

SERENISSIMA



Une ville historique peut-elle être résiliente face au réchauffement climatique?
L'exemple de Venise

Matteo Ricchi

S E R E N I S S I M A

Une ville historique peut-elle être résiliente face au réchauffement climatique?
L'exemple de Venise

Énoncé Théorique réalisé par
Mr. Matteo Ricchi

sous la direction de
Prof. Dominique Perrault
et

Prof. Roberto Gargiani
Maître EPFL

Mr. Juan Fernandez Andrino

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

0.1 PRÉAMBULE	6-7
0.2 PROBLÉMATIQUE	8-9

CHAPITRE UN CONTEXTE THEORIQUE

1.1 AQUA	13-17
1.2 RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE	18-21
1.3 MONTÉE DU NIVEAU MARIN	22-31
1.4 ÉTAT DES LIEUX ET PRÉVISIONS	32-53
1.5 MESURES ÉTABLIES À L'ÉCHELLE MONDIALE	54-55
1.5 LE DÉNI	56-59
1.6 SYNTHÈSE	60-61

CHAPITRE DEUX LA SERENISSIMA

2.1 VENISE ET L'EAU : HISTOIRE	66-79
2.2 CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE	80-81
2.3 MORPHOLOGIE	82-87
2.4 DÉMOGRAPHIE	88
2.5 ADMINISTRATION	89
2.5 ECONOMIE	90
2.6 TRANSPORT	91
2.7 TOURISME	92-93

98-107
108-109
110-111
112
113-125
126-129
130-131
134-143
144-155
156-157

« ACQUA ALTA » ET LES PHÉNOMENES DE MARÉE 3.1
LA MER MONTE, LA TERRE S'ENFONCE 3.2
AUTRES PROBLÈMES 3.3
PRÉVISIONS 3.4
MESURES ÉTABLIES 3.5
INSUFFISANCE ET CRITIQUES 3.6
SYNTHÈSE 3.7

CHAPITRE TROIS ACQUA ALTA

CHAPITRE QUATRE ADAPTATIO

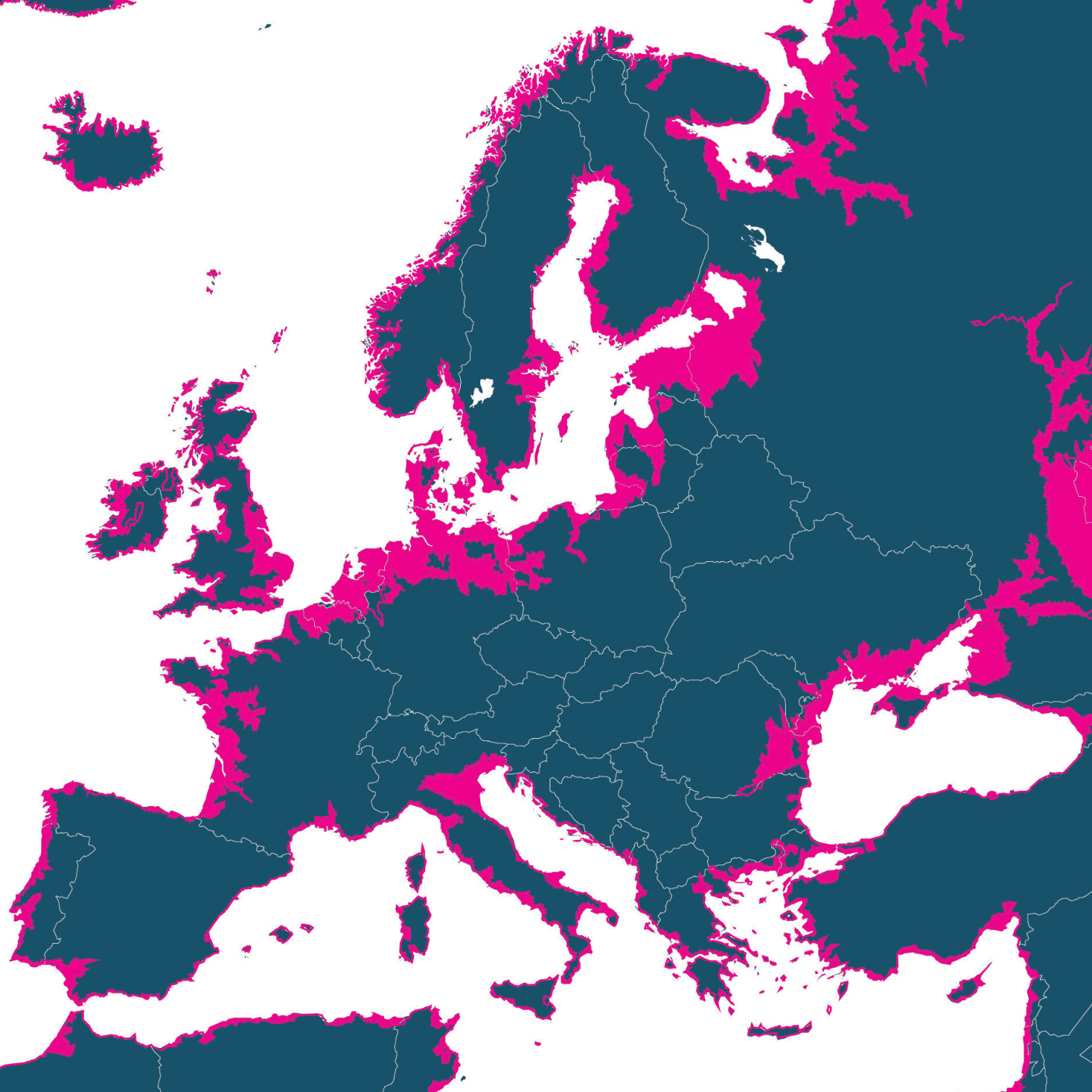
VILLES ADAPTÉES 4.1
ARCHITECTURES ADAPTÉES 4.2
DYSTOPIE 4.4

CHAPITRE CINQ IN FINE

SYNTHÈSE 5.1
INTERVENTIONS POSSIBLES 5.2

REMERCIEMENTS BIBLIOGRAPHIE ICONOGRAPHIE

165-165
166-170
171-173



INTRODUCTION

PRÉAMBULE 0.1
PROBLÉMATIQUE 0.2
MÉTHODOLOGIE 0.3

Simulation de la fonte totale des glaces et les effets du niveau de la montée des eaux sur l'Europe sur la base de la simulation de *National geographic*

INTRODUCTION

0.1 PRÉAMBULE

Le réchauffement climatique est un sujet qui gagne de l'ampleur de nos jours et auquel j'attache une importance particulière. C'est pourquoi, en tant qu'étudiant diplômant en architecture, je me suis demandé quelle analyse pourrais-je effectuer afin de mieux comprendre ce phénomène et également y voir une « opportunité » de créer quelque chose de nouveau.

En lisant et me documentant sur le sujet, un aspect en particulier a retenu mon attention : la montée des mers et des océans. Les images simulant la fonte totale des glaces sur terre m'ont fait prendre conscience de cette problématique. Evidemment, la fonte totale des glaces est une perspective qui a peu de chance de se produire. Cependant, il n'est pas difficile de se rendre compte que l'élévation de quelques mètres du niveau de la mer suffirait à produire d'énormes dégâts. De plus, je considère la thématique de l'eau intéressante du fait de sa dualité qu'elle représente pour l'homme. L'eau est essence de la vie sur terre, nous en avons besoin quotidiennement pour vivre. C'est grâce à elle que l'Homme a pu se protéger et prospérer au fil des siècles. Cependant, elle peut aussi, sous certaines formes, être source de destruction car la nature n'est pas maîtrisable.

Dans ce travail, je me suis interrogé sur l'angle sous lequel je devais approcher cette problématique car toutes les pays, villes ou terres en contact avec une mer ou un océan devront tôt ou tard se confronter à ce problème. Je me suis rapidement intéressé à Venise car cette ville possède à mon sens la même dualité de l'Eau. Cette ville a été dès sa naissance construite en lien avec l'eau et c'est en grande partie grâce à cela qu'elle a pu devenir la « sérénissime ». Cependant, cette même eau qui lui a jadis donné toute puissance est en train de la détruire. Venise et sa lagune sont classés au patrimoine mondial de l'UNESCO et cette ville pourrait bien devenir une ruine si aucunes mesures adaptées ne sont prises comme l'atteste Pilkey et Young: *“The disasters facing Shishmaref and the Tuvalu atolls involve relatively few people and little infrastructure. In the global scheme of things, they represent one endpoint in the sea-level-rise crisis. Venice, Italy, a fifteenth-century city without a future, is another endpoint. It is the location of perhaps the most visible sea-level-rise crisis in the world today.”*¹

Une question est apparue: quel avenir pour Venise ?

1. Orrin H. Pilkey et Rob Young, *The Rising Sea*, 1re éd. (Washington, DC: Island Press, 2009)

INTRODUCTION

0.2 PROBLÉMATIQUE

“ En 1885, Jules Verne écrivait dans *l'Île à hélice* : « Qui sait si la terre ne sera pas trop petite un jour pour ses habitants dont le nombre doit atteindre six milliards en 2072 [...] et ne faudra-t-il pas bâtir sur la mer, alors que les continents seront encombrés ? » Anticipation ? Utopie ? Science-fiction ? Prospective ? Aujourd'hui, partout sur la planète, fleurissent de grands projets, des chantiers pharaoniques réalisés sur le domaine fluvial et maritime. L'architecture de demain sera-t-elle aquatique ? Maisons sur pilotis ? Extensions gagnées sur la mer ? Îles artificielles ? Maisons et villes flottantes ? “²

Le but de ce travail sera de trouver des solutions pour développer la ville de Venise en réponse aux problèmes de la montée de eaux. Quelle(s) type(s) d'architecture pourront être utilisée(s) pour développer la ville ? Est-ce que l'homme pourra trouver des alliances avec l'eau afin d'éviter la fuite ? Sera-t-il possible de sauver Venise et d'éviter qu'elle ne disparaisse ?

Pour trouver des réponses à ces questions, ce travail se composera de plusieurs chapitres qui auront pour but de nous amener à une bonne compréhension des mécanismes en cours.

Pour commencer, le **CONTEXTE THÉORIQUE** nous aidera à appréhender le phénomène de montée des eaux à une échelle mondiale. Ce chapitre nous donnera une vision globale sur ce qui se produit actuellement. Je commencerai par définir l'eau et ce qu'elle représente pour l'homme de manière générale. Je chercherai ensuite à comprendre pourquoi l'eau monte et quelles en sont les causes ? Quels mécanismes entrent en jeu et permettent à un tel phénomène d'avoir lieu ? Où en sommes-nous aujourd'hui ? Quelles sont les régions les plus menacées et quelles mesures ont déjà été prises pour chercher à combattre cet événement ? Pour finir je ferai une parenthèse concernant le déni de certaines personnes concernant le réchauffement climatique et de ses conséquences.

Deuxièmement, le chapitre **LA SERENISSIMA** portera sur la ville de Venise et sa baie. Cette partie facilitera la compréhension du lien fort qu'entretient Venise avec l'eau depuis sa création et comment ce lien a prospéré jusqu'à nos jours. Il aura également pour but d'informer le

lecteur sur le fonctionnement de cette ville. Je chercherai à analyser le fonctionnement de la ville sous tous ses aspects afin de prendre en considération les différents facteurs qui agissent sur le développement de la ville : son contexte géographique, sa morphologie, sa démographie, son administration, son économie, le fonctionnement des transports et pour finir le tourisme.

Le troisième chapitre se nomme **AQUA ALTA**, et aura pour objectif de mettre en exergue les différents problèmes de la ville liés à l'eau et, ainsi, d'observer comment cette dernière a pu s'y adapter. Ce chapitre permettra de faire un état des lieux et nous éclairera sur l'état d'esprit de la ville face à la montée des eaux. J'étudierai tout d'abord les mesures vénitiennes passées et présentes face à la marée prénommée « aqua alta ». Dans un deuxième temps, je me pencherai sur la question de la montée des eaux liée au réchauffement climatique. Il sera intéressant d'examiner en premier lieu si la ville se prépare à une élévation durable du niveau de la mer au-delà du simple événement de marée et, dans un second temps, comment elle remédie à ce problème. Je me questionnerai sur l'efficacité de ces mesures et tenterai de déterminer si elles sont suffisantes.

Le quatrième chapitre **ADAPTATIO** aura pour but de répondre au chapitre précédent montrant quelques exemples de villes et de projets s'alliant avec l'eau qui pourraient inspirer des solutions pour la Venise du futur. Dans un premier temps j'exposerai des exemples de stratégies globales. Dans un second temps, je montrerai des stratégies architecturales dans le monde. Pour terminer ce chapitre, j'envisagerai également une perspective dystopique où l'homme serait contraint de fuir dans le cas où il n'aurait pas su ou pu s'adapter.

Le dernier chapitre **IN FINE** sera une synthèse de toutes les analyses faites dans les chapitres précédents et permettra de poser les bases du travail du deuxième semestre. Il s'agira de synthétiser tous les aspects essentiels de mes différentes recherches afin de proposer des interventions possibles.



CHAPITRE UN CONTEXTE THÉORIQUE

ACQUA	1.1
RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE	1.2
MONTÉE DU NIVEAU MARIN	1.3
ÉTATS DES LIEUX ET PRÉVISIONS	1.4
MESURES ÉTABLIES À LOÉCHELLE MONDIALE	1.5
LE DÉNI	1.6

“ *L'eau seule est éternelle* ”
Yun Son-Do

CONTEXTE THÉORIQUE

1.1 AQUA

L'eau est ubiquitaire sur terre et est profondément liée à l'existence de la vie terrestre. Il s'agit de l'élément le plus symbolique qui représente le principe vital et la renaissance. L'eau possède une relation contradictoire face à l'homme dans le sens où elle est un besoin autant qu'elle peut être une menace. Le destin de l'homme est étroitement lié à cet élément qui lui a donné la vie et qui peut aisément la lui reprendre comme en témoigne Eric Talmadge :

« *The faithful of almost every religion give water a special place. The Catholics have their holy water. The Baptists have their baptisms. The Hindus have the Ganges River. The birth of Sakyamuni Buddha some 2500 years ago is marked around the globe each May by dousing his statues in ladlefuls of water and flower petals, a recreation of the bath the baby Buddha is believed to have been given by the Nine Heavenly Dragons.* »³

Symbolique

On retrouve la symbolique de l'eau sous différents visages selon les traditions humaines à travers le temps. Dans la tradition judéo-chrétienne elle représente la purification et le renouveau : “*C'est l'eau qui lave les péchés du monde* ” (psaume 55 de la Vulgate). L'eau, élément protecteur des bons et destructeur des méchants, se retrouve dans l'épisode du passage de la Mer Rouge par Moïse, lui-même “sauvé des eaux”. Ce dernier se distingue également en faisant surgir une source en tapant sur un rocher avec son bâton: c'est cette eau, symbolisant la Loi, qui sera bue pour fonder la civilisation de Moïse. Elle est aussi symbole de destruction dans l'épisode du déluge où la terre est lavée des péchés de l'homme par les flots.

Dans la tradition musulmane l'eau est encore plus vénérée du fait que cette religion s'est développée dans des régions principalement désertiques. Dans le Coran, un seul et unique élément insuffle la vie au monde: l'eau. « *A partir de l'eau, Nous avons constitué toute chose vivante* » déclare ainsi la Sourate des Prophètes (v-30). Lors de son pèlerinage à la Mecque, le musulman passera également par la source sacrée de Zamzam où il devra s'y désaltérer. Selon Mahomet «*La meilleure eau sur terre est celle du zamzam ; elle est nutritive et curative*» (Sahih al-Djami, 3302).

3. Eric Talmadge, *Getting Wet: Adventures in the Japanese Bath*, 1^{ère} édition (Tokyo ; New York: Kodansha International, 2006).

Dans l'hindouisme, le pèlerinage aux sources du Gange - l'un des sept fleuves sacrés de l'Inde permet de se purifier le corps et l'esprit mais aussi de gagner en sagesse. En effet, bien que la qualité de son eau soit mauvaise, le Gange est considéré comme l'ultime réalité. C'est également le lieu de dispersion des morts suite à leur crémation et, chaque jour, le Gange reçoit ainsi quelques 475 cadavres humains, 1 800 tonnes de bois et d'innombrables cadavres d'animaux. *“ Le Gange est considéré comme un fleuve parfait car il passe par les montagnes, les plaines et se termine à l'océan. Il fait partie d'un cycle, car l'océan est le symbole de l'unité, l'endroit où tout va ou retourne. ”*⁴

En ce qui concerne le Bouddhisme, la vie de Bouddha est jalonnée d'allusion aux rivières, lacs et fleuves. A la fin de sa révélation, Bouddha rentre dans la pureté et la perfection en se recueillant sous un arbre, près d'une fontaine.

L'eau sur Terre

L'être humain dans son histoire a pu se développer et prospérer grâce à l'eau. La très grande majorité des villes sont nées près de l'eau et lui doivent leur expansion: le savoir, la richesse, la culture ainsi que les découvertes qui ont pu se faire grâce à elle. De plus, l'Homme est composé en moyenne de 65% d'eau et doit maintenir un taux d'hydratation sans lequel il ne pourrait survivre plus de deux à trois jours. Cette composante montre qu'un accès à de l'eau propre et saine est nécessaire. Cependant, il n'est toujours pas assuré et encore aujourd'hui une personne sur dix n'a pas accès à l'eau potable. Elle est donc d'une part nécessaire, mais peut également être catastrophique lorsqu'elle prend l'aspect de tsunamis, d'inondations ou de déluges.

Sous état gazeux, l'eau va se reprendre dans l'atmosphère, se condenser et former les nuages pour retomber ensuite sous forme de pluie (cf. figure 5 à la page suivante: *“Le cycle de l'eau”*). *“ Le cycle de l'eau dans l'atmosphère sous forme de vapeur est assez court mais cependant vital car c'est la vapeur d'eau qui est à l'origine des 520 000 Km³ annuels de précipitations qui alimentent les réserves d'eau douce, que ce soit sous la forme de pluie, de neige ou de grêle, Par rapport à la masse totale de l'hydrosphère, la vapeur d'eau ne représente à la surface du globe qu'une toute petite quantité puisqu'elle est égale à 0,001 % de la totalité de l'eau. ”*⁵

4. Fabienne-Shanti DESJARDINS, « La symbolique de l'eau en Inde. », Couleur Indienne, http://www.couleur-indienne.net/La-symbolique-de-l-eau-en-Inde_a284.html.

5. « L'eau, c'est quoi ? », Centre d'Information sur l'eau, <https://www.cieau.com/>

L'eau sous forme liquide est la plus répandue sur notre planète. En effet, les océans recouvrent 71% de la surface terrestre. Seulement 2.8% de cette eau est de l'eau douce et parmi ce faible pourcentage 2.15% est sous forme de glace. Les lacs, rivières, et autre eau de surface ne représentent que 0.019% de l'eau totale.

Les glaciers représentent 10 % des terres émergées et se situent principalement aux deux pôles qui représentent les plus grands réservoirs d'eau douce de la planète. Leur fonte totale équivaldrait à une montée du niveau marin de 200 mètres ! (cf. fig 2: simulation de la fonte totale des glaces à la page 5)

Le cycle de l'eau

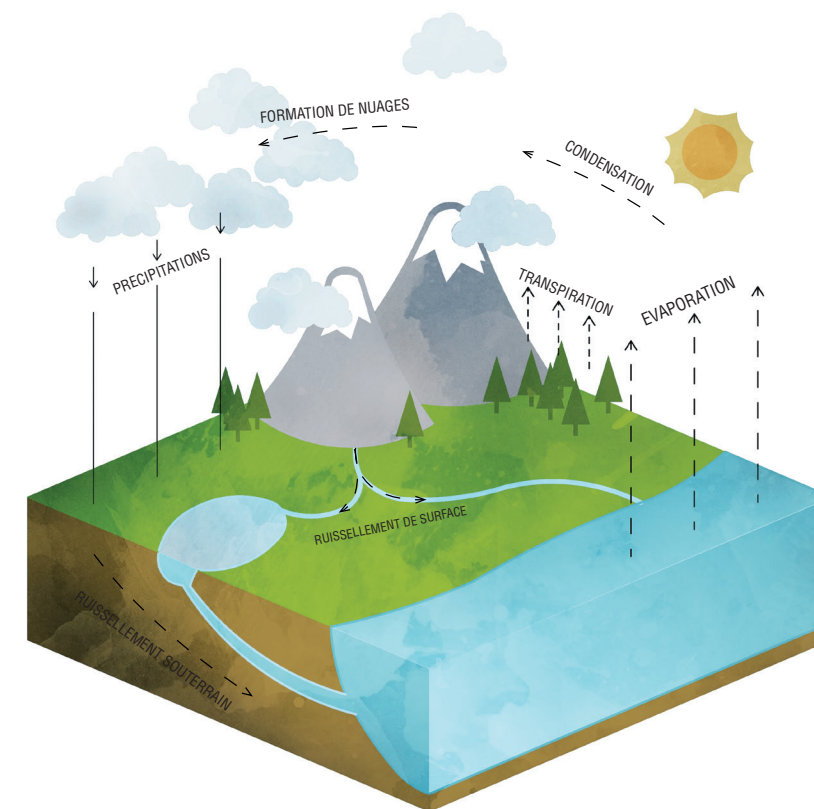


Figure 1 ci dessus: Le cycle de l'eau



“There is an air of unreality in debating these arcane points when the world is changing in such dramatic ways right in front of our eyes because of global warming.” -Al Gore

1.2 RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Le réchauffement climatique est la transformation du climat caractérisée par une augmentation globale des températures sur terre qui modifie l'équilibre météorologique et écosystémique. De façon plus précise, on parle d'augmentation des températures dues aux activités industrielles et notamment à l'effet de serre lié aux émissions exponentielles de CO₂ dans l'atmosphère. On peut donc parler de réchauffement anthropomorphique car il n'est pas naturel. Depuis le début de l'ère industrielle (1850) la température moyenne a augmenté de 1 à 1.5 degrés. De nombreux scientifiques étudient le réchauffement climatique et cherchent à en extraire les causes. C'est notamment le GIEC (Groupe International d'Experts sur le Climat) qui est chargé de faire ce travail. Plusieurs rapports ont été publiés depuis la création de ce groupe en 1988 et le dernier rapport date de 2014 (5ème Rapport d'Evaluation).

La planète a toujours connu des périodes de refroidissement et de réchauffement naturels. Cependant, après avoir atteint le pic naturel de réchauffement, la température a continué à monter, et ce, à cause des gaz à effet de serre engendrés par l'être humain. Le problème est que, même si nous stoppons aujourd'hui toutes les émissions de CO₂ dans l'atmosphère, à cause de l'inertie, il faudrait des siècles pour que les effets bénéfiques de cet arrêt d'émissions soient observés.

*“Le cumul des émissions de CO₂ détermine dans une large mesure la moyenne mondiale du réchauffement en surface vers la fin du XXI^e siècle et au-delà. La plupart des caractéristiques du changement climatique persisteront pendant de nombreux siècles même si les émissions de CO₂ sont arrêtées. L'inertie du changement climatique est considérable, de l'ordre de plusieurs siècles, et elle est due aux émissions de CO₂ passées, actuelles et futures.”*⁶

Selon les différents scénarios du GIEC, la planète, aux alentours de 2100, aura très probablement une température de +1.5 degré par rapport à la période 1850-1900. Il est même probable qu'elle dépasse les 2 degrés. A noter qu'il n'est pas nécessaire d'avoir une variation de température énorme pour que les effets sur la planète se fassent ressentir. Durant la dernière période glaciaire, par exemple, la température était inférieure de seulement 3 à 4 degrés et cette faible différence a suffi pour transformer le monde entier. Ce changement a et aura des effets sur de nombreux facteurs qui régulent notre planète.

Le cycle de l'eau sera impacté de telle sorte que le contraste entre régions sèches et humides sera globalement accentué. Les océans vont poursuivre leur réchauffement en absorbant la chaleur à la surface qui sera retransmise dans l'océan profond ce qui aura pour conséquence une modification des courants marins (cf. fig.3 la circulation thermohaline p.X). La dilatation des océans due au réchauffement climatique couplée à la fonte des glaces entrainera une très forte augmentation du niveau marin (ces deux phénomènes seront expliqués dans le chapitre 1.3). La cryosphère c'est-à-dire l'étendue et l'épaisseur de la banquise arctique, l'épaisseur du manteau neigeux, les glaciers, continueront de diminuer au fur et à mesure que la température du globe augmentera (cf. 1.3). Le niveau marin moyen continuera d'augmenter au fil du XXI^e siècle et il est possible que le phénomène s'accélère en écho aux phénomènes mentionnés précédemment. Le niveau moyen des océans en 2100, selon les différents scénarios du GIEC sera compris entre +26cm, au mieux et, +98cm dans le pire des cas (cf. 1.3).

Le jour X

Le jour X représente le jour où toutes les ressources que la terre peut renouveler en une année ont été épuisées par la population actuelle. En 2017, la planète a atteint ce jour le 2 août. Nous avons donc passé 151 jours “à crédit” de ressources renouvelables. En continuant à consommer de la même façon qu'à l'heure actuelle, l'homme, aura besoin d'“une planète et demi” dans un futur proche pour subvenir à ses besoins. A la fin du siècle et en se basant sur les prévisions de l'augmentation de la population mondiale, il faudra 2.5 planète terre pour subvenir aux besoins de chacun. Il semble évident que de grands changements sont à venir. Non seulement l'homme devra apprendre à vivre avec une nature changeante qui bouleversera le monde tel qu'on le connaît aujourd'hui mais il devra également changer son mode de vie et apprendre à consommer d'une manière différente.

*“ Venezia, più di ogni altra città nel mondo, è il simbolo del rapporto tra umani e natura: se fino ad oggi questo equilibrio è stato mantenuto attraverso lenti ma costanti cambiamenti della durata wdi secoli, la rivoluzione industriale ha accelerato a dismisura il mutamento delle condizioni del pianeta a tal punto da mettere a repentaglio proprio questo equilibrio.”*⁷

6. Rapport GIEC , Cinquième Rapport d'évaluation du GIEC: Changements climatiques , « Changements climatiques 2013 Les éléments scientifiques, Résumé à l'intention des décideurs », <http://ipcc.ch>, 2013.

7. Federico Nejrrotti, « Venezia nel 2100 potrebbe essere sommersa, ed è colpa del cambiamento climatico », Motherboard, 20 octobre 2017, <https://motherboard.vice.com/it/>



New-Orleans flooded after Hurricane Katrina, USA, 2005

CONTEXTE THÉORIQUE

1.3 MONTÉE DU NIVEAU MARIN

“ Nous le savons désormais, l’océan joue un rôle majeur dans les processus climatiques qui rendent notre planète habitable.

En stockant, au niveau des tropiques, d’énormes quantités de chaleur venue du soleil, que les courants transportent vers les régions tempérées et hautes latitudes, en interagissant avec les mouvements de l’atmosphère, l’océan est un acteur essentiel de la « machine climatique ».”⁸

La circulation des courants océaniques dite « circulation thermohaline » joue un grand rôle dans le réchauffement et le refroidissement des différentes parties du monde (cf. figure 2). C’est pourquoi, elle est un composant si important et si fragile à la fois. En effet, comme vu brièvement plus haut, les mécanismes du réchauffement climatique affectent énormément les océans et donc peuvent avoir un énorme impact sur cette dernière et la modifier considérablement.

“ Le réchauffement océanique constitue l’essentiel de la hausse de la quantité d’énergie emmagasinée au sein du système climatique et représente plus de 90 % de l’énergie accumulée entre 1971 et 2010 (degré de confiance élevé). Il est quasiment certain que l’océan superficiel (jusqu’à 700 m de profondeur) s’est réchauffé entre 1971 et 2010 et ce dernier s’est probablement réchauffé entre les années 1870 et 1971. ”⁹

Le réchauffement océanique se fait majoritairement sentir près de la surface de l’océan sur les 75 premiers mètres qui le composent où il a été mesuré une augmentation moyenne de 0.11 C° par décennie sur la période 1971-2010. Une grande partie de la faune et flore marine vit dans cette portion de profondeur et dû à ce phénomène certaines espèces notamment le corail ont fortement été dégradés ou ont même disparu. De plus, il est probable que de 700 à 2000 m l’océan se soit également réchauffé. en effet, sur une période bien documentée de 40 ans, il a été observé que 30% de l’énergie absorbée par le système climatique était emmagasinée dans les profondeurs de l’océan (en dessous de 700m). Le réchauffement climatique a également engendrer des changement dans le taux de salinisation de la mer.

8. Edouard Bard, L’Océan, le climat et nous : un équilibre fragile ? (Paris; Paris: LE POMMIER, 2011).

9. Rapport GIEC , Cinquième Rapport d’évaluation du GIEC: Changements climatiques , « Changements climatiques 2013 Les éléments scientifiques, Résumé à l’intention des décideurs », <http://ipcc.ch>, 2013.

L’océan du fait de l’évaporation des eaux est devenu plus salé dans certaines régions tandis que dans d’autres à cause des fortes précipitations et des fontes des glaces a vu sa salinité diminuer. Ces tendances régionales de la salinité océanique suggèrent des changements d’évaporation et de précipitations sur les océans. (GIEC, 2013)

La circulation thermohaline

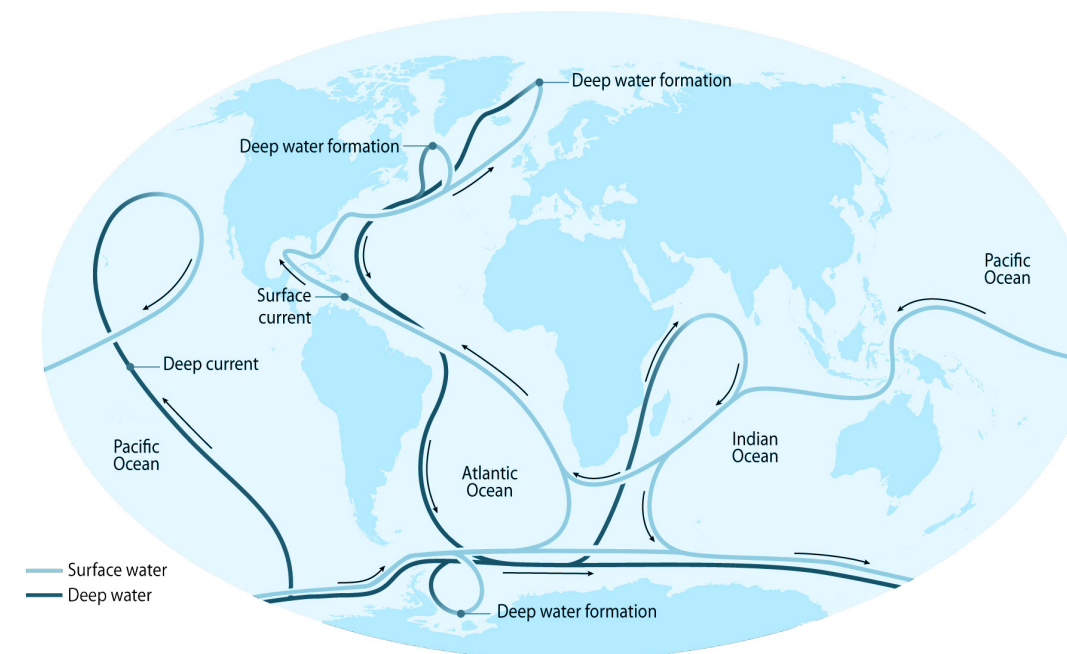


Figure 2 Ci-dessus: Circulation thermohaline

Niveau marin du passé

De telles variations de température ont forcément un impact sur tout ce qui touche de près ou de loin à l'océan et le plus évident est celui de la montée du niveau marin moyen dans le monde entier. Le niveau de la mer a toujours fluctué de la même manière que les températures ont fluctué dans l'histoire de la planète à mesure que la terre se refroidissait où se réchauffait. Les océans ont connu des fluctuations de grande ampleur de l'ordre de centaines de mètres. Au cours du Cétacée (-145 à -65 millions d'années), le niveau marin était de 100 à 200 m plus élevé qu'aujourd'hui et la calotte polaire antarctique n'existait pas encore. Le niveau moyen a ensuite baissé au fil du temps et ceci particulièrement lorsque la calotte glaciaire s'est formée aux alentours de -35 millions d'années. Depuis trois ou quatre millions d'années, le niveau moyen est proche de l'actuel mais avec de fortes variations du fait des différents cycles glaciaires et interglaciaires. Lors du dernier maximum glaciaire, le niveau moyen des océans était 120 m moins élevé qu'aujourd'hui car une grande majorité de l'eau était sous forme de glace. Après ce maximum glaciaire, la planète s'est réchauffée et les glaces ont fondu et les eaux sont remontées petit à petit (environ 1 m par siècle). Il s'est ralenti après le début de l'Holocène (-8000) puis s'est stabilisé il y a 3000 ans et depuis, le niveau marin est resté plutôt stable. Des recherches archéologiques montrent que la hausse de l'océan n'a pas dépassé 0.5 à 0.7mm/an. Durant la période du Moyen-Âge, le niveau de la mer était légèrement plus haut de 20 à 30 cm que durant le petit âge glaciaire (1600 à 1800). Cependant, durant le dernier millénaire, le niveau de la mer a monté progressivement jusqu'à nos jours où le phénomène s'est accéléré de plus en plus depuis 1850.

La dernière glaciation a engendré un phénomène appelé « le rebond postglaciaire ». Ce phénomène se décrit comme un affaissement de la croûte terrestre à certain endroit de la planète à cause du poids de la glace qui la recouvrait. À la fonte des glaces, le phénomène inverse s'est produit c'est-à-dire que la terre a eu tendance à se soulever. La réponse de la Terre à ses surcharges et décharges de masses est longue et est perceptible encore de nos jours. Dans certaines régions nordiques, les marégraphes (appareil servant à mesurer le niveau marin) enregistrent une baisse du niveau de la mer de quelques mm par année. En réalité ce n'est pas la mer qui baisse mais bel et bien la croûte terrestre qui remonte. Le rebond postglaciaire est un phénomène complexe et se manifeste plus fortement dans les régions de fortes latitudes.

Montée globale du niveau marin

Malgré ces relevés très spécifiques où la mer semble descendre, de manière générale, le niveau marin a tendance à monter de plus en plus rapidement. Mais quelles en sont les causes ? Il a été observé que de nombreux relevés montrent indéniablement un réchauffement général de la planète et donc des océans. Ce réchauffement a un lien direct avec la montée du niveau globale des océans et des mers. Sur le graphique (fig. 3) on remarque que le niveau marin a une tendance évidente à monter de manière linéaire au cours de ces dernières années. La vitesse d'élévation correspondante est d'environ 3.3mm/an. Entre 1993 et 2010, la vitesse de la montée du niveau marin s'est accéléré pour atteindre une moyenne deux fois supérieure aux mesures faites les décennies précédentes. Ce résultat montre une véritable accélération du phénomène de montée du niveau marin à partir des années 1990. Il faut noter que la mer ne monte pas de manière uniforme. Par exemple, dans le Pacifique Ouest, la montée du niveau marin est trois fois supérieure à la moyenne (cf. carte de la hausse du niveau marin). Comme évoqué précédemment, de nombreux scientifiques affirment que la montée du niveau marin est une conséquence directe du réchauffement climatique causée par la libération anthropique de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Il y a deux phénomènes qui mènent à une montée du niveau marin : la fonte des glaces dite « cryosphère » (les apports d'eau douce à la mer causé par la fonte des glaces font monter le niveau de l'eau) et le réchauffement global de la température des eaux qui a pour effet une expansion thermique de l'eau (l'eau se dilate et il en résulte une élévation du niveau de la mer).

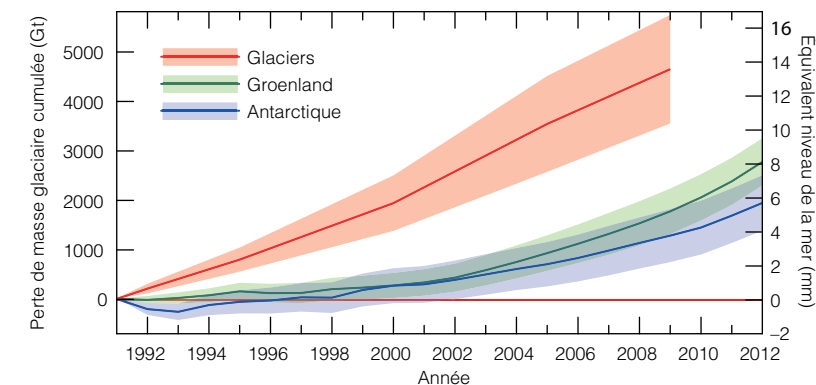


Figure 3 ci-contre: Évaluation de la perte de glace totale des glaciers et des nappes glaciaires en termes de masse (Gt) et en équivalent niveau de la mer (mm). La concernant les glaciers n'inclut pas les glaciers de la périphérie des nappes glaciaires. Source: Cinquième Rapport d'évaluation du GIEC: Changements climatiques

“Au cours des deux dernières décennies, la masse des nappes glaciaires du Groenland et de l’Antarctique a diminué, les glaciers de presque toutes les régions du globe ont continué à se réduire et l’étendue de la banquise arctique et celle du manteau neigeux de l’hémisphère Nord au printemps ont continué à diminuer.” -GIEC (Cinquième Rapport d’évaluation)



Carte postale du glacier du Rhône à Gletsch, Suisse, en 1900



Photographie du glacier du Rhône à Gletsch, Suisse, 2008

Fonte de la cryosphère

Depuis quelques décennies, on observe un recul des glaciers dans toutes les chaînes de montagnes autour du monde. Une partie de cette fonte s'explique par la sortie du petit âge glaciaire qui a pris fin dans les années 1850. Cependant la fonte accélérée de ces dernières décennies (depuis 1980 environ) est dû principalement au réchauffement climatique anthropique. À cause des propriétés thermodynamiques des glaciers, tout échange d'énergie se traduit par la fonte de la glace et donc une perte de masse. Les glaciers sont très sensibles aux changements de températures c'est pourquoi leur amincissement et le recul de leur front est rapide. Toute cette eau va ruisseler pour finir sa course dans la mer et faire monter son niveau (cf. figure 1 p.15). Suite à différentes observations, il a été estimé que depuis 1990, les glaciers en montagne perdent chaque année l'équivalent de 300 Gt de glace. Les deux régions qui contribuent le plus à la hausse du niveau marin sont l'Alaska, où 90'000 km² sont affectés et l'Arctique (Canada, Islande, etc..) où plus de 300'000 km² de glace sont concernés. La fonte des glaciers est responsable à 30% de la montée du niveau marin soit 1mm/an. À noter qu'entre 1950 et 1995, les glaciers n'étaient responsables que d'une montée du niveau marin de 0.5mm/an ce qui prouve que le réchauffement climatique est bien présent et a un impact de plus en plus évident.

28

*“ La perte de glace moyenne des glaciers des diverses régions du monde, en excluant les glaciers situés à la périphérie des nappes glaciaires, était très probablement de 226 [91 à 361] Gt/an pour la période 1971–2009, et très probablement de 275 [140 à 410] Gt/an pour la période 1993–2009. ”*¹⁰

Les autres éléments de glaces qui complètent la cryosphère sont les calottes polaires du Groenland et de l'Antarctique qui fondent et se rapetissent également. Dans l'hypothèse d'une fonte totale, elles feraient augmenter le niveau marin de plusieurs dizaines de mètres. Un tel phénomène a peu de chance de se produire. Cependant, force est de constater que lors du précédent interglaciaire, avec une température supérieure de seulement 1.5°C à 2.5°C, le niveau marin s'élevait de +4m à +6m par rapport au niveau marin actuel. Comme il a été mentionné précédemment, l'augmentation de température de quelques degrés seulement peut avoir un effet conséquent et provoquer des changements considérables par rapport à ce que nous connaissons aujourd'hui. Les observations ont montré une perte de masse importante dans les régions côtières du Sud du Groenland qui représentent environ 150 Gt de glace par an dans la dernière décennie. Dans l'Antarctique de l'Ouest, on estime

10. Rapport GIEC, Cinquième Rapport d'évaluation du GIEC: Changements climatiques, « Changements climatiques 2013 Les éléments scientifiques, Résumé à l'intention des décideurs », <http://ipcc.ch>, 2013.

de 100 à 200 Gt la masse perdue chaque année. Dans les deux cas, on observe une accélération notable au cours de ces 3 à 4 dernières années. La contribution de la fonte des glaces du Groenland et de l'Antarctique représentaient, jusqu'au début des années 2010, une augmentation de 0.6 à 0.8, mm/an. Aujourd'hui, ce chiffre est plus proche des 1mm/an et représente donc une responsabilité à hauteur de 30% de la montée du niveau marin.

*“L'étendue moyenne annuelle de la banquise arctique a diminué au cours de la période 1979–2012 à une vitesse qui se situait très probablement entre 3,5 et 4,1 % par décennie (entre 0,45 et 0,51 million de km² par décennie), et très probablement entre 9,4 et 13,6 % par décennie (entre 0,73 et 1,07 million de km² par décennie) pour le minimum d'été (glace pluriannuelle). La diminution moyenne de l'étendue moyenne décennale de la banquise arctique a été plus rapide en été que pour les autres saisons ; l'étendue spatiale a diminué en toutes saisons et à chaque décennie successive depuis. À partir des reconstructions, on peut affirmer que, sur les trois dernières décennies, le recul de la banquise arctique en été était sans précédent et que les températures de surface de la mer en Arctique étaient anormalement élevées, au moins dans le contexte des 1450 dernières années. ”*¹¹

29

L'accélération de la fonte de glaces s'explique par un écoulement plus rapide en direction de la mer. Par conséquent, il y aura un plus grand déversement d'iceberg dans l'océan qui partiront à la dérive et finiront par fondre. Ce phénomène s'accélère d'autant plus si le socle rocheux sur lequel repose le glacier de situe sous le niveau de la mer comme dans le cas du glacier Jakobshavn Isbrae, le plus important du Groenland, qui a vu sa vitesse d'écoulement doublé depuis 1997. Ce mécanisme a lieu lorsque le front du glacier ayant perdu trop de masse ne parvient plus à retenir la force du glacier qui le « pousse » et donc la vitesse d'écoulement augmente et avec elle la fonte des glaces qui le composent. Il est possible que la plateforme s'effondre brutalement et peut avoir comme conséquence une accélération de l'écoulement qui serait dix fois plus rapide comme dans la péninsule Antarctique par exemple. La fonte des glaces est également accrue dans les périodes estivales et une plus grande quantité d'eau s'écoule vers la base du glacier et en lubrifie le fond ce qui provoque également un écoulement plus rapide. La recherche sur la dynamique des calottes polaires est assez récente et l'observation par satellite reste essentielle pour mieux la comprendre.

11. Ibidem

L'océan se réchauffe et se dilate

Les causes du réchauffement des océans ont été expliquées précédemment et il a été démontré que l'océan joue le rôle de régulateur thermique du système climatique. Cependant, ce réchauffement a une conséquence directe sur la densité de l'eau ce qui effecte la montée du niveau des océans. En effet, des mesures réalisées ont permis d'observer l'expansion thermique des océans. Sans surprise, une augmentation notable depuis les années 1970 a été mise en évidence. L'expansion thermique fluctue avec le temps. Entre 1993 et 2003, cette fluctuation était responsable à 50% de la montée du niveau marin. De nos jours, le taux est environ de 20% à 25% mais il pourrait encore varier et cette variation a été prise en compte dans les différents scénarios RCP du GIEC (cf. [1.4 états des lieux et prévisions](#)).

Les pourcentages restants, qui sont responsables de la montée du niveau de la mer, sont une modification du cycle de l'eau qui a été principalement mis en évidence en 2002 avec l'expérience *Grace*. Ceci a permis de mesurer la variation du stock d'eau contenu dans les bassins fluviaux et les manteaux neigeux de la planète.

Évolution relative du niveau de la mer de 2081 à 2100 par rapport à la période 1986–2005

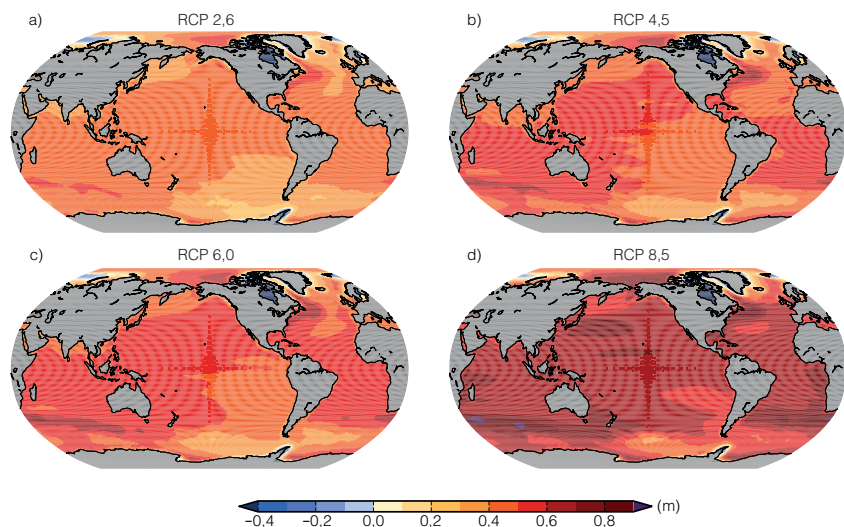


Figure 4 ci-dessus: Évolution nette moyenne d'ensemble du niveau de la mer à l'échelle régionale (mètres) évaluée à partir de 21 modèles CMIP5 pour les scénarios RCP a) 2,6, b) 4,5, c) 6,0 et d) 8,5 de 1986–2005 à 2081–2100. Chaque carte tient compte des effets de la charge atmosphérique, ainsi que des glaces continentales, de l'ajustement isostatique glaciaire et des sources d'eau terrestres.

Source: *Cinquième Rapport d'évaluation du GIEC: Changements climatiques*

Variation du niveau marin depuis l'époque préindustrielle (mm)

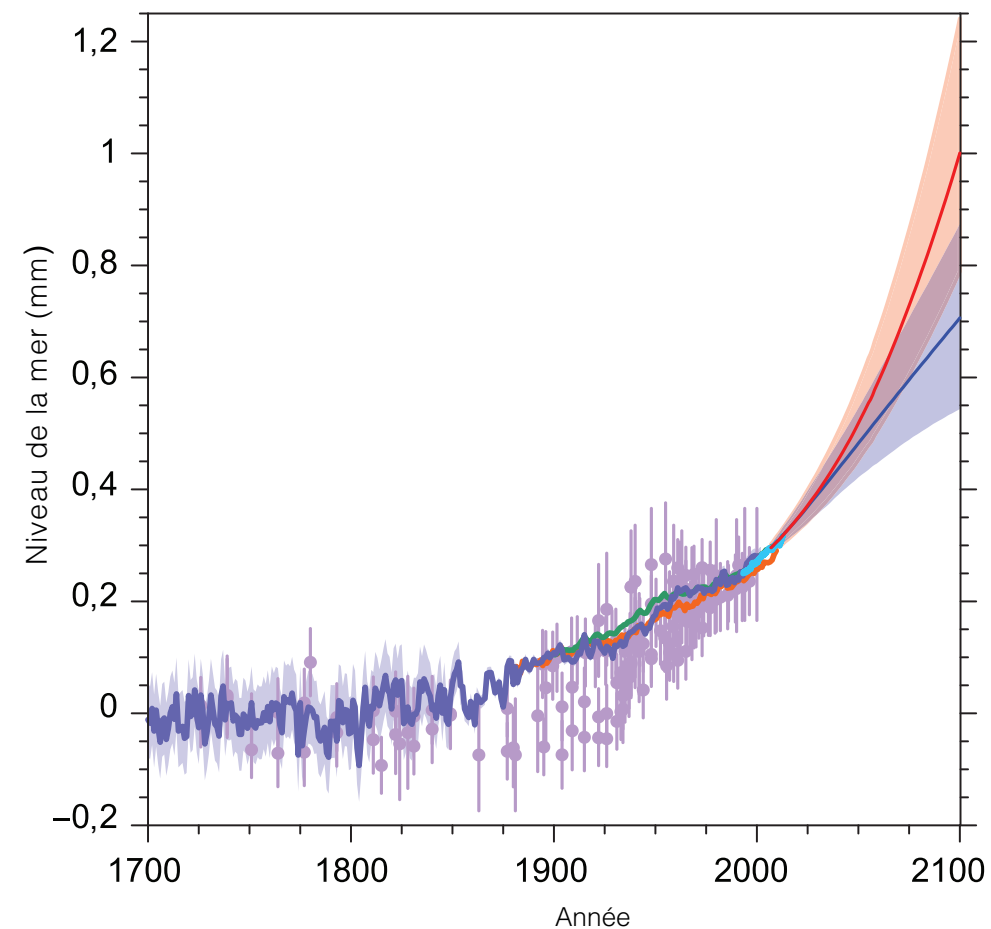


Figure 5 ci-dessus: Compilation des données antéhistoriques du niveau de la mer (en violet), des données obtenues par marégraphe (en bleu, rouge et vert), des données altimétriques (en bleu ciel) et des estimations médianes et des plages probables de projections de l'élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe du niveau de la mer du CMIP5 et des modèles fondés sur des processus pour les RCP2,6 (en bleu) et RCP8,5 (rouge), tous relatifs aux valeurs préindustrielles.

Source: *Cinquième Rapport d'évaluation du GIEC: Changements climatiques*

CONTEXTE THÉORIQUE

1.4 ÉTAT DES LIEUX ET PRÉVISIONS

“ Le niveau moyen mondial des mers continuera à s'élever au cours du XXI^e siècle. Selon tous les RCP, il est très probable que cette élévation se produira à un rythme plus rapide que celui observé entre 1971 et 2010, en raison du réchauffement accru de l'océan et de l'augmentation de perte de masse des glaciers et des nappes glaciaires. “ ¹²

Il est certain que le niveau marin continuera d'augmenter mais il est difficile de prévoir de combien exactement. C'est pourquoi le GIEC utilise dans toutes ses projections un scénario RCP (pour Representative Concentration Pathway). Sur la base de quatre hypothèses différentes concernant la quantité de gaz à effet de serre qui sera émise dans les années à venir (période 2000-2100). Chaque scénario RCP donne une variante jugée probable du climat qui résultera du niveau d'émission choisi comme hypothèse de travail. Les quatre scénarios sont nommés d'après la gamme de forçage radiatif ainsi obtenue pour l'année 2100 : le scénario RCP 2.6 correspond à un forçage de +2,6 W/m², le scénario RCP 4.5 à +4,5 W/m², et de même pour les scénarios RCP 6 et RCP 8.5.

32

On estime qu'en 2100 le niveau marin aura, au mieux, monter d'environ +20 cm et, dans le pire des cas, de +100 cm (voir graphique fig. 7). L'océan stock sur des échelles de temps très longues de grandes quantités de chaleur. En effet, à cause de l'inertie, le niveau de la mer continuera à monter pendant plusieurs siècles voire plusieurs milliers d'années, même si, aujourd'hui, l'être humain arrêta toute émanation de gaz à effet de serre.

La hausse du niveau marin représente une menace importante pour les régions côtières très peuplées. Cependant, toutes les régions ne sont pas égales face à ce phénomène car d'autres mécanismes non-climatiques entrent en jeu dans certains cas ; enfoncement de sol à cause des sédiments, pompage des eaux souterraines ou encore activités pétrolières sont des exemples de mécanismes qui provoquent un affaissement du sol et accentuent les effets de la montée du niveau marin. Dans le cas de Venise par exemple, les marées sont un composant qui a également un grand impact. Ce phénomène sera traité dans le chapitre 3 de ce travail. Environ 600'000'000 d'êtres humains vivent aujourd'hui sur les régions côtières dont l'altitude ne dépasse pas +10m. Un grand nombre de ces régions, qui sont déjà fragiles, sont souvent sujettes à des problèmes récurrents et le phénomène

12. Rapport GIEC , Cinquième Rapport d'évaluation du GIEC: Changements climatiques , « Changements climatiques 2013 Les éléments scientifiques, Résumé à l'intention des décideurs », <http://ipcc.ch>, 2013.

Tableau des estimations d'augmentation des températures et de la montée du niveau marin

	Scénario	2046–2065		2081–2100	
		moyenne	plage probable ^c	moyenne	plage probable ^d
Évolution de la température moyenne à la surface du globe (°C) ^a	RCP2,6	1,0	0,4 à 1,6	1,0	0,3 à 1,7
	RCP4,5	1,4	0,9 à 2,0	1,8	1,1 à 2,6
	RCP6,0	1,3	0,8 à 1,8	2,2	1,4 à 3,1
	RCP8,5	2,0	1,4 à 2,6	3,7	2,6 à 4,8
Élévation du niveau moyen des mers (m) ^b	RCP2,6	0,24	0,17 à 0,32	0,40	0,26 à 0,55
	RCP4,5	0,26	0,19 à 0,33	0,47	0,32 à 0,63
	RCP6,0	0,25	0,18 à 0,32	0,48	0,33 à 0,63
	RCP8,5	0,30	0,22 à 0,38	0,63	0,45 à 0,82

Graphique des projections de la montée du niveau marin

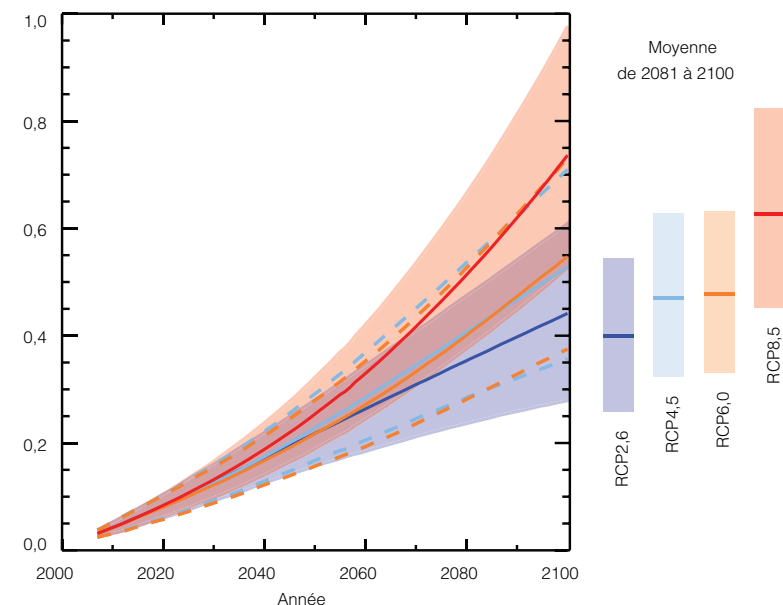


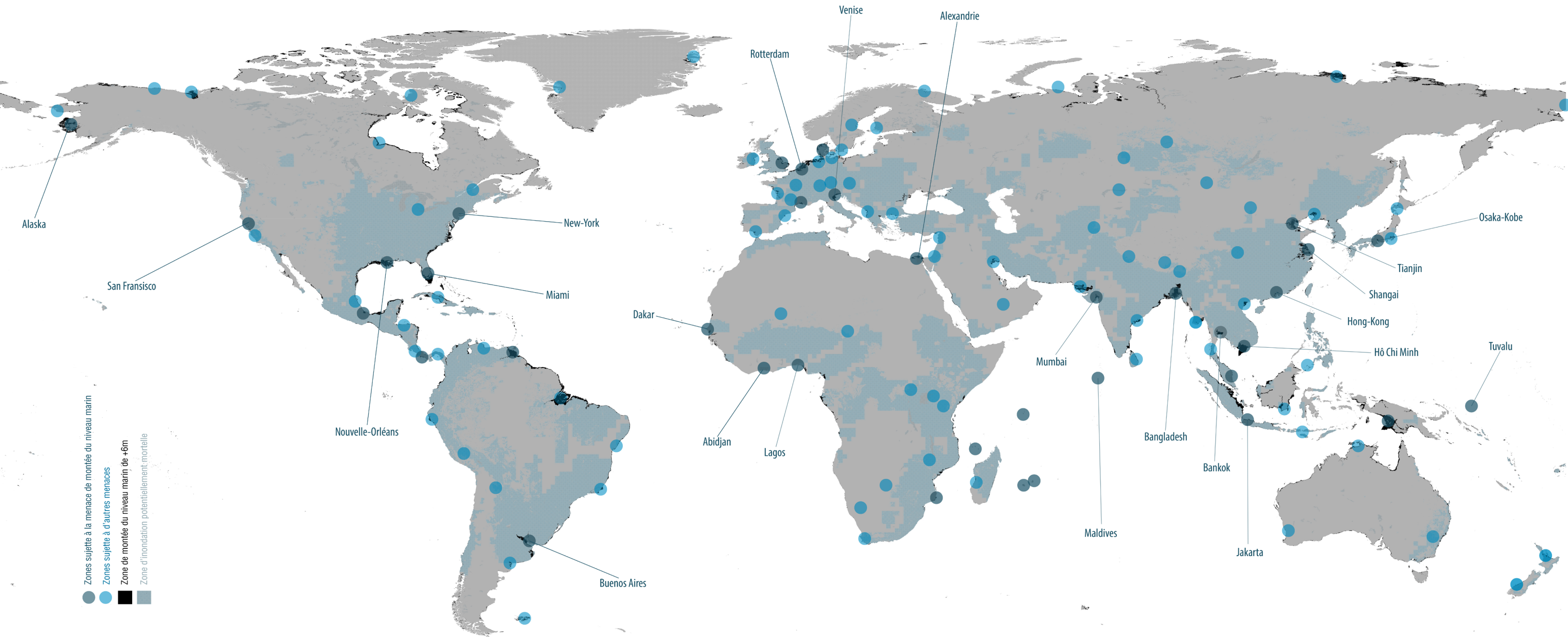
Figure 6 ci-dessus : Évolution projetée de la moyenne de la température de l'air à la surface du globe et de l'élévation du niveau moyen des mers pour le milieu et la fin du XXI^e siècle par rapport à la période de référence 1986-2005.

Source: Cinquième Rapport d'évaluation du GIEC: Changements climatiques

Figure 7 ci-contre: Évolution projetée de la moyenne d Projections issues de modèles fondés sur des processus concernant l'élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe par rapport à la période 1986–2005 dans le cas des quatre scénarios RCP. Les traits pleins correspondent aux projections médianes, les lignes en tirets aux fourchettes probables dans les scénarios RCP4,5 et RCP6,0 et les ombrages aux fourchettes probables dans les scénarios RCP2,6 et RCP8,5.

Source: Cinquième Rapport d'évaluation du GIEC: Changements climatiques

33



carte des zones à risques

de la montée du niveau marin est et sera un facteur aggravant. De plus, si les problèmes contemporains portant sur les océans semblent si impactant, c'est que l'homme entretient une relation forte avec les richesses de la mer. Selon la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) les ressources marines couvrent 40% de l'apport en protéine pour l'être humain. Il faut toutefois noter que toutes les régions ne sont pas égales face au phénomène et chaque région a un facteur de vulnérabilité qui lui est propre. Certaines d'entre elles sont d'ores et déjà dans une situation critique alors que d'autres voient le phénomène arriver petit à petit. Cependant, ce qui fera leur vulnérabilité n'est pas forcément la force économique d'une ville ou d'un pays mais la capacité à s'adapter au changement. Les pays riches comme pauvres seront égaux face à ces modifications. C'est pourquoi, prévoir les scénarios de la montée du niveau marin semble essentiel afin de se préparer efficacement à lutter contre ce phénomène dans les régions où "il n'est pas encore trop tard". *"Predicting the outcome of natural processes, particularly those that are hazardous to humans, has long been a major goal in almost every field of science. Billions of dollars have been spent in attempts to learn when and where the next earthquake, landslide, tsunami, river flood, ice storm, volcanic eruption, hurricane, tornado, drought, or asteroid strike might occur. Since the 1990s, global climate change and its related effects have been added to the top of this list of possible natural hazards."* ¹³

36

Quelques villes et pays en danger

Bassin de l'Océan Atlantique

Nouvelle-Orléans

La région regroupant la Floride, la Louisiane, le Texas et la Caroline du Nord possèdent ensemble un total de terre de 58'000 km² carrés se situant sous 1.5m par rapport au niveau marin actuel. Le problème de cette région est qu'elle s'enfonce continuellement. Comme l'atteste Hunt Janin et Scott A. Mandia: *"New Orleans is now sinking (at the rate of) two inches (5.1 centimeters) per decade, and it is anticipated that it will sink roughly one meter [3.2 feet] in the next 100 years relative to mean sea level. The ocean is also rising.... Within the next century if nothing is done to modify the existing infrastructure [in fact, the rebuilt, post-Katrina levee system will be stronger than its predecessor] some areas of the city*



13. Orrin H. Pilkey et Rob Young, *The Rising Sea*, 1re éd. (Washington, DC: Island Press, 2009).

that did not flood as a result of Hurricane Katrina will likely flood in a future storm due to subsidence and sea-level rise. ”¹⁴

Miami

Toute la région de Miami est en moyenne à très basse altitude et ne dépasse jamais l'altitude de +12m et a une hauteur moyenne de +1.8m. La ville possède également une des densités d'habitant les plus élevées des États-Unis. Il n'est pas difficile de comprendre pourquoi cette ville est particulièrement exposée aux dangers de la montée du niveau marin. Une élévation des eaux de 1m suffirait à engloutir environ 20% de la ville. De plus, la cité repose sur un sol très poreux ce qui rend le sol très perméable. “ *In Miami, as in every other city in the world, there is hope that if sea levels rise slowly enough, it will erode the politics of denial and inspire innovation and creative thinking, and the whole crisis will be manageable.* ” ¹⁵

New York

“ *New York City has a watery past and will have a watery future.* ” ¹⁶ New-York, aujourd'hui, est exposée aux tempêtes hivernales et aux ouragans estivaux tout comme l'est Miami. Avec la montée du niveau marin prévue pour 2050 (environ +46cm) la ville sera encore plus exposée aux tempêtes et le risque d'inondation sera accru. La ville étudie très sérieusement le phénomène de montée des eaux et essaie de prévoir au mieux des interventions futures.

Rotterdam

Cette ville est la deuxième plus grande ville de Hollande (après Amsterdam) et est également la ville la plus basse du pays. Le port de Rotterdam est le plus grand port d'Europe et a été pendant longtemps le plus actif du monde ce qui est remarquable considérant la taille modeste du pays. Les Pays-Bas ont toujours été en « guerre » contre l'eau. Il est de loin le pays le plus actif en ce qui concerne les mesures prises pour contrer la montée du niveau marin car 27% de ses terres se situent sous le niveau de la mer. Un dicton très répandu et plutôt vrai résume la situation atypique du pays “ *God made the world but the Dutch made the Netherlands* ”.

14. Hunt Janin et Scott A. Mandia, *Rising Sea Levels: An Introduction to Cause and Impact* (Jefferson, NC: McFarland, 2012).

15. Jeff Goodell, *The Water Will Come: Rising Seas, Sinking Cities, and the Remaking of the Civilized World* (S.I.: Back Bay Books, 2018).

16. Hunt Janin et Scott A. Mandia, *Rising Sea Levels: An Introduction to Cause and Impact* (Jefferson, NC: McFarland, 2012).



Rotterdam, Pays-Bas

Venise

La problématique de Venise sera développée en détail dans les chapitres suivants (cf. Chapitre 2 “ LA SERENISSIMA ”). Cependant, cette ville est indubitablement, avec Miami, la ville la plus en danger actuellement et c’est dans cette région que les conséquences de l’eustatisme se feront rapidement ressentir.

Lagos

La ville et le port de Lagos se situent au Nigéria sur la côte Atlantique dans le Golf de Guinée. Dans les années 1970, suite au boom pétrolier, la ville est devenue le centre économique du pays et a attiré de nombreux jeunes. Par conséquent, cette ville est devenue la seconde ville la plus peuplée du monde et possède l’un des taux de croissance les plus élevés de la planète. Lagos est une ville très exposée à l’érosion naturelle comme anthropique de ses côtes ce qui fait d’elle l’une des mégapoles les plus vulnérables. “ *It has been shown that much of the Lagos coastal lowlands are already at risk and would become more at risk if the sea level rises in the future or if the ground altitudes fall below the sea level due to increase in storminess and extreme sea water levels. A flood early warning system, which would integrate the collection of tidal data with that of surface meteorological parameters into a community-based information dissemination scheme, should therefore be developed in the country.* ” ¹⁷

Alexandrie

Cette ville possède 4.1 millions d’habitants et est la deuxième ville la plus peuplée du pays après le Caire. Le Delta du Nil est bas et atteint en moyenne une hauteur de +2m par rapport au niveau de la mer ce qui rend toute la région vulnérable à une montée du niveau marin. La région est en partie protégée par des barrières de sable mais elles ne sont pas à l’abri de l’érosion. De plus, le Delta du Nil est également sujet à une subsidence naturelle de l’ordre de 3 à 5mm/an. Ce problème, couplé à celui d’une montée du niveau marin pourraient avoir des graves conséquences. 4500km² de terre se retrouveraient sous l’eau et 6 millions de personnes devraient être déplacées. Le domaine de l’agriculture subirait également des dommages considérables à cause de la salinisation des eaux. “ *Last year the storm destroyed palm trees, buildings, cars -older people in their seventies said they’d*



17. Olutoyin Fashae et Onafeso David, “ *Impact of climate change on sea level rise in Lagos, Nigeria* ”, International Journal of Remote Sensing 32 (1 décembre 2011): 9811-19, <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.581709>.

never seen anything like it in their lives,” said fisherman Ahmed Mohamed Gowayed. The storm also destroyed barges and kiosks that local fishermen rely on for their livelihoods. ” ¹⁸

Bassin de l’Océan Pacifique

San Fransisco

Le niveau marin de la baie de San Fransisco est monté de +18cm au cours du siècle dernier. Des recherches et des simulations ont été produites pour pouvoir estimer les effets de la montée des eaux durant le milieu du siècle. La question est également de savoir si des constructions le long de la baie ont encore du sens au vu des prévisions défavorables. *“In broader terms, a 2011 study of the potential impacts of increased coastal flooding in California as a whole painted an alarming picture of the consequences of 4.5 foot (1.4 meter) rise in sea level. (...) Such a rise would put 480,000 people at risk, including large numbers of low-income people and communities of color.”* ¹⁹

Villes et zones côtières de Chine

42 La Chine est le pays avec le plus grand nombre d’habitants et s’est considérablement développé au cours de ces dernières décennies ce qui en fait la plus grande puissance mondiale mais également un des principaux responsables d’émission de gaz à effet de serre. Ces dernières années, la Chine a grandement progressé dans son comportement face au changement climatique et a ratifié en 2015 les accords de Paris. *“ Due to their flat and low landscapes, China’s coastal regions, the engine of China’s economic achievement, are highly vulnerable to storm, flood, and sea-level rise(...) China has been actively developing early warning systems and related monitoring systems and improving the design standards of sea dikes and port docks. These efforts may help buffer some risk of natural weather extreme events.”* ²⁰

18. “ Sea level rise threatens Alexandria, Nile Delta ”, Reuters, 14 novembre 2010, <https://www.reuters.com/article/us-climate-egypt/sea-level-rise-threatens-alexandria-nile-delta-idUSTRE6AD1DI20101114>.

19. Hunt Janin et Scott A. Mandia, *Rising Sea Levels: An Introduction to Cause and Impact* (Jefferson, NC: McFarland, 2012).

20. National Intelligence Council (NIC), « China: The Impact of Climate Change to 2030 », 2009.



Villes et zones côtières du Vietnam

Les zones côtières vietnamiennes seront parmi les plus touchées de la planète face à la montée du niveau marin. De plus, le phénomène affecte également la salinité des rivières du Delta du Mekong et menace la population dépendant directement de l'exploitation de ces rivières. Des estimations ont montré que l'élévation d'environ +1m du niveau de l'eau dans le Delta de la rivière Mekong et dans celui de la rivière Rouge affecterait très gravement toute la population vivant principalement de l'agriculture. Toujours selon ces estimations, il a été observé que 10% de la population du pays devrait être déplacée et que 12% des terres seraient inondées. Le pays a voté en 2008 pour une série de mesures visant à se protéger de la montée du niveau marin. C'est notamment le cas du projet de polders entourant la ville de Ho Chi Minh. *" The Vietnamese leader replied along these lines: In the Netherlands, the delegation learned about the sea dike system, along with water and environmental management. We also learned a number of lessons about building computer models to address these issues. I think that Haiphong should creatively apply these experiences to cope with climate change and sea level rise.... We can also learn from Belgium's experience in building and maintaining sea dikes. Belgium has a long, wide sea dike system, based on meticulous research and construction, and carried out with high technical skill and methodology to meet. "* ²¹

44

Bangkok

La ville est située dans l'extrême Nord du Golf de Thaïlande et est composée de 16 millions d'habitants ce qui fait d'elle l'une des plus grandes zones urbaines mondiales. La ville a été surnommée *" La Venise de l'Est "* à cause des nombreux canaux qui la composent. Durant les périodes de mousson, les canaux débordent et provoquent de nombreuses inondations. Cette ville est également sujette à une subsidence assez élevée qui lui cause un affaissement de 10cm par année. Une grande partie de la ville est déjà sous le niveau de la mer alors que la moyenne de l'altitude de la ville est d'environ 1m. Contrairement aux exemples précédents, les autorités n'ont pas encore réellement pris en considération le facteur de la montée du niveau marin.



21. Hunt Janin et Scott A. Mandia, *Rising Sea Levels: An Introduction to Cause and Impact* (Jefferson, NC: McFarland, 2012).

Tuvalu et Kiribati et les îles du Pacifique

Il y a de nombreuses îles dans le Pacifique Sud (environ 260 îles atolls) et elles sont très vulnérables face à la montée du niveau marin car leur hauteur moyenne ne dépasse pas les 2m. La plupart de ces îles sont habitées mais leur avenir est très incertain. Tuvalu est connue car elle a menacé de porter plainte contre le gouvernement australien et américain pour avoir causé le réchauffement climatique. Une montée du niveau marin de +20 à +40cm rendrait les îles Tuvalu tout simplement inhabitables. En cas de fuite, le gouvernement a imaginé déplacer sa population vers l'Australie, la Nouvelle-Zélande ou encore aux Fidji. Les îles de Kiribati sont également très exposées et fragiles. *“ In our own times, Kiribati has the distinction of being the first country in the world where its entire land territory will disappear due to sea level rise. In 2008, Kiribati's president said: “To plan for the day when you no longer have a country is indeed painful but I think we have to do that. ”* ²²

Osaka-Kobe

Kobe est la capitale historique des échanges commerciaux de riz. En 2005 elle a été le théâtre d'un grand tremblement de terre qui a fortement compromis sa place importante en tant que grand port commercial. L'OCDE a placé dans le top 10 Osaka-Kobe comme ville la plus exposée aux dangers des inondations côtières. La montée du niveau marin affecterait particulièrement les côtes et augmenterait considérablement leur érosion. Une étude japonaise a montré que l'élévation du niveau de la mer de +50cm résulterait à une disparition de 70% des plages de sable japonaise.

Australie et Nouvelle-Zélande

Les effets du réchauffement climatique se font sentir depuis les années 1950 et des variations dans les précipitations et dans les températures ont été mises en évidence. D'ici 2050, les zones côtières vont se développer fortement. Cependant, le réchauffement causera une augmentation du nombre de tempêtes et les zones côtières seront très vulnérables aux inondations. Ces régions sont exposées car la majorité de leur population vit sur les zones côtières du pays. Une élévation du niveau marin de +50cm en Australie n'aura pas un énorme impact en soi mais il le sera en cas de tempête.



Habitants de Kiribati face à la montée du niveau marin

22. Hunt Janin et Scott A. Mandia, *Rising Sea Levels: An Introduction to Cause and Impact* (Jefferson, NC: McFarland, 2012).

Bassin de l'Océan Indien

Bangladesh

Le Bangladesh est très vulnérable à la montée du niveau marin. De nombreuses tempêtes suivies d'inondation sont récurrentes dans la région et sont particulièrement meurtrières : 1737 et 1970 300'000 morts, 1864 et 1876 100'000 morts, 1991 140'000 morts et 10 millions de sans-abris. La plus grande partie du pays se situe sous la barre des 12m d'altitude et du fait des inondations et des tempêtes à répétition, la mangrove s'est progressivement réduite jusqu'à sa destruction totale ce qui restreint son rôle de barrière naturelle. Une montée du niveau marin de +1m induirait une inondation de 50% du pays. *“ Increasing rates of sea level rise caused by global warming are expected to lead to permanent inundation, drainage congestion, salinity intrusion, and frequent storm surge inundation. Sea level rise is a growing threat for the coastal regions of Bangladesh... (We estimate) that about 11 percent more land will be permanently inundated over the next century. [By 2100], the Sundarbans ... will be lost due to high salinity and permanent inundation from projected sea level rise. An increase of wind speed 10 percent greater than the severe cyclone of 1991 will increase the storm surge level by 1.7 meters (5.5 feet) along the eastern coast of Bangladesh. ”*²³

48

Mumbai

La ville se situe sur la côte Ouest de l'Inde et est la ville la plus peuplée et la plus riche du pays avec 18 millions d'habitants. L'OCDE a également placé la ville de Mumbai dans le top 10 des villes les plus exposées à la montée du niveau marin. *“ Mumbai faces profound consequences of climate change(...) the extent of vulnerability is dependent not only on the physical exposure to sea level and the population affected, but also on the extent of economic activity and coping capacities(...) The subsistence fisher folk of Mumbai, known as the kolis, will be directly affected by climate change. Ironically, trying to protect the interests of such traditional fishing communities, a change in India's coastal law in 2011 opened up the coastline to more people, this placing populations with the least adaptive capacity at more risk from climate change and sea level rise. They need to be made aware about the profound impacts of rising sea level, particularly on human lives, livelihood, and property. They should be made to understand how important it is to be prepared to face such situations.”*²⁴

23. Mohal, " Impact of Sea level Rise on Coastal Rivers of Bangladesh ", 2013.

24. Kadapa-Bose " Climate is changing, but Mumbai is Not ", The Times of India, <http://timesofindia.indiatimes.com>

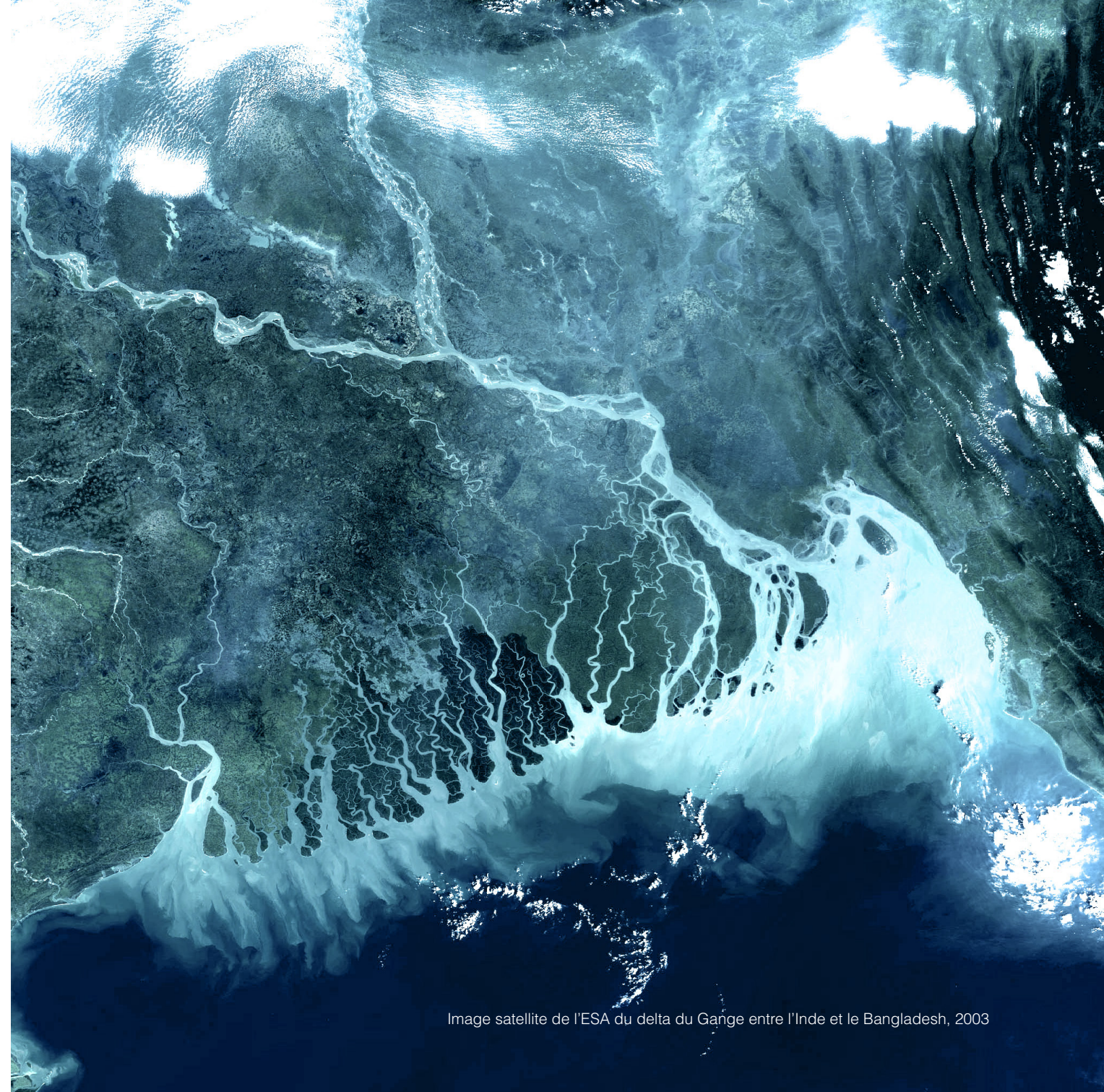


Image satellite de l'ESA du delta du Gange entre l'Inde et le Bangladesh, 2003

Maldives

Les Maldives sont constituées de 1200 îles et atolls et possède une population d'environ 415'000 personnes. L'altitude moyenne des îles est de +1.5m ce qui, comme les îles de Tuvalu et Kiribati, les rend particulièrement vulnérables. " *I stand before you as a representative of an endangered people. We are told that as a result of global warming and sea-level rise my country, the Maldives, may sometime during the next century, disappear from the face of the Earth.*"²⁵ Récemment, le gouvernement a entrepris l'achat progressif des terres en Inde pour un futur exode climatique inévitable. Les Maldives sont devenues le porte-parole des nations en danger face à la montée du niveau marin.

Jakarta

Jakarta est la capitale et la plus grande ville d'Indonésie. La ville repose sur un plateau plat d'une altitude d'environ 7m. Cependant, 40% de la ville (au Nord) se situe sous le niveau de la mer. Depuis 1930, le pays envisage de relocaliser le gouvernement vers une autre région moins vulnérable afin d'éviter une inondation de la ville imminente. " *Considering the sea level rise phenomenon, coastal subsidence in Jakarta will certainly affect coastal development in Jakarta. Considering the relatively flat nature (i.e., 0–2 meters [6.5 feet] above MSL [Mean Sea Level]) of most coastal areas of Jakarta, this combined effect of land subsidence and sea level rise will certainly have disastrous consequences for habitation, industry, and fresh groundwater supplies from coastal aquifers. During high tides, tidal flooding is already affecting some of these coastal areas. The extent and magnitude of subsidence related to flooding will worsen with the likely continuation of sea level rise along the coast of Jakarta, which is bordered by the Java sea. [A chart illustrating this study shows that, assuming continued subsidence and continued sea level rise off Jakarta, 12,716 acres (5,146 hectares) will be inundated by 2020 and 40,122 acres (16,237 hectares) by 2050.* " ²⁶

25. Maumoon Abdul Gayoom, paroles du président des Maldives lors du sommet des nations unies, 1992

26. Hasanuddin Z. Abidin et al., « Land Subsidence of Jakarta (Indonesia) and Its Relation with Urban Development », *Natural Hazards* 59, no 3 (1 décembre 2011): 1753, <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9866-9>.



Ville de Malé, capitale des Maldives

Vulnérabilité

D'autres villes et pays sont touchés par le phénomène de montée des eaux. Ces exemples ne sont évidemment pas les seuls cependant il est intéressant de constater que la vulnérabilité est propre à chaque lieu. De manière générale, l'élévation du niveau de la mer va modifier de manière progressive mais durable la ligne terre/mer. Les tempêtes se feront de plus en plus fréquentes et puissantes et seront à l'origine d'incursion d'eau salée dans les terres. Le phénomène d'érosion sera aussi par conséquent plus important. La pénétration de l'eau marine dans les sols rendra les nappes phréatiques salées et posera des problèmes d'eau potable ce qui perturbera considérablement les activités agricoles. L'ensemble de ces conséquences risquent de mener à des migrations climatiques. " *La vulnérabilité, c'est l'état de relative fragilité d'un territoire, d'une population, qui résulte de la rencontre en aléas naturels (plus ou moins récurrents, plus ou moins intenses) et des conditions anthropiques spécifiques (densités des populations plus ou moins fortes, plus ou moins de bâtiments résistants, population en plus ou moins bonne santé, politiques de gestion des risques plus ou moins efficace etc..)* " ²⁷ Certains pays prennent le problème très au sérieux et veulent à tout prix y faire face tandis que d'autres sont encore dans une position de déni faces aux changements à venir. Toute société dispose de moyens pour combattre et réagir aux changements qui sont en cours ou sur le point de se produire.

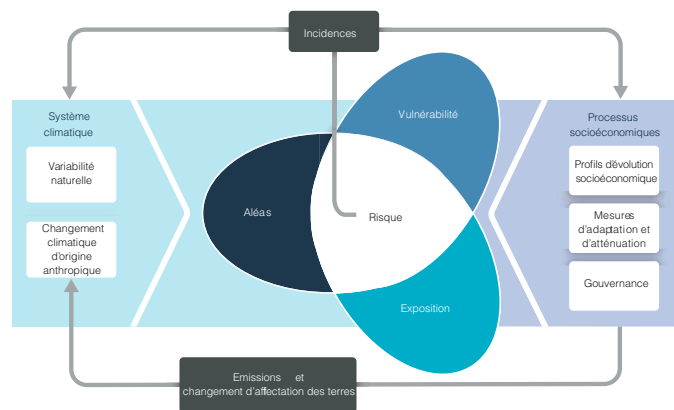


Figure 8 ci-dessus: Le concept de risque tel qu'utilisé par le cinquième Rapport d'évaluation du GIEC. Le risque d'incidences liées au climat découle de l'interaction entre des aléas climatiques (y compris les tendances et les phénomènes dangereux) et la vulnérabilité ainsi que l'exposition de systèmes anthropiques et naturels. Les changements qui touchent à la fois le système climatique (à gauche) et les processus socioéconomiques, y compris l'adaptation et l'atténuation (à droite), sont les principales causes des aléas, de l'exposition et de la vulnérabilité. Source: Huggel, "Swiss Academies Reports, Vol. 11", No 5, 2016



27. Edouard Bard, L'Océan, le climat et nous : un équilibre fragile ? (Paris: LE POMMIER, 2011).

1.5 MESURES ÉTABLIES À L'ÉCHELLE MONDIALE

Avant 2015, aucune mesure à l'échelle mondiale n'avait été prise concernant le réchauffement climatique et l'émission de gaz à effet de serre. L'accord de Paris sur le climat est le premier accord universel concernant le phénomène. La proposition a été exposée lors de la COP21 et a été approuvée le 12 décembre 2015. Celle-ci est entrée en vigueur le 4 novembre 2016. Le 7 novembre 2017 196 pays ont signé ou se sont engagés à signer l'accord de Paris sur le climat ce qui fait de ce texte le traité le plus largement et le plus rapidement signé de l'histoire. La démarche de l'accord de Paris est une déclaration d'intention et le texte ne prévoit aucune amende ni aucune mesure de rétorsion, mais mise sur la transparence des pays face à leur responsabilité. Chaque pays devra soumettre régulièrement ses objectifs de réduction d'émission de gaz à effet de serre et devra les rendre accessibles et compréhensibles pour tous. Les objectifs principaux de l'accord de Paris sont les suivants :

- L'objectif d'ici à 2100 est de contenir la hausse des températures moyennes sous la barre des 2°C par rapport aux températures préindustrielles. L'objectif est également de continuer les efforts mis en place pour tenter dans la mesure du possible de rester sous les 1.5°C (Accord de Paris Article 2). Cet objectif n'était pas stipulé dans l'accord de base mais il a été rajouté sous pression de l' AOSIS (Alliance of Small Island States) qui regroupe les 44 états les plus exposés aux changements climatiques et qui sont aussi les moins responsables des émissions de gaz à effet de serre. Le texte stipule cependant : *“ avec préoccupation que les niveaux des émissions globales de gaz à effet de serre en 2025 et 2030 estimés sur la base des contributions prévues déterminées au niveau national ne sont pas compatibles avec des scénarios au moindre coût prévoyant une hausse de la température de 2 °C, mais se traduisent par un niveau prévisible d'émissions de 55 gigatonnes en 2030, et que des efforts de réduction des émissions beaucoup plus importants seront nécessaires, ramenant les émissions à 40 gigatonnes. ”*²⁸

- L'article 2 fait référence à un renforcement de l'adaptation et du désinvestissement des énergies fossiles: *“ Le présent Accord [...] vise à renforcer la riposte mondiale à la menace des changements climatiques, [...] notamment en [...] Renforçant les capacités d'adaptation aux effets néfastes des changements climatiques et en promouvant la résilience à ces changements et un développement à faible émission de gaz à effet de serre, d'une manière qui ne menace pas la production alimentaire et en [...] rendant les flux financiers*

*compatibles avec un profil d'évolution vers un développement à faible émission de gaz à effet de serre et résilient aux changements climatiques. ”*²⁹

- L'article 4 mentionne les objectifs pour atteindre la neutralité du carbone : *“ En vue d'atteindre l'objectif de température à long terme énoncé à l'article 2, les Parties cherchent à parvenir au plafonnement mondial des émissions de gaz à effet de serre dans les meilleurs délais, étant entendu que le plafonnement prendra davantage de temps pour les pays en développement parties, et à opérer des réductions rapidement par la suite conformément aux meilleures données scientifiques disponibles de façon à parvenir à un équilibre entre les émissions anthropiques par les sources et les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre au cours de la deuxième moitié du siècle, sur la base de l'équité, et dans le contexte du développement durable et de la lutte contre la pauvreté. ”*³⁰

Les objectifs nationaux seront révisés d'ici 2020 puis ensuite tous les 5 ans et les objectifs ne pourront jamais être revus à la baisse. Un bilan global sera effectué en 2023 puis tous les 5 ans.

L'accord de Paris sur le climat fait déjà l'objet de plusieurs critiques de la part d'experts de différents domaines. Le problème de l'accord juridique sans obligation est dénoncé car comme évoqué plus haut, aucune sanction n'est prévue en cas de non-respect des objectifs ce qui pourrait compromettre les objectifs initiaux de l'accord. La tarification du carbone n'est que brièvement mentionnée et cela pourrait retarder le basculement vers des énergies renouvelables. De même, l'abandon de l'extraction d'énergies fossiles est considéré comme un élément important de la transition énergétique. Aucun paragraphe ne parle de la surpopulation mondiale et aucune limitation des naissances n'a été évoquée. De plus, certains experts mettent en doute la réalité de l'objectif de maintenir une température inférieure à 1.5°C d'ici la fin du siècle. Une étude parue le 31 juillet 2017 avance que la probabilité de limiter le réchauffement climatique de +2°C pour 2100 n'est que de 5% et de 1% pour +1.5°C.

28. Nations Unies FCCC, « Convention cadre sur les changements climatiques: Adoption de l'Accord de Paris », 12 décembre 2015.

29. Ibidem

30. Ibidem

1.6 LE DÉNI

“ The northern hemisphere winter Of 2007-2008 was the coldest since 2001, according to National Oceanic and Atmospheric Administration’s National Climate Data Center. This led many of the voices hostile to the idea of global warming to call once again for a blanket repudiation of warming predictions. We are always fascinated by efforts to argue for or against global warming based on temperature data. Very small changes in temperature can make a big difference, and global trends are very difficult to sort out. From our point of view, one doesn’t need any temperature data to see that the planet is warming. “ ³¹

Climato-sceptique, nom: Climato-sceptique désigne une personne qui ne croit pas véritablement au réchauffement climatique ou à l’incidence de l’activité humaine sur celui-ci. Généralement, les climato-sceptiques considèrent que le réchauffement climatique est cyclique et qu’il est tout à fait normal.

De nos jours, des personnes remettent en doute le réchauffement climatique et ne croient pas que ce phénomène soit d’origine anthropique. Beaucoup pense de manière crédule que parce qu’il a fait très froid en hiver, le réchauffement climatique n’est pas réel. D’autre ne veulent également pas y croire car le réchauffement climatique serait un frein à de nombreuses activités économiques et certains lobbys n’ont aucun intérêt à ce que le phénomène soit réel. Ce type de déni volontaire n’est pas nouveau : on a su depuis longtemps que le tabac était nocif pour la santé cependant, certains scientifiques peu scrupuleux et de puissants lobbys ont réussi à retarder la vérité face au tabac et les actions prises à l’égard de cette substance.

Donald J. Trump, président des États-Unis, est un climato-sceptique et avait dit lors de sa campagne présidentielle, vouloir dénoncer l’Accord de Paris sur le climat. Le 1er Juin 2017, le président annonçait comme prévu le retrait de son pays de cet accord. Cette décision a provoqué un tollé à l’échelle internationale et a été quasi unanimement critiquée par les principaux dirigeants de la planète. En réaction à cela, le président Emmanuel Macron transforma la réplique culte de Donald Trump « Make America great again » en la transformant en « Make our Planet great again ». Au sein de la communauté scientifique, le réchauffement climatique n’est pas remis en doute mais des avis diverges concernant son ampleur. En 2007 le GIEC estimait à 90% la probabilité de l’implication de l’homme dans

le phénomène de réchauffement climatique. De plus, les conséquences du réchauffement climatique sont très débattues car elles dépendent de l’ampleur de phénomène et on ne peut réaliser que des estimations et des scénarios. Un autre sujet de désaccord concerne les actions à mener contre le réchauffement climatique car elles forceraient un questionnement essentiel de fond à de nombreux niveaux.

“ -Vous affirmez que l’homme n’a rien à voir avec le réchauffement. Pourquoi? ”

- Précisons tout d’abord que je ne conteste pas le réchauffement lui-même. Je l’ai d’ailleurs constaté en tant que guide de montagne en voyant les glaciers reculer. Celui qui nous fait face par exemple a perdu 100m depuis que j’ai acheté cet appart en 1989. En 2005, le pilier Bonatti des Drus s’est effondré à cause du réchauffement du permafrost. Ce que je mets en cause, ce sont les causes de ce réchauffement. “ ³²

31. Orrin H. Pilkey et Rob Young, *The Rising Sea*, 1re éd. (Washington, DC: Island Press, 2009).

32. Par Laurent Grabet, « La thèse officielle? Une foutaise! », Le Matin, 5 mars 2014, //www.lematin.ch/suisse/these-officielle-foutaise/story/19748787.

“The concept of global warming was created by and for the Chinese in order to make U.S. manufacturing non-competitive.” -Donald J. Trump 6 nov. 2012

“In the East, it could be the COLDEST New Year’s Eve on record. Perhaps we could use a little bit of that good old Global Warming that our Country, but not other countries, was going to pay TRILLIONS OF DOLLARS to protect against. Bundle up!” -Donald J. Trump 28 déc. 2017



“The debate is over. Don’t believe us? Ask a climatologist. In a literature review, of those climatologists who expressed an opinion, 97 percent agreed that the climate is warming and that the warming trends of the past century are very likely caused by human activity. For example, a report in 2013 by the IPCC stated that there is a 95 percent certainty that most of the observed warming over the past century had been caused by human activity.”

-Orrin H. Pilkey, Linda Pilkey-Jarvis, et Keith C. Pilkey

1.7 SYNTHÈSE

Dans ce premier chapitre, nous avons pu constater deux phénomènes inquiétants concernant le réchauffement climatique. Tout d'abord, nous avons démontré que ce dernier est irrémédiablement en cours et, qu'à terme, une augmentation de la température de plus de 1.5°C (par rapport à l'époque de référence préindustrielle) affectera fortement nos conditions de vies sur terre. Une seconde conséquence de ce réchauffement globale concerne les niveaux marins. Nous avons examiné que ceux-ci ont d'ores et déjà atteint des seuils critiques et qu'il sera difficile de sauvegarder des régions telles que les Maldives, Tuvalu ou encore Kiribati.

Ce double problème a des conséquences graves sur certains pays qui doivent actuellement se résigner à délocaliser leur population. A contrario, d'autres parties du monde peuvent encore réagir face au réchauffement climatique et tenter de trouver des solutions de résiliences efficaces.

En somme, il n'est plus l'heure de se demander si conséquences il y aura mais quand est-ce qu'il faudra adapter notre mode vie. Le chapitre suivant concernant Venise est un parfait exemple d'une ville qui a su s'adapter précocement afin de sauvegarder sa lagune après avoir pris conscience du danger de la montée des eaux.

“There’s always that moment in a country’s history when it becomes obvious the earth is less manageable than previously thought.” - Jeff Goodell



CHAPITRE DEUX LA SERENISSIMA

- VENISE ET L'EAU: HISTOIRE 2.1
- CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE 2.2
- MORPHOLOGIE 2.3
- DÉMOGRAPHIE 2.4
- ADMINISTRATION 2.5
- ÉCONOMIE 2.6
- TRANSPORT 2.7
- TOURISME 2.8



VENETIE
MD

COBYA
CIBICVS
SEPTENTRIO
MVRAN
FAVONIVS
P
AFFRICVS
AVSTER AFFRICVS
IVDECA
VSTER
VANTER
EVVS
AVSCAVS

Carte Historique de Venise de Jacopo De Barbari, 1580

2.1 VENISE ET L'EAU : HISTOIRE

Naissance et vie de la Sérénissime

La lagune vénitienne doit sa survie au gouvernement unitaire qui a perduré pendant plus de dix siècles dans la Sérénissime République de Venise. Il s'agit de l'unique lagune au monde à être restée telle qu'elle et pendant de nombreux siècles. Par définition, une lagune est un système instable et non permanent, autrement dit un accident de la nature. Celle-ci se forme lorsque les courants des rivières amènent les sédiments arrachés à la terre jusqu'aux embouchures de ces derniers. Les sédiments s'accumulent et grâce aux courants marins, peu à peu, se forment des barres de terre semi-émergées qui elles-mêmes deviendront en se solidifiant des rivages que l'on nomme *lidi*. Grâce à ces nouvelles barrières naturelles, l'eau des rivières s'accumule peu à peu et formera une zone tampon d'eau douce et salée. C'est ainsi qu'apparaît la lagune.

Ces eaux, ni douces ni salées dites eaux « saumâtres », permettent l'apparition d'un écosystème qui n'est possible que dans ce type de conditions. Le fond de la lagune n'est pas régulier et est dessiné par les courants fluviaux qui pendant des siècles se sont écoulés. Les zones non creusées, peuvent parfois émerger de l'eau et créer des petites îles qui permettent d'accueillir de la faune et de la flore.

Dans la lagune alimentée par le Brenta, le Sile, le Musone, le Piave (rivières découlant des fleuves du Pô et de l'Adige) et de nombreux cours d'eaux, vinrent s'installer sur les petits îlots tout d'abord des familles de pêcheur puis des peuples fuyant les barbares envahissant la péninsule italienne. Ils y consolidèrent le terrain, construisirent des maisons qui devinrent village et donnèrent ainsi naissance à Venise. Après avoir régulé et dévié certains cours d'eaux, un équilibre se mit en place entre les forces des rivières et de la mer ce qui permit à cette lagune de perdurer et d'être le théâtre de la Sérénissime. Dans une situation naturelle et sans l'intervention de l'homme, une lagune est destinée à disparaître.

Les premières traces d'habitants de la lagune remontent à l'époque romaine mais leurs habitations étaient dispersées et ne formaient pas une urbanité. Ils vivaient de la pêche et de l'exploitation saline. On appelait ces habitants les *incolae lacunae* (habitants de la lagune). Au V^{ème} et VI^{ème} siècle, les invasions barbares des Huns et des Ostrogoths poussèrent les populations à venir dans cette zone difficile d'accès. On ne sait pas exactement quand la ville a réellement vu le jour. Cependant, le mythe fondateur relaté par la *Cronaca Veneziana*

del Diacono Giovanni (X^{ème}-XI^{ème} siècle) raconte que la ville a été créée le 25 mars 421 dans les îlots Rivus Altus (aujourd'hui Rialto) par trois consuls venus de Padova pour fonder un comptoir et ériger l'église San Giacomo di Rialto. L'arrivée des lombards en 568 déclenche une migration massive vers le littoral car les îlots de la lagune offrent une protection qui semble être inviolable. L'établissement des différentes communautés se fit de manière diffuse les différents petits îlots de la lagune. L'insécurité de la terre ferme obligea les communautés à s'implanter car elle empêchait les réfugiés de rentrer chez eux. Ils furent contraints de bâtir une nouvelle ville sur la lagune. La méthode de construction sera expliquée plus tard (cf. p.77 figure 9). “ *Gran parte degli edifici doveva essere di legno, così come lo erano quelli, più antichi di qualche secolo, le cui fondamenta sono state recentemente scoperte a Torcello. Quanto fossero fitti, non lo sappiamo; possiamo però pensare che l'afflusso di molti abitanti, profughi dalle risse civili, soprattutto da Cittanova e da Equilo, o semplicemente persone che trovavano maggior tornaconto a trasferire le loro attività e la loro dimora in un'area meglio protetta dal mare, dai fiumi e dagli eventuali nemici, avesse prodotto, prima ancora dell'impresa di Pipino, una densità destinata ad aumentare sempre di più nel futuro.* ”³³ De nombreux travaux d'aménagement furent entrepris pour consolider les rives, drainer les sols, et pour ériger des constructions, en bois, puis, en brique et en pierre. Les matériaux devaient être importés de la terre ferme. Peu à peu, de petites villes émergèrent avec leurs églises comme la basilique de la Vierge de Torcello (639). D'abord agricole (vignes, pêche, arboriculture et le sel que les vénitiens produisent), l'économie se tourna vers l'artisanat dès le VII^e avec le travail du verre de la corne et du bronze. Finalement, les vénitiens se tournèrent vers le commerce qui fit leur fortune et puissance. Torcello devint un intermédiaire commercial avec l'Orient (Les byzantins) et l'Europe de l'Ouest.

Au VIII^e siècle, Venise était formée de petites agglomérations indépendantes les unes des autres. En effet, chacune possédait son îlot. “ *La città è all'inizio poco più di un pugno d'isole precariamente edificate, separate le une dalle altre, ma non tanto da non potersi identificare, nel loro insieme, come una concentrazione abitata nel vasto arcipelago di terre affioranti: un insieme di cellule urbanistiche elementari, le maggiori delle quali si dotano a poco a poco di spazi e infrastrutture essenziali, come un campo e una chiesa, dove convergono le primitive comunità (ne è testimonianza la gran quantità e la fitta distribuzione di chiese nella*

33. Alvise Zorzi, *La Repubblica del Leone*. Storia di Venezia (Milano: Bompiani, 2001).

città, insieme con la permanenza della parrocchia come fattore d'identificazione urbanistica e sociale). “³⁴ Peu à peu, l'attention se détourna de Torcello et se concentra sur Rialto car cet endroit possédait de nombreux avantages. L'officialisation de Rialto comme centre se fit lors de l'installation du doge Angelo Participazio dans cette zone au même moment où le fils de Charlemagne, Pépin, entreprit une conquête de la Vénétie qui échoua. L'empire de Charlemagne signa un traité de paix avec Byzance et renonça à ses vues sur Venise (la ville est sous contrôle byzantin depuis le VIe siècle après que l'empire romain d'Orient eut libéré l'Italie, Venise décida de rester fidèle à sa lointaine maîtresse).

828 est une année importante car Venise marque son indépendance de Byzance en ramenant la dépouille de Saint-Marc qui était à Alexandrie. La relique fût conservée dans la basilique qui porta son nom. Saint-Marc remplaça Saint Théodore et devint le patron de la ville qui devint une des capitales du monde chrétien.

Au XIe siècle, Venise était une ville indépendante et très puissante. Sa position dans la lagune était stratégique car elle est très bien protégée. De plus, sa situation géographique lui permit d'assurer un trafic commercial très rentable car elle joua le rôle de pont commercial entre Orient et Occident ce qui fit la fortune de la ville. Venise tenta de rester tant bien que mal neutre face aux conflits de ses voisins. Cependant, elle lutta en mer contre les pirates et installa des comptoirs commerciaux en Méditerranée. Le commerce fleurissant dynamisait la vie des vénitiens et la ville connu donc une expansion démographique importante. Il fallu donc conquérir la lagune et la rendre habitable (cf. **l'eau: l'élément essentiel** et **construire sur l'eau** aux pages suivantes). Un réseaux de canaux vinrent s'attaché au *Canal Grande* (grand canal principal traversant Venise). Jusqu'au XIe, Venise était principalement construite en bois sauf exception des églises et de quelques palais. Cependant, des incendies ravageurs obligèrent les vénitiens à devoir utiliser la brique et la pierre (principalement la pierre d'Istrie dans les parties immergées qui résiste à l'eau salée (cf. fig 9 p.77). La ville était composée d'environ soixante paroisse rassemblées depuis 1169 en six quartiers (*sesteri*) qui sont symbolisés par six dents que l'on peut apercevoir sur la proue des gondoles. Ces quartiers sont: *San Marco, Cannaregio, Castello, Dorsoduro, San Polo* et *San Croce*.

Le XII et XIIIe siècle marquent l'époque des croisades dont Venise tirait profit. La ville monnayait ses services maritime en négociant des avantages sur les conquêtes des croisés. En 1204, Venise prit sa revanche sur l'empire byzantin en profitant de la 4ème croisade pour

34. Franco Mancuso, *Costruire sull'acqua. Le sorprendenti soluzioni adottate per far nascere e crescere Venezia* (Venezia: Corte del Fontego, 2011).



Carte Historique de Venise de Cristoforo Sabbadino, 1557

demander aux croisés de conquérir Constantinople avant Jérusalem. Le butin du pillage de Constantinople orne encore la Basilique Saint-Marc, ce sont les fameux quatre chevaux dorés. Dans la seconde moitié du XIIIe siècle, Venise comptait 100'000 habitants et figurait parmi les plus grandes villes d'Europe occidentale aux cotés de Milan, Florence et Paris. C'est durant cette période que le système politique vénitien et d'élection des doges prit forme et perdura jusqu'à la chute de la République. Effectivement, le doge était tout d'abord élu par le peuple, puis par un conseil (contrôlé par les familles vénitiennes les plus riches et influentes). Progressivement, le pouvoir du doge diminua au profits de différents conseils. Ces principes fondateurs permirent à Venise de garder une stabilité politique durant des siècles. L'église ne faisait pas partie du pouvoir vénitien contrairement à toutes les villes d'Europe ; l'état et l'église étaient séparés.

Le XIVe siècle fut une période difficile pour Venise qui rentra en conflit avec de nombreux ennemis. En 1309, un conflit éclata avec le Pape à cause d'un litige concernant le contrôle de la ville de Ferrare. Le souverain pontife prit le parti des adversaires de la ville et jeta l'interdit sur la cité ce qui la mena à sa ruine économique. La cité fut au bord de la guerre civile entre les partisans de la paix et ceux qui désiraient poursuivre le conflit. Un coup d'Etat déjoué contre le doge mena à la création du fameux Conseil des Dix, organe doté de pouvoirs exceptionnels et qui prenait part aux décisions du doge et de ses six conseillers. En 1313, et avec un nouveau doge au pouvoir, Venise cèda devant le pape ce qui permit à la ville de se relever et de connaître une période prospère. Suite à cela, la Sérénissime fut en guerre contre de nombreux voisins comme sa rivale, *Gênes*, puis la Hongrie à qui elle cèda des terres sur l'Adriatique orientale. En 1373, elle combattit *Padoue* et une nouvelle fois *Gênes*. Durant cette période, la situation géographique eut un rôle prépondérant et permit à Venise de sortir victorieuse de ses guerres.

Le XVe siècle fut un âge d'or pour Venise qui décida de partir à la conquête de son arrière-pays. L'an 1453 marquait la chute de Constantinople au profit des Turcs. Cet événement fut une situation délicate pour Venise car les nouveaux possesseurs de la ville étaient beaucoup moins souples que les byzantins. Durant la deuxième moitié du siècle, le territoire vénitien d'Orient fut progressivement réduit suite aux conquêtes des Turcs. En 1492, la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb impliqua une future perte d'influence du pouvoir commerciale vénitien.

Le XVIe siècle fut également une période de conflits pour la Sérénissime qui s'était montrée trop ambitieuse dans la conquête des territoires. En 1508, la ligue de Cambrai alliant la France, le pape, le Saint-Empire germanique et l'Aragon entraient en guerre contre Venise. La cité se retrouva alors assiégée et perd ses territoires conquis. Cependant, elle se retrouva,



Carte Historique de Venise de Angelo Minorelli, 1695

encore une fois, protégée par sa lagune. Venise capitula devant le Pape même si les autres membres de la ligue voulaient continuer la guerre ce qui aurait pu sonner la fin de Venise. Plus tard, le pape signa une nouvelle alliance avec la ville contre la France. Finalement, suite à de nouvelles alliances, la France devint alliée de Venise en 1516 et put récupérer les territoires perdus. Les Tuks continuaient leurs victoires en Europe et en Méditerranée et reprirent en 1571 Chypre qui était alors vénitien. Cette même année, après un long siège à Famagouste, Chypre fut perdu. C'est durant la célèbre bataille de Lépante et aussi la plus meurtrière de l'histoire de Méditerranée que la flotte chrétienne, vénitienne, génoise, pontifical et des chevaliers de Malte détruisit la flotte ottomane comme le relate Alvise Zorzi : “ *Della battaglia di Lepanto, la più grande e la più sanguinosa che mai avessero visto le acque del Mediterraneo, avvenne a una serie ininterrotta di guerre, di scontri, di combattimenti attraverso i secoli, è stato scritto talmente tanto che non mette conto di descriverla ancora. In prosa, in versi, sono stati raccontati l'attacco sferrato da Ali Pascià, colto di sorpresa dalla visione di quell'immenso schieramento irto di cannoni (lui che si aspettava di trovarsi contro almeno cento unità di meno), lo scompiglio provocato dal fuoco delle galee, l'affrontamento delle galee capitane, la mischia atroce, la spaventosa carneficina.* “³⁵

Au XVIIe Venise n'avait plus d'ennemis en dehors de l'Europe et entra en conflit avec ses nations voisines. En 1618, la Sérénissime évite une ruse de l'Espagne qui avait progressivement introduit des citoyens dans ses murs pour la conquérir. En 1630, Venise alliée à la France défendit la ville de Mantoue contre les espagnols et lui permit de rester libre malgré les nombreux dégâts qu'elle y subit. Suite à cela, une épidémie de peste ravagea Venise et tua 45'000 personnes affectant une fois de plus la ville qui ne s'était pas encore remise des 50'000 morts du choléra entre 1575 et 1577. En 1669, la Crète fut perdue suite à une attaque des puissances turques. Les années qui suivirent, Venise tenta de lutter encore contre les turcs. Cependant, elle ne possédait plus la puissance militaire d'autrefois et ne put rivaliser contre les forces ennemies.

Le déclin de la ville s'accéléra fortement au XVIIIe siècle lorsque Venise resta neutre face aux conflits opposants ses puissants voisins. Le traité de Passarowitz mit fin à la guerre opposant l'Autriche et Venise aux Turcs en fixant les nouvelles frontières. Par la suite, la majeure partie du siècle se passa sans heurts et la ville retrouva une prospérité. Grâce au carnaval et aux artistes comme Canaletto ou Vivaldi, la Sérénissime devint un lieu de passage obligé pour les aristocrates. Le carnaval de la ville durait 6 mois par année et tout était prétexte à des festivités. De nombreuses fêtes avaient lieu et de nombreuses pièces

de théâtre et concert étaient donnés. Une des fêtes parmi les plus célèbres était celle de la *Sensa* durant laquelle le doge épousait symboliquement la mer. “ *Ma, nonostante tutto, Venezia non era stata mai così bella, così lieta, mai la sua dolcezza di vivere era stata così piena.*”³⁶ Napoléon Bonaparte entama, en 1796, la campagne d'Italie. Le 15 novembre, il entra dans l'arsenal de Venise et réclama un prêt d'un millions francs-or à la cité. Celle-ci lui refusa le crédit. Le 1er mai 1797, le général Bonaparte déclara la guerre à la Sérénissime qui capitula le 12 mai. Après 1070 ans d'indépendance, le Doge Ludovico Manin abdiqua et le gouvernement provisoire était proclamé. C'est la fin de l'indépendance de Venise qui n'avait jamais été occupée par des puissances étrangères auparavant. Plus tard lors de la même année, Venise passa sous contrôle autrichien suite au traité de *Campo-Formio*.

Enfin, en 1866, la cité est rattachée au Royaume d'Italie.

L'eau : l'élément essentiel

La conservation de la lagune était vitale pour la Sérénissime. Elle représentait un refuge, une forteresse naturelle qui déjà avait permis aux premiers « colons » de fuir la menace barbare car elle protégeait de la terre et de la mer à la fois. C'était le lieu idéal qui a permis à Venise d'atteindre sa toute-puissance faisant de ce lieu le deuxième port le plus important du monde après celui de Constantinople. Grâce à son accessibilité via les canaux navigables, Venise pouvait facilement avoir accès à toutes les matières premières et notamment au bois qui a été un élément essentiel pour la consolidation du sol et pour les fondations des éléments bâtis. Suite à des incendies on préféra utiliser l'argile cuite pour substituer les parties inflammables des bâtiments. La lagune offrait également les outils pour un accès facile aux aliments et à leur conservation ; très tôt la pêche fut régulée et on retrouve encore aujourd'hui des plaques de marbre sur laquelle on peut observer la taille minimale de chaque poisson commercialisable. En plus des animaux marins, de nombreux volatiles étaient attirés par l'environnement favorable de la lagune. On cultivait des légumes sur les îles de grandes tailles et sur le lido. On avait également un accès facilité au sel qui permettait la conservation de nombreux aliments. Les vénitiens saisirent vite l'importance de conserver intacte tout ce que la lagune leur offrait. Cet « accident de la nature » devait devenir une situation permanente car il en allait de la survie et de la prospérité de Venise. Cependant, il était très difficile de contrôler un tel phénomène naturel. En effet, réussir à développer la ville et la lagune en la modifiant (ouvrir ou approfondir les canaux etc.) tout en réussissant à contrôler les échanges d'eau douce et d'eau salée, contrôler le combat entre la terre et la mer, était

35. Alvise Zorzi, *La Repubblica del Leone. Storia di Venezia* (Milano: Bompiani, 2001).

36. Ibidem



Carte Historique de Venise de Angelo Emo, 1763


DISEGNO DELLA LAGUNA DI VENEZIA
 formato, per Sovrano Decreto, nell'anno 1762
PRESSIDE
 S. Ecc. il Sig. Anziolo Emo Et. nel Mag.
 Ecc. all' Acque, e Delegato alla forma
 della presente Mappa


I L M A R E

une entreprise qui demandait beaucoup d'effort. Pour ce faire les vénitiens durent soumettre les interventions de la lagune à une réglementation très stricte.

“ [...] significava sottoporre la Laguna a un governo minuzioso, fondato sulla quotidianità dell'intervento, sulla continuità della vigilanza, sulla più accorta gradualità, sperimentalità e reversibilità delle innovazioni (un nuovo canale, un nuovo argine, un nuovo consolidamento, una nuova immissione) e sul monitoraggio dei loro effetti. ”³⁷ Ces principes essentiels furent repris dans des lois contemporaines de conservation de la lagune qui seront développés plus loin dans ce travail (cf. 3.4). Les fondements et les lois de Venise furent consubstantielles avec la volonté de conservation de la lagune et c'est pour cette raison que la ville connut une histoire si prospère comme le décrit Piero Bevilacqua à propos de l'histoire de Venise : “ la storia di un successo [...] nel governo dell'ambiente che ha le sua fundamenta in un agire statale severo e lungimirante, nello sforzo quotidiano e secolare di assoggettamento degli interessi privati e individuali al bene pubblico delle acque e della città. ”³⁸

La chute de la République de Venise en 1797 sonna également le début de la dégradation de la lagune. En effet, comme il a été vu précédemment, ce sont les fondements et l'unitarisme du gouvernement de Venise qui permirent à sa lagune de survivre. Avec l'apparition d'un capitalisme de plus en plus prononcé, les façons de gouverner se modifièrent et le lien que l'homme entretenait avec la nature fut altéré. C'est ainsi que, pendant des années et jusqu'il y a peu, les principes fondamentaux de la conservation de la lagune ont été « oubliés ».

Construire sur l'eau

Les sols de Venise n'étant pas solides et stables, il a fallu faire confiance aux témoignages et aux documents d'archive pour pouvoir comprendre comment de petits îlots marécageux ont été transformés en une ville parmi les plus puissantes du monde. La formation urbaine de la ville ne suit pas les mêmes règles que l'on peut retrouver dans la majorité des autres cités comme l'atteste Franco Mancuso : “ La formazione urbanistica di Venezia segue però un modello singolare, ben diverso da quello comune a tutte le città di terraferma, nate in genere da un nodo centrale [...] che diviene mano a mano il baricentro fisico e funzionale. La Venezia delle origini si sviluppa da un insieme di nuclei arroccati su indefinite terre insulari stentatamente emergenti dalla compagine lagunare, separate fra loro da canali e da ampie superfici acquee. È una sorta d'arcipelago, nel quale le terre emerse sono sicuramente

37. Edoardo Salzano, La laguna di Venezia. Il governo di un sistema complesso (Venezia: Corte del Fontego, 2011).

38. Piero Bevilacqua, Venezia e le acque. Una metafora planetaria (Roma: Donzelli, 1998).

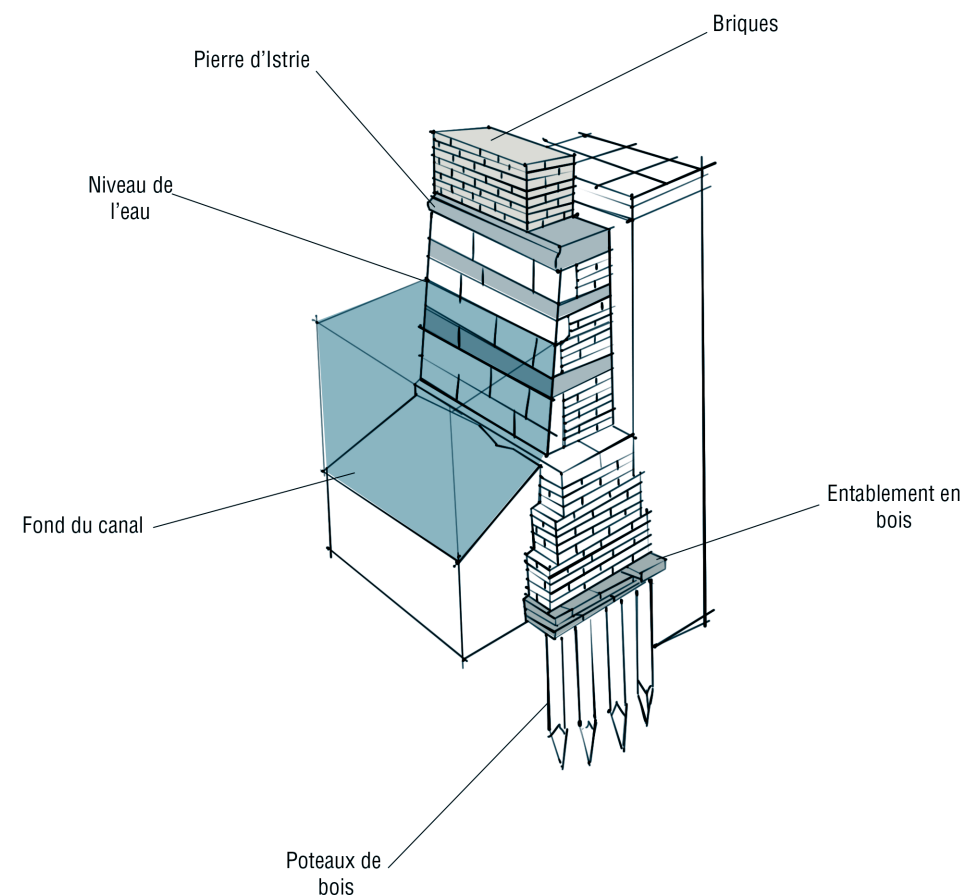


Figure 9 ci-dessus: Schéma du système de construction des fondations vénitiennes d'après le dessin de Mario Piana

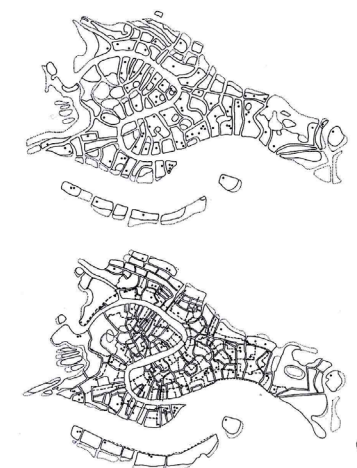
meno estese nel loro insieme delle superfici acquee che le separano. »³⁹

La lagune, comme il a été décrit précédemment, est un environnement à priori très peu propice à l'édification d'une ville pour de nombreuses raisons ; les sols de la lagune qui émergeaient à peine de l'eau étaient boueux et instables ; la zone lagunaire était majoritairement une zone d'eau salée et l'implantation de l'homme exigeait un accès à de l'eau douce ; les matériaux de construction nécessaires n'étaient pas présents sur place ; le transport était compliqué car aucun accès direct depuis la terre ferme n'existait. Et pourtant, Venise est née de cet environnement hostile grâce à d'ingénieuses méthodes de construction qui soutiennent encore aujourd'hui la ville.

Comme il a été expliqué précédemment, les constructions étaient initialement majoritairement en bois puis ont été remplacées par de la pierre. C'est alors que la question des fondations est devenue centrale dans ces zones de terres instables. Les premières traces de fondations ont été trouvées près du Rialto sur les zones centrales de l'îlot où le sol était le plus solide. Elles consistaient en une succession de tables de bois entrecroisées et placées dans le sable sur lesquelles venaient poser les pierres. Cependant, plus les constructions s'écartaient du centre des îlots, plus la terre était instable. La solution à ce problème fut de réussir à rejoindre une couche de terre stable et solide en profondeur. Pour ce faire les vénitiens inventèrent un système hybride de fondation constitué de plusieurs couches de matériaux. La première couche comportait des pieux de bois, d'essences diverses, enfoncés dans le sol et totalement immergés. Sur ces pieux, disposés de manière à créer une base plate, étaient disposés des panneaux de bois suivi d'une couche de base en trachéite puis d'une couche de pierre d'Istrie. Par dessus ces couches de base, venaient se reposer la base des murs en briques (cf. les figures page précédente). Pour réussir une telle opération, les travaux devaient se réaliser « au sec ». Par conséquent, les Vénitiens construisirent des digues temporaires appelées casseri. Une des raisons pour laquelle les pieux en bois sont encore intacts provient du fait que le sol est argileux. En effet, ce sol est très faible en oxygène ce qui a empêché le bois de moisir et a eu un effet de pétrification sur le matériau. La majorité des constructions de la ville reposent sur de telles fondations qui étaient très onéreuses pour l'époque car il fallait les transporter de loin.



“ Vale per ogni città: se si vuole capirne il senso, occorre ripercorrere l'itinerario della sua formazione e guardare al territorio sul quale e dal quale ha preso forma. “ **Franco Mancuso**

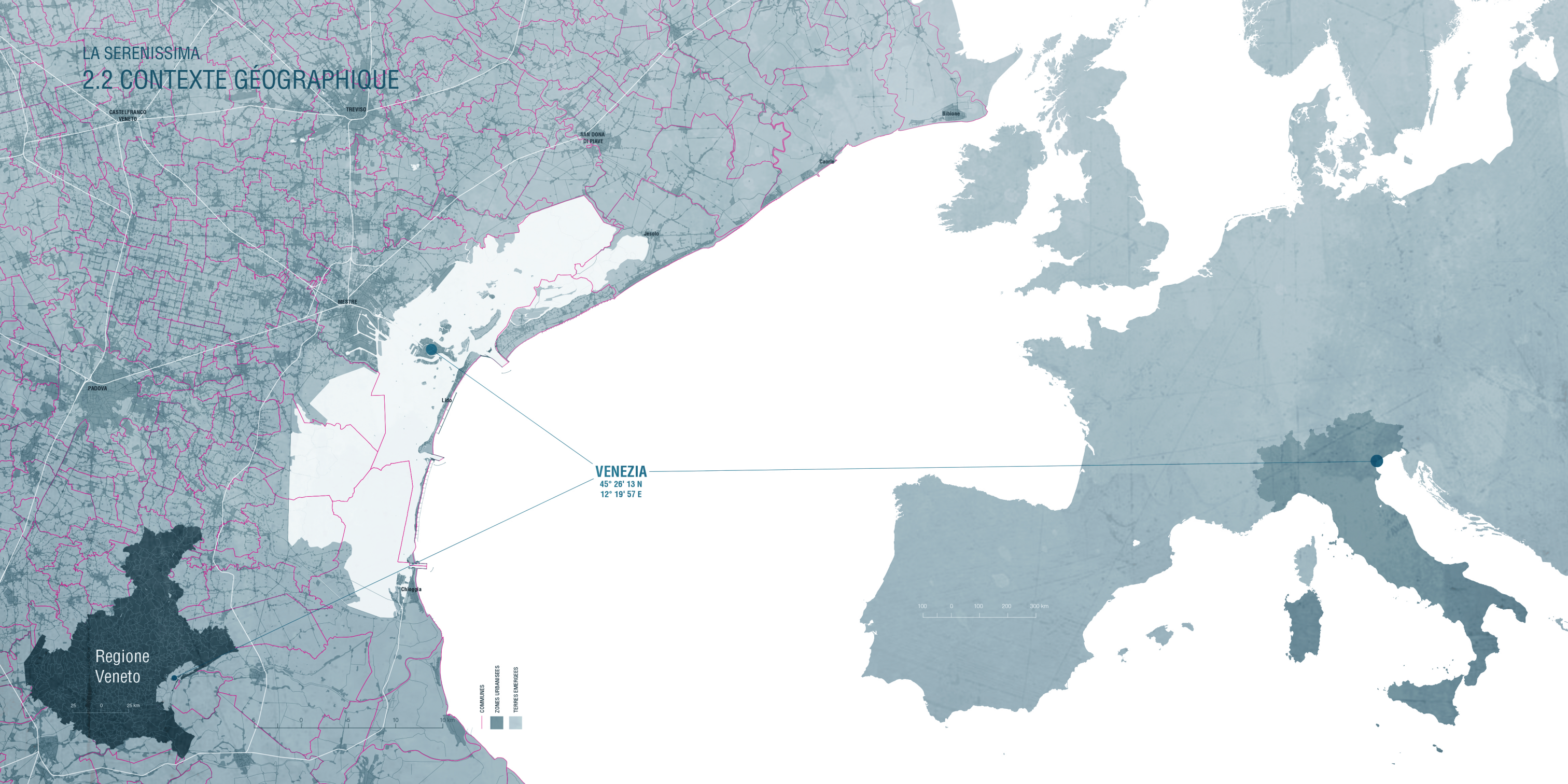


39. Franco Mancuso, Venezia è una città. Come è stata costruita e come vive (Venezia: Corte del Fontego, 2009).

Figure 10 ci-dessus: Schéma de l'évolution possible de Venise.

LA SERENISSIMA

2.2 CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE



CASTELFRANCO
VENETO

TREVISO

SAN DONA
DI PIAVE

Bibione

Caorle

Jesolo

MESTRE

Lido

VENEZIA
45° 26' 13 N
12° 19' 57 E

PADOVA

Chioggia

Regione
Veneto

- COMMUNES
- ZONES URBAINISEES
- TERRES EMERGEEES

100 0 100 200 300 km

25 0 25 km

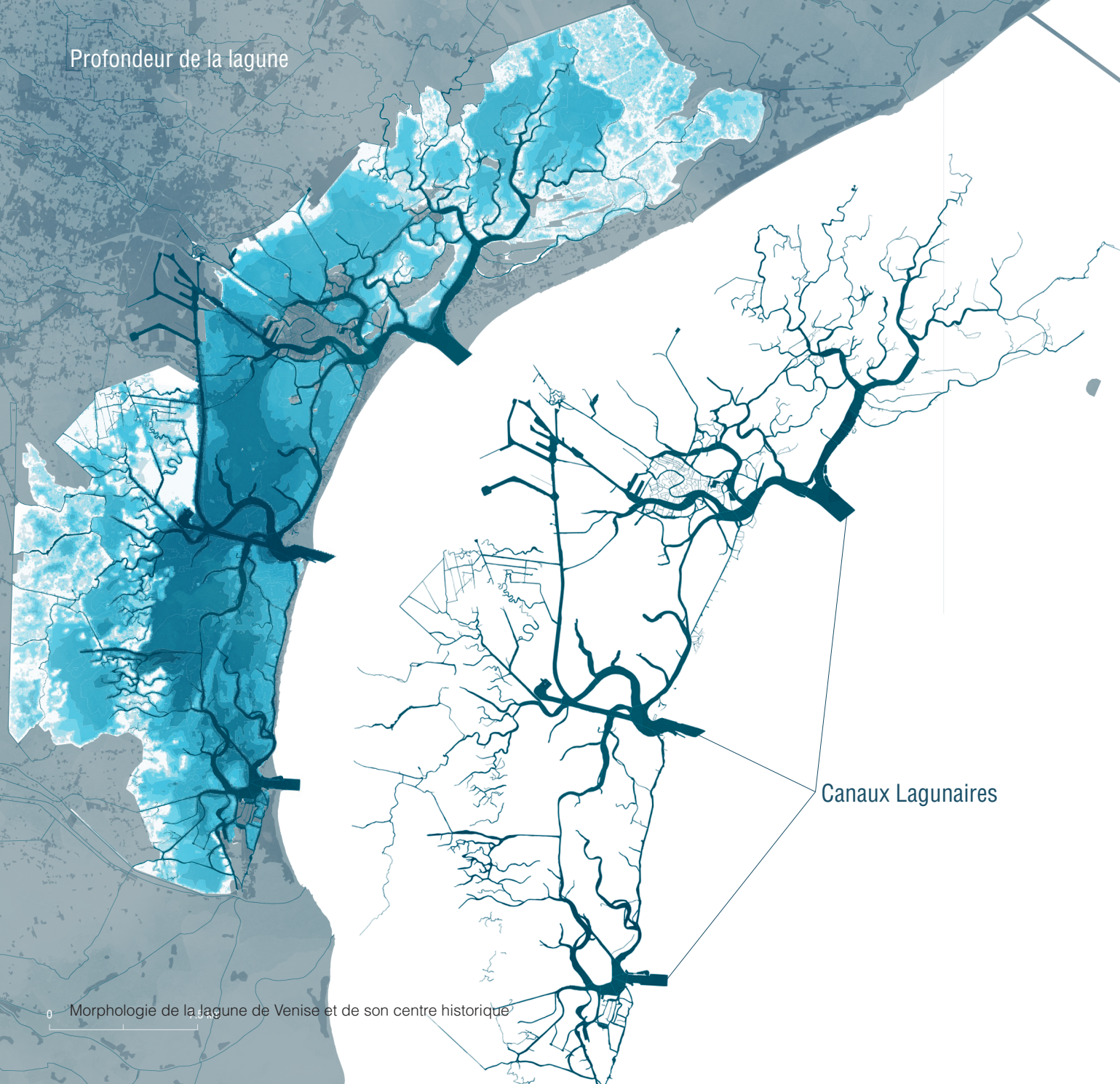
5 0 5 10 10 km

LA SERENISSIMA
2.3 MORPHOLOGIE





Profondeur de la lagune

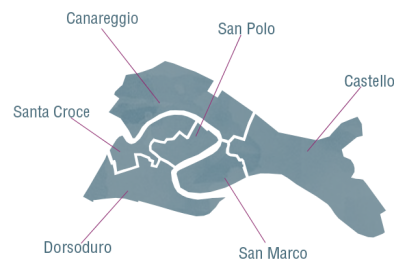


Canaux Lagunaires



- Eglises et Clochers
- Bâtiment civile
- Industrie
- Gare

Quartiers originels de Venise



Morphologie de la lagune de Venise et de son centre historique



LA SERENISSIMA 2.4 DÉMOGRAPHIE

La commune de Venise compte actuellement 265'000 habitants pour environ 55'000 habitants au centre historique. Ce chiffre qui frôlait les 100'000 il y a 40 ans est en constante diminution. Selon une estimation, le centre ville de Venise perdrait un millier de résidents chaque année. Ce phénomène qui a été baptisé « Venexodus » par les vénitiens inquiète la municipalité.

En effet, le prix des loyers a explosé à Venise. Les bailleurs privilégiant les locations de courte durée pour les touristes, les vénitiens ne sont plus en mesure de trouver des logements à hauteur de leurs moyens et sont contraints de quitter la ville.

Evolution de la population du centre historique depuis 1997

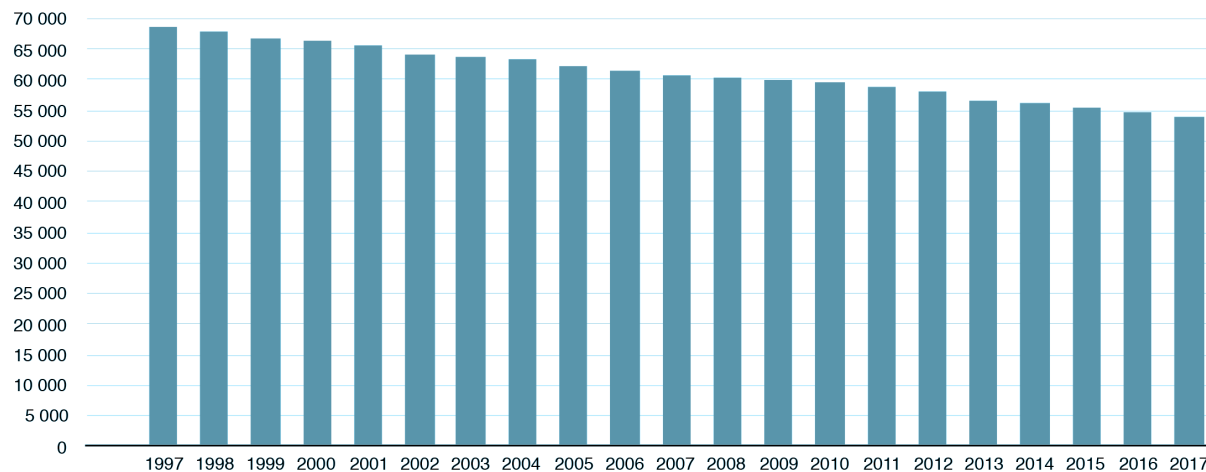


Figure 11 ci-dessus: Graphique représentant l'évolution de la population du centre historique de Venise depuis 1997. Ce chiffre est en baisse constante et inquiète les autorités.

LA SERENISSIMA 2.5 ADMINISTRATION

La région vénitienne est présidée depuis 2010 par Luca Zaia membre du parti politique de « La Ligue du Nord ». La commune de Venise regroupe six municipalités distinctes : Chirignago Zelarino, Favaro Veneto, Lido Pellestrina, Marghera, Mestre Carpenedo et Venezia Murano Burano.

Le maire de Venise, Luigi Brugnaro depuis juin 2015 est un homme d'affaires à succès. Il obtient son ascension politique suite au scandale du MOSE qui dénonce un gigantesque détournement des fonds destinés à celui-ci. Son prédécesseur Giorgio Orsoni tombe et Brugnaro lui succède élu à 52% par les habitants vénitiens. Cependant il ne fait pas l'unanimité. On lui reproche notamment de diriger Venise sans y résider.

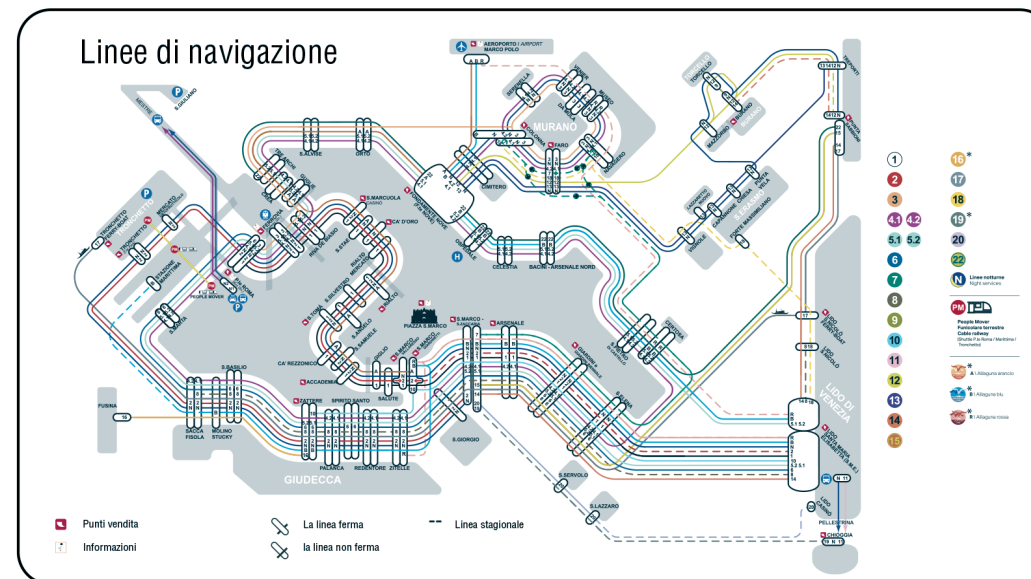
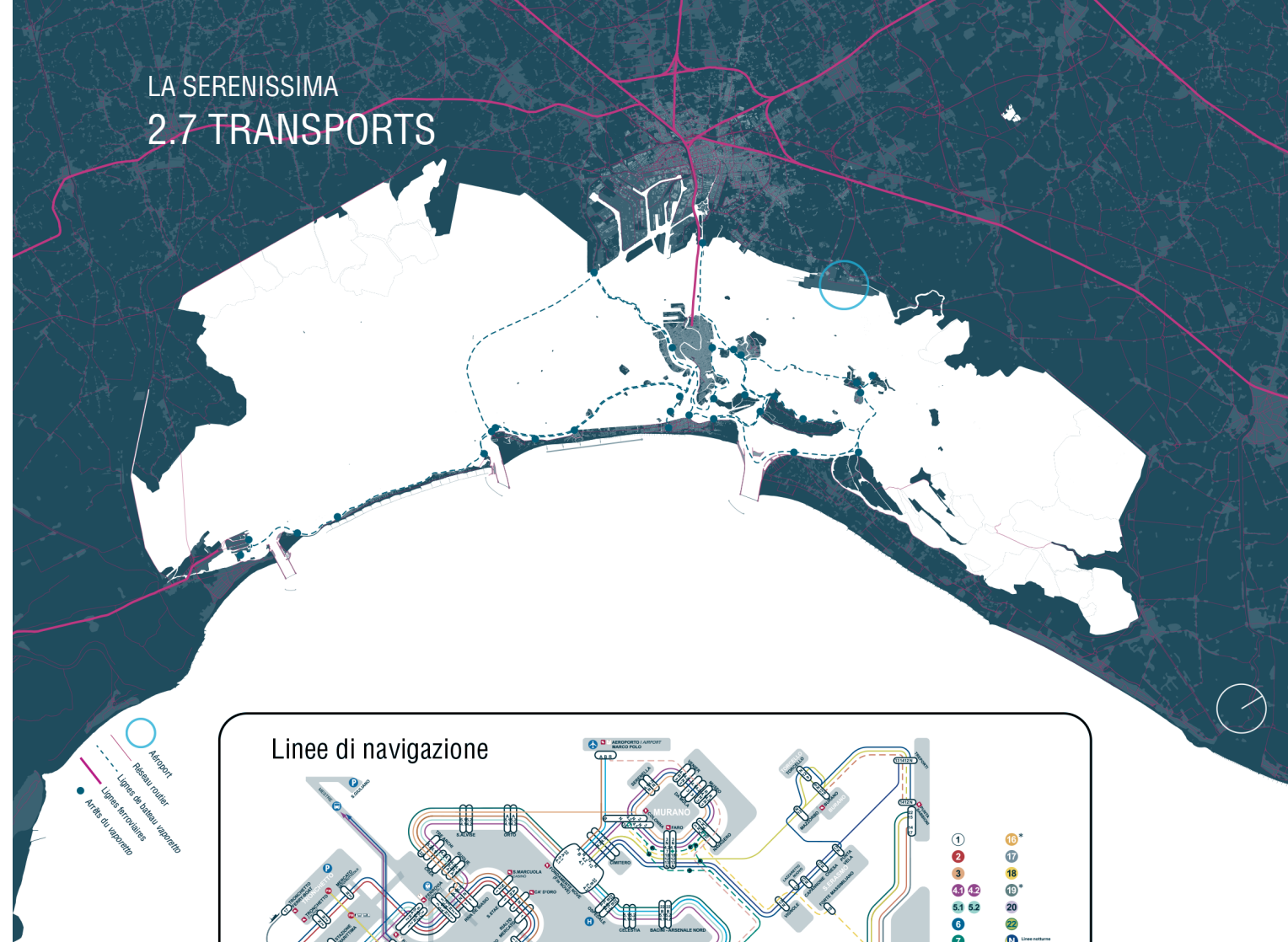
LA SERENISSIMA 2.6 ÉCONOMIE

La Vénétie figure parmi les plus riches régions d'Italie et contribue fortement à son PIB. Elle a construit autrefois sa puissance économique grâce au commerce maritime. De nos jours, le tourisme est la principale source de revenu de la ville de Venise. Avec plus de 20 millions de visiteurs chaque année la cité ne pourrait pas se passer de cette source de revenu. L'industrie de la mode y est également très présente avec d'innombrables boutiques tout comme le secteur immobilier qui génère beaucoup de profits.

En octobre dernier, la Vénétie et la Lombardie ont établi un référendum afin d'obtenir une plus grande autonomie et de plus larges compétences vis à vis de Rome. Ces deux régions représentent à elles seules 30% du PIB italien.

L'objectif principal de ce référendum qui a été largement accepté, 98% pour la Vénétie, est d'obtenir plus de compétences notamment en terme d'infrastructures, d'éducation et de santé. De plus, la Vénétie dégage un solde fiscal de plusieurs milliards d'euros (environ 15 milliards) qui selon ses dirigeants devrait leur être en partie reversé. Mais ce référendum n'étant que consultatif, il ne devrait engendrer aucun changement pour l'instant.

LA SERENISSIMA 2.7 TRANSPORTS





“ Ancora una volta, il destino della città e il destino della sua Laguna sono intrecciati. La ricchezza effimera portata dal turismo degrada l’una e compromette l’altra. Non si ha il coraggio di eliminare il traffico delle grandi navi da crociera dalla Laguna perché le compagnie devono continuare a vendere, nei loro pacchetti turistici, anche la visione dei palazzi e delle cupole dall’alto dei torreggianti bastimenti: un giro d’affari enorme. E si progetta sempre di realizzare la metropolitana sublagunare... ”

-Salzano, Edoardo

LA SERENISSIMA

2.6 TOURISME

Ville classée au patrimoine mondiale de l'UNESCO, Venise attire des millions de touristes par an notamment (environ 30 millions de touristes) par le biais des bateaux de croisières très présents aux abords de la cité. Cependant, cet engouement pour cette destination prisée engendre de nombreux problèmes. Logements, qualité de vie, nuisances sonores, pollution, les habitants souffrent de cette situation et le font savoir aux autorités communales. En effet, la ville perd environ 1000 habitants chaque année et de plus en plus de manifestations menées par les Vénitiens voient le jour afin de protester contre ce tourisme de masse.

La commune de Venise, consciente de la situation délicate, se penche déjà sur une série de mesures. Elle a par exemple lancé une campagne de sensibilisation avec pour slogan #enjoyrespectVenezia. Ce projet a pour but de sensibiliser les nombreux visiteurs aux problèmes du tourisme de masse et de les guider vers un comportement adéquat et respectueux de la ville.

La municipalité songe également à rendre le centre historique de Venise payant afin de désengorger la ville et a déjà mis en place un système de comptage qui a pour objectif de mesurer le nombre de visiteur.

De plus, depuis peu la commune de Venise a décidé d'interdire l'accès aux bateaux de croisière surdimensionnés. Les navires de moins de 130'000 tonnes seront autorisés à entrer dans la lagune mais par le circuit des pétroliers et bateaux de commerce tandis que les navires de moins de 96'000 tonnes pourront accoster à la station maritime de Venise. Le canal de la Giudecca ne pourra être emprunté que par les navires de moins de 55'000 tonnes.

“Una soluzione votata e passata all'unanimità, compresa la Regione Veneto, tranne per il voto del Comune di Chioggia”, aggiunge il sindaco di Venezia Luigi Brugnaro, che si dice “molto soddisfatto” dell'esito della riunione del Comitato perché “tiene conto del lavoro di chi opera nell'indotto delle navi da crociera, che non potevamo assolutamente perdere, e cominciamo a dare loro un respiro serio alla programmazione”. Brugnaro si dice “contento per i cittadini veneziani. Abbiamo spiegato l'importanza di sviluppare il porto industriale, manifatturiero e commerciale” ⁴⁰

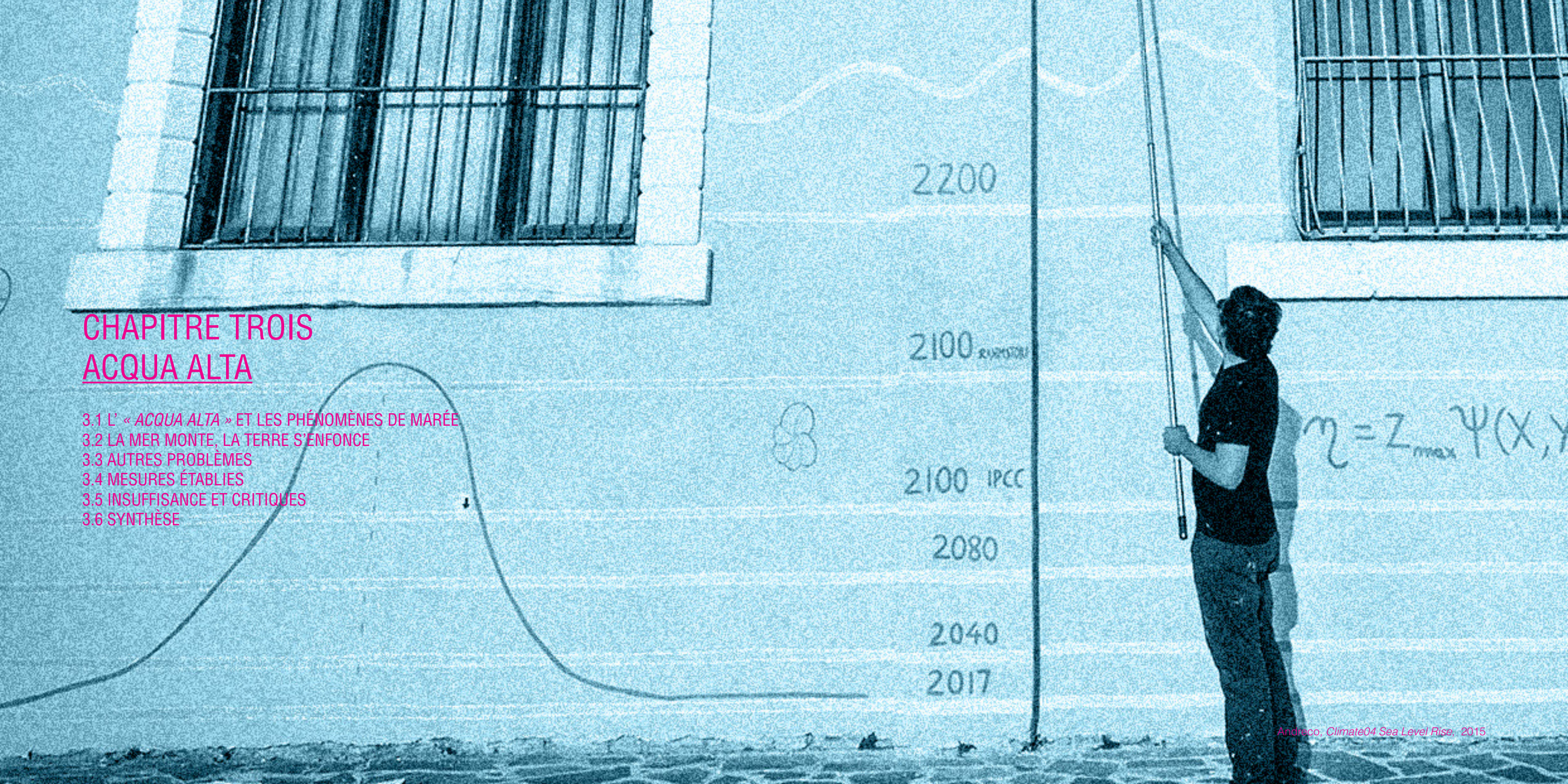
40. Venezia, le navi da crociera fuori dalla laguna di San Marco, DIRE.it - Documenti Informazione Resoconti, 9 novembre 2017, <http://www.dire.it/>



Manifestation contre les navires de croisières dans la lagune, 2012

CHAPITRE TROIS ACQUA ALTA

- 3.1 L' « ACQUA ALTA » ET LES PHÉNOMÈNES DE MARÉE
- 3.2 LA MER MONTE, LA TERRE S'ENFONCE
- 3.3 AUTRES PROBLÈMES
- 3.4 MESURES ÉTABLIES
- 3.5 INSUFFISANCE ET CRITIQUES
- 3.6 SYNTHÈSE



ACQUA ALTA

3.1 L'« ACQUA ALTA » ET LES PHÉNOMÈNES DE MARÉE

Le phénomène de marée a toujours été présent à Venise et il ne faut pas le confondre avec la récente accélération du niveau marin même si, au final, ces deux entités sont consubstantielles. Plusieurs fois par an, et en particulier entre le mois d'octobre et de février, quand les perturbations météorologiques sont plus fréquentes, la ville est envahie par l'eau.

Comme nous avons déjà pu le voir dans la partie 2.2 et 2.3, Venise se situe dans le cul-de-sac de la mer adriatique et ceci a des conséquences directes sur les phénomènes de marée. En effet, cette particularité géographique a pour effet d'augmenter par deux l'intensité des marées en comparaison avec d'autres zones du monde. L'explication est simple : à la marée « astronomique » liée au mouvements des astres, principalement la lune et le soleil s'ajoute la marée « météorologique » liés aux changements de l'atmosphère. Dans des conditions normales, l'impact de la marée météorologique est faible et à peu d'incidence sur les prévisions de marées astronomiques. Inversement, en conditions météorologiques défavorables, soit une pression faible et des vents forts (Scirocco), les risques d'*acqua alta* et donc d'une inondation de certaines parties du centre historique sont décuplés.

Ces dernières années, d'autres phénomènes tels que sont la montée du niveau marin et l'abaissement de la ville dans le sol ont été pris en compte dans les simulations et les prévisions du « centro previsioni e segnalazioni maree » de Venise. Il suffit d'une montée de niveau marin de +80cm pour que l'on puisse commencer à parler d'Acqua Alta et que les parties de la ville les plus basse de la ville soient atteintes. Ceci concerne principalement la place Saint-Marc où des mesures de circulations piétonnes doivent être mises en place. Lorsque l'eau atteint un niveau de +100cm, 5% de la ville est inondée et atteint une plus grande partie des rues de la ville. Au niveau +110, 12% de la ville est sous l'eau et il suffit que celle-ci monte à +140cm pour que 59% de la ville soit affectée. La ville de Venise assure la circulation piétonne dans le centre historique jusqu'à une hauteur de marée de +140cm.

Les effets de la montée du niveau marin à Venise ont pour conséquence une évidente augmentation des marées hautes de >+110cm depuis les années 60. Au début du siècle, on observait une moyenne d'une marée haute à l'année et cette moyenne aujourd'hui est de 5 à 6 par année et se chiffre est en constante augmentation (cf. 3.3). Les deux graphiques ci-contre montrent en rouge le niveau marin et la variation des marées hautes et basses depuis les années 70.

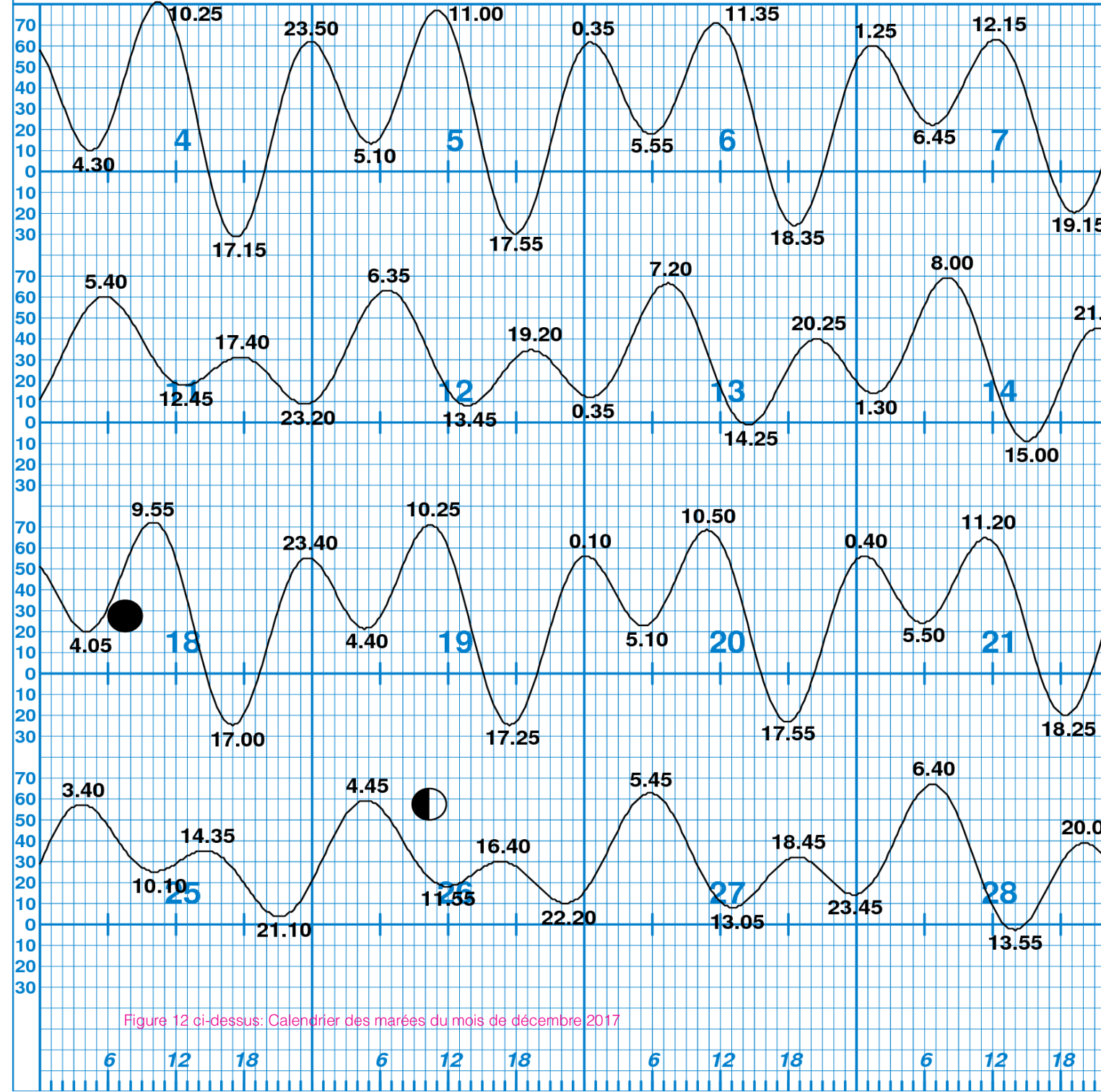


Figure 12 ci-dessus: Calendrier des marées du mois de décembre 2017



Hauteur des marrées % d'inondation

200+ cm	91%
190 cm	88%
180 cm	85%
170 cm	82%
160 cm	77%
150 cm	70%
140 cm	59%
130 cm	46%
120 cm	28%
110 cm	12%
100 cm	5%
90 cm	2%

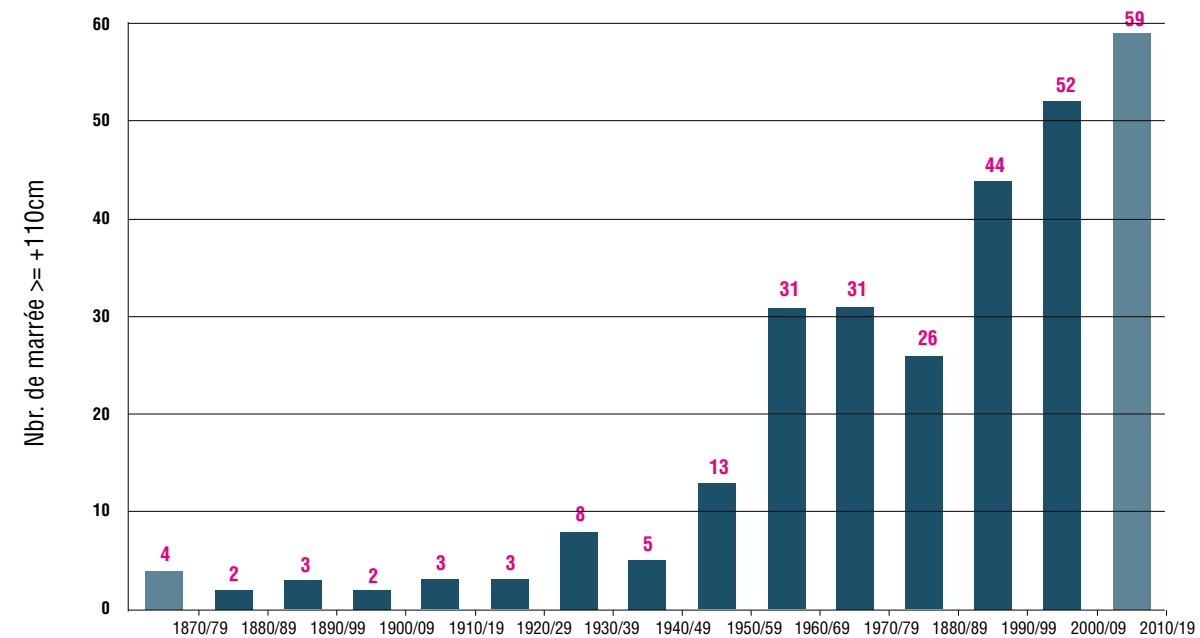


Figure 13 ci-dessus: Cartes représentant les portions de la ville inondées selon la hauteur de la marée d'après les données RAMSES

Figure 14 ci-dessus: Graphique du nombre de marrées de plus de 110cm ayant eu lieu depuis 1870 par décennies. Reproduit d'après les données du " Centro Previsioni e Segnalazioni Marree " de la ville de Venise.

L' « *Acqua Grande* » du 4 novembre 1966

L'épisode de l'acqua alta dite « *Acqua Grande* » du 4 novembre 1966 a marqué les esprits car il a fut le plus grave épisode de marée jamais observé à Venise. En effet, l'eau monta de +194 cm. Une perturbation exceptionnelle eut lieu sur l'Italie centrale avec des précipitations intenses et de forts vents sur la mer adriatique. La tempête eut pour conséquence l'inondation des villes de Florence et Venise. Les pertes de patrimoine artistique furent conséquentes sans parler des dégâts matériels. La tempête fit également une septantaine de victimes. Un autre évènement majeur cependant moins dévastateur eut lieu le 22 décembre 1979. En effet, une tempête exceptionnelle se forma sur l'adriatique aet provoqua la deuxième marée la plus haute de l'histoire avec +166 cm.

En 1966, il n'y eut aucun préavis à ce qui allait se passer. Les moyens techniques de l'époque ne permettaient pas de recueillir des informations suffisantes pour anticiper les évènements. Les prévisions se firent sur une expérience personnelle d'interprétation des données disponibles. Malheureusement, aucune des personnes en charge à ce moment-là n'avait l'expérience pour prédire les futures intempéries.

Les mesures officielles de la vitesse des vents n'existaient pas encore, cependant un anémomètre non-officiel mesura des vents de 20m/s le matin du 4 novembre 1966 à 8 heures. De plus, il n'y avait pas de données sur la hauteur des vagues en mer. Cependant, il suffit de regarder les dégâts occasionnés aux digues des trois embouchures de la lagune pour se rendre compte de la puissance des vagues. Ce jour-là, les derniers 200 mètres des 6 digues furent détruites et avec elles les marégraphes. Pour mesurer le niveau marin maximal, il fallut utiliser d'autres méthodes. En se basant sur les niveaux des marées passées, le maximum des instruments de mesures était fixé à +180cm. Hors, on sait que le niveau de la mer ce jour-là a atteint +194cm. Le marégraphe mesura donc sur un période une ligne droite bloquée à +180cm, puis, redescendit lorsque la tempête se calma. Pour mesurer la hauteur maximal atteinte, il a fallut se fier aux traces laissées par l'eau sur les systèmes de chauffages dans les rez-de-chaussée des habitations.

Il est intéressant de constater que l'*Acqua Grande* de 1966 est pratiquement uniquement dû aux mauvaises conditions météo car, ce jour-là la marée astronomique était, par chance, au plus bas (cf. fig 15). En cas de marée astronomique haute, l'eau aurait pu encore monter de +30 à +40 cm. L'*Acqua Grande* marqua un tournant dans la mémoire collective et modifia la façon de concevoir le futur de la ville.

Venise entra dans une nouvelle phase, celle d'une nouvelle vision de ce que devait être la défense de Venise et de sa lagune. La question ne se résuma pas dans l'intérêt local mais elle prit une dimension nationale et internationale. Des recherches scientifiques furent faites

et des lois spécifiques au problème furent érigées par le parlement italien. C'est également suite à cet évènement que fut créé le premier « service de surveillance des marée » qui installa une alarme sur le clocher de San Marco. La plateforme océanographique « *Acqua Alta* » fut érigée en 1970 pour permettre de recueillir les données nécessaires à la prévention d'une autre marée exceptionnelle telle que celle de 66. Plus tard, au début des années 80 et suite à la marée de 1979 (qui fut de +166cm), le centre de « prévisions et signalisations des marées » de Venise fut fondé.

Graphique des marées du niveau marin du 4 novembre 1966

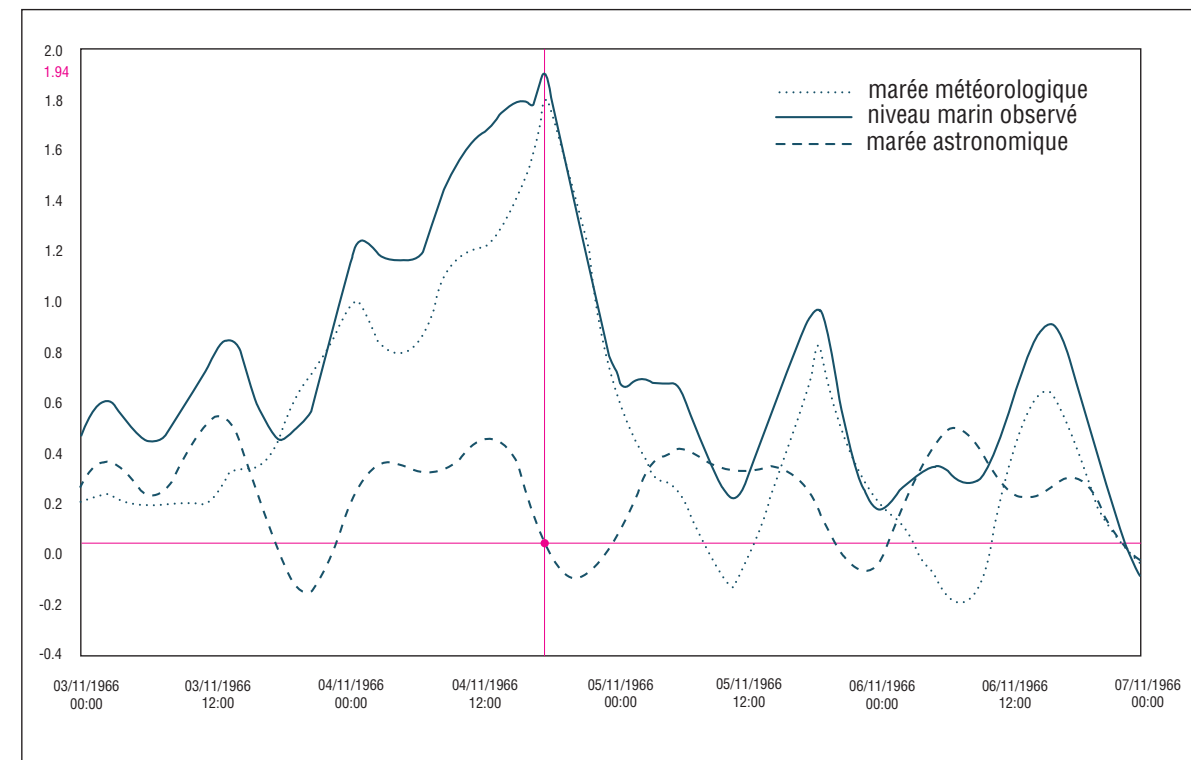


Figure 15 ci-dessus: Graphique des données concernant la marée météorologique et astronomique du 6 novembre 1966 ainsi que son impact sur le niveau marin. On peut apercevoir clairement que lors du pic du niveau marin à +194cm, les données concernant la marée astronomique sont très faibles (lignes roses). Graphique redessiné d'après l'article de Mr. Luigi Cavaleri, *L'eccezionale acqua alta de Inovembre 1966 a Venezia*, NIMBUS 77, 2016, p.58

104

“ Il 4 novembre è una giornata di acqua alta, la più inquietante e disastrosa che si conosca. (...) L'acqua ha funzionato come un termometro. Si è intuito subito, prima ancora che si sapesse cosa era accaduto sui bordi della laguna, che Venezia era preda del mare e che il mare avrebbe potuto inghiottirla. I giorni seguenti, sulle spalle della città, i 40 miliardi di danni patiti dal solo centro storico pesavano molto meno della coscienza che un equilibrio si era rotto e che Venezia era indifesa contro le vendette naturali. Ventiquattr'ore di sommersione: mai accaduto. Un metro e novantaquattro centimetri di altezza sopra il livello medio marino: mai raggiunto. La laguna, in quei momenti, parve una trappola: non era più contenitore di Venezia, la sua straordinaria cornice protettiva, in cui le acque marine entrando, si placano e rinnovano la vita. La laguna, per un'intera giornata, non era riuscita ad espellere la marea e la mare, rompendone le “regole” secolari, aveva minacciato di affogare città ed isole (...). Il 4 novembre equivalse a una dimostrazione traumatizzante che un male corrode Venezia e via via l'indebolisce e l'espone alle minacce della natura.”

-Giulio Obici



Deux hommes sur un bateau à Venise, 1966



Data	Ora	Valore
16 aprile 1936	21.35	147 cm
12 novembre 1951	8.05	151 cm
15 ottobre 1960	7.55	145 cm
4 novembre 1966	18.00	194 cm
3 novembre 1968	7.30	144 cm
17 febbraio 1979	1.15	140 cm
22 dicembre 1979	9.10	166 cm
1 febbraio 1986	3.55	159 cm
8 dicembre 1992	10.10	142 cm
6 novembre 2000	20.35	144 cm
16 novembre 2002	9.45	147 cm
1 dicembre 2008	10.45	156 cm
23 dicembre 2009	5.05	144 cm
25 dicembre 2009	3.55	145 cm
24 dicembre 2010	1.40	144 cm
1 novembre 2012	1.40	143 cm
11 novembre 2012	9.25	149 cm
12 febbraio 2013	0.05	143 cm

3.2 LA MER MONTE, LA TERRE S'ENFONCE

L'eustatisme a déjà des conséquences évidentes comme il a été observé dans le chapitre précédent. Le graphique (figure 17) montre la mesure du niveau marin à Venise depuis le début des années 70 et on perçoit très clairement qu'il fait écho aux mesures mondiales vues précédemment (cf. 1.2). Contrairement à la marée, la prévision de la montée du niveau marin possède encore plusieurs scénarios possibles et il est certain que tôt ou tard celle-ci aura atteint un seuil incontrôlable.

Cependant, un autre mécanisme entre en jeu. En effet, la lagune de Venise est posée sur une couche de sédiment de 700m de profondeur qui est composée d'une alternance de différentes couches. Ces couches n'étant pas solides, il en résulte une subsidence naturelle de la lagune de l'ordre de 1,5mm/an. En outre, cet enfoncement a été accentué par l'activité humaine (subsidence anthropique) et notamment le développement industriel de l'après-guerre qui a nécessité le pompage d'énorme quantité d'eau dans les nappes phréatiques vénitienes. Cela a servi notamment au développement de Porto Marghera qui est un des ports les plus connus du pays à partir des années 50. On ne comprenait pas à ce moment-là pourquoi le sol s'enfonçait si rapidement (-14 cm) jusqu'à ce que des recherches dans les années 1970 ont mis en exergue le problème et le pompage a été stoppé. Cependant, 10 cm ont été irrémédiablement perdu. A noter également que la construction de telles infrastructures n'a pas seulement accélérer la subsidence mais a également pollué la lagune. Dans le passé, il y a eu des variations de l'ordre de +100 à -100m par rapport au niveau marin actuel ce qui a eu pour conséquences une modification de la limite terre mer et un grand impact sur la morphologie des terres immergées.

*" The subsidence of Venice, one of the most beautiful and famous cities in the world, is well known not by reason of the magnitude of the ground movement but because it has seriously compromised the heritage and the safety of the city in relation of its small elevation above the sea. Depending on the time span considered, different rates of the geological subsidence of the Venice area, generally ranging from 0.6 to 1.6 mm/yr, have been assessed by various authors using sediment core data and archaeological remains. During historical time, the loss in elevation of Venice was particularly severe in the last century, 25 cm, i.e. 15 cm of subsidence mainly due to groundwater pumping in the nearby industrial area and 10 cm of eustacy. Subsidence and eustacy has both contributed to the loss of land elevation with respect to the mean sea level (or relative sea level rise, RSLR). "*⁴¹

41. L.Tosi, P. Teatini, et T. Strozzi, « Natural versus anthropogenic subsidence of Venice » (SCIENTIFIC REPORTS, 2013).

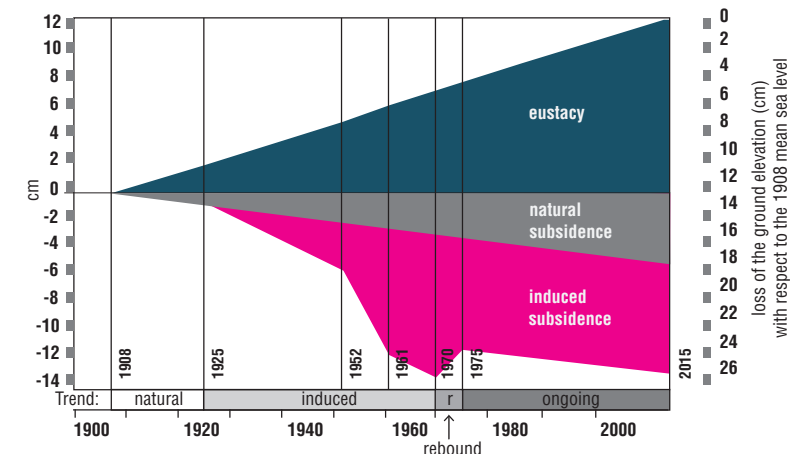


Figure 16 ci-dessus: Graphique des données concernant le niveau d'eustasie, de subsidence naturelle et anthropique depuis 1900. Graphique redessiné d'après l'article de Mr. Luigi Cavaleri, *L'eccezionale acqua alta de Inovembre 1966 a Venezia*, NIMBUS 77, 2016, p.58

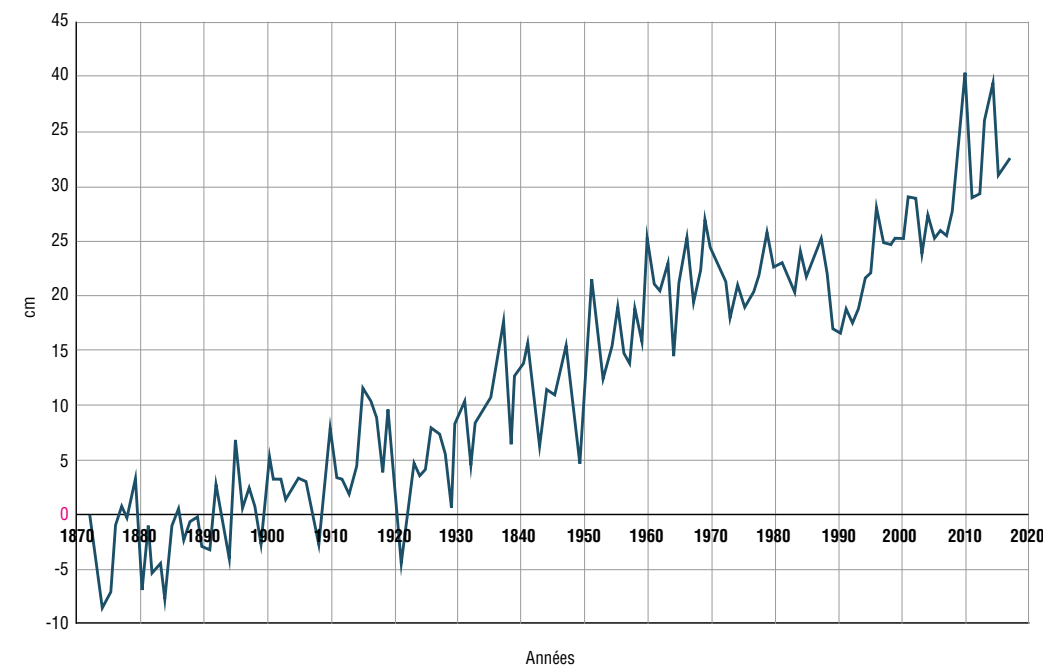


Figure 17 ci-dessus: Graphique montrant le niveau moyen de la mer à Venise depuis les années 1870. Reproduit d'après les données du " Centro Previsioni e Segnalazioni Marree " de la ville de Venise.

3.3 AUTRES PROBLÈMES

Outre les problèmes de subsidence et d'eustatisme, la Lagune de Venise possède d'autres problèmes qui pourraient menacer sa bonne santé et son bon fonctionnement. Le « lido » (le littoral), qui est le long cordon de terre qui entoure la lagune, est la première défense naturelle de cette dernière. Mais cette barrière s'est affaiblie au cours des derniers siècles, exposée à un processus d'érosion progressive. Le résultat est un amincissement de cette bande de terre et une disparition des plages et des dunes qui constituent une barrière essentielle à la protection de la lagune. Les premières causes de cette érosion sont les phénomènes naturels tels que les tempêtes et vagues qui balaient la côte et qui emportent progressivement avec eux des sédiments. L'homme est également responsable d'une partie de cette érosion suite aux différentes interventions qu'il a faites au cours des siècles sur ces zones sensibles (murazzi, embarcadère). De plus, au fil des siècles, les rivières ont été vecteur principal des apports de sédiments qui allaient se déposer le long de la côte. Ces rivières se sont, avec le temps, affaiblies et n'ont plus suffi à compenser la perte de sédiment emportés par la mer. Quant à la mer, comme il a été vu précédemment, celle-ci été de plus envahissante au fil du temps avec un niveau marin de plus en plus élevé et par conséquent, des marées de plus en plus puissantes. L'activité humaine moderne est également responsable de cette érosion car les côtes sont très fréquentées notamment durant la période estivale. En raison de l'érosion, le cordon côtier devient plus mince et plus fragile. Les constructions côtières et les nombreux établissements touristiques sont de plus en plus exposés à la menace de la mer.

Un autre problème majeur est la pollution et le changement de morphologie du bassin vénitien. En effet, la disparition progressive d'éléments spécifiques morphologiques a été mise en évidence et menace l'écosystème lagunaire. On a constaté un ensevelissement des canaux, la dégradation des îles, mais surtout une grande altération des hauts fonds et des lais. Autrefois ces bancs de sables émergeant représentaient une surface de 115km², aujourd'hui ils ont été réduits à seulement 40km². La disparition progressive de ces marais salants affecte très fortement l'équilibre hydrodynamique de la lagune et du paysage ce qui met en danger de nombreuses espèces de faune et de flore. Une fois le processus d'érosion commencé, il a tendance à s'autoalimenter car l'enfoncement des bas-fonds a pour conséquence une augmentation du mouvement des vagues qui alimente donc encore plus le phénomène de destruction. Les conséquences de ces phénomènes sont la dégradation de l'auto-nettoyage des eaux de la lagune et une réduction de la biodiversité. L'érosion est également les nombreux bateaux qui circulent et qui emportent avec eux des sédiments.

“Non esiste una singola causa per l'erosione delle barene, ma una molteplicità di cause sia naturali che antropiche che spesso si alimentano a vicenda.” -Lila VIMINE

3.4 PRÉVISIONS

*“Although the lack of complete data, results demonstrate that modern forecast tools would have been able to predict such disasters, raising the alarm at least six days early. The article also stands that, despite the extensive damages to cultural and economic heritage, the severe event could have plagued Venice heavier in case of higher astronomical tide. Future challenges deal with a sea level rise at 2100 ranging from 0,3 to 0,6 m, up to 1 m. Artificial mobile dams (MOSE) could protect Venice only in the early period but they do not represent a long term solution.”*⁴²

Une question serait de se demander si un épisode tel que celui de 66 pourrait se reproduire. Une autre question, plus pertinente encore, serait de se demander quand est-ce que cet événement se reproduira ? Car non seulement il peut se reproduire mais aussi manière décuplée. Comme expliqué précédemment, la marée de 1966 a eu lieu alors que la marée astronomique était au point le plus faible. Il aurait été possible que la marée atteigne +30 à +40cm en plus. Par conséquent, des marées exceptionnelles peuvent arriver même avec des conditions météorologiques plus clémentes.

Une autre interrogation serait de se demander à quelle fréquence ce type d'évènement peut se produire. Les avis divergent mais l'approximation la plus réaliste est la suivante : avec le niveau marin actuel la probabilité est d'environ 1 par siècle. En regardant dans le passé et en prenant comme début le XIXème siècle, il y a eu des marées exceptionnelles en 1832, 1867, et puis celle de 1966. Une plaque marquant le niveau de l'eau en 1867 est encore visible et en comparant l'eustatisme et la subsidence de cette époque, on observe que la marée a été bien moins violente que celle de 1966.

Bien que la subsidence humaine a été stoppée, il est très difficile, pour ne pas dire impossible, de lutter contre la subsidence et l'eustatisme naturel. Comme il sera expliqué au chapitre suivant (3.4), des mesures sont prises pour essayer de contrer les phénomènes naturels et humains qui menacent la lagune et la ville. De plus, Venise souffre comme tout autre ville côtière des effets du réchauffement climatique et donc les mesures ne doivent pas seulement être prises au niveau local mais au niveau global.

42. Luigi Cavaleri, *L'eccezionale acqua alta de Inovembre 1966 a Venezia*, NIMBUS 77, 2016.

3.5 MESURES ÉTABLIES

Comme mentionnée précédemment, suite à la grande marée de 1966 une prise de conscience s'opéra sur le fait que Venise et sa lagune n'étaient pas invincibles. En 1973, l'approbation du gouvernement pour une nouvelle loi spéciale concernant Venise fut votée. Cette loi s'appella "Interventi per la salvaguardia di Venezia". Cette première loi fut rapidement critiquée car elle ne permettait pas de faire de nouvelles interventions futures dans la lagune et également parce qu'elle donnait une trop grande marge de manœuvre à l'état pour intervenir dans la lagune. La loi qui prévoyait une intervention sur toute la lagune qui aurait touché les seize communes concernées resta au stade d'études préliminaires à cause de conflits d'intérêts et divergences politiques.

Il faudra attendre la loi du 29 novembre 1984 n.798 pour observer une évolution concrète de la situation.

*“ È la legge 20 novembre 1984 n.798 che,(...) dichiarava che gli interventi dovevano essere volti «al riequilibrio idogeologico della Laguna, all'arresto e all'inveersione del processo di degrado del bacino lagunare, all'eliminazione delle cause che l'hanno provocato, all'attenuazione dei livelli delle maree in Laguna, alla difesa, con interventi localizzati, delle insule dei centri storici, e a porre al riparo gli insediamenti urbani lagunari dalle acque alte eccezionali anche mediante interventi alle bocche di porto con sbarramenti manovrabili per la regolazione delle maree.”*⁴³

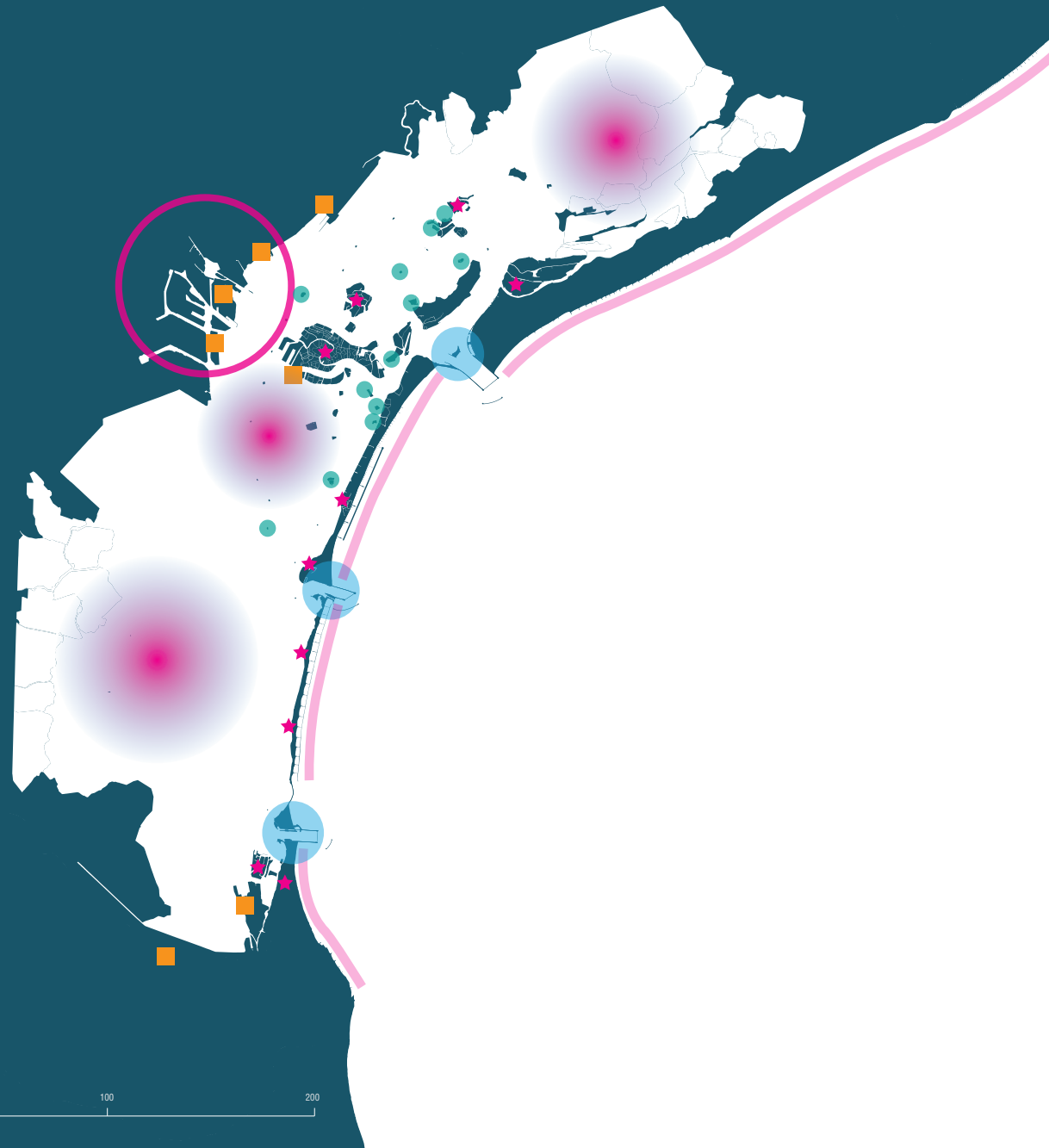
Cette loi voulait promouvoir une sauvegarde de la Lagune sur des principes d'équilibre de continuité de langage entre Venise et sa Lagune. Ils auraient également pour but de respecter l'équilibre entre la défense de la ville et celle de la lagune. Mais, plus important encore, à l'image de ce que prévoyaient les fondateurs de la « Sérénissime », les interventions devaient être expérimentables, réversibles et flexibles. Ce dernier point est très important car il aidera à comprendre les critiques émises à l'égard de certaine intervention qui seront développée plus loin dans ce travail (cf. 3.6).

Au même moment fut créé le « *Consorzio Venezia Nuova* » qui était un ensemble d'entreprises privées chargé de mettre en œuvre les projets et qui fut financé directement par l'État. Pour la réalisation d'études, d'activités expérimentales, de conceptions et d'ouvrages, le groupe s'était doté d'une structure capable de planifier, organiser, gérer et contrôler les différentes

43. Franco Mancuso, *Venezia è una città. Come è stata costruita e come vive* (Venezia: Corte del Fontego, 2009).

Plan général des interventions

Oeuvres réalisées



- Défense contre les marées**
MOSE: Barrières amovibles:
chantier en cours, 85% réalisé
- Défense locale des habitats lagunaies**
★ interventions locales sur les rives: 100km
(ntervention terminée sur 13 km₂)
- Défense contre les ondes de tempêtes**
Renforcement du littoral:
reconstruction des plages 56km
restauration des dunes 12km
renforcements des rives 11km
- Sécurisation d'anciennes décharges**
Imperméabilisation et confinement sur 7 sites (320 hectares)
- Sécurisation de sites pollués**
Intervention sur les quais de Porto Marghera
Enlèvement de sédiments pollués des canaux industriels 320'000 m₃
- Protection et reconstruction des habitats lagunaires**
Reconstruction des *velme* et *barene* : 16 km₂
Protections des *barene* et des bas-fonds: 39 km
Recalibrage des canaux: 200km
- Protection et reconstruction des habitats lagunaires**
Récupération d'îles mineures : 12 îles

interventions de sauvegarde dans les différentes phases de mise en œuvre. Le «*Consortio Venezia Nuova*» suivit le développement des interventions, depuis leur définition dans le cadre de contrats avec l'Autorité qui accorde la subvention, à leur conception et jusqu'à leur achèvement.

Le plan d'intervention fut coordonné par le «*Comitatone*» qui représentait toutes les institutions nationales et locales compétentes. Les activités visant la sauvegarde de la lagune vénitienne furent les plus grands plans de sauvegarde jamais entreprise par l'État.

Le plan général d'intervention était destiné à répondre aux différents problèmes auxquels Venise et sa Lagune étaient confrontés.

Pour commencer, la plus grosse et la plus coûteuse des interventions de ce plan fut sans doute le projet *MOSE* qui prévoyait la mise place de barrières amovibles située aux trois embouchures du bassin vénitien. Cette intervention, dont le fonctionnement sera décrit dans les pages suivantes, avait pour but de répondre directement au phénomène de marée et de séparer le niveau marin lagunaire de celui de la mer Adriatique. D'autres interventions plus spécifiques destinées à protéger les centres historiques furent également été imaginées.

Malmocco est maintenant protégée des inondations ne dépassant pas les +173cm et ce grâce à la construction de nouvelles rives et l'installation de barrières amovibles dans les trois canaux principaux qui traversent la localité. D'autres localités ont subi le même type d'intervention qui permet de protéger le bâti. À Chioggia, des barrières furent également installées aux deux extrémités du canal Vena et portent le nom de "Baby Mose". La place Saint-Marc subit également une intervention car, étant l'un des points les plus bas de la ville de Venise, il était très fréquent que cette zone soit inondée (environ 250 fois par année). Les structures de la place furent gravement endommagées au fil du temps. L'intervention eut pour but de restaurer le pavement de la zone et d'assainir le sol. Pour ce faire, il a été décidé de ne pas modifier les structures architectoniques et historiques de la place. De nombreux relevés furent effectués afin de pouvoir trouver le meilleur moyen d'intervention. Celle-ci se concentra sur les 150m de la jetée (du Pont de la Zecca au Pont de la Paglia) et a consisté à rehausser le pavement et le niveau de la rive ainsi que le renforcement de cette dernière pour la protéger des vagues. Compte tenu de l'importance et de la délicatesse du contexte, le chantier s'est déroulé en plusieurs phases.

Pour répondre à l'érosion du littoral, un projet de reconstruction des plages et renforcement des murs côtiers a été mis en place (il n'est pas encore achevé). Une extension de 60 km des plages a été réalisée et pour ce faire, 9,2 millions de mètres cubes de sable ont été

utilisés. De plus, 8 km de dunes ont été reconstruites et les anciennes murailles protectrices ont été refaites. L'intervention a également pris en compte la restauration et le renforcement des murazzi historiques.

Pour pallier aux problèmes de pollution, un projet d'imperméabilisation et de confinement fut imaginé sur des sites d'anciennes décharges. Le but est d'éviter de futures percolations de matériaux polluants dans la lagune. Un travail d'assainissement fut également mis en place dans le site du Port Marghera qui est le lieu où les infrastructures industrielles et commerciales sont implantées. Afin tenter de réduire la pollution, des expérimentations de transplantation de plantes aquatiques permettant la phytoépuration de l'eau ont été testées.

Un grand projet de protection et de reconstitution des lais (*berene*) et des îles est également en cours et a pour but de sauvegarder la biodiversité de la lagune (ce projet s'appelle le projet VIMINE pour "*Venice Integrated Management of Intertidal Environment*"). Pour ce faire, il est important de trouver un système qui peut pallier à la perte de sédiments qui est le moteur de la destruction morphologique du bassin vénitien. Des lais artificiels ont donc été créés car ils sont un des composants fondamentaux à la bonne santé de l'eau dans la lagune.

Un programme de reconstitution des îles a également été imaginé, ainsi, 12 petites îles ont été recrées ou restaurées. Le but est de garder une signature morphologique.



Système MOSE en fonction

Le système MOSE

localisation

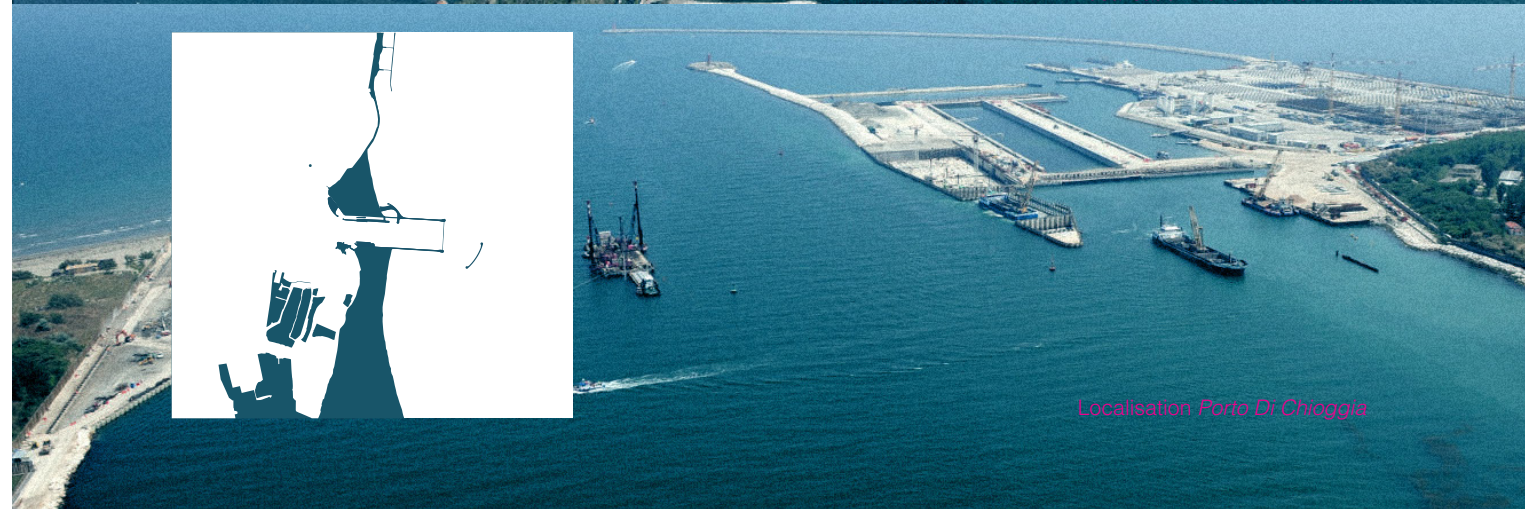
Le système de *MOSE* (pour *MOdulo Sperimentale Elettromeccanico*) est construit aux trois embouchures des ports de Lido, Malamocco et Chioggia, ou aux trois portes du littoral à travers lesquelles la marée se propage de la mer Adriatique à la lagune. Pour répondre à l'objectif fixé par la loi 798/84 évoquée précédemment, la défense complète de toutes les habitations lagunaires a été projetée pour pallier aux fluctuations du niveau marin causées par les marées à l'aide de barrière mobiles capables d'isoler le bassin de la mer pendant les événements de marée haute. Des interventions complémentaires sont prévues telles que les murs à l'extérieur des embouchures du port, destinés à atténuer les marées les plus fréquentes et l'élévation des berges et des trottoirs, au moins jusqu'à + 110 cm, dans les lieux les plus bas des habitations de la lagune. L'intégration de ces interventions définit un système de défense extrêmement fonctionnel qui a pour but de ne pas altérer les échanges naturels des eaux entre la lagune et la mer, de respecter le paysage et de ne pas interférer avec le trafic des différents navires naviguant dans ces eaux.

Description

Comme évoqué précédemment, les barrières du MOSE sont constituées de portes mobiles situées aux embouchures du port.

Le projet se compose de 4 barrières de défense :

2 sont à l'embouchure du port de Lido (qui est l'embouchure la plus près de Venise et également la plus grande) et qui est divisée en 2 parties composées respectivement de 21 portes pour le canal nord et 20 pour le canal sud. Les deux parties sont reliées par une île centrale. La barrière de Malamocco est composée de 19 vannes et celle de Chioggia en possède 18. Les profondeurs initiales des bouches de la lagune n'ont pas été modifiées par l'intervention. Aux abords des ports du Lido et de Chioggia, des bassins de navigation permettent l'admission et le transit des bateaux de plaisance, des véhicules de secours et des bateaux de pêche et ce, même quand le système est actif. L'embouchure de Malamocco possède elle aussi un bassin de navigation destinée aux navires ce qui permet d'assurer le fonctionnement normal du port. Le bassin, à l'abri de la barrière externe qui crée une zone d'eau calme à l'abri de la houle, est situé sur la rive sud de l'embouchure et a une longueur utile d'environ 370 m et une largeur de 48 m. Les murailles du sud sont utilisées pour réduire



l'intensité des courants de marée à l'embouchure afin de réduire le niveau des marées les plus fréquentes. La muraille à l'extérieur de l'embouchure de Malamocco a également pour fonction de faciliter l'entrée des navires dans le bassin de navigation en créant une zone tampon d'eau calme. Toutes les fonctionnalités décrites sont prévues pour fonctionner même lorsque le système de défense est actif.

Fonctionnement et éléments constructifs

Lorsqu'elles sont inactives, les vannes sont remplies d'eau et sont cachées au niveau du sol du canal sous l'eau. Dans le cas d'un risque de marée particulièrement élevé qui pourrait provoquer une inondation du territoire, de l'air comprimé est introduit dans les écluses ce qui permet de vider leur eau. Lorsque l'eau sort des vannes en tournant autour de l'axe des charnières, elles font émerger les barrières et empêchent la marée montante d'entrer dans la lagune. Les vannes ne sont activées que pendant la période de fluctuation du niveau de l'eau. Une fois la marée terminée, les vannes sont à nouveau remplies d'eau ce qui fait redescendre les barrières à leur place initiale. Chaque porte est constituée d'une structure en forme de boîte métallique liée par deux charnières au caisson principal et chacune d'entre elle est espacée de 10cm pour permettre leur mouvement indépendant. Chaque porte est large de 20 m et a des longueurs proportionnelles à la profondeur du canal d'entrée où il est installé (Lido: 18,6 m, Malamocco: 29,6 m) et possède une épaisseur variable (Lido : 3,6 m, Chioggia: 5 m). Le temps de fermeture moyen des entrées de port est d'environ 4 à 5 heures.

Les caissons sous-marins en béton auxquels vont s'accrocher les barrières sont les éléments qui constituent la base du système de défense: elles abritent des vannes et des systèmes d'écluses mobiles. Tous ces éléments sont reliés par des tunnels qui permettent les inspections techniques des différents mécanismes. L'élément de liaison entre les barrières et le territoire contient tous les systèmes et bâtiments nécessaires au bon fonctionnement du système de vannes. Afin de réduire l'affaissement du sol sur lequel sont installés les caissons, les fondations ont été préalablement consolidées par des pieux dans les 19 premiers mètres en dessous du niveau de fondation.

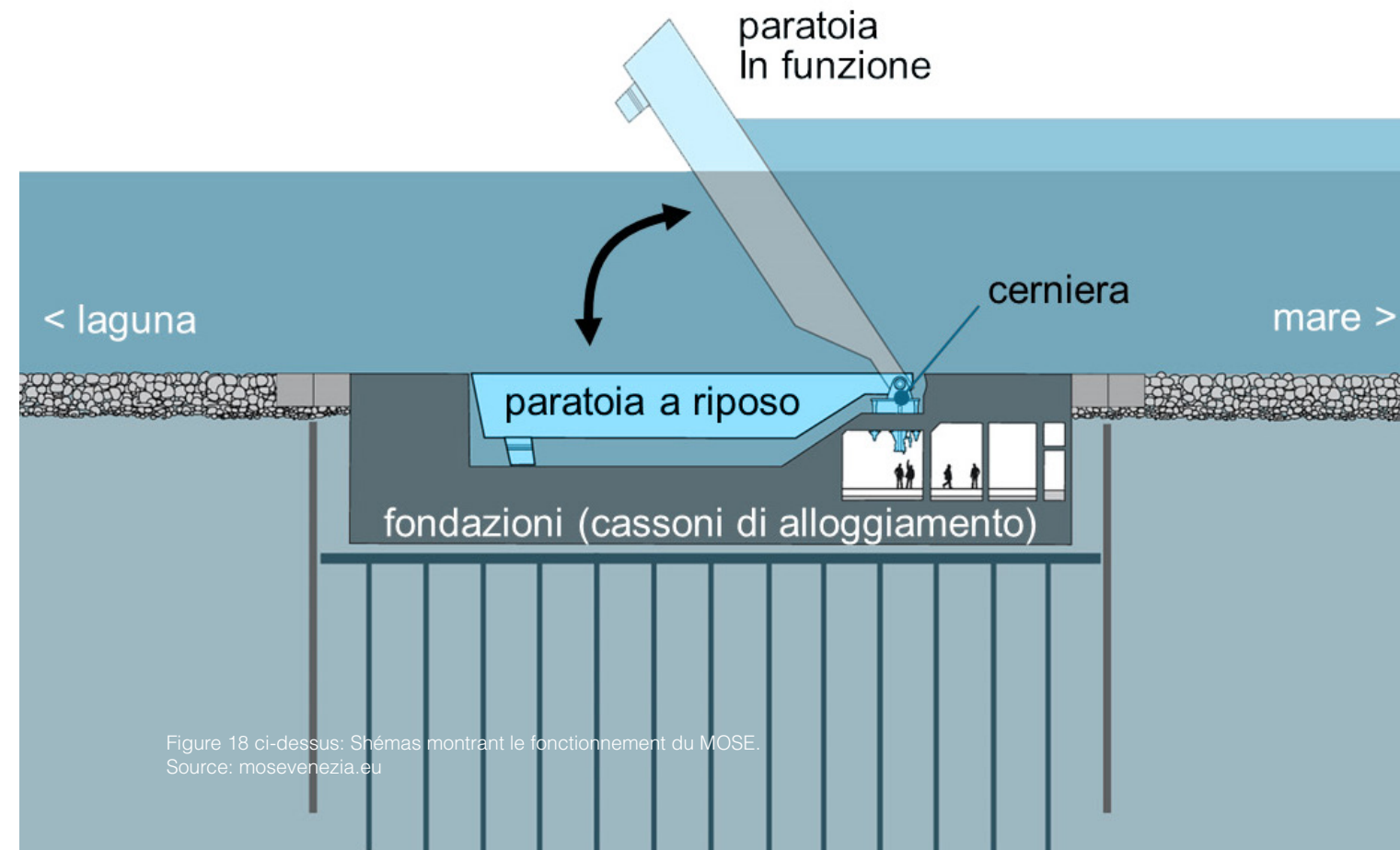
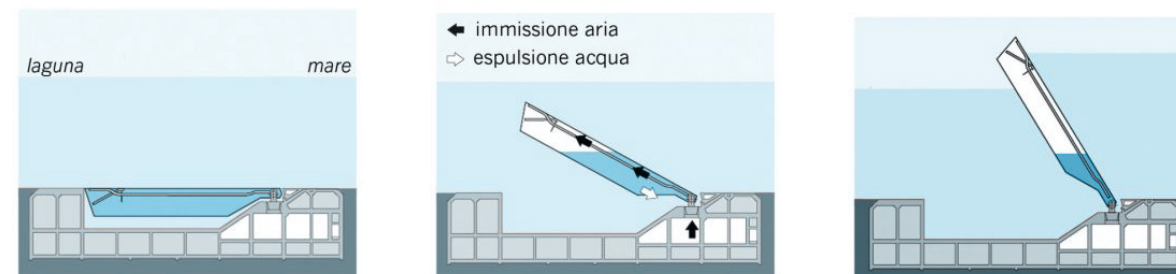


Figure 18 ci-dessus: Schémas montrant le fonctionnement du MOSE.
Source: mosevenezia.eu



MOSE I
VENEZIA

Plateforme du MOSE près de l'Arsenale

3.6 INSUFFISANCE ET CRITIQUES

Les critiques concernant le MOSE sont abondantes et de plus en plus fréquentes. La raison ? Des coûts qui flirtent avec les 6 milliards d'euros ainsi qu'un coût de manutention annuel qui se chiffre à plusieurs millions d'euros. De plus, de nombreux scandales ont éclaté au sein même des institutions destinées à diriger le projet. Le 4 juin 2014, 35 arrestations ont été faites pour soupçons de corruption. En cause, des autorisations accordées arbitrairement et décisions politiques qui ont outrepassés les contrôles techniques. Au-delà des problèmes de coûts et d'esclandres, de plus en plus de doutes naissent quant à l'efficacité réelle du projet.

En ce qui concerne l'aspect structurel du MOSE, les charnières sur lesquelles sont ancrées les grandes portes qui constituent les barrières doivent supporter d'énormes forces lorsque le système est actif et, de plus, ces charnières sont composées d'un système complexe qui doit tantôt pouvoir expulser l'eau et tantôt devoir la laisser entrer pour faire monter et baisser les barrières. Toutes ces caractéristiques impliquent une certaine fragilité de cet élément clé et certains experts supposent que les calculs de dimensionnement de ces dernières n'aient pas été suffisants pour pallier au phénomène de résonance. En cas de panne, la manutention de l'œuvre sera très compliquée et onéreuse à mettre en place à cause de la complexité d'intervention. En effet, l'espace d'intervention prévu pour la réparation de ces éléments se fera sous la mer dans les tunnels de la structure et offriront une marge de manœuvre réduite en comparaison à une intervention sur la terre ferme. Il sera donc difficile, voire impossible, de réaliser des réparations sans que le système tout entier ne soit affaibli car les interventions prendront du temps. De plus, tous les 5 ans chaque porte sera démontée et examinée sur la terre ferme afin de pallier aux dégâts de corrosion créée naturellement dans un milieu marin. Ainsi, les premières portes ayant été installées au début du chantier en 2013 devront déjà subir cette intervention dans le courant de l'année 2018.

*“ Possiamo affermare con certezza, anche sulla base dell'esito dei problemi riscontrati durante l'installazione del Mose, che la riparazione di qualsiasi danno alle strutture subacquee in cemento armato, dovuto ad eventi accidentali o al deterioramento dei materiali comporterà interventi in opera estremamente difficili e costosi, che renderanno le barriere non operative per tempi prolungati e avranno impatto sulla portualità. ”*⁴⁴

44. Gaetano Sebastiani, Tella Paolo, Di Vielmo Vincenzo, *Il Mose salverà Venezia?* (Vincenzo Di Tella, Gaetano Sebastiani, Paolo Vielmo, 2017)

Le projet soulève également des questions du point de vue écologique. Les critiques concernent le fait que cette structure ait été submergée avec comme volonté évoquée d'être peu impactante sur le paysage et l'environnement. Cependant le projet s'est révélé destructeur dans les zones où il est intervenu et a passablement modifié l'état morphologique d'avant le MOSE. Premièrement, les barrières sont recouvertes d'une peinture de protection contenant énormément de zinc et des relevés ont montré que cet élément se répand et pollue les zones à proximité.

*“ Sempre secondo De Simone, nonostante l'enorme aumento dei costi preventivati, le scelte dei materiali, non sono state le migliori. «Hanno preferito le meno sicure cerniere saldate - osserva - a quelle fuse (molto più costose), e per le paratoie, al posto del più costoso acciaio inossidabile, hanno preferito utilizzare la lamiera a protezione catodica con anodi sacrificali, che rilascerà nel mare, circa 12 tonnellate di zinco ogni anno, in eterno. L'ecosistema ne pagherà le conseguenze. ”*⁴⁵

Ensuite, il y a des préoccupations quant aux conséquences qu'un tel chantier peut avoir sur la lagune. En effet, les trois embouchures Lido, Malamocco e Chioggia ont subi des interventions majeures et leurs dimensions et profondeurs ont été changées ce qui pourrait avoir un impact sur tout le bassin étant donné qu'il permet un plus grand échange des eaux. Une modification des courants de sortie et d'entrée peuvent avoir de grandes conséquences sur l'équilibre déjà fragile. De plus, l'énorme quantité de béton utilisée pour mener à bien le projet a rigidifié le paysage, et, malgré le fait qu'une grande partie de l'intervention soit sous-marine, beaucoup d'infrastructures sont visibles et ont modifié l'aspect du paysage. Pour rappel, la loi de 1984 prévoyait que les interventions devaient être graduelles, expérimentables et réversibles. Bien que l'œuvre ne soit pas encore totalement terminée, il faut se rendre à l'évidence que le projet MOSE semble être l'exact opposé de ces principes de base et cela a provoqué d'énormes critiques. La partie expérimentale réelle ne pourra qu'être faite lors de la fin des travaux. Par conséquent, il est possible que l'efficacité estimée du projet soit revue fortement à la baisse lors de sa mise en fonction réelle.

“ E constatiamo quanto tutto ciò sia diverso – l'esatto contrario – dell'applicazione di quei criteri di “ gradualità, sperimentabilità e reversibilità ” che la Serenissima aveva perseguito, a

45. Propos de l'architecte spécialisé en architecture souterraine, Fernando De Simone, interviewer pour l'article: *Mose, chi paga le eventuali modifiche alle paratoie?* - Cronaca, La Nuova di Venezia, 15 août 2013, <http://nuovavenezia.gelocal.it/venezia/cronaca/2013/08/15/news/mose-chi-paga-le-eventuali-modifiche-alle-paratoie-1.7587239>.

qui il parlamento italiano aveva nel 1984 aderito, inserendoli nel proprio corpus legislative.”⁴⁶

Du point de vue technique, de nombreux experts sont sceptiques concernant le comportement que pourraient avoir les barrières dans certaines conditions météorologiques particulièrement défavorables. Il est possible que les oscillations des barrières ne suivent pas les projections imaginées et qu’elles soient donc déphasées les unes par rapport aux autres ce qui impliquerait que la capacité à stopper l’eau se verrait fortement réduite. Le problème a été mis en évidence par un groupe d’expert Offshore nommé PRINCIPIA R.D. Des solutions aléatoires au MOSE ont été proposées et présentées en 2005 : les barrières flottantes amovibles, des barrières flottantes qui peuvent couler et de barrières à gravité. Aucune de ces solutions n’auraient nécessité le bétonnage du fond des embouchures de ports. Par conséquent, elles auraient été toutes réversibles et auraient donc répondu au critère de la loi spéciale de 1984. De plus, les coûts de ces interventions alternatives auraient été bien inférieures à celle du projet MOSE. Ces études auraient dû être prises en compte et mener à des remises en question sur le système choisi mais cela n’a pas été le cas et le projet s’est poursuivi. L’extraordinaire complexité du projet rendent ses coûts d’entretien et de main d’oeuvres exorbitants (150 millions d’euros ont été estimés nécessaires) et accentuent les critiques à son égard. De plus, tout est automatisé ce qui implique qu’une panne minimale pourrait compromettre le système entier. L’efficacité du projet est également mise en doute. Les prévisions concernant la montée du niveau marin lors du début du projet MOSE a été sous-estimée. Hors, le niveau marin est déjà monté, comme il a été vu précédemment, de +15cm depuis 1966.

“Altri rilievi, rilanciati dal CNR, riguardano la compatibilità del Mose con gli incerti scenari del riscaldamento globale e l’innalzamento del mare. Il Mose può fronteggiare un innalzamento eustatico di 60 cm: per l’anno 2100 le previsioni più recenti si attestano tuttavia sui 50-140 cm, con un livello più plausibile di +80cm, sebbene gli ultimi studi sull’osservato collasso dei ghiacci dell’Antartide inaspriscano lo scenario.”⁴⁷

Tandis que les effets du réchauffements climatiques se font déjà sentir, personne ne sait combien de temps le MOSE pourra fonctionner. Les critiques à son égard et les scandales qui l’entourent continuent à fuser même si personne ne remet en question la nécessité de protéger Venise et sa lagune.

46. Franco Mancuso, Venezia è una città. Come è stata costruita e come vive (Venezia: Corte del Fontego, 2009).

47. Lidia Fersuoch, A bocca chiusa: Sipario sul Mose (Occhi aperti su Venezia Vol. 38) (Italian Edition), 1 edizione p.27 (Corte del Fontego Editore, édition Kindle, 2015).



3.7 SYNTHÈSE

Depuis sa création, la ville de Venise doit son histoire florissante à sa situation géographique et son lien étroit avec l'eau. Cette dernière a permis à la Sérénissime de devenir un pôle important des commerces internationaux et de se protéger de ses ennemis. Cependant depuis la chute de la République en 1797, la lagune comme la ville ont perdu de leur éclat. En effet, l'Acqua Grande de 1966 rappela que le futur de Venise était lié à sa capacité de résilience et que des mesures étaient nécessaires. Les lois de la république étaient basées sur la conservation de la lagune via les principes fondateurs qui eux, visaient à préserver à tout prix son état originel. Ce sont ces mêmes principes qui furent la base de la loi de 1984 qui définit les fondements du projet de restauration : à savoir expérimentabilité, réversibilité et flexibilité.

Rempli de bonne intention, le projet de la lagune aurait pu être un formidable terrain d'expérience pour la lutte contre la montée du niveau marin et des marées. Cependant, en donnant le pouvoir de décision au CVN (Consorzio Venezia Nuova), le projet fut vite sujet à controverse. En effet, les entreprises et les dirigeants du projet en profitèrent pour servir leurs intérêts avant ceux de la lagune. De ce fait, l'enthousiasme de la population pour ce projet fit vite place à la méfiance et au doute lorsque les scandales de corruption éclatèrent. Encore aujourd'hui le MOSE est un projet très ambitieux et très coûteux. Une telle complexité aurait pu être évitée si les autres projets de conceptions de barrières avaient été pris en considération. Malheureusement, encore une fois l'attrait pour l'argent est passé avant le bien commun.

L'urgence de solutions pour lutter contre la montée des eaux et restaurer la lagune n'est plus mise en doute. Cependant, le passé corrompu de la mise en place du projet MOSE laisse une empreinte négative dans l'esprit des vénitiens et menace la survie de cette ville remplie d'histoire

“ La realtà ora disvelata deve indurre a un ripensamento tutti coloro che hanno un ruolo decisivo, e gli opinionisti, scrittori, giornalisti che in passato hanno esaltato le meraviglie del Mose. Venezia, la storia, e i superstiti ultimi abitanti potrebbero chiedere loro il conto in futuro. “

Lidia Fersuoch



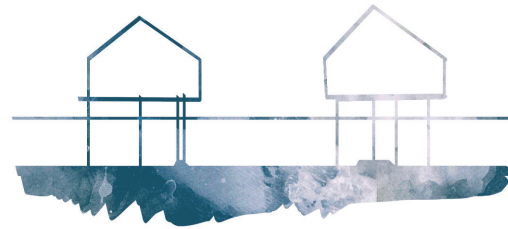
CHAPITRE QUATRE ADAPTATIO

VILLES ADAPTÉES 4.1
ARCHITECTURES ADAPTÉES 4.2
UTOPIE 4.3
DYSTOPIE 4.4

ADAPTATIO
4.1 VILLES ADAPTÉES



VILLAGES VERNACULAIRES SUR L'EAU



Village de Siem Reap Tonle Sap
Siem Reap, Cambodge



Village de Uros sur le lac Titicaca
Puno, Pérou



Village de Ganvié
Ganvié, Lac Nokoué, Bénin



Village de Ha Long
Baie de Ha Long, Vietnam

BARRIÈRE



Barrière sur la Tamise
Londres, Angleterre
1984



Oosterscheldekering
Escaut oriental, Pays-Bas
1986
Plan Delta

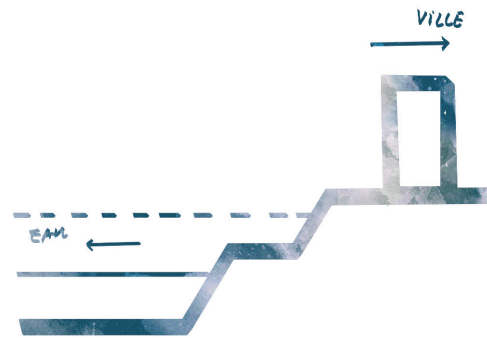


Barrier in the Mississippi River
New-Orleans, Louisiane, USA
En construction depuis 2005
US Army corps of Engineer, Arcadis



Barrière de Maeslantkering
Rotterdam, Pays-Bas
1997
Plan Delta

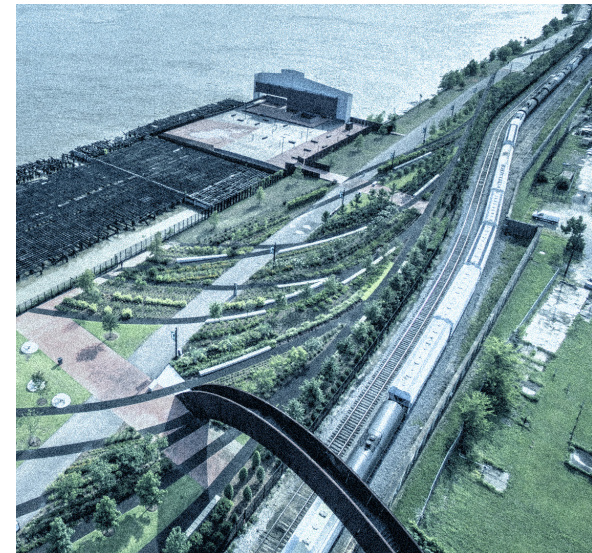
URBAN PLANNING WATERFRONTS



Super Levee Project
Nation Program, Japan
En construction depuis 1985



Presidio Parklands
San Fransisco, Californie, USA
Concours 2014
James Corner Field Operations

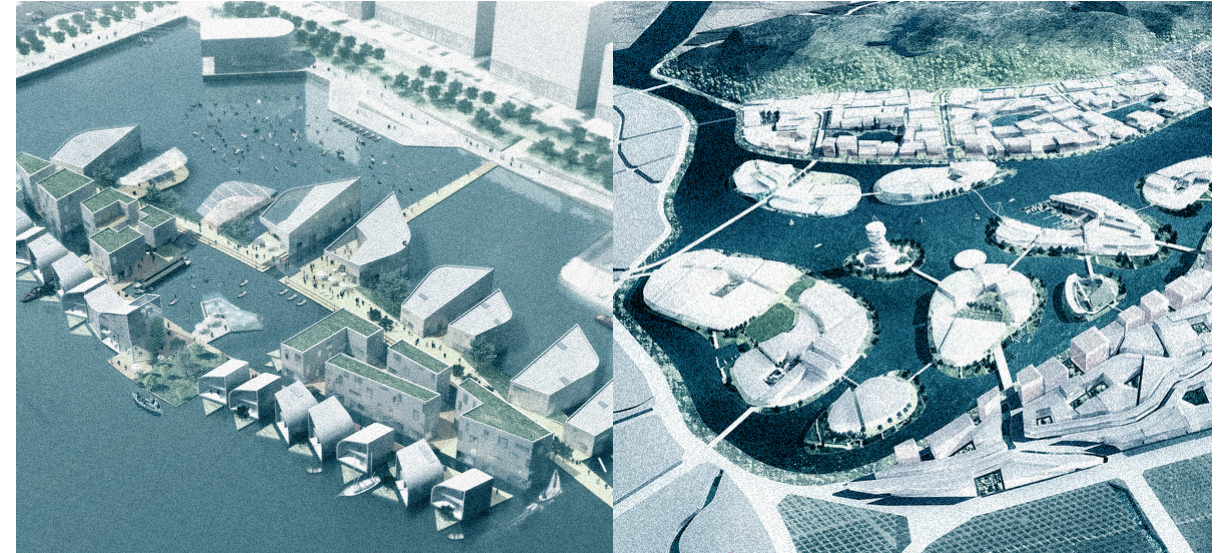
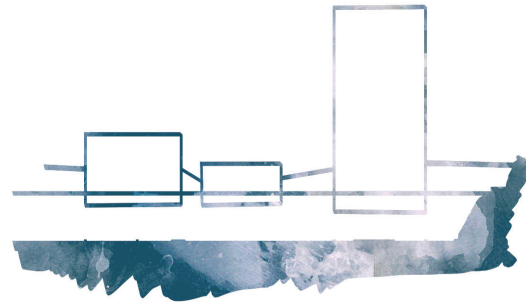


Nola reinventing the crescent
New-Orleans, Louisiane, USA
2008
Hargreaves Associates



New Plymouth Foreshore
New Plymouth, Nouvelle-Zélande
2003
Isthmus Group Ltd

VILLES ET VILLAGES FLOTTANTS



Royal Docks project
Londres, Angleterre
Concept
Baca Architects

Xinjin Water City
Chengdu, Chine
Concept
MVRDV



Floating Houses Village
Amsterdam, Pays-Bas
2011
Architectenbureau Marlies Rohmer

Humboldtinsel
Berlin, Allemagne
2015
BEP Architekten

ADAPTATIO
4.1 ARCHITECTURES ADAPTÉES



ARCHITECTURE FLOTTANTE



IBA DOCK
Hamburg, Germany
2010
Han Slawik Architekt



Seoul Floating Islands
Seoul, South Korea
2011
Haehan Architecture + H Achitecture



Floating House
San Francisco, California, USA
2013
Robert Nebolon Architects



Archipelago Cinema
Kudu Island, Thailand
2012
Büro Ole Scheeren

ARCHITECTURE SUR PILOTIS



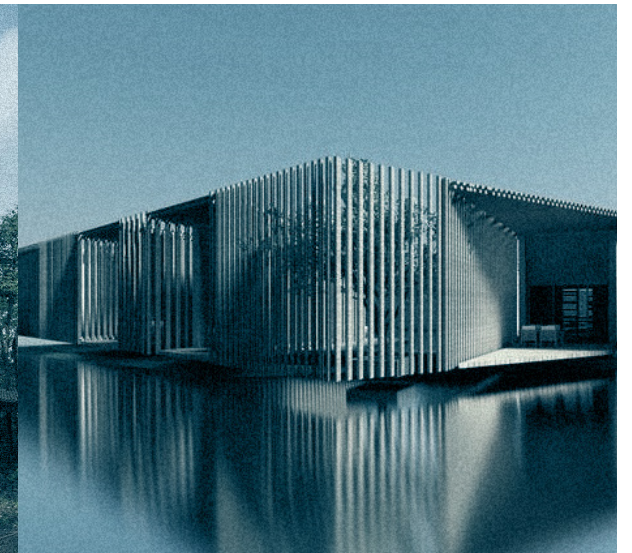
Kraanspoor
Amsterdam, Pays-bas
2007
oth_architecten



Rem Eiland
Amsterdam, Pays-bas
2011
Concrete



Blooming Bamboo House
Cau Dlen Town, Ha Noi, Vietnam
2013
H&P Architects



Tea House - BAM-BOO Courtyard
Yangzhou, China
2012
HWCD

ARCHITECTURE HYBRIDE



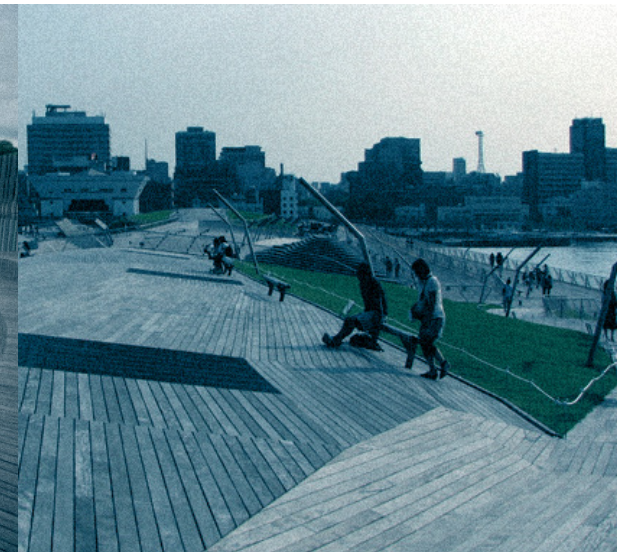
Docks, Cité de la Mode et du Design
Paris, France
2012
Jakob + MacFarlane



Arteplage Expo 02
Yverdon, Suisse
2002
Diller Scofidio + Renfro

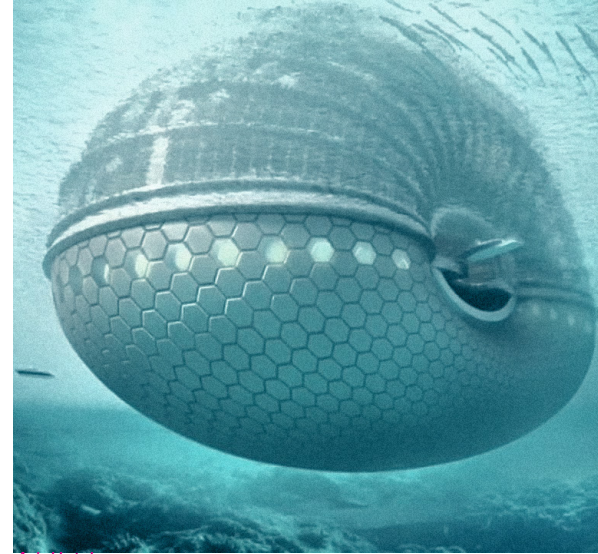


Kastrup Søbad
Kastrup, Danemark
2004
Frederik Pettersson

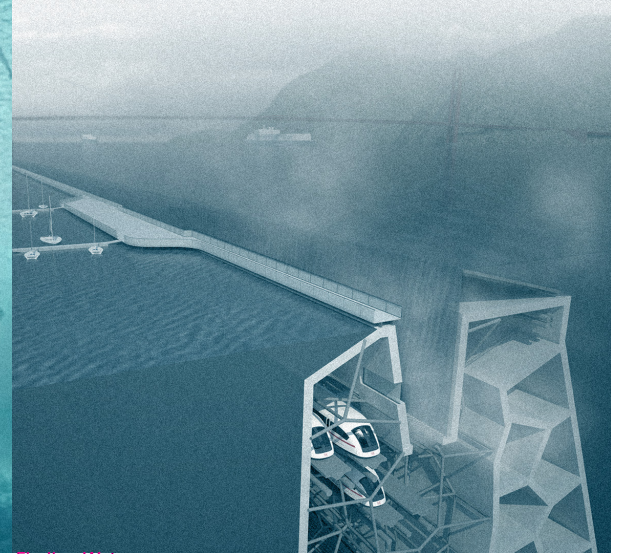


Jette de Yokohama
Yokohama, Japon
2002
Foreign Office Architects

UTOPIES



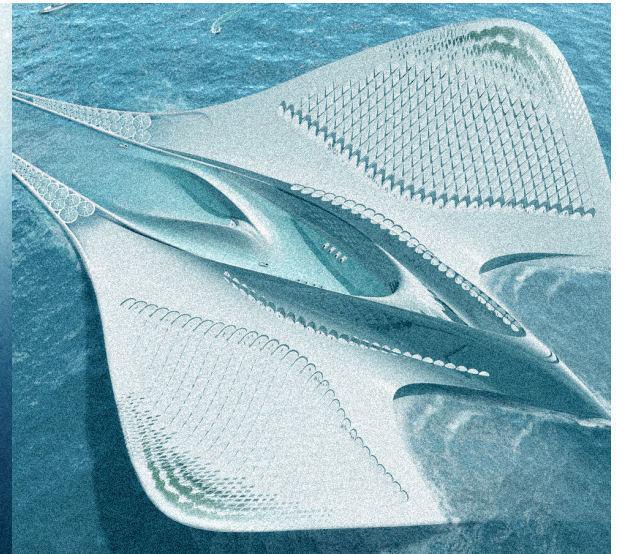
Ark Hotel
Sochi, Russie
futur
Remistudio



Flooding Water
San Fransisco, Californie, USA
futur
Kuth Ranieri



Mission Seaorbiter
Océans
futur
Jaques Rougerie



La cité des mériens
Océans
futur
Jaques Rougerie



富嶽三十六景 神奈川沖浪裏

浪裏の舟

4.3 DYSTOPIE

L'hypothèse de la fuite n'a pas encore été totalement abordée dans ce travail. Pourtant, de nombreux pays n'ont d'autre choix que de se parer à cette éventualité comme l'atteste Karor Palaos: *“ Les habitants de certaines îles voisines, comme Kiribati et Tuvalu, sont contraints de quitter leur foyer en raison de la menace constante de la mer, qui gagne du terrain. Les autorités des pays et des îles de faible altitude doivent prendre des mesures pour trouver des terres à acheter, offrir à leurs ressortissants la possibilité d'obtenir une double citoyenneté et leur permettre d'acquérir de nouvelles compétences afin de faciliter leur recherche d'emploi dans un autre pays.”*⁴⁸

Dans certains pays de faible altitude comme le Bangladesh, l'idée de relocalisation de la population est comprise et acceptée. À contrario, les habitants des îles des archipels des Maldives, Tuvalu ou Kiribati qui se trouvent en dessous de 1m de haut sont encore très réticents à l'idée de devoir quitter leurs terres natales malgré l'urgence. Fuir c'est en quelque sorte admettre un échec, celui de ne pas avoir réussi à trouver des solutions résilientes. Les problèmes de ces pays et régions éloignées de l'Europe ne semblent pas encore susciter une grande mobilisation de la part des pays occidentaux. Cependant, la perspective de la fuite pourrait bien sonner à la porte de certaines régions occidentales plus vite qu'escompté. Que fera Venise si elle n'arrive pas lutter face à la montée du niveau marin? Subira-t-elle le même sort que l'Atlantide? Que deviendront les villes côtières? Il est plus que certain que la montée du niveau marin obligera une remise en question inéluctable, mais se fera-t-elle assez tôt? La fuite peut-elle être évitée?

Ces questions restent actuellement en suspens, mais il est certain que sur une grande échelle de temps, la montée du niveau marin atteindra un point tel que la fuite deviendra la seule solution. Il faudra donc s'attendre dans les années à venir à de grandes migrations de population qui pourraient entraîner de nouveaux problèmes sociétaux.

**What'cha gonna do, what'cha gonna do
 What'cha gonna do, what'cha gonna do
 What'cha gonna do, what'cha gonna do
 When the land goes under the water?
 Can't go east, Can't go west
 What'cha gonna do, what'cha gonna do
 Black tide's coming it'll do the rest
 When the land goes under the water?
 Can't go north, can't go south
 What'cha gonna do, what'cha gonna do
 Can't go swimming to a big whale's mouth
 When the land goes under the water?
 The land is broke, the skies are too
 What'cha gonna do, what'cha gonna do
 Too little warning when it comes for you
 When the land goes under the water?
 What'cha gonna do, what'cha gonna do
 What'cha gonna do, what'cha gonna do
 What'cha gonna do, what'cha gonna do
 When the land goes under the water?
 What'cha gonna do, what'cha gonna do
 What'cha gonna do, what'cha gonna do
 What'cha gonna do, what'cha gonna do
 When the land goes under the water?**

**Béla Fleck and Abigail Washbrun,
 “What'cha gonna do”**

48. Karor Palaos, La fuite est-elle le dernier recours contre le changement climatique? IRIN. 14 janvier 2014. <http://www.irinnews.org/fr/report/99482/la-fuite-est-elle-le-dernier-recours-contre-le-changement-climatique>.



Support by Lorenzo Quinn, highlights how climate change Venice, 2017

5.1 SYNTHÈSE

La rédaction de l'énoncé théorique est un exercice qui m'a toujours fait peur depuis le début de mes études. Je redoutais de faire ce travail car l'écriture n'a jamais été mon fort. Cependant, j'ai pris un grand plaisir à le réaliser car j'ai appris énormément de choses. Mon objectif était de choisir un sujet d'actualité et qui pourrait m'apporter quelque chose dans ma future vie d'architecte.

J'ai toujours aimé la nature et ai toujours été sensible à sa fragilité. Travailler sur le réchauffement climatique et son impact sur la ville de Venise, m'a permis de renforcer mes opinions concernant le sujet. J'espère que quiconque lira ce travail pourra être sensibilisé aux problèmes qui attendent la planète. Je pense que la façon dont j'ai abordé le problème, m'a permis de faire le tour de ma problématique initiale qui était de comprendre l'avenir de Venise.

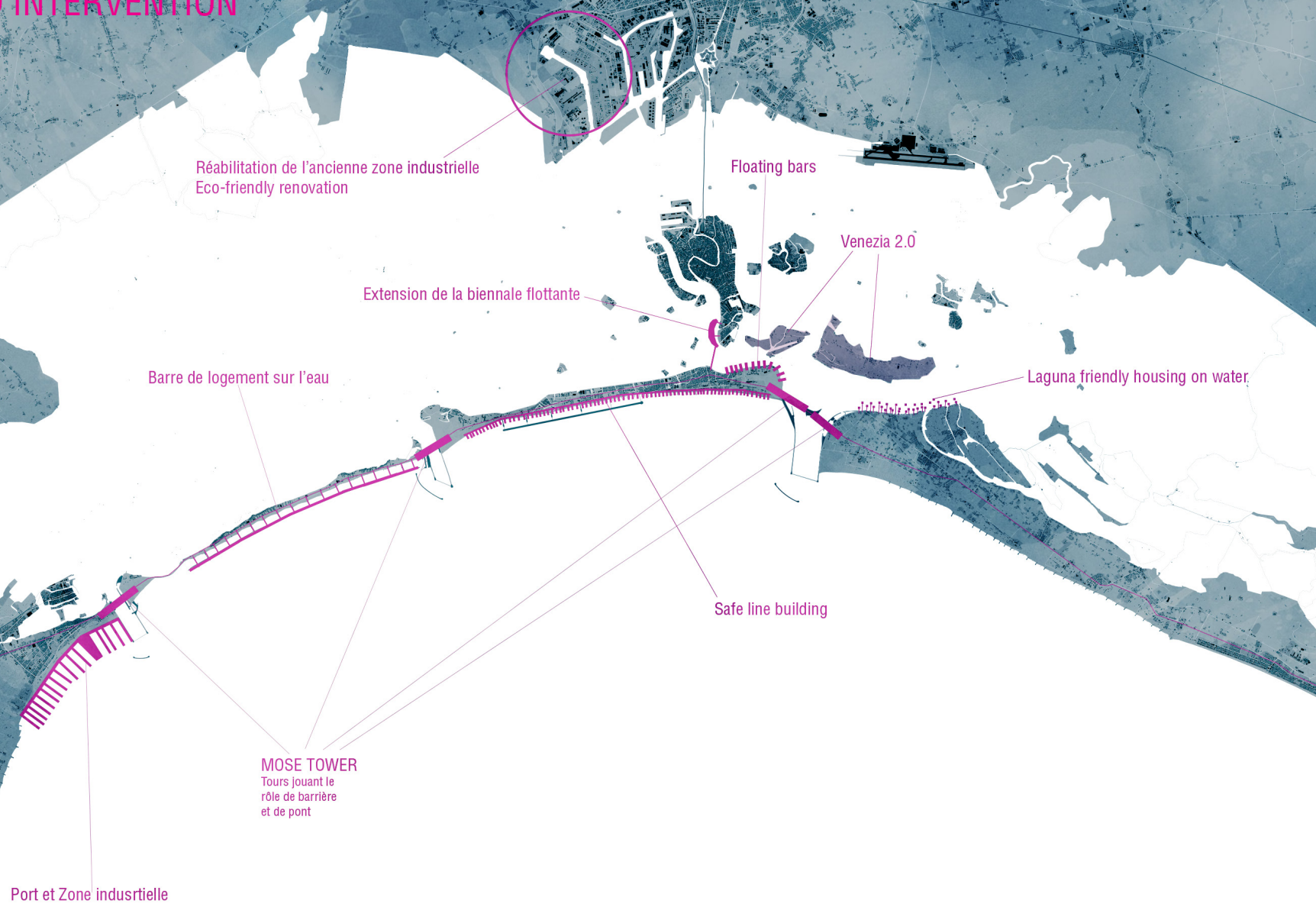
Les mécanismes théoriques du réchauffement climatique sont complexes et il a été difficile de les résumer et d'en extraire l'essentiel. La terre se réchauffe c'est certain et à mon sens l'opinion publique n'est pas encore assez sensible à ce sujet. Malheureusement je pense que, comme souvent, il faudra qu'une catastrophe majeure ait lieu pour que les gens prennent réellement conscience du problème. Je pense que le métier d'architecte sera directement concerné par le réchauffement climatique et offrira de nombreuses possibilités d'imaginer et d'inventer des architectures résilientes.

L'analyse de la ville de Venise en commençant par son histoire en lien avec l'eau a été très instructive. Depuis le début, l'eau a joué un rôle extrêmement important. C'est en respectant la nature et en la servant au mieux que la Sérénissime a pu un jour exister. Je pense qu'il y a beaucoup de leçons à tirer de l'histoire Venise et, notamment, que la cupidité de l'homme a été en grande partie responsable de sa ruine. C'est lorsque les vénitiens se sont désintéressés du bien-être de la lagune que la ville a perdu de sa puissance. Les événements de 1966 ont résonnés comme une sonnette d'alarme et les gens, après cette catastrophe, ont repris conscience de l'importance qu'avait la lagune pour leur survie. Personnellement, je pense que les interventions en cours sont très positives pour la lagune même si le MOSE aurait pu et aurait pu connaître une meilleure gestion. Je suis certain que l'on ne laissera pas Venise disparaître.

Je vais conclure en ouvrant une perspective sur la suite du travail qui m'attend. Mon ambition sera d'appliquer des stratégies de constructions résilientes à la montée des eaux et aux marées. Sur la carte qui suit ces lignes, j'ai esquissé des interventions possibles autour de la lagune en essayant d'avoir le moins d'impact négatif possible sur cette dernière. Je vais essayer d'imaginer à quoi pourra ressembler Venise en 2100, lorsque le niveau marin aura dépassé de 40 cm le niveau actuel. Il me paraît assez évident que les zones possibles d'intervention prendront lieu sur le Lido et pourront allier protection et défense avec des programmes architecturaux adaptés.

IN FINE
5.2 PROPOSITION D'INTERVENTION

-VENEZIA 2100



Réhabilitation de l'ancienne zone industrielle
Eco-friendly renovation

Floating bars

Venezia 2.0

Extension de la biennale flottante

Barre de logement sur l'eau

Laguna friendly housing on water

Safe line building

MOSE TOWER
Tours jouant le rôle de barrière
et de pont

Port et Zone industrielle



REMERCIEMENTS

Je tiens, à travers ces quelques lignes, remercier tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont aidé à réaliser ce travail.

Je tiens à remercier les professeurs **Dominique Perrault** et **Roberto Gargiani** qui ont accepté de me suivre dans ce travail. Je remercie également mon maître EPFL Mr. **Juan Fernandez Andrino** pour son aide et ses conseils. Merci également à Mr. Richard Nguyen.

Un chaleureux merci à Mme **Franca Pastore**, à Mr. **Marco Nereo Rotelli** et à Mr. **Luigi Cavaleri** qui m'ont très gentiment aidé à découvrir leur ville et à répondre à mes nombreuses questions.

Un grand merci à **Caroline Sidler**, **Luna Ricchi** et **Arsim Pajaziti** pour leur aide et leur travail de relecture et sans qui je n'aurais pas pu rendre ce travail.

Enfin, je tiens à remercier plus généralement mes parents, ma famille et mes proches pour leur soutien inconditionnel durant mes études d'architecture.

Merci. Grazie.

MERCI - THANK YOU - GRAZIE



Entretien avec Mr. Luigi Cavaleri dans les bureaux de l'ISMAR à l'Arsenale

Bibliographie

Livres

Alvise, Zorzi. *La Repubblica Del Leone: Storia di Venezia*. Milano, Bompiani, 2001.

Baker, Lisa. *Built on Water, Floating Architecture + Design*. Braun Publishing, 2015.

Bard, Edouard. *L'Océan, le climat et nous : un équilibre fragile ?* Paris: Le Pommier, 2011.

Barker, Robert; Coutts Richard. *Aquatecture: Buildings Designed to Live and Work with Water*. Newcastle: Riba Publishing, 2016.

Becken, Suzanne; E.Hay, John. *Climate Change and Tourism: From policy to practice*. London; New York, Routledge, 2012.

Bevilacqua, Piero. *Venezia e le acque: Una metafora planetaria*. Roma, Donzelli, 1998.

Bonometto, Lorenzo. *Il respiro della laguna*. Corte Del Fontego Editore, 2014

Faga, Brian. *The Attacking Ocean*. London: Bloomsbury Publishing, 2013

Fersuoch, Lidia. *A bocca chiusa: Sipario sul Mose (Occhi aperti su Venezia Vol. 38)*. Corte Del Fontego Editore, 2015

Goodell, Jeff. *The Water Will Come: Rising Seas, Sinking Cities, and the Remaking of the Civilized World*. New York, NY: Little, Brown and Company, 2017

Gornitz, Vivien. *Rising Seas – Past, Present, and Future*. New York: Columbia University Press, 2013.

Hunt, Janin; Scott A. Mandia. *Rising Sea Levels: An Introduction to Cause and Impact*. Jefferson, NC: McFarland, 2012.

Mancuso, Franco. *Costruire sull'acqua: Le sorprendenti soluzioni adottate per far nascere e crescere Venezia*. Venezia, Corte Del Fontego, 2011.

Mancuso, Franco. *Venezia è una città: Come è stata costruita e come vive*. Venezia, Corte del Fontego, 2009.

Mencini, Giannandrea. *Acqua alta, storia di un problema*. Corte Del Fontego Editore, 2011

Mencini, Giannandrea. *Acqua alta. Linea d'acqua edizioni*, 2009

Nishat, Ainun ; Nandan Mukherjee. *Sea Level Rise and Its Impacts in Coastal Areas of Bangladesh . In Climate Change Adaptation Actions in Bangladesh. Disaster Risk Reduction*. Tokyo, Springer, 2013.

Norwich, John. *Histoire de Venise*. Paris: Payot.1986.

Pilkey, Orrin H.; Pilkey-Jarvis Linda; Pilkey Keith C. *Retreat from a Rising Sea: Hard Choices in an Age of Climate Change*. New York: Columbia University Press, 2016.

Pilkey, Orrin H.; Young Rob. *The Rising Sea*. Washington: Island Press, 2011.

Salzano, Edoardo. *La laguna di Venezia. Il governo di un sistema complesso*. Venezi, Corte del Fontego, 2011.

Sebastiani Gaetano; Tella, Paolo; Di Vielmo, Vincenzo. *Il Mose salverà Venezia?* Vincenzo Di Tella, Gaetano Sebastiani, Paolo Vielmo, 2017.

Talmadge, Eric. *Getting Wet: Adventures in the Japanese Bath*. 1 edition, Tokyo; New York, Kodansha International, 2006.

Viganò, Paola; Fabian, Lorenzo. *Extreme Cities: Extreme City. Climate change and the transformation of the waterscape*. Università luav di Venezia. 2010.

Willemin, Véronique. *MAISONS SUR L'EAU*. Paris: Editions Alternatives, 2008.

Articles

Abidin, Hasanuddin Z., Heri Andreas, Irwan Gumilar, Yoichi Fukuda, Yusuf E. Pohan, et T. Deguchi. 2011. Land Subsidence of Jakarta (Indonesia) and Its Relation with Urban Development. *Natural Hazards* 59. December 2011. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9866-9>

AIACC. Rising Tides: An International Competition. *AIACC (blog)*. 10 novembre 2016. <http://www.aiacc.org/2016/11/10/rising-tides-international-competition/>.

Atlantico. Montée du niveau de la mer : ce qu'on peut déjà mesurer sur nos côtes d'un énorme désastre au ralenti. *Atlantico.fr*. 22 Décembre 2014. Consulté le 1 janvier 2018. <http://www.atlantico.fr/decryptage/montee-niveau-mer-qu-on-peut-deja-mesurer-nos-cotes-enorme-desastre-au-ralenti-annie-cazenave-1916964.html>

Baldwin, Eric. Building on Piers: 8 Projects Floating Above Water. *Architizer Journal*. 31 mai 2017. <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/above-water-piers/>.

Bollini, Michele. Venezia, le navi da crociera fuori dalla laguna di San Marco. *DIRE.it - Documenti Informazione REsoconti*. 9 novembre 2017. <http://www.dire.it/09-11-2017/153523-venezia-le-navi-crociera-dalla-laguna-san-marco/>

Bottazzo, Riccardo. Inutile, devastante, costosissimo: ecco il Mose. La prova generale per il sistema di tangenti legato alle Grandi Opere. *#CementoArricchito #Venezia - EcoMagazine*. 3 Juillet 2015. <http://www.eco-magazine.info/news/5322/inutile-devastante-costosissimo-ecco-il-mose-la-prova-generale-per-il-sistema-di-tangenti-legato-alle-grandi-opere-cementoar-ricchito-venezia.html>.

Buckley, Jonathan. When Will Venice Sink? You Asked Google – Here's the answer. *The Guardian*, 2 novembre 2016, sect. Opinion. <http://www.theguardian.com/commentisfree/2016/nov/02/when-will-venice-sink-google>

Cavaleri, Luigi. L'eccezionale acqua alta de Inovembre 1966 a Venezia. *NIMBUS 77*, 2016.

Centre d'information sur l'eau. L'eau, c'est quoi ? *Centre d'Information sur l'eau*. Consulté le 19 novembre 2017. <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/leau-cest-quoi/>

CNR, La subsidenza della laguna di Venezia e del delta del Po. *Le Scienze*. 2016. Consulté le 3 décembre 2017. http://www.lescienze.it/lanci/2016/06/01/news/cnr_-_la_subsidenza_della_laguna_di_venezia_e_del_delta_del_po-3112505/.

De Rossi, Roberta. 2015. Da 175.000 a 56.000 abitanti: così si svuota Venezia - Cronaca. *La Nuova di Venezia*. 23 février 2015. <http://nuovavenezia.gelocal.it/venezia/cronaca/2015/02/23/news/da-175-000-a-56-000-abitanti-cosi-si-svuota-venezia-1.10921951>.

DESJARDINS, Fabienne-Shanti. La symbolique de l'eau en Inde. *Couleur Indienne*. 2008. Consulté le 19 novembre 2017. http://www.couleur-indienne.net/La-symbolique-de-l-eau-en-Inde_a284.html

Dusi, Elena. Venezia affonda, i satelliti la scrutano: ecco la "subsidenza" in alta risoluzione. *La Repubblica*. 26 septembre 2013. <http://www.repubblica.it/ambiente/2013/09/26/news>

Englander, John. High Tide On Main Street: Rising Sea Level and the Coming Coastal Crisis. *Boca Raton, FL: The Science Bookshelf*. 2012.

Fashae, Olutoyin, et Onafeso David. Impact of climate change on sea level rise in Lagos, Nigeria. *International Journal of Remote Sensing* 32. 2012 <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.581709>

Frumento, Sara. 2016. Venezia, la subsidenza e l'eustatismo: oltre il fascino, il monitoraggio. *Ingegneri.info (blog)*. 16 juin 2016. <http://www.ingegneri.info/news/ambiente-e-territorio/venezia-la-subsidanza-e-leustatismo-oltre-il-fascino-il-monitoraggio/>.

Futura. Venise s'affaisse et se dresse au gré de la nature du sol. *Futura*. 30 Octobre 2013 <http://www.futura-sciences.com/planete/actualites/developpement-durable-venise-affaisse-dresse-gre-nature-sol-49269/>.

Garric, Audrey. A Amsterdam, des maisons flottantes ancrées à des îles artificielles. *Le Monde.fr*, 13 juillet 2013. http://www.lemonde.fr/planete/article/2013/07/13/a-amsterdam-dans-les-maisons-flottantes_3446844_3244.html

Gautheret, Jérôme. A Venise, MOSE, le chantier maudit. *Le Monde.fr*, 3 novembre 2017. [http://www.archdaily.com/609550/boston-living-with-water-competition-names-9-finalists/](http://www.lemonde.fr/planete/article/2017/11/03/a-venise-mose-le-cher-ermann, Holly. Boston Living with Water Competition Names 9 Finalists. <i>ArchDaily</i>. 14 mars 2015. <a href=)
Glick, Daniel. Global Climate Change, Melting Glaciers. *National Geographic*. 5 octobre 2009.

<https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/big-thaw/>.
Grabert, Laurent. La thèse officielle? Une foutaise! *Le Matin*. 5 mars 2014. [//www.lematin.ch/suisse/these-officielle-foutaise/story/19748787](http://www.lematin.ch/suisse/these-officielle-foutaise/story/19748787)

Kimmelman, Michael. Rising Waters Threaten China's Rising Cities. *The New York Times*. 7 Avril 2017. <https://www.nytimes.com/interactive/2017/04/07/world/asia/climate-change-china.html>

Linder, Alex. China's coastal sea levels rise to record high, experts blame climate change. *Shanghaiist*. 2015. Consulté le 2 janvier 2018. http://shanghaiist.com/2017/03/23/shanghai_submerged.php

March 21, Live Science Staff. Venice Menace: Famed City is Sinking & Tilting. 2014. *Live Science*. <https://www.livescience.com/19195-venice-sinking-slowly.html>

MediaGEO, Redazione. GEOforALL - La subsidenza della laguna di Venezia recentemente verificata con sistemi GPS e InSAR. *Rivistageoedia.it*. 6 Mai 2012. Consulté le 3 décembre 2017. <https://www.rivistageoedia.it/201205064114/terra-e-spazio-archivio/la-subsidanza-della-laguna-di-venezia-recentemente-verificata-con-sistemi-gps-e-insar>

Nejrotti, Federico. 2017. Venezia nel 2100 potrebbe essere sommersa, ed è colpa del cambiamento climatico. *Motherboard*. 20 octobre 2017. <https://motherboard.vice.com/it/article/gy5azj/nel-2100-a-venezia-potrebbero-esserci-14-metri-di-acqua-in-piu>

Parker, Laura. Treading Water. *National Geographic*, 1 février 2015. <http://ngm.nationalgeographic.com/2015/02/climate-change-economics/parker-text>

Petrone, Angelo. Venezia: rilevato sprofondamento della laguna e del delta del Po. *Scienze Notizie*. Juin 2016. <http://www.scienzenotizie.it/2016/06/28/venezia-rilevato-sprofondamento-della-laguna-e-del-delta-del-po-2416468>
Reuters. Sea level rise threatens Alexandria, Nile Delta. *Reuters*. 14 novembre 2010. <https://www.reuters.com/article/us-climate-egypt/sea-level-rise-threatens-alexandria-nile-delta-idUSTR6AD1DI20101114>

Spanger-Siegfried, Erika. Sea Level Rise and Tidal Flooding: Forthcoming Report on Encroaching Tides Signals a New Chapter for Many Coastal Communities. *Union of Concerned Scientists*. 2 octobre 2014. <https://blog.ucsusa.org/erika-spanger-siegfried/sea-level-rise-and-tidal-flooding-encroaching-tides-signal-a-new-chapter-for-many-coastal-communities-673>.

Thiberge, Clémentine. L'élévation du niveau des mers pourrait atteindre 2 mètres à la fin du siècle. *Le Monde.fr*, 30 mars 2016. http://www.lemonde.fr/planete/article/2016/03/30/l-elevation-du-niveau-des-mers-pourrait-atteindre-deux-metres-a-la-fin-du-siecle_4892681_3244.html

Venise et sa lagune. *UNESCO Centre du patrimoine mondial*. Consulté le 20 octobre 2017. <http://whc.unesco.org/fr/list/394/>

Anonyme

20 Minutes. La Terre a utilisé toutes ses ressources pour 2016. *20 Minutes*. 8 Août 2016. Consulté le 30 décembre 2017. <http://www.20min.ch/ro/news/science/story/12359918>

Ceux que la mer menace. *Le Monde diplomatique*. 1 février 2005. <https://www.monde-diplomatique.fr/cartes/menacemari-time2005>

Climate is changing, but Mumbai is Not. *The Times of India*. 23 décembre 2009 <http://timesofindia.indiatimes.com/home/environment/global-warming/Climate-is-changing-but-Mumbai-is-Not/article-show/5378829.cms>

Eau, Symbolique et Religions : L'eau et le bouddhisme. *Buddhachannel*. Consulté le 19 novembre 2017. <http://www.buddhachannel.tv/portail/spip.php?article9682>

Rapport

Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (FCCC). Convention-cadre sur les changements climatiques. Adoption de l'Accord de Paris. *Nations Unies FCCC*. Paris, 30 novembre-11 décembre 2015.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ; Stocker, Thomas ; Qin, Dahe ; Plattner Gian-Kasper. Changements climatiques 2013 les éléments scientifiques: résumé à l'intention des décideurs : rapport du groupe de travail I du GIEC : résumé technique : rapport accepté par le Groupe de travail I du GIEC mais non approuvé dans le détail et faire aux questions : extraits de la contribution du groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ; Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat; Geneva, 2013.

Huggel, Christian. Le nouveau concept de risque du GIEC ; Académie suisse des sciences ; *Swiss Academies Reports 11*, no 5 (2016).

Storlazzi, Curt D., Edwin P. L. Elias, et Paul Berkowitz. Many Atolls May Be Uninhabitable Within Decades Due to Climate Change. *Scientific Reports 5 (septembre)*. 2015. <https://doi.org/10.1038/srep14546>.

Tosi, Luigi ;Teatini, Pietro; Strozzi, tazio. Natural versus anthropogenic subsidence of Venice. *Scientific Reports*. 26 September 2013.

Site internet

10 Floating Villages Across the World. <https://www.marineinsight.com/life-at-sea/10-floating-villages-across-the-world/>

20% of the world's population will migrate by sea-level rise. <https://www.betterworldsolutions.eu/20-of-the-worlds-population-will-migrate-by-sea-level-rise/>

5ème rapport du GIEC sur les changements climatiques et leurs évolutions futures. Nouveautés du rapport. <http://leclimatchange.fr/les-elements-scientifiques/>

Acqua e sanità presidi abitativi : Le fondazioni degli edifici veneziani. http://www.leoriginidivenezia.it/tematiche-dettaglio-III-livello-acqua.asp?q_idscheda=490&q_dove=acqua

Atlante delle laguna di Venezia. <http://www.atlantedellalaguna.it/>

Centro Previsioni e Segnalazioni Maree. <https://www.comune.venezia.it/it/content/centro-previsioni-e-segnalazioni-maree>

CNR. Evolution of the coastal zone from millennia to decades. <http://www.ismar.cnr.it/research/coastal-systems-natural->

processes-and-human-impacts/evolution-of-the-coastal-zone-from-millennia-to-decades/index_html?set_language=en&cl=en

Commune Venezia. <https://www.comune.venezia.it/>

Delta project. <http://www.deltacities.com/cities/copenhagen/climate-change-adaptation>

European Space Agency (ESA) Venice, Italy. <https://earth.esa.int/web/earth-watching/image-of-the-week/content/-/article/venice-italy>

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Activités. http://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml

Le origini della Laguna di Venezia. <http://digilander.libero.it/lagunadivenezia/origini.htm>

Les variations climatiques naturelles de la Terre. https://www.notre-planete.info/terre/climatologie_meteo/climat-variations.php

Mappa Interattiva della Laguna di Venezia. <http://www.istitutoveneto.org/venezia/milva/>
Mose Venezia. <https://www.mosevenezia.eu/>

NASA. Space Station Flight Over Venice. <https://www.nasa.gov/image-feature/space-station-flight-over-venice>

Nature Climate Change. <https://www.nature.com/nclimate/>

OCDE. Membres et partenaires. <http://www.oecd.org/fr/apropos/membresetpartenaires/>

Réchauffement climatique : définition, causes et conséquences. <https://e-rse.net/definitions/definition-rechauffement-climatique/#gs.kuTi67l>

Superstorm 2100 National Geographic. <http://ngm.nationalgeographic.com/2013/09/rising-seas/superstorm-surge-graphic>

Venice, Italy - Sea Level Rise Map. <https://geology.com/sea-level-rise/venice.shtml>

These

Cavaliere, Chiara. Città Sommerse. Geografie d'acqua nel territorio costiero veneto. *IUAV PHD THESIS*. 4 Novembre 2012.

Videos

Arte. *Venise Barcelone les ravages du tourisme de masse*. 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=eR9SwDvwwMoY>

Arte. *Venise sauvage Arte documentaire* ; 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=l-0gWV7ILrs>

Leon Hall. *Montée des eaux, une menace planétaire* ; 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=NoxYVv3qXJ0>.

Interview

Rencontre avec Mr. Luigi Cavaleri, Ingénieur de l'ISMAR lors de mon voyage à venise en Novembre 2017.

Iconographie

Page de couverture: *Support by Lorenzo Quinn, highlights how climate change Venice, 2017*, photo personnelle © Matteo Ricchi

p.4 : *carte de la simulation de la fonte totale des glaces*, dessin personnel sur la base d'images de la simulation de la fonte totale des glaces faite par © National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2013/09/rising-seas-ice-melt-new-shoreline-maps/>

p.10-11: *Ocean Waves*, retouche personnelle sur la base d'une image gratuite tirée de <https://wallpaper.wiki>

p.15 : *figure 1 : Le cycle de l'eau*, dessin personnel © Matteo Ricchi

p.16-17 : *Iceberg en Antartique*, retouche personnelle sur la base d'une image de © Joshua Holko, <https://jholko.com/portfolios/antarctica>

p.9-20 : *New-Orleans flooded after Hurricane Katrina, USA, 2005*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © Dyn

p.23 : *figure 2 : Circulation Thermohaline*, dessin personnel © Matteo Ricchi

p.25,30,31,33 : *figures 3, 4, 5, 6, 7* : Graphiques retravaillés sur la base du Cinquième Rapport d'évaluation du GIEC: Changements climatiques , « Changements climatiques 2013 Les éléments scientifiques, Résumé à l'intention des décideurs », <http://ipcc.ch>, 2013. © GIEC

p.34-35 : *Carte des zones à risque*, dessin personnel sur la base de Data tirée de CREStS et GLMD

p.37 : *Miami, USA*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © culturedmag.com

p.39 : *Rotterdam, Pays-Bas*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © malefijfotografie.nl

p.41 : *Quartier de Makoko dans la ville de Lagos, Nigeria*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © archdaily.com

p.43 : *Hong-Kong City, Hong-Kong*, retouche personnelle sur la base d'une photo gratuite tirée de <https://wallpaperscraft.com>

p.45 : *Marché de Damnoen Saduak, Bangkok, Thaïlande*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © NanoPress.it

p.47 : *Habitants de Kiribati face à la montée du niveau marin*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © Getty Images

p.49 : *Image satellite de l'ESA du delta du Gange entre l'Inde et le Bangladesh, 2003*, retouche personnelle sur la base d'une photo satellite de © ESA

p.51 : *Ville de Malé, capitale des Maldives*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © Getty Images

p.52 : *Figure 8 ci-dessus: Le concept de risque tel qu'utilisé par le cinquième Rapport d'évaluation du GIEC*, Graphique retravaillé sur la base de : Huggel,"Swiss Academies Reports, Vol. 11", No 5, 2016 © Huggel

p.53 : *Inondation du 21 février 2017 à Jakarta*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © DIMEITRY

p.58-59 : *Un ours blanc mourrant de faim sur la banquise*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © Wikimedia

p.62-63 : *Vue sur le Canale Grande*, photo personnelle © Matteo Ricchi

p.64-65 : *Carte Historique de Venise de Jacopo De Barbari, 1500*, retouche personnelle sur la base d'une carte historique de Jacopo De Barbari datant de 1500 rendue disponible par <http://cartography.veniceprojectcenter.org/#>

p.69 : *Carte Historique de Venise de Cristoforo Sabbadino, 1557*, retouche personnelle sur la base d'une carte historique de Cristoforo Sabbadino datant de 1557, rendue disponible par https://www.mosevenezia.eu/wp-content/uploads/2016/01/1557_SABBADINO1.jpg

p.71 : *Carte Historique de Venise de Angelo Minorelli, 1695*, retouche personnelle sur la base d'une carte historique de Angelo Minorelli datant de 1695, rendue disponible par http://www.silvenezia.it/sites/default/files/DAlpaos_mappe_download/1_Minorelli_1695_72ppi.jpg

p.74-75 : *Carte Historique de Venise de Angelo Emo, 1763*, retouche personnelle sur la base d'une carte historique de Angelo Emo datant de 1763, rendue disponible par http://www.silvenezia.it/sites/default/files/DAlpaos_mappe_download/2_Emo_1763_72ppi.jpg

p.77 : *Figure 9 : Schéma du système de construction des fondations vénitiennes d'après le dessin de Mario Piana*, dessin personnel fait à partir d'un dessin de Mario Piana © Matteo Ricchi

p. 79 : *Figure 10: Schéma de l'évolution possible de Venise*, dessin de Franco Mancuso tiré du livre : Mancuso, Franco. Venezia è una città: Come è stata costruita e come vive. Venezia, Corte del Fontego, 2009.

p.80-81 : *Carte du contexte historique de Venise*, dessin personnel sur la base de Data trouvées sur <http://cigno.atlantedella-laguna.it/layers/?limit=20&offset=0>

p.82-83 : *Image Satellite de Venise de la Nasa sur la ville de Venise*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © NASA

p.84-85 : *Morphologie de la lagune de Venise*, dessin personnel sur la base de Data trouvée sur <http://cigno.atlantedellalaguna.it/layers/?limit=20&offset=0>

p.86-87 : *Morphologie de la lagune de Venise et de son centre historique*, dessin personnel sur la base de Data trouvée sur

<http://cigno.atlantedellalaguna.it/layers/?limit=20&offset=0>

p. 88 : *figure 11 évolution démographique de Venise*, graphique réalisé grâce aux données trouvées dans l'article : De Rossi, Roberta. 2015. Da 175.000 a 56.000 abitanti: così si svuota Venezia - Cronaca. La Nuova di Venezia. 23 février 2015. <http://nuovavenezia.gelocal.it/venezia/cronaca/2015/02/23/news/da-175-000-a-56-000-abitanti-cosi-si-svuota-venezia-1.10921951>.

p.90 : *carte des transports*, dessin personnel sur la base de Data trouvée sur <http://cigno.atlantedellalaguna.it/layers/?limit=20&offset=0>

p.90-91 : *Un navire de croisière arrivant dans la ville de Venise par le canal de la Giudecca, 2008*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © Getty Images

p.95 : *Manifestation contre les navire de croisières dans la lagune, 2012*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © Guardian

p.96 : *Andreco, Climate04 Sea Level Rise, 2015*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © Andreco

p.99 : *Figure 12: Calendrier des marées du mois de décembre 2017*, image du calendrier des marées de Venise faite par : Centro Previsioni e Segnalazioni Maree. <https://www.comune.venezia.it/it/content/centro-previsioni-e-segnalazioni-maree>

p.100 : *Figure 13: Cartes représentant les portions de la ville inondées selon la hauteur de la marée d'après les données RAMSES*, dessin personnel sur la base de Data trouvée sur <http://cigno.atlantedellalaguna.it/layers/?limit=20&offset=0> et RAMSES

p.101 : *Figure 14 ci-dessus: Graphique du nombre de marées de plus de 110cm ayant eu lieu depuis 1870*, graphique réalisé grâce aux données trouvées sur le site : Centro Previsioni e Segnalazioni Maree. <https://www.comune.venezia.it/it/content/centro-previsioni-e-segnalazioni-maree>

p.103 : *Figure 15*, graphique réalisé grâce aux données trouvées dans l'article de : Cavaleri, Luigi. L'eccezionale acqua alta de Inovembre 1966 a Venezia. *NIMBUS 77*, 2016.

p.105 : *Deux hommes sur un bateau à Venise, 1966*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © Fornezza Gianni

p.106-107 : *Piazza San Marco, le 4 novembre 1966*, retouche personnelle sur la base d'une photo trouvée sur <https://www.mosevenezia.eu/wikimose/>

p.109 : *Figure 16* : graphique réalisé grâce aux données trouvées dans l'article de : Cavaleri, Luigi. L'eccezionale acqua alta de Inovembre 1966 a Venezia. *NIMBUS 77*, 2016.

p.109 : *Figure 17* : graphique réalisé grâce aux données trouvées sur le site : Centro Previsioni e Segnalazioni Maree. <https://www.comune.venezia.it/it/content/centro-previsioni-e-segnalazioni-maree>

p.111 : *Image satellite de la lagune de Venise, 2014*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © NASA

p.115 : *Carte du plan général des interventions*, dessin personnel sur la base de Data trouvée sur <http://cigno.atlantedellalaguna.it/layers/?limit=20&offset=0> et d'après <https://www.mosevenezia.eu>

p.118-119 : *Système MOSE en fonction*, <https://www.mosevenezia.eu>

p.121 : *Localisation des bouches de ports*, dessin personnel et photo de <https://www.mosevenezia.eu>

p.123 : *Figure 18, shéma de* <https://www.mosevenezia.eu>

p.124-125 : *Plateforme du MOSE près de l'Arsenale*, photo personnelle © Matteo Ricchi

p.128 : *NoMOSE, 2007*, image de © Nau Koffi

p.132-133 : *Système de barrière Maeslantkering actif, Rotterdam, Pays-Bas*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © Getty Images

p.134-135 : *Dryline, projet du studio BIG pour la défense de Ney-York*, retouche personnelle sur la base d'une photo de <http://www.big.dk/>

p.136 : dessin personnel © Matteo Ricchi

p.137 : *Village de Siem Reap Tonle Sap, Siem Reap, Cambodge*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © Getty Images

p.137 : *Village de Uros sur le lac Titicaca, Puno, Pérou*, retouche personnelle. Source inconnue.

p.137 : *Village de Ganvié, Ganvié, Lac Nokoué, Bénin*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © Getty Images

p.137 : *Village de Ha Long, Baie de Ha Long, Vietnam*, retouche personnelle. Source inconnue.

p.138 : dessin personnel © Matteo Ricchi

p.139 : *Barrière sur la Tamise*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © Getty Images

p.139 : *Oosterscheldekering*, retouche personnelle sur la base d'une photo de <http://www.deltawerken.com/Les-travaux-du-plan-Delta/924.html>

p.139 : *Barrier in the Missisipi River*, retouche personnelle sur la base d'une photo de © USMC Engineer

p.139 : *Barrière de Maeslantkering*, retouche personnelle sur la base d'une photo de <http://www.deltawerken.com/Les-travaux-du-plan-Delta/924.html>

p.140 : dessin personnel © Matteo Ricchi

p.141 : *Super Levee Project*, retouche personnelle sur la base d'une photo de <http://www.seisakukikaku.metro.tokyo.jp/gaimubu/anmc21/anmc21org/english/bestpractice/Tokyo5.html>

p.141 : *Presidio Parklands*, retouche personnelle sur la base d'une image de James Corner Field Operations, <http://www.fieldoperations.net/home.html>

p.141 : *Nola reinventing the crescent*, retouche personnelle sur la base d'une image de Hargreaves Associates, <http://www.hargreaves.com/>

p.142 : dessin personnel © Matteo Ricchi

p.143 : *Royal Docks project*, retouche personnelle sur la base d'une image de Baca Architects, <http://www.baca.uk.com/>

p.143 : *Xinjin Water City*, retouche personnelle sur la base d'une image de MVRDV, <https://www.mvrdv.nl/>

p.143 : *Floating Houses Village*, retouche personnelle sur la base d'une image de Architectenbureau Marlies Rohmer, <http://www.rohmer.nl/>

p.143 : *Humboldtinsel*, retouche personnelle sur la base d'une image de BEP Architekten, <http://bep-architekten.de/>

p.144-145 : *Kraanspoor, Amsterdam, Pays-Bas*, retouche personnelle sur la base d'une image de oth_architecten, <http://oth.nl/>

p.146 : dessin personnel © Matteo Ricchi

p.147 : *IBA DOCK*, retouche personnelle sur la base d'une image de Han Slawik Architekt, <http://www.slawik.net/>

p.147 : *Seoul Floating Islands*, retouche personnelle sur la base d'une image de Haehan Architecture + H Architecture, <http://www.haeahn.com/index.do>

p.147 : *Floating House*, retouche personnelle sur la base d'une image de Robert Nebolon Architects, <http://www.rnarchitect.com/>

p.147 : *Archipelago Cinema*, retouche personnelle sur la base d'une image de Büro Ole Scheeren, <http://buro-os.com/>

p.148 : p.146 : dessin personnel © Matteo Ricchi

p.149 : *Kraanspoor*, retouche personnelle sur la base d'une image de oth_architecten, <http://oth.nl/>

p.149 : *Rem Eiland*, retouche personnelle sur la base d'une image de Concrete, <https://www.concreteamsterdam.nl/>

p.149 : *Blooming Bamboo House*, retouche personnelle sur la base d'une image H&P Architects, <http://www.hpa.vn/>

p.149 : *Tea House - BAM-BOO Courtyard*, retouche personnelle sur la base d'une image de HWCD, <http://www.h-w-c-d.com/>

p.150 : p.146 : dessin personnel © Matteo Ricchi

p.151 : *Docks, Cité de la Mode et du Design*, retouche personnelle sur la base d'une image de Jakob + MacFarlane, <http://www.jakobmacfarlane.com/fr/>

p.151 : *Arteplage Expo 02*, retouche personnelle sur la base d'une image de Diller Scofidio + Renfro, <https://dsrny.com/>

p.151 : *Kastrup Søbad*, retouche personnelle sur la base d'une image Frederik Pettersson, <http://www.white.se/employee/fredrik-petersson/>

p.151 : *Jetée de Yokohama*, retouche personnelle sur la base d'une image de Foreign Office Architects, <http://archdaily.com>

p.152 : dessin personnel © Matteo Ricchi

p.151 : *Ark Hotel*, retouche personnelle sur la base d'une image de Remistudio, <https://www.remistudio.ru/>

p.151 : *Flooding Water*, retouche personnelle sur la base d'une image de Kuth Ranieri, <http://kuthranieri.com/>

p.151 : *Mission Seaorbiter*, retouche personnelle sur la base d'une image Jaques Rougerie, <http://www.rougerie.com/>

p.151 : *La cité des mériens*, retouche personnelle sur la base d'une image Jaques Rougerie, <http://www.rougerie.com/>

p.152-153 : *La Grande Vague de Kanagawa*, image gratuite

p.158 : *Support* by Lorenzo Quinn, *highlights how climate change Venice, 2017*, photo personnelle © Matteo Ricchi

p.162-163 : *Proposition d'interventions*, dessin personnel sur la base de Data trouvées sur <http://cigno.atlantedellalaguna.it/layers/?limit=20&offset=0>

p.165 : *Entretien avec Mr. Luigi Cavaleri dans les bureaux de l'ISMAR à l'Arsenale*, photo personnelle © Matteo Ricchi

