

Venise - Sauvetage

VENISE
GENERALITES
SAUVETAGE
PROJET MOÏSE

Patrick CHASSAGNETTE

1

Venise - Sauvetage



2

Venise - Sauvetage



3

Venise - Sauvetage



4

Venise - Sauvetage



5

Venise - Sauvetage



6

Venise - Sauvetage



Macao

7

Venise - Sauvetage



8

Venise - Sauvetage



9

Venise - Sauvetage



10

Venise - Sauvetage



Venise au Moyen-age

11

Venise - Sauvetage



Giovanni Antonio Canal (1.697-1.768), Canaletto

12

Venise - Sauvetage

VENISE - VILLE UNIQUE

C'est la seule cité en Europe qui, après la chute de l'Empire romain, soit restée libre, continuant sans interruption, le régime, l'esprit, les mœurs des républiques antiques, échappant par miracle à l'invasion ou au renouvellement universel et prolongeant ainsi jusqu'à la Révolution française une vieille forme de l'humanité.

L'histoire de Venise est aussi étonnante que la cité elle-même.

13

Venise - Sauvetage

- Introduction
 - Les Symboles
 - Le Colleone
 - La Douane de Mer

- Sauvetage de Venise
 - Les généralités
 - Les différents projets
 - Le Projet Mose

- Conclusions

14

Venise - Sauvetage



15

Venise - Sauvetage



Lion de Saint Marc
chimère perse
ou
étrusque

Saint Théodore
ou
Saint Georges
terrassant un dragon
ou
un crocodile



16

Venise - Sauvetage



17

Venise - Sauvetage



18

Venise - Sauvetage



Venise - San Marco - Quadrige

19

Venise - Sauvetage



Bartolomeo COLLEONI
(1.395 - 1.475)
Condottiere lombard
au service de la
« Sérénissime »

20

Venise - Sauvetage

Bartolomeo Colleoni commença sa carrière militaire comme écuyer, à l'âge de 14 ou 15 ans, auprès de Filippo Arcelli, seigneur de Plaisance.

En 1424, il fut au service du condottière Jacopo Caldora.

En 1431, il entre au service de Venise sous les ordres de Carmagnola dont il était le lieutenant.

Il succède à Carmagnola en 1432 après la bataille de Crémone.

Il intervient, au service de la Sérénissime, dans les conflits qui opposent Milan à Venise.

En 1472, Charles le Téméraire, duc de Bourgogne, lui propose une condotta (delle operazioni militari) très substantielle.

21

Venise - Sauvetage



Andrea DEL VERROCHIO et Alessandro LEOPARDI

22

Venise - Sauvetage

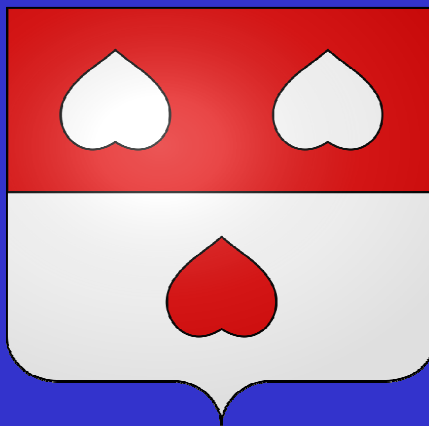


Scuola San Marco

23

Venise - Sauvetage

« Duos colionos albos in campo rubeo de supra et unum colionum rubeum in campo albo infra ipsum campum rubeum. »



24

Venise - Sauvetage



25

Venise - Sauvetage



Punta della Dogana di Mare (env. 1.950)

26

Venise - Sauvetage



27

Venise - Sauvetage



28

Venise - Sauvetage



29

Venise - Sauvetage



Girouette de la Douane de mer

Deux hommes (atlantes) supportant, avec difficulté, une sphère dorée représentant la terre et surmontée d'une femme tenant, à bout de bras, une voile et symbolisant la Fortune.

Giuseppe Benoni

30

Venise - Sauvetage



Lagune de Venise :

Ancien delta du Pô.
Embouchures d'autres fleuves,
l'Adige, le Piave, la Brenta,
le Bacchiglione et le Sile.

Les sédiments transportés par
tous ces fleuves, les travaux des
hommes et la navigation ont
considérablement modelé, petit
à petit, la zone lagunaire et ses
118 îles et îlots.

31

Venise - Sauvetage

Phénomènes qui menacent Venise et sa lagune

- Séisme (failles - tectonique des plaques).
- Enfoncement de la ville et des îles voisines : env. 25 cm au cours du dernier siècle, et qui va continuer.
- Aqua Alta (marée).
- Surélévation du niveau de la mer due au réchauffement climatique : 25 à 50 cm.
- Dérèglement climatique.

32

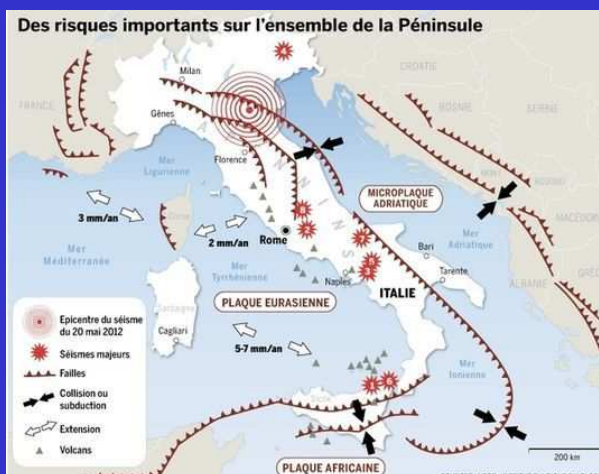
Venise - Sauvetage

Phénomènes qui menacent Venise et sa lagune

- Zones industrielles : diminution de la surface libre de la lagune, pollution chimique, création de chenaux d'accès pour les navires de commerce (pétroliers, cargos, ...)....
- Pompages excessifs des nappes phréatiques (besoins domestiques et industriels).
- Importance du trafic maritime : affouillements, pollution.
- Tourisme de masse (36 millions de touristes / an) en croissance exponentielle).
- Diminution accélérée de la population locale (division par trois), insalubrité des niveaux inférieurs, instabilité des immeubles, coût,

33

Venise - Sauvetage



Tectonique des plaques :

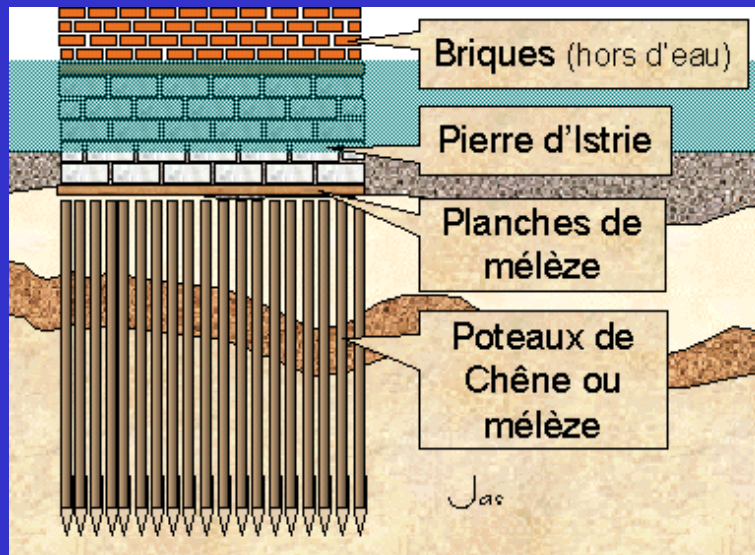
La plaine du Pô est une zone de contact entre plusieurs plaques sismiques. Venise en est donc affectée. Elle est située sur la plaque adriatique, qui subduit sous la plaque Eurasienne (chaîne des Appénins).

Indépendamment des problèmes maritimes, Venise s'enfonce donc régulièrement et commence même à pencher en direction de l'est.

34

Venise - Sauvetage

Principes de fondations des bâtiments vénitiens



35

Venise - Sauvetage

Fondation sur pieux

En moyenne : env. 10 pieux par m².
longueur env. 4 m, diamètre env. 20 cm
Enfoncement par battage manuel.



Seule la partie supérieure, en pierre d'Istrie, est en contact avec l'eau salée et l'air.

Les pieux en bois restent entièrement sous l'eau, enrobés d'une gangue minérale qui les empêche de pourrir et les rend plus résistants.

Ils sont « flottants » mais peuvent également être fichés dans le **Caranto** (couche inférieure plus dense), quand elle existe.

36

Venise - Sauvetage

Une Forêt souterraine

L'ensemble de la ville repose ainsi sur des millions de pieux de bois (chêne, mélèze, orme, ...) provenant des Alpes et des Balkans.

- Eglise Santa Maria della Salute : env 1.100.000 pieux
- Campanile de Saint-Marc : env 100.000 pieux
- Pont du Rialto : env 12.000 pieux.

37

Venise - Sauvetage

De nombreux campaniles inclinés.



San Martino (Burano)



San Stefano (Venise)



Basilique dei Frari (Venise)

38

Venise - Sauvetage



14 juillet 1.902 : Effondrement du Campanile de la Place Saint Marc

39

Venise - Sauvetage



40

Venise - Sauvetage

ACQUA ALTA : « Marée » dont le niveau est déterminé par :

Marée astronomique : Mouvement des astres (lune, soleil, ...).

Vents (sirocco, bora,...), pression atmosphérique, précipitations, ...

Forme « en cuvette » de l'Adriatique : marées plus importantes que dans le reste de la Méditerranée.

« Seiche » : Phénomène vibratoire de période d'oscillations maximale comparable à celle de la marée astronomique.

Zone industrielle de Marghera : diminution de la taille de la lagune, creusement du « Canal des Pétroliers », élargissement de l'embouchure du port de Malamocco, pompage de la nappe phréatique.

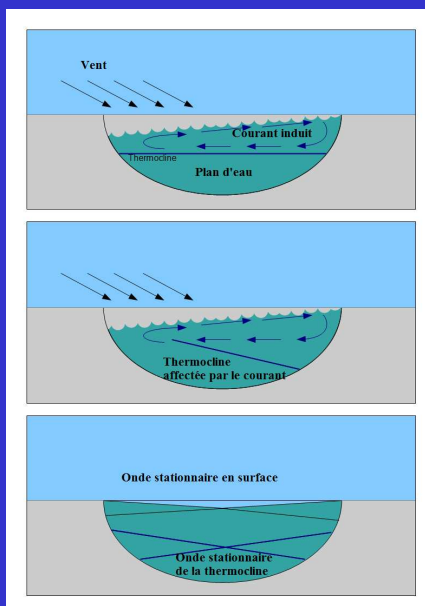
Pont ferroviaire des Lagunes.

Aéroport.

.....

41

Venise - Sauvetage



Seiche

Oscillation de l'eau dans un bassin, provoquée par le vent, des variations de la pression atmosphérique,

Celle-ci peut devenir une onde stationnaire. L'amortissement étant souvent faible, elle peut, en cas d'oscillation entretenue, atteindre des amplitudes importantes par un phénomène de résonance.

42

Venise - Sauvetage



Acqua alta

43

Venise - Sauvetage



44

Venise - Sauvetage



45

Venise - Sauvetage



46

Venise - Sauvetage

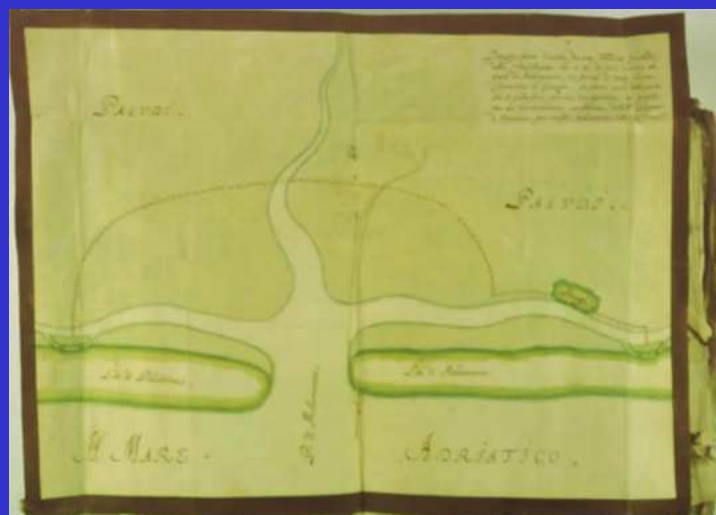
Anciens projets

En 1.662, Federico Gualdi (alchimiste rosicrucien) présenta au Conseil des Dix un nouveau projet pour sauver la lagune de Venise. Construction d'une palissade, ou d'une digue artificielle, avec création de portes pour permettre la navigation entre la mer et la lagune. Ce projet, révolutionnaire pour l'époque mais iconoclaste, avait cependant séduit les magistrats qui lui allouèrent par décret, comme prix de l'invention, 5.000 ducats/an, pour une période de trois ans. Le décret suscita, cependant, la risée du magistrat des eaux. Les travaux ne commencèrent jamais, et Gualdi ne fut jamais payé.

Bonaparte a consacré un budget important à la consolidation des enrochements et des digues qui séparent la lagune de la mer.

47

Venise - Sauvetage



Projet de Federico Gualdi (1662)

48

Venise - Sauvetage



Le 04/11/1.966 : journée noire pour Venise

Poussée par un fort Sirocco de Sud-Est, l'eau est montée de 1,94 m. La place Saint Marc est noyée sous 1,20 m d'eau, pendant 30 heures... violente tempête qui endommage les digues.

Relance des projets de protection de la lagune

49

Venise - Sauvetage

Chronologie du projet de sauvetage de Venise et de la lagune

- 1.970 : Lancement du premier concours d'idées
- 1.980 : Réception de six projets
- 1.984 : Définition des stratégies et des critères à adopter
- 1.997 : Etudes d'impact environnemental
- 1.998 : Evaluation positive du projet
- 2.002 : Projet définitif présenté par le *Consortium Venezia Nuova*
- 2.003 : Pose de la première pierre et démarrage du chantier MOSE
- 2.014 : Enorme scandale financier (env 1 MM € - 100 personnes)

« Le projet Moïse patauge entre problèmes techniques et corruption »

50

Venise - Sauvetage

Trois des six projets de sauvetage de Venise

Projet - Injections souterraines générales (ville) :

Surélévation générale de la ville par injection d'eau de mer, sous très forte pression, à 600 m - 800 m de profondeur pour soulever l'ensemble de la zone de 25 cm - 30 cm.

Projet - Pirelli - Erika Glanzstoff - Furlani (passes) :

Fermeture des trois passes de la lagune par boudins souples déformables à gonflement variable.

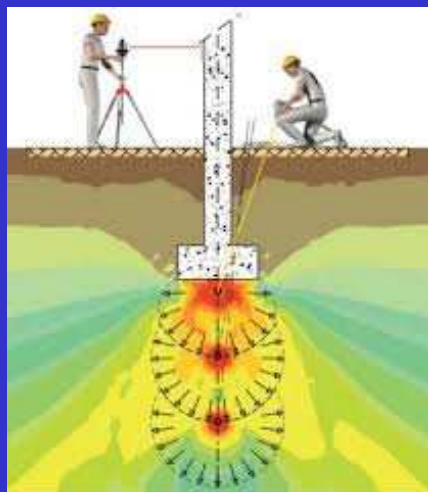
Projet - MOSE (passes) :

Fermeture des trois passes de la lagune par des vannes mobiles indépendantes dès que la marée ou la tempête dépasse 1,00 m - 1,10 m.

51

Venise - Sauvetage

Projet : Injections profondes à très haute pression



52

Venise - Sauvetage

Projet : PIRELLI

Longs tubes flexibles (nylon + caoutchouc) placés en travers de chaque entrée de lagune, maintenus sous l'eau par des câbles.

Dégonflés, les tubes sont aplatis et complètement immergés au fond. Avant inondation, des stations de pompage remplissent les tubes avec de l'eau de mer.

Gonflés, les tubes émergent de la surface et bloquent l'entrée de la lagune.

Après inondation, les stations de pompage évacuent l'eau des tubes qui s'enfoncent au fond de la mer.

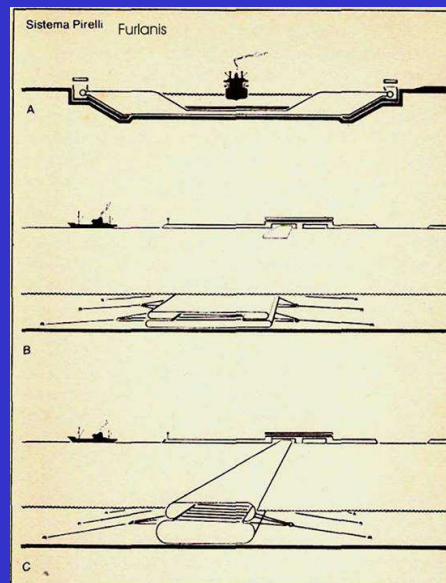
Flexibilité absorbant la force des vagues.

Peu d'impact sur le paysage et l'écosystème de la lagune.

Faible coût initial et installation rapide.

53

Venise - Sauvetage



54

Venise - Sauvetage



55

Venise - Sauvetage

Projet M.O.S.E.



56

Venise - Sauvetage

Le projet MO.S.E (MOdulo Sperimentale Elettromeccanico)

Il est composé, pour l'essentiel, de **78 Caissons** :

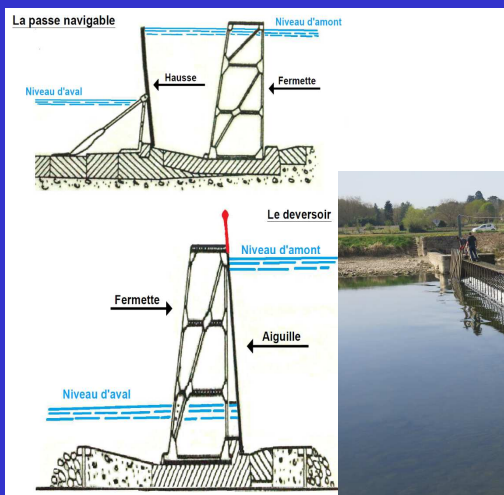
Eléments de digue (L = 20m à 30m, l = 20m, e = 5m) mobiles, répartis transversalement au droit des trois passes de la lagune. Longueur totale cumulée : environ **1.600** mètres.

Ces éléments sont indépendants les uns des autres (comme les touches de piano) et peuvent osciller, autour d'un axe horizontal, sous l'effet des vagues.

NB : La surélévation du niveau de la mer, phénomène permanent, augmentera le temps durant lequel la protection de la lagune sera nécessaire (panneaux relevés).

57

Venise - Sauvetage



Barrage à aiguilles

58

Venise - Sauvetage



Venise - Sauvetage

UN MYTHE EN PÉRIL
En un siècle, la cité des Doges s'est abaissée de 75 centimètres. Chaque marée risque désormais d'ensevelir la ville. Prête à tout pour sauver son joyau, l'Italie a entrepris la construction de digues mobiles. Un projet très controversé.

Le fonctionnement des portes

1. Lors des grandes marées, les portes se baissent pour empêcher l'eau d'entrer dans la lagune.
2. Quand une marée est normale, l'acqua alta s'écoule dans la lagune.
3. Quand la mer monte, les portes se baissent pour empêcher l'eau d'entrer dans la lagune.

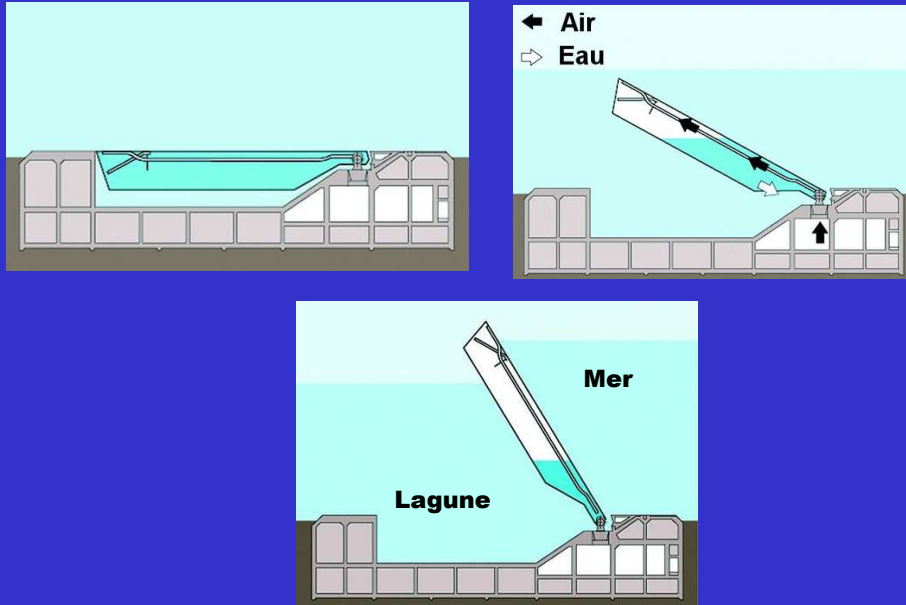
Un chantier titanesque à 7 milliards de francs

Le système MOSE, destiné à protéger Venise des marées, est constitué de digues mobiles capables de bloquer ou de laisser passer l'eau de la mer Adriatique. Ces barrières seront abaissées aux basses mées de la lagune, à savoir la passe de Lido, celle de Malamocco et celle de Chioggia. Les quatre digues mobiles sont composées de 78 portes d'acier. Dans des conditions normales, les portes restent dans leur casque alésé sous l'eau. MOSE est le plus grand projet de cas de mer du monde. Il doit être achevé en 2014 et fonctionnera pendant des décennies.

La passe de Lido
Lors des grandes marées, les portes se baissent pour empêcher l'eau d'entrer dans la lagune. Les portes restent dans leur casque alésé sous l'eau.

Dans la passe de Malamocco
Lors des grandes marées, les portes se baissent pour empêcher l'eau d'entrer dans la lagune. Les portes restent dans leur casque alésé sous l'eau.

Venise - Sauvetage



61

Venise - Sauvetage



62

Venise - Sauvetage

Glossaire

Caisson : Elément de digue à fabriquer et à positionner au fond de l'eau.

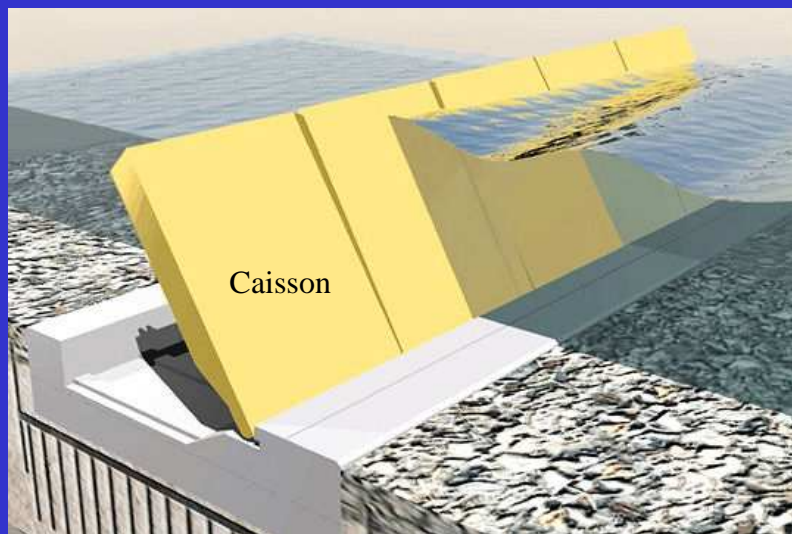
Trailor : Matériel sur roues pour transport terrestre du caisson.

Barge : Matériel flottant pour transport maritime du caisson.

Plateforme autoélevatrice : Matériel pour mise à l'eau et positionnement final du caisson.

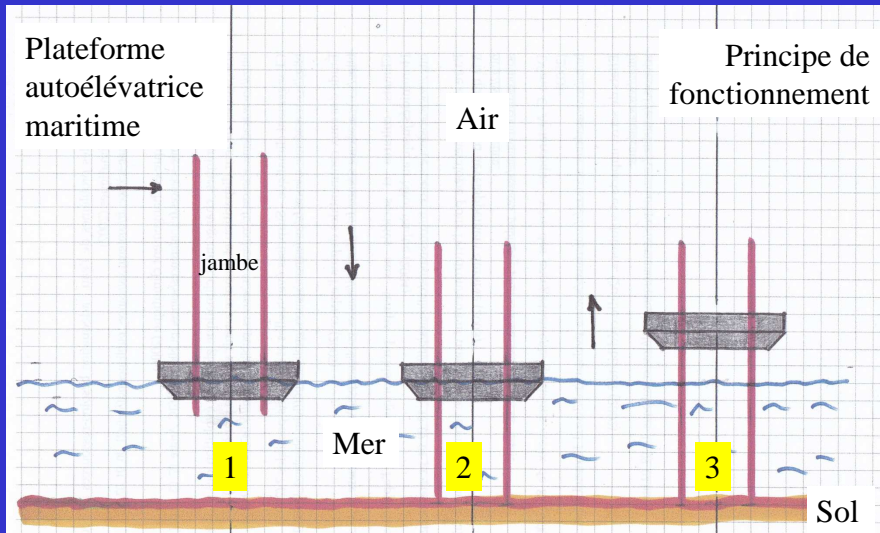
63

Venise - Sauvetage



64

Venise - Sauvetage



65

Venise - Sauvetage



66

Venise - Sauvetage

Fabrication et mise en place d'un élément de digue (caisson)

Fabrication du caisson en usine.

Positionnement de la plateforme autoélevatrice au droit de la position définitive du caisson.

Déplacement du caisson sur terre par trailer spécial multi-roues.

Chargement et déplacement du caisson sur barge flottante.

Positionnement de la barge entre les « jambes » de la plateforme.

Prise en charge et soulèvement du caisson par la plateforme.

Libération et départ de la barge.

Descente et immersion du caisson par la plateforme.

Fixation du caisson à son emplacement définitif.

Déplacement par flottaison de la plateforme vers un nouvel emplacement.

67

Venise - Sauvetage

$L = 20 - 30 \text{ m}$

$l = 20 \text{ m}$

$e = 5 \text{ m}$



Caisson : Sortie d'usine - déplacement sur terre

68

Venise - Sauvetage



Transfert aisson
barge - plateforme

Caisson
suspendu à la
plateforme



69

Venise - Sauvetage

Descente caisson

La dernière phase des travaux du Mose, qui entrent dans leur dernière ligne droite, a débuté en 2013 avec l'installation des vannes. Les premières à être installées sont celles qui constituent la barrière Lido-Treporti.

Une par une les vannes sont mises en place dans leurs logements, à l'aide d'un engin spécial. La manœuvre est guidée par des systèmes de positionnement et de contrôle de l'assise et de l'alignement très précis. Les vannes sont fixées aux logements à l'aide de chaînes spéciales qui permettent de les relever en cas de danger d'inondation et de les baisser une fois l'alarme passée.

Simulation d'une entrée de
vannes en Nord-Est/est



engin utilisé pour
l'installation de la
vanne

vanne

70

Venise - Sauvetage



Mise à l'eau

71

Venise - Sauvetage



72

Venise - Sauvetage



73

Venise - Sauvetage



74

Venise - Sauvetage



75

Venise - Sauvetage



76

Venise - Sauvetage



77

Venise - Sauvetage



78

Venise - Sauvetage



79

Venise - Sauvetage

*

Et maintenant ?

*

A l'origine

Travaux : démarrage 2.003 - fin prévue 2.013 - évaluation 2 MM €

*

Actuellement

Réalisation : environ 93 % - dépenses à ce jour : env 7MM €

Fin estimée : 2.021 - 2.022

*

Incertitudes sur :

Maintenance : Organisation et coût de la maintenance

Pérennité : Corrosion prématurée de pièces métalliques (axes des panneaux) - vibrations des portes - tenue des peintures - organismes marins -

Efficacité de la protection - Impact sur l'équilibre de la lagune

*

80

Venise - Sauvetage



81

Venise - Sauvetage



82

Venise - Sauvetage



83

Venise - Sauvetage



84

Venise - Sauvetage



85

Venise - Sauvetage



86

Venise - Sauvetage



87

Venise - Sauvetage



88

Venise - Sauvetage



89

Venise - Sauvetage



90

Venise - Sauvetage



91

Venise - Sauvetage



1.516 - Vittore CARPACCIO (1.465-1.520)

92

Venise - Sauvetage



93

Venise - Sauvetage

MERCI

94