

## Genève-Plage, port de la Nautique et Parc-Plage des Eaux Vives

### Comportement de l'aménagement projeté par modélisation numérique et physique

Amin Azini, Fadi Hachem & Robin Amacher

Mandant / client: Service de renaturation des cours d'eau et des rives du canton de Genève & Société Nautique de Genève (SNG)

### Objet de l'étude

Ce projet concerne la création d'une vaste pelouse et d'une plage sur le tronçon du quai Gustave-Ador situé entre la jetée des Eaux-Vives et le Port de la Nautique ainsi que l'agrandissement du port et la réalisation d'une plage au nord, appelée Genève-Plage (Figure 1).

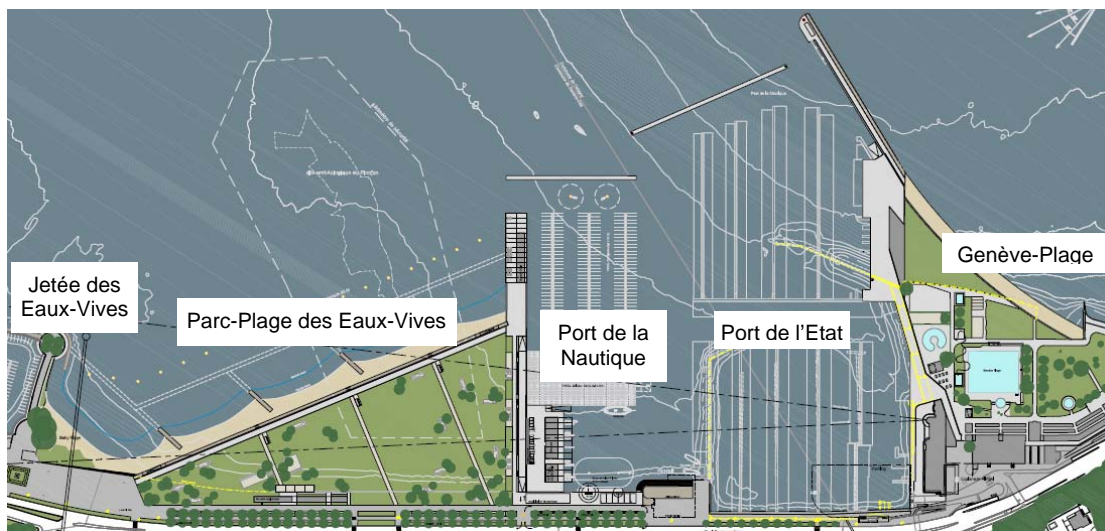


Figure 1: Plan d'ensemble des projets d'agrandissement du port et de création de Genève Plage et du Parc-Plage des Eaux-vives / Plan view of the expansion project of the port and the creation of "Genève Plage" and "Parc-Plage des Eaux-vives" beaches

### Objectifs

L'étude repose sur des pré-requis concernant l'analyse statistique des situations critiques pour la zone du projet avec une catégorisation entre faibles et fortes sollicitations. L'analyse inclut les données météorologiques pour caractériser la vitesse et la direction du vent ainsi que le débit du Rhône au *Seujet* et le niveau du Lac. Le but de l'étude concernent les problématiques suivantes:

- Evaluation du taux de renouvellement de l'eau devant Genève-Plage et dans le nouveau port.
- La tenue des plages pour des situations de Bise de périodes de retour de 1, 20 et 100 ans.
- Optimisation de la plage des Eaux-Vives, dans sa forme, sa texture et son évolution temporelle.
- La courantologie et la hauteur des vagues dans l'enceinte du nouveau port et le comportement des digues du port.

### Données de base

A partir des courbes « Intensité – durée – fréquence », établies pour le vent mesuré à *Cointrin*, il a été possible de définir les hauteurs maximales de vague développée au large du lac. Ces hauteurs sont: 0.88 m (T=1 an), 1.10 m (T=5 ans), 1.27 m (T=20 ans) et 1.49 m (T=100 ans). Le niveau maximal de l'eau dans le lac atteint 372.20 ms.m alors que le débit maximum évacué par le barrage de *Seujet* vaut 550 m<sup>3</sup>/s. Le diamètre D<sub>50</sub> du sable des plages est pris égal à 0.8 mm.

### Résultats et conclusions

#### Modélisation numérique

La simulation numérique a été réalisée à l'aide du logiciel *Mike 21*. Les simulations sont effectuées, en premier lieu dans un modèle à grande échelle puis dans un modèle détaillé centré sur la zone du projet et ses environs immédiats. Ces simulations ont permis d'acquérir les enseignements suivants:

- La nouvelle digue nord provoque une diminution sensible de la vitesse des courants devant Genève-Plage.
- La création d'une ouverture dans le coin sud-ouest du port et/ou la création d'un chenal de liaison

entre le nouveau port de la Nautique et la plage des Eaux-Vives favorisent la circulation interne des courants.

- Les courants générés par le soutirage du Rhône sont faibles le long de la plage des Eaux-Vives. Les courants générés par la Bise peuvent être assez élevés, ils justifient l'installation d'ouvrages de protection tels que les épis prévus.
- Les calculs montrent qu'il est nécessaire de considérer des granulométries différenciées pour éviter les mouvements des plages dus aux vagues. Le diamètre critique se situe aux alentours de 9mm pour la plage des Eaux-Vives, 15mm pour Baby-Plage et 20mm pour Genève-Plage.
- En régime de Bise, des parois amortisseuses à l'intérieur du port permettent de réduire la hauteur moyenne des vagues dans le port d'un facteur supérieur à 2. Les valeurs maximales élevées se rencontrent exclusivement à l'entrée nord du port.
- En régime du vent, la partie Ouest de l'ancien port est relativement mal protégée, le nouveau port l'est encore moins, avec des vagues maximales atteignant 49cm pour la période de retour T=100 ans.

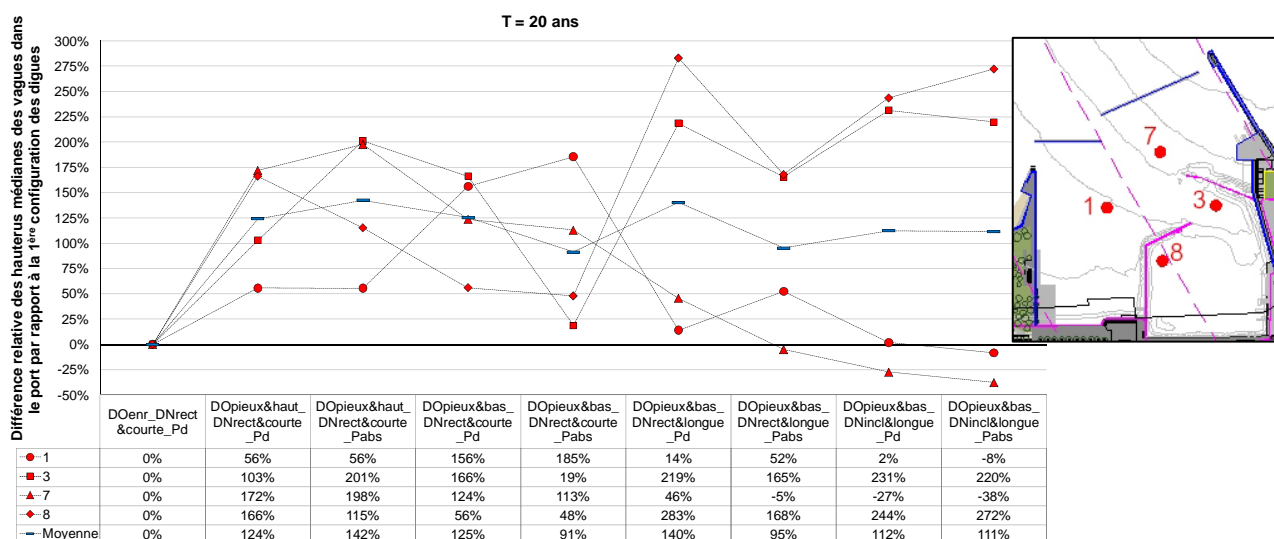
Les différentes approches pour modéliser des digues caissons sur pieux n'ont pas abouti à des résultats probants. Le modèle physique sera exploité pour répondre à cette attente.

### Modélisation physique

La modélisation physique, à échelle géométrique distordue (1/150 H et 1/75 V) a pour objectif de confirmer expérimentalement les résultats obtenus par la modélisation numérique concernant notamment les hauteurs des vagues à l'intérieur du port et les processus de transport sédimentaire le long des plages (érosion, flux sédimentaire, dépôt). Pour satisfaire ces objectifs, les essais se focalisent sur la propagation des vagues et le transport des sédiments.

Les simulations sur modèle physique ont mis en évidence les principaux résultats suivants:

- Les digues caissons sur pieux sont moins performantes que les digues en enrochements mais les hauteurs de vagues mesurées dans le port ne dépassent pas 20 à 25 cm pour T=20 et 100 ans.
- L'allongement de la digue Nord permet de réduire les oscillations aux points 1 et 7 situés dans la partie Ouest du port, cependant les points 3 et 8 situés dans la partie Est voient leurs oscillations amplifiées (Figure 2). Ce comportement ne peut s'expliquer que par la combinaison des ondes internes générées par diffraction aux trois entrées du port.
- La solution de type caisson la plus satisfaisante est celle sur pieux à niveau bas, avec digue Nord sans allongement et parois absorbantes à l'intérieur du port.
- Genève-Plage est soumise à une forte érosion, comme déjà mis en évidence par la modélisation numérique. La solution réside dans le choix d'une granulométrie de remblayage adéquate
- A la plage des Eaux-Vives, la variante à 5 épis uniformément espacés, inclinés à 60° en direction Nord se révèle comme la plus stable sur toute la longueur
- Baby-Plage se trouve dans une situation comparable à Genève-Plage, avec une érosion très forte requérant un remblayage à granulométrie adéquate



**Figure 2:** Différences relatives des hauteurs de vagues mesurées dans le port pour les différentes configurations de digues, par rapport à la configuration de référence / Relative differences of wave heights measured inside the port for different dike configurations

## *“Genève-Plage” and “Parc-Plage des Eaux Vives” beaches and “La Nautique” port*

### *Numerical and physical model studies of the new project*

#### **Project description**

The new project consist of creating a lawn and a beach along the “Gustave-Adore” quay between the jetty of the “Eaux-Vives” and the port of “La Nautique”. It includes also the expansion of the port and the creation of a new north beach called “Genève-Plage” (Figure 1).

#### **Objectives**

The bases of this study are the statistical analysis covering the critical situations of the project under weak and strong wind solicitations. They include the meteorological database concerning the wind velocities and directions, the water flow in Rhône River at *Seujet* and the water level in “Léman” lake. The study has the following objectives:

- Evaluation of the exchange rate of water near “Genève-Plage” beach and inside the new port.
- The stability of all new beaches under the “Bise” wind having return periods of 1, 20 and 100 years.
- Optimization of the “Eaux-Vives” beach by changing its shape and its sand texture.
- The study of the courantology and the height of waves inside the new port as well as the behavior of the new protection dikes.

#### **Database**

From the « Intensity – duration – frequency » charts, established by the measurement of wind velocities at *Cointrin*, it was possible to define the maximum heights of wave in open lake. These heights are: 0.88 m (T=1 year), 1.10 m (T=5 years), 1.27 m (T=20 years) and 1.49 m (T=100 years). The maximum water level in the lake is 372.20 masl and the maximum water flow evacuated by the barrage of *Seujet* is equal to 550 m<sup>3</sup>/s. The grain size diameter D<sub>50</sub> of the beaches sand is taken equal to 0.8 mm.

#### **Results and conclusions**

##### **Numerical simulation**

Numerical calculations were simulated by *Mike 21* computer program. These simulations were done first on a large zone covering the south side of the lake and then on a small zone that includes the project and its environment. These calculations have led to the following results and conclusions:

- The new protection north dike induce an important diminution of the current flow velocity in front of “Genève-Plage”.
- The construction of an opening at the north-west corner of the port and/or the construction of a connection channel between the port “La Nautique” and the beach “Eaux-Vives” can improve the water circulation inside the port.
- The water movement, induced by the Rhône River, along the “Eaux-Vives” beach is small. This water current can become important under the “Bise” wind which justifies the construction of beach protection dikes.
- The numerical simulations revealed the necessity to use sand materials with different grain sizes to avoid beach erosion. The critical grain diameters are evaluated around 9mm for “Eaux-Vives”, 15mm for “Baby-Plage” and 20mm for “Genève-Plage”.
- Under the “Bise” wind and if the surface of the interior walls of the port is of absorber type, the mean wave height inside the port is reduced by a factor of 2 compared to non-absorber surface case. The maximum wave height values are detected at the north entrance of the port.
- Under the wind regime, the west parts of the old and new port are relatively badly protected where wave height can reaches 49cm for the return period of 100 years.

Multiple attempts have failed to numerically model the protection dikes on piers. Physical modeling has been used to cover this gap.

##### **Physical model tests**

The physical model has a distorted scale (1/150 H and 1/75 V) and is used to validate numerical results relative to the wave heights inside the port and to the process of sediment transportation along the different modeled beaches (erosion, sedimentary flux and deposition). To fulfill these objectives, physical tests have been focalized on the wave propagation and sediment transport. The following results and conclusions can be formulated:

- The dikes on piers are less efficient than rock dikes. The maximum measured heights of waves inside the port are still smaller than 20 to 25 cm for a return period of 20 and 100 years.
- The lengthening of the north dike reduces the wave oscillations at points 1 & 7 situated inside the west part of the new port. At points 3 & 8, situated in the east part, wave oscillations are increased (Figure 2). This behavior can be explained as being the combination of internal waves generated by diffractions at the three entrances of the port.
- The most efficient solution of the dikes on piers type is the one that has the lower waterproof level with short north dike and with internal absorber wall surfaces.
- "Genève-Plage" beach is subject to high erosion as it has been observed in the numerical modeling. The solution is to choose discharge material with adequate grain size.
- At the beach of "Eaux-Vives", the variant with 5 dikes uniformly distributed and inclined by 60° in north direction can be considered as the most stable compared to the other configurations tested.
- The "Baby-Plage" beach behaves as "Genève-Plage" but with more significant erosion. This requires the using of an adequate backfill material.