



VENISE

**Analyse de la préservation architecturale : vers une grille
d'analyse des interventions face aux défis de la montée des
eaux**

Figure 1 : Basilique Saint Marc lors d'une acqua alta

Enseignants encadrants :

François GUENA, Anne TÜSCHER, Joaquim SILVESTRE

Séminaire Savoir des Activités de Projet Instrumentées



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

2024-2025

LANDAIS-FEDERICI EMILIE

Remerciements

Je souhaite remercier tout d'abord mes professeurs, François Guena, à qui je souhaite une bonne retraite, Anne Tüscher et Joaquim Silvestre. Ils ont su me guider durant ces 3 semestres, et cela malgré la difficile tâche qu'ils avaient de me faire comprendre qu'un mémoire de recherche n'était pas un mémoire « de recherches ».

Je remercie également ceux sans qui ce mémoire n'aurait pas été possible, Rodolfo Manzolli et Clemens Kusch. Merci pour leur temps accordé, pour m'avoir partagé leur connaissances, leurs expériences et leur passion pour Venise.

Un grand merci également à ma famille et à mes proches pour leur accompagnement et leur soutien sans faille.

Et enfin, j'ai conscience de la chance que j'ai eu d'avoir le privilège de passer une année exceptionnelle à Venise, dans le cadre du programme Erasmus. Un très grand merci à l'ENSA Paris-la-Villette et à l'Istituto Universitario di Architettura di Venezia

Résumé

Ce mémoire explore les stratégies de préservation du patrimoine architectural de la lagune vénitienne, site historique unique confronté à des défis environnementaux majeurs. À travers une analyse des projets de conservation et de réhabilitation, le travail cherche à comprendre comment les interventions architecturales et urbaines répondent aux pressions liées à la montée des eaux, à l'affaissement du sol, et à l'évolution des usages urbains.

Plus précisément, au travers de ce mémoire de recherche, je propose une grille conceptuelle permettant d'analyser les interventions architecturales en fonction de trois axes : l'échelle de l'intervention (locale ou globale), la temporalité des projets (court, moyen ou long terme), et leur approche préventive ou curative. Ces catégories permettent d'évaluer comment les stratégies de préservation sont choisies et mises en œuvre face à des défis urgents et en constante évolution. La recherche s'appuie sur des entretiens avec des experts locaux, des études de cas détaillées, dans le but d'illustrer les différentes approches mises en place à Venise. Elle s'appuie également sur mes observations et l'ensemble des enseignements dont j'ai pu bénéficier.

Mots clés

VENISE - ACQUA ALTA – MONTEE DES EAUX – PRESERVATION ARCHITECTURALE – ECOSYSTEME LAGUNAIRE – RESTAURATION – ECHELLE – CAUSALITE – TEMPORALITE

Abstract

This research examines the architectural heritage preservation strategies in Venice, a city facing unique environmental and historical challenges. Through an analysis of conservation and rehabilitation projects, the study seeks to understand how architectural and urban interventions address pressures related to rising waters, land subsidence, and evolving urban uses.

The main objective of the research is to develop a conceptual framework for analyzing projects based on three key criteria: the scale of the intervention (local or global), the temporal scope of the projects (short, medium, or long term), and their preventive or curative approach. These categories allow for an evaluation of how preservation strategies are selected and implemented in response to urgent and continuously evolving challenges. The research draws on interviews with local experts and detailed case studies to illustrate the various approaches adopted in Venice.

This thesis proposes a methodology to understand the responses to conservation challenges, contributing to a more structured approach to preserving Venice's architectural heritage in the face of contemporary pressures.

Key words

VENICE – ACQUA ALTA – RISING WATER – ARCHITECTURAL PRESERVATION – LAGOON ECOSYSTEM – RESTORATION – SCALE – CAUSALITY - TEMPORALITY

Sintesi

Questa ricerca esamina le strategie di preservazione del patrimonio architettonico a Venezia, una città unica che affronta sfide ambientali e storiche. Attraverso l'analisi di progetti di conservazione e riabilitazione, lo studio cerca di comprendere come le interventi architettonici e urbani rispondano alle pressioni legate all'innalzamento delle acque, al cedimento del suolo e all'evoluzione degli usi urbani.

L'obiettivo principale della ricerca è sviluppare una griglia concettuale per analizzare i progetti in base a tre criteri principali: la scala dell'intervento (locale o globale), la temporalità dei progetti (corto, medio o lungo termine) e il loro approccio preventivo o curativo. Queste categorie permettono di valutare come le strategie di preservazione siano scelte e messe in atto per rispondere a sfide urgenti e in continua evoluzione. La ricerca si basa su interviste con esperti locali e casi studio dettagliati, al fine di illustrare i diversi approcci adottati a Venezia.

Questa tesi propone una metodologia per comprendere le risposte alle problematiche di conservazione, contribuendo a un approccio più strutturato per la salvaguardia del patrimonio architettonico di Venezia di fronte alle pressioni contemporanee.

Parole chiave

**VENEZIA – ACQUA ALTA – INNALZAMENTO DELLE ACQUE – CONSERVAZIONE
ARCHITETTONICA – ECOSISTEMA LAGUNARE – RESTAURO – SCALA – CAUSALITA –
TEMPORALITA**

Sommaire

I. Introduction	14
II. Contexte	16
1. Le contexte géographique et géologique	16
a) La montée des eaux et l'affaissement de la ville	16
b) Acqua Alta	18
c) Impact sur l'urbanisme et le bâti vénitien	20
2. Implication des acteurs institutionnels non professionnels du bâtiment	27
a) Au niveau international	27
b) Au niveau national	28
III. Outils de recherches	29
1. Méthodologie	29
a) Les études de cas	29
b) Les entretiens	30
2. Objectifs des études de cas	32
3. Objectifs des entretiens	33
IV. Support d'analyse	35
1. Présentation des études de cas	35
2. Analyse des entretiens	43
a) L'impact unique de l'eau sur le bâti vénitien : entre menaces et opportunités	43
b) Les fondations et le défi de l'humidité ascensionnelle	45
c) La rénovation des rez-de-chaussée : des espaces inondables à repenser	46
d) L'innovation dans les matériaux et les techniques de rénovation	47
V. Les résultats	49
1. Elaboration des catégories	49
a) Diversité des approches	49
b) Les trois catégories retenues	50
2. Elaboration de la grille d'analyse des interventions	51
a) Echelle des Interventions	52
b) Causalité : interventions curatives vs palliatives	56
c) Temporalité des solutions	60
VI. Conclusion	64
Figures	66
Bibliographie	68
Lexique et glossaire	71
Annexes	72
A. MOSE	73

B.	<i>Pio Loco delle Penitenti</i>	77
C.	<i>Chiesa di San Giovanni e Paolo</i>	82
D.	<i>Palazzo Grassi</i>	86
E.	<i>Scuola Grande della Misericordia</i>	90
F.	<i>Rénovation des Barene</i>	94
G.	<i>Punta della Dogana</i>	97
H.	<i>Rehaussement des quais</i>	101
I.	<i>Fondation Querini Stampalia</i>	103
J.	<i>Retranscription entretien Rodolfo Manzolli (ingénieur structure, RestauriVenezia), italien</i>	111
K.	<i>Retranscription entretien Clemens Kusch (architecte)</i>	120

I. Introduction

Dans son roman uchronique ***Naufrage à Venise***, Isabelle Autissier imagine une Venise engloutie par une marée dévastatrice, une vision cauchemardesque pour tous ceux qui chérissent cette ville. Bien que ce soit une œuvre fictive, celle-ci soulève des préoccupations bien réelles. Venise, avec ses 7,5 millions de visiteurs annuels¹ et son affaissement constant, est confrontée à des défis environnementaux majeurs, notamment la montée du niveau de la mer, et l'affaissement de la ville. Située au cœur de la lagune, cette cité unique, sans voitures et façonnée par ses canaux, ne peut être pensée comme une ville classique.

Depuis des siècles, Venise n'a pas « résisté à l'eau », elle a été bâtie pour vivre avec. Ce sont justement ses canaux et sa relation étroite avec la lagune et la mer qui ont contribué à sa puissance historique et à son rayonnement. Mais aujourd'hui, la ville se trouve à un tournant. Les phénomènes *d'acqua alta*, les marées hautes qui submergent une partie de la ville, plus fréquents et plus intenses, et la pression du tourisme de masse obligent à repenser ses structures et son urbanisme.

Après avoir vécu une année au cœur de la *Serenissima* (surnom donné à la ville de Venise), j'ai pris conscience de la priorité absolue qu'est la préservation de cette ville. Mon expérience personnelle, en tant qu'étudiante en architecture, m'a permis de mieux comprendre les défis spécifiques que rencontrent les architectes et acteurs du bâtiment dans cette cité millénaire. Ils doivent constamment adapter leurs méthodes de construction à une réalité qui évolue, où l'eau, à la fois alliée et ennemie, façonne chaque décision architecturale.

La problématique de mon mémoire est née d'une réflexion approfondie sur la manière dont Venise et sa lagune, face à des défis environnementaux, sociaux et

¹ Italia Notsra Venezia, « Turisti, pendolari e altri visitatori ».

historiques uniques, gère la préservation de son patrimoine architectural. Mon travail de recherche a permis de révéler une diversité de réponses. Pour comprendre et structurer cette complexité, j'ai choisi comme problématique :

Peut-on définir une grille d'analyse éclairant la complexité des stratégies d'interventions architecturales et urbaines face à la montée des eaux ?

Mon hypothèse de départ est que l'on peut analyser cette diversité avec une grille constituée des trois axes suivants : l'échelle des projets, leur durée (court, moyen, long terme), et leur approche (qui traite la cause ou la conséquence). Mon mémoire vise à contribuer à une meilleure compréhension des stratégies mises en œuvre pour préserver le patrimoine vénitien, stratégies répondant aux défis contemporains liés à la montée des eaux et à l'évolution des usages urbains.

Dans un premier temps, il me semble important de présenter le contexte géographique, géologique, historique et environnemental du site. J'explique ensuite la méthodologie de recherche utilisée, avec les études de cas, les entretiens, et la manière dont ils sont liés. La présentation des études de cas (détaillées en annexe) et l'analyse des entretiens (retranscrits en annexe, en italien), me permettrons de présenter la grille que je propose.

II. Contexte

1. Le contexte géographique et géologique

a) *La montée des eaux et l'affaissement de la ville*

Venise est une ville construite au cœur d'un environnement exceptionnel mais fragile : la lagune Vénitienne. Cette lagune s'étend sur environ 550km², dont 8% sont occupés par la terre² entre la mer Adriatique et la terre ferme, au nord de l'Italie [Figure 2].



Figure 2 : Carte de situation de la lagune vénitienne et de ses îles

Celle-ci est composée d'îlots, canaux, marécages, appelés *barene* [Figure 3], créés par l'accumulation de dépôts alluviaux, dû au déversement du Pô, de l'Adige, de la Piave et de la Brenta dans la lagune.



Figure 3 : Photo de barene

Le sol sur lesquels reposent les îles de la lagune est donc un sol meuble, marécageux. Celui-ci est composé de strates de limon, d'argile et de sable². Ces matériaux sont peu compact, meubles, et susceptibles de se tasser au fil du temps. Depuis le début de la construction de la ville, les bâtisseurs enfoncez d'innombrables pieux en bois dans le sol, afin de stabiliser les constructions.

Malgré ces efforts de stabilisation, la lagune subit un phénomène d'affaissement naturel du sol, appelé **subsidence**³ : à mesure que les sédiments se tassent, les îles urbanisées s'enfoncent lentement dans la lagune. Ce processus géologique est provoqué par la compression des sédiments meubles sous le poids des constructions, mais aussi par la dynamique de l'environnement lagunaire. Selon Marco Anzidei, chercheur à l'Observatoire National des séismes de l'INGV, l'affaissement naturel est de 0,7 à 1 mm par an.⁴

² The Constructor, Building ideas, « Venice, Fondation Details of the biggest floating city in the world ».

³ Subsidence : mouvement d'affaissement du fond d'une dépression (du sol ici), les mots en gras sont définis dans le glossaire

⁴ Anzidei, « Livello marino a Venezia, subsidenza e cambiamenti climatici: quale futuro ? »

Même si des phénomènes naturels provoquent l'affaissement de la lagune vénitienne, celui-ci se fait plus lentement, que quand l'activité humaine entre en compte : entre 1950 et 1970, les industries présentent à Marghera, quartier industriel de Venise, sur la terre ferme, ont prélevés des eaux souterraines dans la lagune, ce qui a causé un affaissement de 12cm en 20ans.⁵

Parallèlement à l'affaissement de la ville, Venise doit aussi faire face à un autre problème majeur : la montée du niveau de la mer, appelé **eustasie**. L'eau de la lagune est composée d'eau salée, provenant de la mer adriatique, et d'eau douce, issue des fleuves qui s'y jettent. La montée du niveau de la mer est une conséquence directe du dérèglement climatique, qui entraîne la fonte des glaciers.

b) *Acqua Alta*

Les marées hautes, connues sous le nom de *acqua alta* (*acque alte* au pluriel) inondent régulièrement la ville, un phénomène qui s'aggrave avec l'élévation du niveau des océans, conséquence directe du réchauffement climatique global. Le niveau de la mer a augmenté de 8 à 10 cm depuis les années 1970 (jusqu'en 2023)⁶.

De plus, la lagune de Venise est sujette aux marées. Les marées sont peu présentes dans la mer Méditerranée, à cause de sa taille modérée, et de son enclavement, mais elles sont bien présentes dans la mer Adriatique, et principalement au nord. En effet, la forme de la mer Adriatique, en sorte de couloir allongé, accentue l'effet du Sirocco, le vent venant du Sud-Est, qui s'accumule en face de la lagune avant de s'y engouffrer, et augmente donc la force des marées. Il y a aussi la pression atmosphérique, qui influence le niveau de la mer à raison de 1 cm par millibar. Ainsi, une basse pression à Venise entraîne une augmentation du niveau de la mer. Un changement rapide peut survenir

⁵ Interreg, Italia-Croatia, « Sistema integrato per la protezione di Venezia e della sua laguna dagli allagamenti ».

⁶ Interreg, Italia-Croatia.

avec le passage d'un cyclone, mais une basse pression prolongée à l'échelle globale peut aussi faire grimper le niveau de l'eau sur une période plus longue. C'est ce qui s'est passé en novembre 2019 [Figure 4], où le niveau moyen était 30 cm plus élevé tout au long du mois.⁷



Figure 4 : Photo de l'Acqua alta de novembre 2019 place Saint Marc

La mesure de la hauteur des marées à Venise ne se réfère pas aux côtes NGF, mais à une référence conventionnelle le Réseau Altimétrique National 1897, qui utilise le point zéro de marée de la *Punta Salute* (lieu à Venise).

⁷ Istituto di Scienze Marine del Consiglio Nazionale delle Ricerche, « Qual'è la cosa dell'acqua alta ».

Ces marées, autrefois saisonnières et modérées, sont devenues plus fréquentes et plus intenses ces dernières décennies, contribuant ainsi à l'immersion progressive de certaines parties de la ville. En effet, Entre 1870 et 1949, seulement 30 marées ont dépassées les 110cm, alors qu'entre 2010 et 2019 il y en a eu 95.⁸

Ainsi, la combinaison de la subsidence et de la montée du niveau de la mer place Venise dans une situation critique.

c) *Impact sur l'urbanisme et le bâti vénitien*



Figure 5 : photo d'une rue perpendiculaire à un canal

La ville de Venise est composée de plus de 150 canaux⁹, ainsi le déplacement se fait soit à pied, lorsqu'il y a des quais ou des rues, soit en bateau (la ville n'étant pas praticable en voiture).

Sur cette photo [Figure 5] que j'ai prise lors de mon année à Venise, on peut voir une rue qui se termine sur un canal, ainsi, on peut se déplacer en bateau dans les canaux, puis l'amarrer au niveau d'un quai pour se rendre là où l'accès ne donne pas sur un canal.

⁸ Interreg, Italia-Croatia, « Sistema integrato per la protezione di Venezia e della sua laguna dagli allagamenti ».

⁹ Università Ca' Foscari Venezia, « Venezia: una città da scoprire ».

Les dégâts causées par les *acque alte* (pluriel d'*acqua alta*, marée haute) :

Avant d'arriver à Venise pour mes études, j'étais pressée de voir ma première *acqua alta*, symbole mythique de la ville. Pour un touriste, c'est génial d'en voir au moins une, car il faut dire que la ville devient encore plus belle. Le reflet de la basilique Saint Marc sur les eaux qui recouvrent le sol de la place, celui du Palais des doges, ou encore des vieilles procuraties rendent la place Saint Marc d'autant plus magique [Figure 6].

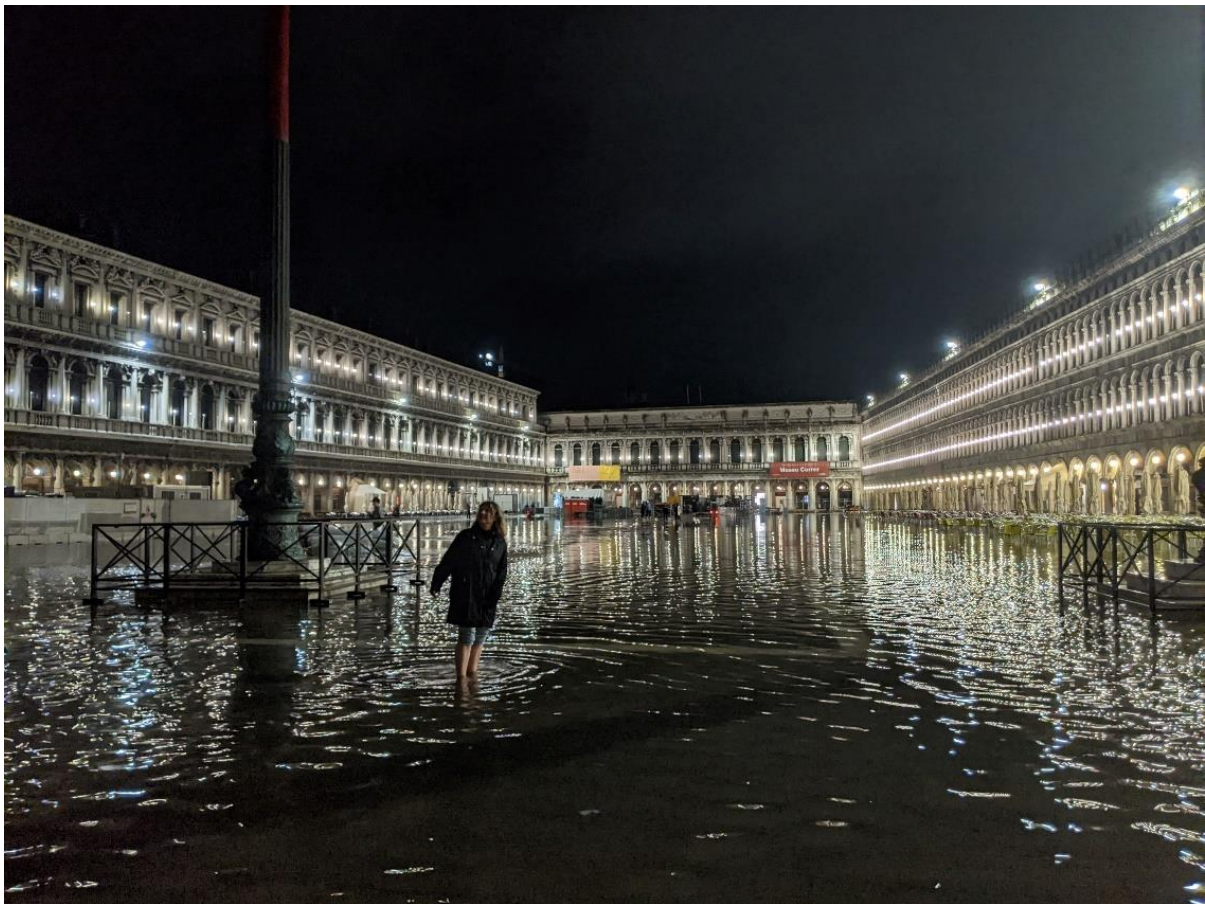


Figure 6 : photo personnelle d'*acqua alta* place Saint Marc (c'est ma maman sur la photo)

Cependant, pour les habitants, les *acque alte* sont d'une toute autre manière. L'eau submerge certaines et pour y circuler il faut donc marcher sur des *passerelle*, des planches en bois en hauteur. Pour une marée supérieure à 120cm, plus de 28% de la ville est inondée [Figure 7]

Niveau de marée	Surface inondée	vues rues
+90 cm	1,84 %	
+100 cm	5,17 %	
+110 cm	14,04 %	
+120 cm	28,75 %	
+130 cm	43,15 %	
+140 cm	54,39 %	
+150 cm	62,98 %	
+160 cm	69,43 %	
+170 cm	74,20 %	
+180 cm	78,11 %	
+190 cm	82,39 %	
+200 cm	86,4 %	
>+200 cm	100 %	

Figure 7 : Tableau de pourcentage de surfaces inondées en fonction des hauteurs des marées

Au début du 20^{ème} siècle, la surface inondée pour des marées de 120 cm était beaucoup plus faible, et aucune rue n'était inondée pour une marée de 100cm¹⁰. [Figure 8] [Figure

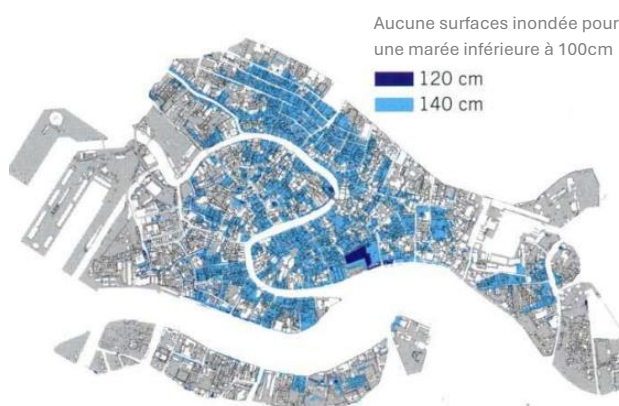


Figure 8 : Carte des surfaces inondées en fonction des marées, début du 20^{ème} siècle

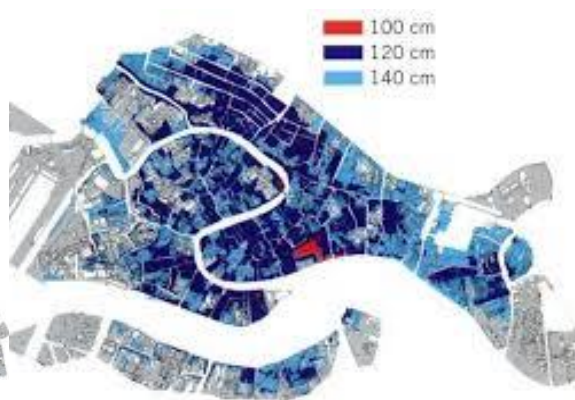


Figure 9 : Carte des surfaces inondées en fonction des hauteurs des marées, 2020

¹⁰ EFDRR, « Resilient Venice ».

L'eau devient parfois si haute qu'il est impossible pour les bateaux de passer sous certains ponts, les trajets sont donc déviés. L'eau s'engouffre dans la ville, et parfois jusqu'à l'intérieur des maisons, des hôtels, des restaurants, des musées etc..

Un des témoins de ces eaux agressives, est la Basilique Saint Marc [Figure 10] :



Figure 10 : Intérieur de la basilique Saint Marc lors d'une acqua alta

Carlo Alberto Tesserin a déclaré à l'AFP « Nous avons dit l'année dernière que la Basilique vieillissait de 20 ans à chaque marée haute mais cela risque d'être beaucoup plus encore pour celle-ci [*acqua alta* de novembre 2019] »¹¹. Lorsque l'eau s'engouffre dans la cathédrale, cela engendre des dégâts non seulement pour le pavement qui recouvre le sol, mais aussi pour l'intérieur des murs, avec le sel qui entre dans le marbre et dans les briques.

¹¹ GEO, « Marée haute à Venise : la basilique Saint-Marc inondée, symbole d'une cité meurtrie ».

Ces problèmes sont présents pour des bâtiments ouverts au public, mais aussi pour des maisons individuelles. En effet, les *palazzi* (pluriel de *palazzo*, qui signifie palais) vénitiens ont pour la plupart un accès directement sur un canal. Il est donc courant de voir que les habitants ont condamné leur accès sur le canal. Par exemple sur la photo située à droite [Figure 11], on peut voir que l'accès au rez-de-chaussée a été condamné, et qu'à la place de la porte c'est une fenêtre qui a été installée. Ainsi, l'entrée se fait donc uniquement côté rue.



Figure 11: Ancien accès à une maison

Les problèmes structurels liés à l'affaissement de la ville :

La technique utilisée pour réaliser les fondations des villes de la lagune, est appelée technique de compactage, selon l'ingénieur structure vénitien, Gaetano Cantisani ¹². Il s'agit de fondations profondes, réalisées avec des poteaux en bois, de diamètre variant de 10 à 25 cm, et dont la longueur oscille entre 1 et 3.5 mètres dans les cas extrêmes. On retrouve jusqu'à 25 poteaux par mètre carré sous un mur porteur. Le bois utilisé peut-être du sapin, du mélèze ou du pin pour les édifices les plus importants, ou du bois d'orme, de frêne ou d'acacia pour des plus petits édifices.

¹² Cantisani, « Come hanno costruito le fondazioni di venezia ? »

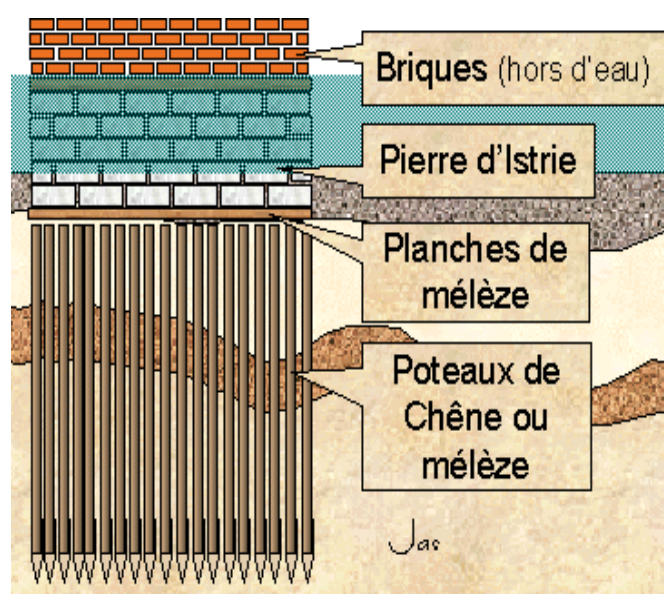


Figure 12 : Schéma constructif traditionnel

Ce schéma [Figure 12] montre les différentes couches de la structure des bâtiments vénitiens. La pierre d'Istrie est utilisée au-dessus des pieux en bois, car celle-ci est **hydrofuge**, contrairement à la brique, qui est censé être hors d'eau¹³. Mais avec la montée des eaux, celle-ci se retrouve de plus en plus fréquemment en contact avec l'eau, cela cause donc des problèmes d'humidité.

A Venise, les pieux ne sont ni forés, ni enfoncés, comme dans les fondations traditionnelles du continent, mais c'est la technique de battage par percussion qui a été appliquée. Le battage par percussion est un mouvement répétitif de relevage et de chute sur la tête du pieu, ce qui permet de l'enfoncer dans le sol¹⁴. Sur le plan mécanique, le battage par percussion augmente la résistance que le pieu est capable d'offrir du fait du frottement latéral avec le sol.

Une fois les pieux enfoncés, les fondations du bâtiments sont complétées avec une surface composée de différentes couches de pierres ou de planches qui reposent sur les pieux. Cela garantit à l'ensemble une bonne solidité et maximise les performances du pieu. L'épaisseur de cette couche peut dépasser les 50 cm en fonction de la taille et du poids de l'édifice.

¹³ Formaterre, « Venise, l'écologie de luxe ».

¹⁴ « Forage par percussion ».

Laissé à l'air libre, ou au contact de l'eau, le bois se dégrade à cause de bactéries aérobies ¹⁵, ou d'aléas climatiques. Cependant, dans le cas de Venise, les pieux ne sont exposés ni à l'air, ni à l'eau, mais sont totalement immergés dans cette couche vaseuse au sein de laquelle ces bactéries ne se développent pas. Certains pieux ont même été daté de plus de 1000 ans¹⁶ !

Cependant, même si l'on dit que les pieux de Venise sont éternels, ce n'est pas tout à fait vrai. Différents organismes de recherches comme le CNR et certaines universités, ont prouvé que certaines bactéries pouvaient se développer sans oxygène, même si la dégradation se produit très lentement, notamment pour les bois conifères.

Ainsi, on retrouve bien sur la photo prise lors de l'assèchement d'un canal [Figure 13], les différentes couches des constructions vénitiennes.



Figure 13 : Fondation d'un pont visible grâce à l'assèchement d'un canal

¹⁵ Cantisani, « Come hanno costruito le fondazioni di venezia ? »

¹⁶ Cantisani.

2. Implication des acteurs institutionnels non professionnels du bâtiment

a) *Au niveau international*

Sur le plan international, la protection du patrimoine vénitien a démarré officiellement avec la mise en œuvre de la Loi spéciale de 1973, qui a pour but de garantir la protection du paysage, du patrimoine historique, archéologique et artistique de la ville de Venise et de sa lagune, en veillant à son développement socio-économique¹⁷.

Quelques années plus tard, en 1987, Venise et sa lagune sont inscrits au patrimoine mondiale de l'Unesco¹⁸. En effet, le site répond à six critères d'un site culturel de valeur universelle exceptionnelle, qui sont :

- Une réalisation artistique unique.
- Une influence considérable sur le développement de l'architecture et des arts monumentaux
- Un témoignage unique sur une tradition culturelle
- Un ensemble architectural qui illustre le rayonnement de la ville pendant la Renaissance
- Un exemple éminent d'utilisation du territoire devenu vulnérable sous l'effet de mutations irréversibles
- Directement et matériellement associée à l'histoire universelle

¹⁷ UNESCO, « Venise et sa lagune, valeur universelle exceptionnelle ».

¹⁸ UNESCO, « Venise et sa lagune, site du patrimoine mondial ».

b) *Au niveau national*

En 2004, le Code du patrimoine culturel et du paysage est entré en vigueur en Italie. Ainsi, à travers la direction régionale du Veneto (région dans laquelle se situe Venise), le ministère du Patrimoine et des Activités culturelles, effectue les tâches institutionnelles de protection et de préservation du patrimoine culturel et du paysage¹⁹.

Toujours selon l'UNESCO, sur le plan municipal, les outils de planifications existants doivent garantir la restauration et l'amélioration du patrimoine architectural, des infrastructures, l'aménagement urbain, et des programmes de logements sociaux. Ils régulent l'action sur le tissu urbain, en veillant à la préservation de ses caractéristiques physiques et typologiques et la compatibilité de toute utilisation envisagée.

Venise a aussi la particularité d'avoir eu un *Magistrato Alle Acque*, le Magistrat des eaux de Venise. Poste créé après la réunification de l'Italie en 1861, ce magistrat était responsable de tous les bassins hydrauliques de toute la région Vénétie, mais son rôle principal à Venise était l'assainissement et la dépollution de la lagune. En 2014, après plusieurs enquêtes sur des pots de vin dans le cadre du projet MOSE, le *Magistrato Alle Acque* a été dissout²⁰ (et ses directeurs arrêtés). Ses fonctions ont été transférées à la « *Salvaguardia di Venezia del Magistrato alle Acque – Opere marittime per il Veneto* » (Sauvegarde de Venise du Magistrat des Eaux – Travaux Maritimes pour la Vénétie) de l'autorité interrégionale des travaux publics de Vénétie, Trentin Haut Adige, Frioul Vénétie Julienne du Ministère des Infrastructures et des transports.

Ainsi, ces acteurs institutionnels et non professionnels du bâtiments, qu'ils soient internationaux ou italiens, œuvrent ensemble pour la préservation du patrimoine architectural vénitiens.

¹⁹ UNESCO, « Venise et sa lagune, valeur universelle exceptionnelle ».

²⁰ La Nuova, di Venezia e Mestre, « IL CASO MOSE / Il governo sopprime il Magistrato alle Acque ».

III. Outils de recherches

1. Méthodologie

a) *Les études de cas*

Les études de cas de projet et d'interventions de la lagune vénitienne présentées concernent la restauration de la Punta della Dogana, la réhabilitation du Palazzo Grassi et de la Scuola Grande della Misericordia, ainsi que la transformation de la Fondation Querini Stampalia. J'ai également étudié la rénovation des *barene* et le rehaussement de certains quais, ainsi que bien entendu l'intervention la plus ambitieuse, le système MOSE.

Ces projets représentent une gamme étendue d'approches : certains se concentrent sur la restauration et l'adaptation des bâtiments historiques à des usages modernes, tandis que d'autres traitent directement les impacts de l'environnement aquatique unique de Venise, comme les *acque alte* et l'érosion des zones humides. Chaque étude de cas offre un éclairage sur des problématiques spécifiques tout en contribuant à une vue d'ensemble des stratégies de préservation et de gestion de la lagune vénitienne.

Je me suis appuyée notamment sur mes cours de l'histoire de l'architecture à Venise, sur la lecture d'articles de recherche en français, en anglais et en italien, sur les informations collectées sur les sites des programmes étudiés, mais aussi sur les informations reçues lors des nombreuses visites de bâtiments historiques que j'ai pu faire à Venise.

b) Les entretiens

Ces études de cas ont été complétées par la réalisation de plusieurs entretiens.

Afin de préserver au mieux le patrimoine architectural de Venise, les architectes, les urbanistes, les ouvriers, les ingénieurs, et les différentes collectivités territoriales desquelles la ville fait partie, doivent œuvrer ensemble. J'ai donc choisi de réaliser des entretiens, avec des personnes issues de différents corps d'état liés au BTP, avec des profils variés.

J'ai pu réaliser deux entretiens approfondis, avec un ingénieur et un architecte :

- Rodolfo Manzolli est un ingénieur né à *Padova* (Italie), qui travaille dans une société de restauration vénitienne, *RestauriVenezia*. Cet entretien s'est déroulé par téléphone, en italien, il a duré 30 minutes.
- Clemens Kusch est un architecte, d'origine allemande. Il travaille comme architecte de référence pour des agences d'architecture allemandes telles que gmp Gerkan, Marg and Partner, ou encore les curateurs de la Biennale de Venise. J'ai trouvé que cet architecte avait un profil très intéressant, car il a réalisé de nombreux projets à Venise, mais aussi en Allemagne et en France. Il est également l'auteur du livre « guide d'architecture : Venise », qui vise à étudier une multitude de projets, en construction neuve ou en réhabilitation, après 1950.

J'ai également eu plusieurs échanges avec Greta Tafuri, une architecte ayant fait ses études à l'école d'architecture de Venise (IUAV), diplômée en 2022 et travaillant aujourd'hui dans la région du Veneto. Celle-ci s'occupant davantage de la partie financière du cabinet, elle devait transmettre ma grille d'entretien à ses collègues spécialisés en conception, mais n'a pas eu de retour de leur part.

Je souhaitais par ailleurs réaliser des entretiens avec au moins une personne ne travaillant pas dans le domaine du BTP, mais qui dans une collectivité territoriale, sur une mission liée au réaménagement et à la préservation architecturale de la ville. Je n'ai malheureusement pas réussi à obtenir de réponses aux messages envoyés. Ces informations m'auraient été utiles, afin d'avoir un point de vue non technique, mais plutôt politique. Cela m'aurait permis d'avoir une vision de l'avenir de Venise, vu par le gouvernement local.

J'ai réalisé les études de cas et les entretiens en parallèle. Les entretiens m'ont permis d'enrichir le corpus d'études de cas que j'avais prévu au départ, et les études de cas m'ont permis d'approfondir certains éléments recueillis lors de mes entretiens.

2. Objectifs des études de cas

Les études de cas ont pour objectif de relever les techniques et méthodes employées pour préserver la ville de Venise et sa lagune. Elles permettent d'analyser de façon approfondie des stratégies mises en œuvre à différentes échelles, en tenant compte des contextes spatiaux, temporels et techniques propres à chaque intervention.

Elles visent donc à :

- Comprendre les approches adoptées en réponse aux problématiques locales : elles mettent en lumière des solutions innovantes ou traditionnelles qui sont appliquées dans des environnements urbains complexes.
- Evaluer l'impact et l'efficacité des interventions : à la fois en matière de gestion de l'eau, de préservation des habitants mais aussi en terme d'amélioration des conditions de vie des habitants.
- Croiser les informations recueillies lors des entretiens avec les réalités observées sur le terrain, ce qui renforce la pertinence et la solidité de l'analyse.
- Etudier la dualité patrimoine / modernité : elles identifient la manière dont les projets et/ou interventions contemporaines respectent les contraintes liées à la sauvegarde du patrimoine tout en intégrant des techniques contemporaines et des besoins actuels.

Les premières études de cas m'ont permis de poser l'hypothèse de départ, que j'ai ensuite pu conforter avec l'ensemble des études de cas, et des entretiens.

3. Objectifs des entretiens

Comme indiqué dans la méthodologie, les études de cas et les entretiens ont été réalisés en parallèle. Les entretiens m'ont permis d'enrichir le choix et l'analyse de mes études de cas. J'ai eu la chance de pouvoir échanger avec deux spécialistes reconnus de la préservation de Venise, Rodolfo Manzolli, ingénieur, et Clemens Kusch, architecte. Cela me semblait d'autant plus intéressant d'avoir deux points de vue correspondant à ma double formation ingénieur-architecte.

Ces échanges avaient pour objectifs de :

- Comprendre d'une manière plus approfondie le contexte architectural et structurel de la ville de Venise et de sa lagune : j'ai pris connaissance des enjeux d'une manière théorique lors de mes recherches personnelles, mais ces entretiens m'ont permis de cerner comment le contexte architectural et structurel est perçu par les professionnels du BTP.
- Faciliter l'analyse des solutions mises en œuvre à Venise pour gérer les impacts de l'eau sur le bâti : les entretiens m'ont permis de mieux cerner les techniques et matériaux utilisés, mais aussi de comprendre les enjeux de durabilité et les limites de ces solutions.
- Mettre en avant les tensions qui existent entre préservation du patrimoine historique et adaptation aux exigences contemporaines, comme l'introduction des techniques modernes et les évolutions architecturales tout en respectant le caractère unique de la ville.
- Relever les perspectives temporelles et stratégiques : il s'agit de recueillir des informations sur la manière dont les projets sont planifiés à différentes échelles (bâtiment individuel, infrastructure urbaine etc.) et avec des solutions temporaires, ou pérennes.

- Clarifier les motivations et finalités des interventions : les entretiens m'ont permis de structurer une distinction clé entre les projets répondant directement à une menace, et ceux qui cherchent à limiter les conséquences de cette menace.

Ces entretiens ont alimenté une réflexion sur les dimensions architecturales, techniques et stratégiques de la gestion des risques environnementaux dans un contexte urbain unique.

Ainsi, études de cas et entretiens permettent de développer une analyse fondée sur des retours d'expériences concrètes, tout en mettant en perspective des enjeux théoriques et pratiques liés à la préservation de Venise face aux défis posés par l'eau.

IV. Support d'analyse

1. Présentation des études de cas

J'ai choisi d'étudier neuf interventions architecturales à Venise. Le choix de cet échantillon me permet d'avoir une diversité de techniques et de stratégies d'intervention. Ces interventions concernent des infrastructures urbaines, des bâtiments historiques convertis en lieu culturel, ainsi que des interventions qui ont un impact sur l'ensemble de la lagune.

Les études de cas, présentées succinctement ci-dessous, sont détaillées en annexe (page 74).

Le corpus, présenté ici par ordre chronologique des interventions, est composé de :

- la Chiesa di San Giovanni e Paolo [Figure 14], deuxième plus grande église de Venise. Elle a subi plusieurs restaurations, qui visaient à consolider les structures, restaurer les œuvres d'art et réhabiliter les surfaces extérieures, afin qu'elles soient davantage étanches.



Figure 14 : Chiesa di San Giovanni e Paolo

- la Fondation Querini Stampalia (ou fondation Querini), ancien palais du XVI^{ème} siècle, aujourd'hui converti en bibliothèque et musée. Carlo Scarpa a restauré le bâtiment en 1961. Cette restauration intégrait une gestion de l'eau particulière, qui invite l'eau au rez-de-chaussée (à gauche sur la [Figure 15]), au lieu de repousser l'eau hors du bâtiment. Ainsi, une *acqua alta* n'est plus perçue comme une inondation, mais comme une partie intégrante de l'édifice.

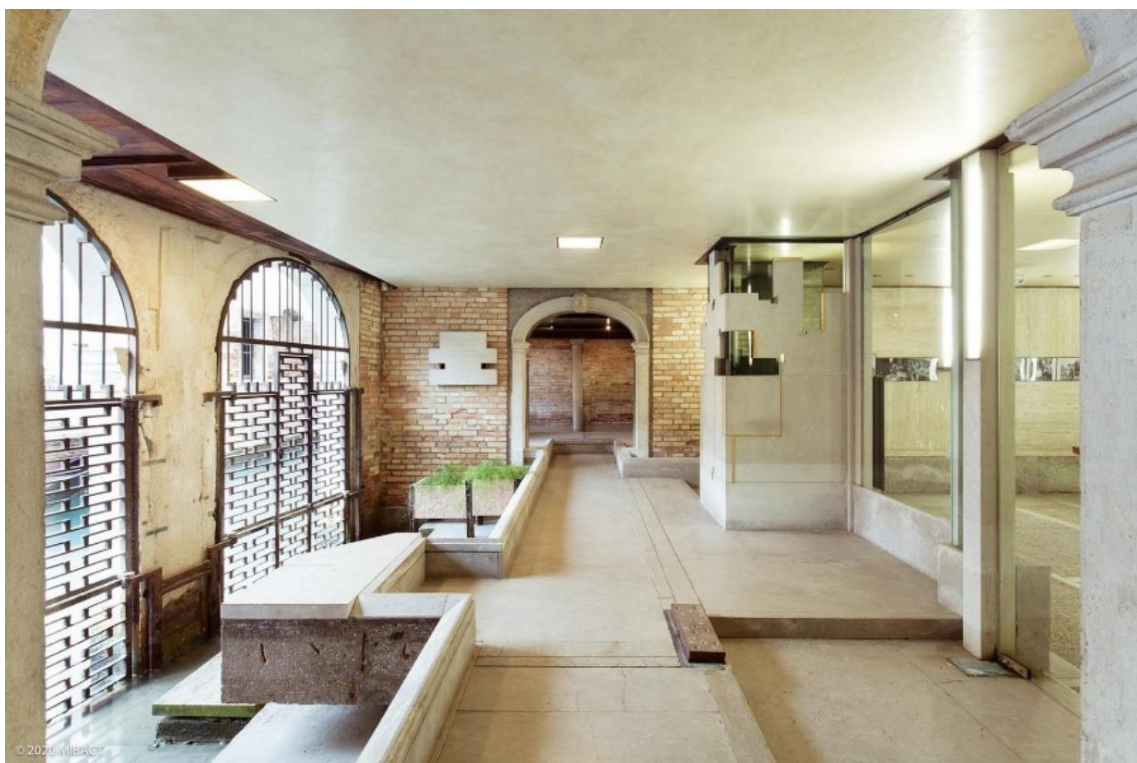


Figure 15 : Fondation Querini Stampalia

- Le rehaussement des quais, visant à protéger les zones urbaines vulnérables (situées près des canaux et des points touristiques notamment), en surélevant les quais, rues et places. Cette restauration comprend notamment le rehaussement des pavements, et l'amélioration des systèmes de drainage, et une surélévation du sol.

- Le Palazzo Grassi, palais néoclassique du XVIII^{ème} siècle. Il a été restauré en 2005 par l'architecte Tadao Ando. Cette restauration visait à transformer le palais en musée d'art contemporain [Figure 16]. Afin de protéger le palais et ses futures œuvres des marées hautes et de l'humidité, les surfaces extérieures ont été traitées avec des produits imperméabilisants et un système de drainage a été intégré pour gérer les eaux de pluie et limiter les infiltrations. Les interventions comme le Palazzo Grassi et la Fondation Querini illustrent des démarches plus culturelles et patrimoniales, cherchant à maintenir l'intégrité historique de la ville tout en adaptant les espaces à des fonctions contemporaines.



Figure 16 : Exposition chronorama au palazzo Grassi

- le Pio Loco delle Penitenti, ancien hospice destiné à la réinsertion des femmes marginalisées, aujourd'hui complexe pour personnes âgées. Sa restauration en 2009 combine l'utilisation de matériaux traditionnels et des techniques innovantes comme la création d'une vasque en béton armé pour protéger des infiltrations d'eau, pour la rénovation des bâtiments historiques [Figure 17]. Une extension a été ajoutée sur le site, afin d'agrandir le complexe [Figure 18].



Figure 17 : Cloître du complexe



Figure 18 : Extension ajoutée au complexe

- La Punta della Dogana, située à l'intersection entre la lagune et le grand canal [Figure 19]. Cet ancien bureau douanier a été reconverti en musée d'art contemporain (la fondation Pinault) en 2009 par Tadao Ando. Sa rénovation comprend un nouveau système de drainage, l'utilisation de matériaux imperméables, et le renforcement de sa structure.



Figure 19 : Photo aérienne

- la rénovation des *barene* [Figure 20], marécages de la lagune, qui sont submergés lors des marées hautes. Leur restauration initiée en 2013, concerne entre autres la réduction des impacts des inondations en absorbant une partie de l'eau des marées, et donc de réduire la hauteur d'eau de la lagune.



Figure 20 : Photo de barene

- la Scuola Grande della misericordia [Figure 21], ancien édifice religieux, aujourd'hui transformé en espace multifonctionnel, accueillant des expositions, des réunions etc. Sa rénovation en 2015 comprend le traitement de l'humidité ascendante grâce à des matériaux innovants, un système de drainage qui permet d'évacuer les infiltrations d'eau et la surélévation des rez-de-chaussée dont le but est de réduire l'exposition aux fluctuations des marées.



Figure 21 : Photo de la Scuola grande della Misericordia

- Le système MOSE, barrage amovible [Figure 22] situé aux trois entrées de la lagune et la séparant de la mer Adriatique. Ce barrage amovible permet de conserver l'échange des eaux lagunaires et de la mer, afin de préserver la biodiversité de la lagune. Il est mis en action (c'est-à-dire que les parois du barrage se lèvent) lorsqu'une marée haute est annoncée. Cela réduit la hauteur d'eau de la lagune, et donc des *acque alte*. Ainsi, dans le but de préserver l'architecture vénitienne, des systèmes ayant des impacts sur l'environnement naturel sont mis en place, comme celui-ci.



Figure 22 : MOSE en activité

Chaque étude de cas met en évidence des logiques spécifiques, influencées par les contraintes environnementales, patrimoniales et fonctionnelles propres à la ville. L'analyse documentaire de ces interventions, que j'ai pu réaliser est complétée avec les entretiens.

2. Analyse des entretiens

Cette analyse vise à retranscrire (et à traduire) les différents points abordés lors des échanges avec Rodolfo Manzolli et Clemens Kusch.

Afin d'être la plus exacte possible dans l'interprétation et dans la traduction des propos de Rodolfo, j'ai choisi d'enregistrer la conversation (avec son accord bien entendu), puis de la retranscrire. Celle-ci étant en italien, cela m'a aussi permis de comprendre certaines phrases dont je n'avais pas bien compris le sens à la première écoute.

a) L'impact unique de l'eau sur le bâti vénitien : entre menaces et opportunités

Dans un premier temps, les deux vénitiens ont d'abord contextualisé, d'un point de vue géographique et géologique, Venise et sa lagune.

En effet, l'eau est omniprésente à Venise, elle constitue un défi architectural central.

« L'acqua è un elemento che non possiamo eliminare a Venezia. Quello che possiamo fare è controllare come entra e come impatta il nostro patrimonio »

En français : « L'eau est un élément que nous ne pouvons pas éliminer à Venise. Ce que nous pouvons faire, c'est contrôler comment elle entre [dans la lagune] et impacte notre patrimoine », Clemens Kusch

Ce constat illustre une approche particulière de la préservation à Venise : l'eau est présente, il faut donc l'intégrer comme une donnée inévitable, plutôt que de chercher à la repousser. Ainsi, cette perspective inspire des solutions où l'eau est domptée sans être perçue comme une ennemie absolue.

A titre d'exemple, l'architecte évoque les interventions architecturales de Carlo Scarpa, qui intègre volontairement des interactions entre l'eau et l'architecture (voir étude de cas *fondation Querini*).

« *Scarpa lascia che l'acqua entri in parti del suo edificio, ma sempre in un modo calcolato e rispettoso* » - Scarpa laisse l'eau pénétrer dans certaines parties de ses bâtiments [Figure 23], mais toujours de manière calculée et respectueuses –

Ici, l'approche est presque symbiotique, l'architecture dialogue avec l'environnement aquatique.

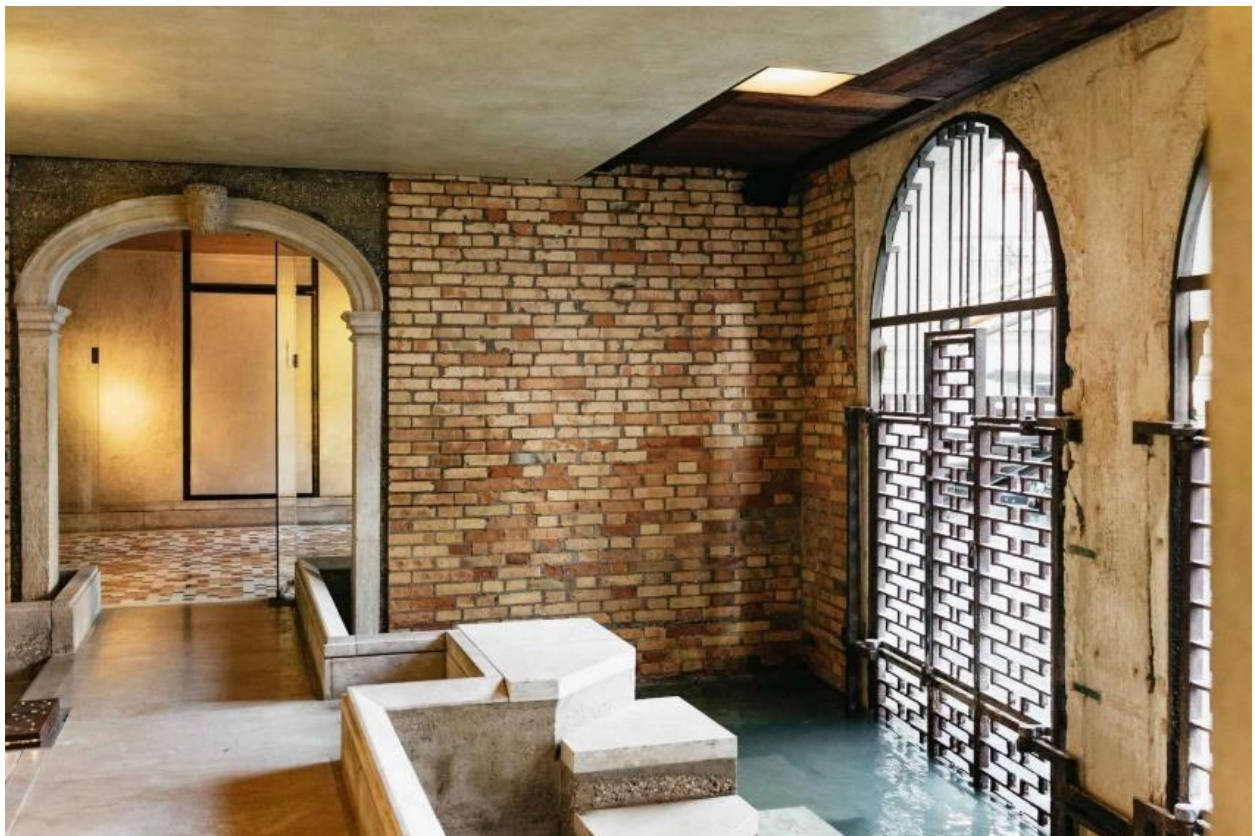


Figure 23 : Rez-de-chaussée de la fondation Querini lors d'une acqua alta

b) Les fondations et le défi de l'humidité ascensionnelle

L'un des problèmes techniques récurrents dans la préservation du patrimoine architectural vénitien est l'humidité ascendante.

L'ingénieur Rodolfo Manzolli explique que les bâtiments historiques sont construits sur des pieux en bois enfoncés dans des sols marécageux [Figure 24], une technique remarquable, mais vulnérable à l'usure du temps

« *Le fondamente di Venezia sono uniche : palafitte di legno che si conservano solo se immerse nell'acqua. Quando l'acqua scende o cambia qualità, i problemi iniziano* » - Les fondations de Venise sont uniques : des pilotis en bois qui ne se conservent que lorsqu'ils sont immergés. Quand l'eau descend ou change de qualité, les problèmes commencent. –



Figure 24 : Pieux en bois émergés lors de travaux

Pour lutter contre ces effets, plusieurs techniques modernes sont employées, comme l'utilisation de barrières chimiques pour stopper l'humidité :

« *Vengono iniettati materiali sintetici per creare una barriera contro l'umidità. Tuttavia, non è sempre una soluzione definitiva* » . – Des matériaux synthétiques sont injectés pour créer une barrière contre l'humidité. Cependant, ce n'est pas toujours une solution pérenne. –

Manzolli souligne également l'importance des interventions discrètes pour ne pas altérer l'apparence extérieure des bâtiments. Cette contrainte est importante, car il ne faut pas oublier que le site est inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO.

c) *La rénovation des rez-de-chaussée : des espaces inondables à repenser*

Les rez-de-chaussée sont souvent les premières victimes d'*acqua alta*. Ils nécessitent donc une approche spécifique. Selon Manzolli, la tendance actuelle consiste à transformer ces espaces en zones inondables :

« *Molti piani terra non sono più abitati ma vengono adattati per resistere all'acqua, con materiali resistenti e facili da pulire* » - Beaucoup de rez-de-chaussée ne sont plus habités mais sont adaptés pour résister à l'eau, avec des matériaux résistants et faciles à nettoyer-

Ces transformations impliquent parfois l'usage de béton armé, de résines imperméabilisantes et parfois même de systèmes de drainage internes. Il y a aussi une autre tendance qui se développe :

« *In alcuni casi, si cerca di mantenere l'uso originario del piano terra, ma con un intervento che permette all'acqua di entrare e uscire senza danni permanenti* » - Dans certains cas, on cherche à maintenir l'usage d'origine du rez-de-chaussée, mais avec une intervention permettant à l'eau d'entrer et de sortir sans causer de dégâts permanents-

C'est le cas par exemple de la librairie « *l'acqua alta* », devenue un site touristique incontournable à Venise. Les livres, souvent des livres de seconde main, sont tous disposés en hauteur, ce qui permet à l'eau d'entrer et de sortir sans causer de dégâts matériels. Ci-contre, la librairie lors d'une *acqua alta* [Figure 25].

Ces solutions sont comparables à celle employée par Carlo Scarpa, qui ne cherche pas à repousser l'eau. Ici, il s'agit aussi de faire avec l'eau, et non contre l'eau.



Figure 25 : Intérieur de la librairie lors d'une *acqua alta*

d) *L'innovation dans les matériaux et les techniques de rénovation*

Les avancées technologiques offrent de nouvelles possibilités pour restaurer et préserver les structures historiques. Rodolfo Manzolli a évoqué l'utilisation de matériaux modernes compatibles avec les structures anciennes :

« *Abbiamo usato malte speciali che permettono al muro di respirare, ma che resistono all'acqua salmastra* » - Nous avons utilisé des mortiers spéciaux, qui permettent aux murs de respirer, mais qui résistent à l'eau saumâtre (mélange d'eau douce et d'eau salée)-

Un des exemples qu'il donne est la bentonite sodique

« *Servono anche dei prodotti che si chiamano idroespansivi, che sono di solito a base di bentonite sodica, che a contatto con l'acqua si gonfiano e quindi vanno a bloccare tutte le infiltrazioni di acqua* » - Nous avons besoin de produits appelés hydro-expansifs, qui sont généralement à base de bentonite sodique. Au contact de l'eau, ils gonflent et bloquent toutes les infiltrations d'eau. -

Cette innovation montre comment les technologies nouvelles permettent de renforcer les bâtiments tout en respectant leur authenticité.

Clemens Kusch, quant à lui, met en avant les méthodes de restauration minimalistes :

« *Restaurare non significa sempre ricostruire. Spesso significa capire il problema e intervenire solo dove necessario* » - Restaurer ne signifie pas toujours reconstruire. Cela signifie souvent comprendre le problème et intervenir seulement là où c'est nécessaire.

—

C'est le principe de restauration vénitien appelé *suci-cuci*, technique traditionnelle qui vise à justement intervenir uniquement sur les matériaux abimés, qui sont retirées et remplacées par des matériaux similaires, sans toucher aux parties en bon état.

Les entretiens révèlent que la préservation du patrimoine architectural vénitien repose sur un équilibre délicat entre tradition et innovation. Les méthodes modernes, bien qu'efficaces, doivent respecter les caractéristiques uniques des bâtiments historiques et s'adapter aux défis environnementaux spécifiques de Venise. Les propos recueillis auprès de Rodolfo Manzolli et Clemens Kusch offrent ainsi une vision nuancée et précieuse pour comprendre les enjeux contemporains de la préservation du patrimoine à Venise et de sa lagune.

V. Les résultats

Pour mieux comprendre la diversité des réponses apportées aux défis posés par la montée des eaux, j'ai identifié plusieurs grands axes mis en œuvre ou explorés pour protéger le patrimoine vénitien, entre tradition et modernité. Cette partie vise à synthétiser les résultats obtenus en proposant une lecture structurée des interventions à travers trois catégories principales : échelle, longévité et causalité. Ces catégories ont pour objectif de dévoiler les logiques sous-jacentes aux stratégies de préservation du patrimoine architectural vénitien. Je vais donc commencer par expliquer comment j'ai trouvé ces catégories.

1. Elaboration des catégories

a) *Diversité des approches*

Lors de mes premières recherches sur la manière de répondre aux problèmes de préservation du patrimoine architectural, j'ai tout de suite remarqué une grande hétérogénéité dans les approches adoptées.

Que ce soit lors de mes entretiens avec les acteurs locaux, ou lors de mes cours à l'école d'architecture de Venise, j'ai remarqué qu'il y avait des visions très différentes des priorités, certaines focalisées sur des réponses à court terme, qui sont plus économiques et plus rapides à mettre en place, et d'autres sur des stratégies à plus long terme, mais qui demandent plus de temps (plusieurs décennies avec le MOSE par exemple).

Les études de cas ont quant à elles permis d'illustrer cette diversité d'une manière plus concrète. Elles ont montré que les interventions varient selon leur échelle géographique, leur temporalité et leurs objectifs stratégiques (prévenir ou réparer, s'adapter aux problèmes ou éviter les problèmes).

Ces données ont donc permis de dégager trois questions fondamentales qui caractérisent les interventions : où intervient-on ? Pour quelles raisons doit-on intervenir ? Faut-il privilégier le court terme ou le long terme ?

b) Les trois catégories retenues

Je propose ainsi les trois questions structurantes suivantes, afin de mieux comprendre et analyser les différentes interventions architecturales :

- A quelle échelle intervient le projet ?
- Le projet traite-il une cause ou une conséquence ?
- Est-ce un projet de long terme, moyen terme ou de court terme ?

Ainsi, cette catégorisation constitue un cadre d'analyse permettant de dépasser une lecture simplement descriptive des interventions. Elle permet de les comparer et de révéler des dynamiques communes ou divergentes, et répondent aux questions précédentes.

Pour la suite, je vais donc parler d'**échelle**, de **causalité**, et de **temporalité**.

2. Elaboration de la grille d'analyse des interventions

L'objectif de l'élaboration de la grille d'analyse, est de croiser les différentes interventions, avec les trois catégories fondamentales établies précédemment. Pour ce faire, j'ai choisi d'utiliser un tableau à double entrée. En abscisse, on a donc l'échelle d'intervention (lagune, urbain, et bâtiment), la causalité (traitement des causes ou des conséquences), et la temporalité (court terme qui correspond à des projets ou interventions de transitions, moyen terme qui correspond à des projets temporaires ou adaptatifs et long terme avec des projets pérennes). Les interventions architecturales figurent en ordonné.

Interventions	ECHELLE			CAUSALITE		TEMPORALITE		
	Lagune	Urbaine	Bâtiment	Cause	Conséquence	Transition	Temporaires, adaptatives	Pérennes
MOSE								
Pio Loco delle Penitenti								
Chiesa di San Giovanni e Paolo								
Palazzo Grassi								
Scuola Grande della Misericordia								
Barene								
Punta della Dogana								
Réhaussement des quais								
Fondation Querini								

Je propose de vérifier la pertinence de ma grille, en regardant successivement les échelles, les causalités puis les temporalités. Lorsqu'une intervention correspond à une des sous-colonnes, la case sera verte.

a) *Echelle des Interventions*

Les choix de préservation varient considérablement en fonction de l'échelle, avec des objectifs différents et des techniques adaptées à chaque niveau d'intervention :

Échelle lagunaire : Le MOSE (Modulo Sperimentale Elettromeccanico) incarne une approche majeure à cette échelle. En bloquant l'accès des marées hautes à la lagune, il protège l'ensemble des îles contre les inondations extrêmes. Comme le souligne Rodolfo Manzolli : « *Le MOSE est une solution à l'échelle de la lagune, mais il ne peut protéger contre l'humidité quotidienne qui imprègne les murs des bâtiments. Pour cela, nous devons intervenir directement sur le bâti.* » Ces propos (traduits de l'italien) soulignent l'efficacité du MOSE pour les *acque alte* majeures, mais aussi ses limites dans la gestion des infiltrations d'eau quotidienne au niveau du sol urbain (humidité permanente à Venise).

La rénovation de *barene* complète cette approche lagunaire, en stabilisant les écosystèmes naturels, essentiels pour limiter l'érosion et protéger les berges. Ce projet met en évidence l'importance des solutions écologiques dans une stratégie globale de préservation.

Interventions	ECHELLE			CAUSALITE		LONGEVITE		
	Lagune	Urbaine	Bâtiment	Cause	Conséquence	Transition	Temporaires, adaptatives	Pérennes
MOSE								
Pio Loco delle Penitenti								
Chiesa di San Giovanni e Paolo								
Palazzo Grassi								
Scuola Grande della Misericordia								
Barene								
Punta della Dogana								
Réhaussement des quais								
Fondation Querini								

Ainsi, la première sous-colonne du tableau a été complétée, avec le MOSE et la rénovation des *barene*, qui sont des interventions à l'échelle lagunaire.

Échelle urbaine : Au niveau du tissu urbain, des travaux ciblés comme le rehaussement des quais, et l'installation de matériaux résistants dans les zones les plus vulnérables sont réalisés. L'architecte Clemens Kusch explique : « *Nous élevons les zones inondables pour ralentir l'érosion des bâtiments. Cela aide à protéger l'ensemble, mais cela n'empêche pas la montée de l'eau, qui exige des efforts continus et coûteux.* » Ce témoignage montre que ces solutions urbaines sont surtout défensives, cherchant à retarder les effets de l'eau sans pouvoir offrir une protection totale et durable.

De plus, La Scuola Grande della Misericordia intègre des solutions qui s'inscrivent dans une logique urbaine. En effet, elles visent à préserver le bâtiment, mais aussi à garantir son accessibilité et son intégration dans le quartier. Ce bâtiment, transformé en espace public multifonctionnel, nécessite une gestion de l'eau compatible avec des flux constants de visiteurs, soulignant une approche plus large de préservation.

La Punta della Dogana, en raison de son emplacement stratégique à la jonction du Grand Canal et de la lagune, joue un rôle structurant dans l'organisation urbaine. Ainsi, elle est devenu un point de gestion hydraulique crucial à l'échelle urbaine. La conception répond également à des enjeux liées aux *acque alte*, tout en assurant la pérennité d'un lieu public de grande envergure. Selon Clemens Kusch, « A Venise, nous devons protéger chaque partie de la ville avec des interventions ciblées. L'élévation ou la gestion des accès principaux aide non seulement les bâtiments, mais aussi la communauté environnante. » Ceci illustre une intervention, où la gestion des accès et l'adaptation du niveau du sol contribuent à protéger le bâtiment tout en tenant compte des flux touristiques et urbains environnants, comme la Punta della Dogana.

Je complète donc le tableau:

Interventions	ECHELLE			CAUSALITE		LONGEVITE		
	Lagune	Urbaine	Bâtiment	Cause	Conséquence	Transition	Temporaires, adaptatives	Pérennes
MOSE								
Pio Loco delle Penitenti								
Chiesa di San Giovanni e Paolo								
Palazzo Grassi								
Scuola Grande della Misericordia								
Barene								
Punta della Dogana								
Réhaussement des quais								
Fondation Querini								

Échelle du bâti : A l'échelle du bâti, plusieurs types d'interventions sont possibles. Il y a d'abord des interventions effectuées sur les fondations et la structure du bâtiment, afin d'éviter que celui-ci ne s'écroule : « Sur chaque bâtiment, nous devons traiter les fondations et sceller les murs. Ce n'est pas visible, mais essentiel pour freiner l'usure provoquée par l'humidité » témoigne Clemens Kusch. Ceci est valable pour la Chiesa Di San Giovanni e Paolo, dont les fondations ont été renforcées, et les dégâts causés par l'humidité ascendante réparés.

Un autre point important, est la résilience des matériaux dans le bâti. D'après Rodolfo Manzolli, « Nous utilisons des matériaux capables de résister à la salinité et aux infiltrations d'eau. Si un bâtiment n'est pas traité avec des matériaux appropriés, sa durée de vie est beaucoup plus courte ». Cette réflexion est pertinente dans le cas de la restauration du Palazzo Grassi et la punta della Dogana, où des matériaux résistants à l'humidité et à la salinité sont utilisés pour prolonger la durée de vie de la structure face aux défis environnementaux.

En ce qui concerne l'intégration des techniques modernes dans les bâtiments historiques, Clemens Kusch assure que « chaque intervention doit être invisible, mais elle doit améliorer la qualité de vie dans ces bâtiments. Nous ne pouvons pas sacrifier la fonctionnalité pour l'esthétique ». Cette approche se reflète dans des projets comme la Scuola Grande della Misericordia, ou le complexe Pio Loco delle Penitenti par exemple, où des solutions modernes de gestion de l'eau, de drainage et de renforcement structurel sont invisibles mais essentielles pour garantir la pérennité de ces bâtiments tout en respectant leur patrimoine historique. Pour la fondation Querini, selon moi Carlo Scarpa a justement réussi à concilier esthétique et fonctionnalité, et en rendant visible la manière dont l'eau est accueillie par le bâtiment.

Je remarque donc qu'une intervention peut être à la fois à l'échelle urbaine, et à l'échelle du bâti. En effet, des actions comme la restauration de la *Scuola Grande della Misericordia* montrent comment une intervention ciblée sur le bâti peut aussi avoir un impact sur le tissu urbain tout entier.

Interventions	ECHELLE			CAUSALITE		LONGEVITE		
	Lagune	Urbaine	Bâtiment	Cause	Conséquence	Transition	Temporaires, adaptatives	Pérennes
MOSE								
Pio Loco delle Penitenti								
Chiesa di San Giovanni e Paolo								
Palazzo Grassi								
Scuola Grande della Misericordia								
Barene								
Punta della Dogana								
Réhaussement des quais								
Fondation Querini								

b) Causalité : interventions curatives vs palliatives

Les choix de préservation se différencient selon qu'ils visent les causes des problèmes ou qu'ils en traitent les conséquences. L'analyse des études de cas et des entretiens montre comment ces deux types d'interventions se manifestent dans différents contextes.

Traitement des causes : Les grandes interventions comme le MOSE ciblent la cause principale des inondations, en empêchant l'entrée d'eau dans la lagune. Cependant, cette approche reste partielle et ne traite pas l'affaissement du sol ni les phénomènes d'humidité. L'ingénieur Rodolfo Manzolli précise : « *Le MOSE bloque les marées, mais la ville continue de s'affaisser. Cela signifie que des travaux d'adaptation seront toujours nécessaires.* »

De plus, la rénovation des *barene* est aussi une intervention qui traite la cause, c'est-à-dire l'augmentation des hauteurs des marées. En effet, d'après l'analyse de l'étude de cas, les *barene* jouent un rôle de régulateur des marées, ce qui permet de réduire les variations des marées.

Interventions	ECHELLE			CAUSALITE		LONGEVITE		
	Lagune	Urbaine	Bâtiment	Cause	Conséquence	Transition	Temporaires, adaptatives	Pérennes
MOSE								
Pio Loco delle Penitenti								
Chiesa di San Giovanni e Paolo								
Palazzo Grassi								
Scuola Grande della Misericordia								
Barene								
Punta della Dogana								
Réhaussement des quais								
Fondation Querini								

Gestion des conséquences : De nombreuses solutions s'avèrent davantage palliatives, répondant aux effets des inondations plutôt qu'à leurs causes. L'élévation des zones inondables - comme le rehaussement des quais, et à l'échelle du bâti, la Scuola Grande della Misericordia - ou encore le confinement des rez-de-chaussée [Figure 26] montrent cette tendance à gérer les conséquences immédiates de la montée des eaux. « *Nous faisons tout pour protéger le patrimoine des effets de l'eau, même si cela implique parfois des solutions temporaires ou adaptatives,* » déclare Clemens Kusch. Cela démontre un effort constant pour limiter les impacts de l'eau sans aborder les causes profondes.



Figure 26 : Photo d'un ancien accès à une maison depuis un canal

C'est le cas aussi du Palazzo Grassi, qui, en protégeant les façades avec des matériaux hydrofuges cherche à repousser l'eau lorsque celle-ci augmente trop. De même que le complexe Pio Loco delle Penitenti, qui à l'aide de son vasque en béton armée [Figure 27], cherche à lui aussi repousser l'eau susceptible d'envahir les rez-de-chaussée. "Nous devons nous assurer que l'eau ne pénètre pas dans les rez-de-chaussée, en créant des barrières temporaires qui nous permettent de protéger les biens sans nuire à la fonctionnalité du bâtiment", cet extrait de l'entretien avec Rodolfo Manzolli illustre bien cette solution.

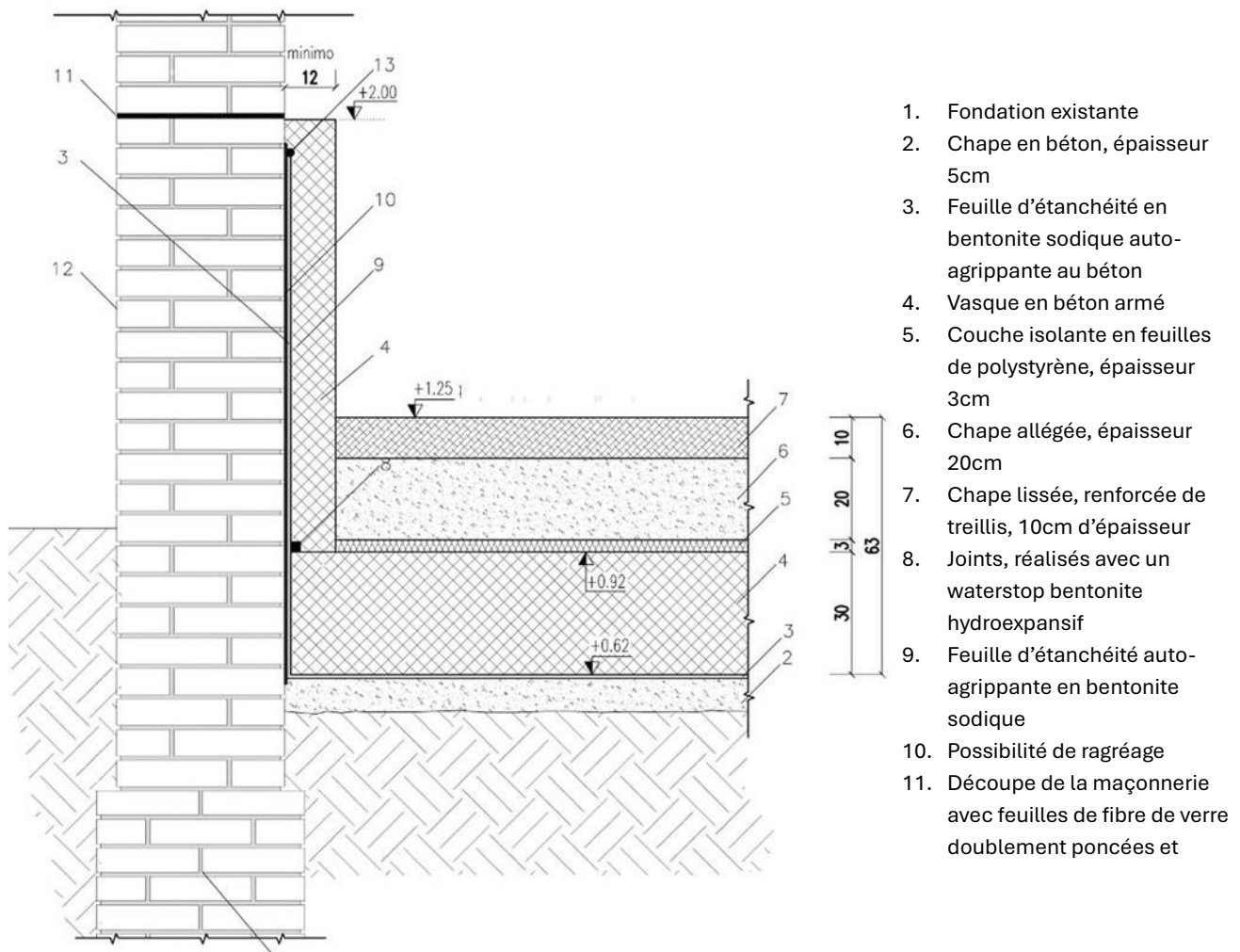


Figure 27 : Détail d'un angle de vasque en béton armé

Pour la Chiesa San Giovanni e Paolo en revanche, il s'agit plutôt de restaurer les œuvres, abimées par l'humidité constante.

Pour la fondation Querini, la gestion des conséquences, c'est-à-dire la montée des eaux, devient un atout, un élément majeur du projet.

Interventions	ECHELLE			CAUSALITE		LONGEVITE		
	Lagune	Urbaine	Bâtiment	Cause	Conséquence	Transition	Temporaires, adaptatives	Pérennes
MOSE								
Pio Loco delle Penitenti								
Chiesa di San Giovanni e Paolo								
Palazzo Grassi								
Scuola Grande della Misericordia								
Barene								
Punta della Dogana								
Réhaussement des quais								
Fondation Querini								

c) *Temporalité des solutions*

Les interventions varient également en termes de temporalité. Certaines visant des solutions durables et d'autres adoptant une approche plus temporaire, qui est plus facile à mettre en œuvre. L'analyse des études de cas montre que ces stratégies sont choisies en fonction de l'urgence des besoins, des ressources disponibles et des capacités d'adaptation aux défis environnementaux croissants.

Interventions de transition : D'autres stratégies sont de nature transitoire, comme le confinement des rez-de-chaussée pour limiter les effets de l'eau sans nécessairement la bloquer. L'architecte explique : « *Condamner certains rez-de-chaussée est une solution d'urgence. Nous ne résolvons pas le problème de l'eau, mais cela évite des dégâts plus graves.* »

Ces interventions transitoires montrent la difficulté à mettre en place des solutions de conservation définitives et soulignent la nécessité d'adaptations constantes face à l'évolution des conditions environnementales.

La fondation Querini représente elle aussi une réponse transitoire, la protection contre l'infiltration d'eau est temporairement assurée par des aménagements comme les bassins d'accueil des eaux au rez-de-chaussée.

Le rehaussement des quais peut être considéré comme une solution transitoire parce qu'il permet de répondre aux effets immédiats des inondations causées par les marées hautes. En revanche, il ne résout pas les causes sous-jacentes comme l'affaissement du sol ou l'élévation permanente du niveau de la mer.

Cette solution améliore la protection des espaces urbains vulnérables, mais reste limitée par la nécessité d'ajustements constants pour faire face aux variations des niveaux de l'eau.

Cela illustre le propos de Clemens Kusch : « Nous devons pouvoir adapter les protections aux fluctuations des marées, certaines solutions, bien qu'éphémères, nous permettent de réagir rapidement ». Cette citation souligne que, bien que le rehaussement des quais soit utile pour protéger temporairement les bâtiments et les zones sensibles, il nécessite une gestion constante, adaptée aux changements réguliers des niveaux d'eau.

Interventions	ECHELLE			CAUSALITE		TEMPORALITE		
	Lagune	Urbaine	Bâtiment	Cause	Conséquence	Transition	Temporaires, adaptatives	Pérennes
MOSE								
Pio Loco delle Penitenti								
Chiesa di San Giovanni e Paolo								
Palazzo Grassi								
Scuola Grande della Misericordia								
Barene								
Punta della Dogana								
Réhaussement des quais								
Fondation Querini								

Solutions temporaires et adaptatives : Certaines interventions, comme les barrières amovibles dans les zones sensibles, comme au Pio Loco Delle Penitenti, sont conçues pour être déployées en fonction des besoins saisonniers. Clemens Kusch souligne: « *Nous devons pouvoir adapter les protections aux fluctuations des marées. Certaines solutions, bien qu'éphémères, nous permettent de réagir rapidement.* » Cette approche s'inscrit dans une gestion réactive et adaptative, qui protège de manière ciblée et périodique sans impact permanent sur la ville.

A la Scuola Grande della Misericordia, l'adaptation de l'espace aux marées hautes a été réalisée à travers des systèmes modernes de drainage et d'imperméabilisation. Ces solutions sont visibles et accessibles, mais leur efficacité dépend de leur entretien continu pour éviter l'usure des matériaux.

Interventions	ECHELLE			CAUSALITE		TEMPORALITE		
	Lagune	Urbaine	Bâtiment	Cause	Conséquence	Transition	Temporaires, adaptatives	Pérennes
MOSE								
Pio Loco delle Penitenti								
Chiesa di San Giovanni e Paolo								
Palazzo Grassi								
Scuola Grande della Misericordia								
Barene								
Punta della Dogana								
Réhaussement des quais								
Fondation Querini								

Solutions pérennes : Certaines solutions comme le MOSE, bien qu'onéreuses, sont conçues pour durer. « *Le MOSE est un investissement colossal, mais il est indispensable pour préserver Venise des grandes marées au cours des prochaines décennies,* » explique l'ingénieur restaurateur. De même que la rénovation des *barene*, qui est censée perdurer.

De même, l'utilisation de matériaux de renforcement dans le bâti, comme le béton armé et les barrières d'étanchéité, vise une résistance accrue face aux conditions humides. « *Ces matériaux nous permettent de prolonger la vie des bâtiments, même s'ils nécessitent une maintenance régulière,* » ajoute l'architecte germano-italien. Ces matériaux ont été utilisés dans des projets comme la Punta della Dogana la Chiesa San Giovanni e Paolo, et le Palazzo Grassi, où l'humidité et la salinité sont des défis permanents.

Interventions	ECHELLE			CAUSALITE		TEMPORALITE		
	Lagune	Urbaine	Bâtiment	Cause	Conséquence	Transition	Temporaires, adaptatives	Pérennes
MOSE								
Pio Loco delle Penitenti								
Chiesa di San Giovanni e Paolo								
Palazzo Grassi								
Scuola Grande della Misericordia								
Barene								
Punta della Dogana								
Réhaussement des quais								
Fondation Querini								

En somme, ces résultats montrent que la préservation du patrimoine vénitien repose sur une combinaison de solutions complémentaires et adaptées aux trois axes d'intervention : échelle, causalité et temporalité. Bien que chaque intervention ait des caractéristiques spécifiques, l'ensemble reste encore essentiellement réactif face à un phénomène de montée des eaux qui ne cesse de s'intensifier.

VI. Conclusion

La préservation de Venise face à la montée des eaux représente un défi d'une grande complexité. Ce mémoire de recherche a exploré comment une grille d'analyse structurée peut catégoriser les stratégies architecturales et urbaines mises en œuvre, en les classant selon trois axes fondamentaux : l'échelle, la causalité et la temporalité.

La réalisation de ce mémoire a été marquée par quelques difficultés pratiques et méthodologiques. J'ai d'abord eu du mal à réaliser un état de l'art à proprement parler. Je n'ai pas réussi à trouver des travaux de recherche sur mon sujet, mais j'ai collecté énormément de données de contexte. Le choix et la sélection des informations pertinentes pour construire une analyse cohérente ont donc été compliqués. Cela est peut-être dû à la langue, car les documents sur Venise sont principalement en italien, que je ne maîtrise pas parfaitement. D'autre part, je souhaitais réaliser des entretiens approfondis, avec des acteurs institutionnels non liés au secteur du BTP ni de l'architecture, mais je n'ai pas réussi à obtenir de réponses.

L'analyse menée dans ce mémoire révèle des tendances qui me semblent intéressantes, même si elles sont bien sûr influencées par le choix des études de cas. Je me suis efforcée de sélectionner des études de cas représentatives des interventions architecturales et urbaines réalisées dans la lagune vénitienne. La grille d'analyse montre que celles-ci sont davantage palliatives et ont tendance à limiter les conséquences immédiates des inondations. Le MOSE quant à lui a été réalisé dans une perspective de traitement de la cause. Par son échelle et par son ampleur, le MOSE a un impact non seulement sur la lagune, mais aussi sur chaque bâtiment, qui sera donc moins affecté par les *acque alte*. Cet exemple illustre parfaitement la nécessité d'avoir une diversité de projets, à une diversité d'échelle, qu'ils soient curatifs ou palliatifs, et à diverses temporalités.

Pour aller plus loin, on peut se demander s'il existe des interventions qui correspondent à une combinaison qui n'apparaît pas dans la grille d'analyse. Par exemple une intervention à échelle urbaine, qui traite la cause, et qui est pérenne. Et si elles n'existent pas, est-il possible d'en inventer ? Cela peut-être une piste de départ pour l'innovation de méthodes de préservation architecturales à Venise. Bien que mon mémoire soit axé sur la lagune vénitienne, les questions posées pour l'analyse des interventions et projets sont valables pour beaucoup d'autres villes ou métropoles, car ces interventions doivent souvent en même temps s'attacher à préserver le patrimoine, tout en relevant des défis environnementaux, économiques, mais aussi sociaux.

Figures

Figure 1 : Basilique Saint Marc lors d'une acqua alta, source : photo personnelle	1
Figure 2: Carte de situation de la lagune vénitienne et de ses îles, source : Vent et Marée	16
Figure 3 : Photo de barene, source : lazzaretti veneziani	17
Figure 4 : Photo de l'Acqua alta de novembre 2019 place Saint Marc, source : il fatto Qotidiano.....	19
Figure 5 : photo d'une rue perpendiculaire à un canal, source : photo personnelle.....	20
Figure 6 : photo d'acqua alta place Saint Marc, source : photo personnelle.....	21
Figure 7 : Tableau de pourcentage de surfaces inondées en fonction des hauteurs des marées, source : wikipédia acqua alta.....	22
Figure 8 : Carte des surfaces inondées en fonction des marées, début du 20 ^{ème} siècle, source : EFDRR, Resilient Venice.....	22
Figure 9 : Carte des surfaces inondées en fonction des hauteurs des marées, 2020, source : EFDRR, Resilient Venice	22
Figure 10 : Intérieur de la basilique Saint Marc lors d'une acqua alta, source : archidaily.brasil	23
Figure 11: Ancien accès à une maison, source : photo personnelle	24
Figure 12 : Schéma constructif traditionnel, source : formaterre, Venise : l'écologie de luxe	25
Figure 13 : Fondation d'un pont visible grâce à l'assèchement d'un canal, source : agenda tecnica	26
Figure 14 : Chiesa di San Giovanni e Paolo, source : Didier Descouens	35
Figure 15 : Fondation Querini Stampalia, source : MIBACT.....	36
Figure 16 : Exposition chronorama au palazzo Grassi, source : photo personnelle.....	37
Figure 17 : Cloître du complexe, source : Fassa Bortolo	38
Figure 18 : Extension ajoutée au complexe, source : Fassa Bortolo	38
Figure 19 : Photo aérienne, source : Site officiel de la fondation Pinault	39
Figure 20 : Photo de barene, source : il gazzettino	40
Figure 21 : Photo de la Scuola grande della Misericordia, source : Alessandra Chemollo.....	41
Figure 22 : MOSE en activité, source : site officiel du MOSE	42
Figure 23 : Rez-de-chaussée de la fondation Querini lors d'une acqua alta, source : My Guide Venice	44
Figure 24 : Pieux en bois émergé lors de travaux, source : agenda tecnica.....	45
Figure 25 : Intérieur de la librairie lors d'une acqua alta, source : page facebook de la librairie	46
Figure 26 : Photo d'un ancien accès à une maison depuis un canal, source : photo personnelle	57
Figure 27 : Détail d'un angle de vasque en béton armé, source : imprese dili news	58
Figure 28: localisation des barrières du MOSE, source : site officiel du MOSE	73
Figure 29 : schéma de la barrière amovible (lagune à droite et mer à gauche), source : site officiel du MOSE	74
Figure 30 : section type des éléments constructifs, source : site officiel du MOSE	74
Figure 31 : Distribution annuelle des marées supérieures à 110cm enregistrées à Venise (bleu marine) et en mer (bleu ciel), source : site officiel de la ville de Venise	75
Figure 32 : Localisation du Pio Loco delli Penitenti, source : site de l'European Space Agency (esa)	77
Figure 33 : rénovation d'une façade à l'aide de techniques traditionnelles, source : Fassa Bortolo.....	78
Figure 34: rénovation du sol à l'aide de techniques traditionnelles, source : Fassa Bortolo	78
Figure 35 : Réalisation de la vasque de confinement d'eau, source : Fassa Bortolo	79
Figure 36 : Consolidation du sol, source : Fassa Bortolo	79
Figure 37 : Escaliers et pente extérieurs en béton armé, source : impreseedili	80
Figure 38 : Photo de l'église San Giovanni e Paolo, source : wikipédia	82
Figure 39: Localisation de l'église San Giovanni e Paolo, source : site de l'esa.....	82
Figure 40 : Tombe du doge Pietro Mocenigo, réalisé par Pietro Lombardo, source : site de l'église San Giovanni e Paolo	83
Figure 41 : Icône Madonna della Pace, auteur inconnu, source : site de l'église San Giovanni e Paolo.....	83
Figure 42 : Tableau de Canaletto, début 18 ^{ème} siècle, source : wikipédia	84
Figure 43 : Photo de la façade, source : arte.it	84
Figure 44 : Localisation du Palazzo Grassi, source : site de l'esa	86

Figure 45 : Photo de la façade donnant sur le canal, source : wikipédia.....	87
Figure 46 : Photo d'une salle d'exposition "white box", source : dezeen	88
Figure 47 : Localisation de la Scuola Grande della Misericordia, source : site de l'esa	90
Figure 48 : Photo de la façade principale, source : TA Architettura.....	90
Figure 49 : Photo d'un match de basket, 20ème siècle, source : courtesy of UMANA	91
Figure 50 : Photo de la façade arrière, source : Alessandra Chemollo.....	91
Figure 51 : coupe transversale, source : TA Architettura	92
Figure 52 : Photo d'intérieur, revêtement du sol planium, source : site du constructeur planium	92
Figure 53: Carte de l'évolution des hauteurs des fonds lagunaires, source : Laboratorio di Analisi dei Sistemi Ambientali (Lasa)	94
Figure 54 : Localisation des barene concernés par la restauration, source : wikipédia.....	95
Figure 55 : Carte des barene concernés par la restauration, source : site officiel de la ville de Venise	95
Figure 56 : Stabilisation des berges à l'aide de fagots de bois, source : LASA.....	96
Figure 57 : Localisation de la punta della dogana, source : site de l'esa	97
Figure 58 : Photo aérienne de la punta della Dogana, source : site officiel de la fondation Pinault.....	98
Figure 59 : Espace intérieur de la punta della dogana, source : site officiel de la fondation Pinault	99
Figure 60 : Restauration du sol, source : underwatercity.it	100
Figure 61 : Localisation de la fondation Querini, source : site de l'esa	103
Figure 62 : Photo du nouveau pont, source : RBF	104
Figure 63 : Rez-de-chaussée, source : dattilotecca	105
Figure 64 : Rez-de-chaussée sans acqua alta, source : hidden architecture.....	106
Figure 65 : Rez-de-chaussée lors d'une acqua alta, archidaily.brasil.....	107
Figure 66: Ponte Querini, source : Hidden architecture.....	108
Figure 67 : Jardin intérieur, source : dattilotecca.....	109
Figure 68 : Fontaine du jardin intérieur, source : dattilotecca	109
Figure 69 : Plan et coupes, source : archweb	110

Bibliographie

- Anzidei, Marco. « Livello marino a Venezia, subsidenza e cambiamenti climatici: quale futuro ? » INGV, <https://ingvambiente.com/2020/03/12/venezia-tra-acqua-alta-subsidenza-e-cambiamenti-climatici-quale-futuro/>.
- ArcheoVenezia. « Aspetti Naturali dell'ambiente lagunare. Le barene », 2006. <https://archeove.com/wp-content/uploads/2015/12/AVbarene06.pdf>.
- Cantisani, Gaetano. « Come hanno costruito le fondazioni di venezia ? »
- Città di Venezia. « Life Vimine - Progetto la protezione delle barene » <https://www.comune.venezia.it/it/content/life-vimine-progetto-la-protezione-delle-barene>.
- Comune Venezia. « Distribuzione annuale alte e basse maree » <https://www.comune.venezia.it/it/content/distribuzione-annuale-delle-alte-maree-110-cm>.
- Divisare. « TA architettura Scuola Grande Della Misericordia » <https://divisare.com/projects/366274-ta-architettura-alessandra-chemollo-scuola-grande-della-misericordia>.
- EFDRR. « Resilient Venice » https://www.preventionweb.net/files/15110_21campostrinifragileandresilientven.pdf.
- Fassa Bortolo. « Restauro delle complesso del Pio Loco delle Penitenti » <https://www.fassabortolo.it/it/referenze/-/ref/1240312/restauro-del-complesso-del-pio-loco-delle-penitenti>.
- « Forage par percussion » <https://www.massenzaforeuses.fr/forage-par-percussion/>.
- Formaterre. « Venise, l'écologie de luxe », août 2013. <http://www.formaterre.org/archive/2013/08/14/venise-l-ecologie-de-luxe-5141013.html>.
- GEO. « Marée haute à Venise : la basilique Saint-Marc inondée, symbole d'une cité meurtrie », novembre 2019. <https://www.geo.fr/environnement/maree-haute-a-venise-la-basilique-saint-marc-inondee-symbole-dune-cite-meurtrie-198609>.
- Impresedili. « Conservazione, riuso e innovazione del complesso Pio Loco Delle Penitenti a Venezia », 2018. <https://www.impresedilnews.it/conservazione-riuso-e-innovazione-del-complesso-pio-loco-delle-penitenti-a-veneziah/>.
- Interreg, Italia-Croatia. « Sistema integrato per la protezione di Venezia e della sua laguna dagli allagamenti »
- Istituto di Scienze Marine del Consiglio Nazionale delle Ricerche. « Qual'è la cosa dell'acqua alta ». ISMAR CNR, <https://www.ismar.cnr.it/web-content/approfondimenti/>.
- Italia Notsra Venezia. « Turisti, pendolari e altri visitatori »
- La Nuova, di Venezia e Mestre. « IL CASO MOSE / Il governo sopprime il Magistrato alle Acque » <https://www.nuovavenezia.it/cronaca/il-caso-mose-il-governo-sopprime-il-magistrato-alle-acque-c9rodun4>.
- LASA, Laboratorio di Anlisi dei Sistemi Ambientali. « Le barene della laguna di Venezia » https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/life/workshop_life_20102015_barausse.pdf.
- Lidia Panzeri. « Venise lance un plan pour se sauver des eaux », octobre 2002. https://www.lejournaldesarts.fr/patrimoine/venise-lance-un-plan-pour-se-sauver-des-eaux-85674?utm_source=chatgpt.com.
- Maria Giovanna Piva. « Venise, quel avenir ? La lagune de Venise » https://www.venicethefuture.com/schede/fr/358-aliusid%3D358.htm?utm_source=chatgpt.com.
- Maura Manzelle. « Restauro e riuso del complesso del Pio loco delle Penitenti », <https://www.mauramanzelle.com/s013.html>.
- MOSE Venezia. « MOSE System, the mobile barriers for the protection of Venice from high tides » <https://www.mosevenezia.eu/project/?lang=en>.
- Planium. « Scuola Grande della Misericordia » <https://www.planium.it/IT/casehistory/Scuola+Grande+della+Misericordia+/63.html>.
- Riccardo A Mel, . « Exploring the partial use of the MOSE system as effective adaptation to rising flood frequency of Venice », 2021.
- Site officiel de la basilique. « Basilica di San Giovanni e Paolo », s. d. <https://www.santigiovanniepaolo.it/en/main-home-english-2/>.
- Tara Roopinder. « Venice's Tide Barrier Has Already Cost 6 Billion Euros—Will it Work? » <https://www.engineering.com/venices-tide-barrier-has-already-cost-6-billion-euros-will-it-work/>.
- The Constructor, Building ideas. « Venice, Fondation Details of the biggest floating city in the world », novembre 2020. <https://theconstructor.org/case-study/venice-foundation-details/224185/>.
- « The renovation of the Fondazione Querini Stampalia is a great example of how Master Carlo Scarpa intergrated the new with the old »
- Torsello Architettura. « Scuola Grande della Misericordia » <https://taarchitettura.com/scuola-grande-della-misericordia/>.

UNESCO. « Venise et sa lagune, site du patrimoine mondial », novembre 2002.

https://whc.unesco.org/archive/websites/venice2002/unesco_fr/general/venice.htm.

———. « Venise et sa lagune, valeur universelle exceptionnelle »

Università Ca' Foscari Venezia. « Venezia: una città da scoprire »

<https://www.unive.it/pag/8038/#:~:text=Gli%20appuntamenti%20veneziani-,Scoprire%20Venezia,e%20pi%C3%B9%20di%20400%20ponti>.

wikiarchitettura. « Punta della Dogana » <https://en.wikiarquitectura.com/building/punta-della-dogana/>.

Lexique et glossaire

Termes courants

Subsidence : mouvement d'affaissement du fond d'une dépression (du sol ici).

Eustasie : phénomène de montée du niveau de la mer

Hydrofuge : qui préserve de l'eau, de l'humidité

Termes italiens

Acqua alta : Hautes marées de la lagune de Venise

Barene : marais de la lagune de Venise

Passerelle : planches en bois en hauteur afin de pouvoir circuler même en cas d'*acqua alta*

Palazzi (pluriel de *palazzo*) : palais (à Venise, la plupart des maisons sont des palais)

Suci-cuci : technique de restauration vénitienne, les parties abimées sont retirées et remplacées par des matériaux similaires, sans toucher aux parties en bon état.

Masegni : pavés vénitiens

Cocciopesto : débris de terre cuite, matériaux qui présente une imperméabilité, une durabilité et une inertie thermique remarquable.

Vasche di contenimento : Vasque en béton armé

Scuola Grande : littéralement « grande école », ces édifices servaient de siège de confréries (généralement dominicaines ou franciscaine à Venise). Ces « grandes écoles » servaient d'assistance envers un groupe social précis.

Chiesa : Eglise

Annexes

A. MOSE

Le projet MOSE (*Modulo Sperimentale Elettromeccanico*) a été inauguré en 2020 après plusieurs décennies de travaux. Il constitue l'une des plus grandes réalisations d'ingénierie pour protéger Venise contre les inondations causées par l'*acqua alta*²¹. Ce système innovant repose sur 78 barrières mobiles, qui sont réparties aux trois entrées de la lagune [Figure 28]. Ces barrières permettent de bloquer l'entrée des eaux marines lors des marées exceptionnellement hautes (supérieur à 120cm), et offre ainsi une solution temporaire pour préserver le patrimoine historique et les infrastructures de la ville²².



Figure 28 : localisation des barrières du MOSE

²¹ Riccardo A Mel, « Exploring the partial use of the MOSE system as effective adaptation to rising flood frequency of Venice ».

²² MOSE Venezia, « MOSE System, the mobile barriers for the protection of Venice from high tides ».

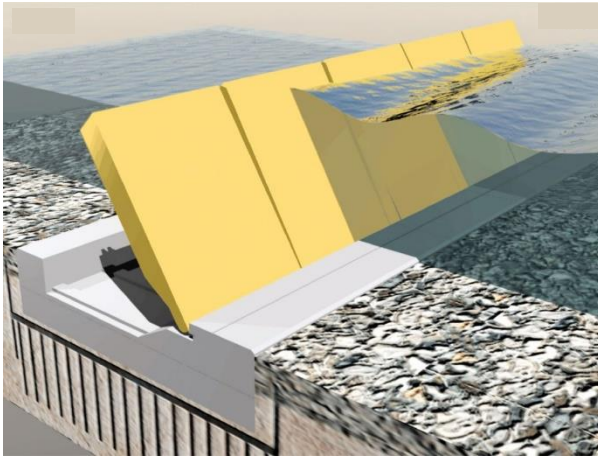


Figure 29 : schéma de la barrière amovible (lagune à droite et mer à gauche)

Fonctionnement technique : Les barrières du MOSE sont des structures métalliques de vingt mètres de large, pesant jusqu'à trois cent cinquante tonnes chacune. Elles sont installées dans des caissons en béton au fond de la lagune. En temps normal, elles restent submergées et remplies d'eau [Figure 29]. Lorsqu'une marée haute est prévue, de l'air comprimé est injecté dans les barrières pour en évacuer l'eau, ce qui les fait pivoter sur leurs charnières et remonter à la surface pour former un mur continu [Figure 30].

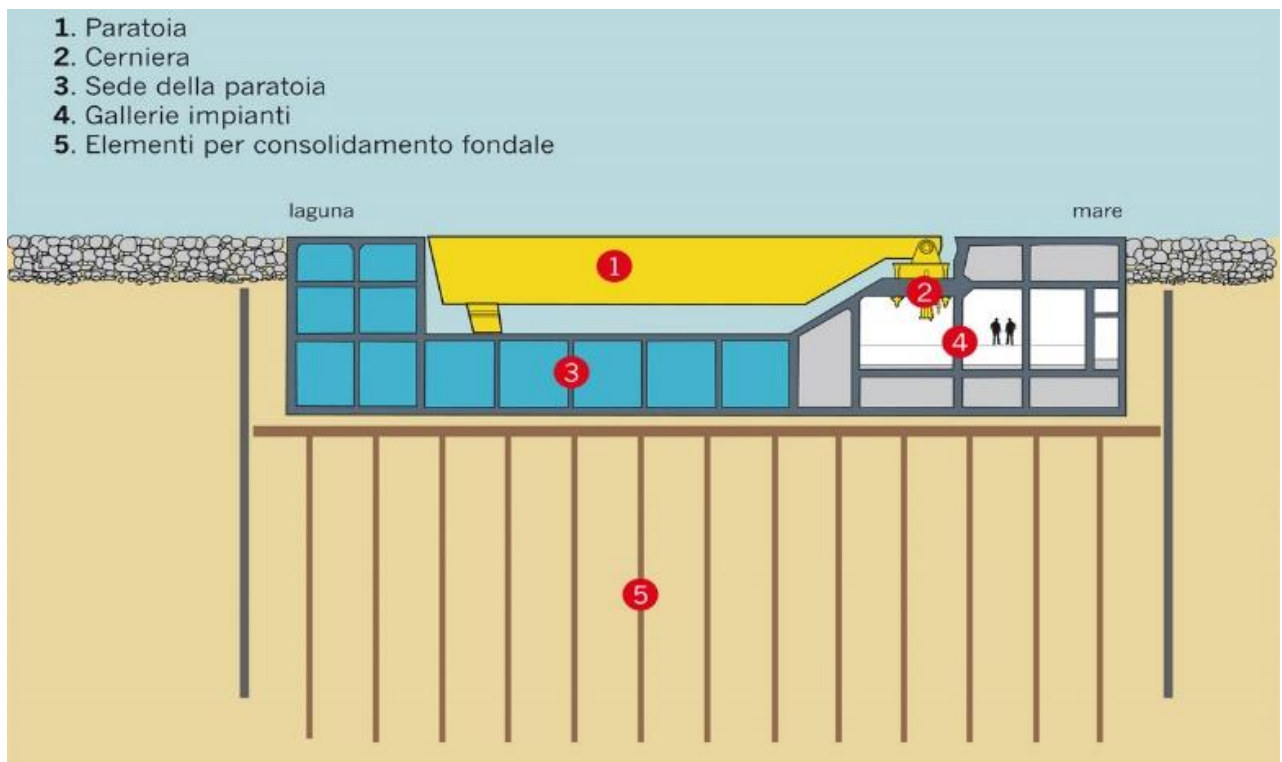


Figure 30 : section type des éléments constructifs

Les barrières se lèvent en trente minutes, restent levées entre quatre et cinq heures, puis se baissent en quinze minutes. A chaque fois que la barrière se lève, cela coûte 200 000€. Les coûts sont estimés à 200 000€ pour chaque utilisation de la barrière (de l'énergie, de pompage, de personnel)²³.

Objectifs et portée : L'objectif principal du MOSE est de protéger les îles de la lagunes des hautes marées exceptionnelles qui causent des dégâts permanents et irréversibles, et qui perturbent la vie quotidienne (impossible de se déplacer pour aller au travail, faire des courses etc.).

Défis et critiques : Depuis son inauguration en 2019, le MOSE a démontré son efficacité, sur le graphique ci-dessous [Figure 31], issu du site officiel de la ville de Venise, en bleu ciel on peut voir le nombre de marées supérieur à 110cm, à la *Piattaforma*, plateforme à l'extérieur de la lagune, et en bleu marine le nombre de marées supérieur à 110cm à Venise, donc à l'intérieur de la lagune²⁴.

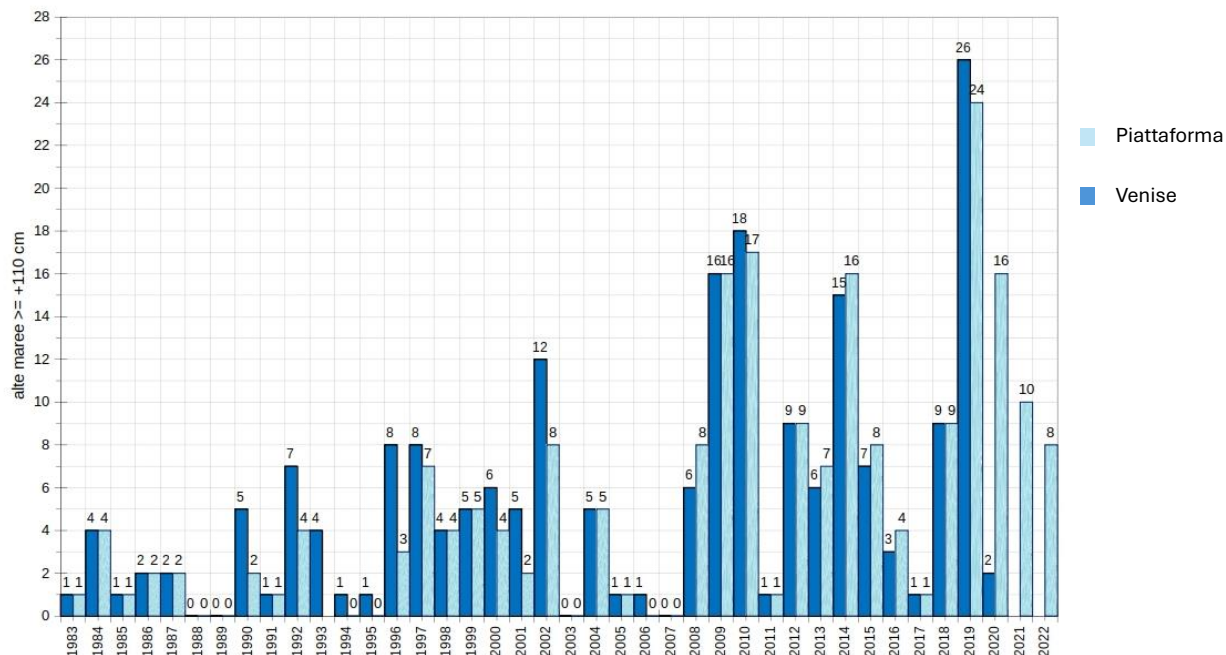


Figure 31 : Distribution annuelle des marées supérieures à 110cm enregistrées à Venise (bleu marine) et en mer (bleu ciel)

²³ Tara Roopinder, « Venice's Tide Barrier Has Already Cost 6 Billion Euros—Will it Work? »

²⁴ Comune Venezia, « Distribuzione annuale alte e basse maree ».

Cependant, il reste tout de même critiqué, en effet, d'une part il y a son coût élevé : Il été initialement prévu à 1,3 milliard d'euros, et qui a finalement dépassé les 6 milliards (à cause de scandales de corruption, du retard de livraison, de surcoûts liés à la complexité du projet), selon l'ingénieur Tara Roopinder²⁵.

D'autre part, le système MOSE exige une maintenance complexe, car les barrières nécessitent un entretien rigoureux, et coûteux, afin de garantir leur bon fonctionnement. Sans oublié leur coût de mise en service (200 000 euros pour chaque utilisation)²⁶.

A cela, il faut aussi ajouter le fait que le système est prévu pour être efficace actuellement, mais avec le dérèglement climatique, le niveau de la mer continue d'augmenter, et donc le MOSE pourrait ne plus être performant d'ici la fin du siècle, avec des hausses potentielles de 60 à 110cm selon Tara Roopinder²⁷.

Ainsi, le MOSE incarne une réponse technologique majeure aux défis environnementaux de Venise. Il illustre les capacités de l'ingénierie moderne à protéger une ville fragile et ancienne. Son rôle dans la préservation du patrimoine vénitien reste central, bien qu'il nécessite des ajustements pour répondre aux défis du futur.

²⁵ Tara Roopinder, « Venice's Tide Barrier Has Already Cost 6 Billion Euros—Will it Work? »

²⁶ Tara Roopinder.

²⁷ Tara Roopinder.

B. Pio Loco delle Penitenti

Le Pio Loco delle Penitenti, a été construit au XVIII^{ème} siècle par Giorgio Massari. C'est un ancien hospice destiné à la réinsertion des femmes marginalisées. Il est situé dans le quartier de Canarregio [Figure 32]. Ce complexe a été restauré et transformé entre 2009 et 2014, en une résidence pour personnes âgées dépendantes et un centre de soins pour malades d'Alzheimer, tout en intégrant des espaces à la communauté locale²⁸.



Figure 32 : Localisation du Pio Loco dellì Penitenti

Objectifs de la réhabilitation : La restauration visait à préserver l'intégrité historique du bâtiment tout en l'adaptant à de nouvelles fonctions sociales. Le projet combinait conservation du patrimoine et innovations fonctionnelles, afin d'offrir un espace

²⁸ Maura Manzelle, « Restauro e riuso del complesso del Pio loco delle Penitenti ».

moderne répondant aux besoins des résidents et du quartier. Les architectes ont respecté la disposition originale du bâtiment, tout en introduisant des structures contemporaines, notamment trois nouveaux corps d'escalier en métal pour améliorer l'accessibilité et la sécurité.

Méthodes de conservation :

- Restauration des matériaux historiques : les sols, façades et les murs intérieurs ont été restaurés avec des matériaux traditionnels [Figure 33, Figure 34]., comme l'enduit à base de chaux hydraulique naturelle et de cocchiopesto (matériaux qui présente une imperméabilité, une durabilité et une inertie thermique remarquable), qui assurent une compatibilité esthétique et structurelle avec les éléments d'origine²⁹.



Figure 33 : rénovation d'une façade à l'aide de techniques traditionnelles



Figure 34: rénovation du sol à l'aide de techniques traditionnelles

²⁹ Impreseedili, « Conservazione, riuso e innovazione del complesso Pio Loco Delle Penitenti a Venezia ».

- Traitement des infiltrations d'eau : une vasque en béton armé (*vasche di contenimento*) [Figure 35], a été construite au niveau du sol pour protéger le bâtiment des *acque alte*. Cette structure offre une barrière efficace contre les infiltrations d'eau, tout en conservant la fonctionnalité du rez-de-chaussée³⁰.



Figure 35 : Réalisation de la vasque de confinement d'eau

- Techniques de consolidation : Les sols ont été renforcés avec un double revêtement en bois et un mortier collaborant [Figure 36] pour garantir la stabilité de l'ensemble structurel, tout en préservant les caractéristiques d'origine³¹.



Figure 36 : Consolidation du sol

³⁰ Impreseedili.

³¹ Fassa Bortolo, « Restauro delle complesso del Pio Loco delle Penitenti ».

Réutilisation et adaptation fonctionnelle : Le complexe s'étend sur une surface de 6 000m² et inclut des zones résidentielles, des jardins et des espaces communs. Les nouvelles structures métalliques servent de passerelles reliant les différentes sections du bâtiment, favorisant la communication entre les espaces tout en respectant l'architecture originale. L'objectif était d'ouvrir le bâtiment au quartier, contrastant avec son usage historique de confinement. Le rez-de-chaussée a été aménagé avec des espaces publics tels que des salles polyvalentes, des cuisines communes, et des jardins.

Ci-dessous [Figure 37], on peut voir une partie de l'espace extérieur, qui selon le site *impreseedili*³², spécialiste du bâtiment, sert d'articulation des vasques en béton armé, afin de protéger les rez-de-chaussée des marées hautes.



Figure 37 : Escaliers et pente extérieurs en béton armé

³² Impreseedili, « Conservazione, riuso e innovazione del complesso Pio Loco Delle Penitenti a Venezia ».

Impact social et environnemental : Le Pio Loco delle Penitenti est désormais un lieu de rencontre pour les habitants du quartier. Les rampes et escaliers extérieurs, intégrées dans les vasques en béton armé, transforment l'espace en un lieu accessible et accueillant, favorisant l'intégration urbaine. La restauration a également révélé des éléments historiques jusqu'à lors inconnus, comme des couches de pavements superposées, témoignant de l'évolution du bâtiment au fil des siècles.

Ainsi, ce projet répond aux défis spécifiques de la préservation du patrimoine vénitien. Cette réhabilitation montre comment des techniques modernes peuvent compléter les approches traditionnelles pour préserver le patrimoine tout en répondant aux besoins sociaux contemporains.

C. Chiesa di San Giovanni e Paolo

Avec ses 101 mètres de long, l'église San Giovanni e Paolo [Figure 38] (aussi appelé San Zanipolo) est la deuxième plus grande église de Venise derrière la Chiesa dei Frari. Elle a été construite au XIV^{ème} siècle par les Dominicains (branche religieuse du christianisme).



Figure 38 : Photo de l'église San Giovanni e Paolo

Ce monument de style gothique est situé dans le quartier Castello [Figure 39].



Figure 39: Localisation de l'église San Giovanni e Paolo

Il a fait l'objet de plusieurs restaurations importantes pour préserver son riche patrimoine artistique et architectural.

San Zanipolo a une structure en brique, et comprend des œuvres d'art majeures, telles que l'icône *Madonna della pace* [Figure 40], et des sculptures funéraires de maîtres vénitiens. C'est aussi le lieu de sépulture de 25 doges vénitiens (anciens gouverneurs de la cité État), comme celle de Pietro Mocenigo [Figure 41], ce qui lui confère une importance symbolique unique pour la *Serenissima* (rappel, surnom donné à Venise). Les chapelles latérales et les monuments funéraires reflètent l'évolution de l'art vénitien du Moyen Age à la Renaissance³³.



Figure 40 : Icône *Madonna della Pace*, auteur inconnu



Figure 41 : Tombe du doge *Pietro Mocenigo*, réalisé par *Pietro Lombardo*

³³ Site officiel de la basilique, « Basilica di San Giovanni e Paolo ».

Campagne de restauration : La basilique a bénéficié de plusieurs campagnes de restauration pour maintenir sa structure et protéger ses œuvres d'art contre les dommages liés à l'environnement humide de Venise. Ces restaurations ont permis :

- La consolidation des structures : les restaurations récentes ont visé à renforcer les fondations en bois, et à réparer les dégradations causées par l'humidité ascendante.
- La restauration des œuvres d'art : Des peintures telles que la *Madonna della Pace* [Figure 40] et des sculptures monumentales ont été nettoyées et stabilisées. Ces interventions ont utilisé des techniques modernes, comme des nettoyages laser non invasifs et des traitements pour prévenir la biodégradation.
- La réhabilitation des surfaces extérieures : Les façades en brique et les éléments gothiques en pierre ont été restaurés pour préserver leur intégrité face aux intempéries et à la pollution. Mais on peut voir, en comparant le tableau réalisé au début du 18^{ème} siècle par Canaletto [Figure 42], avec une photo actuelle de la façade [Figure 43], que celle-ci a été restaurée avec les mêmes matériaux d'origine.



Figure 42 : Tableau de Canaletto, début 18^{ème} siècle



Figure 43 : Photo de la façade

Enjeux liés à l'environnement : L'église est située dans une zone vulnérable aux inondations, elle est donc confrontée aux problèmes liés à l'*acqua alta*. Bien que des systèmes comme le MOSE aient réduit les impacts des marées hautes, l'humidité et les sels marins restent des menaces pour les structures historiques. La restauration récente a incorporé des technologies modernes pour contrôler ces facteurs, comme par exemple des traitements protecteurs sur les surfaces poreuses.

Ainsi, San Zanipolo demeure un site majeur pour le patrimoine culturel et architectural vénitien. Les efforts de préservation ont permis de maintenir son rôle en tant que site religieux actif et attraction culturelle majeure. Les restaurations respectent un équilibre entre la conservation historique et les nécessités d'adaptation aux défis environnementaux actuels.

D. Palazzo Grassi

Le palazzo Grassi est un palais néoclassique du XVIII^{ème} siècle, construit par Giorgio Massari. Ce bâtiment représente l'un des derniers grands palais construits avant la chute de la République de Venise. Il est situé sur le grand canal de Venise [Figure 44].



Figure 44 : Localisation du Palazzo Grassi

En 2005, le palazzo grassi et le teatrino grassi (extension du palais) ont été rénové suite à leur rachat par le milliardaire François Pinault. Depuis, ils sont devenus des espaces d'exposition phare pour la collection d'art contemporain de François Pinault, tout en préservant son importance patrimoniale et architecturale.

Objectifs de la restauration : La restauration visait à transformer le Palazzo Grassi en un musée d'art contemporain, avec des normes adaptées pour un établissement recevant du public, tout en respectant son architecture historique, ainsi que l'intégrité des structures originales.

Approches techniques et esthétiques :

- Respect des éléments historiques : Les plafonds ornés, les moulures et la façade classique en pierre blanche [Figure 45] ont été restaurés selon des techniques traditionnelles, comme le *suci-cuci*. Le *marmorino*, enduit typique vénitien, a été utilisé pour les surfaces intérieures, en reproduisant les techniques et matériaux d'origine afin de respecter l'authenticité historique.



Figure 45 : Photo de la façade donnant sur le canal

- Ajout d'éléments modernes : Du béton, le verre et l'acier ont été ajoutés pour créer des espaces d'exposition flexibles, appelés « white boxes » [Figure 46]. Ces éléments contrastent avec l'ornementation historique, créant un dialogue esthétique entre l'ancien et le moderne. La lumière naturelle joue un rôle central, grâce à des ouvertures stratégiques qui permettent un jeu subtil d'ombres et de luminosité dans les galeries.



Figure 46 : Photo d'une salle d'exposition "white box"

- Amélioration structurelles et fonctionnelles : Les sols et les structures internes ont été renforcés pour répondre aux normes de sécurité de 2005, et pour supporter les charges des expositions. Des systèmes de climatisation, d'éclairage LED et des dispositifs de gestion de l'humidité ont été intégrés pour protéger les œuvres exposées et maintenir une atmosphère contrôlée.

- Protection contre l'humidité : Les surfaces extérieures ont été traitées avec des produits imperméabilisants spécialement adaptés aux pierres calcaire pour minimiser la pénétration de l'eau. Cela protège les façades tout en préservant leur esthétique d'origine.
- Système de drainage : Des systèmes modernes de drainage ont été intégrés pour diriger efficacement l'eau de pluie et limiter les infiltrations dans les niveaux inférieurs.

Ainsi, la rénovation du Palazzo Grassi illustre comment un monument ancien peut-être revitalisé et restauré pour devenir un centre culturel majeur, tout en s'assurant une protection à l'eau, et en maintenant ses valeurs patrimoniales.

E. Scuola Grande della Misericordia

La Scuola Grande della Misericordia est un édifice emblématique de Venise. Il a été conçu par l'architecte Jacopo Sansovino au XVI^{ème} siècle, dans le quartier de Cannaregio [Figure 47].



Figure 47 : Localisation de la Scuola Grande della Misericordia

Avant sa restauration par Alberto Torsello (TA Architettura) en 2015/2016, l'édifice [Figure 48] était dédié à des activités caritatives d'abord liées à la religion (définition d'une *scuola grande*), puis à toute sorte d'activité³⁴.



Figure 48 : Photo de la façade principale

³⁴ Torsello Architettura, « Scuola Grande della Misericordia ».

Objectifs de la restauration : La restauration visait à redonner vie à un édifice ayant subi des usages divers (par exemple une salle de sport entre 1914 et 1991 [Figure 49] tout en conservant son essence historique. Une extension a tout de même été ajoutée en façade sud [Figure 50], qui permet d'ajouter un ascenseur. Aujourd'hui, la Scuola sert d'espace multifonctionnel, accueillant des expositions, des événements culturels, et des réunions. Le défi majeur était de respecter le patrimoine tout en intégrant des solutions modernes nécessaires à son exploitation contemporaine³⁵.

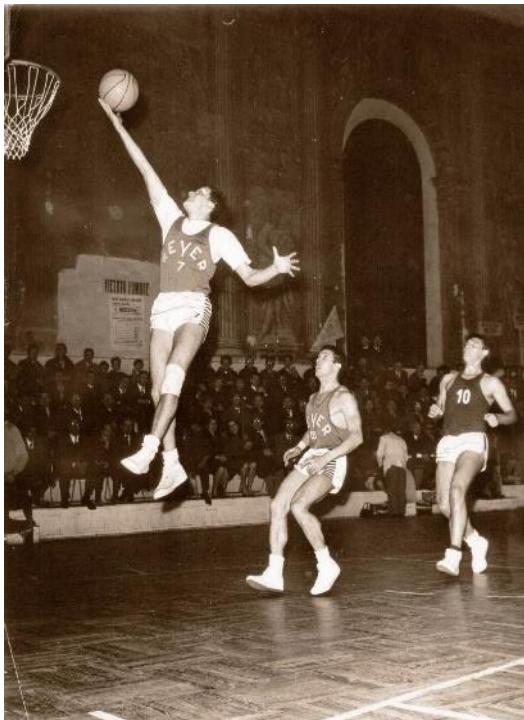


Figure 49 : Photo d'un match de basket, 20ème siècle



Figure 50 : Photo de la façade arrière

³⁵ Torsello Architettura.

Interventions architecturales :

- Consolidation structurelle : Les travaux ont renforcé les éléments porteurs en bois et les surfaces extérieures. Les fondations ont aussi été consolidées. Selon le site Divisare³⁶, le nouveau projet architectural conserve et actualise le charme du bâtiment d'origine, en faisant ressortir les couches d'histoire dans les maçonneries et les décorations [Figure 51].

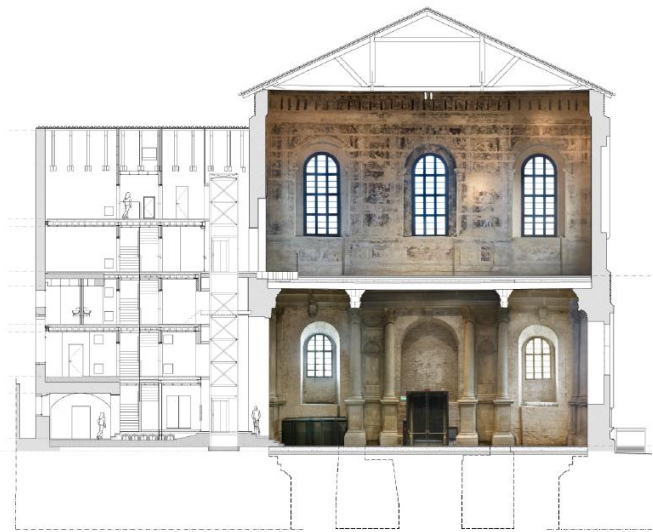


Figure 51 : coupe transversale

- Revêtements et sols innovants : Selon le site constructeur « Planium », un système de pavage moderne, appelé PL01 Invisible, a été utilisé pour ses qualités esthétiques et techniques [Figure 52] Ce matériau léger et durable respecte le style historique du bâtiment, tout en répondant aux normes actuelles de résistance et de fonctionnalité³⁷.



Figure 52 : Photo d'intérieur, revêtement du sol planium

³⁶ Divisare, « TA architettura Scuola Grande Della Misericordia ».

³⁷ Planium, « Scuola Grande della Misericordia ».

- Conservation d'éléments d'origine : Les éléments témoignant de différentes fonctions du bâtiment, comme les couches de plancher, les marques d'usure, ont été délibérément conservés pour refléter son évolution au fil des siècles³⁸.
- Traitement de l'humidité ascendante : Du mortier spécialisé a été appliqué sur les murs afin de bloquer l'ascension capillaire de l'eau, tout en permettant aux matériaux de respirer.
- Système de drainage : Un système de drainage moderne a été installé pour évacuer efficacement les infiltrations d'eau, notamment dans les sous-sols.
- Contrôle climatique intérieur : Pour prévenir la dégradation des matériaux et assurer le confort des nouveaux usages, un système de contrôle climatique a été installé. Il inclut une ventilation qui limite l'accumulation d'humidité dans les espaces intérieurs

Ainsi, la restauration de la Scuola Grande della Misericordia a permis de transformer la Scuola en lieu d'échange culturel et social, tout en se protégeant des dégâts potentiels des *acque alte*.

³⁸ Torsello Architettura, « Scuola Grande della Misericordia ».

F. Rénovation des *Barene*

Les *barene* sont des terres qui sont émergées lors des marées basses, et submergées pendant les marées hautes. Elles sont présentes au Nord, à l'Ouest et au Sud de la lagune. Ces « marécages » agissent comme des régulateurs naturels des marées, protégeant les zones habitées en filtrant les sédiments et les polluants. Elles jouent donc un rôle écologique majeur dans la lagune de Venise³⁹.

Cependant, en raison de l'érosion, de la pollution et du manque d'entretien au fil des décennies, leur superficie a fortement diminué. En effet, elle est passée de 158km² en 1912, à seulement 40km² aujourd'hui⁴⁰. Ci-contre, une carte [Figure 53] qui retrace l'évolution de la hauteur des fonds marins de de 1901 à 2003. En considérant que toute la lagune est constituée de marécage, les zones en jaune sont les plus émergées (donc les *barene* à proprement parler), et en bleu les plus profondes. Les îles, généralement grises/ vert très clair, sont négligeables par rapport à la taille de la lagune.

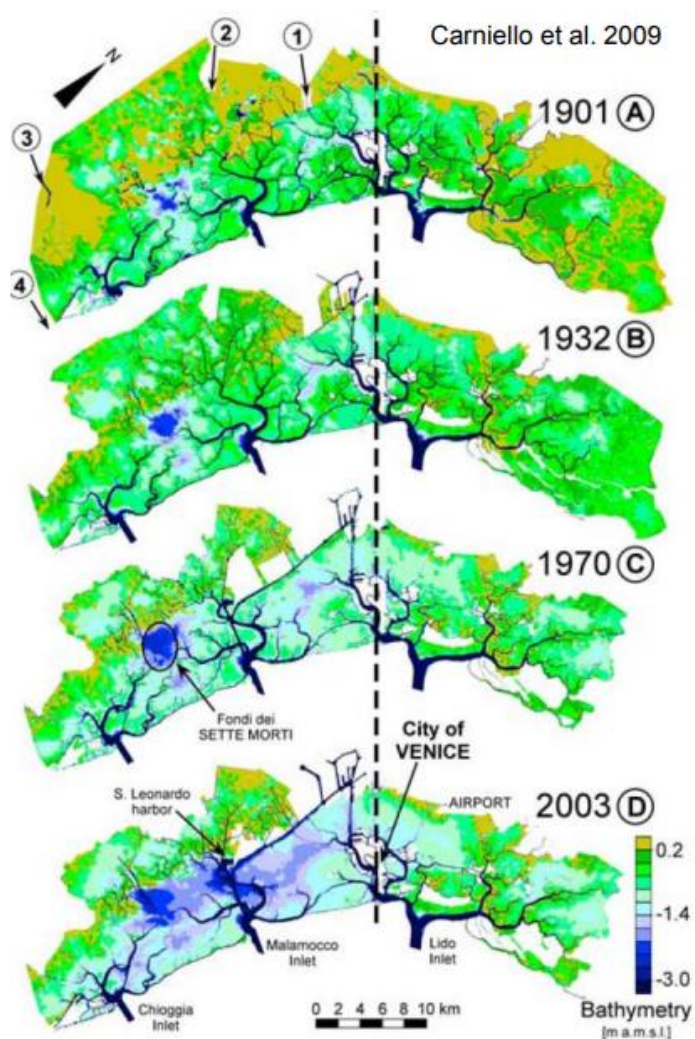


Figure 53 : Carte de l'évolution des hauteurs des fonds lagunaires

³⁹ ArcheoVenezia, « Aspetti Naturali dell'ambiente lagunare. Le barene ».

⁴⁰ LASA, Laboratorio di Anlisi dei Sistemi Ambientali, « Le barene della laguna di Venezia ».

C'est pourquoi le projet LIFE VIMINE, qui concerne la rénovation des *barene*, situés près de l'île de Torcello⁴¹ [Figure 54] et [Figure 55] a été initié entre 2013 et 2017. Il s'inscrit dans une stratégie environnementale et patrimoniale, qui vise à préserver l'écosystème fragile de lagune, tout en renforçant sa résilience face aux pressions anthropiques et climatiques.

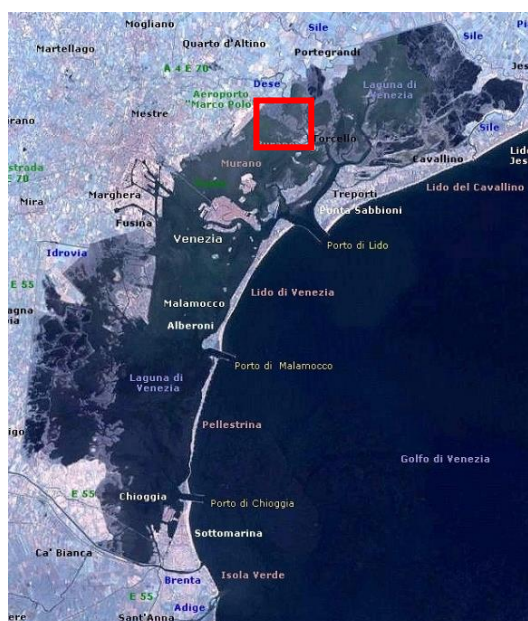


Figure 54 : Localisation des barene concernés par la restauration



Figure 55 : Carte des barene concernés par la restauration

Objectifs de la rénovation :

- Limiter l'érosion causées par les courants marins et les activités humaines
- Restaurer leur fonction écologique, notamment en tant que filtres naturels et habitats pour la biodiversité
- Réduire les impacts des inondations en absorbant une partie de l'énergie des marées
- Répondre aux défis environnementaux spécifiques de la lagune, en intégrant des approches durables et basées sur la nature

⁴¹ Città di Venezia, « Life Vimine - Progetto la protezione delle barene ».

Méthodes employées :

- Stabilisation des berges : utilisation de fagots de bois biodégradables et de cordages en fibres naturelles pour protéger les bord des *barene* contre l'érosion [Figure 56]. Ces structures sont remplies de sédiments qui favorisent la croissance de végétation adaptée aux environnements salés, et qui renforcent donc la solidité des berges⁴².



Figure 56 : Stabilisation des berges à l'aide de fagots de bois

- Transplantation de végétation : Introduction de plantes locales adaptées, telles que des herbes halophiles (adaptées aux environnements salés), pour stabiliser les sols et restaurer la biodiversité.
- Utilisation de matériaux locaux : Les fagots et les bois utilisés proviennent des forêts environnantes, et réduisent ainsi les coûts et l'empreinte carbone des matériaux nécessaires.

Résultats et impacts : La restauration des *barene* a démontré une efficacité dans la réduction de l'érosion et la reconquête des habitats naturels. En parallèle, elle a permis de créer des emplois locaux, en engageant des vénitiens et autres habitants de la lagune dans la gestion et l'entretien des sites. Ce modèle d'intervention durable a également encouragé une meilleure compréhension de l'importance écologique des *barene* et renforcé leur rôle dans la stratégie globale de protection contre les inondations, et permet de mieux gérer les marées et donc de limiter les *acque alte*.

⁴² LASA, Laboratorio di Anlisi dei Sistemi Ambientali, « Le barene della laguna di Venezia ».

G. Punta della Dogana

La *punta della dogana* (pointe de la douane), se situe au sud de Venise, à l'extrémité du quartier *Dorsoduro* [Figure 57].



Figure 57 : Localisation de la punta della dogana

Sa localisation est particulièrement importante, car c'est à cet endroit que le *Canal grande* (le grand canal de Venise), rencontre la lagune [Figure 58] (grand canal à droite, lagune à gauche). Ce qui veut dire qu'elle est soumise à d'importantes contraintes liées à l'eau.



Figure 58 : Photo aérienne de la punta della Dogana

Cet ancien bureau de Douane, a été restauré et réhabilité en centre d'art contemporain, sous la direction de Tadao Ando (architecte japonais), en 2009. L'enjeu n'était pas simplement d'adapter l'édifice à de nouveaux usages, mais aussi d'intégrer des solutions adaptées aux défis environnementaux uniques de la lagune vénitienne, notamment son rapport à l'eau, qui est au cœur des problématiques architecturales et urbaines de la ville.

“ This building has been floating on the water since the 15th century, and my intention is to see it float into the future; it is a very old building and it was very difficult to study its history so as to preserve its original structure and innovate toward the future. I will use a 20th century material, reinforced concrete, fitting it into this historic structure. ”

- Ce bâtiment flotte sur l'eau depuis le XVe siècle, et mon intention est de le voir flotter vers l'avenir ; c'est un bâtiment très ancien et il a été très difficile d'étudier son histoire afin de préserver sa structure originale et d'innover vers l'avenir. J'utiliserai un matériau du XXe siècle, le béton armé, en l'intégrant à cette structure historique.- a dit Tadao Ando en 2007 pendant la présentation du projet.

Comme la plupart des édifices à Venise, les fondations de ce bâtiment reposent sur des pieux en bois. Une des priorités de la réhabilitation a été de protéger ces fondations contre l'humidité, en particulier l'humidité ascendante qui est une des principales causes de dégradation des structures à Venise. Pour ça, les méthodes utilisées sont :

- Nouveau système de drainage : Ils permettent de contrôler l'humidité autour des fondations tout en empêchant son accumulation à l'intérieur de l'édifice.
- Utilisation de matériaux imperméables : Le béton utilisé pour la rénovation a été spécifiquement formulé pour ses propriétés imperméabilisantes. Le béton est donc plus léger, résistant et il protège les zones les plus sensibles du bâtiment tout en offrant un aspect plus contemporain qui contraste avec les matériaux historiques⁴³.
- Consolidation des murs : Les murs d'origine⁴⁴ en briques, ont été restaurés en remplaçant les éléments endommagés par d'autres briques anciennes soigneusement sélectionnées, en utilisant la technique traditionnelle vénitienne, le *scuci-cuci*. Cette méthode garantit une cohérence esthétique et structurelle [Figure 59].

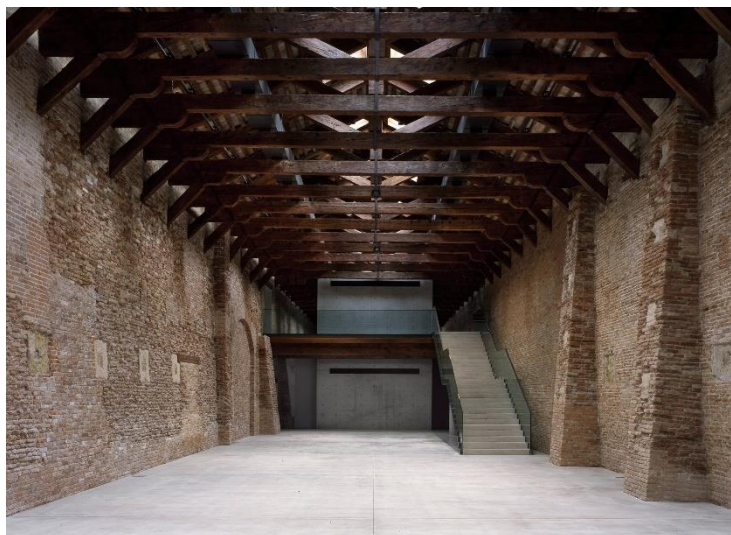


Figure 59 : Espace intérieur de la punta della dogana

⁴³ wikiarchitettura, « Punta della Dogana ».

⁴⁴ Les murs « d'origine », ont été restaurés au fil du temps, par la méthode du *scuci-cuci*, donc les briques en elles même ne sont pas toutes d'origine.

- Sols et gestions thermique : Le chauffage par le sol a été installé avec 28km de conduites intégrées, permettant de maintenir un environnement intérieur sec et stable , essentiel pour préserver les œuvres exposées et la structure du bâtiment. Les sols ont été réhaussés. Ils combinent des matériaux traditionnels comme les *masegni* (pavés vénitiens) et des revêtements modernes tels que le linoléum et le ciment, selon les besoins fonctionnels de chaque espace. [Figure 60]



Figure 60 : Restauration du sol

Ainsi, les techniques modernes ont été appliquées à une restauration respectueuse des techniques traditionnelles, et des matériaux historiques. Elles démontrent un équilibre entre innovation et préservation.

H. Rehaussement des quais

Le réhaussement des quais à Venise est une des réponses essentielles aux défis posées par la montée des eaux et les *acque alte*. Ce projet vise à protéger les zones urbaines les plus vulnérables, en particulier celles situées près des canaux et des points touristiques comme la place Saint Marc⁴⁵. Cette intervention est à la croisée des problématiques patrimoniales et environnementales, en s'efforçant de préserver l'esthétique historique tout en intégrant des solutions modernes.

Objectifs du projet : L'objectif principal est d'atténuer l'impact des marées hautes sur la ville. En effet, en augmentant le niveau des quais, cela réduit les risques d'inondation des espaces publics et des bâtiments environnants. Cela inclut également l'amélioration de l'accès et de la sécurité dans les zones touchées par des niveaux d'eau croissant, tout en maintenant l'intégrité du patrimoine culturel et architectural.

Méthodes employées :

- Rehaussement des pavements : Les quais sont surélevés de plusieurs centimètres, en tenant compte des données historiques et des prévisions climatiques. Les matériaux utilisés incluent des pierres locales, telles que la pierre d'Istrie, qui a toujours été utilisé à Venise.
- Amélioration des systèmes de drainages : Des systèmes modernes ont été intégrés sous les nouveaux pavements, afin de permettre une meilleure évacuation de l'eau et limiter les infiltrations dans les bâtiments⁴⁶.
- Adaptation à l'environnement urbain : Les travaux se font de manière localisée, quartier par quartier, pour minimiser les perturbations et adapter les solutions à la configuration particulière de chaque zone⁴⁷.

⁴⁵ Lidia Panzeri, « Venise lance un plan pour se sauver des eaux ».

⁴⁶ Maria Giovanna Piva, « Venise, quel avenir ? La lagune de Venise ».

⁴⁷ Maria Giovanna Piva.

Résultats et impact : Le rehaussement des quais a déjà permis de protéger plusieurs zones sensibles contre les marées intermédiaires (comme la place Saint Marc), qui ne nécessitent pas l'activation du MOSE. Ces interventions améliorent également l'expérience quotidienne des habitants et des visiteurs en rendant les espaces publics accessibles plus longtemps pendant les périodes d'acqua alta.

Ainsi, ce projet de rehaussement des quais s'inscrit dans une stratégie globale de protection de Venise. En combinant respect environnemental et solutions techniques, ces interventions participent à la préservation durable de la ville face aux défis du changement climatique et de la montée des eaux.

I. Fondation Querini Stampalia

La fondation Querini Stampalia est située dans un palais du XVI^{ème} siècle. Elle est située le long d'un canal, dans le quartier de Castello [Figure 61]. Le bâtiment a été restauré et réaménagé par l'architecte Carlo Scarpa entre 1961 et 1963. Aujourd'hui, il y a une bibliothèque, un musée et un café dans la fondation. Ce projet emblématique intègre des solutions innovantes, tout en dialoguant avec l'histoire et les défis environnementaux de la lagune, en particulier l'*acqua alta*.



Figure 61 : Localisation de la fondation Querini

Objectifs du projet : La restauration visait à transformer le rez-de-chaussée, fréquemment inondé, en un espace fonctionnel. Les deux contraintes imposées étaient la création d'un nouvel accès depuis le Campo Santa Maria Formosa [Figure 62], et le réaménagement du jardin arrière et des espaces intérieurs pour accueillir expositions et évènements⁴⁸.



Figure 62 : Photo du nouveau pont

⁴⁸ « The renovation of the Fondazione Querini Stampalia is a great example of how Master Carlo Scarpa integrated the new with the old ».

Approches techniques et esthétiques :

Gestion de l'eau : Pour ce projet, l'architecte Carlo Scarpa n'a pas voulu « repousser » l'eau hors du bâtiment, comme usuellement. Il a cherché à laisser l'eau pénétrer de manière contrôlée dans le bâtiment. Ainsi, le rez-de-chaussée, avec ses sols en mosaïque [Figure 63], accueille l'*acqua alta* comme un élément esthétique et symbolique (photo du rez-de-chaussée sans eau [Figure 64] et avec [Figure 65]). Cette solution est possible car le rez-de-chaussée ne nécessite pas d'isolation avec l'extérieur. Les matériaux, comme la pierre d'Istrie et le verre, résistent à l'humidité tout en reflétant la lumière naturelle.



Figure 63 : Rez-de-chaussée



Figure 64 : Rez-de-chaussée sans acqua alta



Figure 65 : Rez-de-chaussée lors d'une acqua alta

- Transition entre ancien et moderne : Scarpa a réutilisé des éléments historiques tout en introduisant des structures contemporaines. Par exemple, le *ponte querini*, [Figure 66] pont reliant la place au bâtiment combine pierre et bois, incarnant une esthétique à la fois fonctionnelle et poétique.



Figure 66: Ponte Querini

- Jardin et cour intérieure : Le jardin arrière associe des motifs orientaux et vénitiens [Figure 67]. Un canal miniature et des mosaïques évoquent les interactions entre l'eau et l'architecture, créant un espace contemplatif dont la fontaine [Figure 68] reprend les éléments architecturaux du rez-de-chaussée côté canal.



Figure 67 : Jardin intérieur



Figure 68 : Fontaine du jardin intérieur

Ainsi, avec la rénovation de la fondation Querini Stampalia, Carlo Scarpa a transformé les défis posés par l'eau en opportunités. Il utilise les reflets et les mouvements de l'eau pour enrichir l'expérience spatiale. Ce projet résumé avec la planche trouvée sur archweb [Figure 69] met donc en lumière une approche où l'innovation technique sert à valoriser les caractéristiques uniques du site tout en répondant aux défis environnementaux.

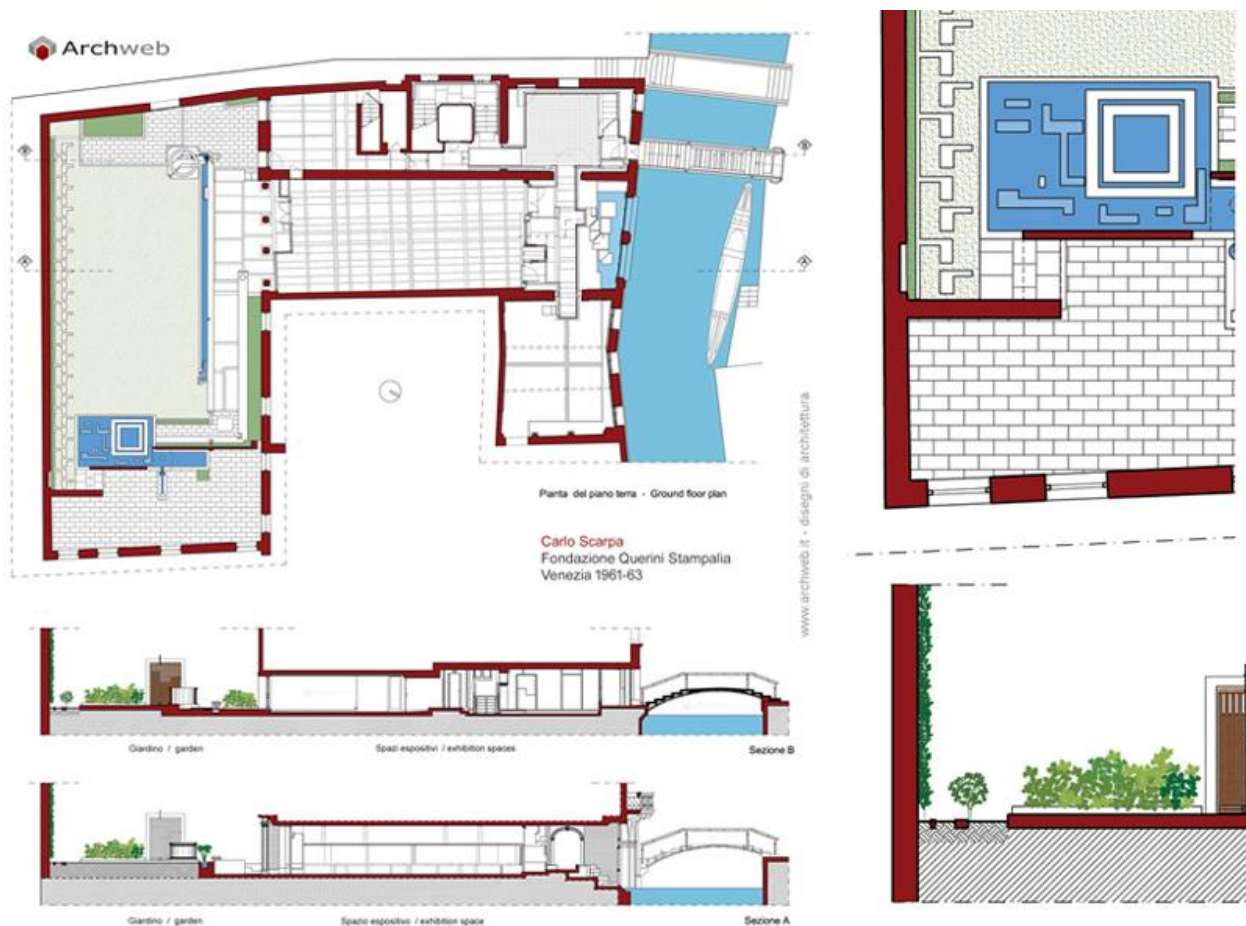


Figure 69 : Plan et coupes

J. Retranscription entretien Rodolfo Manzolli (ingénieur structure, Restauri Venezia), italien

Poi iniziare a presentare voi, con il tuo nome e lo chef ai en la vida ?

Si, allora io [...] e abbiamo una società di restauri, di restauri ed i li, a Venezia. E facciamo un po' tutti lavori che ci sono da fare a Venezia, quindi [?? 46.16sec] si al bajar ?? e nei anni ci siamo specializzati nel nelle cose un più particolari un po più anche difficile di Venezia che sono le fosse settiche e le vasche anti marea e un po' tutti quanti i sistemi particolare di Venezia ecco. Facciamo il restauro dei piani terra hanno il problema dell'acqua alta. E anche degli delle murature con l'umidità di salita, quindi tutti sistemi risalita per l'umidità si salita. E questa e un po che facciamo.

OK grazie. Quindi questi lo che.. Ci sono unicamente a Venezia che ci sono queste tipo di lavori?

Si, sono quasi molto comune a Venezia pero posso ca?? anche d'altre parte perché se anche uno a una casa magari vicino a un fiume, o dove ci sono eeh falde ruissele, etc etc, quello che noi facciamo con le vasche anti marea va bene anche in altri contesti dove ci sono problemi di acqua.

Ok grazie. Ho anche una domanda sulle vasche di contenimento. Perché ho capito un po come funziona il sistema, ma puoi spiegare un po' perché non ho capito tutti i principi de queste vasche?

Allora un vasche anti marea sostanzialmente è come funziona una piscina, al contrario, praticamente. Quindi ha un fundo, in cemento armato, che deve essere calcolato in base anche al galleggiamento, perché un vasche anti marea potrebbe funzionare anche come una barca, potrebbe fare anche dei danni se non è correttamente calcolata, diciamo fare dei danni al suo applicato perché potrebbe tendere a galleggiare e spingere verso l'alto. Una vasca anti marea è composta normalmente dalla soletta, cioè dal fondo e dai muri perimetrali. I muri perimetrali devono essere collegati al fondo, in modo che non ci siano infiltrazioni di acqua. Una vasca di marea è un lavoro molto particolare o è un lavoro

perfetto o è un lavoro che non funziona. Perché anche un piccolo buco, un piccolo difetto può renderla, non dico inutile, ma fa passare l'acqua. Quindi E' composta di solito in cemento armato oppure con dei materiali speciali e ha tutto un sistema suo di collegamento in modo che non ci siano infiltrazioni quindi per fare una cosa anti marea fatta bene servono anche dei prodotti che si chiamano idroespansivi che sono di solito a base di bentonite saudica che a contatto con l'acqua si gonfiano e quindi vanno a bloccare con tutte le infiltrazioni di acqua che potrebbero succedere per esempio tra le riprese in getto del calcestruzzo ci sono anche dei teli speciali che vengono messi dietro e insomma ecco è un po' difficile anche perché una vasche anti marea va studiata in base a dove va fatta, in base all'altezza sul medio mare.

in base al palazzo, come è fatto e alle caratteristiche che richiede di molti tipi diversi a seconda dell'occasione e del lavoro da fare con la giusta ecco.

Ok, ma prendete in conto il fatto che il livello di Venezia è sempre di più basso e quindi avete un po' di... scusa, non so come si dice... qualche centimetri in più in caso in 10 anni il livello è più basso quindi è già preparata?

Noi non guardiamo tanto a questo fenomeno perché se il livello del mare nei prossimi 50 anni si alza di qualche centimetro, a Venezia non è che cambia tanto. Magari cambierà tra 100 anni, cambierà tra 200 anni. Ma per noi che lavoriamo e che siamo ai prossimi 30 anni non sarà un innalzamento del livello medio del mare di 5 cm a creare dei problemi. Perché? Perché le maree a Venezia vanno da rispetto allo zero sul medio mare, le maree vanno da periodi di bassissima marea che arriva meno anche a meno 80, ha acque alte eccezionali periodi di acqua alta di giornate di acqua alta eccezionali che sono arrivate anche a un metro e 80 quindi ci sono due metri ci possono essere due metri due metri e mezzo di escursione. Normalmente a Venezia abbiamo 80 centimetri sul medio mare, più 80 centimetri. Quando abbiamo un'acqua alta, abbiamo un'acqua alta a un metro, un metro e dieci, un metro e venti, un metro e cinquanta è già un'acqua altissima, che capita pochissime volte nell'arco degli anni una acqua alta un metro e sessanta un metro e settanta capita una volta ogni venti anni quindi e questo dipende dalla luna dal meteo

dalle correnti nell'adriatico nel mar adriatico dipende da tantissimi fattori quello che noi facciamo quando facciamo una vasca anti marea ci prepariamo a proteggere il nostro appartamento, il nostro negozio, qualsiasi cosa, ci prepariamo a proteggerlo per una quarta che potrebbe arrivare normalmente a un metro e settanta. Vuol dire che se arriva una quarta a un metro e novanta può essere che l'appartamento vada sotto acqua, ma tante volte è inutile fare un costo per spendere tanti soldi per proteggere tanto quando il rischio che arrivi una quarta a un metro e ottanta è una volta ogni venti anni.

Poi, negli ultimi anni, una cosa molto importante, noi a Venezia abbiamo costruito il MOSE, che è un sistema di paratie, di dighe, che lo conoscerete perché è molto famoso, che entra in funzione quando le maree superano un metro e dieci, un metro e quindici. Allora entra in funzione il MOSE. Quindi oggi tante persone che devono fare un investimento sul piano terra, se hanno il pavimento a un metro e venti, a un metro e trenta, tante volte non fanno neanche più la maschera di marea, perché dicono tanto c'è il MOSE e se il MOSE non funziona, pace. Quindi spendere 50.000 euro per, o anche di più, per il rischio che mi arrivi un'acqua alta a un metro e trenta e il MOSE non funziona, bisogna ragionare bene, perché può essere che piuttosto se capita e c'è una probabilità molto bassa, piuttosto mi convenga buttare via un po' di mobili. Una volta ogni vent'anni, sì, succede. È un po' questo il ragionamento. Un po' questo il ragionamento Quindi bisogna anche fare i conti con il portafoglio. Ci sono delle realtà molto importanti, banche, musei, cose molto importanti dove hanno delle cose molto preziose che costruiscono delle vasche anti marea molto grosse, molto fatte bene, che tengono fino a due metri. Ma loro lo fanno perché hanno dei tesori molto importanti da proteggere e allora il rischio che entri dell'acqua e che rovine magari dei quadri inestimabili è molto alto e allora li costruiscono delle vasche ma il rischio è calcolato al beneficio.

OK, Ho capito, quindi non fai queste vasche sempre ma solo quando è necessario. E ci sono caratteristiche che possono.. scusa non so come dire.. caratteristiche specifiche quando mettono vasche o tutti edifici possono avere queste tipe di vasche quando sono aggiungere a un canal?

Le vasche anti marea intanto vanno fatte se c'è bisogno di farle, perché se io ho un magazzino posso anche fare a meno di avere la vasca anti marea. Se viene l'acqua alta, entra l'acqua e poi va giù. La marea a Venezia ogni 6 ore cala e ogni 6 ore cresce. Quindi tante persone hanno dei magazzini e fanno entrare l'acqua, mettono le cose alte, non basse e quindi quando entra l'acqua entra e poi lo dia. Siamo abituati. Ovviamente bisogna sempre ragionare su quello che si può rovinare e quello che non si può rovinare, gli edifici possono avere tutte delle vasche anti marea io posso farla dove voglio ci sono certo che in certi casi magari se ci sono delle cose importanti per esempio se c'è faccio un esempio nella basilica di san marco: non potremmo mai fare una vasca di marea perché abbiamo dei pavimenti antichi che non si possono togliere e bisogna capire quello che ci sono strutture molto personalizzate, dipende dal fabbricato, dipende da tutto e quindi anche una cosa molto importante è che negli appartamenti o nei negozi ci sono, tante volte la Venezia, noi non abbiamo un impianto fognario, non abbiamo le fogne, abbiamo delle forze settiche, ?chilea?, altri scaricano, quelli vecchi scaricano. Quelli vecchi scaricano direttamente in canale. Alcuni hanno le fosse estetiche che sono delle vasche dove finiscono gli squami e vengono trattati e queste vasche vanno costruite. Se c'è una vasca di marea è un lavoro molto importante costruire bene tutte e due le cose. A volte abbiamo anche dei sistemi di pompaggio per le vasi di marea, che magari se c'è una vasa di marea che potrebbe avere delle infiltrazioni, mettiamo delle pompe, in modo che se entra l'acqua finisce tutta in un pozzetto dove poi viene pompata fuori. C'è la gente, alcune persone a Venezia non hanno vasi di marea, hanno solo delle pompe, quindi l'acqua entra e con la pompe la buttano fuori.

Ok ho capito. E per le vasche che è la vita di servizio? La durata di servizio?

Ah, è una domanda molto difficile, perché una vasca anti marea dovrebbe durare per decenni ma dipende anche dai fabbricati perché Venezia è costruita praticamente su dei pali chi a dati nel fango, nella laguna. In Venezia si muove sempre. Se io ho un palazzo e

questo palazzo ha un movimento importante, un cedimento importante del suolo, una vasca si può anche rompere, si può rompere, si può anche aggiustare. Quindi una vasca anti marea potrebbe durare anche, che dirai, di anni, come si potrebbe anche fessurare. Si potrebbe anche fessurare dopo dieci anni sei stabilitati a dei movimenti importanti. Tutto il cemento armato, ci sono anche questi idroespansivi, questi prodotti speciali che si gonfiano, che fino a un certo punto possono anche supportare una piccola crepa. E se si fa una piccola crepa, questi prodotti speciali possono ancheappare da soli la crepa.

Ok, e puoi ripetere il nome de questo cosa che sgonfio ?

I prodotti che sgonfio con l'acqua?

Si,

Sono prodotti idroespansivi e spesso sono a base di bentonite sodica.

Ok grazie

Forse se volete trovare qualcosa di fatto bene sulle vasche anti marea, anche qualche schema costruttivo, qualche scheda tecnica dei prodotti, io vi consiglio di guardare il sito della marca Volteco. La marca Volteco è un'azienda italiana che produce prodotti per l'impermeabilizzazione e si è specializzata negli anni per i prodotti per fare le vasche anti marea. Noi collaboriamo con Volteco da 30 anni e loro vengono tutti questi prodotti che servono per fare le basche anti marea e hanno anche sul loro sito degli schemi di posa che spiegano come usare i loro prodotti, come fanno la vasche anti marea, Poi Volteco vende i loro prodotti, noi invece usiamo i loro prodotti e è anche importante saperli usare bene e noi personalmente abbiamo anche delle tecniche nostre che abbiamo sviluppato negli anni sempre magari con i prodotti Volteco ma un po' nostre personalizzate.

Ok, e ho anche una domando su il tuo studio. Perché quando hai studiando.. Sei di Venezia? Prima del tuo lavoro?

Allora io? No, lo sono nato a Padova, vicino a Venezia, e mio padre ha iniziato a lavorare a Venezia nei anni 90, e lui ha sempre pero lavorato sul fiume, E' per quello che ha fatto un pochettino. Mio padre è anche una persona molto particolare. Lui ha fatto un sacco di brevetti su tante cose diverse, su tanti settori diversi. E quindi è sempre stata una persona

a cui piacciono le sfide e piacciono le cose difficili. Venezia a l'acqua alta è una sfida e una cosa difficile. Quindi suppongo lui ha, lui poi ha insegnato a me e vabbè, abbiamo fatto il nostro percorso insieme ecco.

OK, quindi tu hai imparato a lavorare non con il tuo studio ma con il tuo padre?

Io ho imparato un po' con lo studio perché ho studiato come geometra, ho imparato l'80% forse con mio padre e poi ho anche imparato lavorando perché sono ormai più di 20 anni che lavoro e quindi tante cose le ho imparate solo lavorando.

Ah Si certo, e hai visto un .. un.. come posso dire.. un cambiato in modo.. scusa devo capire come posso dire in italiano

Nessun problema, fai con calma, sei già molta brava

Grazie, mmh,

Se ho visto forse il weekend mi si è visto peggiorare il problema delle maree negli ultimi anni?

Si si si esatto!

Sì, sì. Negli ultimi anni sì. C'è una maggior frequenza di acque alte. Anche questo si può vedere sul sito del Comune di Venezia. C'è una sezione apposita dove ci sono tutte le acque alte significative anno per anno e si può vedere anno per anno quali sono le acque alte che hanno superato un determinato limite. Adesso non mi ricordo, mi sembra che segnino tutte le acque alte che superano i 1 metro o i 90 centimetri.

Ok, è molto interessante. Ma con il MOSE c'è una differenza?

Certo, il MOSE ha cambiato tutto. Il MOSE che sta funzionando da pochi anni, sono due o tre anni e basta che funzioni il MOSE. Il MOSE è la salvezza di Venezia. È stato molto ostacolato per motivi politici, ma dal punto di vista tecnico il MOSE è una meraviglia. Un'opera di cui Venezia aveva assolutamente bisogno perché veramente sta facendo la differenza. Perché oggi noi viviamo molto più tranquillamente con il Mose perché ci permette di avere più tranquillità. Non è una cosa sicura al 100% perché potrebbe sempre fallire, però con il Mose noi siamo tranquilli. Con il Mose noi siamo tranquilli. Gli

ultimi due anni sono stati molto belli per questo motivo e te lo sta dicendo una persona che con il Mose forse sono quello che perde più di tutti, perché io con l'acqua alta e con le vasche anti Marea ci lavoro tanto, quindi se il Mose funziona bene io perdo lavoro. Ma sono contento di perderlo. Sono contento di perderlo perché Venezia è una città che meritava quest'opera e quest'opera l'hanno fatta veramente bene, è un capolavoro di ingegneria, non sarà perfetta, avrà forse dei difetti, è un'opera molto costosa, è un'opera che richiederà manutenzioni molto costose ma è molto, a mio parere, è molto meno quello che costa di manutenzioni e che è costata costruirla quest'opera rispetto ai danni che succedono quando a Venezia arrivano a quei alte più alti. di un metro e dieci, un metro e quindici, un metro e venti. Perché un'acqua alta di un metro e cinquanta a Venezia è un disastro. Appartamenti quindi di acqua, ristoranti che devono buttare via tutto, è un disastro. Noi invece quando sentiamo che c'è un'acqua alta e che le cose lo alzano, è bellissimo. La salvezza di Venezia. Durerà 100 anni, come l'ho detto, non lo so, però intanto sta funzionando e sta funzionando bene.

Eh ho anche una domanda su, quante vasche installate in un anno? Quindi possiamo fare prime del MOSE e dopo.

Ah Dipende, dipende. Non è una cosa. Per noi non è uno standard, perché non facciamo solo vasche. Noi facciamo impianti, facciamo opere di ?elix? . Quindi può essere che un anno mi capitino da fare tre vasche anti marea, come può essere che non mi capitino di fare vasche anti marea per cinque anni. Non ne farò neanche una. Dipende. È come dire quanti bagni faccio in un anno. Bagni ne posso fare cinque, ne posso fare dieci. Vasche anti marea non ne facciamo tantissime, perché è un lavoro molto costoso e è un lavoro che non tutti ne hanno bisogno. A Venezia non ci sono solo i piedi di terra, ci sono tantissimi piani, primo piano, secondo piano, terzo piano, appartamenti che sono alti già di loro, quindi la vasca anti marea non serve. Proprio due giorni fa un cliente mi ha chiesto per una vasca anti marea e io gli ho detto guarda il tuo appartamento è molto alto, a te una vasca di marea non serve, butti via soldi, è inutile fare, il tuo appartamento è a 135. 130,5. È molto alto, 135, una vaschetta in marea non ti serve, c'è il MOSE. Se il MOSE non funziona, pazze, butterai via un divano, butterai via un letto, ma spendere oggi 50.000 euro per evitare di buttare via un divano, forse, forse, con una possibilità su 100, è stupido.

Piuttosto i soldi li spenderai in un'altra maniera. Quindi non tutti hanno bisogno delle vasche anti marea e quindi capita raramente. Una cosa invece che noi facciamo molto, molto, sono le fosse settiche, quelle per trattare le fogne, le acque. Le acque nere, quelle ne facciamo da 5 a 10 all'anno, dipende dall'anno, dipende da quello che ci chiedono. Può succedere che io magari per un anno faccio tanti tetti, o faccio tanti intonaci, o faccio tutti appartamenti alti, quindi non faccio né fosse settiche, nelle vasche anti marea. Dipende, noi facciamo quello che capita, quello di cui i nostri clienti hanno bisogno.

Ok, e ho anche una domanda. Hai mai sentito parlare dell'iniezione dei fluidi sotto la città?

Pf Sì, ci sono tantissimi sistemi che hanno studiato negli anni per aiutare Venezia, tra questi c'è anche l'iniezione di fluidi, perché ecco una cosa importante è che Venezia ha sia il problema dei mari che si alzano, anche se si alzano molto lentamente, un altro problema che aveva Venezia è che negli anni 50 anni fa, 70 anni fa, forse anche di più, hanno estratto gas. Gas da metano hanno estratto gas dalla laguna e traendo gas Venezia stava affondando perché Venezia è praticamente come se fosse sopra una grossa palla di gas e togliendo il gas Venezia ha cominciato a andare a sprofondare. Subsidenza si chiama questo.

Eh si ho un po' studiato questo fenomeno

Anno dopo hanno capito e quindi hanno smesso di estrarre gas, lo hanno vietato e hanno pensato anche di vietare acqua per compensare questa mancanza di gas che hanno estratto. Poi non lo so se sono cose che hanno fatto o che faranno. Ci sono anche degli altri sistemi, ci sono anche sistemi di alzare i fabbricati con martinetti idraulici alzare tutti i fabbricati alcuni lavori sono stati fatti a Venezia di lanciare dei fabbricati praticamente hanno proprio alzato tutto il fabbricato di vari centimetri per fare anche dei lavori del genere per alzare in termini palazzi alzarli da un metro di quello che serve

Ok, mmh, non so se ho altre domande, non lo so adesso, ma era molto chiaro.

Bisogno, io sono disponibile magari sempre un po' alla sera, se hai bisogno di qualcos'altro mi puoi pure chiedere. Ti chiederò io un piacere, se è possibile, se tu fai questa tesi, ti chiederò magari come file se posso averne una copia.

Ah si si certo! Nessun problema, ma solo è che la mia tesi è in francese

Non c'è problema, se è un file possiamo tradurela, puoi io papa parla molto francese

Ok grazie mille buona serata

Anche a te

K. Retranscription entretien Clemens Kusch (architecte)

Quindi no so se hai capito un po' lo che sto facendo.

Parli bene l'italiano?

Eh si un po', non molto bene ma posso capire un po'.

Ma tu me senti?

Sisi, e tu?

Sisi te sento bene.

Perfetto, quindi per il mio ultimo anno di laurea magistrale sto facendo un tesi su come funziona un po' la preservazione di Venezia, in un punta di vista architettura, e anche un po' su l'acqua, come l'acqua funziona a Venezia con i edifici e tutto. Quindi ho visto il tuo libro su il guida di Architettura a Venezia. Pensi che puoi presentarsi prima?

Si, Allora , la situazione del problema dell'acqua e dell'acqua alta, in particolare a Venezia, è sicuramente cambiata in maniera molto forte da quando è entrato in funzione il MOSE, cioè dal 2019. Il MOSE è il progetto che chiude le tre bocche di porto, cioè i tre collegamenti della laguna con l'aria aperta in caso di acqua alta. Nella guida c'è anche un breve capitolo su questo sistema. È un sistema che ha costato più di 5,5 miliardi di euro e ci sono voluti tantissimi anni per realizzarlo. Nel 2019, il 12 novembre, c'è stata un'acqua alta eccezionale, la seconda più alta mai registrata, con un livello di 1,90 m sul medio mare, che vuol dire che quasi tutta Venezia era ?ammagata?.

La misurazione avviene da una quota di medio mare, che è lo zero assoluto, e bisogna considerare che San Marco ha una quota del pavimento di circa 90 cm, quindi vuol dire che a piazza San Marco c'era un metro d'acqua in tutta la piazza. E poi nel resto di Venezia c'erano, a seconda della posizione, almeno di 20-40 cm d'acqua dappertutto e questo ovviamente ha bloccato non solo la circolazione, ma ovviamente ha legato molti piani terra. Lo stesso studio, lo stesso mio studio, ha avuto quasi mezzo metro di acqua, e ovviamente tutti i negozi, attività commerciali e così via. Poche settimane dopo è entrato

in funzione per la prima volta il MOSE che ha chiuso le bocche di porto con queste dighe mobili e quindi ha impedito che l'acqua in certe condizioni climatiche, quindi quando c'è vento, quando c'è pressione e c'è appunto il massimo dell'acqua alta, cioè della marea, impedisce che Venezia sia allagata e questo da l'ora, dal 2019, ha funzionato.

Ha funzionato bene, nonostante anche tutte le polemiche e tutti i dubbi prima che venisse realizzato sul funzionamento, ha funzionato e adesso anche oggi c'è stata un allarme, i veneziani ricevono un segnale su un sms quando è prevista la marea e se entra in funzione il Mose o meno e quindi diciamo il Mose entra in funzione con una marea al di sopra dei 110 centimetri. Perché ovviamente ogni volta che si chiudono questa barriera ha un costo enorme di gestione e in più non si può neanche chiudere troppo spesso perché altrimenti lo scambio dell'acqua tra la laguna e il mare aperto non avviene e la Venezia nella laguna sarebbe stagnante con problemi di inquinamento e così via. Quindi il sistema di ricambio dell'acqua avviene attraverso queste tre aperture, queste tre bocche di porto.

Quindi da quel momento entra in funzione regolarmente e sta funzionando direi bene. Ovviamente le polemiche ci sono ancora perché comunque è un costo di gestione molto elevato di diverse centinaia di migliaia di euro all'anno ogni volta o anche di più ogni volta che viene chiuso quindi sono comunque costi molto elevati. Questo permette comunque la città di continuare a vivere, a funzionare, non avere problema dell'allargamento del piano di terra, dei negozi e così via e quindi questo funziona. (5min59) L'altro problema invece è quello del risanamento degli edifici, cioè che comunque l'acqua si alza, cioè sale per la muratura e comporta la risalita, comporta umidità delle murature, dei vintonici e così via. In questo problema ci sono diversi sistemi che sono stati usati nel tempo per ovviare, ad esempio fino a qualche anno fa si inseriva una lastra di piombo a una certa altezza, che diciamo ha di sopra della quota anche dell'acqua alta per impedire che ci sia una risalita dell'acqua sulle murature o vengono realizzate delle vasche, una sorta di vasca di cemento armato nel piano terra che poi anche con delle barriere sull'ingresso si vedono in giro per Venezia queste barriere di acciaio che vengono messe quando c'è la falta.

Si ho fatto un'intervista con un, con qualcuno che lavora in una società che fa vasche di contenimento.

Esatto, quindi vengono anche realizzate queste vasche cemento, quindi hanno una sorta proprio di piscina negativa, l'acqua rimane fuori e così si impedisce che entri dentro le case, dentro i negozi. Un altro sistema che viene usato adesso molto, cioè vengono fatte delle iniezioni di materiali particolari della "mela" muratura che poi si espandono e fanno anche questa una barriera contro la risalita dell'acqua in questi casi, quindi ci sono diversi sistemi. ci sono diversi sistemi a Venezia.

Si sta in questi anni risanando molto, io dico sempre che la condizione attuale del patrimonio edilizio è sicuramente uno dei migliori negli anni, perché dopo guerra, negli anni 50 e 60, c'erano molti problemi, c'era molto degrado, ovviamente anche prima, anche nell'Ottocento, dopo la caduta della Repubblica di Venezia, è stato un lungo periodo anche di decadimento e anche di sovrappopolazione.

Oggi ci sono meno di 50.000 residenti e una volta erano quasi 150.000, però ovviamente non vivevano tutti in palazzi, ma molti vivevano anche in condizioni igieniche molto critiche, quindi il risanamento, il restauro e la conservazione degli edifici a Venezia in questo periodo è molto buona, ritengo. Ci sono ovviamente ancora anche edifici in cattive condizioni in molti palazzi.

Diciamo purtroppo per certi versi sono stati trasformati in alberghi o in fondazioni, in istituti d'arte e così via perché ovviamente diciamo le famiglie che si possono permettere di mantenere un palazzo con tutti i costi che ne derivano anche quelli di restauro sono sempre di meno ovviamente quindi diciamo ovviamente gli alberghi sono troppi però d'altra parte invece chi realizza un albergo, chi lo restaura diciamo comunque fa dei gravi investimenti anche per restaurarlo e per tenerlo in vita diciamo così quindi quello è un duplice aspetto.

Quindi questa è un po' la situazione, però Venezia ha sempre vissuto con l'acqua e l'acqua è stata anche la sua forza, perché Venezia è riuscita ad arrivare allo suo splendore, alla sua ricchezza, perché aveva l'acqua intorno come protezione, cioè Venezia non ha mura di protezione, non ha porte, perché era protetta dalla laguna. Lo stesso Napoleone,

quando ha conquistato Venezia, non ha dovuto combattere, ma il doge si è dimesso e Napoleone era davanti alle porte di Venezia ed è potuto entrare tranquillamente perché in Doge si era dimesso nel maggio del 1798 e quindi è stata la protezione della città e in più ovviamente per la navigazione, per tutto il dominio del Mediterraneo che ha avuto e perché appunto da qui partivano le navi con i commerci, con tutto l'Oriente e da qui poi invece partivano viceversa le merci in tutta Europa e questo ha portato alla fortuna anche di Venezia negli anni passati.

Ho una domanda, hai visto un'evoluzione di modo di costruire tra i anni, per esempio, quando hai iniziato a fare architettura e adesso, una maniera differente di costruire?

Sicuramente sono state perfezionate le tecniche anche con nuovi materiali, quello senz'altro, però ovviamente gran parte di Venezia è tutelata dalla sovra tenenza e non si possono fare modifiche delle facciate, nei palazzi neanche della distribuzione interna e così via, quindi l'immagine e i materiali devono essere quelli tradizionali. Poi ovviamente nel restauro strutturale sono state anche adottate tecniche nuove.

Le tecniche tradizionali, cioè la muratura e la pietra naturale sono ancora le tecniche più usate. Il cemento armato si usa in alcuni casi, ma proprio se gli edifici sono completamente crollati o instabili, l'acciaio si usa poco. Ovviamente a Venezia anche per la collusione, però esistono anche i progetti di interventi di acciaio. Quindi c'è stata un'evoluzione, ma non uno stravolgimento, non una rivoluzione delle tecniche costruttive. E si recupera spesso anche le tecniche costruttive di una volta.

Ok, Ci sono un po' di edifici come l'edificio amministrativo INPS, che molto moderno, quindi gli architetti hanno utilizzato le stesse tecniche?

No, in quel caso, diciamo, quegli edifici come questo dell'Inps e altri edifici sul Rio Nuovo. Il Rio Nuovo è stato realizzato nel 1932, quando è stato realizzato anche il Ponte della Libertà, cioè il Ponte Automobilistico per Piazzale Roma. Il progetto prevedeva appunto di questo canale di collegamento veloce da Piazzale Roma a Canal Grande per permettere di, diciamo, raccorciare i tempi per arrivare a centro, quindi a Piazza San

Marco. E lungo quel canale sono nati diversi edifici, diciamo, moderni come sede di amministrazione, di enti pubblici e così via. E lì era un periodo in cui quelli sono degli anni Sessanta, 65 in cui si voleva introdurre, o si pensava appunto di introdurre anche un linguaggio e una tecnica moderna nella costruzione di Venezia, quindi anche facciate più moderne, poi gli architetti hanno cercato un po' di coniugare nuovo con comunque una coerenza con Venezia, quindi diciamo quelli sono legati a un periodo particolare. Successivamente sono nati, diciamo dagli anni 70, 80 e poi, sono nati pochissimi edifici nuovi nelle parti centrali, diciamo più o più ad intendere parti periferiche, in particolare gli interventi di inizio residenziale popolare alla Giudecca o a San Giobbe e così via, ma non sul Canal Grande. Anche gli stessi grandi maestri, Frank Lloyd Wright, non ha potuto realizzare il suo progetto sul Canal Grande e Aubrey Colbusier non ha realizzato il suo ospedale e anche altri architetti, quindi sono pochi gli interventi moderni in posizione così sul Canal Grande o in posizione comunque molto visibile e esposta.

Ok, e quindi queste nuove edifici che hanno realizzato, sei se c'è una cosa particolare per che l'acqua non entra. Per esempio c'è la fondazione Querini dove l'acqua entra nell'edificio.

Allora, diciamo negli edifici moderni, nuovi, si è cercato comunque di portare il pavimento a un livello più alto in maniera che l'acqua non entrasse, quindi andare fuori dal rischio di acqua alta. E poi Carlo Scarpa, che era un genio, ha fatto esattamente il contrario, cioè non ha impedito all'acqua di entrare, ma ha fatto sì che l'acqua entra in determinate zone dell'edificio, cioè in maniera diciamo così controllata, e praticamente trasforma l'ambiente a seconda diciamo del livello dell'acqua, la luce, i riflessi e così via. Ha permesso all'acqua di far parte del disegno dello spazio e questo è una cosa assolutamente raffinata e particolare che ha fatto Carlo Scarpa come tante altre cose che ha fatto a Venezia. Io dico sempre su lui, ha pensato qual è il modo normale di fare le cose, ha detto sì allora io faccio il contrario e così ha inventato tante cose nuove. Come la stessa fondazione perini dove si entra da una finestra o si entrava in origine da una finestra perché il ponte che c'è, quell'originale di legno, era entrambi da una finestra.

Ok grazie, e fai ancora progetti a Venezia?

Sì, allora noi come studio seguiamo progetti di restauro a Venezia, però lavoriamo anche molto per la Biennale e anche adesso stiamo seguendo un progetto di recupero, una metreria a Murano, quindi sì, però insomma lavoriamo in diversi settori, in particolare molto per la Germania perché io e i miei colleghi siamo bilingue italiano-tedesco. Ok, ok, va bene.

Diciamo gli interventi ovviamente più grandi a Venezia adesso avvengono sulle isole, su Murano in particolare, perché a Venezia diciamo di nuove costruzioni praticamente non se ne fanno più se non recuperare appunto edifici esistenti per funzioni diciamo espositive molto spesso e comunque recupero e trasformazione di edifici esistenti anche ad Arsenale, si lavora ancora per spazi che diciamo vengono riconvertiti anche lì per la Biennale, però si tratta ovviamente di recupero, di qualificazione, non di nuovi volumi.

OK, Bug en italien

Vous pouvez essayer de parler français je comprends un petit peu.

Ah ok merci, je suis désolée mon italien n'est pas très très bon. Est-ce que vous avez des formations à suivre pour être à jour sur l'évolution par exemple du niveau de la ville, si y'a des nouvelles modélisations qui sont faites par rapport à la montée des eaux ou autre?

Sì, allora ci sono ovviamente all'università, ci sono studi e ci sono alcune istituzioni o imprese private che fanno anche formazione. C'è una bella realtà che si chiama Unisve che è un'impresa di restauro, però fa anche corsi di formazione per le tecniche di realizzazione veneziane e ci sono poi corsi di aggiornamento per gli architetti. Per gli architetti su diverse tematiche fatte da ingegneri, da professionisti o anche insieme a delle imprese.

Scusa come se scrive Unisve?

Allora aspetto che te ditto anche. Allora è proprio se tu vai su internet "UNISVE"

Ok ho visto grazie.

E lì ci sono anche appunto redetti e loro fanno anche dei corsi.

Ok grazie.

Quindi c'è anche laboratori, spazio espositivo, workshop sull'artigianato, restauro, conferenze e così via. E puoi c'è anche l'università IUAV.

Ok perfetto, Pensi a un progetto in particolare che è forte per la gestione dell'acqua?

Sicuramente l'avrei già citato Scarpa, che però non è recentissimo, di progetti più recenti. Non saprei, ad esempio il progetto di Tadao Ando per la punta della Dogana, sicuramente un progetto molto attento anche alle tecniche e anche con l'introduzione di materiali nuovi come il cemento armato e credo anche come attenzione all'acqua alta. Adesso bisognerebbe vedere un attimo più in dettaglio, però sicuramente quello è un progetto interessante da guardare.

Ok vabbé, grazie mille ancora per il vostro tempo.

Volontieri, E buono studio e poi quando vieni a Venezia fatti sentire.

Ok grazie mille, va bene, ciao