zones de danger

3.1.2 La typologie de la Commission Océanographique Intergouvernementale

3.1.3 La typologie de l'Agence Fédérale de Gestion des Urgences

3.1.4 La proposition d'une typologie

#### 3.2 Identification et qualification des sites refuges face à un risque de tsunami

### **Chapitre 4 : Les choix méthodologiques spécifiques à notre étude**

#### 4.1 Les lieux et zones de refuges face au risque de Tsunami sur le littoral azuréen

4.1.1 Utilisation des établissements recevant du public et des points d'entrées en zone refuge pour définir les SR selon différents scénarios territoriaux

4.1.2 Le choix final d'un site va varier selon différents scénarios temporels, défini par l'étude plus poussée de certains critères que sont la disponibilité et la capacité d'accueil

#### 4.2 Des critères spécifiques à notre zone d'étude et classés selon leur importance.

4.2.1 Liste finale des critères utilisés sur le littoral azuréen

4.2.2 Classification des critères retenus selon 3 niveaux d'importance

#### 4.3 Des seuils adaptés à chaque critère

4.3.1 Critères primaires

4.3.2 Critères secondaires

4.3.3 Critères tertiaires

#### 4.4 Calcul de la « note » de qualité finale des sites refuges basé sur la pondération des critères

#### 4.5 Une hiérarchisation des sites refuge pour une sélection optimale

## PARTIE 3 : RESULTATS, DISCUSSION ET LIMITES DE L'ETUDE

### **Chapitre 5 : Sélection de données et mesures des Sites Refuges**

#### 5.1 Reporter les observations et informations de chaque Sites Refuges aux critères

5.1.1 Les différentes étapes dans le choix des Sites Refuges

5.1.2 Les calculs de la capacité d'accueil et des indices de qualité de chaque Site Refuge

#### 5.2 Une cartographie explicite des Sites Refuges selon différents types de scénarios

5.2.1 Le littoral niçois marqué par une dichotomie Est/Ouest en termes de répartition des Sites Refuges

5.2.2 La commune de Saint-Laurent du Var : des ERP peu nombreux mais à forte capacité d'accueil

#### 5.3 Utilisation des Points d'Entrée en Zone Refuge (PEZR) pour combler les déficits spatiaux, le cas de Saint-Laurent du Var et Saint-Jean Cap Ferrat

#### 5.4 Etude de la Distribution spatiale des Sites Refuges par le biais du diagramme de VORONOÏ

#### 5.5 Le travail de terrain, un indispensable complément méthodologique

## **Chapitre 6 : Limites et perspectives de cette étude**

6.1 Une estimation plus précise de la fréquentation des plages et promenades de bords de mer par l'utilisation de nouvelles technologies

6.2 La résistance d'un bâtiment face à une force hydraulique

6.3 Le critère d'accessibilité et la modélisation des parcours d'évacuation

6.4 Mise en place d'enquêtes auprès des population pour une identification plus juste des Sites

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

TABLE DES FIGURES

TABLE DES TABLEAUX

TABLE DES ANNEXES

ANNEXES

## TABLE DES FIGURES

Figure 1. Différents types de risques pouvant toucher une société. Source : M.BANTEGNIE (2015), d'après Y.VEYRET (2003). .....	p 11
Figure 2. Formule du risque. Source : A.DAUPHINE (2001). .....	p 11
Figure 3. Caractérisation du risque pour la côte d'azur selon l'aléa sismique, l'aléa de tsunami et la vulnérabilité des sociétés et des territoires. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015). .....	p 14
Figure 4. Caractérisation d'un risque en fonction d'un aléa et d'une vulnérabilité. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015), d'après JF.GLEYZE (2002). .....	p 15
Figure 5. Origine des tsunamis répertoriés dans le monde depuis 1840. Source : SAHAL A., (2011) p 15	
Figure 6. Localisation des tsunamis avérés de -2000 à 2011. Source : SAHAL A., (2011) .....	p16
Figure 7. Diminution de la vitesse et augmentation de la hauteur d'eau à l'approche des côtes. Source : SAHAL A., (2011) .....	p 17
Figure 8. Comparaison des houles (vagues de tempêtes) et des tsunamis .....	p 17
Figure 9. Les quatre centres de surveillance et d'alerte au tsunami. Source : UNESCO .....	p 18
Figure 10. Organisation schématique d'une alerte descendante de la détection du séisme à l'information aux populations. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015), d'après CENALT .....	p 20
Figure 11. Principales limites de plaques et mouvements associés. Source : ANDRE LAURENTI .....	p 21
Figure 12. Représentation schématique d'une faille inverse et d'une faille normale. Source : ANDRE LAURENTI .....	p 21
Figure 13. Localisation de l'épicentre du séisme du 20 juillet 1564. Source : ANDRE LAURENTI ....	p 24
Figure 14. Runups observés après la séquence sismique de 1887. Source : LARROQUE C (2009) ..	p 25
Figure 15. Carte de simulation des deux scénarios retenus. Source : M.IOUALALEN (2011) .....	p 26
Figure 16. Carte de localisation. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 26
Figure 17. Point de ralliement VS zone de regroupement. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 27
Figure 18. Evacuation verticale et horizontale. Source : Eisner and NTHMP (2001) .....	p 28
Figure 19. Organisation de la typologie des sites refuges de la COI au regard d'un continuum temporel. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015), d'après la Commission Océanographique Intergouvernementale (2008) .....	p 29
Figure 20. Exemple de sites refuges à fonction unique au Japon et à Banda Aceh en Indonésie .....	p 30
Figure 21. Préconisation d'une méthodologie de détermination des sites refuges. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 34
Figure 22 : Marquage au sol d'un PEZR en Nouvelle-Zélande. Source : Wellington City Council .....	p 35

Figure 23. Organisation des critères retenus selon leur type et leur importance. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 38
Figure 24. Organisation des entrées et sorties pour un parc « ouvert » et « fermé ». Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 46
Figure 25. Représentation des ERP par indice de qualité pour le scénario S11 – SC1a sur le littoral de la commune de Nice. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 55
Figure 26. Mise en évidence de la forte vulnérabilité des ERP sélectionnés dans le cadre de notre étude. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 56
Figure 27. Comparaison du délai d'intervention des pompiers et du manque d'ERP dans le quartier de l'aéroport sur la commune de Nice. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 57
Figure 28 : Représentation des ERP par indice de qualité pour le scénario S11 – SC1a sur le littoral de la commune de Saint Laurent du Var. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 58
Figure 29. Représentation des PEZR avec le scénario S11 pour la commune de Saint Jean Cap Ferrat. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 60
Figure 30. Répartition spatiale des Sites Refuges dans la zone de danger pour la commune de Nice. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 62
Figure 31 : Accessibilité de l'hôtel Villa Eden. Source : Image googlemap .....	p 62
Figure 32. Exemple d'un point de congestion. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 67

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1. Proposition d'une typologie de site refuge. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 31
Tableau 2. Comparaison des critères de sélection des sites refuges par auteur. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 32
Tableau 3. Différents scénarios proposés pour cette étude. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) ....	p 36
Tableau 4. Critères retenus pour identifier la qualité des sites refuges de notre étude. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 37
Tableau 5. Hauteur des étages selon le type de bâtiment. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 39
Tableau 6. Nombre de personnes associées à chaque catégorie d'ERP. Source : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie .....	p 40
Tableau 7. Espace d'accueil par type de bâtiment. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) d'après A.BUDIARJO (2006) .....	p 42
Tableau 8. Extrait du tableau pour le calcul de la capacité d'accueil par sites retenus pour la ville de Nice. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) d'après A.BUDIARJO (2006) .....	p 43
Tableau 9. Tableau des critères retenus pour la détermination d'un site refuge du type bâtiment. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015), d'après F.LEONE (2014) .....	p 49
Tableau 10. Tableau des critères retenus pour la détermination d'un site refuge du type espace ouvert. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) d'après F.LEONE (2014) .....	p 49
Tableau 11. Récapitulatif du nombre d'ERP après chaque étape. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 51
Tableau 12. Extrait du tableau pour le calcul de la capacité d'accueil des ERP de la commune de Nice. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 52
Tableau 13. Extrait du tableau représentant les notes de chaque critère des ERP pour la commune de Nice en vue de calculer l'indice de qualité final – 1. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	P 53
Tableau 14. Extrait du tableau représentant les notes de chaque critère des ERP pour la commune de Nice en vue de calculer l'indice de qualité final – 2. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 54
Tableau 15. Nombre de PEZR par commune. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015) .....	p 61
Tableau 16. Typologie des routes et vitesses de déplacement piéton. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015), d'après A.SAHAL (2011) et F.LEONE (2014) .....	P 66

## TABLE DES ANNEXES

Annexe 1. Zonage sismique de la France. Source : BRGM (2006)

Annexe 2. Carte de mise en indice des ERP pour la commune de Nice selon leur exposition à l'aléa tsunami extrême (S11) et à la vulnérabilité du bâti. Source : L.BOSCHETTI (2013)

Annexe 3. Tableau récapitulatif des scénarios de séismes au niveau de la faille Ligure. Source : M.IOUALALEN (2013)

Annexe 4. Liste des ERP de J à Y. Source : Ministère de l'écologie

Annexe 5. Espace d'accueil par type de bâtiment. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015), d'après A.BUDIARJO (2006)

Annexe 6. Liste des EPR avec leur superficie pour la commune de Nice. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Annexe 6b. Liste des EPR avec leur superficie pour la commune de Saint-Laurent du Var. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Annexe 7. Tableau des distances de sécurité autour des stations essences. Source : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (2002)

Annexe 8. Fiche terrain type. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Annexe 9. Tableau des critères retenus pour la détermination d'un site refuge de type bâtiment sans étage. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015), d'après F.LEONE (2014)

Annexe 10. Carte de mise en indice des ERP pour la commune de Nice selon leur exposition à l'aléa tsunami extrême et à la vulnérabilité du bâti. Source : L.BOSCHETTI (2013)

Annexe 11. Carte de mise en indice du délai d'intervention des pompiers pour la commune de Nice avec l'hypothèse que toutes les casernes sont fonctionnelles. Source : L.BOSCHETTI (2013)

Annexe 12. Liste des ERP par scénarios : Nice SC1a. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Annexe 12a. Liste des ERP par scénarios : Nice SC1b. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Annexe 12b. Liste des ERP par scénarios : Nice SC2a. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Annexe 12c. Liste des ERP par scénarios : Nice SC2b. Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

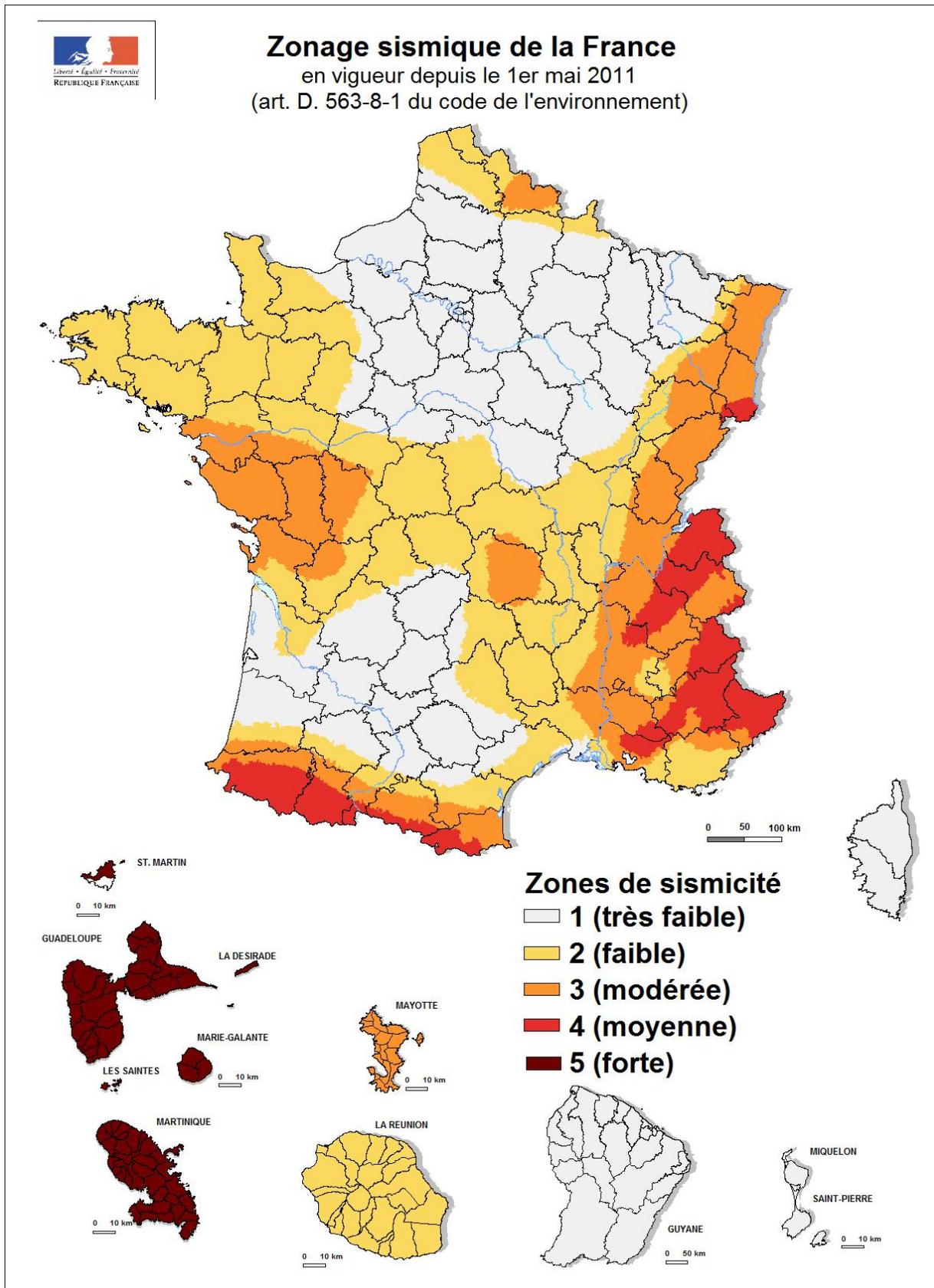
Annexe 13. Liste des ERP par scénarios : Saint-Laurent du Var SC1a.  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Annexe 13a. Liste des ERP par scénarios : Saint-Laurent du Var SC1b.  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

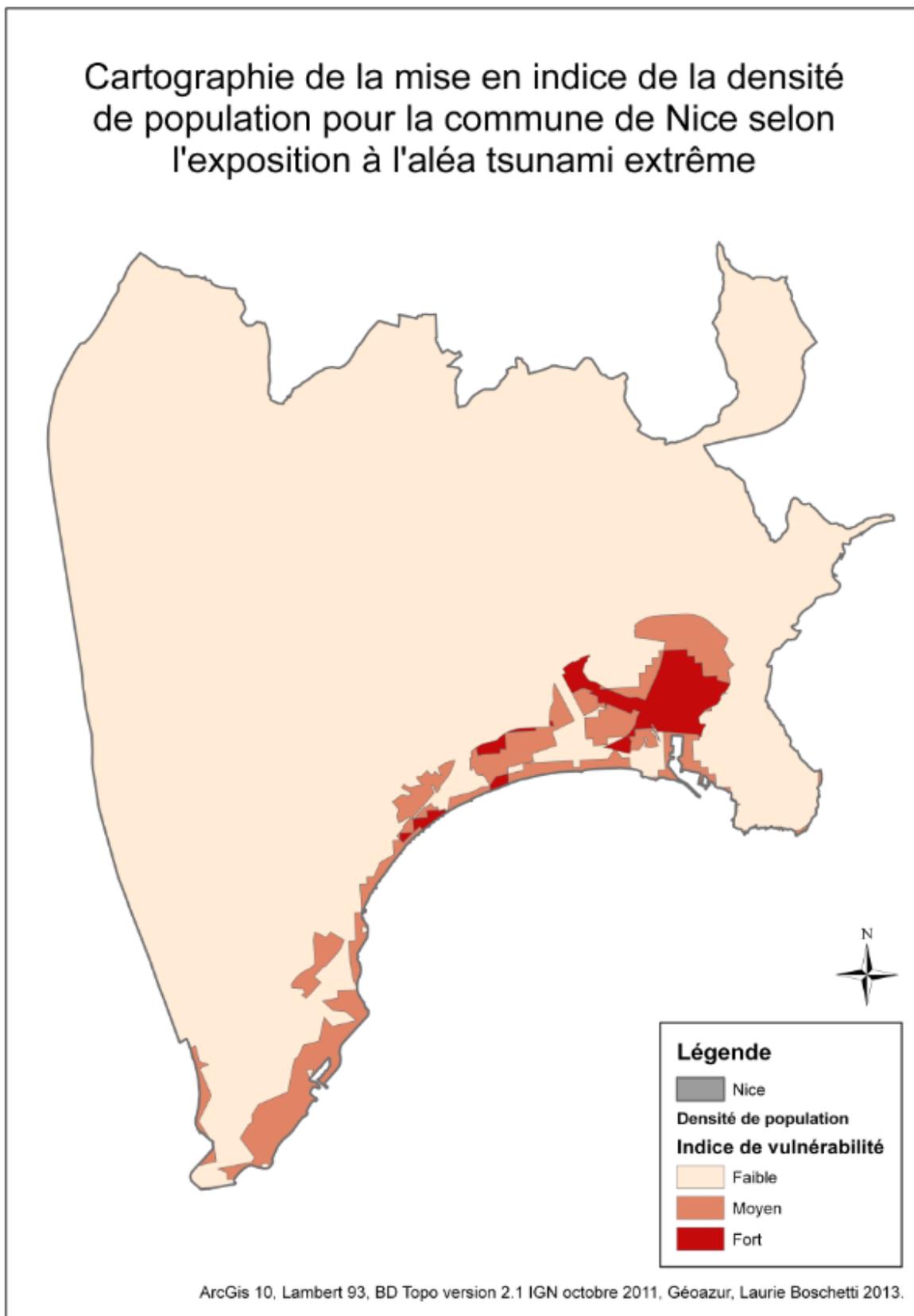
Annexe 13b. Liste des ERP par scénarios : Saint-Laurent du Var SC2a.  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

Annexe 13c. Liste des ERP par scénarios : Saint-Laurent du Var SC2b.  
Réalisation : M.BANTEGNIE (2015)

## Annexe 1 : Zonage sismique de la France.



**Annexe 2** :Cartographie de la mise en indice de la densité de population pour la commune de Nice selon l'exposition à l'aléa tsunami extrême (S11).



**Annexe 3** :Tableau récapitulatif des scénarios de séismes au niveau de la faille Ligue.

<b>Scenari o</b>	<b>kinematics</b>	$\phi$ (strike)	$\delta$ (dip)	<b>L (km)</b>	<b>W (km)</b>	$\Delta$ (m)	<b>d (km)</b>	$M_0$ (N.m)	$M_w$ (HK79)
<b>S6</b>	Reverse	N55°E	74°S	35	17	1.3	15	$2.55 \times 10^{19}$	6,87
<b>S7, S8</b>	Reverse	N55°E	16°N	35	17	1.5	15	$2.95 \times 10^{19}$	6,91
<b>S7bis</b>	Reverse	N55°E	16°N	26.30	15.85	1.1	15	$1.51 \times 10^{19}$	6.72
<b>S9</b>	Reverse	N55°E	16°N	80	17	2	15	$7.94 \times 10^{19}$	7,24
<b>S10</b>	Reverse	N70°E	16°N	80	17	2	15	$7.94 \times 10^{19}$	7,24
<b>S11</b>	Reverse	N70°E	16°N	80	27	3.3	15	$2.24 \times 10^{20}$	7,51
<b>S12</b>	Reverse	N55°E	16°N	80	27	3.3	9	$2.24 \times 10^{20}$	7,51

## **Annexe 4** :Liste des ERP de J à Y.

### **Classement des établissements**

Tous les ERP ne présentent pas les mêmes caractéristiques de taille, de destination, d'usage et de risques. Ils sont donc répartis en types selon la nature de leur exploitation, classés en catégories d'après l'effectif du public et du personnel. Ils sont soumis à des dispositions générales communes ainsi qu'à des dispositions particulières qui leur sont propres issues du *Règlement de sécurité contre l'incendie et relatif aux établissements recevant du public*.

La typologie de l'établissement, qui correspond à son activité, est désignée par une lettre (article GN 1 du règlement de sécurité incendie dans les ERP). Il existe 30 types d'établissements :

#### - Établissements installés dans un bâtiment

- J : Structures d'accueil pour personnes âgées ou personnes handicapées
- L : Salles d'auditions, de conférences, de réunions, de spectacles ou à usage multiple
- M : Magasins de vente, centres commerciaux
- N : Restaurants et débits de boissons
- O : Hôtels et pensions de famille
- P : Salles de danse et salles de jeux
- R : Établissements d'enseignement, colonies de vacances
- S : Bibliothèques, centres de documentation
- T : Salles d'exposition
- U : Établissements sanitaires
- V : Établissements de culte
- W : Administrations, banques, bureaux
- X : Établissements sportifs couverts
- Y : Musées

#### - Établissements spéciaux

- PA : Établissements de plein air
- CTS : Chapiteaux, tentes et structures itinérants ou à implantation prolongée ou fixes
- SG : Structures gonflables
- PS : Parcs de stationnement couverts
- OA : Hôtels-restaurants d'altitude
- GA : Gares accessibles au public
- EF : Établissements flottants ou bateaux stationnaires et bateaux
- REF : Refuges de montagne

**Annexe 5** :Espace d'accueil par type de bâtiment, suite du tableau 6.

Bâtiments	Espace requis par personne (ERpP)	Distribution de l'espace disponible (EUA)		Etapes de calculs	Espace d'accueil (EA)
Ecole (Tous types)	8.6m <sup>2</sup>	0,6m <sup>2</sup>	Salle de		25+6 = <b>31%</b>
		2m <sup>2</sup>	Salle de classe		
		0,5m <sup>2</sup>	Comodités		
		2m <sup>2</sup>	Couloir	$(2/8,1)*100 = 25$	
		3m <sup>2</sup>	laboratoire		
		0,5m <sup>2</sup>	sas/hall d'entrée	$(0,5/8,1)*100 = 6$	
Eglise	1.2m <sup>2</sup>	0,5m <sup>2</sup>	Places assises	$(0,5/1,2)*100 = 41,7$	41,7+41,7 = <b>83.4%</b>
		0,2m <sup>2</sup>	bureau / Office		
		0,5m <sup>2</sup>	Circulation/places debout	$(0,5/1,2)*100 = 41,7$	
Petit théâtre	6m <sup>2</sup>	0,5m <sup>2</sup>	Places assises	$(0,5/6)*100 = 8,3$	8,3+8,3+16,7 = <b>33.3 %</b>
		0,5m <sup>2</sup>	Couloir	$(0,5/6)*100 = 8,3$	
		1m <sup>2</sup>	Scène	$(1/6)*100 = 16,7$	
		0,5m <sup>2</sup>	Comodités		
		4m <sup>2</sup>	Loge		
TNL (Théâtre de Nice)	8m <sup>2</sup>	0,5m <sup>2</sup>	Places assises	$(0,5/8)*100 = 6,3$	6,3+12,5 = <b>25.1%</b>
		0,5m <sup>2</sup>	Couloir	$(0,5/8)*100 = 6,3$	
		1m <sup>2</sup>	Scène	$(1/8)*100 = 12,5$	
		0,5m <sup>2</sup>	Comodités		
		6m <sup>2</sup>	Loge		
Hôpital	27m <sup>2</sup>	13m <sup>2</sup>	Chambre		7,4+3,7+7,4+3,7 = <b>22.2%</b>
		2m <sup>2</sup>	Circulation	$(2/27)*100 = 7,4$	
		1m <sup>2</sup>	Hall d'accueil	$(1/27)*100 = 3,7$	
		1m <sup>2</sup>	Bureau		
		0,5m <sup>2</sup>	Comodités		
		2m <sup>2</sup>	Salle de repos	$(2/27)*100 = 7,4$	
		1m <sup>2</sup>	Salle d'attente	$(1/27)*100 = 3,7$	
		3m <sup>2</sup>	Salle opération		
		2m <sup>2</sup>	Salle consultation		
		1m <sup>2</sup>	Stockage médicaments		
Maison de retraite	24m <sup>2</sup>	16m <sup>2</sup>	Chambre		4,2+8,3+8,3+6,3 = <b>27.1%</b>
		1m <sup>2</sup>	hall d'entrée / accueil	$(1/24)*100 = 4,2$	
		0,5m <sup>2</sup>	Comodités visiteurs		
		2m <sup>2</sup>	Couloir / circulation	$(2/24)*100 = 8,3$	
		1m <sup>2</sup>	Bureau / Administratif		
		2m <sup>2</sup>	Séjour commun	$(2/24)*100 = 8,3$	
Cinéma	3.5m <sup>2</sup>	1m <sup>2</sup>	Projection		28,6+14,3 = <b>42.9%</b>
		1m <sup>2</sup>	Caisses		
		1m <sup>2</sup>	Circulation	$(1/3,5)*100 = 28,6$	
		1m <sup>2</sup>	Point de vente		
		0,5m <sup>2</sup>	Places assises	$(0,5/3,5)*100 = 14,3$	
Salle de sport	3.5m <sup>2</sup>	0,5m <sup>2</sup>	Vestiaires		28,6+57,1 = <b>85.7%</b>
		1m <sup>2</sup>	Circulation	$(1/3,5)*100 = 28,6$	
		2m <sup>2</sup>	Salle	$(2/3,5)*100 = 57,1$	
		0,5m <sup>2</sup>	Comodités		
		0,5m <sup>2</sup>	Bureau		

**Annexe 6** : Liste des ERP avec leur superficie pour la commune de Nice

<b>ID SR</b>	<b>Nom du site</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>
SR2	Hôtel le Radisson	2707
SR3	Ibis budget	123
SR4	Maternité Lerval	4520
SR5	Hôtel Flot d'Azur	141
SR6	Hôtel Eden	155
SR7	CUM	780
SR8	Hôtel Negresco	4495
SR10	Hôtel West End	867
SR11	Hôtel Westminster	1757
SR12	Hôtel Royal	1404
SR13	Hôtel Palais de la méditerranée	2758
SR15	Hôtel Cronstadt	356
SR16	AC hôtel Nice (Marriott)	1777
SR17	Collège Alphonse Daudet	2488
SR28	Hôtel le magan	209
SR30	Hôtel Azur	312
SR31	Park Hôtel	1367
SR33	Hôtel Plaza	3700
SR34	Hôtel Le Meurice	455
SR35	Galleries Lafayette	13000
SR36	Hôtel Carlyna	158
SR37	Hôtel de Verdun	304
SR38	Hôtel Lafayette	228
SR39	Hôtel HElvétique	366
SR40	Hôtel le Seize	383
SR41	Hôtel Vendôme	253
SR43	Hôtel Nice Riviera	166
SR45	Hôtel Lepante	216
SR46	Hôpital Saint Roch	8576
SR49	Paroisse Saint-Jean Baptiste le vœu	762
SR50	Service social Ville de Nice	934
SR51	Lycée Massena	7482
SR53	Novotel	1141
SR54	Nh Hôtel	1303
SR55	Lycée professionnel Régional Vauban	4378
SR57	Collège Antoine Risso	1999
SR58	Ibis Hôtel	679
SR60	Hôtel la Perouse	133
SR61	Hôtel Suisse	230
SR63	Hôtel de ville	1828
SR64	hôtel Aston la Scala	1372
SR65	Hôtel Meridien	2775
SR66	Hôtel Mercure (promenade anglais)	577
SR69	Collège Ségurane	1352
SR70	Lycée Calmette	3788
SR71	Hôtel Ellington	1197

SR72	Lycée Professionnel St Vincent de Paul	1203
SR74	Hôtel de France	141
SR75	Hôtel de la fontaine	258
SR76	Hôtel Wilson	747
SR77	Hôtel Impérial	379
SR78	Hôtel Sportmen'esprit d'azur	182
SR79	Groupe scolaire Pierre Merle	1511
SR81	Hôtel Acanthe	167
SR85	Hôtel de la mer	322
SR89	Maison de retraite HELENA	308
SR91	Complexe sportif Jean Bouin	1087
SR93	Hôtel de Police FOCH	792
SR94	Hôtel Saint-Paul	2499
SR95	Ecole de journalisme	342
SR96	Maison de retraite Sorgentino	884
SR98	Ecole primaire Antoine Risso	560
SR99	Hôtel Marbella	149
SR104	Hôtel Commodore	222
SR105	Groupe scolaire Bischoffsheim	3017
SR106	IPAG buisness school	769
SR108	Faculté Saint Jean d'Angely	7076
SR109	Hôtel Albert 1er	199
SR110	Hôtel villa la tour	142
SR112	Hôtel Crillon	253
SR113	Hotel Solara	202
SR114	Hôtel Beau Rivage	874
SR115	Cinéma Mercury	774
SR120	Hôtel Mercure (Quai des Etats unis)	155
SR121	Hôtel Monet	131
SR122	Hôtel massena	648
SR127	Eglise Saint Hélène	525
SR128	CSP magnan (pompiers)	4818
SR129	Hôtel picardy	112
SR130	Hôtel Kyriad	1589
SR132	Hôtel Univers	444
SR138	Hôtel Campanile ARENAS	792
SR139	ARENAS NICE PLAZA	5298
SR140	Hôtel IBIS Budjet Nice aéroport	1091
SR141	Hôtel IBIS style Nice Arénas	438
SR142	Les Cimes ARENAS	1753
SR143	ECOLE Hotelière et touristique	4970
SR144	Suite Novotel Nice ARENAS	460
SR145	Suite Novotel Nice AREROPORT	1032
SR146	Théâtre de l'eau vive	188

**Annexe 6b** : Liste des ERP avec leur superficie pour la commune de Saint-Laurent du Var

ID SR	Nom du site	Superficie
SR1	Salle de sport Vita liberta	386
SR2	Hôtel le Gabian	438
SR3	Centre Médical	5787
SR5	CAP 3000	65 000
SR6	Novotel	633

**Annexe 7** : Tableau des distances de sécurité autour des station-essences.

Conditions météorologiques	Distances à la létalité (140 mbar)	Distances aux effets irréversibles (50 mbar)
D(5,20)	45 m	110 m
F(3,15)	50 m	115 m

## Annexe 8 : Fiche terrain type.

1

FICHE TERRAIN TYPE BÂTIMENT  
Ecrire ou entourer l'information correspondante

Nom du site : Scénarios : BASE / SC1a (Jour – Affluence)  
Adresse : SC1b (Jour – Creuse)  
Téléphone : SC2a (Nuit – Affluence)  
Fonction du bâtiment : SC2b (Nuit – Creuse)  
Surface au sol : ETAGES ? OUI / NON. Si oui, combien :

Disponibilité du site selon scénario de départ : OUVERT = 6 / FERME = REJETE = FIN ETUDE DU SITE

Si disponible mais Clés ou codes OUI tout le temps = REJETE

Sinon : Nombre entrées ?

- 1 = Une seule entrée
- 2 = Deux entrées
- 3 = Trois entrées ou plus

Nombre sorties ?

- 1 = Pas de porte spécifique
- 2 = Une porte à l'arrière ou sur le côté
- 3 = Deux ou plus sur l'ensemble du site

Année de construction :

Normes parasismiques :

- 1 = Avant 1940
- 2 = Entre 1945 et 1977
- 3 = Après 1977

Présence de sites dangereux à proximité ? OUI / NON. Si oui, lesquels ?

Services (préciser lesquels) :

- 1 = Espaces ouverts
- 2 = Mairies/bureaux/petits magasins
- 3 = Résidences/hôtels/Centre Commerciaux

Nombre/types routes :

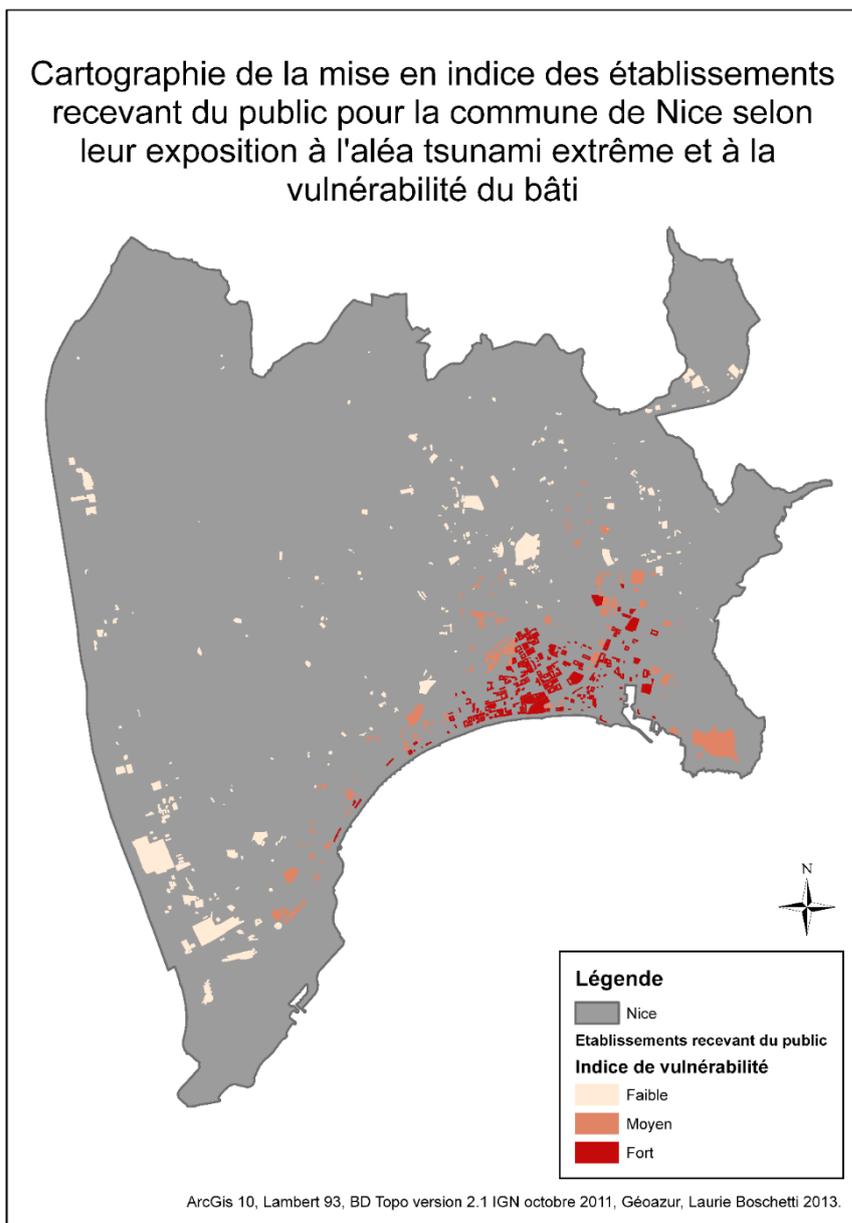
- 1 = Une seule connexion du site au réseau routier
- 2 = Plusieurs routes amènent au site
- 3 = Localisation en carrefour ou front de mer

Remarques particulières : Présence de monde ? Travaux ? Autres ?

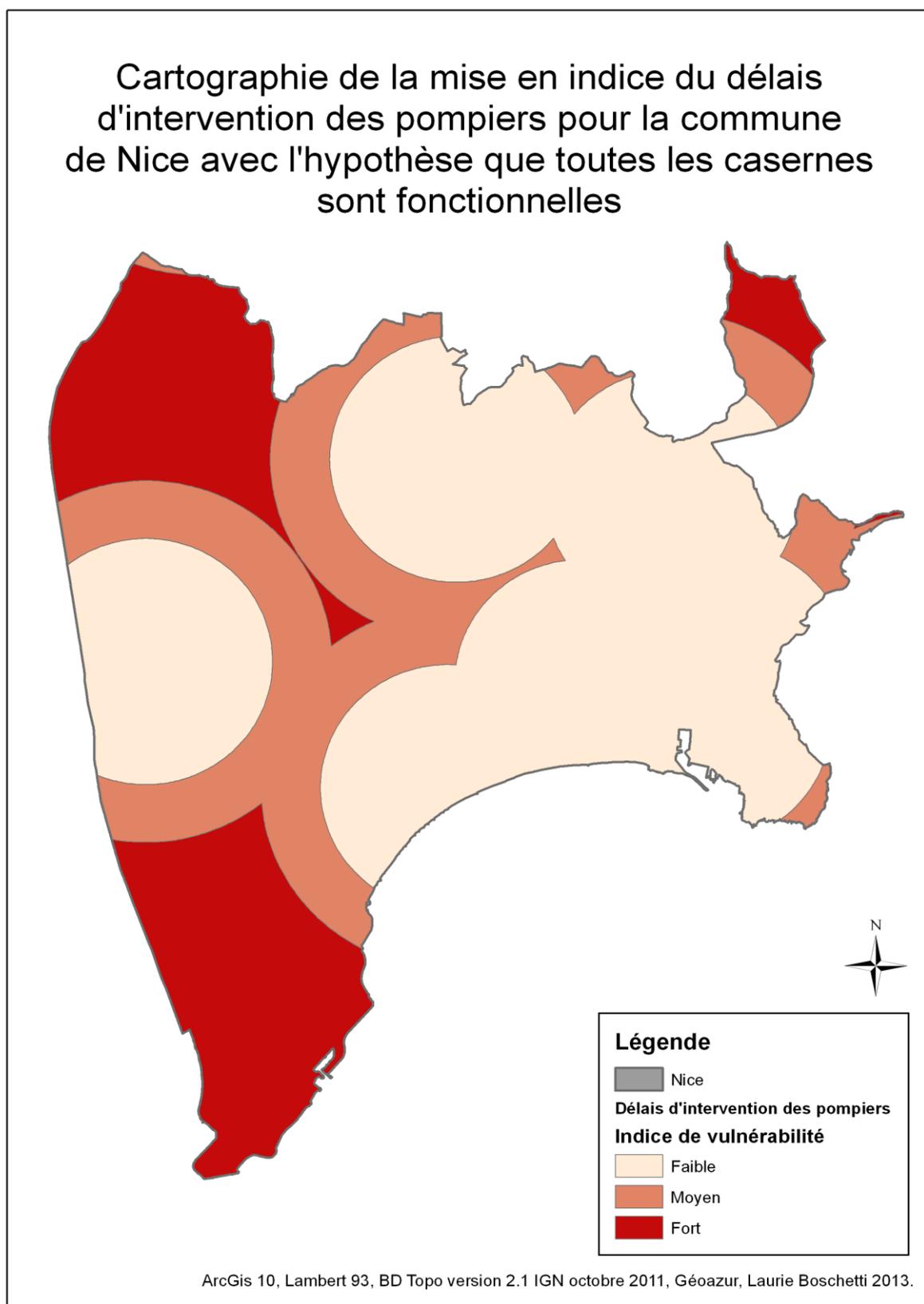
**Annexe 9** : Tableau des critères retenus pour la détermination d'un site refuge de type bâtiment sans étage.

Niveau de critères	Critères	Informations complémentaires	Note	Coefficients	Note de qualité finale maximum par critère
Critères primaires	<b>Capacité d'accueil du site</b>		1, 2, 3	3	/9
	<b>Sécurité/résistance du bâtiment</b>	Normes parasismiques	1, 2, 3	3	/9
		Normes inondations	1, 2, 3	3	/9
Critères secondaires	<b>Altitude</b>	Localisation/ zonage	1, 2, 3	3	/9
			1, 2, 3	3	/9
	<b>Points d'entrées et de sorties du site</b>	Les entrées	1, 2, 3	2	/6
		Les sorties	1, 2, 3	2	/6
	<b>Disponibilité</b>	Disponibilité annuelle ou périodique	1, 2, 3	2	/6
	<b>Accessibilité</b>	Qualité des routes	1, 2, 3	2	/6
Temps d'accès		1, 2, 3	2	/6	
Critères tertiaires	<b>Services</b>		1, 2, 3	2	/6
			1, 2, 3	1	/3
	<b>Identification du site</b>	LOCAUX TOURISTES / ETRANGERS	1, 2, 3	1	/3

**Annexe 10** : Carte de mise en indice des ERP pour la commune de Nice selon leur exposition à l'aléa extrême (S11) et à la vulnérabilité du bâti.



**Annexe 11** : Carte de mise en indice du délai d'intervention des pompiers pour la commune de Nice avec l'hypothèse que toutes les casernes sont fonctionnelles.



**Annexe 12** :Liste des ERP par scénarios : NICE SC1a

ID SR	Nom du site	Indice de qualité	Classes
SR16	AC hôtel Nice (Marriott)	73	a
SR145	Suite Novotel Nice AEROPORT	73	a
SR2	Hôtel le Radisson	72	a
SR4	Maternité Lenval	72	a
SR130	Hôtel Kyriad	71	b
SR140	Hôtel IBIS Budget Nice aéroport	71	b
SR143	ECOLE Hotelière et touristique	71	b
SR17	Collège Alphonse Daudet (SC1a)	70	b
SR35	Galerias Lafayette	69	b
SR53	Novotel	69	b
SR54	Nh Hôtel	69	b
SR65	Hôtel Meridien	69	b
SR108	Faculté Saint Jean d'Angely	69	b
SR128	CSP magnan (pompiers)	69	b
SR142	Les Cimes ARENAS	69	b
SR138	Hôtel Campanile ARENAS	68	b
SR141	Hôtel IBIS style Nice Arénas	68	b
SR144	Suite Novotel Nice ARENAS	68	b
SR8	Hôtel Negresco	67	b
SR55	Lycée professionnel Régional Vauban	67	b
SR139	ARENAS NICE PLAZA	67	b
SR96	Maison de retraite Sorgentino	66	b
SR114	Hôtel Beau Rivage	66	b
SR33	Hôtel Plaza	65	b
SR46	Hôpital Saint Roch	65	b
SR58	Ibis Hôtel	65	b
SR63	Hôtel de ville	65	b
SR69	Collège Ségurane	65	b
SR105	Groupe scolaire Bischoffsheim	65	b
SR11	Hôtel Westminster	63	b
SR12	Hôtel Royal	63	b
SR13	Hôtel Palais de la méditerranée	63	b
SR51	Lycée Massena	63	b
SR72	Lycée Professionnel St Vincent de Paul	63	b
SR94	Hôtel Saint-Paul	63	b
SR120	Hôtel Mercure (Quai des Etats unis)	63	b
SR3	Ibis budget	62	b
SR41	Hôtel Vendôme	62	b
SR91	Complexe sportif Jean Bouin	62	b
SR106	IPAG buisness school	62	b
SR60	Hôtel la Perouse	61	b
SR64	hôtel Aston la Scala	61	b
SR66	Hôtel Mercure (promenade anglais)	61	b
SR70	Lycée Calmette	61	b
SR89	Maison de retraite HELENA	61	b
SR10	Hôtel West End	60	b
SR50	Service social Ville de Nice	60	b
SR71	Hôtel Ellington	60	b

SR127	Eglise Saint H�elene	60	b
SR30	H�tel Azur	59	b
SR49	Paroisse Saint-Jean Baptiste le vœu	59	b
SR95	Ecole de journalisme	59	b
SR31	Park H�tel	58	b
SR43	H�tel Nice Riviera	58	b
SR122	H�tel massena	58	b
SR61	H�tel Suisse	57	b
SR99	H�tel Marbella	57	b
SR109	H�tel Albert 1er	57	b
SR5	H�tel Flot d'Azur	56	b
SR28	H�tel le magan	56	b
SR57	Collège Antoine Risso	56	b
SR75	H�tel de la fontaine	56	b
SR79	Groupe scolaire Pierre Merle	56	b
SR78	H�tel Sportmen/esprit d'azur	55	b
SR15	H�tel Cronstadt	54	b
SR74	H�tel de France	53	b
SR81	H�tel Acanthe	53	b
SR110	H�tel villa la tour	53	b
SR121	H�tel Monet	53	b
SR7	CUM (SC1a)	52	b
SR3	Hôtel Le Maurice	52	b
SR37	Hôtel de Verdun	52	b
SR39	Hôtel HELvétique	52	b
SR93	Hôtel de Police	52	b
SR129	Hôtel picardy	52	b
SR132	Hôtel Univers	52	b
SR146	Th�atre de l'eau vive	52	b
SR36	Hôtel Carlyna	51	c
SR85	Hôtel de la mer	51	c
SR112	Hôtel Crillon	51	c
SR113	Hôtel Solara	51	c
SR6	Hôtel Eden	50	c
SR38	Hôtel Lafayette	50	c
SR77	Hôtel Impérial	50	c
SR98	Ecole primaire Antoine Risso	50	c
SR104	Hôtel Commodore	50	c
SR115	Cinéma Mercury	48	c
SR40	Hôtel le Seize	47	c
SR45	Hôtel Lepante	47	c
SR76	Hôtel Wilson	46	c

**Annexe 12a** :Liste des ERP par scénarios : NICE SC1b

ID SR	Nom du site	Indice de qualité	Classes
SR16	AC hôtel Nice (Marriott)	73	a
SR145	Suite Novotel Nice AEROPORT	73	a
SR2	Hôtel le Radisson	72	a
SR4	Maternité Lerval	72	a
SR130	Hôtel Kyriad	71	b
SR138	Hôtel Campanile ARENAS	71	b
SR140	Hôtel IBIS Budget Nice aéroport	71	b
SR141	Hôtel IBIS style Nice Arénas	71	b
SR143	ECOLE Hotelière et touristique	71	b
SR144	Suite Novotel Nice ARENAS	71	b
SR17	Collège Alphonse Daudet (SC1b)	70	b
SR35	Galerias Lafayette	69	b
SR53	Novotel	69	b
SR54	Nh Hôtel	69	b
SR65	Hôtel Meridien	69	b
SR108	Faculté Saint Jean d'Angely	69	b
SR114	Hôtel Beau Rivage	69	b
SR128	CSP magnan (pompiers)	69	b
SR142	Les Cimes ARENAS	69	b
SR58	Ibis Hôtel	68	b
SR8	Hôtel Negresco	67	b
SR55	Lycée professionnel Régional Vauban	67	b
SR139	ARENAS NICE PLAZA	67	b
SR72	Lycée Professionnel St Vincent de Paul	66	b
SR96	Maison de retraite Sorgentino	66	b
SR33	Hôtel Plaza	65	b
SR46	Hôpital Saint Roch	65	b
SR63	Hôtel de ville	65	b
SR69	Collège Ségurane	65	b
SR91	Complexe sportif Jean Bouin	65	b
SR105	Groupe scolaire Bischoffsheim	65	b
SR106	IPAG business school	65	b
SR66	Hôtel Mercure (promenade anglais)	64	b
SR89	Maison de retraite HELENA	64	b
SR10	Hôtel West End	63	b
SR11	Hôtel Westminster	63	b
SR12	Hôtel Royal	63	b
SR13	Hôtel Palais de la méditerranée	63	b
SR50	Service social Ville de Nice	63	b
SR51	Lycée Massena	63	b
SR94	Hôtel Saint-Paul	63	b
SR120	Hôtel Mercure (Quai des Etats unis)	63	b
SR127	Eglise Saint Hélène	63	b
SR3	Ibis budget	62	b
SR41	Hôtel Vendôme	62	b
SR95	Ecole de journalisme	62	b
SR64	hôtel Aston la Scala	61	b
SR70	Lycée Calmette	61	b

SR122	Hôtel massena	61	b
SR61	Hôtel Suisse	60	b
SR71	Hôtel Ellington	60	b
SR109	Hôtel Albert 1er	60	b
SR30	Hôtel Azur	59	b
SR49	Paroisse Saint-Jean Baptiste le vœu	59	b
SR79	Groupe scolaire Pierre Merle	59	b
SR31	Park Hôtel	58	b
SR43	Hôtel Nice Riviera	58	b
SR99	Hôtel Marbella	57	b
SR5	Hôtel Flot d'Azur	56	b
SR28	Hôtel le magan	56	b
SR57	Collège Antoine Risso	56	b
SR75	Hôtel de la fontaine	56	b
SR34	Hôtel Le Meurice	55	b
SR37	Hôtel de Verdun	55	b
SR39	Hôtel Helvétique	55	b
SR78	Hôtel Sportmenl'esprit d'azur	55	b
SR93	Hôtel de Police	55	b
SR132	Hôtel Univers	55	b
SR15	Hôtel Cronstadt	54	b
SR74	Hôtel de France	53	b
SR77	Hôtel Impérial	53	b
SR81	Hôtel Acanthe	53	b
SR98	Ecole primaire Antoine Risso	53	b
SR110	Hôtel villa la tour	53	b
SR121	Hôtel Monet	53	b
SR7	CUM (SC1b)	52	b
SR129	Hôtel picardy	52	b
SR146	Théâtre de l'eau vive	52	b
SR36	Hôtel Carlyna	51	c
SR85	Hôtel de la mer	51	c
SR112	Hôtel Crillon	51	c
SR113	Hotel Solara	51	c
SR115	Cinéma Mercury	51	c
SR6	Hôtel Eden	50	c
SR38	Hôtel Lafayette	50	c
SR40	Hôtel le Seize	50	c
SR104	Hôtel Commodore	50	c
SR45	Hôtel Lepante	47	c
SR76	Hôtel Wilson	46	c

**Annexe 12b** :Liste des ERP par scénarios : NICE SC2a

<b>ID SR</b>	<b>Nom du site</b>	<b>Indice de qualité</b>	<b>Classes</b>
SR16	AC hôtel Nice (Marriott)	73	a
SR145	Suite Novotel Nice AEROPORT	73	a
SR2	Hôtel le Radisson	72	a
SR4	Maternité Lerval	72	a
SR130	Hôtel Kyriad	71	b
SR140	Hôtel IBIS Budjet Nice aéroport	71	b
SR53	Novotel	69	b
SR54	Nh Hôtel	69	b
SR65	Hôtel Meridien	69	b
SR128	CSP magnan (pompiers)	69	b
SR138	Hôtel Campanile ARENAS	68	b
SR141	Hôtel IBIS style Nice Arénas	68	b
SR8	Hôtel Negresco	67	b
SR96	Maison de retraite Sorgentino	66	b
SR114	Hôtel Beau Rivage	66	b
SR33	Hôtel Plaza	65	b
SR46	Hôpital Saint Roch	65	b
SR58	Ibis Hôtel	65	b
SR63	Hôtel de ville	65	b
SR11	Hôtel Westminster	63	b
SR12	Hôtel Royal	63	b
SR13	Hôtel Palais de la méditerranée	63	b
SR94	Hôtel Saint-Paul	63	b
SR120	Hôtel Mercure (Quai des Etats unis)	63	b
SR3	Ibis budget	62	b
SR41	Hôtel Vendôme	62	b
SR64	hôtel Aston la Scala	61	b
SR66	Hôtel Mercure (promenade anglais)	61	b
SR10	Hôtel West End	60	b
SR71	Hôtel Ellington	60	b
SR30	Hôtel Azur	59	b
SR31	Park Hôtel	58	b
SR43	Hôtel Nice Riviera	58	b
SR122	Hôtel massena	58	b
SR61	Hôtel Suisse	57	b
SR99	Hôtel Marbella	57	b
SR109	Hôtel Albert 1er	57	b
SR5	Hôtel Flot d'Azur	56	b
SR28	Hôtel le magan	56	b

SR28	Hôtel le magan	56	b
SR75	Hôtel de la fontaine	56	b
SR78	Hôtel Sportmer/esprit d'azur	55	b
SR15	Hôtel Cronstadt	54	b
SR74	Hôtel de France	53	b
SR81	Hôtel Acanthe	53	b
SR110	Hôtel villa la tour	53	b
SR121	Hôtel Monet	53	b
SR34	Hôtel Le Meurice	52	b
SR37	Hôtel de Verdun	52	b
SR39	Hôtel HEIvétique	52	b
SR93	Hôtel de Police	52	b
SR129	Hôtel picardy	52	b
SR132	Hôtel Univers	52	b
SR36	Hôtel Carlyna	51	c
SR85	Hôtel de la mer	51	c
SR112	Hôtel Crillon	51	c
SR113	Hotel Solara	51	c
SR6	Hôtel Eden	50	c
SR38	Hôtel Lafayette	50	c
SR77	Hôtel Impérial	50	c
SR104	Hôtel Commodore	50	c
SR40	Hôtel le Seize	47	c
SR45	Hôtel Lepante	47	c
SR76	Hôtel Wilson	46	c

**Annexe 12c** :Liste des ERP par scénarios : NICE SC2b

<b>ID SR</b>	<b>Nom du site</b>	<b>Indice de qualité</b>	
SR16	AC hôtel Nice (Marriott)	73	a
SR145	Suite Novotel Nice AEROPORT	73	a
SR2	Hôtel le Radisson	72	a
SR4	Maternité Lenval	72	a
SR130	Hôtel Kyriad	71	b
SR138	Hôtel Campanile ARENAS	71	b
SR140	Hôtel IBIS Budjet Nice aéroport	71	b
SR141	Hôtel IBIS style Nice Arénas	71	b
SR53	Novotel	69	b
SR54	Nh Hôtel	69	b
SR65	Hôtel Meridien	69	b
SR114	Hôtel Beau Rivage	69	b
SR128	CSP magnan (pompiers)	69	b
SR58	Ibis Hôtel	68	b
SR8	Hôtel Negresco	67	b
SR96	Maison de retraite Sorgentino	66	b
SR33	Hôtel Plaza	65	b
SR46	Hôpital Saint Roch	65	b
SR63	Hôtel de ville	65	b
SR66	Hôtel Mercure (promenade anglais)	64	b
SR10	Hôtel West End	63	b
SR11	Hôtel Westminster	63	b
SR12	Hôtel Royal	63	b
SR13	Hôtel Palais de la méditerranée	63	b
SR94	Hôtel Saint-Paul	63	b
SR120	Hôtel Mercure (Quai des Etats unis)	63	b
SR3	Ibis budget	62	b
SR41	Hôtel Vendôme	62	b
SR64	hôtel Aston la Scala	61	b
SR122	Hôtel massena	61	b
SR61	Hôtel Suisse	60	b
SR71	Hôtel Ellington	60	b
SR109	Hôtel Albert 1er	60	b
SR30	Hôtel Azur	59	b
SR31	Park Hôtel	58	b
SR43	Hôtel Nice Riviera	58	b
SR99	Hôtel Marbella	57	b
SR5	Hôtel Flot d'Azur	56	b
SR28	Hôtel le magan	56	b

SR75	Hôtel de la fontaine	56	b
SR34	Hôtel Le Meurice	55	b
SR37	Hôtel de Verdun	55	b
SR39	Hôtel HElvétique	55	b
SR78	Hôtel Sportmen'esprit d'azur	55	b
SR93	Hôtel de Police	55	b
SR132	Hôtel Univers	55	b
SR15	Hôtel Cronstadt	54	b
SR74	Hôtel de France	53	b
SR77	Hôtel Impérial	53	b
SR81	Hôtel Acanthe	53	b
SR110	Hôtel villa la tour	53	b
SR121	Hôtel Monet	53	b
SR129	Hôtel picardy	52	b
SR36	Hôtel Carlyna	51	c
SR85	Hôtel de la mer	51	c
SR112	Hôtel Crillon	51	c
SR113	Hotel Solara	51	c
SR6	Hôtel Eden	50	c
SR38	Hôtel Lafayette	50	c
SR40	Hôtel le Seize	50	c
SR104	Hôtel Commodore	50	c
SR45	Hôtel Lepante	47	c
SR76	Hôtel Wilson	46	c

**Annexe 13** :Liste des ERP par scénarios : Saint-Laurent du Var SC1a

ID SR	Nom du site	Indice de qualité
SR5	CAP 3000	69
SR3	Centre Médical	63
SR2	Hôtel le Gabian	56
SR6	Novotel	53
SR1	Salle de sport Vita liberta	49

**Annexe 13a** :Liste des ERP par scénarios : Saint-Laurent du Var SC1b

ID SR	Nom du site	Indice de qualité
SR5 (SC1b)	CAP 3000	69
SR3	Centre Médical	63
SR2 (SC1b)	Hôtel le Gabian	59
SR6 (SC1b)	Novotel	56
SR1(SC1b)	Salle de sport Vita liberta	52

**Annexe 13b** :Liste des ERP par scénarios : Saint-Laurent du Var SC2a

ID SR	Nom du site	Indice de qualité
SR3	Centre Médical	63
SR2 (SC2a)	Hôtel le Gabian	56
SR6 (SC2a)	Novotel	53

**Annexe 13c** :Liste des ERP par scénarios : Saint-Laurent du Var SC2a

ID SR	Nom du site	Indice de qualité
SR3	Centre Médical	63
SR2 (SC2b)	Hôtel le Gabian	59
SR6 (SC2b)	Novotel	56