

# Conférence « Peut-on sauver Venise? »

«On ne conquiert pas Venise. On ne l'invente pas. Venise a son dieu sur les campaniles, son démon partout»

Salvatore Settis «Si Venise meurt»

Introduction: le 4 novembre 1966

- Venise et sa lagune, un écosystème fragile
- La cité historique et sa construction
- Les démons de Venise : un exode préoccupant, tourisme de masse et bateaux de croisière.
- Les menaces climatiques: la circulation des vents, la subsidence, le niveau des eaux, l'acqua alta et les conséquences sur les bâtiments
- La pollution et la modification de la morphologie lagunaire
- MOSE un chantier sans cesse retardé entre surcoût, corruption et malfaçons
- Les politiques régionales, nationales et le rôle de l'Unesco

Conclusion

.....

Introduction

**4 novembre 1966: le jour le plus long et le plus noir de l'histoire de Venise**

Ce fût une journée noire pour Venise. Poussée par un fort Sirocco (vent de Sud-Est) l'eau est montée à 194 centimètres dévastant de nombreuses habitations. La place Saint Marc resta noyée sous 120 centimètres d'eau, **pendant 30 heures...** en plus d'une eau très haute à Venise, il y eut une violente tempête qui rompit en plusieurs endroits les lidi, entra dans les villas du Lido Maggiore, Tre Porti, Malamocco, Chioggia, causant des dégâts économiques et artistiques considérables. 5 000 Vénitiens perdirent leur habitation et l'idée panique d'un éventuel engloutissement de Venise par la mer gagna toute la Planète.

Ce fut le point de départ de l'action de l'Unesco pour la sauvegarde de Venise. Elle définit en 1987 **Venise et sa lagune comme un ensemble de biens culturels et naturels présentant un intérêt exceptionnel pour l'héritage commun de l'humanité.**

Il s'ensuivit de très nombreuses initiatives, nationales et internationales, pour sauver les œuvres d'art et préserver ce patrimoine de l'Humanité. De très nombreuses études furent menées pour décrire et comprendre tous les problèmes de la ville et de sa lagune. Aucune autre ville n'aura été examinée avec autant de minutie et avec autant de moyens.

**Les 4 marées exceptionnelles en une semaine du 12 au 18 novembre 2019, dont une à 180cm et une autre à 160cm, du jamais vu dans l'histoire de Venise, alertent à nouveau sur la gravité de la situation et l'urgence de solutions.**

# Venise et sa lagune: un écosystème fragile

## Description et évolution du système lagunaire

La lagune de Venise est une surface de 550 km<sup>2</sup> de zones humides et d'eaux saumâtres connectée à la mer par trois embouchures (du nord au sud) : Lido, Malamocco et Chioggia. Elle est implantée dans le bassin de l'Adriatique du Nord, qui est lui-même bordé au nord par les Alpes, au sud et à l'ouest par les Apennins et à l'est par les Alpes dinariques. L'environnement de la lagune de Venise est un écosystème complexe, résultat de la rencontre des systèmes aqueux terrestres et maritimes. La lagune est un écosystème transitionnel qui incorpore des interactions entre un environnement terrestre et un environnement maritime, y mêlant eaux douces et eaux salées ainsi que des cycles de flux et reflux de marées. Il s'agit également d'un environnement maintenu artificiellement par des actions humaines couvrant plusieurs siècles, et ce non seulement afin de permettre le développement d'une communauté de vie mais aussi afin de maintenir un système de défense particulier. Ce dernier est basé sur la faible profondeur de la lagune, qui protège les habitants des invasions tant terrestres que maritimes. Dans cet ensemble, interagissent des processus naturels physiques, chimiques et biologiques et des actions humaines diversifiées. Son bassin de drainage couvre lui une surface de 1850 km<sup>2</sup> abritant une population de plus d'un million d'habitants ; 40% de cette zone étant en-dessous du niveau de la mer, en particulier les zones sud et celles bordant la lagune. Les zones cultivées ou destinées à l'élevage occupent 70% de la surface.

La profondeur moyenne de la lagune est de 1,1m. L'amplitude des marées varie de 0,6 à 1,1m. La lagune inclut la plus grande zone humide d'Italie (70 km<sup>2</sup>) et une des plus importantes de Méditerranée en termes de diversité et d'abondance. Elle est un sanctuaire servant d'étape de migration hivernale et d'aire de reproduction à quelque 200.000 oiseaux et d'habitat permanent à une soixantaine d'espèces d'oiseaux et de nombreuses espèces aquatiques.

Elle comprend un réseau de canaux artificiels de plus de 1.500 km dont les plus importants peuvent descendre à une profondeur de 20m. Elle se compose de quatre types d'habitats principaux :

**Les surfaces sous eaux en permanence vont de celles peu profondes aux canaux profonds.** Dans les eaux peu profondes, on trouve des herbiers marins qui aident à stabiliser le fond du lagon et servent de nurserie à la reproduction des poissons.

**Les vasières sont le plus souvent immergées,** n'émergeant qu'à marée basse, riches en invertébrés importants tant pour l'économie locale (palourdes) qu'en tant qu'aire d'alimentation et de nidification pour certains oiseaux. Elles interagissent avec les canaux mineurs et influencent les formations et érosions des marais salants.

**Les marais salants sont partiellement couverts d'eau à marée haute.** Les plantes tolérantes au sel qui y poussent font le lit d'une vie sauvage assez riche et diversifiée. Ils sont distribués de manière irrégulière dans la lagune et présentent des surfaces très variables, allant de quelques mètres carrés à plusieurs hectares.

**Les îles intérieures à la lagune et les trois bandes de terres séparant la lagune de la mer Adriatique.**

Le bassin de la lagune de Venise est séparé de l'Adriatique par 60km de lignes côtières, du nord au sud, Jesolo, Cavallino, Lido, Pellestrina, Sottomarina et Isola Verde, interrompues par les rivières Sile (au nord) et Brenta (au sud) et les embouchures du Lido, Malamocco et Chioggia. Cette zone

côtière, les *lidi*, s'est formée progressivement par l'accumulation de masses de sables et de sédiments chassées par les fleuves mais gardées à proximité des côtes du fait des vents de tempête et de l'action contraire de la mer, créant des barrages sableux de dunes.

Des sept embouchures originales, **trois furent conservées**. Les jetées qui les bordent interrompent la circulation littorale du courant, ce qui cause, au sud de chaque jetée, une dégradation des plages côtières, et au nord, un développement de celles-ci. Avec la construction de longues jetées aux embouchures de la lagune, les entrées de ces dernières ont été avancées de quelques centaines de mètres vers la mer, au-delà de la zone de déferlement où les sédiments demeurent en suspension durant les tempêtes, ce qui réduit la quantité de sédiments pouvant être ramenés au sein de la lagune lors des marées montantes. **Les zones sud de la ligne côtière, qui s'érodent par manque de sédiments, doivent donc régulièrement être renforcées.**

Dès les premières colonisations, la fonction défensive de la lagune de Venise est apparue comme essentielle et, **afin de contrer son ensablement progressif**, à partir du 15<sup>ème</sup> siècle, sept rivières furent détournées vers le nord ou le sud. Les plus importantes sont la Brenta, la Sila et le Piave.

Après la déviation des rivières, les canaux menant à l'Adriatique ont été modifiés afin d'accroître l'évacuation des sédiments vers la mer. **Ces cinquante dernières années, ces canaux ont été élargis et approfondis afin de permettre le passage de bateaux au tonnage de plus en plus importants. La lagune a également été fortement altérée par le développement de zones urbaines sur les îles et les zones de dunes côtières.** Actuellement, la lagune s'approfondit, en combinaison de la subsidence et de la montée des eaux, et s'aplatit de par la manière dont les sédiments circulent au sein de la lagune. **Le volume d'eau actuellement présent dans la lagune est actuellement estimé au double de ce qu'il était au 19<sup>ème</sup> siècle, et ce malgré la réduction de la surface totale de la lagune. Son évolution vers un format marin, où la teneur en sel est de plus en plus similaire à celle de l'eau de mer, entraîne la régression des marais salants et vasières, ainsi que la raréfaction des espèces présentes,** certaines ayant déjà disparu. Les aspérités du fond marin étant progressivement lissées, on observe une stagnation des eaux et un phénomène d'eutrophisation. Cette dernière pénalise la croissance des plantes aquatiques qui solidifient le fond de la lagune, rendant les fonds plus sensibles à l'érosion, ce qui, dans un cycle continu, renforce la disparition de plantes et espèces animales.

### Les marais salants et vasières

Les marais salants ont un rôle important dans la lagune puisqu'ils participent à la **dissipation de la force des courants et des marées**. Leur élévation moyenne est de 20 à 25cm au-dessus du niveau de la mer, avec des pics à 45cm, une hauteur correspondant à la zone intertidale. Ils sont sujets à des immersions périodiques lors des fortes marées printanières, pouvant atteindre 65cm, qui coïncident avec les périodes de pleine ou de nouvelle lune.

**La subsistance des zones humides dépend de l'import régulier de sédiments.** Dans la lagune, le processus naturel de déposition de sédiments est majoritairement causé par les fortes tempêtes, lorsque le niveau des eaux est haut et que de larges quantités de sédiments présents au fond de la lagune sont remis en suspension et sont déposés dans les zones humides alors immergées.

Plusieurs interventions humaines ont réduit la surface de la lagune et **causé des pertes massives**

**de zones humides** : la construction de la zone industrielle de Marghera, principalement implantée sur des terres asséchées (en 1919 puis en 1925), des assèchements à destination de l'agriculture en 1930, l'établissement de bassins fermés destinés à la pisciculture à partir de 1940, la construction de l'aéroport international à Tessera (1957), l'établissement d'une troisième zone industrielle et le dragage du canal Malamocco-Marghera en 1963. Une quantification de la perte de marais salants réalisée par le *Magistrato alle Acque* a estimé la superficie de marais salants à 72km<sup>2</sup> en 1930, 47km<sup>2</sup> en 1970 et moins de 45 en 1992, les plus grandes pertes se concentrant dans le centre de la lagune. Remontant plus loin, on estime l'étendue des surfaces de marais salants à 255 km<sup>2</sup> au 17ème siècle et à 47km<sup>2</sup> en 2003. **Ce serait 70% des *barene* qui auraient disparu entre 1800 et 1992, disparition due tant à l'érosion de l'eau et des vents qu'à un manque d'accroissement de l'élévation des zones humides nécessaire pour faire face à la montée relative des eaux.**

## La cité historique et sa construction

La cité historique est divisée en **six quartiers officiels (*sestiere*)** : Cannaregio, Santa Croce, San Polo, Dorsoduro, San Marco, Castello auquel on peut ajouter l'île lui faisant directement face, la Giudecca.

Historiquement, on trouve dans la lagune quelques ruines datant de l'époque romaine mais la véritable colonisation et la construction de la ville remontent aux **invasions lombardes du 6ème siècle. Trop profonde pour une invasion terrestre mais pas assez pour une invasion maritime, la lagune est vue comme un refuge idéal. Après avoir occupé l'île de Torcello, les colons s'établirent sur un groupe de 118 îlots qui allaient devenir la Venise historique.** Les premiers endroits d'établissement se firent sur des parcelles de terres composées de sols compacts sur lesquels furent posés de larges treillis de planches de bois dur servant de support aux fondations en pierres. **Les fondations du palais ducal sont de ce type.** Si certains bâtiments de la cité historique de Venise reposent sur du sol ferme, **la plupart d'entre eux sont construits sur un sol instable.** Afin de permettre la construction sur ce type de sol, il était nécessaire en premier lieu d'atteindre une part du sous-sol stable et solide, capable de porter le poids de la structure, à plusieurs mètres de profondeur (jusqu'à 9m) : **le *caranto*, une ancienne couche de limon argileux.** Les fondations sont constituées par une multitude de **long pieux (2 à 3m), en aulne, chêne ou mélèze, enfoncés dans le sous-sol, jusqu'au *caranto*.** Cette structure est ensuite couverte par une **couche de chêne puis par une couche de marbre d'Istrie**, qui présente la particularité d'avoir une **haute résistance à la compression (1.350 kg/cm<sup>2</sup>), à la salinité et d'être imperméable à l'eau** (taux de porosité de 0,1-0,5% , la porosité des briques en terre cuite étant nettement plus élevée, entre 20 et 55%). Cet ensemble forme des **sols flexibles**, permettant de s'accommoder des mouvements du sol résultant du compactage des sédiments.

Isolés de l'air par l'argile, **les pieux subissent un processus de minéralisation** et sont ainsi préservés de la dégradation. Le bâti en lui-même est composé d'**éléments légers** : bois, brique et plâtre. Toute cette construction devant se faire dans des conditions sèches, il était nécessaire de bâtir des quais asséchés temporaires protégeant l'endroit des eaux.

A la différence de nombreuses cités qui se sont développées de manière concentrique autour d'un point central - un carrefour, un château, une source - **la Venise des origines s'est développée depuis un certain nombre d'installations sur pilotis séparées par des canaux ou des étendues d'eau.** Au fil du temps, la structure des lieux se développa autour de la juxtaposition d'un modèle paroissial particulier : un *campo* (square public) destiné aux animaux, faisant front au canal et

disposant de pâtures pour les animaux et d'un espace destiné au commerce, un *pozzo* (puits) pour l'eau potable comprenant un système élaboré de captation de l'eau, une *scuola* (lieu de confraternité dévotionnelle) pour les rassemblements sociaux, une *chiesa* (église) pour les activités religieuses. S'y ajoutent les bâtiments d'habitation, dépendances et *palazzo* (palais) et les rues étroites (*calli*) connectant les parts périphériques au *campo*. Les bâtiments n'étaient pas contigus et pendant longtemps de larges surfaces restèrent dédiées à la culture de fruits et de végétaux. Progressivement, le réseau d'allées et de rues irrégulières propres à chaque îlot (*insulae*), et à l'origine réservé à un usage privé, fut organisé de manière plus systématique et devint un **espace collectif permettant de circuler au sein des îlots et les reliant par des ponts. 435 ponts.**

La lagune étant salée, **il était nécessaire de collecter au mieux les eaux de pluie dans les citernes des places publiques, les campi.** L'eau circule au travers de blocs de pierre blanche (*pillelle*) percés d'ouvertures (*gatoli*) où elle est filtrée par du sable propre. Afin d'éviter que cette eau ne puisse être contaminée par de l'eau saumâtre provenant de la lagune à la suite d'une inondation, la seule solution était d'élever continuellement le niveau des pavements de la ville. Au sommet des bâtiments, **on trouve des corniches et gouttières en pierre d'Istrie,** destinées à récolter les eaux de pluie et à les mener, via des conduits en pierre logés dans les murs, vers les **citernes** situées dans les cours intérieures ou sous **les puits centraux** des *campo* (places publiques). Cette importance accordée à l'eau douce se retrouve dans la législation : une loi de 1536, ne voulant pas qu'on puisse faire de l'argent avec l'eau, avait interdit l'usage des puits aux différentes corporations (teinturiers, barbiers, etc.).

**Les chevaux furent bannis de la cité en 1392, favorisant le développement du trafic par bateau. Avant la fin du 14<sup>ème</sup> siècle, la ville était équipée de ses structures fondamentales :** squares publics, églises, canaux et rues, immeubles publics et résidentiels, palaces. Elle ne devait plus vraiment grandir par la suite mais plutôt subir de nombreuses phases de transformations, atteignant la plus grande densité possible. Mis à part la construction des *Fondamente Nuove* au 16<sup>ème</sup> siècle, il faudra attendre le début du 19<sup>ème</sup> et les administrations successives de Venise par les Français et les Autrichiens pour que de **nombreux canaux soient comblés (une quarantaine de km de canaux furent comblés entre 1815 et 1889) afin de développer les possibilités de se déplacer à pied.**

## Venise et sa population: un exode préoccupant

En 1353, la cité comptait 133.000 habitants, 190.000 en 1570. Alors que la population résidant sur la terre ferme, estimée à 100.000 en 1950, a doublé, la population résidant dans le centre historique est passée de **175.000 en 1950 à 56.406 en 2014.** Le total pour la *municipalità* (Venise, Murano, Burano) étant de 61.692 au 1<sup>er</sup> juillet 2017. Il s'agit d'une population dont la **moyenne d'âge augmente** (45,5 ans en 1991, 48 en 2003, 49 en 2017), en conséquence de **la diminution des jeunes familles vivant dans le centre historique.** Il n'y a dans l'histoire de Venise que deux faits marquants ayant provoqué une telle chute démographique, la peste de 1358 et celle de 1630, suivies d'une nouvelle hausse de la population. Le solde démographique est devenu négatif en 2000: 404 naissances pour 1058 décès.

### 4 Novembre 1966 - La Fin de Venise - L'Exode des Vénitiens

Lors de l'Acqua Alta du **4 Novembre 1966**, tout le monde a vraiment cru que c'était la fin de Venise. Lorsque les digues qui protégeaient la lagune ont lâché, c'est un mètre d'eau qui est arrivé

dans Venise en moins de cinq minutes... plus d'électricité et de chauffage pendant trois jours, des familles entièrement ruinées, peu d'entre elles étaient assurées et de plus, les dégâts pour catastrophes naturelles n'étaient que rarement indemnisés à cette époque. C'est ainsi que plusieurs dizaines de milliers de Vénitiens ont alors fui Venise, définitivement, préférant s'installer et travailler en terre ferme plutôt que de vivre et faire de nouveau vivre à leurs familles un tel risque. C'est depuis cette époque que Venise s'est vraiment "vidée" de ses habitants et il faut craindre que l'épisode de novembre 2019, dont le coût des dégâts est estimé à un milliard d'euros n'accélère ce processus.

Cette diminution résulte **aussi du prix élevé du logement, des lois strictes encadrant les rénovations et de conditions de vie rendues difficiles non seulement par l'humidité et les inondations mais aussi par la raréfaction des commerces et des services nécessaires à la vie quotidienne**. En 2011 la diminution de la population résidente des 20-34 ans a atteint 34,4% (3.996 unités), la diminution moyenne pour les 20-64 ans étant de 16,2%, celle de la population totale de 10,1%. **La diminution de la population résidente accroît les coûts par habitant ; coûts liés à la vie quotidienne en ville (service médicaux, réparation des infrastructures, gestion des déchets, etc.), à la maintenance des monuments et à la maintenance de la lagune et de ses canaux**. En parallèle de ce lent exode, le nombre de *pendulaires* venant quotidiennement travailler dans la cité depuis le continent a atteint, en 2015, **62.000 entrant pour, 17.000 sortant**, l'échange se faisant majoritairement avec la commune de Mestre. **« Les VIP rachètent au prix fort les palais de prestige occupés 10 jours par an pendant que les vrais Vénitiens fuient»**.

Le taux d'emploi dans la région de Vénétie a diminué depuis les années 1980, depuis la régression de l'importance du rôle de l'industrie (qui compte encore 30% des emplois). L'industrie touristique est, a contrario, en croissance continue et représente 35% des activités économiques de la cité. **Le tourisme est donc une activité économique dominante mais qui génère en contrepartie de fortes pressions et externalités environnementales et sociales, tant sur la qualité de vie des résidents (congestion) que sur les structures physiques de la ville. « Le tissu de fonctions de la ville historique disparaît par morceaux, le monoculture touristique-hôtelière prend le relais»** L'artisanat vénitien disparaît au profit des boutiques de souvenirs tenues par des asiatiques, rien n'est fait pour reconnaître aux Vénitiens le «droit à la ville et le droit d'y travailler»

## **Les démons de Venise: tourisme de masse et bateaux de croisière**

Venise a longtemps été une destination touristique prisée par l'aristocratie, elle faisait notamment partie du Grand Tour entre le 17ème et le 19ème siècle, mais ce phénomène touristique ne concernait alors qu'un **nombre limité de visiteurs**. Depuis la seconde moitié du 20ème siècle, le nombre annuel de touristes a augmenté de manière significative, passant de 2 millions en 1950 à un nombre estimé entre **16.5 et 22 millions**, arrivant par avion (via l'aéroport de Venise, Marco Polo, et celui de Trévise), train, voiture, bateaux (de croisière, de plaisance et *vaporetto*). **L'UNESCO (2016), parle de 22 millions de touristes répartis en 8 à 9 millions d'excursionnistes et 12 à 13 millions de touristes résidents**. L'édition 2016 de *l'Annuario del Turismo a Venezia*, qui coordonne les données recueillies par l'Agence de promotion du tourisme à Venise (sur les arrivées et les présences), par la direction des grandes infrastructures et des services (port, aéroport, zone à trafic limité, billetterie touristique de transports en commun, etc.) et par les institutions culturelles de la ville, note qu'**on a dépassé les 10 millions de nuitées** dans la *municipalità* et que le nombre de **touristes ayant logé au moins une nuit a dépassé les 4,5**

millions. Les étrangers représentent plus de 85% de l'ensemble du marché du tourisme. L'industrie hôtelière loge la majorité des clients, environ 74%, tandis que le secteur non hôtelier se distingue par une plus longue durée du séjour (2,73 jours en moyenne par rapport à 2,14 dans les hôtels).

La majorité des touristes ne fréquente que peu les sites d'attractions (musées, palais, églises...) mais passe la majorité de son temps à déambuler au travers de la ville. Il suffit que l'on s'en écarte de quelques dizaines de mètres pour trouver des rues et ruelles quasi désertes. La capacité de charge constitue un point important au vu de la surface restreinte couverte par le centre historique et, en particulier, par ses quelques lieux emblématiques comme la place San Marco ou le pont du Rialto. L'expérience du visiteur peut être fortement détériorée à cause de la congestion causée par la foule, au point que certains visiteurs potentiels pourraient être dissuadés d'y venir. En 1988, une étude mentionna une capacité de charge de 20.000 touristes par jour, dont un tiers d'excursionnistes. Dix ans plus tard, on calcule la limite de la capacité de charge à 9 millions de visiteurs annuels, ce ratio était déjà en déséquilibre à l'époque, le flot de visiteurs à Venise étant majoritairement composé, non de touristes résidant sur place mais d'excursionnistes. La capacité journalière maximale qu'il mentionne est de 25.000 touristes. Cette capacité est dépassée les deux tiers de l'année, le nombre de visiteurs pouvant même atteindre les 200.000 lors d'occasions spéciales.

On distingue deux types d'approches de management touristique. L'approche dure implique l'installation d'infrastructures visant à empêcher physiquement les touristes d'adopter certains comportements. L'approche douce vise à changer le comportement du visiteur, principalement via des outils informatifs et marketing. Pour la première, prenons l'exemple de l'accès à la basilique San Marco qui est gratuit mais implique de faire une file souvent longue : le nombre de personnes présentes à l'intérieur de l'édifice étant limité, les visiteurs ne sont autorisés à y accéder que lorsque d'autres en sortent. En ce qui concerne la seconde, citons la carte multi-usage *Venezia Unica City Pass*. Achetable via internet sur le site [www.veneziaunica.it](http://www.veneziaunica.it), elle permet aux visiteurs de regrouper de nombreux services à un prix promotionnel. Cette approche facilite la gestion par le touriste de son séjour, ce qui contribue à réduire la congestion aux points de vente et d'information locaux. Elle facilite aussi la découverte de lieux et de services moins connus ou fréquentés, et favorise donc une meilleure répartition des touristes dans la ville.

Parmi les modes de gestion touristique envisagés, la taxe de séjour, longtemps rejetée par l'industrie touristique, a été implémentée en 2011. Mais l'argument avancé par ses opposants reste valide : est-il juste de faire payer une taxe aux touristes résidents alors que la majorité de ceux qui causent des dommages sont des excursionnistes ? A partir du 1er juillet 2020 un droit de « débarquement ou d'entrée » entre 3 et 10 €, selon la période d'affluence, sera demandé aux touristes et excursionnistes afin d'assurer les coûts d'entretien et de sécurité de la cité historique et des îles. Il devrait rapporter 50 millions d'euros. Sa perception sera faite par le biais des transporteurs publics et privés qui le reverseront à la municipalité.

Si le tourisme génère 35% des activités économiques, il est aussi à la source de 83% des déchets produits, les coûts attenants étant à charge des citoyens.

### Le scandale des « GRANDI NAVI »

Le port alloué aux bateaux de croisière et aux ferries, situé près de San Basilio à l'ouest de la ville, date de 1846 et fut construit par les Autrichiens afin d'être à proximité de la gare. Il est relié à la piazzale Roma par la route et, depuis 2010, par un métro aérien. Entre 1997 et 2012, le nombre

**de touristes embarquant et débarquant de navires de croisière a augmenté de près de 400%.** Pour un navire de 3.000 passagers, en moyenne, 750 empruntent les *vaporettos*, 630 les taxis, 1.170 le bus, 270 le train et 180 choisissent de marcher. **Cet afflux massif d'excursionnistes a un impact direct sur le comportement de la population vénitienne : une augmentation du nombre de touristes amenant à une baisse de la fréquentation des transports en commun par les résidents vénitiens.** Ceci s'explique par le fait que les passagers soient débarqués en masse au même moment, ce qui pose des problèmes d'encombrement, en particulier lors de la saison estivale où la capacité de charge de la ville est déjà à son maximum.

La jauge brute est une des méthodes de mesure de la capacité de transport d'un navire. Cette mesure s'exprime en tonneaux de jauge brute (ou tjb), ou en mètres cubes. Un tonneau de jauge brute vaut 100 pieds cubes, soit environ 2,832 m<sup>3</sup>.

Une étude de l'économiste Giuseppe Tattara de l'université *Ca'Foscari* (2013) met en avant le faible ratio coûts/bénéfices lié au tourisme de croisière. Selon lui, le tourisme de croisière ne contribuerait qu'à 1,9% du PNB, apportant **un total de 290 millions d'euros par an pour des coûts directs de 278 millions.** Coûts qui n'incluent ni les risques générés par la proximité des bateaux de croisière circulant dans la ville historique, ni les aménités générées par ces bateaux et leurs passagers : surpopulation touristique, émissions de toxines par les moteurs et incinérateurs, dommages aux bâtiments causés par le ressac. **De plus, ceux qui profitent directement des revenus générés, les compagnies de croisière et les autorités portuaires, ne sont pas ceux qui en subissent les inconvénients et les coûts liés.** On constate donc un comportement de "passager clandestin", bénéficiant des ressources et services sans vraiment participer à leurs coûts réels.

Les dépenses cumulées de ces touristes ont été estimées par la Commission européenne à 120 millions d'euros, un montant inférieur à celui avancé par les autorités portuaires. Les coûts économiques directs seraient de 194 millions. **Ce qui implique que, même sans considérer les risques de dommages aux monuments, les bénéfices sont inférieurs aux coûts.** La question sous-jacente de l'intérêt de ce type de prestations touristiques réside donc moins dans un équilibre entre le service proposé, son coût et ce qu'il rapporte, que dans le déséquilibre de l'attribution des bénéfices et des coûts : les premiers allant au port, aux compagnies et à leurs intermédiaires, les seconds étant supportés par la collectivité des habitants de Venise.

## Contestation

On peut faire remonter le début de l'opposition au passage des navires de croisière à proximité de la cité historique au 12 mai 2004, lorsque le navire de croisière allemand *Mona Lisa* s'est échoué dans le bassin San Marco, à quelques mètres de la riva degli Schiavoni. Depuis de nombreux groupes, dont le **Comitato No Grandi Navi - Laguna bene comune** portent le flambeau de la contestation et de la diffusion d'informations sur le sujet, accordant de nombreux interviews télé et radio pour des journaux du monde entier. Le 18 juin 2017, s'est tenu un **référendum populaire**, organisé non officiellement par le *Comitato No Grandi Navi* avec l'organisation environnementale *Ambiente Venezia*, portant sur l'interdiction d'accès à la lagune aux navires de croisière. Le résultat : **18.105 votants, dont 97,8% ont voté pour l'interdiction des grands navires dans la lagune.**

Face à ces contestations, **les autorités portuaires ont mis en place le *Cruise Venice*, une commission chargée d'organiser le secteur et de répondre aux critiques.** Elles publient également des campagnes de contre-information. Les autorités portuaires sont aussi à l'origine de livres minimisant les impacts des croisières et qui cherchent à démontrer que les opposants



aux croisières organisent des campagnes de désinformation, et nient les arguments relatifs aux dommages environnementaux. Reste qu'interdire la navigation des bateaux de croisière est une chose compliquée **puisque cette décision ne relève pas de la ville de Venise mais des seules autorités portuaires qui tirent une majeure part de leurs revenus de ce trafic maritime (45.000 euros par navire étranger accostant).**

**Enfin les derniers incidents, catastrophes évitées mais annoncées, constituent une alerte sérieuse: paquebot ivre et politiciens incapables (article 3 juin 2019 Le Point)**

*Statistiques et dossiers techniques à l'appui, les armateurs et les compagnies de croisières étaient pourtant formels: il était impossible qu'un paquebot soit victime d'un accident dans la lagune de Venise. La bataille des «no navi»est un combat d'arrière-garde mené par des nostalgiques de la décroissance heureuse qui veulent supprimer des milliers d'emplois. Mais dimanche 2 juin, à 8h34 du matin, cette certitude a volé en éclats.*

*Un black-out, encore inexpliqué, a transformé le MSC Opera, un immeuble flottant de 13 étages, long de 275 mètres et pesant 66 000 tonnes, en un paquebot ivre sur les rives de la cité des Doges. «J'ai vu qu'il prenait de la vitesse et fonçait vers le ponton des Vaporetto de San Basilio, où il y avait de nombreux touristes, a raconté Andrea Ruaro, qui pilotait un des deux remorqueurs ayant pris en charge le MSC Opera. J'ai mis toute la puissance pour le ramener vers le milieu du canal, mais c'était impossible.» Le paquebot prend encore davantage de vitesse, atteignant 7 nœuds, et, selon le préfet de Venise, « se comporte comme une voiture folle dont la direction s'est cassée». Il se dirige vers le quai et percute le River Countess, une sorte de bateau-mouche vénitien, avec 130 personnes à bord, avant de se planter dans le quai. Dans la panique générale, certains touristes se jettent à l'eau. Le bilan, cinq blessés légers, est miraculeux.*

**Jusqu'en 2012, le débat se concentrait sur l'incongruité esthétique de voir, toutes les 4 heures, se découper dans le canal de Giudecca, devant la place Saint-Marc, la silhouette de l'un de ces géants des mers, ces gratte-ciel flottants, dont certains atteignent 75 m de hauteur.** Mais, le 13 janvier 2012, le *Costa Concordia* devant l'île du Giglio en faisant 32 victimes. Un accident stupide, dû à l'inconscience du commandant, qu'aucune analyse technique n'aurait pu prévoir et qu'aucun équipement technologique n'aurait pu éviter. **Les paquebots ne sont pas seulement esthétiquement discutables, ils sont dangereux.** Et c'est à Venise qu'un accident pourrait avoir les plus graves conséquences. Des parcours alternatifs sont étudiés. Le plus simple consisterait à contourner Venise en entrant dans la lagune par la bouche de Malamocco jusqu'à Porto Marghera, où des embarcations plus petites prendraient en charge les touristes.

Un décret est signé en mars 2012. Mais ce sont trois écoles de pensée qui s'affrontent. Les purs et durs remettent en cause le tourisme de masse et voudraient interdire la lagune aux paquebots. Les « réalistes » souhaitent un contournement de Venise, mais l'acheminement des touristes dans la lagune. **Enfin, les compagnies de navigation ne veulent pas renoncer au défilé devant la place Saint-Marc, qui est le moment phare de la croisière. Page 136 S.Settis**

De lobbying en recours devant le tribunal administratif, les faibles gouvernements qui se succèdent ne parviennent pas à faire exécuter le décret. En 2018, le « gouvernement du changement »(alliance populiste Ligue/M5S) arrive au pouvoir. L'opinion publique s'est mobilisée et il est urgent d'agir.

M5S, hostile aux navires dans la lagune et qui détient le ministère des Transports, s'oppose à la Ligue qui soutient les commerçants vénitiens et les compagnies de navigation. **La confusion est totale, le projet de conduire les navires de croisière à Marghera reste dans les cartons.** Un *casus belli* supplémentaire entre les partenaires du gouvernement. « Une solution pour éviter les

*accidents en élargissant le canal de Porto Marghera a été élaborée l'an dernier, a déclaré Matteo Salvini, après l'accident de dimanche. Mais tout est bloqué par un ministère, et ce n'est pas un ministère de la Ligue.»*

**En septembre 2019, après la collision survenue en juin dernier à Venise entre un bateau de croisière de 65000 tonnes et un autre plus modeste, le nouveau gouvernement italien (alliance M5S centre gauche et centre droit) a annoncé, mercredi 7 août 2019, qu'il commencerait à détourner les navires du centre historique à partir du mois de septembre.**

Face à la commission des transports de la Chambre des députés, le ministre Danilo Toninelli, du Mouvement 5 étoiles, a affirmé qu'à partir du mois prochain, et jusqu'à la fin de la saison 2019, certains paquebots accosteront aux terminaux de Fusina et de Lombardia – loin du cœur de ville **mais toujours dans la lagune** –, ce qui contrevient aux prescriptions de l'UNESCO, afin de "réduire le trafic dans les canaux du centre historique" de Venise, lit-on.

**En 2018 594 navires ont traversé la cité des Doges soit presque 2/jour, l'objectif est de réduire de moitié en 2020.** Nous reviendrons sur la pollution engendrée par ces monstres dans la lagune.

## **Les menaces climatiques :la circulation des vents, la subsidence, le niveau des eaux, l'acqua alta et les conséquences sur les bâtiments**

### **La circulation des vents**

**Dans l'hémisphère Nord, la circulation atmosphérique a tendance à tourner dans le sens antihoraire autour d'une dépression (et dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'une haute pression). Un système d'importantes basses pressions situées sur l'Europe du nord induit un gradient de pression vers le sud-est. Canalisé et renforcé par les crêtes de montagnes côtières (cyclogénèse orographique), ce dernier produit un fort vent de Sirocco. Le cumul de ces phénomènes provoque les montées des eaux dans le nord Adriatique.**

**Soufflant depuis le sud-est, le Sirocco accumule les eaux dans le nord de l'Adriatique tandis que la Bora, soufflant depuis le nord-est, pousse les eaux vers Venise.**

La Bora est un vent catabatique, c'est-à-dire un vent gravitationnel produit par le poids d'une masse d'air froide dévalant un relief géographique. Souvent violent en hiver, il est mesuré en moyenne à une vitesse de 50 à 80 km/h, des rafales à 180 km/h ayant été observées sur le golfe de Trieste. Le Sirocco, quant à lui, est un vent saharien violent, sec et chaud qui souffle sur l'Afrique du Nord et le sud de la mer Méditerranée.

**Le vent Sirocco soufflant depuis le sud-est, la bathymétrie de l'Adriatique, plus profonde au sud et plus étroite au nord, et la forme de son bassin, qui canalise eaux et vents vers la lagune de Venise, peuvent provoquer des variations de niveau au sein de la lagune de plus de 60cm. La Bora peut y ajouter une élévation supplémentaire de plus de 20cm. Enfin, le nord de l'Adriatique est sujet à un phénomène d'oscillation des eaux, nommée seiche.**

**Une seiche est une oscillation de l'eau dans un bassin hydrique initiée par de petites secousses sismiques, par le vent ou par des variations de la pression atmosphérique. La période d'oscillation peut varier de quelques minutes à plusieurs heures. L'amortissement étant souvent faible, les oscillations libres peuvent se perpétuer longtemps après que la source de la perturbation a cessé ou, dans le cas d'oscillations entretenues, atteindre des amplitudes importantes par un phénomène de résonance.**

**Après l'impulsion due au passage d'une tempête, l'Adriatique subit ces oscillations particulières : la seiche principale a une durée de près de 22 heures, semblable à celle de la marée. Vient ensuite une seiche secondaire, d'une période de près de 11 heures. Il arrive**

fréquemment que le retour des ondes de seiche produise de nouvelles eaux hautes, même après que le phénomène météorologique se soit calmé, ce qui peut amener les eaux des ondes successives à se cumuler en hauteur, pouvant conduire à des pics de marée de plus en plus hauts. Suivant de fortes précipitations, les eaux envahissent la lagune et l'intérieur plat des terres. **Si, au même moment, la marée est haute et que ces vents forts poussent l'eau de mer dans les embouchures séparant l'Adriatique de la lagune, Venise se trouve coincée entre deux masses d'eau.**

### **La subsidence (=affaissement progressif)**

Depuis la fondation de Venise, l'élévation du niveau des eaux lié à l'eustasie compte pour plus d'un mètre. S'y ajoute **la subsidence locale, tant d'origine naturelle qu'anthropique. Elle est due, au niveau local, au poids des structures et à l'extraction d'eaux souterraines et, au niveau global, aux changements climatiques. Les changements climatiques affectent également le régime des pluies, ce qui influe sur le débit des cours d'eau, et sur la force des vents qui poussent les eaux vers le nord de l'Adriatique et, depuis l'est, vers la lagune.**

Dans la plaine du Pô, la subsidence naturelle peut se scinder en deux composantes.

**La première est une composante à long terme, résultant de l'activité tectonique et de la géodynamique terrestre.** Elle est active sur des périodes couvrant plusieurs millions d'années et causée par le **glissement de la plaque Adriatique sous les Apennins. Le taux de subsidence estimé, relatif à cette première composante, est de 1,0mm par an.** Il a été calculé à partir de données stratigraphiques recueillies via des forages de puits industriels.

**La seconde composante, plus récente (de l'ordre de milliers ou dizaines de milliers d'années), est relative aux changements climatiques, aux cycles glaciaires, ainsi qu'aux déversement de sédiments depuis les deltas et au compactage de ces sédiments.** Via l'analyse du Carbone<sup>14</sup> des sédiments récents, on est parvenu à estimer **la subsidence totale de la région de Venise à 1,3 mm par an.** Les travaux archéologiques d'Ammerman (2009), qui ont permis d'établir une courbe de subsidence portant sur les deux derniers millénaires, confirment cette valeur annuelle de 1,3mm. **Ce rythme lent est dû à la résistance du sous-sol, composé d'un argile limoneux compact et quasi imperméable, appelé caranto, formé il y a 6000-10000 ans.** L'affaissement régional a été estimé, par carottage profond à **4-5 cm par siècle**, mais peut être plus élevé pour les couches superficielles de la lagune, compte tenu du tassement des sédiments récents sous leur poids et sous le poids des bâtiments. Ce dernier, exerçant une pression continue sur les couches compactées de sédiments issus des rivières, en chasse progressivement l'eau, rendant cette couche de plus en plus fine. **Vu l'hétérogénéité du substrat, cette part de la subsidence est répartie inégalement au sein de la ville, entraînant des vitesses de subsidence différentes selon le lieu.**

**L'affaissement moyen du sol a été accéléré durant la période 1930-1970.** En cause : **l'extraction d'eau souterraine à destination des activités industrielles et portuaires de la région de Marghera, eau provenant de réserves aquifères profondes.** On a ainsi extrait jusqu'à un maximum de 1,5 millions de litres quotidiennement en 1969. Il fallut plusieurs décades pour découvrir que **cette eau servait de coussin amortisseur supportant les sols.** Ces pompages d'eaux souterraines ont eu comme effet une subsidence anthropique additionnelle estimée à 14cm suivie, après l'arrêt des pompages en 1970, d'une remontée du sol de 2cm. A titre de comparaison, **cette subsidence additionnelle de 12cm correspond à une période de 84 ans de subsidence naturelle.**

## Le niveau des eaux : l' eustasie : variation lente du niveau de la mer

### *Circulation des eaux*

Au sein de l'Adriatique nord, les pertes de chaleur subies durant l'hiver sont compensées par le flux passant par le détroit d'Otrante. Ceci est le résultat d'un échange latéral de chaleur se produisant entre le courant adriatique de l'est, qui remonte vers le nord le long de la côte est de l'Adriatique, et le courant côtier adriatique de l'ouest, qui descend vers le sud. Ce dernier subit au nord le forçage des vents et reçoit les ruissellements d'eau provenant du fleuve Pô. De ce fait, **la circulation des eaux aux embouchures de la lagune de Venise est connectée tant aux effets de forçage des vents qu'à la circulation des eaux dans l'Adriatique.**

### *Niveau relatif des eaux*

Le niveau relatif de la montée des eaux est estimé à 7mm par an durant la période de -4000 à 400, à 13mm par an entre 400 et 1897. Pour la dernière centaine d'années, **on a estimé cette valeur à 25cm, Mais si l'on en soustrait les 12 cm causés par la ponction des eaux souterraines au complexe industriel du port de Marghera, le solde restant, 13cm, est bien dans la continuité des mesures précédentes.** Les premières mesures du niveau des eaux datent de 1440, moment où fut créé le *Magistrato alle Acque* dont la mission était de mesurer le niveau des eaux en marquant d'un C (pour *Comune Marino*) le niveau qu'atteignaient les algues sur les bâtiments en bordure des canaux. La première **jauge de mesure des marées** fut installée en 1870 (à Santo Stefano), remplacée en 1897 par celle placée à **Punta della Salute**, à l'entrée sud du Grand Canal. En conséquence de l'enfouissement de Venise et de la montée des eaux, ce point de référence est actuellement 25cm plus bas que le niveau moyen de l'eau. Ses données conservées couvrent la période 1909-2000. En 2001, une nouvelle jauge l'a remplacée, installée en mer, **à l'entrée du port du Lido.**

Le niveau relatif des eaux est déterminé par nombre de facteurs et de paramètres, certains globaux d'autres locaux, influencés tant par des phénomènes naturels que par des facteurs de forçage anthropiques. **Au niveau global, le réchauffement des océans (qui cause une expansion du volume des eaux marines) et la fonte des glaces provoquent une montée générale des eaux. Au niveau local, les variations des conditions climatiques en Adriatique (force des vents, pression atmosphérique, etc.) et la subsidence, tant d'origine naturelle d'anthropique, influencent l'élévation et l'énergie des marées. L'étude des variations de flux d'eau au sein de la lagune a montré que 90% du total de ces variations est dû aux marées.**

### *Marées*

Les fortes marées dans la lagune sont le résultat de trois composantes : (1) **une composante astronomique** résultant du mouvement et de l'alignement des corps célestes, principalement la lune (marées de vives-eaux ou de mortes-eaux), (2) **une composante géographique** relative à la forme du bassin, (3) **une composante météorologique**, liée à un grand nombre de variables dont les précipitations, la direction et la force des vents, etc.

Lorsque **le marnage** (dénivellation entre la pleine mer et la basse mer) passe par un maximum, la marée est dite de vive-eau. Elle correspond aux phases de nouvelle lune et de pleine lune. Elle s'explique par les effets conjugués de l'attraction de la lune et du soleil. Lorsque le marnage passe par un minimum, la marée est dite de morte-eau. Elle correspond aux phases de premier et de dernier quartiers de la lune. Elle s'explique par les effets opposés de la lune et du soleil.

Un autre phénomène est lié à la **rotation terrestre**, responsable localement de l'apparition d'un point amphidromique relatif à deux composantes de la marée : **l'oscillation semi-diurne lunaire (M<sub>2</sub>) et la solaire (S<sub>2</sub>)**. **Ce point est situé à la sortie de Ancône, sur la même côte que Venise, à 222km plus au sud.** Là, les ondes de marée tournent dans le sens antihoraire. Lorsqu'on s'en éloigne, l'amplitude des ondes augmente plus rapidement vers l'Adriatique du nord qu'au sud. Après avoir atteint la plus forte amplitude dans la région de Trieste (plus de 40 cm), les ondes de marée décrivent une trajectoire le long de la côte vénitienne, passant presque simultanément devant les trois embouchures de la lagune (Lido, Malamocco, Chioggia). Lorsqu'elles pénètrent dans la lagune, elles vont être ralenties et diminuer d'amplitude dans les canaux naturels, peu profonds et sinueux, tandis que dans les canaux creusés, profonds et rectilignes, elles subissent une accélération pouvant conduire à une augmentation de leur amplitude.

**On peut observer dans la figure suivante que la vitesse des eaux à l'embouchure de Malamocco en marée montante et sortante est nettement plus importante actuellement qu'en 1811, ce qui a un impact sur la balance des sédiments.**

#### *Structure de la lagune*

**La lagune a subi, au fil du temps, de nombreux changements structurels dont des modifications du nombre et des formes des embouchures vers la mer, une réduction des surfaces de vasières et de marais salants, un lissage du sous-sol immergé, le développement industriel du port de Marghera, le dragage de canaux de navigation profonds (dont le canal Malamocco-Marghera, qui dessert le port et est surnommé *canale dei Petroli* au vu de son usage intensif par l'industrie pétrolière), la construction de l'aéroport San Marco, l'isolation de larges zones de la lagune destinées à la pisciculture (*valli de pesca*) et le comblement artificiel de parties de la lagune. En conséquence, la lagune contient plus d'eau répartie sur une plus petite surface qu'il y a un siècle, ce qui implique qu'un plus grand volume d'eau dispose de moins de surface pour se répartir.**

#### *Élévation au sein de la cité historique*

Dans la cité historique, les endroits les plus élevés n'atteignent que **2m au-dessus du niveau de la mer**. Les cartes représentant les zones subissant des inondations, comme celles ci-dessous, montrent que ces dernières touchent actuellement bien plus d'endroits qu'auparavant.

#### *Zones inondables, selon trois niveaux de marées en 1900 et 1997.*

**Depuis 1923, les données montrent une croissance dans le nombre d'inondations dites 'normales' (à partir de 80cm) ainsi que dans le nombre d'événements 'extrêmes' (à partir de 110cm).**

La montée relative des eaux à Venise a également été estimée à l'aide d'un indicateur biologique : **la hauteur de la ceinture d'algues vertes accrochées aux bâtiments bordant les canaux**. Ces algues, ayant besoin d'eau, d'air et d'ensoleillement, vivent dans la zone intertidale : la ceinture brun-vert qu'elles forment sur les murs indique le niveau de marée haute moyen. Cet indicateur a été consigné visuellement de manière précise par plusieurs peintres du 18<sup>ème</sup> siècle, en particulier Antonio Canal, surnommé **Canaletto** (1697-1768).

Utilisant la technique de la *camera obscura* (chambre noire), les peintres ont réalisé de nombreuses peintures détaillées des principaux palais de Venise. Cette étude a permis de déterminer le niveau relatif des eaux à leur époque : l'ampleur de la submersion moyenne depuis

un peu plus de trois siècles a ainsi été estimée à 61 +/- 11cm (correspondant au seuil d'incertitude), soit un chiffre correspondant à celui avancé par les études archéologiques.

## L'acqua alta

Durant la saison humide, de l'automne au printemps, les zones basses de la ville sont inondées quasi quotidiennement. « Les risques et les ravages croissants du mouvement ondulatoire sur la ville se manifestent à travers l'intensification des Acqua Alta. (...) Le flux des marées, qui atteint dans l'Adriatique l'amplitude la plus forte de tout le bassin Méditerranéen, (...) impose aux citoyens des désagréments périodiques croissants et opère de surcroît comme une lime corrosive qui entame les structures des immeubles, des monuments et des voies. »

**L'acqua alta est indispensable à la vie lagunaire, pour nettoyer les canaux les plus étroits et purifier les eaux**

**La durée des Acqua Alta étant généralement courte, moins de quatre heures, les fortes inondations se produisent lorsque les conditions de marées hautes et d'onde de tempêtes sont réunies.** Cependant, de par sa forme, l'énergie contenue dans les ondes de marée ne se dissipe que lentement hors de cette zone, ce qui a pour conséquence que les ondes de tempête peuvent continuer à se déplacer et cumulées à de nouvelles conditions favorables (comme une marée haute) peuvent causer des inondations bien après le passage de la tempête initiale. Comme le montre le premier graphe ci-dessous, **les inondations supérieures ou égales à 110cm sont de plus en plus fréquentes et sont principalement réparties sur les trois derniers mois de l'année. En 2019 la succession de 4 marées exceptionnelles en une semaine, dont une la deuxième plus forte en 53 ans, montre une accélération inquiétante du phénomène.**

### Mesures des marées et alertes

Les données recueillies chaque heure (depuis 1940) par la jauge de marées de Punta delle Salute sont traitées et classifiées en quatre types d'informations : 1) les valeurs brutes, 2) les valeurs obtenues en soustrayant des premières les marées astronomiques, 3) les valeurs obtenues en soustrayant des premières le niveau moyen des eaux (ce dernier est une valeur évolutive correspondant à la moyenne du niveau sur une période de 181 jours), 4) les valeurs obtenues en soustrayant des premières à la fois les marées astronomiques et le niveau moyen des eaux. Ce dernier panel de mesures comprend donc les valeurs correspondant aux seiches et aux ondes de tempête qui servent à établir une liste annuelle des tempêtes, classées par ordre d'importance, ainsi qu'une évaluation de la fréquence des événements exceptionnels.

### Les mesures locales

De par leurs implications sur la vie quotidienne et sur les activités touristiques, les inondations à Venise constituent un réel problème. Aussi, afin d'avertir les résidents et les touristes, la *municipalità* a fondé, en 1980, le **Centro Previsioni e Segnalazioni Maree (CPSM)**. Outre des activités de recherche et de modélisation, il a pour missions : l'observation et la fourniture de prévisions à court terme relatives au niveau des eaux et aux phénomènes météorologiques liés, ainsi que l'émission d'alerte en cas de risque d'inondation. Le réseau de surveillance est composé de onze jauges de marées et stations météorologiques, plateforme ISMAR-CNR (sept dans la lagune, une à chaque embouchure séparant la lagune de la mer et une en mer à 15km de la côte). **Ces stations transmettent, en temps réel, leurs données à une station centrale qui les**

rassemble et les consolide. Le service en ligne *Marea* donne des prévisions des marées, portant généralement sur 48 heures, diffusées via un réseau d'information complet : sms, site web, numéro direct, secrétariat d'information, notification par email, smartphone, panneaux lumineux, point d'information sur les marées, réseaux sociaux : Twitter et Facebook. En cas de risque d'inondation, la ville est alertée trois à quatre heures avant l'événement via des appels automatiques et des SMS, destinés en particulier aux propriétaires de rez-de-chaussées tant commerciaux que privés et aux compagnies responsables des différents services public. En cas de prévision d'un niveau de l'eau dépassant 110cm par rapport au niveau de référence, **une série de 16 sirènes réparties dans la cité historique avertit la population**. Ces sirènes électroniques émettent deux sons distincts : le premier destiné à avertir la population de l'arrivée d'une *Acqua alta*, le second donnant une indication de sa hauteur, en fonction du nombre de tonalités émises (d'une à quatre) : +110 cm, +120 cm, +130 cm et +140 cm.

### Observations de terrain

**De nombreux éléments de la cité historique sont affectés par l'exposition au sel marin, aux effets des vagues et aux inondations** : les canaux, les infrastructures de surface (rues, pavements, ponts et embarcadères), les infrastructures souterraines (égouttage et services utilitaires : gaz, eau, électricité, communications), les bâtiments privés et publics ainsi que l'héritage architectural et culturel. Une bonne gestion de la maintenance de ces éléments (coût en 2016 : 154 millions, selon le rapport UNESCO 2017) nécessite la récolte de données factuelles précises concernant leur localisation, leur état et leur usage, le tout corrélé avec le niveau de menace auquel ils sont exposés. A cet effet, un travail de collecte de données a été effectué par le *Venice Project Center* et la compagnie *Forma Urbis*. **Il a abouti à un mappage détaillé de la ville** à destination de la compagnie gérant les travaux, *Insula SpA* (une compagnie créée le 10 juillet 1997 et dirigée conjointement par le Conseil de la ville de Venise (qui en détient 52%) et par les quatre principales compagnies de travaux public : électricité (*Vesta*), gaz (*Italgas*), eau (*Enes Hydra*), télécommunication (*Telecom Italia*)). **L'ensemble des rues, ponts, embarcadères et des bâtiments privés et publics a été ensuite couplé avec les niveaux d'élévation afin de produire des cartes. Le projet Ramses (*Rilievo Altimetrico, Modellazione Spaziale E Scansione 3D*), mis en place par *Insula SpA* et le conseil de la ville de Venise, a permis de développer un modèle cartographique, précis au centimètre, en trois dimensions des rues de la ville historique. Son module altimétrique permet, via des délimitations en isolignes, de consulter l'élévation des sols de l'ensemble des zones pédestres ainsi que les niveaux auxquels les différents endroits de la cité historique sont inondés.**

### Les conséquences sur les bâtiments

Historiquement, tout au long de l'existence de la République de Venise, les vénitiens étaient habitués à démolir les bâtiments qui ne leur convenaient plus pour faire place à de nouveaux, mieux adaptés aux besoins du moment et répondre ainsi à la montée des eaux. Ce phénomène s'est poursuivi sous les occupations successives autrichiennes et françaises avec, notamment, la construction du pont de chemin de fer reliant Venise au continent et la fermeture de la place San Marco par l'*Ala Napoleonica*. Ce n'est que depuis le 19ème siècle et la création de l'État Italien qu'une pensée plus conservatrice a vu le jour et a pris progressivement le devant. **Les restaurations architecturales menées à Venise illustrent ainsi le questionnement relatif aux mérites respectifs de la restauration par rapport à la reconstruction. Faut-il rénover les**

bâtiments en utilisant toutes les techniques disponibles, quitte à les rendre plus résistants que les originaux ? Faut-il les restaurer à leur splendeur d'antan et, dans ce cas, comment décider de la période adéquate à chaque restauration ? Ou faut-il juste les restaurer au minimum, préservant ainsi une vision picturale de bâtiments abîmés par le temps ? Ce débat est perceptible derrière de nombreux projets importants, comme dans le démantèlement du pont *dell'Accademia* original, dans la reconstruction du *Campanile* de la place San Marco après son effondrement le 14 juillet 1902 ou dans le fait que, depuis 1984, de nombreuses églises ont subi un processus destiné à éliminer les restaurations trop poussées . On le retrouve également dans certains projets avortés, comme, par exemple, celui dépeint dans le documentaire de la BBC « Francesco's Venice » (2004). Certains tenants du modernisme et de la voiture-reine désiraient prolonger les travaux de comblement de canaux secondaires et de construction du second pont reliant Venise au continent (le *Ponte della Libertà*, destiné à la circulation automobile et construit sous Mussolini entre 1931 et 1933), par **le comblement du Grand Canal**. Ce dernier deviendrait ainsi une large route permettant la pénétration des voitures au coeur de la cité. **Des projets pharaoniques et heureusement abandonnés ont vu le jour**: la tour et le palais Lumière de Cardin à Marghera, un Veniceland sorte de Disneyland derrière l'île de la Giudecca... un projet de circulation sublagunaire...

Voir S.Settis p 141

### Erosion des fondations et du bâti

**Les dégradations concernant les bâtiments sont principalement dues aux effets du sel marin et au ressac causé par les bateaux à moteur.** L'élévation du niveau des eaux et les ressacs, provoquant un va-et-vient de l'eau pouvant atteindre **50cm** , **permettent à l'eau salée de passer au-dessus de la barrière imperméable constituée par la pierre d'Istrie.** L'eau imprègne les **briques**, le plâtre et le bois et s'y élève, par capillarité, jusqu'à des hauteurs de 2-3m. Au sein des murs, **le sel s'accumule** et subit des cycles de dissolution et de recristallisation, en fonction des conditions d'humidité, fragilisant progressivement les briques qui finissent par se désagréger.

Afin de ralentir ces dégradations, lors de leur construction, la majorité des surfaces extérieures des bâtiments étaient recouvertes d'un plâtrage, utilisé comme stabilisateur.

Alors que, lorsque leur environnement est stable, les parties de murs constamment sous eau ne montrent que des dégâts structurels limités, les parties qui sont alternativement en contact avec l'air et l'eau présentent une diminution de la cohésion du mortier et de son adhérence aux briques, pouvant emmener ces dernières à se déchausser et à s'effondrer. De plus, sous la surface de l'eau, **l'effet des moteurs des bateaux provoque un effet de succion.** Celui-ci a pour résultat une érosion des ciments et briques des fondations ainsi que l'obstruction par les sédiments remués des conduites de drainage et d'égouttage. Les sédiments s'accumulant au sein des murs les endommagent depuis l'intérieur , accentuant leur fragilité et causant des **effondrements sous-marins, ces derniers contribuant à boucher les canaux de circulation.** La pollution qu'elle contient accentue l'action corrosive des eaux tandis que les **bateaux rapides** (ambulances, pompiers) et le non-respect des limitations de vitesse accentuent le phénomène de succion. En conséquence de tout cela, **la stabilité du bâti en contact avec l'eau peut être mise en péril par l'exposition des piliers de bois à l'eau, qui entraîne leur dégradation rapide.**

L'essentiel des actions de restauration et de réparation menées inclut : l'injection de mortier résistant à l'eau et d'agglomérats afin de reconstruire les murs et de renforcer leur résistance à l'eau et à l'action du sel , l'ajout de sédiments derrière la maçonnerie, la reconstruction des



systèmes d'évacuation et d'égouttage, la construction de réservoirs destinés à confiner les eaux, la consolidation de la structure et des fondations à l'aide de poutres en bois ou métal (selon les cas spécifiques) voire des reconstructions partielles ou des reconstructions correctives afin de corriger des mouvements du bâti ayant causé un changement du support de sa masse.

### Elévation des structures

Depuis le 18<sup>ème</sup> siècle, une des solutions adoptées pour contrer la montée des eaux est la surélévation des pavements, allées, ponts et embarcadères. Cette solution de mitigation est encore perçue, de nos jours, comme pouvant répondre à plus de la moitié des problèmes d'inondation. Elle comporte cependant une limite : d'abord parce qu'il est impossible de perpétuellement élever les entrées de portes et les rez-de-chaussée sans finir par les rendre impraticables, ensuite parce qu'il est important de préserver la structure historique et architecturale de la ville que ces modifications finissent par dénaturer.

Sur la place San Marco, afin d'éviter de dénaturer la structure architecturale, le pavement de la place n'a pas été pas modifié et seules les berges ont été élevées. Le système de collecte des eaux de pluies et le réseau souterrain d'évacuation d'eau ont été modernisés et sont renforcés par une station de pompage installée dans les Gardini Reali voisins. L'ensemble est également isolé des eaux pouvant provenir des canaux avoisinants.

L'archéologie urbaine a permis d'estimer la progression de l'élévation moyenne des constructions au fil du temps. Cette élévation des surfaces répondant au besoin de se protéger des marées et des inondations, cela a permis d'établir une corrélation entre la progression de cette élévation et la montée relative des eaux . A titre d'exemple, citons Vio qui fait remarquer que la crypte de la basilique San Marco repose 168cm plus bas que lorsqu'elle a été construite en 829.

La consolidation de bâtiments via des structures, peu coûteuses, d'acier et de béton, matériaux dépourvus d'élasticité, ont pour effet de réduire la capacité de ces bâtiments à absorber les mouvements causés par le sous-sol instable de Venise, ce qui contribue à de nouveaux problèmes structurels.

### Réparation et entretien des canaux

Durant des siècles, les canaux de la cité historique ont été régulièrement drainés ou asséchés afin de permettre la réparation des fondations des structures, éviter leur ensablement et permettre ainsi la continuité de la navigation. Ces opérations ont cependant été suspendues durant la période allant de 1960 jusqu'à fin 1990. Dès le début des années 1980, il était devenu évident que le manque d'entretien avait causé une accumulation de déchets et de plus d'un mètre de sédiments, entraînant une perte de navigabilité et pouvait poser des risques sanitaires pour les habitants. Avec pour conséquence, une augmentation des risques pour la communauté et une augmentation des coûts quotidiens liés aux livraisons de biens, à la circulation des passagers ainsi qu'à celle des bateaux de première nécessité comme les ambulances ou les pompiers. En 1996 ce fût un problème majeur au moment de l'incendie de la Fenice. Il a pourtant fallu attendre la fin des années 90 pour que les drainages et les réparations reprennent et que des lois strictes relatives au maintien de la qualité des eaux et de la navigation soient promulguées.

La loi 139/1992 votée au parlement italien a abouti à rétablir, dès 1994, les opérations de maintenance et l'amélioration des services publics urbains, en ce compris la restauration des fondations des bâtiments, le renouvellement des caniveaux et l'introduction de fosses septiques. Au vu de la haute teneur en métaux lourds et en produits chimiques organiques

hydrophobes, un protocole technique spécifique pour la classification des sédiments fut introduit par le Ministère de l'environnement en 1993. Ces concentrations n'existent plus à l'heure actuelle ou ont très nettement diminué au fil du temps grâce à l'introduction de législations spécifiques. Ceci est corroboré par **l'étude des couches de sédiments, qui montrent une diminution de la concentration de matières toxiques dans les périodes plus récentes.**

En ce qui concerne les techniques de réparation, la méthode pour les petits canaux consiste à assécher la zone en fermant le canal à ses extrémités, puis à en extraire l'eau tout en posant, si nécessaire, des structures de consolidation afin d'éviter l'effondrement des murs. Dans les canaux principaux de la cité historique et sur les rives bordant la lagune, les réparations nécessitent l'installation de barrières métalliques isolantes, créant une surface séparée étanche hors de laquelle l'eau est ensuite pompée, ce qui donne accès aux fondations.

## La pollution et la modification de la morphologie lagunaire

### Le bassin de drainage

**La lagune est exposée à diverses sources de pollution** comme les **eaux polluées** amenées par les rivières depuis les industries du Veneto, **les déchets issus de l'agriculture intensive** auxquels s'ajoutent les **déversements de la zone urbaine de Mestre** et les **déchets organiques** résultants du manque de traitement adéquat des eaux usées dans la Venise historique. Cette gadoue est déversée dans la lagune où elle est sans cesse remuée par les hélices et les sillages des bateaux à moteur. Ces rejets ont causé, dans les années 1980 et 1990, **un sérieux problème d'eutrophisation des eaux, avec pour résultat la prolifération de macroalgues, dont la décomposition accentua la perte d'oxygène de l'eau**, causant la mort de milliers de poissons et d'organismes de fonds marins.

**Le contrôle des polluants provenant des sources terrestres est un critère essentiel dans la sauvegarde des zones côtières comprenant des écosystèmes fragiles.**

**La mesure des rejets annuels a permis de rassembler un ensemble de données de référence servant de cadre pour l'élaboration des actions de gestion et de sauvegarde entreprises dans la lagune.** Elle permet également de différencier les provenances de charges de pollution (bassin de drainage, zone industrielles, atmosphère) et leurs contributions respectives. **Le bassin de drainage apparaît comme la principale source pour tous les contaminants étudiés, en particulier les métaux lourds (même si ces derniers restent en deçà des maximums légaux fixés par la législation italienne).**

### Egouttage

**Les canaux de la ville absorbent actuellement 60% d'eaux usées non traitées, les échanges d'eau causés par les marées étant chargés de l'évacuation, ce qui cause des problèmes de pollutions et d'accumulations des déchets dans les canaux.** Afin de traiter les rejets domestiques, touristiques, commerciaux et industriels de la ville, le *Magistrato alle Acque* a décidé la mise en place progressive d'un système décentralisé constitué de **centaines de stations de traitement locales d'une capacité de 100 à 400 Equivalent-Habitant (EH)**. Le type de technologie pour le traitement dépend de la nature des activités et du nombre d'EH à traiter.

**Le projet intégré de contrôle de la pollution de Fusina (PIF)** est basé sur les concepts de réutilisation de l'eau, de traitement et de réduction des eaux usées et de déversement des flux

résiduels dans la mer, hors de la lagune, dans une zone où le risque pour la lagune et le continent est réduit au minimum. Installée dans la zone sud du port de Marghera, elle a une capacité de traitement, via trois lignes parallèles de traitement biologique, de 300.000EH (ou 40 millions m<sup>3</sup>)

### Le port de Marghera

En 2011, le port de Marghera, situé sur la terre ferme en face de la cité historique, prenait en charge quelque 29 millions de tonnes de biens annuellement. **Son développement initial nécessita la destruction de 1.600ha de zones humides, la construction dans les années 1960 d'un grand complexe pétrochimique entraîna la perte de 4.000ha supplémentaires. Ce site industriel est un des plus importants en termes d'intensité énergétique, incluant une dizaine d'unités de production énergétique à partir de charbon, de gaz et de pétrole. Le port inclus de nombreux bâtiments abandonnés et des décharges de produits toxiques.** Selon l'*Osservatorio Porto Marghera*, en 2014, le port employait 10.060 employés directs répartis en 780 entreprises de différents secteurs d'activités. Quatre secteurs d'activités représentent ensemble 88% des employés et 75% des entreprises. Le secteur industriel et de manufacture comprenait 40% des employés répartis dans 113 entreprises ; les domaines des transports et des services logistiques impliquaient 17% des employés et 182 entreprises ; le secteur des services 22% des employés dans 265 entreprises ; les secteurs de l'énergie, de l'eau et des déchets employaient 9% des travailleurs dans 24 entreprises.

**Cette zone constitue la plus grande zone de friche industrielle d'Italie** : un problème environnemental existant depuis les années 1950 lorsque la législation de l'époque avait permis la **production de 70% des produits dérivés du pétrole fabriqués en Italie**. Ce n'est que depuis les années 90 qu'un contrôle plus strict des rejets et que la construction d'une centrale de traitement des eaux usées a permis d'améliorer la situation. **Reste que de nombreuses substances se sont accumulées dans les sédiments de la lagune, dont des métaux toxiques** (mercure, cuivre, arsenic, plomb) et des composés persistants comme des dioxines et des pesticides organochlorés.

Ces dernières années, des efforts ont été faits afin de réduire la toxicité des lieux en relocalisant des déchets logés dans des structures dégradées ou mal construites, en draguant les sédiments polluants hors des canaux du port industriel et en changeant la route des tankers afin de limiter les dommages potentiels d'un risque de fuite d'hydrocarbures. **En 2014, un projet de reconversion et de requalification industrielle, élaboré depuis 1999, portant sur la zone de friche industrielle du port de Marghera et des régions voisines a été approuvé par le Ministère du Développement économique, la Région de Vénétie, la ville de Venise, et les autorités portuaires de Venise.** Le montant de 152 millions d'euros prévus couvre 24 interventions diversifiées telles que la requalification environnementale des lieux, l'aménagement paysager, hydraulique, électrique et routier de la zone, la gestion des boues de dragage des canaux de navigation, la mise aux normes des raffineries et des zones de stockage de pétrole, etc. Un montant additionnel de 250 millions a été alloué dans la cadre des investissements du *Patto per lo sviluppo della Città di Venezia*.

### Trafic maritime

**Le trafic maritime est une importante source de pollution, le carburant utilisé étant nettement plus polluant que le carburant routier. De plus, les vaisseaux de croisière laissent tourner leurs moteurs à l'amarrage, donc à proximité de zones habitées, afin de fournir de l'énergie pour les services à bord.**

**En 2007, une étude de l'ARPAV démontra que les bateaux de croisière étaient les principaux responsables des émissions de Particules fines à Venise.** Suite à cela fut signé le premier « Venice Blue Flag », un accord volontaire entre les compagnies organisant les croisières, les autorités portuaires et la Capitainerie du Port (un corps technique responsable, avec les garde-côtes, de la sécurité maritime). Son objectif : réduire progressivement le niveau de soufre présent dans le fuel brûlé lors de la traversée de la lagune (de 3,5% à 2%) et de l'arrimage au port (1,5%). Le décret législatif italien n°205 du 9/11/2007 a pris le relais, limitant les émissions au port à 0,1%. En 2013, un nouvel accord fut signé limitant les émissions concernées à 0,1% dès l'entrée dans la lagune.

L'association environnementale allemande *Nature and Biodiversity Conservation Union* conduisit en 2013 et 2014 une série de mesures aboutissant à la conclusion que lors du passage de grands bateaux de croisières, **le taux de ces particules pouvait atteindre un niveau de 200.000 particules par mètre cube d'air, à comparer au seuil de sécurité de 2.000 particules. En conséquence, seuls devraient être acceptés dans la lagune les navires équipés de filtres, ce qui n'est pas encore généralisé.** Afin d'estimer les coûts sociaux des émissions de gaz à effet de serre, Guiseppa Tattara s'est appuyé sur le rapport « External Cost of Maritime Transport » de la *Commission Européenne, DG Mobilité et Transport* et propose une évaluation des coûts sociaux à approximativement 1/3 des coûts de pollution totale soit, pour Venise, annuellement, un montant de 56,2 millions.

**Les navires de croisière sont tenus de traiter leurs déchets avant de les déverser en mer, au minimum à 3 miles des côtes (12 miles si non traités).** Ces déchets consistent en des déchets solides, des eaux usées, des résidus de fond de cale auxquels s'ajoutent des rejets d'hydrocarbures. L'efficacité des traitements et de ces rejets, basée sur l'idée que la dilution est une solution en soi, est cependant limitée : le déversement de quantités sans cesse croissantes dans un lieu mi-clos comme le nord de l'Adriatique rendant insuffisantes les capacités d'absorption naturelle par la mer. **Un grand bateau de croisière peut produire jusqu'à : 15.000l d'eau noire et près de 2 millions de litres d'eau brune par jour ; 3,5kg/jour par passager de déchets solides, 1000l par semaine de déchets toxiques et 8 tonnes métriques d'eaux de cale par jour. S'y ajoutent les eaux de ballast qui servent à stabiliser les navires et sont donc chargées et déchargées à des endroits éloignés. Pouvant contenir des plantes, animaux, virus et bactéries, elles peuvent causer des dommages sensibles à l'environnement, en conséquence de l'introduction d'espèces invasives, par exemple.**

Bien sûr il faut ajouter à cette pollution le déplacement de 135 000 mètres cube d'eau provoqué par chaque navire de croisière et ses conséquences en profondeur sur la structure lagunaire et les fondations.

## Les modifications morphologiques dans la lagune

Le premier grand changement concernant l'apport de sédiments dans la lagune fut le **détournement du flux d'eau de plusieurs rivières, dont les rivières Brenta et Piave, hors du bassin de la lagune.** Entrepris dès le 14<sup>ème</sup> siècle, il avait pour objectif de réduire le déversement de sédiments dont l'afflux menaçait d'envasement l'ensemble de la lagune et mettait en péril la navigation, l'accessibilité au port et la défense militaire de la cité. Le second changement prit place entre 1850 et 1920 et consista en **la construction de jetées aux trois embouchures de Malamocco, Lido et Chioggia.** Afin d'améliorer l'accessibilité du port, ces jetées ont réduit la

**taille des embouchures et ont provoqué un accroissement de la profondeur du plancher marin voisin** (qui passa de 6m en 1810 à plus de 10m). Destinés à faciliter la navigation, l'approfondissement des embouchures menant à l'Adriatique et l'excavation de canaux profonds taillés en ligne droite, en contraste aux nombreux méandres préexistants, ont changé considérablement la morphologie de la lagune. **Le premier canal profond, le canal Vittorio Emanuele, fut creusé entre 1920 et 1925, le second reliant l'embouchure de Malamocco et le port de Marghera, le canale dei Petroli, le fut durant les années 1960.** L'embouchure de Malamocco est passée de 4-5m du début du XIXème siècle à 8-9m après la construction de deux jetées puis, dans les années 60, à 15m, suite à l'excavation du canal Vittorio Emanuele. L'embouchure du Lido affichait, début XIXème siècle, une profondeur de 3,5m à marée haute. La construction des digues au Lido a provoqué une canalisation des courants de marées et une profondeur de 7-8m en 1901. Puis, entre 1919 et 1930, l'embouchure a été approfondie à 12m et reliée directement à la station maritime et au Port de Marghera via un canal de 10m de profondeur qui passe à travers le bassin San Marco (la zone de la lagune en face à la place San Marco). **Cette profondeur favorise une propagation rapide des eaux, dont les crêtes sont peu atténuées lors de marées hautes.**

**Ces canaux ont une influence négative sur la circulation hydrodynamique du centre de la lagune et sur son évolution morphologique y causant un accroissement général de profondeur estimé à au moins un mètre.** Ils isolent la dispersion naturelle des courants et provoquent une atrophie des petits canaux voisins. En conséquence des forts courants présents dans les canaux, le flux de sédiments entrants et sortants de la lagune n'est plus équilibré, les sédiments sortants lors du reflux de la marée étant chassés trop loin des embouchures pour être ramenés au sein de la lagune par la marée montante suivante, causant une érosion générale progressive du bassin de la lagune, un lissage des fonds et un accroissement de la profondeur moyenne. Les mesures bathymétriques régulières réalisées par le *Magistrato alle Acque* depuis 1900 montrent que la lagune s'est approfondie de plus de 60cm en un siècle. Le volume d'eau échangé par les marées deux fois par jour a également fortement augmenté, de même que les volumes de polluants déversés par l'agriculture, l'industrie et les villes.

### La navigation dans la lagune

En ce qui concerne la navigation dans la lagune, les bateaux de croisière passent par l'entrée du Lido puis suivent les canaux San Nicolo, San Marco et Guidecca pour accoster au terminal marin du Tronchetto. Les bateaux cargo entrent dans la lagune via l'entrée de Malamocco et transitent par le *canale dei Petroli* pour mouiller au port de Marghera. **Les vagues produites par ces bateaux endommagent les fonds avoisinants, érodent les marais salants situés à proximité et en dissolvent les sédiments.** Ainsi, selon L'Institut des Sciences Marines, les ressacs générés par les bateaux transitant dans le *canale dei Petroli* peuvent atteindre un mètre et leur fort effet de succion serait à la source de la découverte de restes humains drainés depuis les fondements du site monastique médiéval submergé de *San Leonardo in Fossa*. En 1988, le grand sol monolithique de l'église, découvert dans les années 1960, a été mesuré comme ayant été déplacé de 66m par la seule force de ces vagues. **Afin de limiter l'importance du ressac, les routes de navigation traversant la lagune sont dotées de règles de trafic dont des limitations de vitesse et de taille d'embarcation.**

**Actuellement en projet, la création d'un port offshore, à 8 miles de la côte pour un coût estimé à 2,1 milliards d'euros, permettrait de pallier les obstacles posés actuellement par la législation, c'est-à-dire la loi (798/84) qui interdit à terme l'accès des pétroliers à la lagune, et**

de développer plus avant le rôle économique de quatre ports du Nord de l'Adriatique (**Marghera, Chioggia, Mantua et Porto Levante**). Il s'agirait d'un terminal, protégé par un brise-lames de plus de 4km, pouvant accueillir tant les pétroliers que les navires porte-conteneurs dont les contenus seraient alors transférés dans les quatre ports terrestres via des barges de transport légères, spécifiquement conçues pour la navigation dans la lagune.

## Sédiments

### **Assurer la balance des apports dans la lagune**

Entre 1,5 et 2 millions de m<sup>3</sup> de sédiments sont évacués chaque année dans la mer. Cette perte de sédiments équivaldrait, à « un approfondissement d'environ 15 centimètres des eaux de la lagune en cinquante ans. »

L'entrée de sédiments ne compte que pour 30.000 m<sup>3</sup> par an à comparer avec une estimation de 700.000 m<sup>3</sup> par an avant le détournement des rivières Brenta, Sile et Piave. De manière similaire, la construction de brise-lames et de jetées aux embouchures de Lido, Malamocco et Chioggia a réduit l'import de sédiments marins par 10, de 300.000 à 30.000 m<sup>3</sup> par an. Au total, l'export net de sédiments de la lagune vers la mer atteint 1,1 million m<sup>3</sup> par an. Reste que, quelle que soit la source des mesures, **on constate une nette différence entre les flux entrant et sortant.**

**Réduire le déficit sédimentaire ne peut être atteint qu'au travers d'une évolution morphodynamique de la lagune, un processus complexe, dont les différents composants sont peu maîtrisés et s'étalant sur des décennies** alors qu'au contraire protéger la ville historique des effets des eaux peut être envisagé plus rapidement et avec moins d'incertitudes.

## Dragage des canaux (voir supra)

### La restauration des marais salants et la reconstitution des chenaux de marées

Depuis 1986, le *Magistrato alle Acque-Consorzio Venezia Nuova* a entrepris des actions de restauration morphologique afin de maintenir la profondeur des canaux de navigation et d'augmenter la capacité de circulation des eaux dans la lagune. Les matériaux dragués dans les canaux sont utilisés pour construire des vasières et des marais salants artificiels. Le programme de mesures prévoit la construction de vasières et de marais salants et le renforcement de ceux déjà existants, le drainage des canaux secondaires ainsi que la restauration des côtes des îles mineures, l'élévation du lit de la lagune et sa consolidation par plantation de zostères.

**La restauration des marais salants est une des clés de la résilience de l'écosystème de la lagune. Ces deux dernières décennies, ce sont plus de 6 millions de mètres cubes de sédiments puisés dans les canaux qui ont servi à reconstruire quelques 1.000 hectares de marais salants et de vasières.**

La reconstitution, par dragage, des réseaux de chenaux de marées et de criques de marées garantit une meilleure circulation d'eau et du flux de nutriments lors des marées et donc une amélioration de la qualité des eaux, une diminution de la prolifération d'algues et une progression du nombre d'espèces de poissons présentes. Le replantage de plantes stabilisatrices, comme les zostères, dans les zones dégradées favorise la reprise du tapis sous-marin et son extension. Dans les zones peu polluées et présentant un faible régime hydrodynamique, le recouvrement de zones sous-marines dégradées par du **sable propre** a permis une baisse de la pollution locale et la recolonisation par des colonies benthiques.

Enfin, **de longs bancs de sable sont régulièrement reconstruits dans la lagune**. Ces bandes de sables, de 10 à 50m de large, sont créées par l'élévation du plancher de la lagune, d'une profondeur de 1,5m ou plus jusqu'à une hauteur correspondant à celle de la marée basse (- 0,5m). Selon l'endroit où ils sont placés, ils permettent d'absorber entre 40 et 80% de l'énergie des vagues.

## MOSE , un chantier sans cesse retardé entre surcoût, corruption et malfaçons

### Contexte

Deux fois par jour, une marée moyenne de 70cm entraînant 4 millions de mètres cubes d'eau entre et sort de la lagune. En raison des craintes liées à l'élévation du niveau des eaux, les experts ont avancé, et ce dès le 17ème siècle, qu'à défaut de fermer la lagune, un système de barrières protectrices devrait être érigé. Idéalement ce système devrait pouvoir être déployé rapidement, être fiable, nécessiter peu de maintenance, ne pas interférer avec la navigation ou avec les activités commerciales du port, ne pas avoir d'impact esthétique et avoir peu d'effets sur l'écosystème de la lagune.

### Description

Le premier texte législatif à ce sujet remonte à 1973. A titre de test, une première barrière de volets fut érigée en 1988, baptisée **Modulo Sperimentale Elettromeccanico (MoSE)**. La construction a été déléguée à un groupement d'entreprises baptisé *Consorzio Venezia Nuova*. L'étude d'impact environnemental fut présentée par le *Magistrato alle acque* et le *Consorzio Venezia Nuova* en 1997 et évaluée positivement en 1998. **Le chantier en lui-même démarra en 2003. La structure du projet comporte 78 volets amovibles, répartis en 4 barrières. A la passe du Lido-San Nicolò, la plus large, on trouve deux barrières, de 21 et 20 volets, qui sont reliées par un îlot artificiel abritant des bâtiments techniques pour leur gestion ; à la passe de Malamocco se trouve une barrière de 19 volets et à la passe de Chioggia, une de 18 volets. Chacun des volets a une dimension de 20m de long, 2m d'épaisseur et une hauteur allant de 18 à 30m (selon la profondeur des fonds marins à chaque embouchure).**

Chaque barrière est accompagnée d'une série de brise-lames et de digues destinés à réduire de 15 à 28% l'apport d'eau aux points d'accès. S'y ajoutent des îles artificielles en mer, l'ensemble ayant pour rôle de rediriger les eaux des marées vers la barrière protectrice du MoSE. Afin de permettre la navigation lors du fonctionnement des barrières mobiles, des ports de refuge et des bassins de navigation ont été prévus.

**L'efficacité du système MoSE** est influencée par plusieurs facteurs comme l'importance des entrées d'eau dans le bassin hydrique mais aussi, au sein de la lagune : la quantité de pluie, le régime des vents dans la lagune et son influence sur les seiches. A son tour, le MoSE aura une influence sur les flux d'eau, lorsque la lagune sera fermée lors d'une *Acqua alta*, et donc sur le temps de résidence de l'eau dans la lagune.

Se pose ensuite la question de la qualité de l'analyse d'impact puisque deux des trois

projections relatives à la montée du niveau relatif des eaux en 2100 ne prennent pas en compte les effets du réchauffement climatique, avec pour conséquence une sous-estimation de ce niveau et donc sous-estimation de la fréquence de fermeture des portes. De plus, vu le grand nombre de fermetures prévues, la limitation de la circulation des eaux, essentielle pour la vie biologique de la lagune, augmenterait la pollution et impacterait négativement l'écologie de la lagune. En 1993, une étude d'experts, commandée par le *Consorzio Venezia Nuova*, a avancé une tout autre perspective. La qualité des eaux au sein de la lagune pourrait même être gérée positivement par des ouvertures et fermetures appropriées de certaines des embouchures : associées à certaines phases de marées, ces **fermetures partielles devraient engendrer une meilleure circulation des eaux au sein de la lagune et donc améliorer les modèles de dispersion en cas de pollution**. L'élévation du niveau des mers risque de rendre cette structure obsolète en seulement quelques décennies. Et même avant cela, comme Venise s'enfonçe alors que le niveau de l'eau s'élève, la fréquence de fermeture des barrières ne peut que s'accroître au fil du temps.

Enfin, si MoSE peut contribuer à diminuer les inondations dans la cité historique de Venise, son impact sur les fortes marées au sein de la lagune pourrait résulter en une diminution des dépôts de sédiments sur les surfaces des zones humides, contribuant ainsi à accélérer la diminution des surfaces de zones humides.

**Une évaluation économique** du projet MoSE, met en balance avantages et inconvénients selon douze différents scénarios de montées des eaux, de déclenchement du mécanisme et d'efficacité des barrières. Du côté des avantages, ils mettent en avant l'évitement des coûts de réparation et des coûts de prise en charge des personnes en difficulté (enfants, personnes âgées) et les meilleures recettes touristiques générées grâce à la non interruption des activités par les inondations. Du côté des inconvénients, les coûts incluent le fonctionnement et la maintenance du système et les impacts générés par son activation sur les activités de navigation commerciale et de pêche.

### **Le scandale financier**

L'ancien maire de Venise, Giorgio Orsoni, et de nombreux fonctionnaires et chefs d'entreprises, ont été cités dans une **affaire de corruption relative au projet MoSE, pour un détournement de fond de 20 millions d'euros**. De plus, les juges soupçonnent que près d'un milliard d'euros, soit un cinquième du coût total (à l'époque) du projet, serait entaché de faits de corruption ou de surfacturation. Ce qui corrobore que les liens étroits entre le gouvernement et le milieu d'affaires italien avait corrompu le processus de prise de décisions à Venise. **La présence d'institutions aux compétences morcelées et se superposant ne pouvait que conduire à une gouvernance inefficace et peu transparente.**

Une loi passée par le gouvernement Berlusconi a défini de nouveaux objectifs stratégiques au niveau national, réduisant d'autant l'autonomie décisionnelle des pouvoirs locaux en la matière. Cette loi ouvrit donc la porte à un démarrage accéléré des travaux et ce malgré et de nombreux recours infructueux devant les tribunaux et la mobilisation de plusieurs associations environnementales (*Italia Nostra, WWF Italia, Legambiente*). La Région Vénétie, tenue depuis 2010 par Luca Zaia, de la ligue de Matteo Salvini soutient ce chantier.

**L'alta acqua exceptionnelle de novembre 2019 a relancé le débat sur l'efficacité supposée de Mose**



Les trois quarts de la ville étaient recouverts. La marée a pénétré dans la basilique Saint-Marc, *«dont les délicats carrelages de mosaïques ont été recouverts pendant des heures d'eau salée. [...] Le sel est un ennemi invisible et insidieux, dont l'œuvre se fera au fil des années. Il remontera dans les parois, ce qui risque d'attaquer les mosaïques.»*

Physiquement, la structure, terminée à plus de 93%, est installée sous l'eau, en attente d'être parachevée. Au sens figuré, elle a sombré en 2014 sous les scandales de la corruption et l'explosion des coûts. Ainsi, déplore Il Giornale *«tandis que la rouille envahit peu à peu les écluses construites depuis des années mais pas encore entrées en fonction, les coûts de manutention risquent de dépasser les coûts de construction.»*

**Un test grandeur nature prévu le 23 décembre a été reporté au dernier moment à cause de vibrations et de rouille sur les structures.**

Le chantier a débuté en 2003, mais l'idée remonte à la marée historique de 1966, rappelle « La Repubblica ». Quant à la date de livraison, elle est sans cesse repoussée... En 2021 ??? Rappelons que pour un coût initial de 1,8 milliards d'euros, le coût final est estimé à 7 milliards d'euros avec un coût d'entretien annuel de 45 millions d'euros. Le retour en arrière est impossible, avec le bétonnage des fonds marins aux trois passes.

Beaucoup font valoir qu'avant la décision de construire Mose une loi spéciale accordait des fonds consacrés à l'entretien des bâtiments, avec des prêts sans intérêt pour les Vénitiens qui s'engageaient à vivre dans la ville. Or avec Mose tous les fonds sont partis pour de grandes entreprises internationales quand il serait plus rentable de faire travailler les entrepreneurs et artisans de Venise, cela maintiendrait la population, les écoles et un tissu économique autre que le seul tourisme.

**«Pendant mille ans la République de Venise a cherché à forcer la nature, en modelant la lagune par des travaux gigantesques, c'était une gestion sophistiquée, entre le naturel et l'artificiel. Aujourd'hui malheureusement la réponse de l'homme est de bâtir un mur, Mose, sans tenir compte de la nature. Il faut repenser la vie de Venise, revenir à des solutions de bon sens au lieu de concevoir des projets exceptionnels, Venise doit être entretenue.»**

## Alternatives

Une étude conjointe menée par des étudiants des universités Harvard et Ca'Foscari avance qu'économiquement parlant les investissements placés dans la construction (et on parle là de l'investissement initial, non compris tous les dépassements de budget qui ont eu lieu depuis) et dans la maintenance seraient plus rentables s'ils étaient investis en bourse.

Quelles sont les autres alternatives technologiques avancées?

1. élever l'ensemble de la cité de 25 à 30cm suite à l'injection massive d'eau de mer dans l'aquifère saumâtre profond, situé à une profondeur de 600 à 800m sous la lagune. Cette solution théorique est contestée quant à la possibilité d'une efficacité à une telle échelle mais aussi parce que, vu l'hétérogénéité du substrat, des différences d'élévations se produiraient, déstabilisant les bâtiments en surface.

2. Une autre solution consisterait à étendre les zones terrestres séparant l'Adriatique de la lagune, ce qui séparerait la lagune de la mer, la transformant en un lac intérieur d'eau douce et en zone humide. En résulterait une protection de la cité historique par rapport aux marées et l'arrêt du transfert de sédiments vers la mer, mais au détriment de changements radicaux dans les écosystèmes présents.

Selon Standish la solution devra dépasser l'approche basée sur la seule ingénierie pour

incorporer des facteurs sociaux et historiques. Gasparetto (2005) parle, lui, d'ingénierie environnementale, mixant des solutions destinées à tempérer la force des courants et des seiches avec des aménagement comme le rétrécissement des embouchures menant à la mer.

Malgré ces éléments, actuellement, l'avenir de Venise passera donc par la mise en fonction des barrières du MoSE. Ce qui, si tout se déroule comme le pensent ses concepteurs, devrait donner à la ville un demi-siècle de répit. Restera à voir si ces décennies seront mises à profit afin de développer des stratégies et des solutions plus durables et plus efficaces sur le long terme.

## Les politiques régionales et nationales

Le choix pour la défense de la cité historique de Venise et sa lagune est posé entre, d'un côté, une dépendance accrue vis-à-vis des solutions technologiques (comme illustré par la construction de MOSE barrières amovibles aux embouchures de la lagune) destinées à réguler les relations entre la cité et le niveau des eaux, avec des conséquences indéfinies sur l'environnement lagunaire et ses écosystèmes et, de l'autre côté, une volonté de restauration de la dynamique naturelle de l'environnement lagunaire, au détriment de certaines activités économiques particulièrement dommageables : porte-containers et bateaux de croisière, par exemple, dont le volume impose la taille et la profondeur actuelle des embouchures d'accès à la mer. Revitaliser le tissu économique et renverser le déclin démographique sont également importants. Un développement soutenable impliquant les trois piliers de la soutenabilité économique, de la soutenabilité sociale et de la soutenabilité écologique, il est impératif de ne pas seulement compter sur des fonds extérieurs, destinés surtout à la préservation et à la restauration des lieux, mais d'y adjoindre des instruments de régulation visant à un usage soutenable de toutes les formes de capital : naturel, social, culturel et économique.

**Dans le processus législatif italien, les lois et règles officielles fixent les objectifs en termes de protection de l'environnement et d'action de restauration et désignent les autorités responsables de leurs mises en oeuvre.** Ces autorités élaborent les plans et projets et doivent donc avoir une bonne compréhension des problèmes à résoudre et des impacts à corriger, ce qui nécessite des études spécifiques et un monitoring constant. **L'écosystème de la lagune s'étend sur un bassin réparti sur quatre provinces de Vénétie (Venise, Padoue, Treviso, Vénétie) et dépendant de 110 gouvernements locaux, alors qu'il était sous une gouvernance unifiée quasiment jusqu'à la fin du 18ème.**

La gestion des eaux à Venise remonte au 13ème siècle, époque où fut fondé le *Magistrato ai Lidi*, auquel succéda, en 1501, le *Magistrato alle Acque*, en place jusqu'en 2014. A cette date, suite à un scandale financier, ses fonctions ont été transférées au 4ème bureau du Ministère des infrastructures et des transports. Il a pour charge la gestion des eaux et l'imposition de règles sévères portant sur le respect des eaux de la lagune, et, plus précisément, la restauration de l'équilibre hydrologique et des habitats de la lagune, l'amélioration de sa qualité environnementale, la préservation des écosystèmes et la protection de Venise par rapport aux Acqua Alta, tâches dont il s'acquitte grâce au support technique du *Consorzio Venezia Nuova*.

**Il fallut attendre l'inondation du 4 novembre 1966 pour que « de la frayeur suscitée par cet événement naquit à Venise et en Italie une attention plus générale, plus soutenue et moins**

superficielle au destin de la ville » . Les débats et les études qui suivirent aboutirent à la création d'un corpus législatif spécifique : la première Loi spéciale (171/1973) envisage la préservation de l'unité physique et environnementale de la lagune, la préservation des marais salants et un embargo sur les travaux d'assèchement ; la seconde (798/1984) la restauration de l'équilibre environnemental ; la troisième (139/1992) la fin de la détérioration de la morphologie de la lagune et la réhabilitation de cette dernière à son état initial. Il y est précisé que les interventions devraient, en tout temps, être graduelles, testables et réversibles.

## Le rôle de l'UNESCO

La lagune de Venise est incluse dans la *Convention de Ramsar* de 1971, sur la protection des zones humides, ainsi que dans la directive *Habitats* et le réseau *Natura 2000* de la Communauté européenne, qui ont pour objectifs la protection et la gestion des espaces naturels ou semi-naturels à valeur patrimoniale. **L'UNESCO définit la lagune de Venise comme un ensemble culturel qualifiant pour la préservation au titre de Patrimoine mondial de l'UNESCO, c'est-à-dire un ensemble de biens culturels et naturels présentant un intérêt exceptionnel pour l'héritage commun de l'humanité.**

Depuis 1966, le programme pour la sauvegarde de Venise a participé à plus de 1500 projets pour un montant plus de 50 millions d'euros, principalement consacré aux projets de conservation et de restauration. Outre le financement UNESCO, Venise est dotée de sources extérieures de financement : **le fait d'être inscrit sur la liste du Patrimoine mondial favorisant la mobilisation de financements publics et privés destinés aux actions de préservation et de mise en valeur.** Ces sources, non présentes ailleurs en Italie, ont également facilité le développement d'une structure de monitoring environnemental avancée.

**Dans son rapport annuel 2017, l'UNESCO reconnaît des avancées significatives, le budget dégagé et la volonté d'apporter des réponses aux différents points relevés dans le rapport 2016.** L'UNESCO souligne la volonté de l'administration de rénover la ville et sa gestion touristique ainsi que de mettre en place des solutions aux problèmes de navigation dans la lagune. Parmi les points importants, citons la volonté de créer les conditions nécessaires à ce que Venise reste une ville où les gens peuvent résider, vivre et travailler, ce qui nécessite une attention soutenue portée tant sur l'environnement urbain que naturel.

**Enfin dans son dernier relevé de décisions, daté de juillet 2019 , l'UNESCO demande à l' Etat italien de produire un nouveau bilan pour la date butoir de février 2020, en écho à l'appel au secours du maire de Venise Luigi Brugnaro, le 19 juin 2019, qui demande son inscription sur la liste des sites en péril.**

*Figurer sur la liste noire de l'Unesco permettrait à Venise de limiter le flux touristique et ses désagréments tout en autorisant l'action des ONG, mettant alors le gouvernement à part dans les discussions de préservation du site. **Nul doute que la dernière acqua alta dramatique de novembre 2019 sera prise en compte dans le diagnostic, l'UNESCO a annoncé fin décembre le déplacement d'une délégation pour apprécier la situation...***

## Conclusion

A l'heure actuelle, il semble qu'il n'y ait pas encore de solution idéale aux problèmes rencontrés par la ville. Les pressions conjointes des associations citoyennes et environnementales et de l'UNESCO semblent avoir fait prendre conscience aux décideurs que le développement de la ville se doit d'incorporer tant le bien-être de ses habitants que la viabilité de l'espace lagunaire. Et du côté des acteurs économiques, le message semble également être passé, comme l'illustre le projet de construction d'un grand terminal portuaire offshore.

Si le projet MOSE devrait limiter les impacts des fortes marées durant quelques décennies, il se pourrait aussi que le retard du chantier dans un contexte de crise, son fonctionnement quotidien, ses coûts de maintenance et surtout sa véritable efficacité à l'occasion d'une acqua alta historiquement élevée, puissent sonner comme la revanche des «No MOSE». Il faut y ajouter les incertitudes concernant l'impact du réchauffement climatique.

Du coup, Venise est-elle menacée d'engloutissement pour toujours? «La question n'est pas de savoir si cela arrivera, mais simplement quand», estime le rapport de l'Unesco datant de 2010. Au rythme actuel, le niveau moyen des mers augmente de 3 mm par an à l'échelle mondiale, un peu moins en Méditerranée. Mais à Venise, ce phénomène inéluctable de submersion est amplifié par l'affaissement des sols, lié tout autant à leur géologie qu'au poids des constructions. Ainsi, en marge de la lutte désespérée contre la montée des eaux, le centre historique reste menacé d'effondrement dans les années à venir.

«Venise sera protégée des grandes inondations pendant au moins un siècle», a affirmé Mauro Fabris, le président du consortium chargé de la réalisation du projet. « Même en tenant compte d'un relèvement du niveau de l'Adriatique de 60 cm en un siècle dans l'hypothèse la plus pessimiste » Or le dernier rapport du GIEC, en septembre 2019, est plus alarmiste, prévoyant de 60 cm à 1m10 en 2100 et 5 m en 2300 ! avec un rythme d'élévation multiplié par 100 au XXI<sup>e</sup> siècle, menaçant pour la seule Italie quatre sites majeurs en bordure de l'Adriatique ( Venise, le site naturel du delta du Pô, les monuments paléochrétiens de Ravenne, et la basilique d'Aquilée)

Reculer pour mieux sombrer, commenteront les pessimistes qui n'oublieront pas non plus de pointer le gouffre financier creusé pour préserver ce patrimoine unique au monde.

*Salvatore Settis écrit en 2015: « Venise incarne plus qu'elle-même. Fragile, ancestrale, unique par son rapport au paysage, si elle meurt, c'est la notion même de cité qui s'en va au néant et avec elle une vie diverse, fleur de civilisation, création civique et promesse de démocratie. L'oubli de soi sera seul en cause. Ville entre les villes, Venise est l'archétype des cités historiques, mais aussi de la ville moderne. Elle est une machine à penser l'idée urbaine. La résignation à une fausse modernité standardisée, le dépeuplement, les impératifs économiques qui prévalent sur la préservation de son patrimoine constituent une amnésie tout aussi redoutable que la fragilité de ses fondations et la montée des eaux»*

Il est certain que Venise peut encore se réinventer mais aujourd'hui les menaces climatiques sont telles qu'il est difficile de rester optimiste. Tous les indicateurs sont au rouge.

« Il est probable que MOSE ne fonctionnera jamais correctement : ou l'on trouvera une vraie solution, ou bien Venise, comme l'Atlantide rejoindra la légende » selon Maurizio Milan, ingénieur du génie civil, enseignant à l'Université de Venise. Danièle Mariotto/ janvier 2020